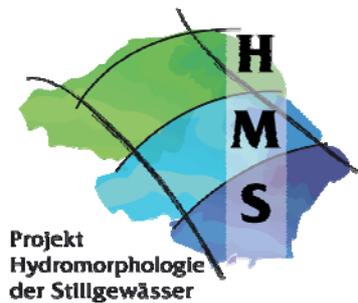


# Entwicklung eines naturschutz- und gewässerschutzfachlichen Übersichtsverfahrens zur hydromorphologischen Zustandserfassung von Seeufern



## Teil B: Verfahrensentwicklung und Verfahrenserprobung

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)  
Förderkennzeichen 23725-33/2



Bearbeiter: Dipl.-Biol. J. Ostendorp, EcoDataDesign  
im Auftrag der Arbeitsgruppe Bodenseeufer (AGBU) e.V.

**EcoDataDesign**  
Büro für Ökologie und Datenmanagement





## Inhaltsverzeichnis

1	Verfahrensentwicklung.....	2
1.1	Leitlinien.....	2
1.2	Geodaten-Recherche.....	3
1.3	Entwicklung des Objektkataloges.....	4
1.4	Entwicklung des Segmentierungsverfahrens.....	5
2	Verfahrensbeschreibung.....	6
3	Erprobungskartierungen.....	7
3.1	Großer Müggelsee.....	9
3.1.1	Allgemeine Beschreibung.....	9
3.2	Verwendete Datengrundlagen.....	10
3.2.1	Durchführung.....	10
3.2.2	Einzelergebnisse.....	10
3.2.3	Bilder vom Großen Müggelsee.....	12
3.3	Großer Plöner See.....	13
3.3.1	Allgemeine Beschreibung.....	13
3.3.2	Verwendete Datengrundlagen.....	15
3.3.3	Durchführung.....	15
3.3.4	Einzelergebnisse.....	16
3.3.5	Bilder vom Großen Plöner See.....	18
3.4	Westlicher Bodensee (Landkreis Konstanz).....	19
3.4.1	Allgemeine Beschreibung.....	19
3.4.2	Verwendete Datengrundlagen.....	20
3.4.3	Durchführung.....	20
3.4.4	Einzelergebnisse.....	21
3.4.5	Bilder vom Bodensee.....	23
3.5	Ergebnisse.....	24
4	Diskussion.....	29
4.1	Methodische Aspekte.....	29
4.1.1	Erreichbarkeit der Ziele.....	29
4.1.2	Datengrundlagen.....	29
4.1.3	Identifizierbarkeit der Objekte und Aggregation zu den Objektklassen.....	29
4.1.4	Impact-Dotierung.....	30
4.1.5	Aggregation der Ergebnisse.....	30
4.1.6	Zeitaufwand.....	30
4.1.7	Schlussfolgerungen und Verbesserungsvorschläge.....	31
5	Anhang.....	32

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lage der Erprobungs-Gewässer .....	7
Abbildung 2:	Umfeld des Großen Müggelsees .....	9
Abbildung 3:	Anzahl der Subsegmente pro Impactklasse am Großen Müggelsee (je n = 45) .....	11
Abbildung 4:	Impact-Darstellung der Uferzone des Großen Müggelsees .....	11
Abbildung 5:	Satellitenbild des Großen Plöner Sees (GoogleMaps) .....	14
Abbildung 6:	Anzahl der Subsegmente pro Impactklasse am Großen Plöner See (je n = 125)....	16
Abbildung 7:	Impact-Darstellung der Uferzone des Großen Plöner Sees.....	17
Abbildung 8:	Satellitenbild des westlichen Bodensees (GoogleMaps).....	19
Abbildung 9:	Anzahl der Subsegmente pro Impactklasse am Bodensee (n = 335(325)).....	22
Abbildung 10:	Impact-Darstellung der Uferzone des westlichen Bodensee.....	22
Abbildung 11:	Durchschnittliche Impact-Werte der Subzonen der Erprobungsgewässer .....	24
Abbildung 12:	Anteil der strömungsbeeinträchtigten Flächen pro Subzone .....	25
Abbildung 13:	Anteil der Uferverbauung (Länge) pro Referenzlinie .....	25
Abbildung 14:	Objekthäufigkeiten im Landwärtigen Bereich .....	26
Abbildung 15:	Objekthäufigkeiten im Wasserwechselbereich .....	27
Abbildung 16:	Objekthäufigkeiten im Sublitoral.....	27
Abbildung 17:	Impactkorrelationen der Subzonen am Bodensee .....	28
Abbildung 18:	Impactkorrelationen der Subzonen am Großen Plöner See .....	28
Abbildung 19:	Impactkorrelationen der Subzonen am Großen Müggelsee .....	28

## **Vorwort**

Dies ist der zweite Teil des Abschlussberichtes zum Projekt "Entwicklung eines naturschutz- und gewässerschutzfachlichen Übersichtsverfahrens zur hydromorphologischen Zustandserfassung von Seeufern".

Im ersten Teil des Berichtes wurden Anlass und Ziele dieses Projektes dargelegt und eine Übersicht über den aktuellen Kenntnis- und Diskussionsstandes gegeben.

In diesem Teil des Berichtes werden die wesentlichen Aspekte der Verfahrensentwicklung beschrieben und die Ergebnisse von Erprobungskartierungen an drei unterschiedlichen deutschen Seen vorgestellt und diskutiert.

# 1 Verfahrensentwicklung

In diesem Berichtsteil wird lediglich eine Übersicht über das Verfahren gegeben (Kap. 2). Der vollständige Verfahrensablauf in seiner derzeit erreichten Entwicklungsstufe wird detailliert in der Kartieranleitung beschrieben, die diesem Bericht als **Anhang I** beiliegt. Er enthält auch den Objektkatalog, auf den im folgenden Textbezug genommen wird.

## 1.1 Leitlinien

Ausgehend von den allgemeinen Überlegungen zu den qualitativen Mindestanforderungen an ein Erfassungs- und Klassifikationsverfahren, wie sie bereits im ersten Berichtsteil (Ostendorp, 2006) ausführlich diskutiert wurden, wurden zu Beginn des Verfahrensentwicklung Leitlinien formuliert, an denen sich die praktischen Arbeitsschritte orientieren sollten:

### I Objektivität und Reproduzierbarkeit:

- Es ist eine strikte Trennung zwischen Erfassungsschritten auf der einen Seite und Auswertungsschritten auf der anderen Seite einzuhalten. Die Auswertung muss transparent und auf der Basis einmal erhobener Daten jederzeit revidierbar sein, um an aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse angepasst werden können.
- Der Anspruch auf Reproduzierbarkeit ist auch bei der Festlegung von Bezugsflächen für die Erfassung von Kartierparametern aufrecht zu erhalten. Die Festlegung hat nach objektiven Regeln zu erfolgen, so dass es mehreren Nutzern möglich ist, zu identischen Ergebnissen zu gelangen. Der subjektive Entscheidungsspielraum ist auf ein Minimum zu beschränken.
- Dort, wo sich subjektive Einschätzungen nicht ganz vermeiden lassen, etwa bei der Identifizierung schwer unterscheidbarer Objektklassen oder der Erfassung ihrer Flächen- bzw. Längenteile, muss das Verfahren robust gegenüber Abweichungen durch verschiedene Bearbeiter sein.

### II Einfachheit und Anwendbarkeit:

- Das Verfahren soll die gegebenen Möglichkeiten der heute bereits in vielen EU-Ländern sowie im Internet vorhandenen Datengrundlagen ausschöpfen. Die Notwendigkeit aufwändiger Geländebegehungen soll, soweit es geht, vermieden werden. Das Verfahren soll mit einem geringen Personal- und Kostenaufwand verbunden sein und unter geringen technischen Voraussetzungen realisiert werden können.
- Es soll sich um ein rasch durchführbares Übersichtsverfahren handeln. Dies bedeutet, dass die Anwendbarkeit des Verfahrens auf einen übergeordneten europäischen Maßstab ausgerichtet ist und nicht mit den Möglichkeiten konkurrieren können soll, die durch die intensive Natur- und Gewässerschutzarbeit vor Ort gegeben sind.

- Es sollen möglichst wenige, dafür aber aussagekräftige Kartierparameter erfasst werden. Insbesondere soll sich das Verfahren nicht in einer detaillierten Beschreibung der natürlichen Zustände verlieren sondern das Hauptaugenmerk auf die anthropogen Modifikationen der Seeuferzone legen.

Als konzeptioneller Rahmen für das Verfahrens wurde eine GIS-basierte Rasterkartierung vorgegeben, bei der - vorwiegend anhand georeferenzierter Luftbildern - die morphologisch relevanten, vorwiegend anthropogenen Veränderungen in der Seeuferzone erfasst werden.

## 1.2 Geodaten-Recherche

Um sicherzustellen, dass die für das Verfahren erforderlichen Geodaten zumindest im deutschsprachigen Raum tatsächlich existieren, wurde in einem ersten Arbeitsschritt deren Verfügbarkeit bei den Vermessungsbehörden in Deutschland, Österreich und der Schweiz überprüft. Neben digitalen Orthophotos galt das Augenmerk dabei auch Katasterdaten sowie digitalen Landschafts- und Geländemodellen.

Auch wenn die Verfügbarkeit auf lokaler Ebene im einzelnen sehr differenziert zu betrachten ist, so können die vorhandenen Datengrundlagen insgesamt doch überall zumindest als "befriedigend" eingestuft werden.

Zum Zeitpunkt der Recherche lagen in Deutschland für durchschnittlich etwa 77% der Fläche hochgenaue Katasterdaten (ALK) vor, wobei die Differenz zwischen den einzelnen Bundesländern sehr groß war (für Mecklenburg-Vorpommern z.B. nur 27 %). Das Basis-DLM, als guter Ersatz für die ALK, war zu nahezu 100% in der zweiten und für einige Bundesländer bereits in der dritten Realisierungsstufe vorhanden. Hochwertige Digitale Orthophotos lagen flächendeckend vor, etwa zur Hälfte in schwarz-weiß mit einer Bodenauflösung zwischen 25 cm und 40cm und etwa zur Hälfte in Farbe mit einer Bodenauflösung von zumeist 40 cm. Lediglich in bezug auf hochauflösende Digitale Geländemodelle (DGM 5 oder besser) waren so gut wie gar keine Daten vorhanden.

In der Schweiz lagen lediglich zu etwa 12% der Fläche Katasterdaten vor, wobei sich auch hier die Situation von Kanton sehr unterschiedlich darstellte (zwischen 0% und 100%). Mit dem bundesweit verfügbaren Digitalen Landschaftsmodell "Vector 25" steht jedoch auch hier ein guter Ersatz bereits vollständig zur Verfügung. Luftbilder lagen zum Zeitpunkt der Recherche als Farbbilder mit einer Bodenauflösung von 50 cm für etwa 70% der Fläche vor, der Aufbau eines flächendeckenden Bestandes stand jedoch unmittelbar vor dem Abschluss. Die Realisierung eines hochgenauen Geländemodells war für 2008 geplant.

