Indikation von Uferstrukturbelastungen durch Makrophyten und Makrozoobenthos an Seen in Brandenburg

Teil 1: Datenbestand und Datenprüfung

Wolfgang Ostendorp

*Limno*Analytics Am See 8 78465 Konstanz ostendorp@limno-analytics.de

Oliver Miler

AquaSciConsulting Petershauserstrasse 22 78467 Konstanz oliver.miler@web.de

Klaus van de Weyer

lanaplan GbR Lobbericher Str. 5 41334 Nettetal klaus.vdweyer@lanaplan.de

Jörg Ostendorp

Eco*DataDesign* Birkenstr. 50 45133 Essen joerg.ostendorp@posteo.de

Jürgen Böhmer

BIOFORUM GmbH Sudetenstr. 34 7320 Kirchheim/Teck juergen.boehmer@uni-hohenheim.de

Bericht der ARGE „Team Seeufer MMM“ für das Landesamt für Umwelt Brandenburg, Ref. W26

März 2025

Konstanzer Online-Publikations-System (KOPS)
DOI: https://doi.org/10.48787/kops/subolakes/352-2-1u1fp5x2lwyex8

Zitiervorschlag:

OSTENDORP, W., MILER, O., VAN DE WEYER, K., OSTENDORP, J., BÖHMER, J. (2023): Indikation von Uferstrukturbelastungen durch Makrophyten und Makrozoobenthos an Seen in Brandenburg. Teil 1: Datenbestand und Datenprüfung. Report für das SuBoLakes-Projekt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU, Projekt Projekt 35825/01), AP5: Korrelationen uferstruktureller Beeinträchtigung mit Metrics der WRRL-Qualitätskomponenten submerse Makrophyten und Makrozoobenthos. – Konstanz, 50 S. https://doi.org/10.48787/kops/subolakes/352-2-1u1fp5x2lwyex8.

Kurzzusammenfassung

Für das Forschungsvorhaben des LfU Brandenburg (Ref. W26) „Indikation von Uferstrukturbelastungen durch Makrophyten und Makrozoobenthos an Seen in Brandenburg“ stehen umfangreiche Datensätze zu den allgeneinen chemisch-physikalischen Parametern, zur Uferstrukturgüte, Makrophyten-Besiedlung und Makrozoobenthos-Besiedlung zur Verfügung. Die Datensätze wurden im Rahmen des zyklischen WRRL-Monitorings sowie der Erarbeitung von einzugsgebietsbezogenen Gewässerentwicklungskonzepten erhoben. Vor der Verwendung der Datensätze war eine detaillierte Bestandsaufnahme der verfügbaren Daten notwendig, weiterhin eine Prüfung auf Vollständigkeit und Konsistenz. Die Teilmenge an plausibilisierten Daten, die für das Forschungsvorhaben benötigt werden, wurde in einer MS Access-Datenbank zusammengestellt und für den Import in die ISWABE-Datenbank des LfU Brandenburg aufbereitet. Zur räumlichen Darstellung der Daten auf der Ebene von Uferabschnitten und Wasserkörpern dienten ESRI ArcMap- und QGIS-Projekte. Weiterhin wurden die zugehörigen textlichen Dokumente als PDF-Dateien geordnet und zusammengestellt. Die Urfassung der Ordnerstruktur und Dateien wird beim LfU Brandenburg, Ref. W26 verwahrt.

OSTENDORP, W., MILER, O., VAN DE WEYER, K., OSTENDORP, J., BÖHMER, J. (2023): Indication of shoreline structure alterations by macrophytes and macroinvertebrates in lakes in Brandenburg. Part 1: Data inventory and data quality check. Report for the SuBoLakes project funded by the Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU REef. No. 35825/01), AP5: Correlations of shoreline structural alterations with metrics of the WFD quality components submerged macrophytes and macroinvertebates. – Konstanz (Germany), 50 pp. https://doi.org/10.48787/kops/subolakes/352-2-1u1fp5x2lwyex8.

