



LAWA

**Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser**

## **Verfahrensanleitung für eine uferstrukturelle Gesamtseeklassifizierung (Übersichtsverfahren)**

(LAWA-Arbeitsprogramm WRRL-2.6.1)

beschlossen auf der 148. LAWA-VV am 04./05.09.2014 in Husum

Stand 30.07.2014

Ständiger Ausschuss der LAWAWasser „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer (AO)“

Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)  
Ständiger Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“ (LAWA-AO)  
Obmann: Herr Prof. Dr. Martin Socher  
Finanzierung durch das Länderfinanzierungsprogramm „Wasser, Boden und Abfall“

Bearbeitet im Auftrag des LAWA-AO von:

Dr. Dr. Dietmar Mehl	biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH
Jörg Eberts	biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH
Dr. Susanne Böx	biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH
Daniela Krauß	biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH

Projektbegleitende Arbeitsgruppe:

Dr. Ilona Arndt-Dietrich	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Friedemann Gohr	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt
Eberhard Hoehn	Limnologie Büro Hoehn (LBH) Freiburg
Antje Köhler	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin
Dr. Jürgen Mathes	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern
Dr. Oliver Miler	Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei im Forschungsverbund Berlin e.V.
Gudrun Plambeck	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein
Dr. Jochen Schaumburg	Bayerisches Landesamt für Umwelt
Dr. Petra Teiber-Sießegger	Institut für Seenforschung der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

Herausgegeben von der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)  
LAWA-AO Geschäftsstelle  
Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft  
Archivstraße 1 | Postfach 10 05 10  
01076 Dresden

© Dresden, 2014

Nachdruck und Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Seeufertypen</b>	<b>9</b>
2.1	<i>Referenzbezug, morphologische und biologische Relevanz</i>	9
2.2	<i>Raumbezüge</i>	12
2.3	<i>Geostrukturell bestimmende und wesentliche Eigenschaften naturnaher Seeuferzonen im Sinne potenzieller Typmerkmale</i>	15
2.3.1	Reliefmerkmale	15
2.3.2	Geologische Bildungen/Böden	22
2.4	<i>Typenbildung durch Abstraktion und Merkmalskombination</i>	25
2.5	<i>Steckbriefe der Seeufertypen</i>	29
2.6	<i>Ausprägungen künstlicher und erheblich veränderter Seeufer</i>	38
<b>3</b>	<b>Wichtige Klassifizierungsregeln und -kriterien der Seeuferstruktur</b>	<b>41</b>
3.1	<i>Kriterien internationaler und nationaler Verfahren bzw. methodischer Ansätze</i>	41
3.1.1	SUK-Verfahren: Strukturzustand der Ufer von Seen (INFORMUS 2004)	41
3.1.2	Hydromorphologische Übersichtserfassung, Klassifikation und Bewertung von Seeufern (HMS-Verfahren, OSTENDORP et al. 2008)	43
3.1.3	Angepasstes Litoral-Modul des Bundesamtes für Umwelt der Schweiz (BAFU) zur limnologischen Bewertung der Ufer- und Flachwasserzone des Bodensees (Bodenseeverfahren, IGKB 2009)	44
3.1.4	Lake Shorezone Functionality Index (SFI, SILIGARDI et al. 2010)	45
3.1.5	Lake Habitat Survey, Lake Morphological Impact Assessment System (LHS, Lake-MImAS, ROWAN et al. 2006, 2012)	47
3.2	<i>Synoptischer Vergleich der Verfahren/Ansätze</i>	49
<b>4</b>	<b>Verfahrensregeln für ein Übersichtsverfahren einer uferstrukturellen Seeklassifizierung</b>	<b>52</b>
4.1	<i>Klassifizierungsregeln</i>	52
4.2	<i>Charakter eines Übersichtsverfahrens</i>	55
4.3	<i>Ableitung/Begründung zielführender Kriterien</i>	55
4.3.1	Raumgrenzen	55
4.3.2	Abschnittsbildung	58
4.3.3	Kriterien für die Flachwasserzone	60

4.3.3.1	Kriterium A1 - Veränderung des Röhricht	60
4.3.3.2	Kriterium A2 - Schadstrukturen in der Flachwasserzone	62
<b>4.3.4</b>	<b>Kriterien für die Uferzone</b>	<b>64</b>
4.3.4.1	Kriterium B1 - Uferverbau	64
4.3.4.2	Kriterium B2 - Schadstrukturen in der Uferzone	66
<b>4.3.5</b>	<b>Kriterien für die Umfeldzone</b>	<b>68</b>
4.3.5.1	Landnutzung	68
<b>5</b>	<b>Literatur</b>	<b>71</b>

# 1 Einleitung

Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) verfolgt für die Oberflächengewässer das Ziel eines guten chemischen und ökologischen Zustands. Der ökologische Zustand wird anhand biologischer Qualitätskomponenten bewertet, wobei hydromorphologische Komponenten unterstützend beteiligt sind (Anhang V WRRL bzw. Oberflächengewässerverordnung – OGewV). Das bedeutet jedoch nicht, dass die Hydromorphologie eine geringe Rolle bei der Umsetzung der WRRL spielt. Die morphologischen (strukturellen) Bedingungen und die hydrologischen Verhältnisse in Gewässern bestimmen vielmehr den abiotischen Rahmen und damit Habitatqualität und -vielfalt aquatischer Lebensräume. Der Hydromorphologie kommt damit, auch vor allem in Bezug auf Schutz- und Verbesserungsmaßnahmen, eine Schlüsselfunktion bei der WRRL-Umsetzung zu. Möglichst natürliche morphologische und hydrologische Verhältnisse sind eine Grundvoraussetzung für das Erreichen des guten ökologischen Zustands (vgl. LAWA 2013a).

Gemäß Anhang V WRRL sollen bei den Seen die „hydromorphologischen Parameter“ von Wasserkörpern anhand der drei Komponenten (1) Tiefenvariation, (2) Struktur und Substrat des Bodens sowie (3) Struktur der Uferzone als eine Bewertungsgrundlage klassifiziert werden. Neben den morphologischen Parametern sind als wichtige Wasserhaushaltsgrößen die Wasserstandsdynamik, die Wassererneuerungszeit und die Verbindung zum Grundwasserkörper in die Betrachtung einzubeziehen (Tab. 1-1); zu den Parametern des Wasserhaushalts wurde parallel eine entsprechende LAWA-Empfehlung erarbeitet.

Tabelle 1-1: Hydromorphologische Qualitätskomponenten nach Anhang V WRRL (aus OGewV)

(F = Flüsse, S = Seen, Ü = Übergangsgewässer, K = Küstengewässer):

Qualitätskomponentengruppe	Parameter	Kategorie			
		F	S	Ü	K
Wasserhaushalt	Abfluss und Abflussdynamik	X			
	Verbindung zu Grundwasserkörpern	X	X		
	Wasserstandsdynamik		X		
	Wassererneuerungszeit		X		
Durchgängigkeit		X			
Morphologie	Tiefen- und Breitenvariation	X			
	Tiefenvariation		X	X	X
	Struktur und Substrat des Bodens	X			X
	Menge, Struktur und Substrat des Bodens		X	X	
	Struktur der Uferzone	X	X		
	Struktur der Gezeitenzone			X	X
Tidenregime	Süßwasserzustrom			X	
	Seegangsbelastung			X	X
	Richtung vorherrschender Strömungen				X

Diese Empfehlung stellt ein bundesweit einheitliches Übersichtsverfahren zur Klassifizierung der Struktur der Uferzone vor.

In Deutschland existierten bis dato mehrere ökoregionale Verfahren, aber kein einheitliches Verfahren, d. h. eine für alle Gewässertypen gültige Kartierungs- und Klassifizierungsmethode. Keine der existierenden Methoden (vgl. Kapitel 3) wurde bisher auf die Verwendbarkeit für die Umsetzung der o. g. gesetzlichen Vorgaben überprüft. Unter anderem aus diesen Gründen gibt es in Deutschland, im Gegensatz zu Fließgewässern, auch keine flächendeckende Kartierung hydromorphologischer Kenngrößen an Seen.

Als Aspekte für die Verfahrensentwicklung relevant waren:

- Die Aufgabe bestand darin, ein bundesweit einheitliches Übersichtsverfahren zur uferstrukturellen Gesamtseeklassifizierung auf einer fünfstufigen Skala zu entwickeln.
  - „Übersichtsverfahren“ bedeutet von daher, bei den Kriterien und den Klassifizierungsmöglichkeiten verstärkt auf Karten, Luftbilder und geowissenschaftliche Informationen zurück zu greifen, um Vor-Ort-Aufnahmen möglichst zu vermeiden; damit wurde die „Erkenn-bzw. Kartierbarkeit“ zu einem limitierenden Faktor der Kriterienauswahl.
  - Es bestand nicht vordergründig das Ziel einer allgemeinen morphologischen Klassifizierung. Vielmehr bildeten die Herausarbeitung und nachfolgende Klassifizierung der biologisch wirksamen Kartierungskriterien zentrale Ansatzpunkte, um den unterstützenden Charakter für die ökologische Bewertung zu unterstreichen. Berücksichtigt werden sollen hierbei die am wahrscheinlichsten strukturindizierenden Biokomponenten Makrozoobenthos und Makrophyten. Die Nutzung typspezifischer hydromorphologischer Kenngrößen als unterstützende Kriterien für die Bewertung des ökologischen Zustands oder ggf. Potenzials soll somit ermöglicht werden.
  - Als Grundlage einer Klassifizierung der Seeuferstruktur sollten Seeufertypen abgeleitet werden, um die naturraumbedingten Unterschiede der Seen sachgerecht zu fassen. Damit sind seeufertypabhängige Klassifizierungen möglich. Zugleich sollen Seeufertypen auch für die biologische Bewertung bzw. die notwendige Habitattypisierung eine Hilfestellung bilden.
- Es wurden ein Vergleich und eine Synopsis der Einzelkriterienkataloge nationaler und internationaler Bewertungs-/Klassifizierungsverfahren der Hydromorphologie von Seen durchgeführt, um sachgerechte Kriterien herausfiltern zu können.
- Um einen frühzeitigen Austausch abzusichern, wurde eine Abstimmung und Zusammenarbeit mit dem UFO-Plan-Projekt „Weiterentwicklung des deutschen Makrozoobenthos-Bewertungsverfahrens für Seen“ (AESHNA, Auftragnehmer: Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) im Forschungsverbund Berlin e.V. sowie Bioforum GmbH) vorgenommen.
- Das Verfahren ist bislang nur für natürliche Seen erarbeitet worden und daher für künstliche Seen nur bedingt anwendbar. Baggerseen sollten je nach Genese den natürlichen

Ufertypen oder einem für viele Fälle gültigem Sammeltyp zugeordnet werden, der noch zu erarbeiten ist. Je nach Nutzungsform ist zu prüfen, ob die Ufer des Gewässers einem der acht definierten Seeufertypen zuzuordnen sind oder ob der künstliche See durch Nutzungsformen des Menschen so nachhaltig überprägt sind, dass der See keine strukturellen Entwicklungsmöglichkeiten hat. Es wird darauf hingewiesen, dass das Klassifizierungsverfahren wertfrei ist und nur eine von mehreren Grundlagen für eine Bewertung von Wasserkörpern bildet.

- Nicht mit dem Verfahren klassifiziert werden sollen stark im Wasserstand (Schwankungen von mehr als 3 m) schwankende, weil staureguliert und bewirtschaftete Seen. Sie werden von der Kartierung ausgeschlossen. Bei derart großen Schwankungen sind die Uferstrukturen nicht klassifizierbar.
- Die Struktur des Klassifizierungsverfahrens (Kapitel 3) entspricht den rechtlichen Vorgaben von WRRL bzw. OGewV und ist wie folgt abgestuft:
  - Komponente (Komponentengruppe): Gruppe von Qualitätskennzeichen, die eine Reihe von einzelnen Parametern enthält; hier: Qualitätskomponentengruppe „Morphologie“
  - Parameter: Qualitätskennzeichen im Sinne eines Einflussfaktors/einer Steuergröße; hier: Parameter „Struktur der Uferzone“
  - Kriterium: (konkretes) qualitäts- bzw. klassifizierungsrelevantes Merkmal für einen oder ggf. mehrere Parameter
  - Methode: Verfahren zur Bestimmung des Kriteriums bzw. eines qualitäts- bzw. klassifizierungsrelevanten Merkmals
- Die Klassifizierung (Kapitel 4) soll vorzugsweise mittels
  - Berechnungsverfahren erfolgen (bei Vorliegen quantifizierbarer Datensätze quantitativ mit festgelegten Klassengrenzen) oder ggf. mittels
  - Expertenbewertung (alternativ semiquantitativ bzw. durch Expertenurteil, d.h. verbal-argumentativ bzw. durch Wertstufen untersetzt).

Die Möglichkeit einer Expertenbewertung berücksichtigt, dass es teilweise auf Grund der Datenlage bzw. Kartierbarkeit zu objektiv schwierigen Entscheidungen kommen kann. Dann kann der Kartierer ggf. auch als Experte klassifizieren. Generell sollte aber der Klassifizierung auf Basis quantifizierbarer Größen der Vorzug gegeben werden, da dieses Vorgehen ein Höchstmaß an Transparenz, Objektivität und damit Nachvollziehbarkeit sichert.

Es wird darauf hingewiesen, dass auch bei detaillierten Erhebungen vor Ort, die die obligatorische Luftbildauswertung unterstützen, das Ergebnis eine wertfreie Klassifizierung von Umfeld, Ufer und Flachwasserzone bildet. Diese Klassifizierung soll auch für naturschutzfachliche Erhebungen in größerem Maßstab bei der Umsetzung von NATURA 2000 anwendbar sein.

## 2 Seeufertypen

### 2.1 Referenzbezug, morphologische und biologische Relevanz

Nach den Bestimmungen der WRRL werden die Referenzbedingungen für Oberflächenwasserkörper durch den sehr guten Zustand nach WRRL wiedergegeben. Der sehr gute ökologische Zustand ist entsprechend der allgemeinen Begriffsbestimmung für den Zustand von Flüssen, Seen, Übergangsgewässern und Küstengewässern nach Anhang V WRRL wie folgt definiert:

„Es sind bei dem jeweiligen Oberflächengewässertyp keine oder nur sehr geringfügige anthropogene Änderungen der Werte für die physikalisch-chemischen und hydromorphologischen Qualitätskomponenten gegenüber den Werten zu verzeichnen, die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse mit diesem Typ einhergehen. Die Werte für die biologischen Qualitätskomponenten des Oberflächengewässers entsprechen denen, die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse mit dem betreffenden Typ einhergehen, und zeigen keine oder nur sehr geringfügige Abweichungen an. Die typspezifischen Bedingungen und Gemeinschaften sind damit gegeben.“

Der sehr gute Zustand für die Komponente Morphologie der hydromorphologischen Qualitätskomponenten für den Zustand von Seen ist nach Anhang V WRRL definiert:

„Variationen der Tiefe des Sees, Quantität und Struktur des Substrats sowie Struktur und Bedingungen des Uferbereichs entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Bedingungen bei Abwesenheit störender Einflüsse.“

Das höchste ökologische Potenzial von künstlichen oder erheblich veränderten Gewässern wird wie folgt definiert (nach OGewV):

„Die hydromorphologischen Bedingungen sind so beschaffen, dass sich die Einwirkungen auf das Oberflächengewässer auf die Einwirkungen beschränken, die von den künstlichen oder erheblich veränderten Eigenschaften des Gewässers herrühren, nachdem alle Gegenmaßnahmen getroffen worden sind, um die beste Annäherung an die ökologische Durchgängigkeit sicherzustellen, insbesondere hinsichtlich der Wanderungsbewegungen der Fauna und angemessener Laich- und Aufzuchtgründe.“

Die REFCOND-Leitlinie (WFD CIS Guidance No 10 (2004)) gibt zu der Auslegung des WRRL-Begriffes „Referenzbedingungen“ folgende Empfehlungen:

- Referenzbedingungen entsprechen nicht unbedingt dem Zustand bei völliger Abwesenheit störender Einflüsse bzw. dem Urzustand. Sie beinhalten auch sehr geringfügige störende Einflüsse, d. h., anthropogene Belastungen sind zulässig, wenn sie keine ökologischen Auswirkungen haben oder diese nur sehr geringfügig sind.
- Referenzbedingungen entsprechen dem sehr guten ökologischen Zustand, d. h., es gibt bei jeder der allgemeinen physikalisch-chemischen, hydromorphologischen und biologischen Qualitätskomponenten keine oder nur sehr geringfügige störende Einflüsse.
- Referenzbedingungen werden bei der Einstufung des ökologischen Zustands durch Werte der relevanten biologischen Qualitätskomponenten abgebildet.

- Referenzbedingungen können ein früherer oder ein aktueller Zustand sein.
- Referenzbedingungen werden für jeden Wasserkörpertyp festgelegt.

Hier wird den Standardkriterien zur Ableitung von Referenzbedingungen im Sinne eines sehr guten ökologischen Zustands nach LAWA (2013c) gefolgt – LAWA AO, RaKon Monitoring Teil B, Arbeitspapier I „Gewässertypen und Referenzbedingungen“ (Stand: 12.09.2013):

#### Allgemein

„Referenzbedingungen entsprechen einem aktuellen oder früheren Zustand, der durch sehr geringe Belastungen gekennzeichnet ist, ohne die Auswirkungen bedeutender Industrialisierung, Urbanisierung und Intensivierung der Landwirtschaft und mit nur sehr geringfügigen Veränderungen der physikalisch-chemischen, hydromorphologischen und biologischen Bedingungen.“

Grundsätzlich kommen vor allem an größeren Seen häufig wechselnde oder differierende natürliche Seeuferausbildungen zum Tragen. Gleiches gilt bei heterogenen geologischen und/oder – morphologischen Verhältnissen.

Den größten Formenschatz an natürlichen Uferausprägungen müssten auf Grund der höchsten landschaftlichen Kontraste die Seen der Alpen und des Alpenvorlandes aufweisen. Die natürlichen Seen dieser Ökoregion sind grundsätzlich glaziären Ursprungs.

Der Mittelgebirgsraum weist in Deutschland dagegen nur 4 WRRL berichtspflichtige Seen (Seen > 50 ha) auf, was damit zusammenhängt, dass die Landschaftsentwicklung in den (geologisch alten) Mittelgebirgen ausreichend lange währte, um quasi alle Flächen unmittelbar an eine oberirdische Entwässerung anzuschließen. Ehemals vorhandene geschlossene Hohlformen, die für eine Existenz von Seen unabdingbar sind, sind daher den exogenen erosiven Kräften zum Opfer gefallen; die wenigen Ausnahmen bestätigen diese Regel, da diese Seen auch glaziären oder geologisch betrachtet jüngeren vulkanischen Ursprungs sind oder auf auslauende und lösende Prozesse im Untergrund zurückgehen. Folgende natürliche Mittelgebirgsseen gibt es danach in Deutschland:

- (1) Laacher See (Vulkaneifel, Rheinland-Pfalz, Calderasee, d.h. durch Einsturz einer Magmakammer entstanden)
- (2) Titisee (südlicher Schwarzwald, Baden-Württemberg, Feldberggletscher im Pleistozän, Gletschertalsee im Granit und im Gneis, Moränenbildungen)
- (3) Schluchsee (südlicher Hochschwarzwald, Baden-Württemberg, als natürlicher See ca. auf einem Fünftel der heutigen Stauseefläche als Folge glazialer Prozesse: ursprünglich ein Gletschersee)
- (4) Süßer See (Mansfelder Land, Sachsen-Anhalt, als Karstsee infolge von Salzauslaugung und Einbruch der Deckschichten entstanden)

Die größte Zahl an natürlichen Seen beherbergt die Norddeutsche Tiefebene. Bis auf wenige Seen, die infolge von Auslaugung und anschließendem Einbruch der Deckschichten entstanden sind (z.B. Arendsee in Sachsen-Anhalt), verdanken die Seen ihre Existenz überwiegend den glazialen Landschaftsprozessen, was sie mit den Seen des Alpenraumes und des Alpenvorlan-

des verbindet. Manche Seen in Norddeutschland sind postglazial entstanden; hierzu zählen Strandseen im Küstenbereich und die Moorseen.

Die Anwendung von Leitbildern setzt die Kenntnis individueller oder typenhafter Merkmale von natürlichen (naturnahen) Seen voraus. Die deutschen Seentypen (MATHES et al. 2002, UBA 2012) enthalten im Hinblick auf die Seeuferstrukturen praktisch keine Kennzeichnungen. Nur in den bisherigen Arbeiten (vgl. Kapitel 4.1) im Sinne von Bewertungsverfahren für die Seeuferstruktur wurden regional gültige Seeufertypen mit dahingehend ausgerichteten Ansätzen abgeleitet, u.a.

- bei INFORMUS (2004): 3 Seeufertypen: (1) Moränenufer, (2) Sandufer, (3) Moorufer, dabei wurde das Sandufer differenzierter betrachtet; bei Vorkommen größerer Geschiebe als „steiniges Sandufer“ und bei markanten limnischen Bildungen als „toniges Sandufer“
- für die Bewertung des Bodensees bei IGKB (2009) als Ufertypen: (1) Flachufer, (2) mittelsteiles Ufer, (3) Steilufer

OTTO et al. (2013) leiten unter den Blickwinkel der entsprechend assoziierten Makrozoobenthosgemeinschaften für sieben untersuchte und große Seen in Schleswig-Holstein zwei natürliche Ufergrundtypen ab:

1. organisch geprägte Röhricht-Ufer mit hohen Anteilen an grobpartikulärem, organischen Material (CPOM) und
2. mineralisch geprägte Ufer.