In Österreich existierten mit der Digitalen Katastralmappe (DKM) Katasterdaten zwar bereits flächendeckend, allerdings bleibt die Qualität der (tagesaktuellen) Daten zumindest hinsichtlich der Detailgenauigkeit des Objektschlüsselkataloges noch hinter jenen des Basis-DLM in Deutschland oder des Vector 25 in der Schweiz zurück. Auch ein Digitales Landschaftsmodell war flächendeckend für Österreich verfügbar, mit seinen wenigen Einzellayern gleicht es seinerseits jedoch eher einer Digitalen Topographischen Karte in Deutschland. Neben einem ebenfalls vollständig vorhandenen Bestand an Digitalen schwarz-weiß Orthophotos mit einer Bodenauflösung von 50 cm, existierten zum Zeitpunkt

der Recherche auch eine unbekannte Anzahl Digitaler Orthophotos in Farbe mit einer Bodenauflösung von 25 cm, deren Nachführung nach Auskunft des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen jedoch nur "bedarfsabhängig" erfolgt. Ein hochauflösendes Digitales Geländemodell war für Österreich nicht verfügbar.

Neben den Daten der Vermessungsämter wurden auch solche Daten untersucht, die nicht als Verfahrensvoraussetzung anzusehen sind und ggf. auch nur lokale Bedeutung haben, das Verfahren insgesamt jedoch sinnvoll unterstützen können. Hierbei erwiesen sich zusätzliche, auch nicht georeferenzierte Luftbilder (ggf. Schrägaufnahmen!), Befliegungsvideos, Satellitenbilder<sup>1</sup>, Schutzgebietsabgrenzungen (FFH, NSG, LSG etc.) oder die europaweit verfügbaren CORINE Landcover-Daten<sup>2</sup> als hilfreich. Eine Fülle besonders für den naturschutzfachlichen Aspekt interessanter Daten sind dabei über den Umweltdatenkatalog<sup>3</sup> abrufbar.

### 1.3 Entwicklung des Objektkataloges

In einem zweiten Entwicklungs-Schritt stand die Erarbeitung eines Objektkataloges mit Landnutzungsklassen im Vordergrund. Dazu wurde zunächst eine umfangreiche Liste mit potentiell zu unterscheidenden Strukturen bzw. anthropogenen Modifikationen erstellt. Diese Strukturen wurden anschließend am Bodensee-Untersee durch intensive Geländebegehungen auf ihre Erkennbarkeit in Luftbildern hin untersucht (Groundtruth). Auf Basis dieser Untersuchung konnte ein erster Objektkatalog mit aggregierten Objektklassen erstellt werden, der im weiteren Verlauf der Erprobung noch mehrmals überarbeitet und verbessert wurde. Ziel der Überarbeitungen war es dabei, klar von einander differenzierbare aber dennoch aussagekräftige Objektklassen zu benennen. Zugleich galt es, einen Mittelweg zu finden, um einerseits die Anzahl an Objekten möglichst gering zu halten, andererseits nicht bereits durch eine zu starke Aggregation einer gewünschten Differenzierung der Klassifizierung und Bewertung vorwegzugreifen.

Um auch linearen Modifikationen der Uferzone, deren Wirkung sich nach allgemeinem Verständnis weniger durch ihre Flächenanteile als durch ihre Längsausdehnung beschreiben lässt, stärker Rechnung tragen zu können, wurde das Verfahren später um zwei weitere Kartierparameter ergänzt. Betrachtet werden dabei zusätzlich

- die unmittelbare Uferverbauung, also solche Strukturen, die die horizontale Ausdehnung eines Sees bei steigendem Wasserstand behindern oder blockieren können
- sowie die mutmaßliche Gesamtfläche, auf die eine uferlinienverändernde Struktur hinsichtlich des Strömungsverhaltens Einfluss nehmen kann (vgl. Anhang I Kartieranleitung).

---

<sup>1</sup> z.B. <http://maps.google.de/>

<sup>2</sup> <http://image2000.jrc.it/>.

<sup>3</sup> <http://www.portalu.de/>

## 1.4 Entwicklung des Segmentierungsverfahrens

Gleichzeitig erfolgte die Entwicklung der Verfahrensvorschrift für die Segmentierung der Uferzone. Für die ufersenkrechte Gliederung wurde dabei die natürliche Uferzonierung in einen ständig überfluteten Bereich, einen Wasserwechselbereich und einen landwärtigen Bereich gewählt. Für die Gliederung entlang der Uferlinie (uferparallel) stand hingegen die Forderung nach einer reproduzierbaren Methode im Vordergrund, die insbesondere auch Wiederholungskartierungen innerhalb der gleichen (und unter den gleichen Regeln erzeugten) Bezugseinheiten erlauben sollte. Somit schieden Abgrenzungen auf Basis subjektiv zu beurteilender Homogenitäten (vgl. z.B. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (Hg.) (2005)) und ähnliche Abgrenzungsverfahren aus. Stattdessen wurde einer regelmäßigen, weitgehend automatisierbaren Rasterung der Vorzug gegeben, die letztlich mit der hier beschriebenen trigonometrischen Generalisierung und Lotierung ihre Umsetzung fand.

## 2 Verfahrensbeschreibung

Das Verfahren setzt auf einer GIS-gestützten Auswertung Digitaler Orthophotos - und ggf. weiterer Geodaten und Planunterlagen - auf, bei der in definierten Uferabschnitten vornehmlich die anthropogenen Schadstrukturen erfasst werden. Es lässt sich in drei wesentliche Arbeitsschritte gliedern (für eine vollständige Anleitung vgl. Anhang I: Kartieranleitung):

### I Unterteilung der Uferzone

In einem vorbereitenden Schritt wird die Uferzone zunächst in kleinere Erfassungsflächen unterteilt. Die Abgrenzungen dieser Flächen ergeben sich durch eine **ufersenkrechte** Gliederung der Uferzone in einen landwärtigen Bereich (Subzone C), die Wasserwechselzone (Subzone B) und das Sublitoral (Subzone A) sowie durch eine **uferparallele** Unterteilung in vorgegebenen Abständen (z.B. 250 m). Dazu wird zunächst eine Referenz-Uferlinie digitalisiert, die dem mittleren Wasserstand oder der in Karten bzw. Geodatenätzen verzeichneten Uferlinie entspricht, vor dem Hintergrund eines naturnahen Uferverlaufes jedoch anthropogene Modifikationen durchschneidet (z.B. Hafenmolen) oder überbrückt (z.B. Hafenbecken). Anschließend erfolgt die Digitalisierung der drei Subzonen, wobei Mindestbreiten von je 5m für das Sublitoral und die Wasserwechselzone sowie 100m für den landwärtigen Bereich einzuhalten sind. Die uferparallele Unterteilung wird durch die Errichtung von Loten entlang einer generalisierten (geglätteten) Uferlinie durchgeführt. Sie kann in einem GIS weitgehend automatisch durchgeführt werden.

### II Erfassung der Kartierparameter

Nach der Segmentierung werden für jede Erfassungsfläche ("Subsegment") die Kartierparameter erhoben. Hierzu gehören:

- Die relativen Flächenanteile (in %) von Landnutzungs- bzw. "Objektklassen" an der Erfassungsfläche. Die Objektklassen sind in einem Objektkatalog definiert. Jeder Objektklasse ist dabei ein spezifischer Impact-Wert zwischen 1 und 5 fest zugeordnet.
- Der relative Längenanteil (in %) von Verbauungsstrukturen in der Wasserwechselzone entlang zweier definierter Höhenlinien.
- Der relative Flächenanteil (in %) der Erfassungsfläche, der in seinem Strömungsverhalten durch anthropogene Modifikationen (Sublitoral und Wasserwechselzone) beeinträchtigt ist.

### III Impact-Berechnung

Auf Basis dieser Daten kann abschließend automatisiert für jedes Subsegment ein Gesamt-Impact berechnet werden, der den mittleren „Schweregrad“ und den Umfang der Nutzungen bzw. der Einbauten kennzeichnet. Der Impact-Wert folgt dabei einer fünfstufigen Skala mit der Bedeutung 1 für "natürlich/naturnah" bis 5 "vollständig anthropogen verändert".

### 3 Erprobungskartierungen

Die Erprobungskartierungen wurden an drei unterschiedlichen deutschen Gewässern durchgeführt: dem westlichen Bodensee in Baden-Württemberg, dem Großen Plöner See in Schleswig-Holstein und dem Großen Müggelsee in Berlin (Abbildung 1). Hierfür waren bereits zu Beginn des Projektes, im Oktober 2005, erste land- und seeseitige Geländebesichtigung des Großen Müggelsees und des Großen Plöner Sees vorgenommen worden.



**Abbildung 1:** Lage der Erprobungs-Gewässer

Die folgenden Kapitel geben eine Übersicht über die verwendeten Datengrundlagen, die einzelnen Arbeitsschritte sowie die dabei aufgetretenen Probleme in Bezug auf die Segmentierung und die Erfassung der Kartierparameter. Sie stellen außerdem die Ergebnisse der Impact-Berechnung der einzelnen Seen in Form einer Flächenstatistik und Übersichtskarte dar, wie sie später bei einer Routine-Anwendung auch für entsprechende überörtliche Planungsaufgaben verwendet werden könnten.

Alle raumbezogenen Arbeiten wurden dabei ausschließlich mit einem einfachen Desktop-GIS (Arc-View 8.3) durchgeführt, die Erfassung und Auswertung der Attributdaten erfolgte mit einer MS Access-Datenbank. Die Ergebnisse dieser Kartierung (Geodaten und Datenbank) befinden sich auf der CD, die diesem Bericht als **Anhang II** beiliegt.