Variationen der Grundtypen sehen OTTO et al. (2013) in Form von mosaik- oder gürtelartigen Arealen insbesondere folgender Ausprägung:

- a) Sand als oftmals dem Röhrichtgürtel seeseitig als Band vorgelagerte Struktur (an mineralischen Ufern oft größere mosaikartige Areale bildend)
- b) submerse Makrophyten und Schwimmblattpflanzen (in Abhängigkeit vom Tiefenprofil vereinzelt dem Röhrichtgürtel vorgelagert)
- c) Wurzelwerk (landseitig natürlicherweise potenziell und in Abhängigkeit von Wasserstands-Schwankungen als Gürtel ausgeprägt)
- d) Totholz (als „eingestreute“ Struktur, im Regelfall nicht arealbildend)
- e) Steine (oft an Brandungsufeln, aber in einigen Seen auch unabhängig von der Windexposition flächendeckend bis in größere Tiefen reichend und dann arealbildend)

Insgesamt fehlt aber bislang ein deutschlandweit methodisch einheitlich abgeleiteter Typenkatalog der Seeufer. Im Sinne von KOPP et al. (1982) muss es um die sachgerechte Herleitung wesentlicher und überwiegend geostruktureller „Stammeigenschaften“ der Seen-Naturräume gehen. Der Übergangscharakter des „Seeufers“, der durch die räumliche Anordnung topischer aquatischer, amphibischer und terrestrischer Einheiten gekennzeichnet ist, bedingt die Notwendigkeit einer chorischen Betrachtung (Inventar und Anordnung resp. Raumgefüge), vgl. NEEF (1967), KOPP et al. (1982).

## 2.2 Raumbezüge

Welchen Raum umfasst das Seeufer? Diese zentrale Frage lässt sich im engeren Sinne weder räumlich exakt, noch völlig unabhängig von zeitlichen Aspekten beantworten. Grundsätzlich muss daher räumlich und funktional interpretiert werden.

Das Seeufer bildet zunächst den mehr oder minder abgrenzbaren Übergangsraum zwischen dem See als Gewässer und dem umgebenden, angrenzenden Land, ggf. auch dem Land einer Insel. Der damit verbundene Übergangscharakter verleiht dem Seeufer den Status eines Landschaftselements mit hohem Stoff- und Energieaustausch zu und zwischen den angrenzenden terrestrischen und aquatischen Systemen; bei bewusst kleinmaßstäblicher Betrachtung stellt das Seeufer quasi die Systemgrenze zwischen Wasser und Land dar.

Ökologisch ist zunächst die hohe Bedeutung als Lebensraum hervorzuheben, die auch deshalb besonders hoch ist, weil durch das Aneinandergrenzen und Interagieren ganz unterschiedlicher Ökosysteme ein ausgesprochener Ökotoncharakter zustande kommt.

In der Limnologie ist für die Uferzonen der Begriff „Litoral“ (lat. *litus* – Ufer, Küste) gebräuchlich; für den seewärtigen Teil des Ufers umfasst dies den durchlichteten Bereich der Unterwasserbodenregion (SCHWOERBEL 1993).

Wesentliche Gründe für die Schwierigkeiten m. o. w. „exakter“ räumlicher Definitionen sind insbesondere in Folgendem zu suchen:

- dem auf Grund der hydrologischen Dynamik entsprechenden Schwankungen unterliegenden Wasserstand, der zeitweilig zum Überfluten, aber auch zum Trockenfallen von Uferbereichen führt,
- der sehr unterschiedlichen und im Rahmen der hydrologischen Dynamik teilweise stark variierenden horizontalen und vertikalen Ausdehnung des „Übergangsraumes“ Ufer,
- der von Trübung und/oder Trophie und somit auch von der Dynamik der autotrophen Primärproduktion planktischer Algen abhängigen Durchlichtung der Unterwasserbereiche, was in vielen Seen eine dynamische räumlich-zeitliche Verschiebung der Grenze der Lichtlimitation bewirkt sowie
- eine vor allem unter dem Aspekt des Stoffeintrages sehr unterschiedliche Wirkung des Seeumlandes (je steiler beispielsweise ein Seehang, desto größer ist der unmittelbare Einflussraum unter dem Aspekt einer strukturell-ökologischen Bewertung potenziell anzusetzen).

Für eine praktische Bewertung der Seeuferstruktur müssen einheitliche Konventionen gefunden werden. Insofern sollte eine möglichst gleichartige Raumzonierung, auch unter dem Blickwinkel der biologischen Bewertung, greifen, zumal naturraum- bzw. seetypbedingte Unterschiede entsprechend berücksichtigt werden können.

Sachgerecht erscheint folgende Zonierung (vgl. auch Abb. 2-1 und Tab. 2-1) – von innen nach außen:

- a) Flachwasserzone (aquatischer Bereich): umfasst (soweit vorhanden) den seewärtigen Teil des Ufers bzw. bedeutsame Teile des Litorals, die Zone endet im Bereich einer

Hangunstetigkeit (dem Übergang zum rasch in die Tiefe abfallenden Seeboden) oder ggf. durch pragmatische Festsetzung (bei flachen See oder sehr weit in Richtung Seemitte reichenden Litoralbereichen); die Zone ist permanent wasserbedeckt

- b) Uferzone (amphibischer Bereich): umfasst den Übergangsraum zwischen Seewasser und umgebendem Land; die Zone unterliegt wechselnden Wasserständen und dem Wellenschlag („Brandungszone“), die räumlich-zeitliche Variation der Uferzone bildet mithin ein bestimmendes Merkmal
- c) Umfeldzone (terrestrischer oder semiterrestrischer Bereich): dies umfasst den landwärtigen Bereich des Ufers; sinnvoll erscheint eine Unterscheidung in die engere Zone (die unmittelbar angrenzenden Landbereiche) und in eine erweiterte Zone (die entfernteren Bereiche, die u.a. relevant sind für unmittelbare Stoffeinträge in die Seen, z.B. bei Bodenerosion durch Wasser bzw. Frostverwitterung in Gebirgslagen); die Zone wird normalerweise nicht direkt durch das Seewasser beeinflusst; allerdings steht ggf. vorhandenes Grundwasser regelmäßig im geohydraulischen Kontakt und Austausch

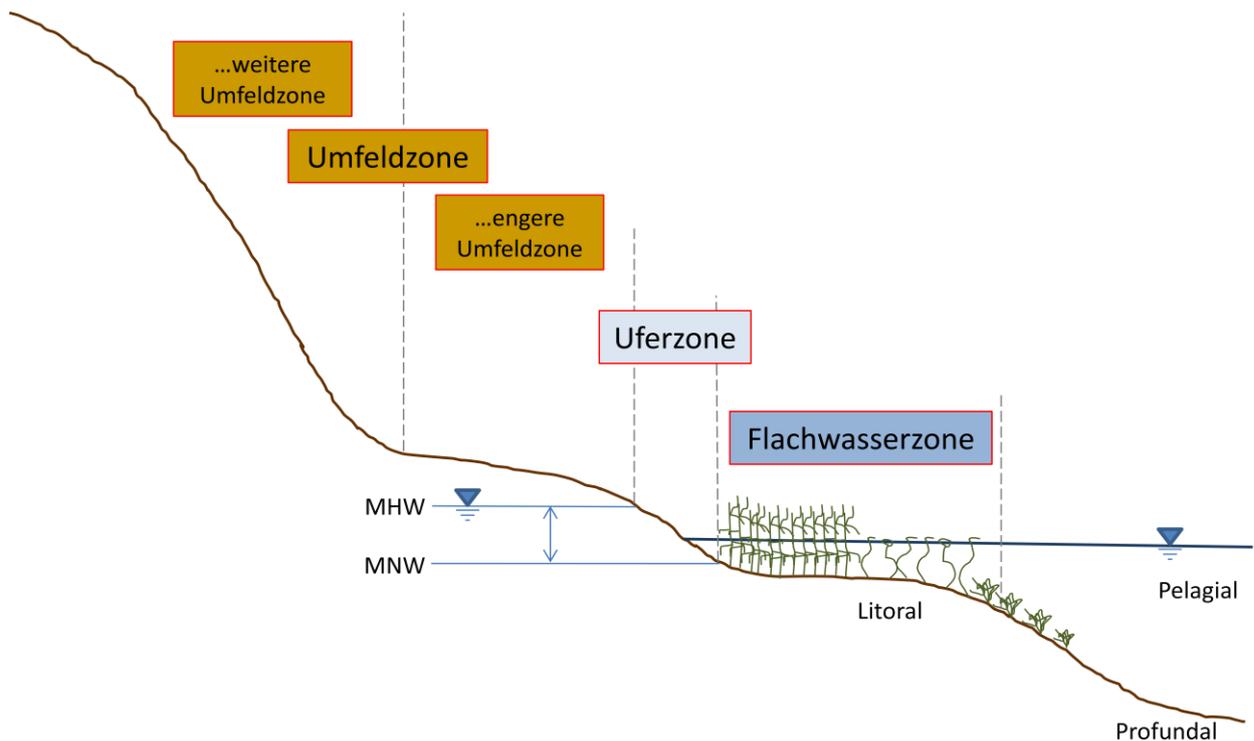


Abbildung 2-1: Räumlich Zonierung eines Seeufers im Schnitt – idealisierte Darstellung unter Kennzeichnung wichtiger limnologischer Begriffe sowie der hydrologischen Schwankungsbreite des Seewasserspiegels MNW (mittlerer langjähriger Niedrigwasserstand) und MHW (mittlerer langjähriger Hochwasserstand)

Tabelle 2-1: Definition der Teilräume des „Seeufers“

Seeuferzonen	Gewässerbereiche des SUK-Verfahrens (INFORMUS 2004)	Erläuterung	Limnologische Definitionen (SCHWOERBEL 1993)	Pedologische Definitionen (KA 5, ad-hoc-AG Boden 2005)
<b>Flachwasserzone</b>	Flachwasserzone	Permanent wasserbedeckte Zone („Uferbank“), häufig mit submerser Vegetation bewachsen	Infra- oder Sublitoral	Subhydrische Böden
<b>Uferzone</b>	Ufer	Zone unterliegt wechselnden Wasserständen und dem Wellenschlag („Brandungszone“)	Supra- und Eulitoral	Terrestrische, semiterrestrische Böden, Moore
<b>Umfeldzone</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• engere Zone</li> <li>• weitere Zone</li> </ul>	Gewässerumfeld	Nicht direkt durch das Seewasser beeinflusste Zone; kann aber ggf. geohydraulisch stark mit dem Seewasser korrespondieren (besonders bei flachen Ufern)	Epilitoral	Terrestrische, semiterrestrische Böden, Moore

## **2.3 Geostrukturell bestimmende und wesentliche Eigenschaften naturnaher Seeuferzonen im Sinne potenzieller Typmerkmale**

### **2.3.1 Reliefmerkmale**

Seen können in der Landschaft nur dort entstehen, wo eine allseits geschlossene Hohlform eine Ansammlung von Wasser ermöglicht. Seen liegen daher immer in relativer Tieflage zum umgebenden Gelände. Ausreichend Abfluss im Einzugsgebiet des Sees ist erforderlich, um den See zu füllen und um die Verluste aus Verdunstung, ggf. Exfiltration in das Grundwasser und/oder die Abgabe an seeaustretende Fließgewässer zu kompensieren. Bei dauerhaft wasserführenden Seen muss im längerfristigen Mittel der Zufluss größer oder gleich der Summe aus Verdunstungsverlust und ggf. Abgabe sein. Hydrologisch betrachtet bilden Seen Speicher, die demgemäß ausgleichend auf den Landschaftswasserhaushalt und dämpfend auf den Abflussprozess wirken.

In Mitteleuropa kann man auf Grund der Genese insgesamt 9 Haupttypen der Seen unterscheiden (SUCCOW 1998):

- [1] Seen glaziären Ursprunges
- [2] Seen auslaugender und lösender Prozesse im Untergrund
- [3] Seen erodierender Kraft des Windes
- [4] Seen küstendynamischer Ausgleichsprozesse
- [5] Seen fluviatilen Ursprunges
- [6] Seen wachsender Torfkörper
- [7] Seen zoogenen Ursprunges (durch Aktivitäten des Bibers)
- [8] Seen vulkanischen Ursprunges
- [9] Seen anthropogenen Ursprunges

Jeder der genannten Typen kann durch ein oder mehrere Subtypen untersetzt werden (s. z.B. Tab. 2-2). Auch existieren Misch- und Übergangsformen. Die überwiegende Zahl an Seen in Deutschland kommt im glazial geprägten Norddeutschen Tiefland sowie im ebenfalls glazial geprägten Alpen- und Voralpenraum vor und ist deshalb glaziären Ursprunges. Die Seegenese ist generell gekoppelt mit der regionalen Landschafts-genese, was somit auch die Reliefverhältnisse determiniert. Genese und landschaftliche Entwicklung einschließlich des anthropogenen Einflusses wirken sich auch auf die Tiefenverhältnisse der Seen aus (Tab. 2-3).

Tabelle 2-2: Klassifikation natürlicher Seen nach der Art ihrer Entstehung (NIXDORF et al. 2004)

<b>Glazigene Gewässer</b>
• Eisrandstausee
• Zungenbeckensee
• Toteissee
• Soll (Sölle)
• Rinnensee durch fluviale Erosion von Fließgewässern oder Berstungsrissen oder Absenkung von Schollen
• Karsee durch glazialerosive Vertiefung
• Gletschersee (z.B. Gletscherstauseen)
• Noor (durch Strandwall oder Landzunge von einem Rinnensee abgeschnürtes Gewässer)
• Alpiner Tümpel
<b>Karstgewässer durch chemische Lösungen von Salzen</b>
• Höhlengewässer
• Karstsee
<b>Vulkanische Hohlformen</b>
• erloschener Gipfelkrater (Kratersee)
• Explosionskrater (Maar)
• Vulkanische Einbruchsbecken
<b>Tektone Gewässer</b>
• Grabensee
• Muldensee
<b>Moorgewässer</b>
• Moorsee
• Moorkolk
<b>Natürliche Staugewässer</b>
• Bergsturzsee
• Kalktuffdammsee (Travertin durch Kalksinterbildung)
<b>Auegewässer</b>
• Altwasser
• Altarm
• Totarm
• Überschwemmungstümpel

Tabelle 2-3: Typisierung von Seen nach der Seetiefe nach SUCCOW & KOPP (1982 bzw. 1985)

Bezeichnung	Maximale Seetiefe
Seichtsee	$\leq 1,5$ m
Flachsee	$> 1,5 \dots 4$ m
Halbtiefsee	$> 4 \dots 12$ m
Tiefsee	$< 12 \dots 32$ m
Tiefstsee	$\geq 32$ m

Das Oberflächenrelief bestimmt maßgeblich die morphologischen und -metrischen Verhältnisse des jeweiligen Sees; das Relief ist auch kleinräumig einer der wesentlichen standortbestimmenden Merkmale. Abflussprozesse, Stoffeintrag sowie Untergrund- und Bodenverhältnisse hängen sehr stark mit den Reliefausprägungen bezüglich Neigung und Wölbung zusammen. Bei steilen Reliefverhältnissen der umgebenden Landschaft und/oder hoher Eintiefung eines Sees (Tab. 2-4) sind darüber hinaus (ggf. tageszeitabhängig) See- und Seeuferbereiche verschattet, was bedeutsam sein kann für die Intensität der autotrophen Primärproduktion. Flachwasserzonen können infolgedessen z.B. trotz ansonsten hinreichender Standortbedingungen nicht oder nur schütter durch Helophyten besiedelt sein. Verschattungsverstärkend kann außerdem die Vegetation der Ufer und Hänge wirken, am stärksten bei Wäldern und geschlossenen Gehölzbeständen. Die Neigung des unteren Seehanges bzw. des Uferbereiches bestimmt zudem maßgeblich mit wie sich die Ausprägung der Ufervegetation darstellt und somit, wie bedeutsam auch ein Eintrag von Totholz in die Flachwasserbereiche ist (vgl. IGKB 2009).

Größe, Form, Eintiefung sowie Lage gegenüber der Hauptwindrichtung bestimmen bei Seen, ob und an welchem Ufer ggf. durch Windexposition häufiger stärkere Strömungen und Wellenschlag auftreten. Hier finden sich dann häufig gröbere Sedimentkorngrößen und verringerte Makrophytenbestände; bei in Mitteleuropa vorherrschenden Südwestwinden ist dies häufig an Nordostufern der Seen zu finden (BRAUNS et al. 2013).

Tabelle 2-4: Form der Eintiefung/Einbettung in die umgebende Landschaft (MAUERSBERGER 2006)

Form	Erläuterung
Senkenlage	Rundliche Eintiefung mit allseitig ansteigendem Gelände
Rinnenlage	Länglich geformte und allseitig geschlossene Eintiefung
Nischenlage	Überwiegend ansteigendes Gelände, eine Seite mit Talöffnung
Tallage	Eintiefung ist nach zwei Seiten offen (Talöffnung), meistens gegenüberliegend
Weitlage	Das umgebende Gelände steigt rundum nicht nennenswert an

Die Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5, Ad-hoc-AG Boden 2005) unterscheidet drei einfache Reliefformentypen:

- (1) den Kulminationsbereich (sozusagen den „Gipfelbereich“ einer Erhebung, der da endet, wo der Hangbereich mit meistens höherer Neigung beginnt, abgrenzbar an der Stelle konvexer Hangunstetigkeit),
- (2) den Hangbereich (der bis zum Hangfuß geht, wo der Tiefenbereich mit meistens niedriger Neigung beginnt, abgrenzbar an der Stelle konkaver Hangunstetigkeit) sowie
- (3) den Tiefenbereich.

Projiziert auf einen vereinfacht dargestellten See ergibt sich der in Abbildung 2-2 dargestellte Schnitt. Das Seeufer umfasst räumlich den unteren Hangbereich und den oberen Tiefenbereich. Terrassierte Uferbereiche weisen einen zwei- bis mehrmaligen Wechsel von Tiefenbereich, Hangfuß und Hangbereich auf. Sie sind im Regelfall Ergebnis von bedeutsamen Wasserspiegelschwankungen, die natürlich (infolge der Landschafts- und Klimaentwicklung) oder künstlich (infolge Ablassen oder Auftauen von Seen) entstanden sind. Hangbereiche können zudem auch im Hinblick auf ihre Wölbung weiter untergliedert werden (vgl. KA 5, Ad-hoc-AG Boden 2005).

Als potenzielle Merkmale einer Seeufertypologie sind also die Form und die Neigung des Geländes von Belang, was sich angesichts immer weiter verbessernder Datengrundlagen am günstigsten aus digitalen Geländemodellen (DGM) bestimmen lässt. Da sich die Seeufer danach unterscheiden, ob sie sich nach Form und Neigung (im vertikalen Schnitt, als Reliefsequenz nach dem „Catena“-Prinzip, vgl. z.B. BLUM 2007) gliedern lassen (z.B. gestufte, terrassierte Ufer- und Umfeldzone) oder nicht, muss dies als grundlegendes Merkmal berücksichtigt werden. Die Neigung wird jeweils als mittlerer Wert der maßgeblichen Hangbereiche über den Quotienten aus Höhendifferenz  $\Delta H$  und Länge des Bereiches  $L$  berechnet (Abb. 2-3). Die Neigung der Flachwasserzone wird ökologisch und damit auch typologisch als nicht so entscheidend angesehen, da es vielmehr stärker auf das schlichte Vorhandensein, die räumliche Ausdehnung (auch als Länge des Bereiches  $L$ ) und die Durchlichtung (vor allem abhängig von Wassertiefe und Trübung) ankommt.

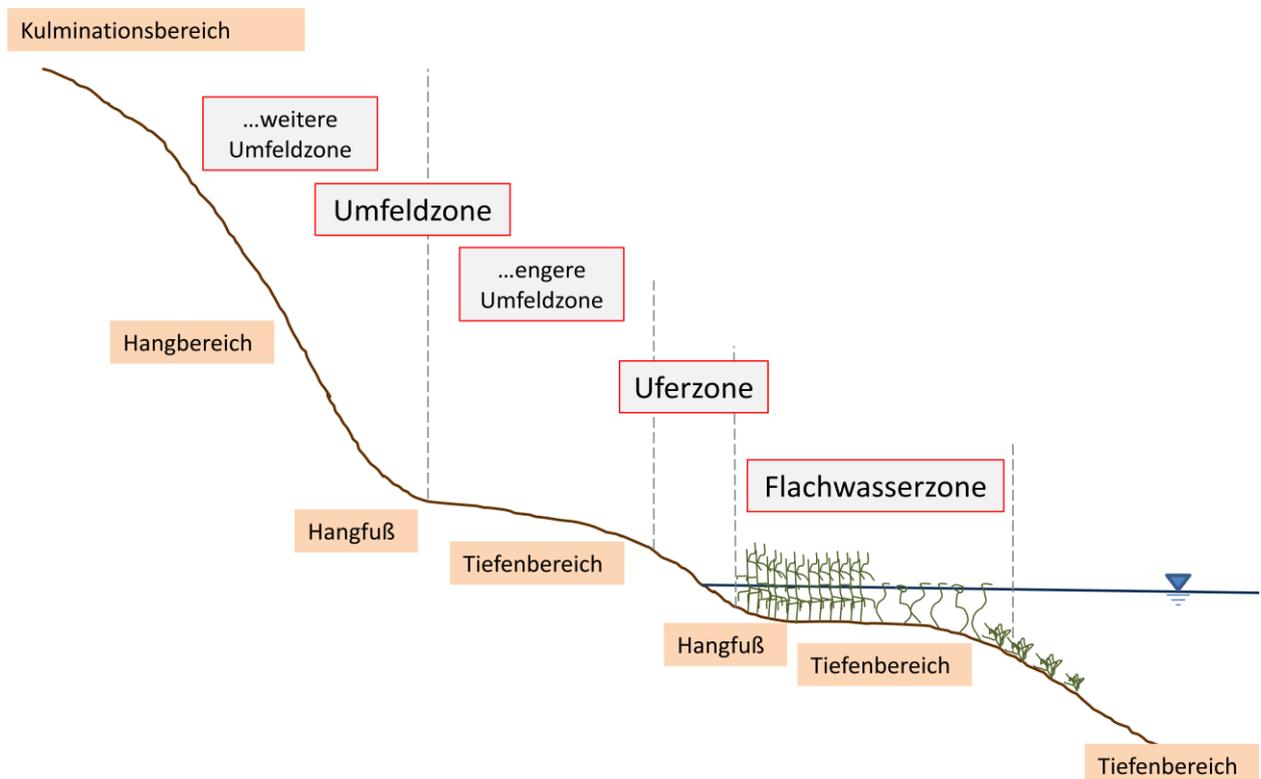


Abbildung 2-2: Vereinfachter Schnitt durch einen See mit umgebendem Gelände und Definition der Reliefformtypen (entsprechend KA 5, Ad-hoc-AG Boden 2005) sowie Zonierung der Seeufer

Zunächst bildet die Form des Ufers im Aufriss (vertikaler Schnitt) ein typbestimmendes Merkmal, das zugleich die Anordnung topischer Teilräume teilweise mit beschreibt. Für die Uferform erscheint folgende Unterscheidung als praktikabel:

- **ungestuftes bzw. schwach abgestuftes Ufer** (nahezu konstantes Gefälle der Umfeld- und Uferzone von eben bis stärker geneigter Lehnhang, s. u.)
- **gering geböschtes Ufer** (Böschungen bis 1 m Höhenunterschied)
- **Steilufer/stark geböschtes Ufer**: ausgeprägter Steilhang (Böschungen > 1 m Höhenunterschied) oder Wand
- **deutlich oder stark abgestuftes Ufer** (starker gradueller Wechsel der Hangneigung im engeren oder erweiterten Umfeld)
- **Terrassenufer**: ausgeprägte Terrassenbildung (mindestens 2 aufeinanderfolgende Hang- und Tiefbereiche ähnlicher Neigung)

Die genannten Uferformen können teilweise als Mischformen vorkommen.

Um die Neigung des das Ufer umfassenden Geländes als Aufrissmerkmal sinnvoll zu unterteilen, wird auf bestehende Arbeiten zurückgegriffen. So stellen die Tabellen 2-5 und 2-6 zwei



Tabelle 2-5: Einteilung der Seehänge in Neigungsstufen nach MAUERSBERGER (2006)

Mittlere Neigung	Bezeichnung
$\leq 1^\circ$	nicht eingetieft
$\geq 1 \dots 4^\circ$	schwach flachhängig
$\geq 4 \dots 9^\circ$	stark flachhängig
$\geq 9 \dots 16^\circ$	schwach lehnhängig
$\geq 16 \dots 25^\circ$	stark lehnhängig
$\geq 25^\circ$	steilhängig

Tabelle 2-6: Einteilung der Hänge in 3 Neigungsstufen für Seeuferzone und Seeumfeldzone

Neigungsstufen für Seeufer	Neigungswinkel	Neigungsstufen nach SCHULZE & KOPP (1995), leicht ergänzt
(1) Flach	0...1°	eben
	> 1...3°	Flachhang, schwächer geneigt
	> 3...7°	Flachhang, stärker geneigt
(2) Mittelsteil	> 7...15°	Lehnhang („Mittelhang“), schwächer geneigt
	> 15...25°	Lehnhang („Mittelhang“), stärker geneigt
(3) Steil	> 25...35°	Steilhang, schwächer geneigt
	> 35...60°	Steilhang, stärker geneigt
	> 60...90°, ggf. > 90°	Wand, ggf. Überhang

### 2.3.2 Geologische Bildungen/Böden

Von bestimmender Bedeutung für die Ausprägungen der Seeuferzone und der Umfeldzone sind die geologischen Bildungen (Ausgangsgesteine) und die Bodenverhältnisse. Bei einer rein vertikalen Betrachtung sind damit zu unterscheiden:

- Festgestein (ohne eine wesentliche Auflage aus Lockergestein)
- Lockergestein (Grobböden, Feinböden, Moore, Sondersubstratformen wie Kalkausfällungen, Raseneisenstein, Kohle u.a.)
- Locker- über Festgestein

Neben Festgestein können von daher in der Seeuferzone und der Umfeldzone der Seen terrestrische, semiterrestrische (tlw. semisubhydrische) Böden und Moore vorkommen. Böden umfassen den obersten belebten Bereich des lockeren Verwitterungsmaterials (MÜLLER 1989), und haben auf Grund ihrer standortbestimmenden Merkmale entscheidenden Einfluss auf die Pflanzenwelt (Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit, Struktur etc.), aber auch direkte Bedeutung als Lebensraum der Tiere (im Boden, an der Bodenoberfläche oder indirekt durch die eher pflanzengeprägten Habitate). An Seen mit steileren Hängen durchaus verbreitet sind Kolluvisole, die durch Erosion verlagertes Bodenmaterial darstellen.

Zu den terrestrischen Böden zählen die mineralischen Bodenbildungen, welche durch vorwiegend abwärts gerichtete Wasserbewegung geprägt sind; aber auch die Stauwasserböden werden mit hinzu gezählt (KA 5, Ad-hoc-AG Boden 2005).

In der Gruppe der semiterrestrischen Böden sind die Bodenbildungen mit Grundwassereinfluss vereint. Dabei ist die Wasserbewegung im Grundwassereinflussbereich vorwiegend horizontal. Insofern sind typische Merkmale die Amplitude der Grundwasserschwankungen einschließlich des geschlossenen Kapillarsaumes und ihr zeitlicher Verlauf (KA 5, Ad-hoc-AG Boden 2005). Zu den semiterrestrischen Böden zählen die Auenböden, die Gleye und die Marschen.

Semisubhydrische Böden umfassen Böden im Gezeiteneinfluss und im Einflussbereich des schwankenden Wassers der Flussunterläufe. Semisubhydrische Böden unterliegen daher regelmäßigen Überschwemmungen, liegen aber zeitweise auch immer wieder trocken. Die Böden sind als Nassstrände und Watt ausgebildet (KA 5, Ad-hoc-AG Boden 2005).

Moore bestehen aus Torfen ( $\geq 30$  Masse-% organische Substanz). Torfe sind eine Bildung aus unvollständig zersetztem Pflanzenmaterial und können sich nur bei Wassersättigung und damit verbundenem Luftabschluss bilden. „Das Wasser muss im langfristigen Mittel nahe an, in oder über der Oberfläche stehen, damit Torf akkumuliert wird, das Moor also wächst“ (EDOM 2001). Moore lassen sich u.a. hydrologisch und ökologisch in verschiedene Typen gliedern (SUCCOW & JOOSTEN 2001). Die ökologischen Moortypen hängen wesentlich vom Nährstoffgehalt bzw. der –verfügbarkeit, vom Säure-Basen-Verhältnis sowie von der Vegetation ab. Dabei spielt die Speisung eine entscheidende Rolle (direkt aus Niederschlag, aus Grundwasser, aus Bodenwasser, kombiniert...). In hydrologischer Hinsicht treten an Seen vor allem Verlandungsmoore (quasi als spätes Entwicklungsstadium von Seen) und Hangmoore auf, teilweise auch Durchströmungsmoore. Regen- und Zwischenmoore können ggf. sekundär aufwachsen. An Flussseen können auch Überflutungsmoore ausgebildet sein.

Für die Fragestellung einer Ableitung nach Seeuferstypen und die dafür notwendige Kennzeichnung der Untergrundverhältnisse sind die bodensystematischen Einteilungen zu differenzieren (vgl. auch INFORMUS 2004, IGKB 2009). Sinnvoll erscheint das Orientieren auf eine Kennzeichnung der Substratverhältnisse. Hier kann die in Tabelle 2-7 dargestellte Systematisierung im Sinne von Haupt-Substratarten vorgenommen werden:

Tabelle 2-7: Haupt-Substratarten der Seeufer und der Umfeldzone, unter Rückgriff auf Systematisierungen und Definitionen nach KOPP et al. (1982), MÜLLER (1989), KOPP (2004) und KA 5 (ad-hoc-AG Boden 2005)

Substratart	Erläuterung, ggf. weitere Unterteilung	Korngröße/Massenverhältnis
Massiver Fels	Kompaktes Festgestein, ggf. mit Auflockerungs-/Verwitterungszone	-
Schutte, Gerölle	Sedimentgesteine in Form kantiger/gerundeter Blöcke („größere Steine“)	> 200 mm
	Sedimentgesteine in Form kantiger/gerundeter Steine	≥ 63 mm und < 200 mm
Gruse/Kiese	Sedimentgesteine in Form von Grus (kantig) oder Kies (gerundet)	≥ 2 mm und < 63 mm
Sande	Sedimentgesteine	≥ 0,063 mm und < 2 mm
Schluffe	Sedimentgesteine	≥ 0,002 mm und < 0,063 mm
Tone	Sedimentgesteine	< 0,002 mm
Lehme, Lehmsande, Sandlehme, Mergel	Schwach bis stark bindiges Gemisch aus verschiedenen Sedimentgesteinen, Mergel als kalkreiches (unverwittertes) Geschiebe	unterschiedliche Masseanteile von Sand, Schluff und Ton
Torfe	Nicht vollständig zersetzte Pflanzenteile	≥ 30 Masse-% organische Substanz
Kalke	Bildungen/Ablagerungen mit sehr hohen Carbonatgehalten, z.B. Quellenkalk, Seekreide, Wiesenmergel, Wiesenkalk	-

Die geologischen bzw. bodenkundlichen Bedingungen in der Flachwasserzone sind dagegen im Regelfall dadurch gekennzeichnet, dass (holozäne) Sedimente dominieren. Selten sind Seebodenverhältnisse vorzufinden, bei denen der ursprüngliche Untergrund noch hervortritt. Dies

kann ggf. aber bereichsweise der Fall sein, wenn Seeströmungen oder Brandung so stark sind, dass Ablagerungen verhindert werden. Insofern sind auch anstehender Fels, Schutte/Gerölle, unterseeische Torfe, Geschiebelehm/-mergel und andere Bildungen grundsätzlich möglich.

Art und Beschaffenheit der Seesedimente hängen nicht nur vom Ausgangsgestein bzw. den Böden der Seeumgebung ab, sondern können auch durch einmündende Fließgewässer bestimmt werden. Besonders relevant für die Sedimentbildung in Seen sind die biologischen Prozesse, so unter anderem das für Detritus und Mudden verantwortliche Absterben gebildeter Biomasse oder das Ausfallen von Kalk (Seekreide, Kalkmudden) infolge des durch die Photosynthese der Pflanzen und Algen veränderten Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts im Seewasser. Mitunter führen auch Schalen abgestorbener Muscheln, Gehäuse abgestorbener Schnecken oder abgestorbene Kieselalgen zu spezifischen Sedimentformen.

Eine Übersicht der wesentlichen Seesedimente, die maßgeblich auf SUCCOW (1998) zurückgeht, zeigt die Tabelle 2-8. Zugeordnet wurden die subhydrischen Bodentypen (Unterwasserböden) nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (KA 5, Ad-hoc-AG Boden 2005).

Seesedimente sind nicht oder kaum aus vorhandenen geowissenschaftlichen Daten oder Fernerkundungsdaten ableitbar, so dass dies im Rahmen eines Übersichtsverfahrens nur durch ergänzende Vor-Ort-Aufnahmen abgesichert werden kann. Bei IGKB (2009) wurden beispielsweise Sichtkästen oder ggf. Bodengreifer verwendet.

Tabelle 2-8: Typologie der Seesedimente, Grundlage: SUCCOW (1998), typologisch wesentlich erweitert, leicht geändert und durch Erläuterungen ergänzt, Zuordnung der Bodentypen (subhydrische Böden - Unterwasserböden) nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (KA 5, Ad-hoc-AG Boden 2005)

<b>Sedimenttyp</b>	<b>Bodentyp</b>	<b>Erläuterung</b>
Seesande	Protopedon	Sediment, häufiger in sauren/subneutralen Gewässern vorkommend, sehr geringer Anteil organischer Substanz (Detritus)
Seeschluff	Protopedon	Sediment, häufiger in sauren/subneutralen Gewässern vorkommend, sehr geringer Anteil organischer Substanz (Detritus)
Seeton	Protopedon	Sediment, häufiger in sauren/subneutralen Gewässern vorkommend, sehr geringer Anteil organischer Substanz (Detritus)
Seekreide	Protopedon	in alkalischen Gewässern auf Grund der biogenen Entkalkung infolge Photosynthese und Veränderung Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht, > 90% CaCO <sub>3</sub> -Gehalt
Sandmudde	Gyttja	In sauren bis alkalischen Gewässern infolge deutlich erhöhter Primärproduktion als mit Detritus

		angereicherter Sand, organische Substanz < 30%, Sandgehalt > 90%
Kalkmudde	Gyttja	In alkalischen Gewässern infolge deutlich erhöhter Primärproduktion als mit Detritus angereicherte Seekreide, organische Substanz < 30%, CaCO <sub>3</sub> -Gehalt > 90%
Schluffmudde	Gyttja	In Gewässern infolge deutlich erhöhter Primärproduktion als mit Detritus angereicherter Schluff, organische Substanz > 30%
Tonmudde	Gyttja	In Gewässern infolge deutlich erhöhter Primärproduktion als mit Detritus angereicherter Ton, organische Substanz > 30%
Diatomeenmudde	Gyttja	In Gewässern infolge deutlich erhöhter Primärproduktion als mit Detritus angereichertes Diatomeensediment (abgestorbene und sedimentierte Kieselalgen), organische Substanz > 30%
Organomudde (Leber-, Torf- und/oder Detritusmudde)	Gyttja	In nährstoffreichen Gewässern infolge stark erhöhter Primärproduktion abgelagerte dominante und reichhaltige organische Substanz
Faulmudde	Sapropel	In poly- bis hypertrophen /teils eutrophen) Gewässern abgelagerte dominante und reichhaltige organische Substanz bei völliger oder weitgehender Sauerstofffreiheit (anoxischer Zustand)
Braunschlamm	Dy	In sauren (huminsäurereichen) Gewässern abgelagerter lockerer brauner bis schwarzer Schlamm

## 2.4 Typenbildung durch Abstraktion und Merkmalskombination

„Typen aufstellen bedeutet Schematisieren; aber ohne Schematisierung kann der menschliche Geist die Natur nicht fassen“ (THIENEMANN 1932). Beim Typisieren handelt es sich um einen bewussten und selektiven Abstraktionsprozess, bei dem unwesentliche Merkmale, Eigenschaften und funktionelle Beziehungen außer Acht gelassen werden, so daß die wesentlichen und bestimmenden Zusammenhänge gefunden werden können. Typen beruhen auf übereinstimmenden Merkmalen in Struktur, Dynamik und Entwicklung (NEEF 1967, vgl. auch MEHL 1998, MEHL & THIELE 1998).

Seeuertypen müssen im geographischen Sinne als chorische Typen aufgefasst werden, da die hier praktizierte, zwar vereinfachte sequenzielle Sichtweise, trotzdem zur horizontalen Verflechtung und damit zur chorischen Dimension führt (vgl. NEEF 1967). Verbände bzw. Gefüge mit charakteristischen Mustern und Verteilungsregeln sind damit gleichartige Einheiten und bilden Choren. Die chorische Betrachtung fußt zwar auf der topischen Analyse, beschäftigt sich jedoch

mit dem Gefüge und der Dynamik der räumlichen Verteilung. In der Chorologie steht die Abstraktion aus den Naturtatsachen im Vordergrund. Chorische Typen sind Verallgemeinerungen der gesamten heterogenen Inhalte der betrachteten Flächeneinheit.

NEEF (1967) unterscheidet Inventartypen, die durch die beteiligten Bauglieder der Einheit determiniert werden, und Mosaiktypen, die als Verteilungsmuster chorischer Einheiten gekennzeichnet werden können. Seeufertypen werden im Folgenden als chorische Typen im Sinne von Komplextypen begründet, indem eine Kombination von Inventar und Mosaik erfolgt, also von Baugliedern und Verteilungsmustern bzw. Anordnungsregeln. Der Ansatz bleibt vereinfachend (abstrakt) am vertikalen Schnitt bzw. als Sequenz nach dem „Catena“-Prinzip (s. o.) orientiert.

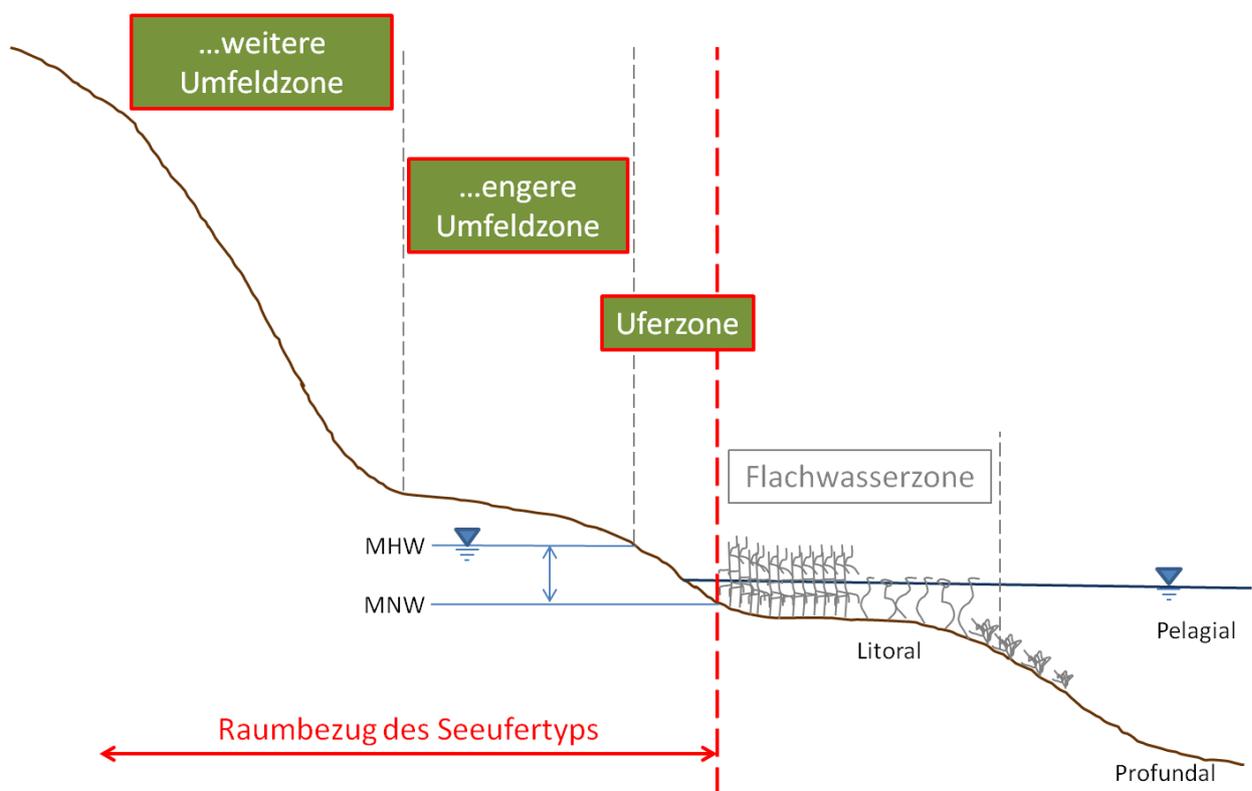


Abbildung 2-4: (typologischer) Raumbezug des Seeufertyps

Weitere Voraussetzungen sind:

- Die Bildung von Seeufertypen erfolgt für Seen mit einer Seefläche von mindestens 50 ha.
- Kombinationen, die in der Natur nicht vorkommen (können), werden ausgeschlossen.
- Die Seeufertypen sollen als Referenzbezug dienen, sie repräsentieren Verhältnisse bei Abwesenheit störender Einflüsse.
- Als engeren Betrachtungsraum für den Seeufertyp werden Uferzone sowie engere und weitere Umfeldzone definiert (Abb. 2-4).
- Eine Flachwasserzone kann grundsätzlich bei jedem Typ auftreten. Die Vielfalt der Ausprägungen der Flachwasserzonen ist sehr hoch, was folglich sehr viele typrelevante Kombinationen erfordern würde; zum anderen lassen sich Merkmale der Flachwasserzone nur sehr unsicher aus geowissenschaftlichen und Fernerkundungsdaten interpretieren. Eine Vor-Ort-Untersuchung wird in diesem Bereich gemeinhin nicht zu ersetzen sein. Deshalb erfolgt die Merkmals-Kennzeichnung der Flachwasserzone nur grundsätzlich und beschränkt auf typcharakteristische, häufig auftretende Formen.
- Der Ableitung von Seeufertypen liegt der Grundgedanke zugrunde, dass die Merkmale zugleich Rahmenmerkmale für die (räumlich differenzierteren) Habitate der Lebensgemeinschaften bilden.
- Seeufertypen können bei einer land- und uferseitig geostrukturell ausgerichteten Betrachtung überwiegend nur widerspiegeln, was an historischen oder rezenten Prozessen der Uferbildung geologisch, pedologisch, hydrologisch/hydrodynamisch und geobotanisch determiniert ist; strukturelle Folgen seeinterner stoffhaushaltlicher Prozesse, z.B. Bildung von Mudden oder von Seekreide, sind „von außen“ schwer zu fassen.
- Die Relevanz von Seeufertypen für die uferstrukturelle Bewertung muss gegeben sein; Seeufertypen müssen insofern wesentliche und damit notwendige Differenzen in der Anwendung von Bewertungskriterien und/oder der Bewertungsabstufung erklären bzw. determinieren.
- Seeufertypen sollen bioökologisch relevant sein (biologische Qualitätskomponenten nach Anhang V WRRL). Deshalb müssen die Seeufertypen grundlegende Unterschiede des Habitatauftretens nach Art, Genese und Entwicklung widerspiegeln, zumindest jener Habitate, die entsprechende Abhängigkeiten zeigen. Hierauf basiert die Auswahl der geostrukturellen Merkmale des Reliefs und der Untergrundverhältnisse (Tab. 2-9).

Damit sollen die oben stehenden geostrukturellen Merkmale im Hinblick auf eine vereinfachte Seeufertypenansprache genutzt werden.

Tabelle 2-9: Typmerkmale und wichtige determinierende („erklärende“) Funktionen für Habitat-  
 ausprägungen

Typmerkmal	Geostrukturelle Indikation	Habitatdeterminierende Funktionen
<b>Neigung</b>	Erosionspotenzial/-intensität, Verlagerungspotenzial für Substrate und Böden Verschattung und Durchlichtung (besonders abhängig von der Wassertiefe) Intensität und Raumgröße von hydrologischen Wechselwirkungen (Überflutung, Interaktion See- und Grundwasser, Hydromorphie der Böden) Exposition gegenüber Brandung/Wellenschlag	Eintrag von Schutt, Geröll, Kies, Feinböden in den See bzw. den Uferraum Intensität von „Nachschub“/Erneuerung bzw. Veränderung von Substraten Größe von Räumen bei wechselnden Wasserständen und bezüglich der Interaktion See/Grundwasser Größe und Ausprägung der euphotischen Zone
<b>Form des Ufers</b>	Berücksichtigung des Neigungswechsels zwischen Arealen	Raumzonierung, Areal- bzw. Habitatheterogenität, Sequenzabfolge
<b>Substratarten</b>	Geologische Bildungen (Ausgangsgesteine) und Bodenverhältnisse	Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit Geo-/Bodenphysikalische /hydro-mechanische Eigenschaften (Widerstandsverhalten, Verlagerungsstabilität, Porosität...) Durchwurzelbarkeit, Sedimentbesiedelbarkeit, Konstanz von Habitatverhältnissen

Empirisch, d.h. vor allem im Rückgriff auf Fachliteratur, Expertenwissen und Bearbeiterkenntnisse, lassen sich folgende „übergreifende“ Seeufertypen ableiten, die typologisch und begrifflich vorrangig nach Neigungsstufen und Hauptsubstraten gekennzeichnet werden:

- (1) Flache bis mittelsteile Sandufer
- (2) Flache bis mittelsteile Ufer bindiger Böden
- (3) Moorufer
- (4) Flache bis mittelsteile Kiesufer
- (5) Steile Ufer bindiger Böden
- (6) Steile Grus-/Kiesufer
- (7) Steile Schutt-/Geröllufer
- (8) Felsufer

Diese acht Seeufertypen werden nachfolgend in Form von Steckbriefen insbesondere nach den oben genannten Typmerkmalen eingeordnet. Im anschließenden Kapitel 2.6 wird der Versuch unternommen, auch die Ausprägungen künstlicher und erheblich veränderter Seeufer zu systematisieren.