## 3.1 Großer Müggelsee

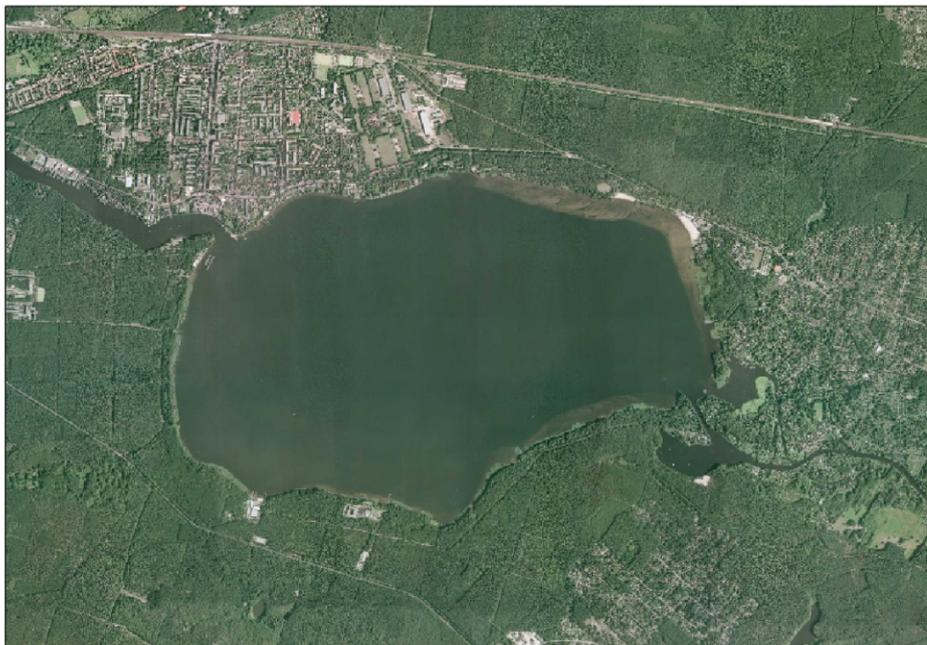
### 3.1.1 Allgemeine Beschreibung

Der Große Müggelsee<sup>4</sup> liegt im Südosten Berlins im Stadtbezirk Köpenick. Er besitzt eine schüsselförmige Gestalt mit einer Länge von 4,4 km, einer Breite von 2,6 km und einer Uferlänge von rund 12 km. Mit einer Wasserfläche von 7,5 km<sup>2</sup> ist er deutlich kleiner als die beiden anderen Erprobungsgewässer und mit einer maximalen Tiefe von 7,7 m bzw. einer durchschnittlichen Tiefe von 4,9 m auch erheblich flacher. Er wird von Ost nach West von der Spree durchflossen und besitzt ein verhältnismäßig großes Einzugsgebiet von 7.000 km<sup>2</sup>. Sein Trophiezustand ist natürlicherweise eutroph.

Bereits seit dem späten Mittelalter wird der Große Müggelsee durch die sog. Mühlendammschleuse im Zentrum Berlins staureguliert. Der Zufluss der Spree im Osten des Sees wurde im 19. Jh. durch einen breiten Durchstich verändert und begradigt. Sie floss früher durch die sog. Bänke, einer abgeschotteten Bucht im Ostteil des Sees. Als Bundeswasser unterliegt der See heute einem nicht unerheblichem Nutzungsdruck durch Schifffahrt und die damit verbundenen Erhaltungsmaßnahmen. Als weiterer starker anthropogener Eingriff ist die Uferfiltration durch das Wasserwerk Friedrichshagen zu nennen.

An den See grenzen zwei kleinere Landschafts- jedoch keine Naturschutzgebiete. Die Bänke (s.o.) ist als Fläche gemäß der Vogelschutzrichtlinie gemeldet.

Das Umfeld des Großen Müggelsees wird im Norden und Nordwesten durch den Stadtteil Friedrichshagen, im Osten durch Rahnsdorf sowie einigen Freizeit- und Vergnügungseinrichtungen überwiegend jedoch durch naturnahen Wald bestimmt (Abbildung 2). Während das Nordufer relativ urban geprägt ist und zahlreiche Uferbefestigungsstrukturen aufweist, fehlen diese in der Südhälfte des Sees nahezu vollständig.



**Abbildung 2:** Umfeld des Großen Müggelsees

---

<sup>4</sup> Die Angaben zum Müggelsee wurden der Website des IGB <http://www.igb-berlin.de/abt2/ms/index.shtml> entnommen

## 3.2 Verwendete Datengrundlagen

Für die Kartierung des Großen Müggelsees wurden folgende Unterlagen verwendet, die vom Senat für Stadtentwicklung Berlin Referat VIII E zur Verfügung gestellt wurden:

- Digitale Orthophotos in Farbe mit einer Bodenauflösung 25cm/Pixel (DOP-C-25)
- Digitale Topographische Karte 1:5.0000/1:10.000 (K5/K10)
- Tiefenvermessungs-Shape
- Digitales Geländemodell mit einer Auflösung von 5m/Raster (DGM5)

### 3.2.1 Durchführung

Der Wasserstand des Großen Müggelsees wird staureguliert und schwankt nur um wenige Zentimeter. Eine Wasserwechselzone ist nicht ausgebildet. Die Referenz-Uferlinie wurde daher direkt aus dem im Luftbild erkennbaren Wasserstand digitalisiert, ohne dass weitere Höhenvermessungsdaten hinzugezogen werden mussten. Besonders im Bereich der Bänke im östlichen Teil des Sees, sind zwar Modifikationen des natürlichen Uferverlaufes offensichtlich, die ursprüngliche Uferlinie konnte jedoch nicht sicher reproduziert werden. Die Referenz-Uferlinie folgt daher auch in diesem Bereich dem aktuellen Uferverlauf.

Die Breiten der Subzone B und C wurden entsprechend den Mindestpuffern von 5 m bzw. 100 m digitalisiert, die seewärtige Abgrenzung der Subzone C hingegen, angelehnt an die Sichttiefe von etwa drei Metern, direkt aus den Tiefenvermessungsdaten abgeleitet. Ihre Breite variiert dementsprechend rund um den See. Insbesondere entlang einiger künstlicher und offensichtlicher Austiefung im Bereich des Wasserwerks Friedrichshagen wurden kleinere Änderungen zugunsten des angenommenen natürlichen Uferverlaufes durchgeführt..

Für die Generalisierung der Uferlinie wurde ein Intervall von 15 Punkten gewählt. Die lotrechte Abgrenzung erfolgte in 250 m-Abständen, wobei keinerlei Korrekturen notwendig waren.

Aufgrund der exzellenten Luftbildqualität konnten alle Kartierparameter, ggf. mit Ausnahme einiger überwachsener Austiefungen in der Subzone A und B, ohne Probleme erhoben werden.

### 3.2.2 Einzelergebnisse

Die Einteilung der Uferzone des Müggelsees führte zu 45 Uferabschnitte bzw. 135 Subsegmente. Die durchschnittlichen Impact-Werte der einzelnen Subsegmente liegen bei

Subzone A:	1,35
Subzone B:	1,86
Subzone C:	2,25

Die Verteilung der Flächenanzahl auf die einzelnen Impactklassen ist in der Abbildung 3 dargestellt. Abbildung 4 zeigt die räumliche Verteilung dieser Flächen rund um den See.

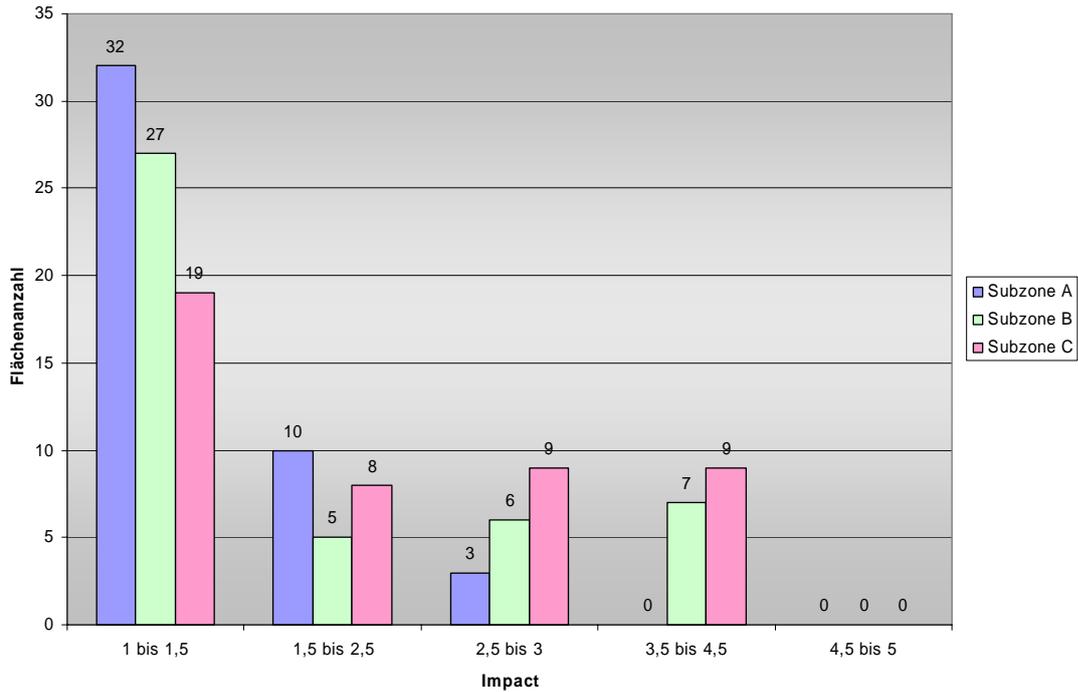


Abbildung 3: Anzahl der Subsegmente pro Impactklasse am Großen Müggelsee (je n = 45)

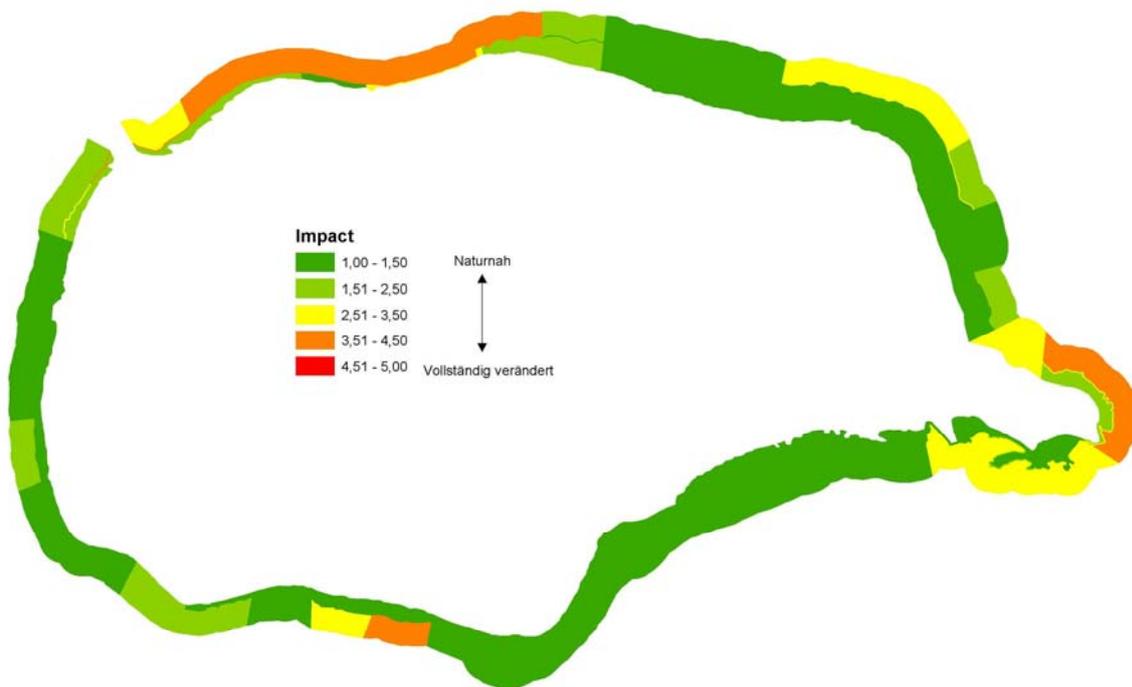


Abbildung 4: Impact-Darstellung der Uferzone des Großen Müggelsees

### 3.2.3 Bilder vom Großen Müggelsee



Siedlungsverbau /Gärten



Wasserwerk Friedrichshagen



Natürliches Ufer



Strandbadanlage

## 3.3 Großer Plöner See

### 3.3.1 Allgemeine Beschreibung

Der Große Plöner See<sup>5</sup> liegt mitten in der Holsteinische Schweiz, überwiegend im Landkreis Plön, zu einem kleineren Teil in Ostholstein. Er wird von der Schwentine durchflossen, die an zwei Stellen aus dem See ab- und über verschiedene Wege wieder in den nördlich gelegenen Kleinen Plöner See zurückfließt. Seine auffällige "Afrika-Form" verdankt der See drei Gletscherzungen die während der letzten Eiszeit die drei Seebecken (Plön, Ascheberg und Bosau) formten.