## **2.5 Steckbriefe der Seeufertypen**

Die insgesamt acht Seeufertypen sollen kurz in ihren wesentlichen Merkmalen beschrieben werden. Dafür wird im Folgenden eine steckbriefhafte Darstellungsform gewählt. Ergänzt werden die Steckbriefe mit Angaben zu Beispielgewässern einschließlich geographischer Verortung nach Bundesländern (Abkürzungen) sowie möglichst anschaulichen Fotos.

## Flache bis mittelsteile Sandufer

Beispielseen: Bergsee, Useriner See, Drewitzer See (M-V)



Substratverhältnisse der Seeuferzone

Sande, ggf. Gerölle und/oder Kiese, möglich: kleinräumig Schluffe, Tone, Lehme, Lehmsande, Sandlehme, tlw. Mergel, mitunter Kalke

Reliefverhältnisse: Uferform

Ungestuftes bzw. schwach abgestuftes Ufer, Terrassenufer, meistens mit ausgedehnter Flachwasserzone, ggf. gering geböschtes (rezentes) Ufer, ggf. mit Strandausbildung, insb. bei entsprechender Exposition bezüglich Hauptwindrichtung/Wellenangriff

Reliefverhältnisse: Neigungsstufen

Flach bis mittelsteil

Hydrologische/geohydraulische Interaktion mit dem Seeumland

Hoch wegen meistens hoher hydraulischer Leitfähigkeit des Untergrundes, in Sanderlandschaften repräsentiert der Seewasserspiegel häufig zugleich annähernd den regionalen Grundwasserspiegel, grundwassergefälleabhängiger Zustrom aus dem und Abstrom in das Grundwasser sind charakteristisch

Wesentliche standörtliche Verhältnisse für die Vegetation

Relativ nährstoffarme, aber grundwassernahe Böden im terrestrischen Bereich, meistens ausgedehnte Flachwasserzonen ermöglichen Röhrichtbestände, Bestände von submersen Makrophyten oder Schwimmblattpflanzen

Wesentliche Habitatverhältnisse für die aquatische Fauna (Makrozoobenthos/Fische)

Sand, Geröll (Blöcke, Steine), Kiese, emerse und ggf. submerse Makrophyten, Wurzeln im Uferbereich, Totholz, ggf. Algenaufwuchs

## Flache bis mittelsteile Ufer bindiger Böden

Beispielseen: Malchiner See, Kummerower See, Borgwallsee, Schaalsee (M-V), Barkauer See, Suhrer See, Selenter See (S-H)



Substratverhältnisse der Seeuferzone	Lehme, Lehmsande, Sandlehme, tlw. Mergel, Schluffe, Tone, kleinräumig: häufig auch Sande, ggf. Gerölle und/oder Kiese, mitunter Kalke, als „Subtypus“ am Seeboden auch flächendeckende Geröllansammlungen möglich (Blöcke, Steine), vermutlich als Folge der (natürlichen) postglazialen Ufererosion
Reliefverhältnisse: Uferform	Ungestuftes bzw. schwach abgestuftes Ufer, Terrassenufer, häufig mit Flachwasserzone, ggf. gering geböschtes (rezentes) Ufer, ggf. mit Strandausbildung, insb. bei entsprechender Exposition bezüglich Hauptwindrichtung/Wellenangriff
Reliefverhältnisse: Neigungsstufen	Flach bis mittelsteil
Hydrologische/geohydraulische Interaktion mit dem Seeumland	Gering wegen meistens geringer bis sehr geringer hydraulischer Leitfähigkeit des Untergrundes
Wesentliche standörtliche Verhältnisse für die Vegetation	Relativ nährstoffreiche Böden im terrestrischen Bereich, Flachwasserzonen ermöglichen Röhrichtbestände, Bestände von submersen Makrophyten oder Schwimmblattpflanzen
Wesentliche Habitatverhältnisse für die aquatische Fauna (Makrozoobenthos/Fische)	Sand, Lehm (Mergel), Geröll (Blöcke, Steine), Kiese, emerse und ggf. submerse Makrophyten, Wurzeln im Uferbereich, Totholz

## Moorufer

Beispielseen: Barkauer See,  
 Hohner See (S-H), Balksee (NI),  
 Gothensee, Schmollensee (M-V)



Substratverhältnisse der Seeuferzone

Nieder- und ggf. Hochmoortorfe, ggf. in Wechsellagerung mit anderen Substraten

Reliefverhältnisse: Uferform

Ungestuftes bzw. schwach abgestuftes Ufer, ggf. gering geböschtes (rezentes) Ufer, insb. bei entsprechender Exposition bezüglich Hauptwindrichtung/Wellenangriff

Reliefverhältnisse: Neigungsstufen

Flach

Hydrologische/geohydraulische Interaktion mit dem Seeumland

Sehr hoch wegen großer Interaktion Seewasser- und Grundwasserstand, Grundwasser schwankt leicht zeitversetzt ca. wie Seewasserstand, ggf. sogar Überflutungen durch See; hydrologische Moortypen: meistens Verlandungs-, Überflutungs- oder Durchströmungsmoore, auch Hochmoore möglich

Wesentliche standörtliche Verhältnisse für die Vegetation

Moorverhältnisse im terrestrischen Bereich (Wasser ganzjährig über Flur, flurgleich oder wenig unter Flur), Flachwasserzonen ermöglichen Röhrichtbestände, Bestände von submersen Makrophyten oder Schwimmblattpflanzen

Wesentliche Habitatverhältnisse für die aquatische Fauna (Makrozoobenthos/Fische)

Torfe, Detritus/Mudden, submerse und emerse Makrophyten, Wurzeln im Uferbereich, Totholz

## Flache bis mittelsteile Kiesufer

Beispielseen: Selenter See,  
 Suhrer See (S-H), Tegernsee  
 (BY)



Substratverhältnisse der Seeuferzone	Kiese, ggf. Gerölle (Blöcke, Steine), Sande, Schluffe, Tone, Lehme, Lehmsande, Sandlehme, tlw. Mergel, mitunter Kalke
Reliefverhältnisse: Uferform	Ungestuftes, schwach oder deutlich abgestuftes Ufer, Terrassenufer, meistens mit ausgedehnter Flachwasserzone, ggf. gering geböschtes (rezentes) Ufer, ggf. mit Strandausbildung, insb. bei entsprechender Exposition bezüglich Hauptwindrichtung/Wellenangriff
Reliefverhältnisse: Neigungsstufen	Flach bis mittelsteil
Hydrologische/geohydraulische Interaktion mit dem Seeumland	Geohydraulische Interaktion gering bis hoch je nach hydraulischer Leitfähigkeit des Untergrundes, grundwassergefälleabhängiger Zustrom aus dem und Abstrom in das Grundwasser sind möglich, ggf. Teilüberflutungen bei hohem Seewasserstand
Wesentliche standörtliche Verhältnisse für die Vegetation	Je nach Verhältnissen im terrestrischen Bereich nährstoffarme oder -reiche Böden, ggf. vorhandene Flachwasserzonen ermöglichen Röhrichtbestände, Bestände von submersen Makrophyten oder Schwimmblattpflanzen
Wesentliche Habitatverhältnisse für die aquatische Fauna (Makrozoobenthos/Fische)	Kiese, Geröll (Blöcke, Steine), Sand, Totholz, ggf. submerse und emerse Makrophyten

## Steile Ufer bindiger Böden

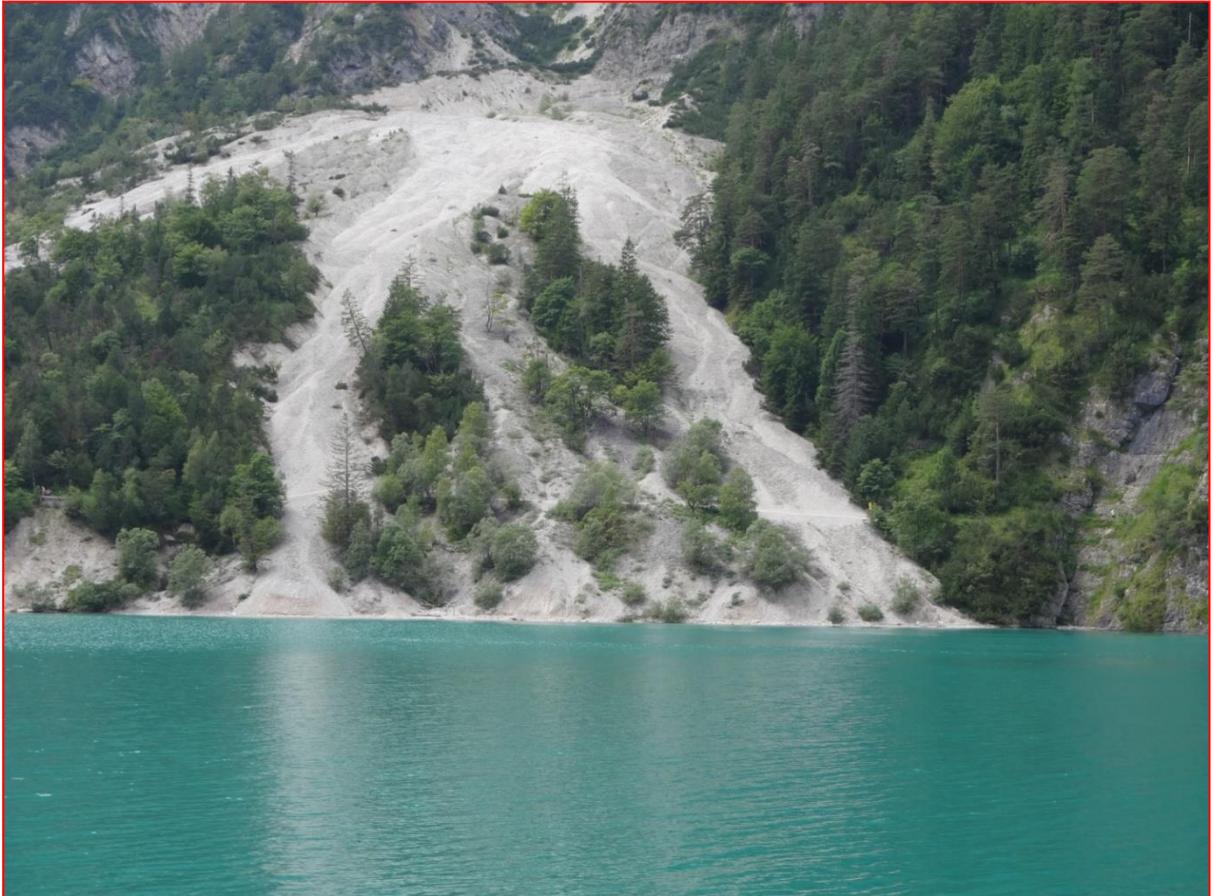
Beispielseen: Ratzeburger See,  
 Großer Binnensee (S-H). Plauer  
 See, Schweriner See, Pinnower  
 See (M-V)



Substratverhältnisse der Seeuferzone	Lehme, Schluffe, Tone, Lehmsande, Sandlehme, tlw. Mergel, mitunter Kalke, Kiese, ggf. Gerölle (Blöcke, Steine), Sande
Reliefverhältnisse: Uferform	Steilufer/stark geböschtes Ufer, ggf. deutlich oder stark abgestuftes Ufer, ggf. auch Terrassenufer (insb. bei Seespiegelabsenkung), ggf. mit Flachwasserzone, ggf. mit Strandausbildung, insb. bei entsprechender Exposition bezüglich Hauptwindrichtung/Wellenangriff
Reliefverhältnisse: Neigungsstufen	Steil
Hydrologische/geohydraulische Interaktion mit dem Seeumland	Wegen Steilheit keine Überflutungen möglich, geohydraulische Interaktion gering bis mittel je nach hydraulischer Leitfähigkeit des Untergrundes, bei relativ großem Grundwasserflurabstand aber geringe standörtliche Wirksamkeit
Wesentliche standörtliche Verhältnisse für die Vegetation	Relativ nährstoffreiche Böden im terrestrischen Bereich als Grundlage für ausgeprägte Hangwälder, ggf. auch für Hangquellwälder bei Quellaustritten  In der Flachwasserzone hinreichende Bedingungen möglich für die Ausbildung eines Röhrichtbestandes
Wesentliche Habitatverhältnisse für die aquatische Fauna (Makrozoobenthos/Fische)	Sand, Kiese, Geröll (Blöcke, Steine), Totholz, ggf. submerse und emerse Makrophyten

## Steile Grus-/Kiesufer

Beispielseen: Walchensee (BY),  
 Achensee (Österreich)



Substratverhältnisse der Seeuferzone

Grus/Kies, ggf. untergeordnet Geröll (Blöcke, Steine), ggf. stellenweise massiver Fels

Reliefverhältnisse: Uferform

Steilufer, Flachwasserzone als unter Wasser auslaufender Schüttkegel möglich, ggf. auch Strandzonenausbildung

Reliefverhältnisse: Neigungsstufen

Steil

Hydrologische/geohydraulische Interaktion mit dem Seeumland

Im Allgemeinen nicht gegeben oder sehr gering, ggf. Interaktion mit Kluftwasser

Wesentliche standörtliche Verhältnisse für die Vegetation

Im terrestrischen Bereich überwiegend Rohböden mit geringem Wasser- und Nährstoffspeichungsvermögen (eher nur geeignet für Pionierbesiedler)

Wesentliche Habitatverhältnisse für die aquatische Fauna (Makrozoobenthos/Fische)

Gruse/Kiese, möglich: Geröll (Blöcke, Steine), Totholz, möglich: kleinräumig massiver Fels

## Steile Schutt-/Geröllufer

Beispielseen: Eibsee, Walchensee (BY)



Substratverhältnisse der Seeuferzone

Schutt und Gerölle (Blöcke, Steine), Grus/Kies, ggf. stellenweise massiver Fels

Reliefverhältnisse: Uferform

Steilufer, Flachwasserzone als unter Wasser auslaufender Schüttkegel möglich, ggf. auch Strandzonenausbildung

Reliefverhältnisse: Neigungsstufen

Steil

Hydrologische/geohydraulische Interaktion mit dem Seeumland

Im Allgemeinen nicht gegeben oder sehr gering, ggf. Interaktion mit Kluftwasser

Wesentliche standörtliche Verhältnisse für die Vegetation

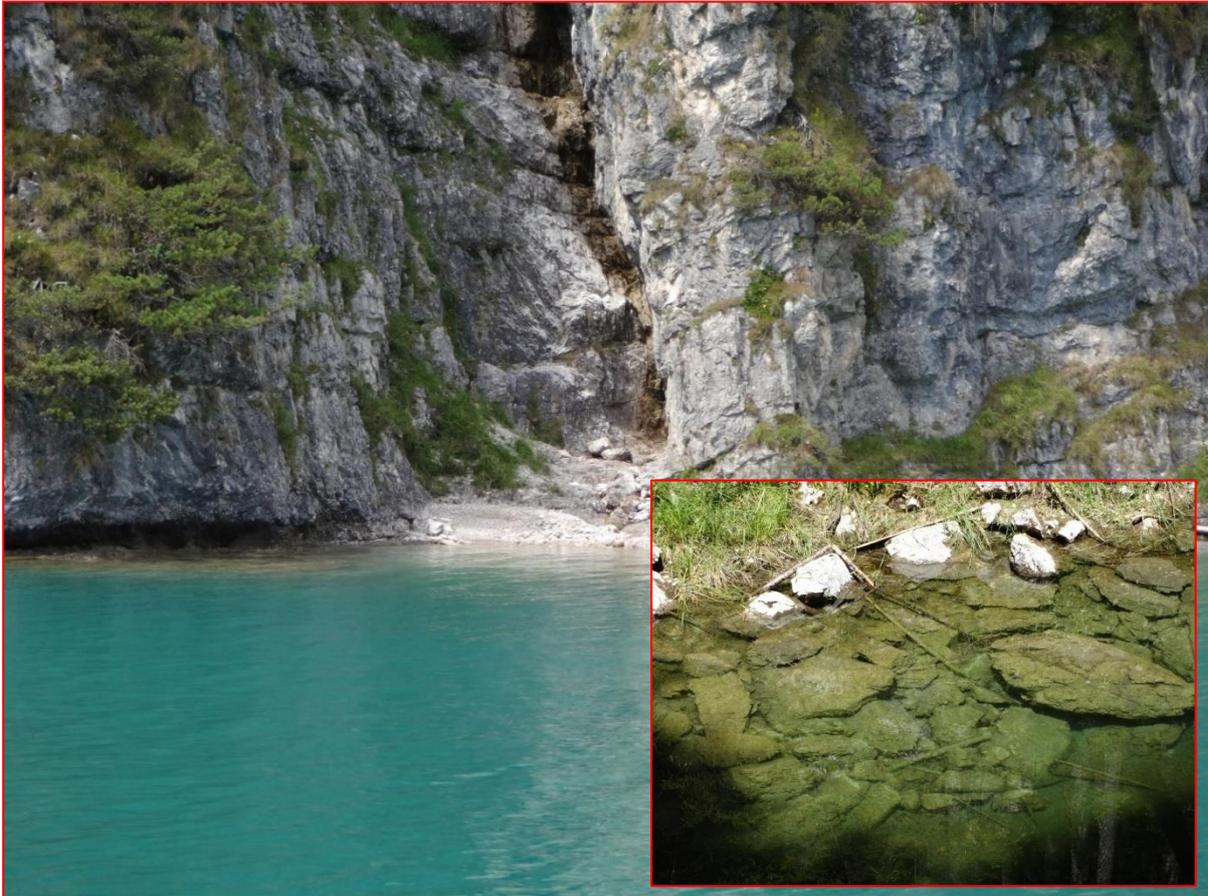
Im terrestrischen Bereich überwiegend Rohböden mit geringem Wasser- und Nährstoffspeichervermögen (eher nur geeignet für Pionierbesiedler)

Wesentliche Habitatverhältnisse für die aquatische Fauna (Makrozoobenthos/Fische)

Schutt, Geröll (Blöcke, Steine), Kiese, Sand, Totholz, ggf. Fels

## Felsufer

Beispielseen: Achensee (Österreich)



Substratverhältnisse der Seeuferzone

Massiver Fels, ggf. in Wechsellagerung mit Schutt/Geröll und/oder Grus/Kies

Reliefverhältnisse: Uferform

Je nach Ausprägung Wand oder Steilufer, ggf. auch ungestuftes bis deutlich oder stark abgestuftes Ufer, vor allem bei Wand- oder Steilausprägung häufig ohne Flachwasserzone (Steilhangfortsetzung unter Wasser), aber auch ausgeprägte Flachwasserzone möglich

Reliefverhältnisse: Neigungsstufen

Mittelsteil bis steil

Hydrologische/geohydraulische Interaktion mit dem Seeumland

Im Allgemeinen nicht gegeben oder sehr gering, ggf. Interaktion mit Kluftwasser

Wesentliche standörtliche Verhältnisse für die Vegetation

Baum-/Strauchbewuchs in Klüften oder auf schütterten Auflagen, Flechten und Moose auf Fels

Wesentliche Habitatverhältnisse für die aquatische Fauna (Makrozoobenthos/Fische)

Fels, Schutt, Geröll (Blöcke, Steine), Kiese, Sand, Totholz

## 2.6 Ausprägungen künstlicher und erheblich veränderter Seeufer

Künstliche Seeufer sind an die Existenz künstlich geschaffener Seen gebunden. Je nach Zweck der Gewässerentstehung und Historie der Gewässerentwicklung können künstliche Seeufer ggf. sogar naturnah ausgebildet sein. Ansonsten beinhalten sie grundsätzlich den gleichen Formenschatz im Sinne anthropogener Merkmale, wie sie auch bei veränderten Seeufern vorkommen.

Zunehmend unterliegen Seen und damit auch Seeufer Belastungen aus Freizeitnutzungen. Umfangreiche Darstellung zu den Folgewirkungen von Freizeitnutzungen an Seen enthält das DWA-Merkblatt M-618/2013 (Entwurf) „Erholung und Freizeitnutzung an Seen – Voraussetzungen, Planung, Gestaltung“.

Erheblich veränderte Seeufer im Sinne der „erheblichen Veränderung“ nach WRRL (HMWB – heavily modified water body) sind demnach Seeufer, die infolge physikalischer Veränderungen durch Eingriffe des Menschen in ihrem Wesen so erheblich verändert sind, dass sie keinen guten ökologischen Zustand aufweisen können.

Im Regelfall dürften damit die Seeufer folgenden grundlegenden Ausprägungsformen unterliegen (alleinig oder kombiniert):

- (1) Abgegrabene Ufer
- (2) Uferausbildung oder Überprägung aus/mit Kultsolen (künstlich aufgetragene oder aufgeschüttete Böden)
- (3) Mit künstlichen oder natürlichen Materialien umgestaltete Ufer (ge-/ver- und/oder umgebaut)
- (4) Veränderte Vegetationsausprägungen
- (5) Veränderte Wasserstände, Strömungen und Wellenbewegungen (*als Belastung aber zum Teil im Bereich der Qualitätskomponentengruppe „Wasserhaushalt“ nach WRRL/OGewV zu verorten*)

Die wichtigsten Belastungen der Ufer im Sinne struktureller Veränderungen und deren potenzielle Auswirkungen auf die räumlichen Zonen des Ufers stellt Tabelle 2-10 in detaillierter Form dar. In welcher Weise einzelne Belastungen oder Kombinationen aus solchen zu einer „erheblichen Veränderung“ führen, dies muss einzelfallbezogen, d. h. für jeden Seewasserkörper geprüft werden. Die Methodik ist im „Leitfaden zur Identifizierung und Ausweisung von erheblich veränderten und künstlichen Wasserkörpern“ (CIS-Arbeitsgruppe 2.2 „HMWB“ 2003) grundlegend und in LAWA (2013b) anwendungsbezogen dargestellt.

Tabelle 2-10: Strukturelle Belastungen der Ufer und potenzielle Auswirkungen auf die räumlichen Zonen des Ufers

	Wasserbedeckte Uferzone	Land und land-/wasserbedeckte Uferzone	Engeres Seeumfeld
<b>Gebäude, Infrastruktur</b>			
Gebäude		•	•
Straßen, Wege, Plätze		•	•
Brücke	•	•	•
Gleisanlagen			•
Rohrleitungen	•	•	•
Stromleitungen	•	•	•
Einmündungen Regenwasserkanalisation		•	
Einmündungen Mischwasserkanalisation		•	
Einmündungen Kühlwasser		•	
Aufgefüllte Ufer		•	•
Trampelpfade		•	•
Schwimmende Häuser	•		
<b>Anlagen der Schifffahrt und der Freizeitnutzung, Uferbefestigung</b>			
Hafen: abgegrabene, vertiefte (ehemalige) Flachwasserzonen	•	•	•
Kaianlagen	•	•	
Boots-/Anlegestege, Pontons	•		
Slipanlagen		•	•
Bootswinterlager		•	•
Bootshäuser	•	•	
Bootshallen			•
Leitwerke/Leiteinrichtungen (Schifffahrt), Molen	•	•	
Pavillons, Bühnen, bewegliche bzw. zeitweilige Gebäude, Zeltplätze, Caravaningplätze			•
Seebrücken, Seestege	•	•	
Sportplatz oder –fläche			•
Grillplatz		•	•
Festwiese, Golfplatz		•	•
Park		•	•

	Wasserbedeckte Uferzone	Land und land-/wasserbedeckte Uferzone	Engeres Seeumfeld
Deiche, Hochwasserschutzanlagen		•	•
Gabionen	•	•	
Ingenieurbiologische Sicherungen (z.B. Flechtwerk)		•	
Buhnen	•	•	
Sohlverbau (Setzsteine)	•		
Sohlverbau (Schüttsteine)	•		
Rasengitterelemente	•	•	
Uferfaschinen		•	
Massive oder verfugte Ufermauer/-wand (Beton, verfugte, Steinsetzungen)		•	
Unverfugte Ufermauer/-wand (Setzsteine)		•	
Spundwand		•	
Steinschüttung/-bewurf		•	
Künstlich übersandete Ufer		•	
Künstlich überkieste Ufer		•	
<b>Landnutzung</b>			
Acker-/Gartenland		•	•
Obstgehölze		•	•
Grünland		•	•
Gewächshäuser			•
Forste			•
Torfabbau		•	•
Sand-/Kiesabbau		•	•
Steinbruch		•	•
Beregnungsanlagen einschließlich Entnahmebereichen und Pumpengebäuden		•	•
Silos, Lagerstätten			•
Fischereiliche Anlagen (ohne Gebäude)	•	•	•
<b>Sonstiges</b>			
Faulschlamm	•		
Müll/Unrat	•	•	•
...			

### 3 Wichtige Klassifizierungsregeln und -kriterien der Seeuferstruktur

#### 3.1 Kriterien internationaler und nationaler Verfahren bzw. methodischer Ansätze

##### 3.1.1 SUK-Verfahren: Strukturzustand der Ufer von Seen (INFORMUS 2004)

Für die Ausweisung von Belastungen, die aus anthropogenen morphologischen Veränderungen an Seen bzw. deren unmittelbaren Litoral-, Ufer-, Seeterrassen- und Umlandbereichen sowie durch Seeabflussregulierungen herbeigeführt stammen, wurde in Mecklenburg-Vorpommern ein Kartierverfahren entwickelt, das im Wesentlichen auf der Auswertung von Luftbildern beruht. Im Verfahren werden für jeden Gewässerbereich Einzelparameter erhoben, die zu einer übergeordneten Parametergruppe zusammengefasst werden (Abb. 3-1).

Das Kartier- und Bewertungsverfahren erfolgt leitbildgestützt (Seeufertypen), aber belastungsbezogen (Abb. 3-2). Es ist derzeit für Tieflandgewässer entwickelt und erprobt. Erweiterungsbedarf besteht im Hinblick auf andere Regionen (Seen- und Seeufertypen) sowie die Notwendigkeit einer Umstellung auf die 5-stufige Klassifizierung nach WRRL.

<b>See bzw. Wasserkörperkenndaten</b>		
<b>Uferabschnittskenndaten</b>		
<b>Flachwasserzone</b>	<b>Ufer</b>	<b>Gewässerumfeld</b>
• Röhrlichtzone	• Morphologie	• Gewässerrandstreifen
	• Uferverbau	
• Besondere Flachwasserstrukturen	• Besondere Uferstrukturen	• Besondere Umfeldstrukturen
• Nutzung	• Nutzung	• Nutzung
• Schadstrukturen	• Schadstrukturen	• Schadstrukturen

Abbildung 3-1: Parameterstruktur des SUK-Verfahrens (aus INFORMUS 2004)

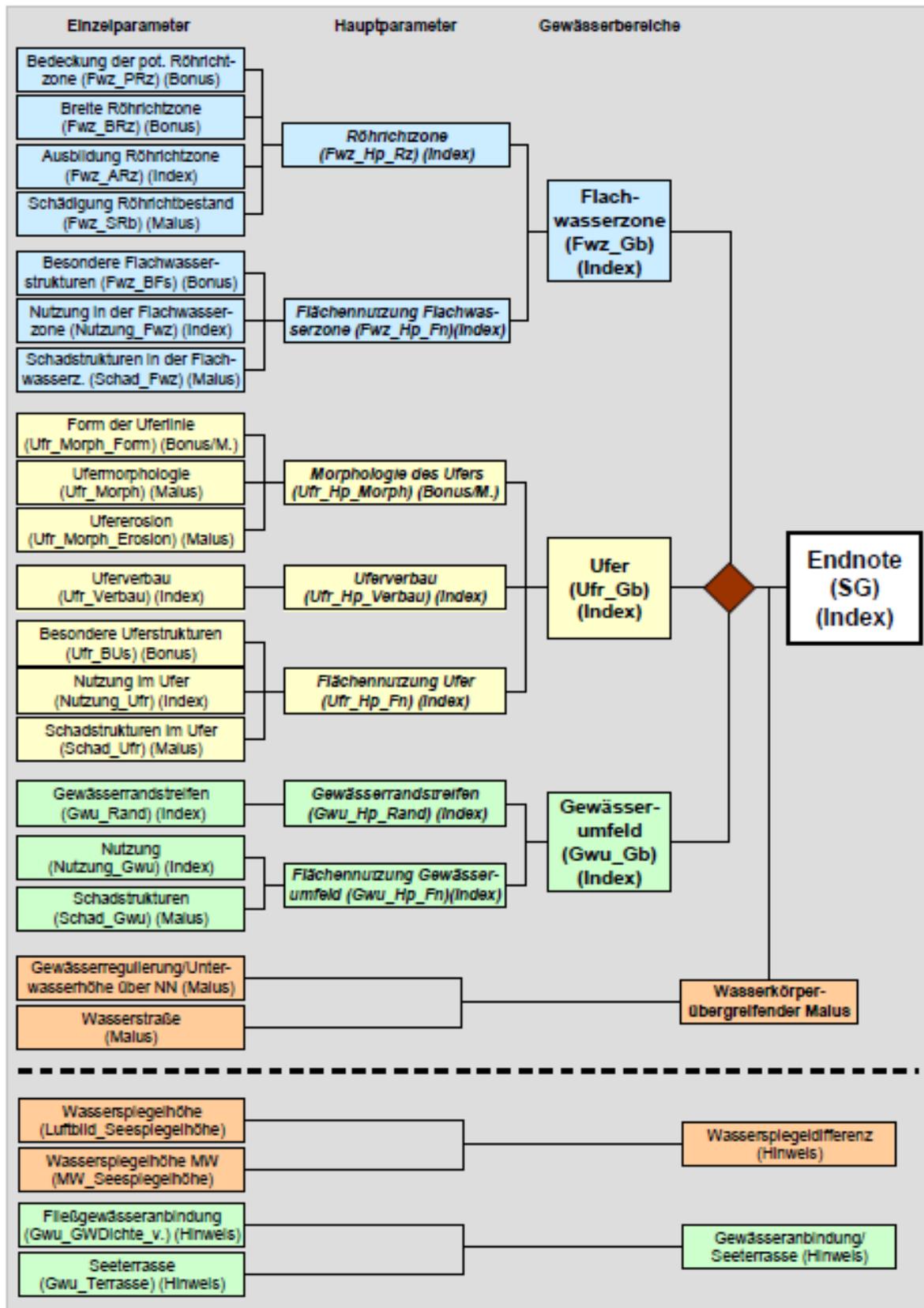


Abbildung 3-3: Bewertungsschema des SUK-Verfahrens (aus INFORMUS 2004)

### 3.1.2 Hydromorphologische Übersichtserfassung, Klassifikation und Bewertung von Seeufern (HMS-Verfahren, OSTENDORP et al. 2008)

Das von OSTENDORP et al. (2008) entwickelte HMS-Verfahren basiert ebenfalls vor allem auf vorhandenen Geodaten, insbesondere Luftbildern. Die Ergebnisse können und sollten aber im Gelände überprüft werden. Wesentliche Grundlage bildet die Ableitung einer Referenzuferlinie (ist digital zu bestimmen), die dem mittleren Wasserstand ohne „störende“ Objekte entspricht (z.B. Molen, Befestigungen etc.).

Die Uferbereiche werden zudem in Subzonen unterteilt und dann nach vorgegebenen Objektklassen und ihren Flächenanteilen klassifiziert. Die Subzonen sind:

- Subzone A (Sublitoral)
- Subzone B (Wasserwechselzone, Eulitoralzone)
- Subzone C (landwärtige Uferzone)

Für jede Subzone existiert ein Objektkatalog anhand dessen die gesamte Fläche der Subzone klassifiziert wird. Die Klassen der Objekte orientieren sich am „Impact“ (Folge/Wirkung) in Hinblick auf Veränderungen der Hydromorphologie (Tab. 3-1). Zum Verfahren existiert eine Erweiterung im Hinblick auf eine detailliertere Anwendung, welche im Rahmen der Bearbeitung einiger Gewässerentwicklungskonzepte in Brandenburg angewendet wurde. Dieses „Detailverfahren“ beinhaltet einen erweiterten Objektkatalog und erfordert eine vollständige seeseitige Befahrung des Ufers.

<b>Impact-Klasse</b>	<b>Bedeutung</b>
1	Natürlich/naturnah
2	Gering verändert
3	Mäßig verändert
4	Stark verändert
5	Vollständig verändert

Tabelle 3-1: Klassifizierungsskala des HMS-Verfahrens nach OSTENDORP et al. (2008)

### 3.1.3 Angepasstes Litoral-Modul des Bundesamtes für Umwelt der Schweiz (BAFU) zur limnologischen Bewertung der Ufer- und Flachwasserzone des Bodensees (Bodenseeverfahren, IGKB 2009)

Zur limnologischen Bewertung der Ufer- und Flachwasserzone des Bodensees wurde durch die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) auf das sogenannte „Litoral-Modul“ des Bundesamtes für Umwelt der Schweiz (BAFU) zurückgegriffen (IGKB 2009). Das Original-Modul wurde abgewandelt und insbesondere auf eine 5-stufige Bewertung entsprechend WRRL ausgerichtet. Im Verfahren werden drei Ufertypen unterschieden:

- (1) Flachufer
- (2) Mittelsteiles Ufer
- (3) Steilufer

Mit insgesamt 15 Kriterien wurde damit eine integrierte, referenzorientierte Bewertungsmethodik aufgebaut (Tab. 3-2). Die Bewertung der Ufer- und Flachwasserzone wurde zudem in 50-m-Abschnitten vorgenommen. Das Verfahren enthält zwar einzelne Überschneidungen zu biologischen Bewertungsansätzen nach Anhang V WRRL, aber auch Kriterien, die für eine bioökologische Interpretation und damit Unterstützung der biologischen Bewertung als sinnvoll erscheinen (z.B. einen „Funktionsteil“ mit Aspekten der Vernetzung, Durchgängigkeit im Uferbereich etc.).

Tabelle 3-2: Kriteriengruppen und Gewichtungsanteile des Bodenseeverfahrens (aus IGKB 2009)

Kriteriengruppe	Gewichtungsanteil	Einzelkriterium	Gewichtungsfaktor
<b>Gruppe A:</b> Standorttypische Strukturen	ca. 25 %	Uferlinie	2.5
		Deltabildung	1.5
		Ufersubstrat	2.5
		Litoralsubstrat	1.5
		Totholz	1
<b>Gruppe B:</b> Standortfremde Strukturen	ca. 35 %	Hindernisse	2.5
		Uferverbauung	5
		Biol. Durchgängigkeit	4
<b>Gruppe C:</b> Langlebige Ufervegetation	ca. 15 %	Ufergehölze	2.5
		Röhricht	2.5
<b>Gruppe D:</b> Kurzlebige Ufervegetation	ca. 10 %	Makrophyten	2
		Veralgung	1.5
<b>Gruppe E:</b> Funktionen	ca. 15 %	Refugium	1.5
		Kinderstube	1.5
		Hinterland/Vernetzung	2.5

### 3.1.4 Lake Shorezone Functionality Index (SFI, SILIGARDI et al. 2010)

Der „Lake Shorezone Functionality Index“ (SFI) wurde in Italien entwickelt (SILIGARDI et al. 2010) und bewertet WRRL-konform und damit 5-stufig die hydromorphologische Struktur bzw. Belastung von Seeuferzonen (Abb. 3-4). Das Verfahren wurde und wird im Rahmen zahlreicher EU-Projekte in anderen europäischen Ländern getestet.

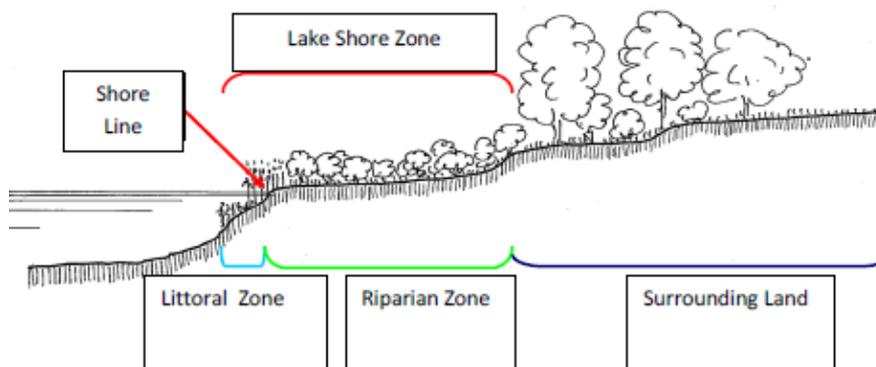


Abbildung 3-4: Betrachtungsraum bzw. Raumgefüge des Lake Shorezone Functionality Index – SFI (aus SILIGARDI et al. 2010)

Im Verfahren wird auf insgesamt 12 Kriterien und einige Unterkriterien zurückgegriffen (Tab. 3-3). Bei der Bewertung kommen sowohl numerische Ansätze über Prozente von Ausprägungen zur Anwendung, als auch abgestufte Bewertungen von 0 bis 3 oder ggf. bis 5 (Tab. 3-3, Beispiel in Tab. 3-4). Somit wird der unterschiedlichen Qualität der Datenlage bzw. der Gewinnbarkeit von qualitativ einschätz- oder bewertbaren Informationen Rechnung getragen. Anders als bei den anderen Verfahren wird nur zwischen zwei Zonen unterschieden, der Uferzone und der Umfeldzone. Allerdings reicht die Uferzone bis in den Flachwasserbereich und hier bis 1 Meter Tiefe.

Tabelle 3-3: Bewertung der Funktionalität der Seeuferzonen mittels 12 Kriterien (in englisch, aus SILIGARDI et al. 2010):

	Parameter	Area	Typology	Value	page	
1	width of lake shore-zone	Shore Zone 0-50 meters	category	0,1,2,3,4,5		
2	characterization of lake-shore vegetation					
2.1	cover/composition %		numerical	% - from 0 to 1		
2.2	hygrophilous and non-hygrophilous vegetation		numerical	% - from 0 to 1		
2.3	exotic species presence		numerical	% - from 0 to 1		
2.4	heterogeneous arboreal-bush vegetation		numerical	from 0 to 1		
3	continuity of lakeshore vegetation		category	0, 0.5, 1		
4	interruption within lake shore-zone		numerical	from 0 to 1		
5	typology of anthropic uses in lake-shore-zone		category	0, 0.5, 1		
6	main use of surrounding land		Surrounding Territory 0-200 meters	category		0, 1,2,3
7	infrastructure		numerical	from 0 to 1		
8	emerged lake-shore-zone		ShoreZone 0-50 meters	numerical		
8.1	average slope	category		0,1,2,3,4,5		
8.2	slope comparison between emerged/submerged areas	category	0,1			
9	shoreline profile	Shore Profile	numerical			
9.1	concavity and convexity		numerical		from 0 to 1	
9.2	complexity		numerical		from 0 to 1	
10	shoreline artificiality	numerical	from 0 to 1			
11	apparent channeling of run-off	category	0, 0.5, 1			
12	personal judgment	.	category	0,1,2,3,4,5		

Tabelle 3-4: Beispiel Bewertungskriterium „Breite der Uferzone“ beim Shorezone Funktionality Index – SFI (SILIGARDI et al. 2010)

### 6.1 Width of the lake-shore-zone

1. width of lake shore-zone	
0	0
1-5m	1
5-10m	2
10-30m	3
30-50m	4
>50m	5

### **3.1.5 Lake Habitat Survey, Lake Morphological Impact Assessment System (LHS, Lake-MImAS, ROWAN et al. 2006, 2012)**

Für die hydromorphologische Seebewertung nach WRRL wurden für Großbritannien und Irland Habitatbewertungsmethoden (ROWAN et al. 2006) und zielwertorientierte Entscheidungssysteme (ROWAN et al. 2012) entwickelt. Beide Score-orientierten Systemansätze beinhalten auch Kriterien für die Seeuferbewertung.

Das LHS-Verfahren nach ROWAN et al. (2006) stellt ein Vor-Ort-Verfahren dar, welches maßgeblich durch Fernerkundungs-Daten unterstützt wird. Detaillierte Aufnahmen des hydromorphologischen Zustandes bzw. der Störungen finden je See bzw. je Wasserkörper in 10 repräsentativ ausgewählten sogenannten „Hab-Plots“ statt (Abb. 3-5). Zusätzlich werden auch Belastungen und Veränderungen des hydrologischen Regimes (im Sinne des Wasserhaushalts nach Anhang V WRRL) aufgenommen. Daten aus dem LHS-Verfahren können dazu genutzt werden, einen Lake Habitat Modification Score (LHMS) zur Klassifikation von hydromorphologischen Belastungen zu berechnen.

Beim komplexeren Verfahren „Lake-MImAS“ (Morphological Impact Assessment System) nach ROWAN et al. (2012) wird die eigentliche Bewertung aber über eine Abschätzung der Belastung im Hinblick auf die hydromorphologischen Größen (Ursache-Wirkungs-Kette) vorgenommen. Hierzu werden insgesamt 19 Belastungen, getrennt für Pelagial und Litoral, auf ihre potenziellen Auswirkungen hin bewertet. Mathematisch wird ein Produkt aus „Relevanz“, „morphologischem Widerstand“, „morphologischer Anpassungsfähigkeit“, „ökologischer Sensitivität“, „Wahrscheinlichkeit des Einflusses“ und „Einflusszone“ gebildet und hieraus der Mittelwert über alle Belastungen errechnet. Alle Faktoren werden über einfache Koeffizienten bzw. simple Abstufungen erfasst. Am Ende wird der sogenannte „capacity lost (%)“ (Funktionsverlust) im Vergleich zur Referenz berechnet. Bei lediglich bis zu 5% Verlust ist noch ein sehr guter, bei bis zu 25% Verlust noch ein guter hydromorphologischer Zustand vorhanden usw.