Die maximalen Breite des Sees beträgt etwa 8,6 km zwischen Plön und Bosau, seine maximale Länge etwa 6,5 km zwischen Ascheberg und Plön. Seine Wasserfläche erstreckt sich über knapp 30 km<sup>2</sup>, bei einer Uferlänge 42,5 km. Die mittlere Tiefe des Sees liegt bei 12,4 m, die maximale Tiefe bei 58 m. Das Einzugsgebiet des Großen Plöner Sees ist mit gerade einmal 393 km<sup>2</sup> ausgesprochen klein. Sein gegenwärtiger Trophiegrad ist schwach eutroph, potentiell sogar meso- bis oligitroph.

Der Wasserstand des Großen Plöner Sees wird wie der des Großen Müggelsee reguliert, wobei 1881 eine deutliche Seespiegelabsenkung vorgenommen wurde. Durch diese Seespiegelabsenkung entstanden einige der Inseln inmitten des Sees, die heute überwiegend unter Naturschutz stehen.

Das Umfeld des Großen Plöner Sees ist jenseits der drei Siedlungszentren Plön, Ascheberg und Bosau überwiegend ländlich geprägt, mit einem hohen Anteil an Grünlandflächen und teilweise auch Wald (Abbildung 5). Daneben unterliegt der See einem (noch relativ geringem) Nutzungsdruck durch Tourismus, z.B. in Form von Kanu- und Kajaksport, Camping oder der Erschließung der Ufer durch Wege. Als eine Besonderheit des Großen Plöner Sees ist das Verbot von privaten Motorbooten zu nennen

---

<sup>5</sup> Die Angaben wurden der Website zum Umweltbericht des Landes Schleswig-Holstein entnommen <http://www.umweltdaten.landsh.de/public/seen/seenanzeige.php?iseenr=0114&smodus=long>



**Abbildung 5:** Satellitenbild des Großen Plöner Sees (GoogleMaps)

### 3.3.2 Verwendete Datengrundlagen

Für die Kartierung des Großen Plöner Sees wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen verwendet. Sie wurden vom Amt für Umwelt des Landkreises Plön, Abt. 310, dem Staatlichen Umweltamt in Kiel, Liegenschaftsverwaltung, sowie dem Max-Planck-Institut für Limnologie in Plön zur Verfügung gestellt.

- Digitale Orthophotos in schwarz-weiß mit einer Bodenauflösung von 50 cm/Pixel (DOP-SW-50)
- Alk-Daten, Folie 21 "Tatsächliche Nutzung"
- Tiefenvermessungs-Grid mit einer Auflösung von 50m/Raster (DGM50)
- Digitale Topographische Karte 1:25.000 (DTK25)
- GoogleMaps (frei verfügbar unter <http://maps.google.de/>)
- Gedruckte Karte des Teillandschaftsplans der Stadt Plön (Entwicklungsteil, Konfliktdarstellung, Naturgrundlagen) (1996)
- Kartierung der Ufer- und Schwimmblatt-Vegetation (analog, 1997)

### 3.3.3 Durchführung

Da exakte Höhendaten für den großen Plöner See fehlten, wurde die Referenzuferlinie direkt aus dem in den Luftbildern erkennbaren Wasserstand abgeleitet. Da letzterer reguliert wird und nur um wenige Zentimeter schwankt, sind eventuelle Abweichungen vom tatsächlichen Mittelwasserstand vernachlässigbar gering. Entsprechend dieser geringen Schwankung wurde der Wasserwechselbereich mit der Mindestbreite von 5 m erstellt und die landwärtige Zone mit 100 m festgelegt. Für die seewärtige Grenze konnte das maximale Tiefenvorkommen von Makrophyten-Vegetation entsprechend der Sichttiefe von knapp 3m angenommen werden. Die Digitalisierung dieser Grenze erfolgte anschließend aus den Luftbildern, unterstützt durch Satellitenaufnahmen (GoogleMaps) sowie dem Tiefenvermessungs-Grid.

Die Generalisierung der Uferlinie mit Start- und Endpunkt der Geometrie beim Abfluss der Schwentine in Plön, wurde mit jedem 20. Punkt durchgeführt. Die Abstände für die Lotierung betrug 250 m. Bei der anschließenden Segmentierung, mussten die lotrechten Abgrenzungen an zwei Stellen nachbearbeitet werden, nämlich im Bereich des Überganges von der Rohrdommelbucht zur Prinzeninsel und nördlich von Bosau am Bischofssee, der für die Erprobungskartierung mit zum Großen Plöner See gerechnet wurde.

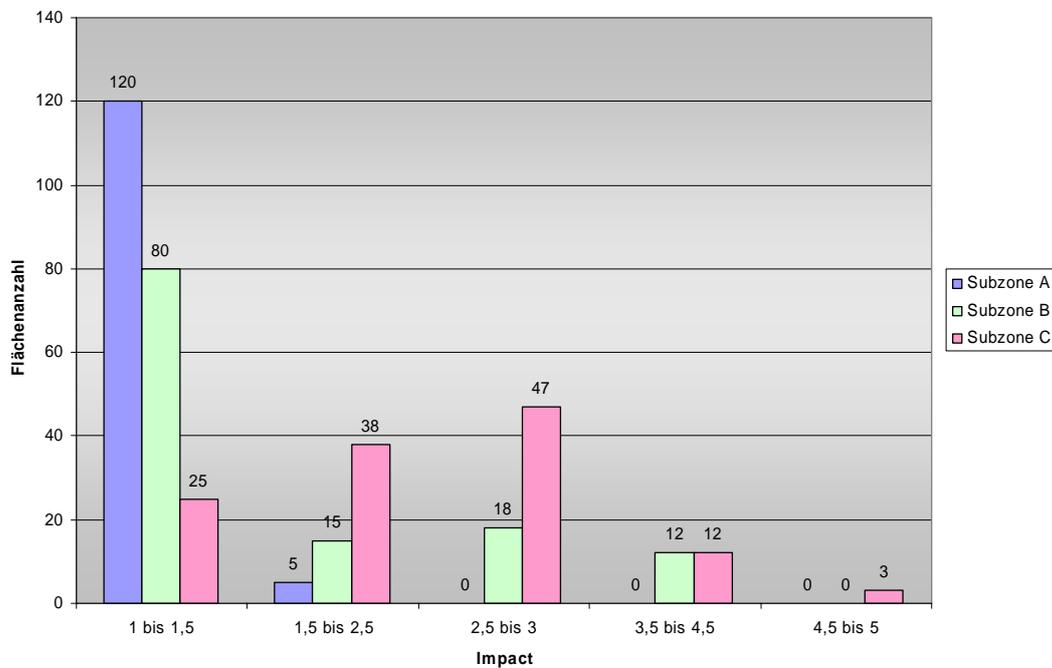
Die Erfassung der Kartierparameter erfolgte anhand der Digitalen Orthophotos, Satellitenbildern und in Teilbereichen unter Zuhilfenahme des Teillandschaftsplanes der Stadt Plön sowie eigener Unterlagen der Geländebegehung. Während sich die Identifizierung der Objekte im Sublitoral und im landwärtigen Bereich dabei als unproblematisch darstellte, bereitete die Erhebung der Objekte im Wasserwechselbereich einige Schwierigkeiten. Dies war einerseits in der Qualität der Luftbilder begründet, andererseits darin, dass viele Uferverbauungsstrukturen (Spundwände, schmale Blockbefestigungen) am Plöner See von Vegetation überdeckt werden und letztlich nur aus unmittelbarer Nähe durch eine Geländebegehung genau erfasst werden können.

### 3.3.4 Einzelergebnisse

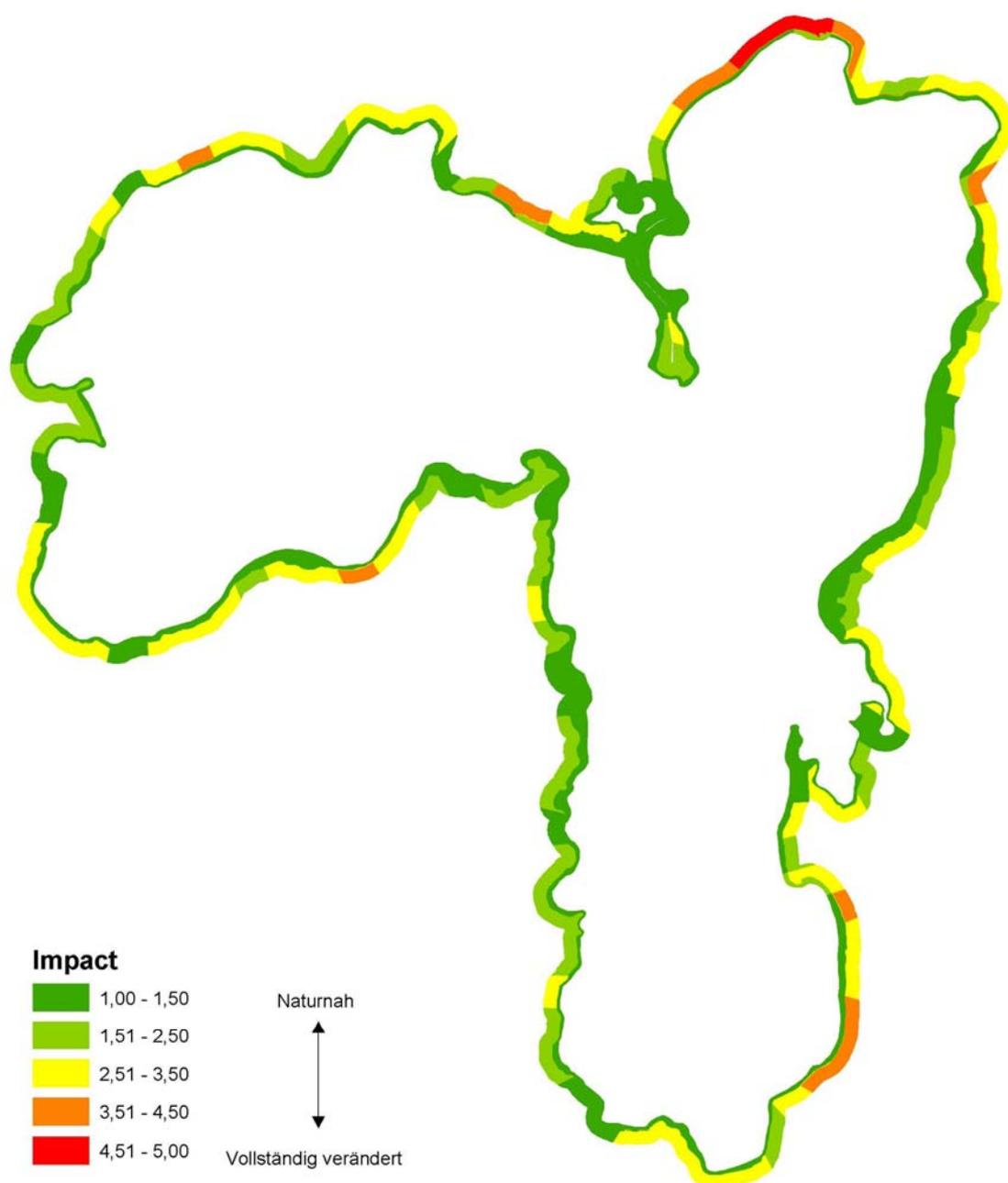
Insgesamt wurde der Große Plöner See in 125 Ufersegmente mit 375 Subsegmenten gegliedert. Ihre durchschnittlichen Impact-Werte wurden wie folgt bestimmt:

Subzone A: 1,08  
Subzone B: 1,69  
Subzone C: 2,43

Die Flächenhäufigkeiten der einzelnen Impact-Klassen sind in der Abbildung 6 dargestellt, ihre räumliche Verteilung um den See in Abbildung 7



**Abbildung 6:** Anzahl der Subsegmente pro Impactklasse am Großen Plöner See (je n = 125)



**Abbildung 7:** Impact-Darstellung der Uferzone des Großen Plöner Sees

### 3.3.5 Bilder vom Großen Plöner See



Natürliches Ufer



Einzelstege



Siedlungsverbau



Bahnhof Plön



Grünland



Wald, Kliffkante

## 3.4 Westlicher Bodensee (Landkreis Konstanz)

### 3.4.1 Allgemeine Beschreibung

Der Bodensee ist der drittgrößte See Mitteleuropas. Seine Wasserfläche beträgt insgesamt 536 km<sup>2</sup>, sein Einzugsgebiet ist 11.500 km<sup>2</sup> groß. Hauptzufluss ist der Alpenrhein im Osten, Abfluss der Hochrhein im Westen. Der Bodensee besteht aus zwei See-Kompartimenten, dem Untersee westlich von Konstanz sowie dem Obersee östlich und nördlich davon. Beide Kompartimente sind über den sog. Seerhein miteinander verbunden.

Der Bodensee ist mesotroph mit einer ausgesprochen guten Wasserqualität. Die maximale Tiefe des gesamten Sees beträgt 254 m, die mittlere Tiefe etwa 90 m. Er erreicht eine maximale Breite von 14 km und eine maximale Länge von 63 km. Die gesamte Uferlänge beträgt 273 km, von denen jedoch nur 85 km auf den Landkreis Konstanz entfallen und somit bei der Kartierung berücksichtigt wurden.

Trotz seiner Größe und der Siedlungsdichte an seinen Ufern wird der Wasserstand des Bodensees nicht reguliert.

Das Umfeld und auch die Uferzone des Bodensees ist allein aufgrund seiner Größe nicht einheitlich (Abbildung 8). Neben zahlreichen Städten und Siedlungen, verfügt der Bodensee - und insbesondere der Untersee -, auch über nahezu unberührte, natürliche Uferabschnitte. Hierzu gehören sowohl die bewaldeten Steilufer am Überlinger See als auch die ausgedehnten Schilfflächen am Wollmatinger Ried oder der Mettnau u.v.m.. Von den 85 km Uferzone des Landkreises Konstanz entfallen etwa 35% auf verschiedene Naturschutzgebiete, sogar mehr als die Hälfte sind als NATURA 2000-Fläche gemeldet. Landwirtschaftlich überwiegt am Bodensee der Obst- und Gemüseanbau, besonders ausgeprägt auf der Halbinsel Reichenau.



**Abbildung 8:** Satellitenbild des westlichen Bodensees (GoogleMaps)

### 3.4.2 Verwendete Datengrundlagen

Für die Kartierung des Bodensees wurden die folgenden Unterlagen verwendet, die überwiegend vom Regierungspräsidium Freiburg, Referat 56 Naturschutz und Landschaftspflege, zur Verfügung gestellt wurden:

- Digitale Orthophotos in schwarz-weiß mit einer Bodenauflösung von 25 cm/Pixel (DOP-SW-25)
- Zustandskartierung der Seeuferzone des Bodensees ("Teiber-Kartierung")
- Tiefenvermessungs-Grid mit einer Genauigkeit von 5m pro Raster
- ALK-Daten (Folie 21 "Tatsächliche Nutzung", nicht flächendeckend)
- Digitale Topographische Karten 1:25.000 (DTK 25)
- Naturschutzdaten (NSG-, LSG-, FFH-Grenzen)
- GoogleMaps (s.o.) als partielle Ergänzung

### 3.4.3 Durchführung

Im Gegensatz zu den beiden anderen Erprobungs-Gewässern, wird der Wasserstand des Bodensees nicht reguliert und schwankt daher im Jahresverlauf um annähernd zwei Meter. Die numerische Höhengrenzen der einzelnen Subzonen können den langjährigen Pegelaufzeichnungen (Pegel Konstanz für den Obersee, Pegel Berlingen für den Untersee) entnommen werden. Für den Bodensee-Untersee liegen sie bei:

- Uferlinie: 395,07m NN (Pegelnulld Amsterdam)
- Subzone A: 390-394,31m NN [~Haldenkante-MNWL]
- Subzone B: 394,31-396,23m NN [MNWL-MHWL]
- Subzone C: 396,31-397,50m NN [MHWL- ~Grundwasserhebungsbereich]

sowie für den Seerhein um ca. 10 cm und für den Bodensee-Obersee um ca. 20 cm darüber.

Diese Höhenangaben wurden entsprechend im Tiefenvermessungs-Grid symbolisiert und anschließend unter Beachtung des naturnahen Uferverlaufes und eventueller Mindestbreiten nachdigitalisiert. Dabei waren insbesondere im Bereich der aufgeschütteten Hafemolen in Radolfzell größere Abweichungen zur gegenwärtigen mittleren Mittelwasserlinie erforderlich.

Die Generalisierung wurde mit jedem 35. Punkt durchgeführt, das Lotierungsintervall betrug 250 m.

Die Segmentierung der Referenzuferlinie führte trotz einiger komplexer Strukturen zu guten Ergebnissen. Schwierigkeiten traten lediglich im Bereich des Wollmatinger Rieds auf, wo die Uferzone mit einer Breite von bis zu 2km stellenweise acht Mal so breit ist wie das gewählte Lotierungsintervall von 250m.

Die Kartierparameter konnten am Bodensee in der Mehrzahl ohne große Probleme aus den Luftbildern erfasst werden. Systematische Schwierigkeiten bereiteten jedoch einige Uferverbauungen, die wie beim Plöner See nicht selten von Vegetation überdeckt wurden, sowie mögliche Austiefungen im Wasserwechselbereich und im Sublitoral (z.B. Zufahrtsrinnen zu Stegen und Anlegestellen).

#### **3.4.4 Einzelergebnisse**

Der Teilabschnitt des westlichen Bodensees (Landkreis Konstanz) wurde insgesamt in 337 Ufersegmente unterteilt, von denen zwei aufgrund fehlender Luftbilder nicht kartiert werden konnten. Da in einigen Flachwasserbereichen der Halbinseln Reichenau und Mettnau kein landwärtiger Bereich ausgebildet ist, verfügen nicht alle Ufersegmente wie üblich über drei Subsegmente sondern es ergibt sich ein asynchrones Bild von jeweils 335 Subsegmenten für die Subzonen A und B und nur 325 Subsegmente für die Subzone C.

Bei der Impact-Berechnung wurden folgende Durchschnittswerte ermittelt:

Subzone A:	1,16
Subzone B:	1,48
Subzone C:	2,75

Sie verteilen sich wie in Abbildung 9 gezeigt auf die einzelnen Impact-Klassen. Eine Impact-Darstellung der Uferzone ist in Abbildung 10 gegeben.

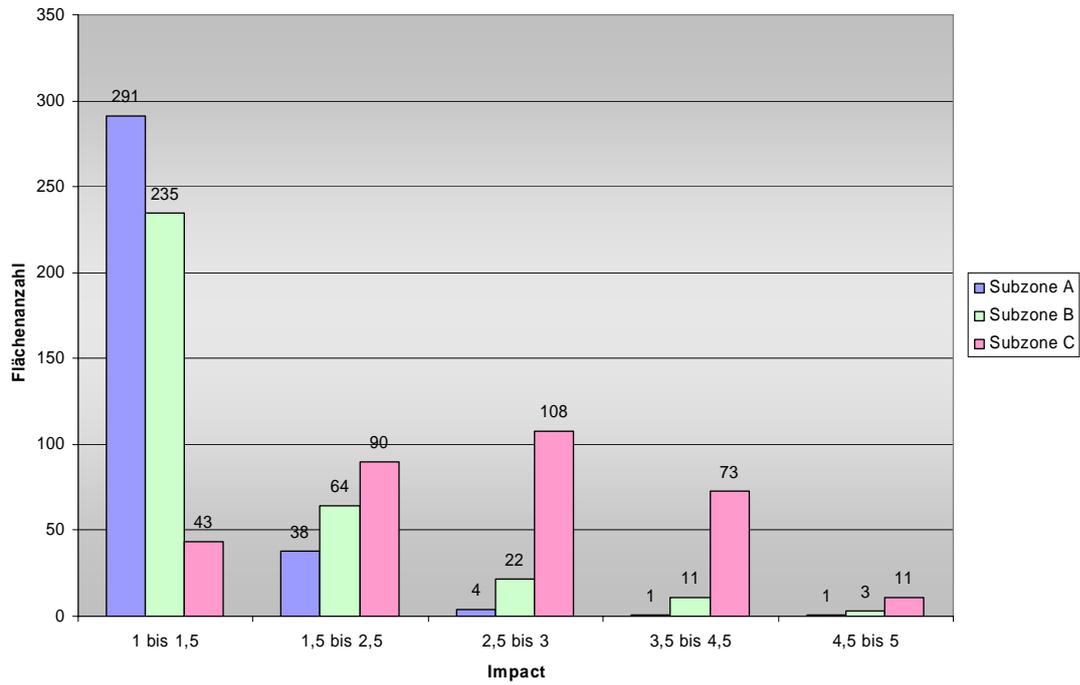


Abbildung 9: Anzahl der Subsegmente pro Impactklasse am Bodensee (n = 335(325))