Lake-MImAS zielt im Hinblick auf die Seeuferbewertung vor allem auf folgende Faktoren:

- Künstliche Seespiegelveränderungen
- Verluste an naturnaher Ufervegetation
- Landentwässerung
- Störende Uferstrukturen (Brücken, Anleger, Bootsliegeplätze etc.)
- Störende Seezeichen (Navigation)
- Manipulation/Beeinflussung der Makrophyten
- Vermüllung, Stoffablagerungen

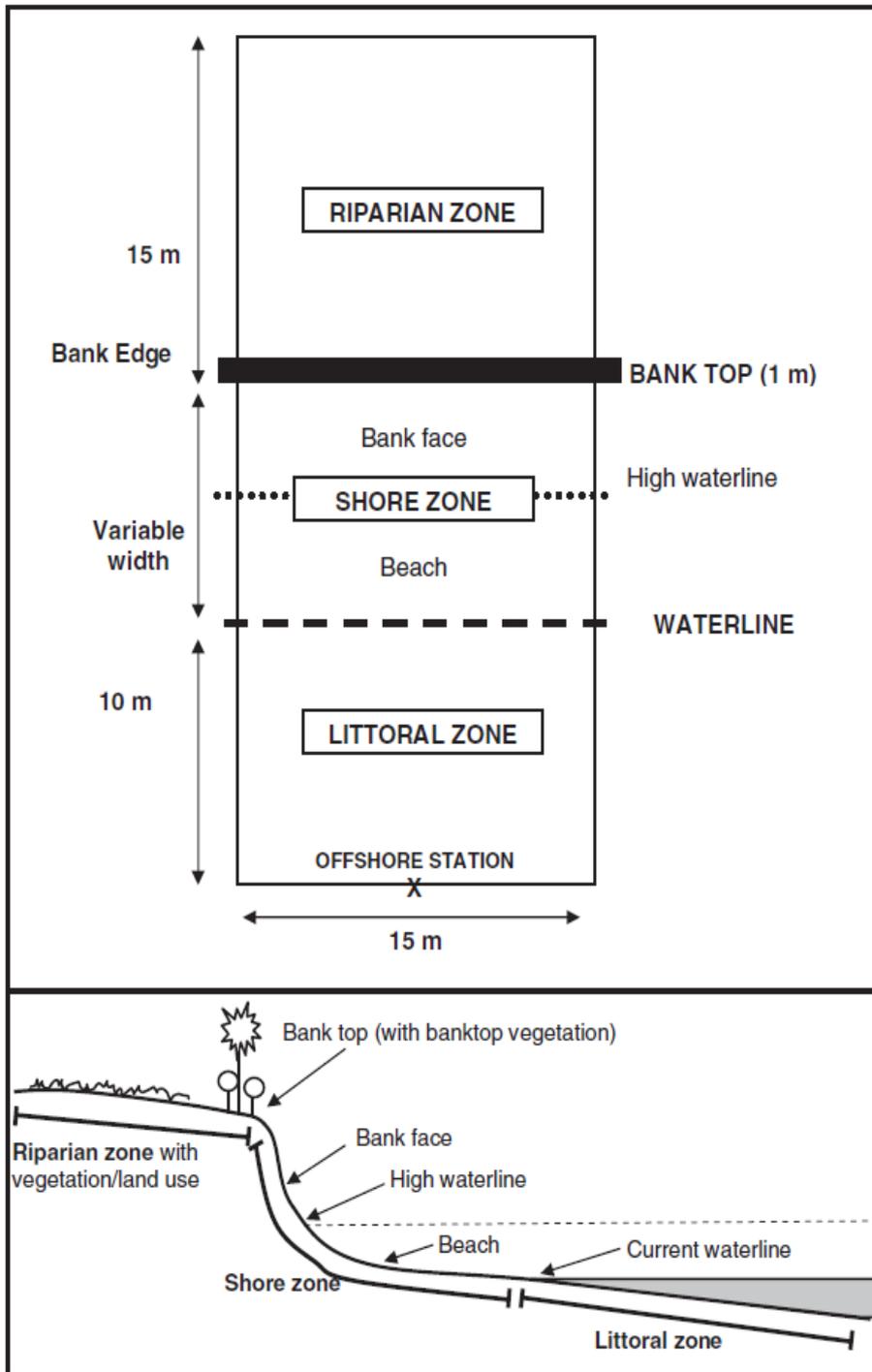


Abbildung 3-5: Schematische Übersicht eines Hab-Plot (aus ROWAN et al. 2006)

### 3.2 Synoptischer Vergleich der Verfahren/Ansätze

Die zuvor beschriebenen Verfahren, die auf eine Bewertung der Seeuferstruktur abzielen, berücksichtigen zur Klassifizierung oder Bewertung eine bestimmte Auswahl an Kriterien. Zudem weist jedes Verfahren kriterienbezogene Raumbezüge auf. Deshalb sollen die wichtigsten Kriterien und Raumbezüge verglichen werden, um eine unterstützende Begründung für die nachfolgende Auswahl von Kriterien eines Übersichtsverfahrens zu gewinnen. Folgende Abkürzungen für die Verfahren und für die Teilräume werden in den relevanten Tabellen verwendet:

FWZ	Freiwasserzone
HMS	Hydromorphologische Übersichtserfassung, Klassifikation und Bewertung von Seeufern, (OSTENDORP et al. 2008)
IGKB	Angepasstes Litoral-Modul des Bundesamtes für Umwelt der Schweiz (BAFU) zur limnologischen Bewertung der Ufer- und Flachwasserzone des Bodensees (Bodenseeverfahren, IGKB 2009)
Lake-MImAS	Morphological Impact Assessment System (ROWAN et al. 2012)
LHS	Lake Habitat Survey (ROWAN et al. 2006)
SFI	Lake Shorezone Functionality Index (SILIGARDI et al. 2010)
SUK	INFORMUS 2004, abgewandelt angewandt durch TULIPA 2007 und 2009 sowie INFORMUS 2011
UFZ	Uferzone
UMZ	Umfeldzone

Unterschiede bei den Verfahren sind zum Teil durch die sehr unterschiedlichen Landschaftsräume bedingt, die im Einzelnen im Fokus stehen. Es gibt aber auch eine Reihe grundsätzlicher, methodischer und folglich auch kriterienrelevanter Unterschiede.

So steht im SFI-Verfahren die ökologische Funktionsfähigkeit des Seeufers im Vordergrund, während die anderen Verfahren eher Veränderungen infolge anthropogener Belastungen klassifizieren oder bewerten.

Ein wesentlicher Aspekt bei der Auswahl der Kriterien ist die Erhebbarkeit durch Geodaten oder Vor-Ort-Aufnahmen. Da die Verfahren in unterschiedlichem Maße eigene Vor-Ort-Kartierungen durchführen, sind so unterschiedlich umfangreiche und detaillierte Kriterienkataloge die Folge.

In allen betrachteten Verfahren wird eine Unterteilung des Seeufers in Zonen adäquat zur Einteilung in Kapitel 2.2 vorgenommen. Dabei gibt es dennoch einige Unterschiede hinsichtlich der konkreten (und häufig pragmatischen) Abgrenzung der einzelnen Zonen. Eine Übersicht gibt Tabelle 3-5. In einigen Verfahren werden über die Zonen nach Tabelle 3-5 hinaus noch weitere für den See relevante Bereiche berücksichtigt, wie das Einzugsgebiet des Sees oder die tiefe-

ren Zonen des Sees. Das ist damit erklärbar, dass einige Verfahren als ganzheitliche hydro-morphologische Seenklassifizierungs-/bewertungsverfahren konzipiert sind, so dass zum einen nicht nur der Uferbereich im Fokus steht, zum anderen z.B. auch Merkmale des Wasserhaushalts betrachtet werden.

Die Größe einer Zone ist teilweise an die dabei erhobenen Kriterien gekoppelt. So ist im LHS-Verfahren die Abgrenzung bezogen auf die "Hab Plots", wo entsprechend detaillierte Aufnahmen durchgeführt werden. Im HMS-Verfahren wird die Zonierung an die Erkennbarkeit von Strukturen im Luftbild abgestellt.

Tabelle 3-5: Raumzonierung der betrachteten Verfahren

Zone	Verfahren				
	SUK	HMS	IGKB	SFI	LHS/Lake-MImAS
<b>FWZ</b>	≤ 100 m (max. 4 m Tiefe)	MNW – Makro-phytenvorkommen (min. 5 m)	50 m – 750 m	Bis max. 1 m Tiefe	10 m
<b>UFZ</b>	15 m	MHW – MNW (min. 5 m)	MHW – MNW (inkl. Puffer)	0-50 m	variabel
<b>UMZ</b>	100 m	100 m	50 m – 100 m	0-200 m	15 m

Die wichtigsten, berücksichtigten Kriterien der einzelnen Verfahren sind in Tabelle 3-6 zusammenfassend dargestellt. Mit einem B markiert sind die diejenigen Kriterien, welche Eingang in die Klassifizierung oder Bewertung finden. Ein (B) verweist auf Kriterien, die zwar kartiert werden, aber nicht zur Klassifizierung oder Bewertung verwendet werden. Die Tabelle beinhaltet keine vollständige Auflistung der Kriterien, sondern zielt primär auf mögliche Kriterien eines Übersichtsverfahrens. So werden z.B. im IGKB-Verfahren noch etliche zusätzliche Kriterien berücksichtigt. Kriterien, die von vielen oder allen Verfahren berücksichtigt werden, sind aber solche, die zum einen eine hohe Expertise für eine Klassifizierung von Seeuferbelastungen bescheinigt werden kann, zum andern sind diese im Regelfall auch relativ leicht durch Geodaten und Luftbilder im Überblicksverfahren kartierbar.

In allen Verfahren werden in der Flachwasserzone als Kriterien die Ausbildung des Röhrichts und Nutzungen bzw. Strukturen im Flachwasser berücksichtigt. In der Uferzone kommt dem Kriterium Uferverbau eine besondere Bedeutung zu. Daneben werden hier ähnlich wie im Flachwasserbereich bestimmte Strukturen und Nutzungen berücksichtigt sowie die Landnutzung welche vom Umfeld in den Uferbereich hineinreicht. Im Umfeld wird im Wesentlichen die Landnutzung betrachtet. Diese Kriterien lassen sich alle grundsätzlich auch mit Hilfe eines Überblicksverfahrens klassifizieren. Sie finden deshalb in der weiteren Verfahrensentwicklung Berücksichtigung.

Tabelle 3-6: Kriterien, die zur Klassifizierung/Bewertung von Seeufern berücksichtigt werden  
 (B= Berücksichtigung, (B) = teilweise Berücksichtigung)

Kriterium	Verfahren				
	SUK	HMS	IGKB	SFI	LHS/Lake-MImAS
<b>Flachwasserzone</b>					
Schwimblattpflanzenzone (Potamogetongürtel)		B	B	B	B
Röhrichtzone (Röhrichtgürtel)	B	B	B	B	B
Nutzung in der Flachwasserzone	B	B	B	B	B
Strukturen in der Flachwasserzone	B	B	B		B
Substrat des subhydrischen Bodens ("Litoralsubstrat")			B		B
<b>Uferzone</b>					
Form der Uferlinie	B		B	B	
Uferform (flach...steil)	B		B	B	(B)
Ufererosion	B	B	(B)		(B)
Uferverbau	B	B	B	B	B
Nutzung in der Uferzone	B	B	B	B	B
Strukturen in der Uferzone	B	B	B	B	B
Ufersubstrat			B		B
<b>Umfeldzone</b>					
Flächennutzung Gewässerumfeld	B	B	B	B	B
Schadstrukturen im Gewässerumfeld	B	B			B
<b>Sonstige Kriterien und Zusatzangaben</b>					
Wasserstraßennutzung	B				
Ausbildung einer Seeterrasse	(B)				
Fließgewässeranbindung	(B)				B
Gewässerregulierung/Unterwasserhöhe über Bezugshöhe	B				(B)

## 4 Verfahrensregeln für ein Übersichtsverfahren einer uferstrukturellen Seeklassifizierung

### 4.1 Klassifizierungsregeln

Die Klassifizierung erfolgt äquivalent zur bekannten 5-stufigen Skala (Quality Status Code) entsprechend Anhang V WRRL, die für die HMWB-Gewässer und damit bei der Potenzialbewertung ohne die Klasse 1 (sehr gut) angewandt wird:

- 1 - unverändert bis sehr gering verändert
- 2 - gering verändert
- 3 - mäßig verändert
- 4 - stark verändert
- 5 - sehr stark bis vollständig verändert

Damit wird die Vorgabe der WFD-Codelist (vgl. Tab. 4-1), bei den hydromorphologischen und den physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten nur 3-stufig zu bewerten, zunächst bewusst ignoriert. Eine Umwandlung in die 3-stufige Skala der WFD-Codelist ist simpel und jederzeit möglich. Fünf Klassen gewährleisten aber eine größere Nachvollziehbarkeit der Klassifizierung und vor allem eine differenziertere Abbildung von Maßnahmenwirkungen im Hinblick auf die Bewertung des Zustandes, was die Nachvollziehbarkeit wasserwirtschaftlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen verbessert. Dies ist ein Gesichtspunkt, der gerade im Hinblick auf politische und administrative Entscheidungen als fundamental erachtet wird.

Tabelle 4-1: WFD Template Definition Annex: WFD-Codelist, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Stand: 31.01.2013

**QualityStatusCode**

<b>Chemical Status</b> (QE3-2, QE3-3, GE2-x, GE3, Protected Area)	<b>Ecological Status or Potential</b> (QE1-x)	<b>Hydromorphological and Physico-Chemical Status</b> (QE2-x, QE3-1, QE3-4)	<b>Value</b>
Good (< ½ EQS) (only German Elbe QE3-x)	High (only for status, not for potential)	High (only for status, not for potential)	1
Good	Good	Good	2
Failing to achieve good	Moderate	Less than good	3
Failing to achieve good (> 2 EQS) (only German Elbe QE3-x)	Poor		4
	Bad		5
Unclassified	Unclassified	Unknown/no information	U

Die Klassifizierung erfolgt einzeln für jeden Seeuferabschnitt (Kapitel 3.4). Entsprechend der Verfahrensstruktur werden die einzelnen Teilräume des Seeufers mit mindestens einem Kriterium 5-stufig klassifiziert. Dieses erfolgt vorzugsweise mittels

- (1) Berechnungsverfahren: bei Vorliegen quantifizierbarer Datensätze quantitativ mit festgelegten Klassengrenzen oder ggf. mittels
- (2) Expertenbewertung: alternativ semiquantitativ bzw. durch Expertenurteil (verbalargumentativ bzw. durch Wertstufen untersetzt).

Die Variante (2) berücksichtigt, dass mitunter das subjektive Urteil eines Kartierenden zielführender sein kann, zumal dann, wenn auf Grund der Datenlage bzw. Erkennbarkeit objektive Ergebnisse schwer erzielbar sind. Insofern wird auch eine abschätzende Klassifizierung ermöglicht. Generell sollte aber einer Klassifizierung auf Basis quantifizierbarer Größen der Vorzug gegeben werden, da nur dieses ein Höchstmaß an Objektivität und Nachvollziehbarkeit sichert.

Alle Einzelklassifizierungen werden nach dem „worst-case-Prinzip“ jeweils zu einer Klassifizierung für die Teilräume (1) Flachwasserzone, (2) Uferzone sowie (3) Umfeldzone zusammengeführt. Nur die schlechteste Klassifizierung je Teilraum wird damit gewertet. Die Ergebnisse können als farbige Bänder für jeden See dargestellt werden (siehe Beispiel in Abbildung 4-1).

Für jeden klassifizierten Seeuferabschnitt kann durch arithmetische Mittelwertbildung der Teilraumklassifizierung eine abschnittsbezogene Seeuferklassifizierung durchgeführt werden. Für gesamte Seen bzw. Seenwasserkörper sind die Ergebnisse streckengewichtet zu einer Gesamtseeuferklassifizierung zusammenführbar.

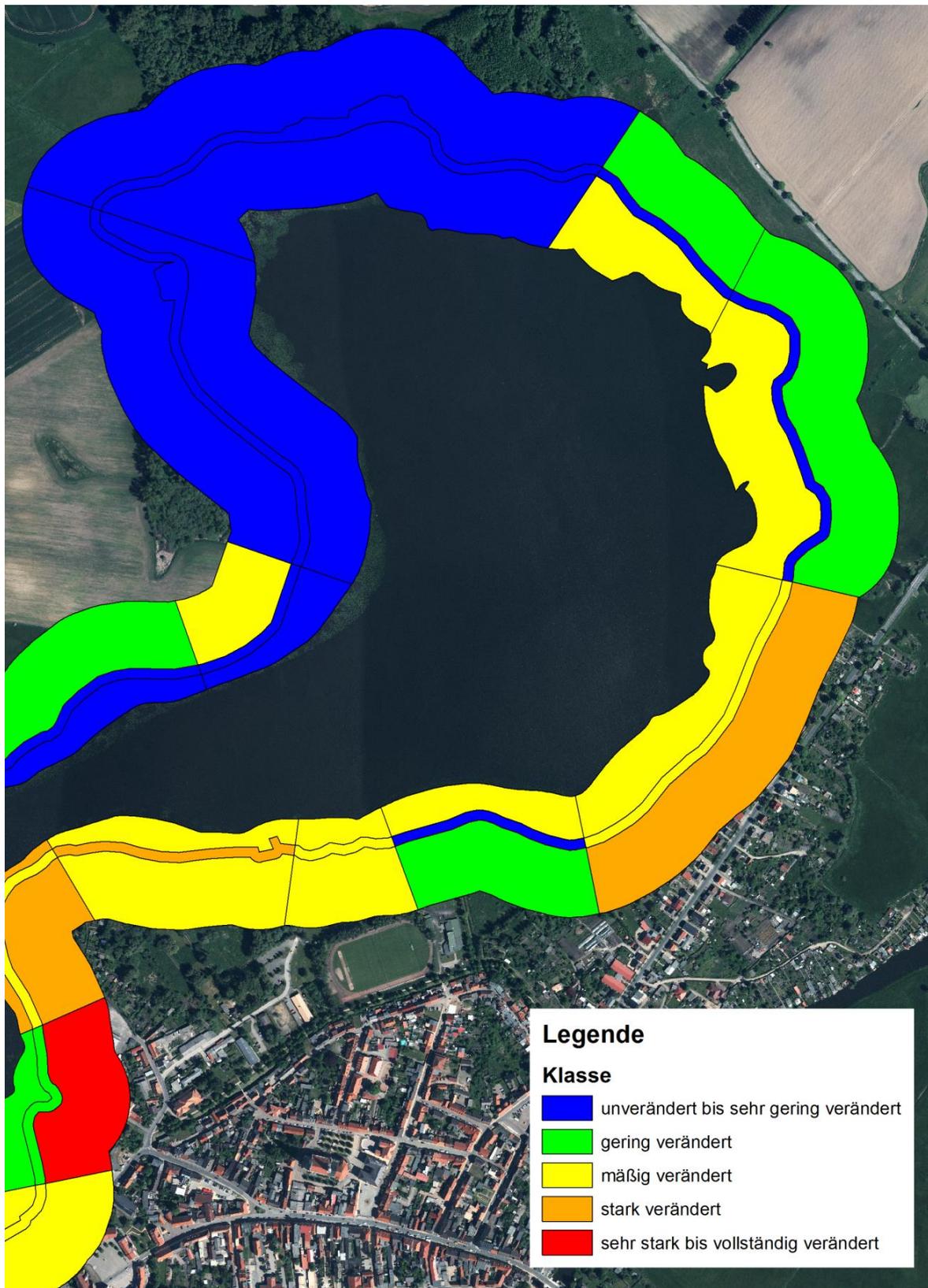


Abbildung 4-1: Klassifizierung des Seeufers nach Abschnitten und Zonen in drei Bändern am Beispiel des Bützower Sees in Mecklenburg-Vorpommern (Nord-/Nordostteil)

## 4.2 Charakter eines Übersichtsverfahrens

Der Charakter eines „Übersichtsverfahren“ bedingt, dass bei den Kriterien und den Klassifizierungsmöglichkeiten zunächst auf Karten, Luftbilder und geowissenschaftliche Informationen zurück zu greifen ist, um Vor-Ort-Aufnahmen möglichst zu vermeiden. Damit wird die „Erkenn- bzw. Kartierbarkeit“ zu einem limitierenden Faktor der folgenden Kriterienauswahl.

## 4.3 Ableitung/Begründung zielführender Kriterien

### 4.3.1 Raumgrenzen

Aufbauend auf die abgeleiteten Raumbezüge (Kap. 2.2) werden für das Klassifizierungsverfahren die drei Zonen (1) Flachwasserzone, (2) Uferzone und (3) Umfeldzone verwendet (Abb. 4-2). Diese Raumdifferenzierung entspricht grundsätzlich auch derjenigen der in Kapitel 3.1 vorgestellten Verfahren zur Bewertung bzw. Klassifikation von Seeufern; insbesondere das SUK-Verfahren (INFORMUS 2004) und das HMS-Verfahren (OSTENDORP et al. 2008) dienen als Orientierung.

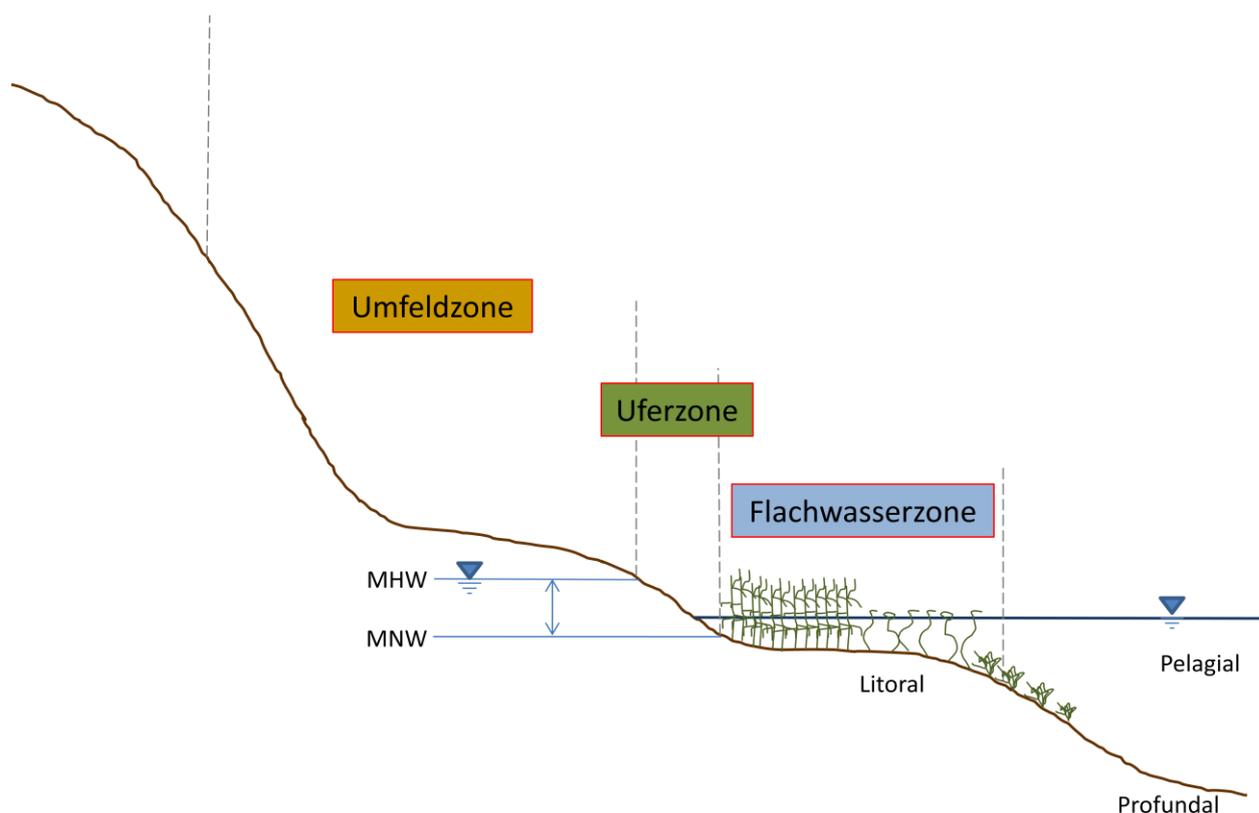


Abbildung 4-2: Schematische Darstellung der räumlichen Abgrenzung zwischen Flachwasserzone, Uferzone und Umfeldzone

Wichtig ist es allerdings für die praktische Anwendung, auch Raumgrenzen festzulegen, innerhalb derer die Klassifizierungskriterien sinnvoll im Rahmen eines Überblicksverfahrens zu bestimmen sind. Hier werden folgende Konventionen getroffen (Tab. 4-2):

- a) Tiefenbegrenzung für die Flachwasserzone: Flachwasserzone reicht bis zu einer Tiefe von 1 Meter (= 1 m Tiefenlinie)
- b) Maximale Ausdehnung der Flachwasserzone (Entfernung Uferlinie bis seewärtige Begrenzung): 100 Meter
- c) Landseitige Grenze der Flachwasserzone ist die mittlere Niedrigwasserlinie oder eine am Luftbild erzeugte Uferlinie.
- d) Lage und Breite der Uferzone: Diese erstreckt sich von der mittleren Niedrigwasserlinie (MNW) bis zur mittleren Hochwasserlinie (MHW). Bei fehlenden Pegeldata kann die Ausdehnung auch anhand von Vegetations- oder anderen Strukturen abgeschätzt werden. Die Uferzone reicht dann 15 Meter von der mittleren Niedrigwasserlinie bzw. der am Luftbild erzeugten Uferlinie landwärts.
- e) Umfeldzone: Landwärts angrenzend an die Uferzone schließt sich die Umfeldzone an, die auf eine Breite von 100 m beschränkt wird.