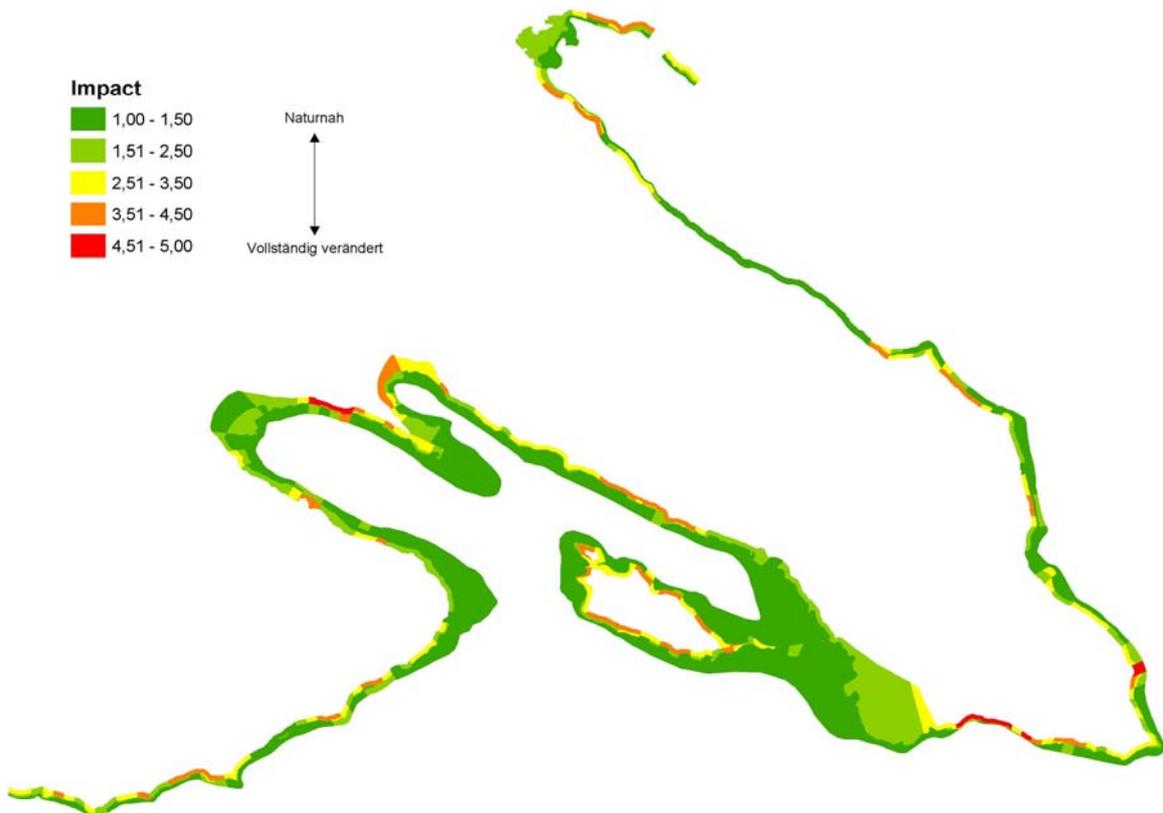


Abbildung 10: Impact-Darstellung der Uferzone des westlichen Bodensee

### 3.4.5 Bilder vom Bodensee



Steganlage



Schilfgürtel



Strandrasen



Bojenfeld

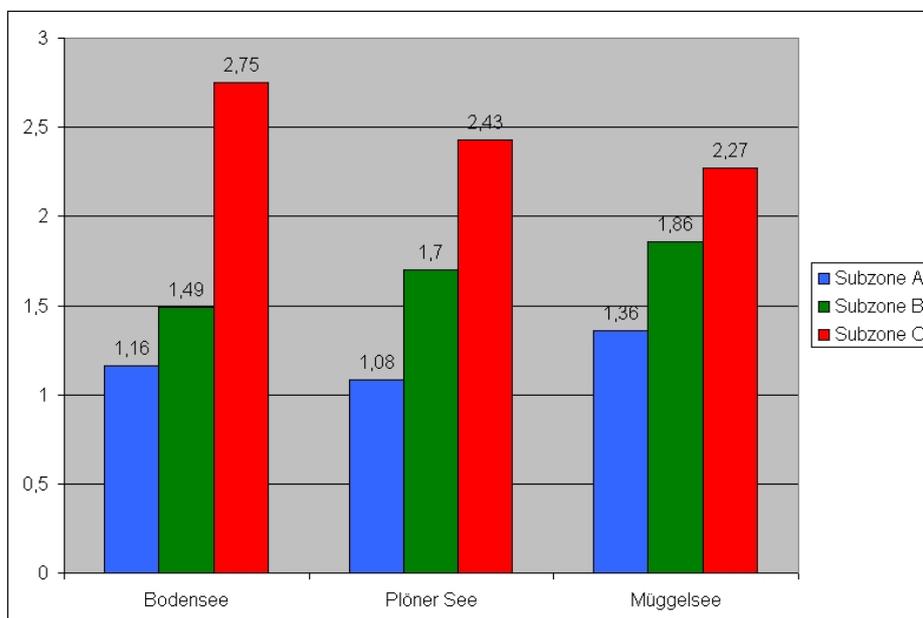


Freibad

### 3.5 Ergebnisse

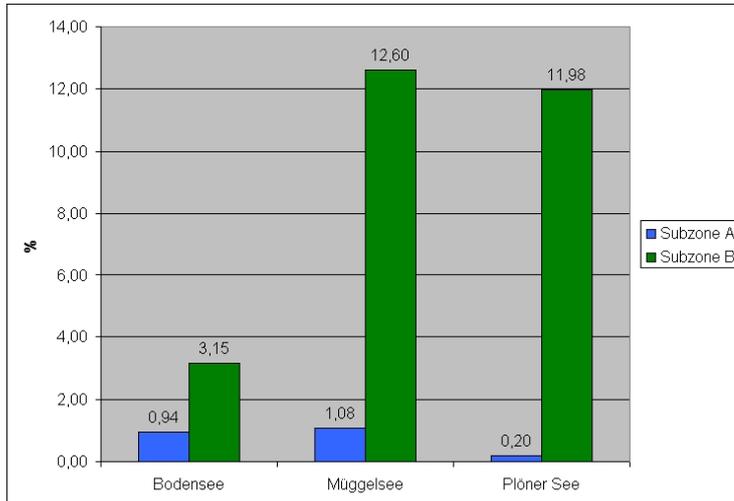
Die durchschnittlichen Impactwerte wurden bereits bei den Einzelergebnissen genannt. Abbildung 11 zeigt eine Gegenüberstellung dieser Ergebnisse. Wie zu erkennen, nimmt der Gesamt-Impact bei allen Seen von der Subzone A zur Subzone C deutlich zu. Die einzelnen Zonen verhalten sich seespezifisch allerdings unterschiedlich: Während der Impact-Wert für die Subzone C im landwärtigen Bereich am größten ist dies bei der Wasserwechselzone für den Müggelsee (Bundeswasserstraße!) der Fall. Der Plöner See nimmt bei beiden Vergleichen diesbezüglich die Mittelposition ein.

Bei Beobachtung der absoluten Werte fällt auf, dass sich die Werte der Wasserwechselzone und des Sublitorals bei allen Seen in einem niedrigen Bereich bewegen, der auf der Impact-Skala "Natürlich/"Naturnah" bis "Gering verändert" bedeutet.



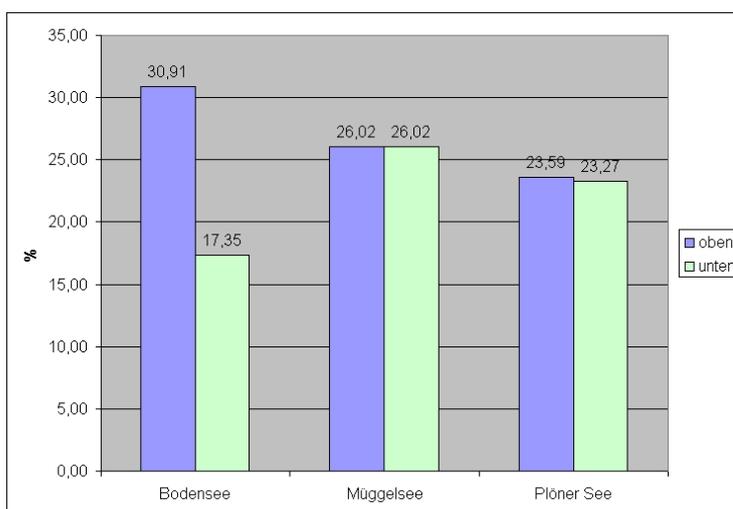
**Abbildung 11:** Durchschnittliche Impact-Werte der Subzonen der Erprobungsgewässer

Abbildung 12 zeigt den Anteil der strömungsbeeinträchtigten Flächen für das Sublitoral und den Wasserwechselbereich. Dabei fallen zwei Dinge ins Auge: Zum einen die deutlich geringeren Flächenanteile beim Bodensee, zum anderen die Unterschiede zwischen der Wasserwechselzone und dem Sublitoral bei allen drei Seen. Die Ursache liegt offensichtlich in der fehlenden Regulierung und der damit verbundenen Größe der Wasserwechselzone, bei der selbst flächenhafte Objekte wenig ins Gewicht fallen.



**Abbildung 12:** Anteil der strömungsbeeinträchtigten Flächen pro Subzone

In Abbildung 13 sind die relativen Uferverbauungen entlang der beiden Referenzuferlinien für die Wasserwechselzone dargestellt. Auch hier unterscheidet sich der Bodensee durch die divergierende Verbauung an beiden Höhenlinien von den anderen beiden Seen, bei denen der Verbauungsanteil nahezu identisch ist. Ursache ist offensichtlich auch hier die fehlende Regulierung.



**Abbildung 13:** Anteil der Uferverbauung (Länge) pro Referenzlinie

In den Abbildungen 14 bis 16 sind die häufigsten Objektklassen des Objektkataloges pro Subzone dargestellt. Während in der Subzone C (Abbildung 14) beim Müggelsee ganz deutlich die Wälder und Forste dominieren, kommen beim Bodensee z.B. mit den Intensivwiesen- und -weiden weitere recht häufige Klassen hinzu. Beim Plöner See hingegen dominiert das extensive Grünland.