Beispielhaft sind diese Raumdifferenzierungen in Abbildung 4-3 im Ergebnis dargestellt.

Tabelle 4-2: Festlegungen zu Raumgrenzen für Flachwasserzone, Uferzone und Umfeldzone

<b>Zone</b>	<b>Ausdehnung</b>
Umfeldzone	100 m
Uferzone	MHW – MNW, ggf. Beurteilung anhand von Vegetation oder erkennbaren Strukturen (min. 15 m)
Flachwasserzone	≤ 100 m (max. 1 m Tiefe)

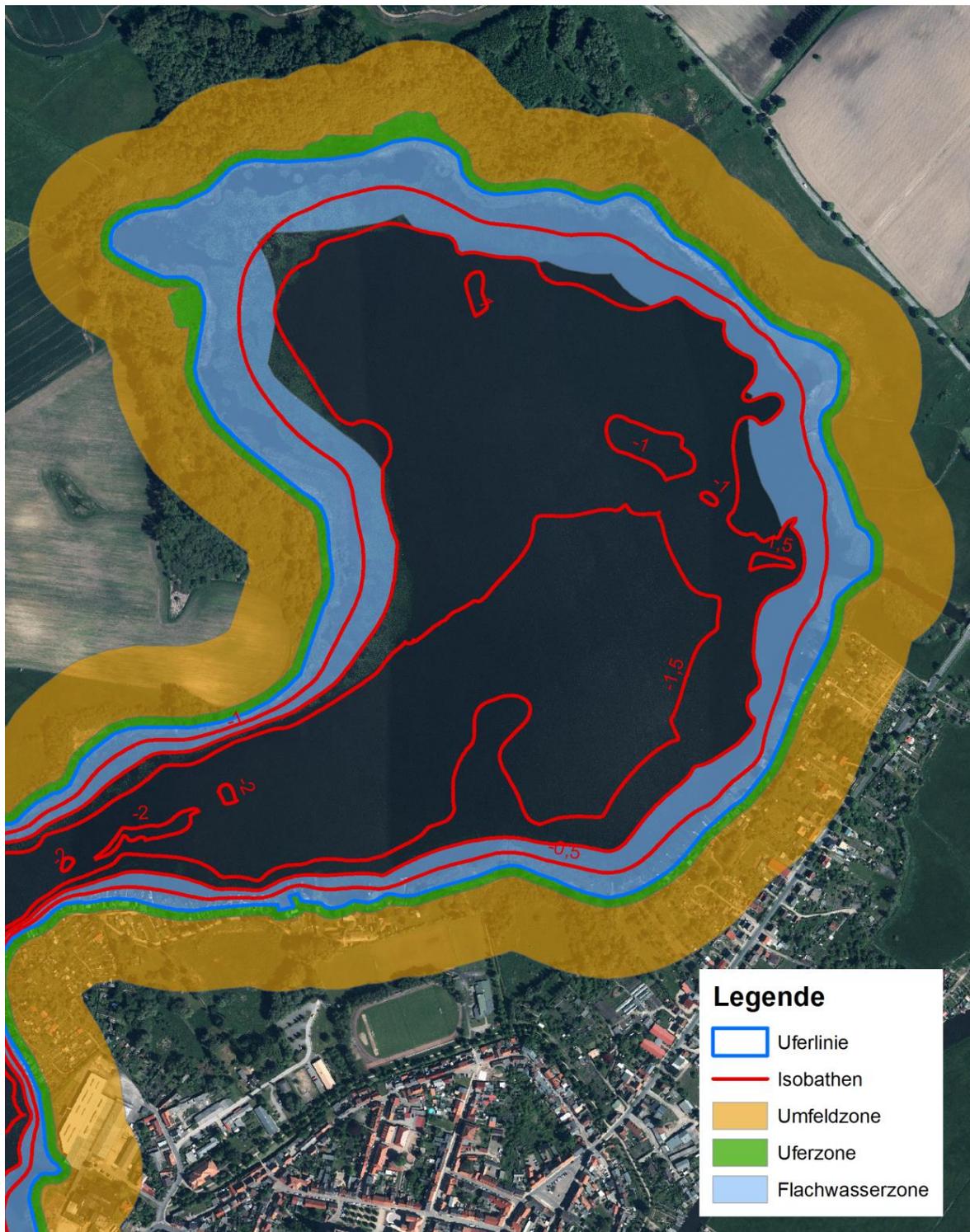


Abbildung 4-3: Ausdehnung der Flachwasserzone, Uferzone und Umfeldzone am Beispiel des Bützower Sees in Mecklenburg-Vorpommern (Nord-/Nordostteil)

### **4.3.2 Abschnittsbildung**

Die Bildung von Klassifizierungsabschnitten erfolgt grundsätzlich nach dem Prinzip der Homogenität (bzw. Quasihomogenität) des Seeufers. Das bedeutet, dass sich ein Seeuferabschnitt nach dem Seeufertypus und auch nach der Belastungssituation nicht grundsätzlich unterscheiden sollte.

Gerade bei erheblichen Änderungen von Belastungen im Sinne der Klassifikationskriterien ist deshalb ein Abschnittswechsel sinnvoll. In Hinblick auf das Kriterium Röhrichtausbildung ist zudem bei einem deutlichen Uferexpositionswechsel ein Abschnittswechsel notwendig. Die minimale Länge eines Abschnitts beträgt 100 Meter. Als Obergrenze sollte eine Länge von 1.000 Metern eingehalten werden. Somit erfolgt auch bei homogenen Verhältnissen alle 1.000 Meter ein Abschnittswechsel. Eine Ausnahme von einer Begrenzung auf 1000 Meter Abschnittslängen sind bei stark gebuchteten Uferlinien zulässig, wenn dadurch ungünstige Überlappungen der Zonen vermieden wird. Die Abschnittswechsel sind für alle drei Zonen am gleichen Punkt des Ufers anzusetzen und werden ungefähr orthogonal ausgeführt (Schnitt im Winkel von 90°).

Bei der Bearbeitung mithilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) werden die Abschnittswechsel als orthogonale Linien auf der digitalen Uferlinie erstellt. Diese Linien dienen der Abgrenzung der Abschnitte innerhalb der einzelnen Zonen. Beispielhaft sind die Abschnittsgrenzen in Abbildung 4-4 vollzogen.

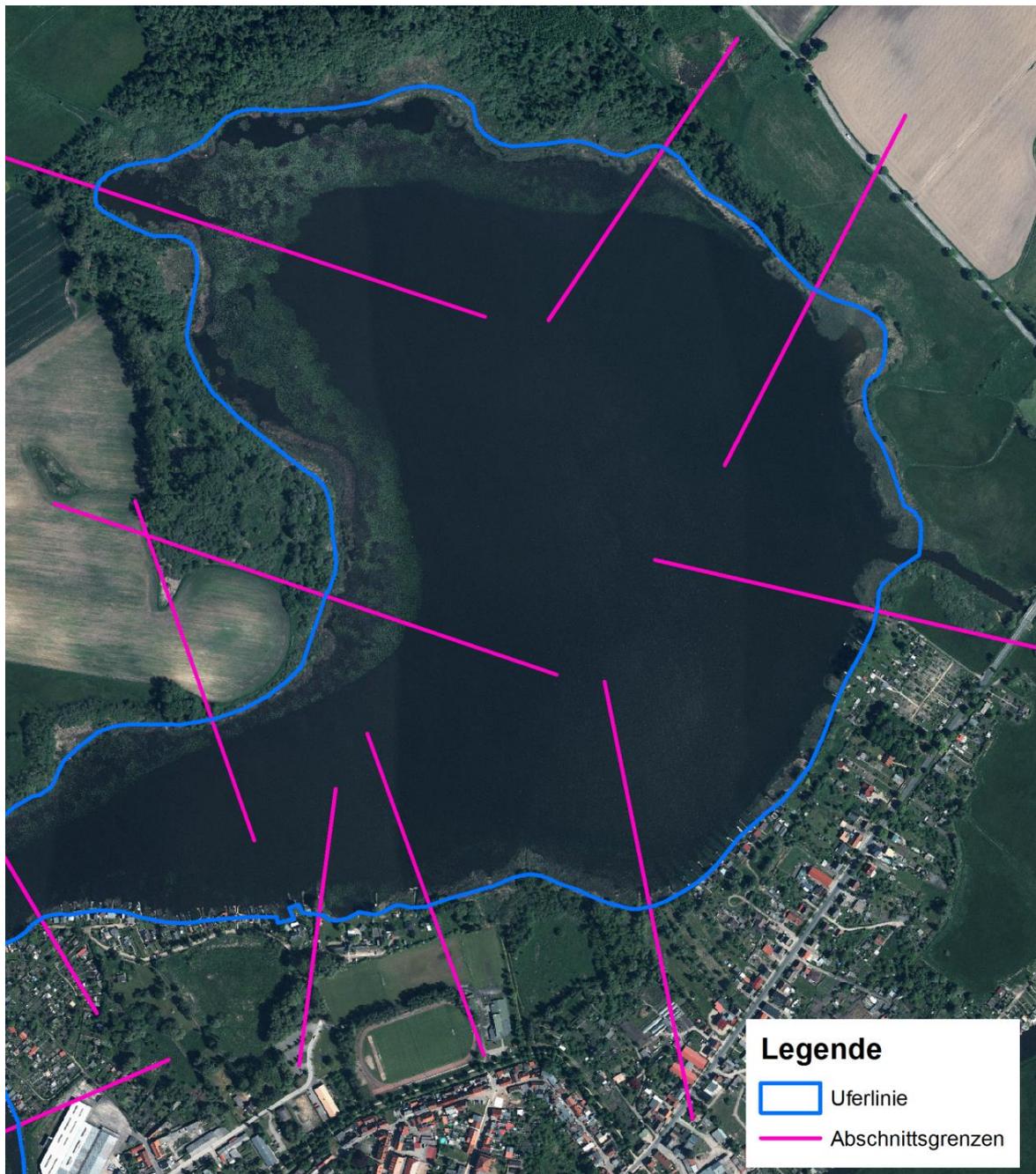


Abbildung 4-4: Abschnittsgrenzen als orthogonale Linien der digitalen Seeuferlinie am Beispiel des Bützower Sees in Mecklenburg-Vorpommern (Nord-/Nordostteil)

### **4.3.3 Kriterien für die Flachwasserzone**

#### **4.3.3.1 Kriterium A1 - Veränderung des Röhricht**

Eine etwaige Veränderung der Ausbreitung des Röhrichts innerhalb der potenziellen Röhricht-Zone ist ein wichtiger Indikator für hydromorphologische Stressoren. Entsprechend wird dieses Kriterium auch in allen gängigen Verfahren zur Bewertung oder Klassifikation der Seeufer erhoben.

Es soll die aktuelle Ausbreitung des Röhrichts zur potentiellen von Röhricht bestandenen Fläche in Beziehung gesetzt werden. Der Quotient aus der Fläche der aktuellen Röhrichtausbreitung und der Fläche der potentiellen Röhrichtausbreitung gibt den Deckungsgrad an. Die Beurteilung des Deckungsgrades ist abgeleitet aus der Bewertung im SUK-Verfahren (INFORMUS 2004), wenngleich hier ohne eine Verrechnung von Boni/Mali verfahren wird. Der Deckungsgrad wird entsprechend Steckbrief unmittelbar in Klassifizierungsklassen eingeteilt. Als Datengrundlage für die Abschätzung des aktuellen Zustandes wird ein möglichst aktuelles Luftbild verwendet. Die potenzielle Röhrichtzone wird bis zur 1-m-Isobathe angenommen. Liegen keine Tiefeninformationen vor, so muss der Bearbeiter die potenzielle Ausbreitung schätzen.

Es wird für die Klassifikation angenommen, dass die gesamte Flachwasserzone bis 1 Meter potentiell mit Röhricht bestanden sein müsste. Eine Ausnahme bilden nordexponierte Ufer der Seeufertypen, bei denen erkennbar Wälder oder Gehölzstrukturen (ggf. auch Verschattung durch Felsauftragungen und dergleichen) zu einer natürlichen Verschattung führen. Nordexponierte Abschnitte bleiben dann für dieses Kriterium unklassifiziert. Die Exposition eines Abschnitts wird mit Hilfe der Geokoordinaten von Abschnittsanfang und -ende ermittelt.

Probleme bei der Erhebung können sich bei fehlenden oder ungenauen Tiefenkarten ergeben. Zudem kann ein ungünstiger Zeitpunkt der Luftbildaufnahme eine Beurteilung des aktuellen Zustandes erschweren. Häufig sind Luftbilder im Frühjahr aufgenommen, wo sich die genaue Ausdehnung des Röhrichts schwer beurteilen lässt. Daher sollten nach Möglichkeit unterschiedliche Luftbilder mit alternativen Aufnahmezeitpunkten herangezogen werden. Zusätzlich Daten aus Schilfkartierungen können ebenfalls ausgewertet werden. Bei der Auswertung mehrerer Quellen ist eine Klassifizierung als Expertenabschätzung durchzuführen. Diese muss sich dabei im Wesentlichen an sichtbaren Lücken im Röhrichtbestand orientieren.

<b>Zone</b>	<b>A</b>	<b>Flachwasserzone</b>		
<b>Kriterium</b>	<b>A1</b>	<b>Veränderung des Röhrichts</b>	<b>Beschreibung</b>	
<b>Formelzeichen</b>	<b>DG<sub>R</sub></b>		Reduktion des Deckungsgrades der potentiellen Röhrichtzone. Keine Bewertung des Kriteriums bei Nordexposition und möglicher Verschattung	
<b>Ufertypabhängigkeit</b>	nein			
<b>Datengrundlage</b>		<b>Formelz.</b>	<b>Einheit</b>	<b>Datenquelle</b>
<b>Zeitlicher Bezug</b>	Aktueller Status	-	-	Aktuelles Luftbild
<b>Räumlicher Bezug</b>	Potentielle Röhrichtzone im Abschnitt	$A_{RZ}$	m <sup>2</sup>	Luftbild, Tiefenlinien
<b>Bewertungsgröße</b>	Deckungsgrad des aktuellen Röhrichtbestandes	$DG_R$	%	Bewertungsverfahren
<b>Bezugsgröße</b>	Fläche der aktuellen Röhrichtausbreitung	$A_R$	m <sup>2</sup>	Luftbild
<b>Bewertungsmaßstab</b>				
<b>Berechnungsverfahren</b>			<b>Expertenbewertung</b>	
Berechnung des Deckungsgrades des aktuellen Röhrichtbestandes bezogen auf die potentielle Röhrichtzone  $DG_R = \frac{A_R}{A_{RZ}}$			Abschätzung der Störung des Röhrichtbestandes anhand von Schadbildern und Lücken. Ist kein Röhricht vorhanden, jedoch kein Hinweis auf eine Störung, so bleibt das Kriterium unberücksichtigt. Eine Expertenbewertung findet insbesondere bei der Berücksichtigung mehrerer Quellen Anwendung.	
<b>Deckungsgrad (in %)</b>		<b>DG<sub>R</sub></b>	<b>Qualitative Beurteilung</b>	
100 - 90		1	• dichter, homogener Bestand	
90 – 50		2	• weitgehend homogen, vereinzelt Lücken/Auflichtungen	
50 - 20		3	• inhomogen, deutliche Lücken mit mind. 10 m Breite	
20 - 5		4	• vereinzelte Bestände	
< 5		5	• kein Röhricht	

#### **4.3.3.2 Kriterium A2 - Schadstrukturen in der Flachwasserzone**

Als weiteres Kriterium der hydromorphologischen Belastung in der Flachwasserzone wird auf mögliche Schadstrukturen analysiert. Dies sind im Regelfall Strukturen, die auf Nutzungen zurückzuführen sind. Auch dieses Kriterium wird in allen vorgenannten Verfahren (außer SFI) berücksichtigt.

Die Schadstrukturen werden anhand eines aktuellen Luftbilds ermittelt. Im Einzelfall ist eine Verifikation von schwer identifizierbaren Objekten durch Vor-Ort-Untersuchungen notwendig. Für die Klassifikation wird der Objektkatalog im Steckbrief herangezogen. Die Verwendung eines Objektkatalogs ist angelehnt an das HMS-Verfahren, allerdings werden die Objekte nicht mit ihren jeweiligen Flächenanteilen einbezogen, sondern das Vorhandensein einer strukturellen Prägung bestimmt die Klasseneinteilung. Wichtig ist hierbei, dass sich die Klassifikation jeweils an der ungünstigsten Schadstruktur orientiert. Die Zuordnung der Schadstrukturen zu den Belastungsklassen erfolgt nach den zu erwartenden hydromorphologischen Belastungen, welche die damit ursächlich zusammenhängende anthropogene Nutzung verursacht.

Erhebungsprobleme können dann entstehen, wenn Objekte am Luftbild nicht eindeutig zuzuordnen sind. Vor-Ort-Aufnahmen können hier eine Ergänzung darstellen.

Eine Expertenabschätzung ist für das Kriterium nicht vorgesehen, allerdings kann der Bearbeiter Strukturen, welche nicht vom Objektkatalog abgedeckt sind, ggf. eigenständig klassifizieren.

<b>Zone</b>	<b>A</b>	<b>Flachwasserzone</b>		
<b>Kriterium</b>	<b>A2</b>	<b>Schadstrukturen</b>	<b>Beschreibung</b>	
<b>Formelzeichen</b>	$IP_{FW}$	Vorhandensein von Strukturen die aus menschlicher Nutzung stammen, bewertet nach der Belastungsintensität		
<b>Ufertypabhängigkeit</b>	nein			
<b>Datengrundlage</b>		<b>Formelz.</b>	<b>Einheit</b>	<b>Datenquelle</b>
<b>Zeitlicher Bezug</b>	Aktueller Status	-	-	Aktuelles Luftbild, vor-Ort Aufnahme
<b>Räumlicher Bezug</b>	Flachwasserzone	$A_{FW}$	m <sup>2</sup>	Luftbild
<b>Bewertungsgröße</b>	Art der Schadstrukturen	$IP_{ST}$	-	Aktuelles Luftbild, vor-Ort Aufnahme
<b>Bezugsgröße</b>				
<b>Bewertungsmaßstab</b>				
<b>Berechnungsverfahren</b>				
Ermittlung des maximalen Impacts der aus allen vorhandenen Strukturen				
$IP_{FW} = Max(IP_{ST})$				
<b>Schadstruktur</b>			<b>Klasse</b>	
Natürliche Strukturelemente			1	
Einzelbojen/Liegeplatz			2	
Einzelobjekte geringer Ausdehnung			2	
Pontons			2	
Durch Schadeinwirkung vegetationsfreie Flächen auf anstehendem Material			3	
Einzelstege			3	
Steganlagen			4	
Veränderungen mit Auswirkungen aufs Relief (Abgrabung, Aufschüttung)			4	
Uferlinienverändernde Einbauten			5	
Hafenanlagen, sonstige komplexe Objekte/Anlagen			5	
Erkennbare Fahrrinnen für die Schifffahrt (mit Seezeichen begrenzt oder morphologisch erkennbar)			5	

#### **4.3.4 Kriterien für die Uferzone**

##### **4.3.4.1 Kriterium B1 - Uferverbau**

Der Uferverbau bildet ein wichtiges Kriterium für die Uferzone. Gerade der Längsverbau des Ufers stellt eine besondere Belastung dar, da hiermit der Kontakt zwischen terrestrischem und aquatischem Bereich unterbrochen wird. Dieses Kriterium wird dementsprechend auch in allen zuvor beschriebenen Verfahren berücksichtigt.

Die Methodik zur Klassifizierung dieses Kriteriums ist dem SUK-Verfahren (INFORMUS 2004) entlehnt. Für die Klassifikation wird ein Indexwert zur Beurteilung des Einflusses des Uferverbaus berechnet. Diese Berechnung bezieht zum einen die Länge als auch die Art des Verbaus mit ein. Gerammte oder gemauerte Bauwerke aus Metall-, Beton- oder Steinmaterialien werden am schädlichsten eingestuft. Holzverbau oder naturnaher Verbau wird dagegen als weniger schädlich klassifiziert. Die Bezugsgrößen Länge und Art des Verbaus werden anhand von aktuellen Luftbildern ermittelt. Besonders für dieses Kriterium sind punktuelle Vor-Ort-Aufnahmen zur genauen Identifikation hilfreich.

Die Klassifikation wird abhängig vom Ufertyp durchgeführt. Dies trägt dem Umstand Rechnung, dass je nach Ufertyp ein Uferverbau unterschiedliche Schadenspotentiale besitzt. Beispielsweise stellt eine massive Vorschüttung an einem Felsufer (z.B. für Uferstraßen) eine geringere Umgestaltung der Morphologie dar, als wenn dieses bei Sand- und Moorufeln erfolgen würde.