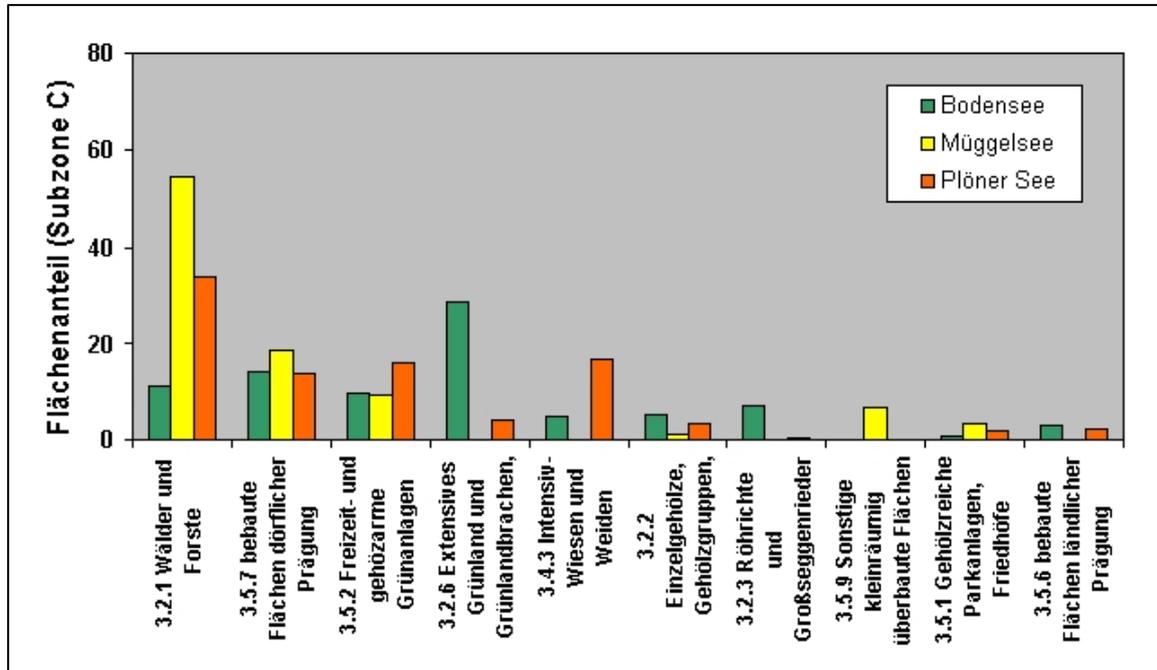


Abbildung 14: Objekthäufigkeiten im Landwärtigen Bereich

In der Wasserwechselzone (Abbildung 15) ist die Verteilung mehrerer Objektklassen etwas gleichmäßiger als in der Subzone C. Für den Plöner See und den Bodensee herrschen hier Submersenvegetation bzw. vegetationsfreie Flächen vor, wobei beim Bodensee noch Röhrichte hinzutreten. Für den Müggelsee treten in nahezu gleichen Anteilen Submersenvegetation, Röhrichte und Strand- bzw. Ufervegetation hervor.

Im Sublitoral (Abbildung 16) dominiert in allen drei Seen die Submersenvegetation.

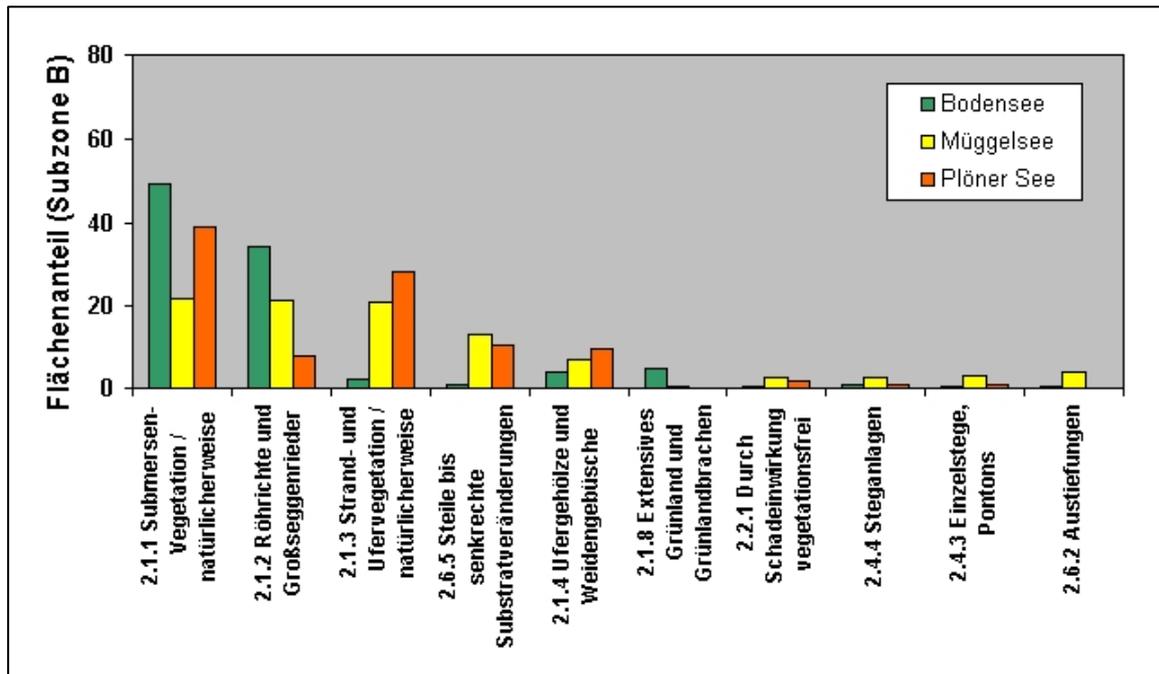


Abbildung 15: Objekthäufigkeiten im Wasserwechselbereich

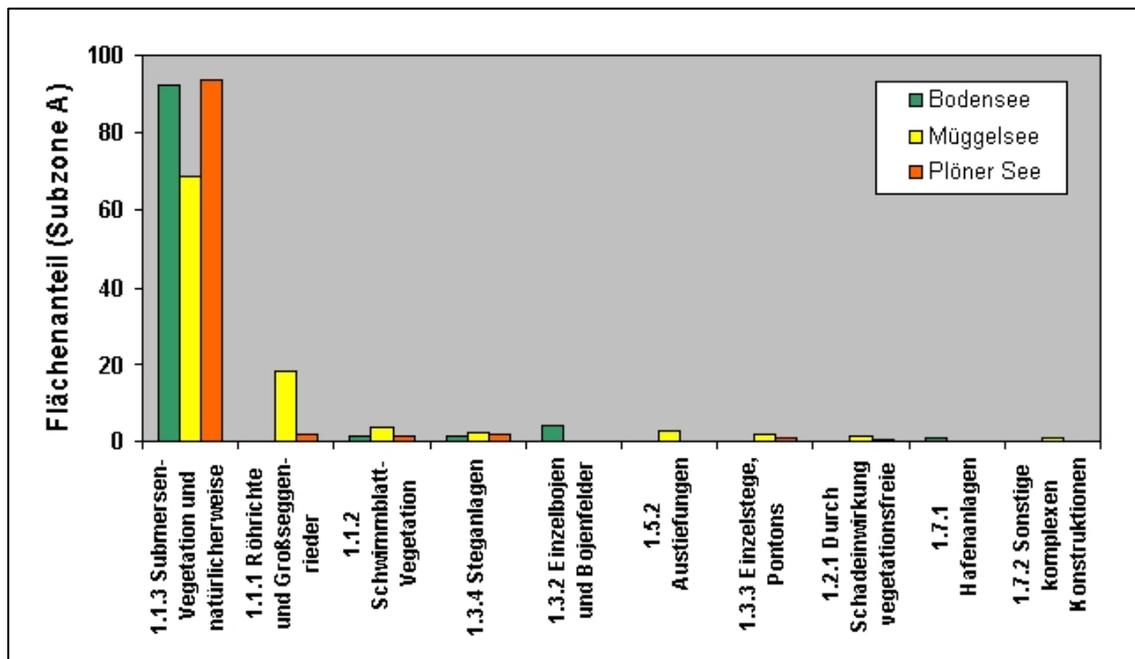


Abbildung 16: Objekthäufigkeiten im Sublitoral

Die Abbildungen 17 bis 19 zeigen Impactkorrelationen zwischen den Subzonen der drei Seen an, also den Grad mit der der Impact der einen mit der anderen Zone ansteigt oder fällt. Die Steigung ist, wie bereits Abbildung 11 vermuten lässt beim Bodensee am größten. Mit Ausnahme der Korrelation der Subzone A am Plöner See mit den anderen Zonen sind alle Beziehungen auf 0,01Niveau signifikant.

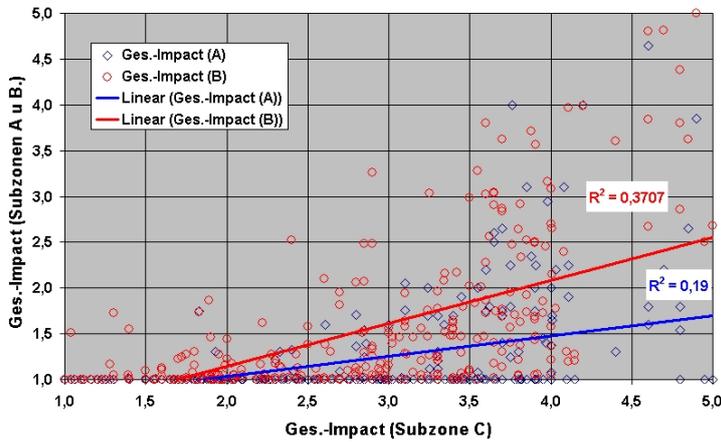


Abbildung 17: Impactkorrelationen der Subzonen am Bodensee

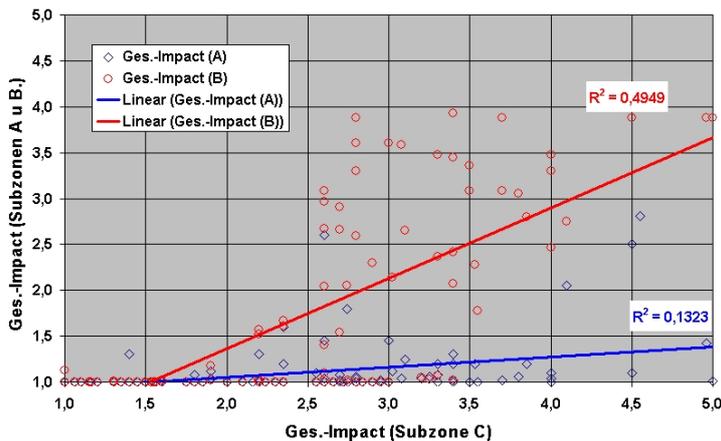


Abbildung 18: Impactkorrelationen der Subzonen am Großen Plöner See

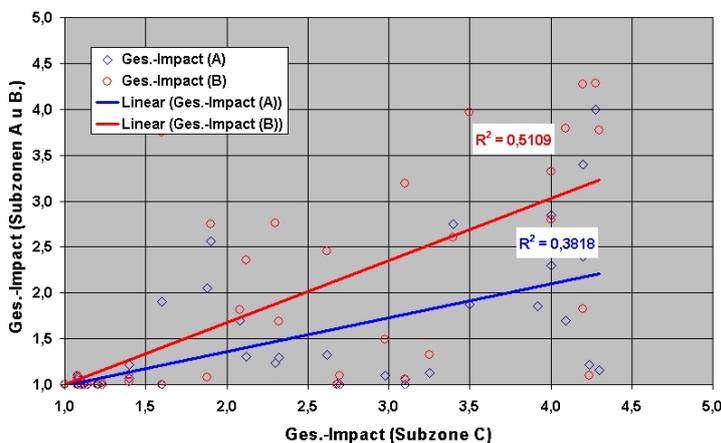


Abbildung 19: Impactkorrelationen der Subzonen am Großen Müggelsee

## 4 Diskussion

### 4.1 Methodische Aspekte

#### 4.1.1 Erreichbarkeit der Ziele

In Kapitel 1 wurden die Leitlinien, unter denen das Verfahren entwickelt wurde, benannt. Hierzu zählen in erster Linie Objektivität und Reproduzierbarkeit sowie Einfachheit und Anwendbarkeit des Verfahrens. Auch wenn sich subjektive (und unumkehrbare) Entscheidungen naturgegeben bereits bei einer Aggregation von realen Objekten zu Objektklassen des Objektkataloges wiederfinden und sie auch bei Flächenschätzungen nicht ganz auszuschließen sind, wurden die grundsätzlichen Ziele dennoch umgesetzt:

- Die Segmentierung der Uferzone erfolgt nach definierten Regeln, die es jedem Bearbeiter erlaubt zu einem reproduzierbaren Ergebnis zu gelangen.
- Die Daten werden in einem festen Raumbezug erhoben. Sie können daher jederzeit erneut erhoben oder von anderen Bearbeitern überprüft werden. Gleichermaßen sind Wiederholungskartierungen und insbesondere auch Simulationen möglich.
- Im Rahmen des Objektkataloges können Objektklassen zudem hinsichtlich Ihres Impactwertes revidiert werden, ohne dass hierfür eine neue Datengrundlage erhoben werden müsste.
- Das Verfahren selbst beschränkt sich auf wenige Kartierparameter und ist schnell und einfach durchführbar.
- Die Berechnung des Gesamt-Impacts ist einfach und transparent, die "Stellschrauben" sind offensichtlich, das Ergebnis vorhersagbar.

#### 4.1.2 Datengrundlagen

Die Qualität der verfügbaren Datengrundlagen ist ein wesentliches Kriterium für den Erfolg des Verfahrens bzw. die Aussagekraft der erhobenen Daten. Zwar lassen sich die Kartierungen auch mit weniger guten Luftbildern durchführen, doch steigt hiermit auch Fehleranfälligkeit. Insbesondere bei der Identifikation linearer Objekte, wie Spundwänden oder senkrechten Ufermauern, können die Ergebnisse durch schlechte Datengrundlagen verfälscht werden. Im Idealfall sollte das Verfahren mit Orthophotos in Farbe und einer Bodenauflösung von 25 cm/Pixel durchgeführt werden, mindestens jedoch mit schwarz-weiß Aufnahmen mit 50 cm/Pixel.

#### 4.1.3 Identifizierbarkeit der Objekte und Aggregation zu den Objektklassen

Die sichere Identifizierbarkeit einer Objektklasse ist ein wichtiger Verfahrensschritt, damit unterschiedliche Bearbeiter zu den gleichen Ergebnissen gelangen können. Zweifelsfälle sollten so weit es geht von vornherein vermieden werden. Der Objektkatalog hat sich diesbezüglich insgesamt bewährt, wobei einzelne Objekte von Natur aus ggf. schwer zu unterscheiden sind, da sie fließend ineinander übergehen. Hierzu gehören beispielsweise Stege und Steganlagen, oder ländliche, dörfliche und städtische Besiedlung. Andere Objekte, wie Spuntwände oder Ufermauern, sind aufgrund ihrer geringen Ausdehnung nur auf guten Luftbildern überhaupt zu erkennen. Die Auswirkungen auf den Impact-Faktor hängen von der vorigen Bewertung der einzelnen Objekte ab. Der Unterschied zwischen zwi-

sehen ähnlichen Objekten ist in der Regel maximal 1. Der Gesamt-Fehler würde dementsprechend ebenfalls maximal einen Impact-Punkt betragen, und auch nur dann wenn das Objekt einen Flächenanteil von 100% besitzt oder mehrere Objekte verwechselt werden. Bei linearen Strukturen einer nur 5 m breiten Wasserwechselzone hingegen kann diese Fehler bis zu zwei Punkte und mehr betragen, etwa bei einer bewachsenen Schüttung, die 50% einer Wasserwechselzone einnimmt und als natürliche Struktur angesehen wird (oder umgekehrt). In diesem Falle sollten jedoch die geforderten kursorischen Geländebegehungen und auch die empfohlenen Schulungen der Kartierer diesem Fehler entgegenwirken. Um den Objektkatalog unabhängig hiervon zu verfeinern, wären Ringversuche wünschenswert.

#### **4.1.4 Impact-Dotierung**

Die Impact-Dotierung der Objektklassen wurde bisher nach eigener Einschätzung und ohne Zwischenstufen vorgenommen. Um eigene subjektive Erfahrungen zu relativieren, sollte diese Einschätzung abschließend durch einen möglichst breiten Kreis von Experten erneut durchgeführt werden, wobei auch Zwischenstufen bei der Bewertung einfließen können (z.B. 2,8 für Grünland und 3,2 für Ackerland). Neben einer Expertenübereinkunft besteht zudem ein ganz grundlegender Forschungsbedarf hinsichtlich der genauen Relation zwischen morphologischen Strukturen auf der einen Seite und ihren biologischen und ökologischen Auswirkungen auf der anderen.

#### **4.1.5 Aggregation der Ergebnisse**

Im Rahmen dieses Verfahrens werden nur die additiven Effekte betrachtet. Synergistische und antagonistische Effekte mehrerer Objektklassen werden bislang nicht betrachtet. Ein möglicher Ansatz dies zumindest in Teilen zu berücksichtigen wäre die Erfassung einer "Transektintegrität", also der unge störten Abfolge natürlicher Subsegmente. So könnte beispielsweise bei der Beurteilung der Schädigung einer Straße berücksichtigt werden, wie nah sie an der Wasserlinie entlang führt und somit den landwärtigen Bereich von der Wasserwechselzone abtrennt. Derartige Vorüberlegungen konnten bislang nicht im Verfahren berücksichtigt werden, es wäre aber wünschenswert, das Verfahren dahingehend zu erweitern.

#### **4.1.6 Zeitaufwand**

Hinsichtlich einer Kalkulation des Zeitaufwandes bei der Anwendung des Verfahrens sind die Segmentierung der Uferzone auf der einen und die Erfassung der Kartierparameter auf der anderen Seite zu unterscheiden, da die Segmentierung nur einmalig erfolgt und die ermittelten Bezugsflächen für eine mögliche Wiederholungskartierung somit bereits vorliegen.

Bei der Segmentierung selbst hängt der Zeitaufwand stark von der Qualität der zur Verfügung stehenden Unterlagen ab, insbesondere von der Höhengenaugigkeit. Je weniger Zweifelsfälle aufgrund schlechter Luftbildqualitäten und fragwürdiger Höhenangaben zu klären sind, desto schneller kann auch die Segmentierung an sich erfolgen. Bei einer guten Luftbildqualität und einer automatisierten Anwendung des Generalisierungs- und Lotierungsverfahrens wurde die Segmentierung bei den Testkartierungen in einer Zeit von durchschnittlich etwa sieben Minuten für einen Uferabschnitt (250m) durchgeführt, wobei der Referenzmaßstab zur Digitalisierung der Uferlinie und teilweise auch der Subzonen zwischen 1:500 und 1:1000 lag.

Der Zeitaufwand für die Erhebung der Kartierparameter hängt hingegen primär von der Heterogenität der jeweiligen Bezugsfläche ab, in der Summe also von derjenigen des Sees selbst. Während im Sublitoral etwa großflächige Submersenbestände durchaus im Minutentakt abgearbeitet werden können, kann der Zeitaufwand in der Wasserwechselzone oder im landwärtigen Bereich leicht das Zehnfache betragen.

Bei den Testkartierungen wurden die Kartierparameter für ein vollständiges Ufersegment, also drei Subsegmente, durchschnittlich in etwa 10 bis 15 Minuten erhoben.

Eine erste Richtgröße kann somit, unter Beachtung der hohen Variabilitätsmöglichkeit, bei etwa 20 Minuten für die Ersterfassung eines 250m-Uferabschnittes angenommen werden - insofern keine Geländebegehungen erforderlich werden.

#### **4.1.7 Schlussfolgerungen und Verbesserungsvorschläge**

Auch wenn es in der Natur eines Übersichtsverfahrens liegt, dass nicht alle lokalen Besonderheiten eines Sees im Detail berücksichtigt werden können, sind wir dennoch der Überzeugung, dass mit den ausgewählten Kartierparametern eine gute Annäherung gefunden wurde, um zu einer fundierten und objektiven Einschätzung der hydromorphologischen Belastungen der Seeuferzone gelangen zu können. Das Verfahren hat seine Vorteile in der Einfachheit. Es nutzt vorhandene Datengrundlagen aus und benötigt wenig technische und finanzielle Ressourcen, liefert zugleich jedoch eine Menge an Informationen, die aufgrund des definierten Raumbezugs der Erfassungsflächen mit zahlreichen anderen geografischen Daten verschnitten werden können. Somit lässt sich das Verfahren auch in zahlreichen anderen Bereichen jenseits der Grenzen des Gewässerschutzes einsetzen, beispielsweise in der Raumbeobachtung.

Dennoch befindet sich das Verfahren letztlich im Aufbau und kann an verschiedenen Stellen weiterentwickelt werden. Möglichkeiten hierzu sind insbesondere gegeben durch eine:

- Überarbeitung des Objektkataloges durch fachliche Diskussion der Experten sowie Ringversuchen
- Überarbeitung der Impact-Dotierung durch fachliche Diskussion der Experten
- Weiterführende Automatisierung des Segmentierungsverfahrens durch Entwicklung eines vom jeweiligen GI-System des Bearbeiters unabhängigen Softwaremoduls (Stand-Alone-Software)
- Berücksichtigung der Transektintegrität
- Berücksichtigung von "Zwangspunkten" nicht renaturierbarere Bereiche höherrangigen Guts für die Naturschutz- und Gewässerschutz-Planung

## **5 Anhang**

**Anhang I:** Kartieranleitung und Objektkatalog

**Anhang II:** Daten-CD