Probleme für die Bewertung können entstehen, wenn die direkte Uferlinie durch Bäume oder Vegetation verdeckt ist. Dann fällt es schwer, Verbauungen zu identifizieren und eine Vor-Ort-Verifizierung ist anzuraten.

Auch für dieses Kriterium steht eine Expertenbewertung zur Verfügung. Diese muss Länge und Art des Verbaus berücksichtigen.

Verfahrensanleitung für eine uferstrukturelle Gesamtsekklassifizierung (Übersichtsverfahren)  
beschlossen auf der 148. LAWA-VV am 04./05.09.2014 in Husum

Zone	B	Uferzone						
Kriterium	B1	Uferverbau						Beschreibung
Formelzeichen	E <sub>VB</sub>						Vorhandensein von Uferlängsstrukturen mit dem Ziel der Fixierung des Ufers; die Art des verwendeten Material findet hierbei Berücksichtigung	
Ufertypabhängigkeit	ja							
Datengrundlage		Formelz.	Einheit	Datenquelle				
Zeitlicher Bezug	Aktueller Status		-	-	Aktuelles Luftbild, Vor-Ort Aufnahme			
Räumlicher Bezug	Uferlänge		L <sub>U</sub>	m	Luftbild, TK, Gewässerdaten			
Bewertungsgröße	Einfluss des Uferverbaus		E <sub>VB</sub>		Bewertungsverfahren			
Bezugsgröße	Länge der Verbauung		L <sub>VB</sub>	m	Aktuelles Luftbild,			
Bezugsgröße	Art des Verbaus		T <sub>VB</sub>		Luftbild, Vor-Ort Aufnahme			
Werte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gerammte oder gemauerte Bauwerke aus Metall-, Beton-, Kunststoff- oder Steinmaterialien = 1</li> <li>Geschüttete Bauwerke = 0,8</li> <li>Wilder Verbau, stark wechselnder Verbau = 0,6</li> <li>Holzverbau, naturnahe Verbaufornen = 0,4</li> </ul>							
Bewertungsmaßstab								
Berechnungsverfahren				Expertenbewertung				
Berechnung des Anteils verbauter Länge, gewichtet nach der Art des Verbaus				Abschätzung der Schädigung von ggf. vorhandenem Uferverbau durch Bewertung des relativen Anteils an der Uferlänge				
$E_{VB} = \frac{\sum_{i=VB} L_i \times T_i}{L_U} \times 100$								
Ufertyp				Qualitative Beurteilung				
1	2	3	4	5	6	7	8	<b>Klasse</b>
0	0	0	0	0	0	0	0	<b>1</b> • keine Uferverbauung
>0 – 5	>0 – 10	>0 – 5	>0 – 10	>0 – 10	>0 – 10	>0 – 10	>0 – 40	<b>2</b> • vereinzelte kurze Abschnitt mit Uferverbau
>5– 40	>10 – 50	>5– 40	>10 – 50	>10 – 50	>10 – 50	>10 – 50	>40 – 70	<b>3</b> • teilweiser Uferverbau oder geschlossener Uferverbau mit Holz
>40– 70	>50 – 80	>40– 70	>50 – 80	>50 – 80	>50 – 80	>50 – 80	>70 – 95	<b>4</b> • überwiegend Uferverbau oder geschlossener Uferverbau durch geschüttete Bauwerke
>70	>80	>70	>80	>80	>80	>80	> 95	<b>5</b> • geschlossener Uferverbau

#### **4.3.4.2 Kriterium B2 - Schadstrukturen in der Uferzone**

Analog zur Bewertung der Schadstrukturen in der Flachwasserzone werden diese auch in der Uferzone betrachtet. Bei einigen Objekten, die sich über beide Zonen erstrecken, werden die gleichen Objekte hier noch einmal berücksichtigt. Der Objektkatalog umfasst allerdings für dieses Kriterium andere Strukturen und Nutzungen. Die Landnutzungen werden hier ebenfalls eingeordnet.

Die Schadstrukturen werden anhand eines aktuellen Luftbilds ermittelt. Im Einzelfall wird eine Verifikation von schwer identifizierbaren Objekten durch Vor-Ort-Untersuchungen notwendig werden. Für die Klassifikation wird der Objektkatalog im Steckbrief herangezogen. Die Verwendung eines Objektkatalogs ist angelehnt an das HMS-Verfahren, allerdings werden die Objekte nicht mit ihren jeweiligen Flächenanteilen einbezogen, sondern das Vorhandensein einer strukturellen Prägung bestimmt die Klasseneinteilung. Wichtig ist hierbei, dass sich die Klassifikation jeweils an der ungünstigsten Schadstruktur orientiert. Die Zuordnung der Schadstrukturen zu den Belastungsklassen erfolgt nach den zu erwartenden hydromorphologischen Belastungen, welche die damit ursächlich zusammenhängende anthropogene Nutzung verursacht.

Erhebungsprobleme können dann entstehen, wenn Objekte am Luftbild nicht eindeutig zuzuordnen sind. Vor-Ort-Aufnahmen können hier eine Ergänzung darstellen.

Eine Expertenabschätzung ist für das Kriterium nicht vorgesehen, allerdings kann der Bearbeiter Strukturen, welche nicht vom Objektkatalog abgedeckt sind, ggf. eigenständig klassifizieren.

<b>Zone</b>	<b>B</b>	<b>Uferzone</b>		
<b>Kriterium</b>	<b>B2</b>	<b>Schadstrukturen</b>	<b>Beschreibung</b>	
<b>Formelzeichen</b>	<b>IP<sub>UZ</sub></b>		Vorhandensein von anthropogenen Strukturen, bewertet nach der Belastungsintensität	
<b>Ufertypabhängigkeit</b>	<b>nein</b>			
<b>Datengrundlage</b>		<b>Formelz.</b>	<b>Einheit</b>	<b>Datenquelle</b>
<b>Zeitlicher Bezug</b>	Aktueller Status	-	-	Aktuelles Luftbild, Vor-Ort Aufnahme
<b>Räumlicher Bezug</b>	Flachwasserzone	$A_{UZ}$	m <sup>2</sup>	Luftbild
<b>Bewertungsgröße</b>	Art der Schadstrukturen	$IP_{ST}$	-	Aktuelles Luftbild, Vor-Ort Aufnahme
<b>Bezugsgröße</b>				
<b>Bewertungsmaßstab</b>				
<b>Berechnungsverfahren</b>				
Ermittlung des maximalen Impacts aus allen vorhandenen Strukturen				
$IP_{UZ} = Max(IP_{ST})$				
<b>Impactklasse</b>			<b>Klasse</b>	
Natürliche Strukturelemente			1	
Einzelstege			2	
Grünland/begrünte Freiflächen			2	
Durch Schadeinwirkung vegetationsfreie Flächen auf anstehendem Material			3	
Einzelbebauung			3	
Ackerflächen			3	
Lockere Bebauung			4	
Geschlossene Bebauung			5	
Uferlinienverändernde Einbauten			5	
Verkehrsflächen, versiegelte Flächen			5	
Hafenanlagen, sonstige komplexe Anlagen/Konstruktionen			5	

#### **4.3.5 Kriterien für die Umfeldzone**

##### **4.3.5.1 Landnutzung**

Die Nutzungen im engeren und weiteren Seeumfeld sind für den ökologischen Zustand von Seen häufig entscheidender als die entsprechenden Verhältnisse im Einzugsgebiet (ALAHUHTA et al. 2012). Die Nutzungen im Gewässerumfeld werden dementsprechend auch in allen untersuchten Verfahren berücksichtigt. Für dieses Überblicksverfahren wird die Landnutzung in der 100 Meter breiten Umfeldzone beurteilt.

Grundlage bilden aktuelle Landnutzungsdaten. Als bundesweit einheitlich verfügbarer Datensatz wird die Klassifizierung anhand von Corine Landcover-Daten vorgeschlagen. Diese sollten allerdings nach Möglichkeit mithilfe feiner aufgelöster Daten ergänzt werden. Gegebenenfalls kann die Landnutzung auch direkt am Luftbild beurteilt werden.

Für dieses Kriterium sind die unterschiedlichen Landnutzungsarten in der Tabelle des Steckbriefes den Klassen 1 bis 5 zugeordnet. Dabei bilden natürliche oder naturnahe Vegetationsformen die Klasse 1 und städtische Nutzungen die Klasse 5. Sollten unterschiedliche Nutzungen innerhalb einer Zone stattfinden, so werden die Nutzungsklassen flächengewichtet gemittelt. Insofern ist die Methodik vergleichbar mit dem HMS-Verfahren.

Als Expertenbewertung steht eine vereinfachte Klassifizierung zur Verfügung. Insbesondere in Ermangelung von weiteren Geodaten kann die Landnutzung ggf. auch aus dem Luftbild abgegriffen und klassifiziert werden.

Verfahrensanleitung für eine uferstrukturelle Gesamtseeklassifizierung (Übersichtsverfahren)  
 beschlossen auf der 148. LAWA-VV am 04./05.09.2014 in Husum

Zone	C	Umfeldzone		
Kriterium	C1	Landnutzung	Beschreibung	
Formelzeichen	BK <sub>LN</sub>			Bewertung des flächengewichteten Mittelwerts der hydromorphologisch relevanten Landnutzungsklassen in der Umfeldzone
Ufertypabhängigkeit	nein			
Datengrundlage		Formelz.	Einheit	Datenquelle
Zeitlicher Bezug	Aktueller Status	-	-	Aktuelles Luftbild, Vor-Ort Aufnahme
Räumlicher Bezug	Größe der Umfeldzone	A <sub>UFZ</sub>	m <sup>2</sup>	Luftbild
Bewertungsgröße	Bewertungsklasse der hydromorphologisch relevanten Landnutzung	BK <sub>LN</sub>	%	Bewertungsverfahren
Bezugsgröße	Fläche der hydromorphologisch relevanten Landnutzung	A <sub>LN</sub>	m <sup>2</sup>	Corine Landcover (europäisch einheitlicher Datensatz mit Landbedeckung - <a href="http://www.corine.dfd.dlr.de">http://www.corine.dfd.dlr.de</a> ), andere Landnutzungskartierungen (bei entsprechender Anpassung/Übersetzung der Klassen)
Bewertungsmaßstab				
Berechnungsverfahren		Expertenbewertung		
Berechnung der flächengewichteten mittleren Klasse der Umfeldzone:  $BK_{LN} = \sum_{i=LN} \frac{A_i}{A_{UFZ}} \cdot BK_i$		Abschätzung des Einflusses der aktuellen Landnutzung im in der Umfeldzone auf die Veränderung der Hydromorphologie des zu bewertenden Sees; <b>Beurteilungskriterium:</b> Vorherrschende Landnutzung		
Landnutzungs-kategorie	BK <sub>LN</sub>	Qualitative Beurteilung		
(entsprechend 3-stelligem Corine Landcover-Schlüssel, x - alle Ziffern)				
<b>31x</b> (Wälder), <b>32x</b> (Kraut/Strauchvegetation), <b>33x</b> (Offene Flächen ohne oder mit geringer Vegetation), <b>4xx</b> (Feuchflächen), <b>5xx</b> (Wasserflächen)	<b>1</b>	• überwiegend Flächen mit natürlicher und naturnaher Vegetation		
<b>22x</b> (Dauerkulturen), <b>23x</b> (Grünland), <b>141</b> (Städtische Grünflächen)	<b>2</b>	• überwiegend Flächen mit Grünland und Dauerkulturen, Parkanlagen		
<b>21x</b> (Ackerflächen), <b>24x</b> (Heterogene landw. Flächen), <b>142</b> (Sport und Freizeitanlagen)	<b>3</b>	• überwiegend Flächen mit ackerbaulicher Nutzung		
<b>112</b> (nicht durchgängig städtische Prägung)	<b>4</b>	• überwiegend Flächen mit dörflicher Prägung, Freizeitnutzung		
<b>111</b> (durchgängig städtische Prägung), <b>12x</b> (Industrie, Gewerbe- und Verkehrsflächen), <b>13x</b> (Abbauflächen, Deponien, Baustellen)	<b>5</b>	• dominant Flächen mit versiegelten Böden, Verkehrsflächen, städtischer Bebauung, Deponieflächen und Abraumhalden, Deichanlagen		

#### **4.4 Kartieranleitung**

Da für die uferstrukturelle Klassifizierung vornehmlich auf Geodaten zurückgegriffen wird erfolgt die Bearbeitung mithilfe von Geoinformationssystemen. Diese unterstützen den Bearbeiter bei der Unterteilung der Zonen und Abschnitte, bei der Berechnung von Klassenwerten und der Visualisierung der Ergebnisse. Zur Anleitung sei auf die Anlage "Bearbeitungsalgorithmen und -verfahrensweisen" verwiesen. Dort werden die Bearbeitungsschritte anhand des Programms ArcGIS 9.3 erläutert.

## 5 Literatur

- Ad-hoc-AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller)), , 5. Aufl., 438 S.
- ALAHUHTA, J., KANNINEN, A. & VUORI, K.-M. (2012): Response of macrophyte communities and status metrics to natural gradients and land use in boreal lakes. – *Aquatic Botany* 103: 106–114.
- BLUM, E. H. (2007): Bodenkunde in Stichworten. – Stuttgart (Gebrüder Bornträger), 6., völlig neu bearb. Aufl., 179 S.
- BRAUNS, M., MILER, O., GARCIA, X.-F. & PUSCH, M. (2013): Vorschrift für die standardisierte Probenahme des biologischen Qualitätselementes „Makrozoobenthos“ im Litoral von Seen. - Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei im Forschungsverbund Berlin im Auftrag der Senatsentwicklung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin und der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Stand März 2013, 62 S.
- CIS-Arbeitsgruppe 2.2 „HMWB“ (2003): Leitfaden zur Identifizierung und Ausweisung von erheblich veränderten und künstlichen Wasserkörpern (Übersetzung der engl. Originalversion vom 14.01.2003).
- DVWK-Regel 108/1992: Gestaltung und Nutzung von Baggerseen. – Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK).
- DWA-Merkblatt M-618/2013 (Entwurf): Erholung und Freizeitnutzung an Seen – Voraussetzungen, Planung, Gestaltung. – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA).
- EDOM, F. (2001): Hydrologische Eigenheiten, in: SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. [Hrsg.] (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. – Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung): 92-111.
- IGKB (2009): Limnologische Bewertung der Ufer- und Flachwasserzone des Bodensees. – Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (igkb), Bericht Nr. 55, 115 S.
- INFORMUS (2004): Entwicklung eines Kartierverfahrens zur Bestandsaufnahme des Strukturzustandes der Ufer von Seen  $\geq 50$  ha in Mecklenburg-Vorpommern. – Informus GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern.
- INFORMUS (2011): Bewertung der Uferstruktur an 18 Seen in Schleswig-Holstein. – Informus GmbH im Auftrag des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein.
- KOPP, D. (2004): Vorschlag für eine Rahmenklassifikation der Waldstandorte Deutschlands nach Ökotypen. – *Waldökologie online* 1: 11-24.
- KOPP, D., JÄGER, K.-D. & SUCCOW, M. (1982): Naturräumliche Grundlagen der Landnutzung am Beispiel des Tieflandes der DDR. – Berlin (Akademie-Verlag), 339 S.

- LAWA (2013a): Leistungsbeschreibung für das Vorhaben „Uferstrukturelle Gesamtseeklassifizierung mit einem bundesweit einheitlichen Übersichtsverfahren. - LFP O 5.13 im Länderfinanzierungsprogramm Wasser und Boden. – Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).
- LAWA (2013b): Empfehlung zur Ausweisung HMWB/AWB im zweiten Bewirtschaftungsplan in Deutschland. – Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Stand 26.2.2013.
- LAWA (2013c): LAWA AO, RaKon Monitoring Teil B, Arbeitspapier I „Gewässertypen und Referenzbedingungen“ (Stand: 12.09.2013), Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).
- MATHES, J., PLAMBECK, G., SCHAUMBURG, J. (2002): Der Entwurf zur Seetypisierung in Deutschland im Hinblick auf die Anwendung der Wasserrahmenrichtlinie der EU. – Deutsche Gesellschaft für Limnologie, Tagungsbericht 2002 (Braunschweig), 1-6.
- MAUERSBERGER, R. (2006): Klassifikation der Seen für die Naturraumerkundung des nordostdeutschen Tieflandes. – Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung 45 (3/4): 51-89.
- MEHL, D. & THIELE, V. (1998): Fließgewässer- und Talraumtypen des Norddeutschen Tieflandes am Beispiel der Naturräume Mecklenburg-Vorpommerns. – Berlin (Parey Buchverlag im Blackwell Wissenschaftsverlag), 261 S.
- MEHL, D. (1998): Die Fließgewässertypen der jungglazialen Naturräume Mecklenburg-Vorpommerns. Ein landschafts- und gewässerökologischer Beitrag. – Dissertation, Universität Rostock, Agrar- und umweltwissenschaftliche Fakultät, 201 S.
- MÜLLER, G. [Hrsg.] (1989): Pflanzenproduktion. Bodenkunde. – Berlin (VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag), 380 S.
- NEEF, E. (1967): Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre. - Gotha, Leipzig (Hermann Haack, Geographisch-Kartographische Anstalt), 152 S.
- NIXDORF, B., HEMM, M., HOFFMANN, A. & RICHTER, P. (2004): Dokumentation von Zustand und Entwicklung der wichtigsten Seen Deutschlands. – UBA-Texte 05/04, 43 S.
- OGewV: Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) vom 20. Juli 2011 (BGBl. I S. 1429).
- OSTENDORP, W., OSTENDORP, J. & DIENST, M. (2008): Hydromorphologische Übersichtserfassung, Klassifikation und Bewertung von Seeufern. – Wasserwirtschaft 1-2: 8-12.
- OTTO, C.-J., SPETH, S., BRINKMANN, R. & REUSCH, H. (2013): Validierung des Bewertungsverfahrens für Makrozoobenthos in Seen gemäß WRRL. – Auftragsbearbeitung für das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- ROWAN, J. S., CARWARDINE, J., DUCK, R. W., BRAGG, O. M., BLACK, A. R., CUTLER, M. E. J. ET AL. (2006): Development of a technique for Lake Habitat Survey (LHS) with applications for the European Union Water Framework Directive. – Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 16 (6): 637–657.

- ROWAN, J. S., GREIG, S. J., ARMSTRONG, C. T., SMITH, D. C. & TIERNEY, D. (2012): Development of a classification and decision-support tool for assessing lake hydromorphology. – Environmental Modelling & Software 36 (SI): 86–98.
- SCHULZE, G. & KOPP, D. (1995): Anleitung für die forstliche Standortserkundung im nordost-deutschen Tiefland. Teile A, B, C (=SEA 95), zuständige Ministerien der Länder Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Sachsen [Hrsg.]
- SCHWOERBEL, J. (1993): Einführung in die Limnologie. – UTB für Wissenschaft 31, Stuttgart, Jena (Gustav Fischer), 7., vollst. überarb. Aufl., 387 S.
- SILIGARDI, M. & ZENNARO, B. (o. J.): The Fluvial and the Lake Shorezone Functionality Indices: a new macroscopic approach to river and lake functionality. – Vortrag, [http://web.natur.cuni.cz/hydroeco2011/download/presentations/oral/G/2\\_HydroEco\\_pres\\_Zennaro\\_66.pdf](http://web.natur.cuni.cz/hydroeco2011/download/presentations/oral/G/2_HydroEco_pres_Zennaro_66.pdf).
- SILIGARDI, M. BERNABEI, S., CAPPELLETTI, C., CIUTTI, F., DALLAFIOR, V., DALMIGLIO, A., FABIANI, C., MANCINI, L., MONAUNI, C., POZZI, S., SCARDI, M., TANCIONI, L. & ZENNARO, B. (2010): Lake Shorezone Funktionalität Index (SFI). A tool for the definition of ecological quality as indicated by Directive 2000/60/CE. – Agenzia Provinciale Protezione Ambiente (APPA) [Hrsg.], [http://www.appa.provincia.tn.it/binary/pat\\_appa/pubblicazioni/IFP\\_Manual\\_english\\_ver2.1310115028.pdf](http://www.appa.provincia.tn.it/binary/pat_appa/pubblicazioni/IFP_Manual_english_ver2.1310115028.pdf).
- SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. [Hrsg.] (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. – Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele & Obermiller)), 2. völlig neu bearb. Aufl., 622 S.
- SUCCOW, M. & KOPP, D. (1982): Beispiel für Seentypen am Ausschnitt Eberswalde der Naturraumkarte 1.100.000. – Entwurfskarte/Manuskript mit späteren Handeintragungen von D. Kopp.
- SUCCOW, M. & KOPP, D. (1985): Seen als Naturraumtypen. Petermanns Geogr. Mitt. 3: 161-170
- SUCCOW, M. (1998): Gestaltung und Pflege von Standgewässern, in: WEGENER, U. [Hrsg.]: Naturschutz in der Kulturlandschaft. Schutz und Pflege von Lebensräumen. – Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm (Gustav Fischer), 169-185.
- THIENEMANN, A. (1932): Schwankungen des Grundwasserstandes in Norddeutschland während der letzten Jahrzehnte, ihre Ursachen und ihre limnologische, geologische und wirtschaftliche Bedeutung. - Arch. f. Hydrobiol. Band XXIV, Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung), 428 S.
- TULIPA (2007): Ermittlung der Gewässerstruktur nach einem Vor-Ort-Verfahren an den natürlichen Seen des Landes Sachsen-Anhalt. - TULIPA - Gartenarchitektur, Landschaftsplanung, Gewässerentwicklung im Auftrag des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt.
- TULIPA (2009): Gewässerstrukturkartierung Seen in Sachsen-Anhalt (künstliche Seen – Kiesseen und Tagebauseen). - TULIPA - Gartenarchitektur, Landschaftsplanung, Gewässerentwicklung im Auftrag des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt.

UBA (2012): [http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/wrrl/wrrl\\_styp.htm](http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/wrrl/wrrl_styp.htm) (download am 25.12.2012)

WFD CIS Guidance No 10 (2004): Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance document No 10. Rivers and Lakes - Typology, Reference Conditions and Classification Systems (reference conditions inland waters – REFCOND). – European Communities, deutsche Übersetzung: Leitfaden zur Ableitung von Referenzbedingungen und zur Festlegung von Grenzen zwischen ökologischen Zustandsklassen für oberirdische Binnengewässer, 108 S.

WRRL (Europäische Wasserrahmenrichtlinie): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Amtsblatt der EG Nr. L 327/1 vom 22.12.2000.