Abstract

For the research project "Indication of shore structure alterations by macrophytes and macroinvertebrates in lakes in Brandenburg", carried out by the Brandenburg State Office for the Environment (LfU Brandenburg, Ref. W26), extensive data sets on general chemical-physical parameters, littoral habitat structure, hydromorphological degradation, macrophyte colonisation and macroinvertebrate community structure are available. The data sets were collected as part of routine WFD monitoring and the development of river basin-related water development concepts. Before the datasets were used, a detailed inventory of the available data was necessary, as well as a check for completeness and consistency. The subset of plausibilised data required for the research project was compiled in an MS Access database and prepared for import into the ISWABE database of the LfU Brandenburg. ESRI ArcMap and QGIS projects were used for the spatial visualisation of the data at the level of bank sections and water bodies. Furthermore, the associated textual documents were organised and compiled as PDF files. The original version of the folder structure and files is kept at the LfU Brandenburg, Ref. W26.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1
2 Methoden 4
2.1 Gebietskulisse und sachlicher Rahmen 4
2.2 Datenbestand und Datenquellen 4
2.3 Vorgehensweise 4
2.3.1 Validierung der Identifikation und Abgrenzung hydromorphologisch bearbeiteter Seen und Flussseen 4
2.3.2 Fachübergreifende Prüfung der Daten 6
2.3.3 Fachliche Prüfung der ACP-Daten 6
2.3.4 Fachliche Prüfung der hydromorphologischen-Daten 6
2.3.5 Fachliche Prüfung der Makrophyten-Daten und zugehörigen abiotischen Parameter 7
2.3.6 Fachliche Prüfung der Makrozoobenthos-Daten und zugehörigen Umweltparameter 7
2.3.7 Aufbereitung und Zusammenführung der Daten 8
3 Ergebnisse 8
3.1 Quellen 8
3.1.1 Verwahrorte 8
3.1.2 Datenbestände des Ref. W26 (LfU BBG) 8
3.1.3 Datenbestände des Ref. W14 (LfU BBG) 10
3.1.4 Sonstige Datenbestände 11
3.1.4.1 Hydromorphologie/Uferstruktur 11
3.1.4.2 Makrozoobenthos 12
3.1.4.3 Makrophyten und ACP 13
3.2 Abgrenzung und Identifikation der Seen und Flussseen 13
3.3 Ergebnisse der fachlichen Prüfung der Daten 13
3.3.1 ACP-Daten 13
3.3.2 Hydromorphologische Daten (Uferstruktur) 18
3.3.2.1 Methodenvergleich 18
3.3.2.2 Beschreibung der übergebenen Daten 18
3.3.2.3 Prüfung der Daten und Prüfergebnisse 20
3.3.3 Makrophyten-Daten und ergänzende Strukturdaten 22
3.3.3.1 Beschreibung der Daten 22
3.3.3.2 Prüfung der Daten und Prüfergebnisse 23
3.3.3.3 Prüfung der Transekt und Abschnittsdaten 24
3.3.4 Makrozoobenthos-Daten und der begleitenden Umweltdaten 25
3.3.4.1 Beschreibung der Daten: 25
3.3.4.2 Prüfung der Daten/Prüfergebnis: 28

3.4 Aufbereitung, Zusammenführung und Übergabe der geprüften Daten 28
3.5 Bestandsaufnahme potenziell zu bearbeitender Seen und Nachkartierungen 31
3.5.1 Bestandsaufnahme 31
3.5.2 Nachzukartierende Seen 33
4 Repräsentation der Einflüsse durch die Schifffahrt im Datensatz 33
4.1 Fragestellung, Methodik, Datenbasis 33
4.2 Ergebnisse 33
5 Literaturverzeichnis 36
6 Technischer Anhang 40
6.1 Hinweis zum übergebenen Datenträger 40
6.2 Ordner: Dateneingänge des Ref W26 41
6.3 Ordner: Dateneingänge des Ref W14 41
6.4 Ordner: Dateneingang Boehmer MZB 42
6.5 Ordner: Datenzusammenstellung DB 42
6.5.1 Tabellen und Abfragen 43
6.5.1.1 Gruppe: Seen Stammdaten 43
6.5.1.2 Gruppe: MPH 43
6.5.1.3 Gruppe: MZB 43
6.5.1.4 Gruppe: HYMO 44
6.5.1.5 Gruppe: ACP 44
6.5.1.6 Gruppe: Sonstige 44
6.5.2 Feldbeschreibungen 45
6.6 Ordner: Datenzusammenstellung GEK-Dateien 47
6.7 Ordner: Datenzusammenstellung GIS 47
6.7.1.1 Layer und Shape Dateien 48
6.7.1.2 Hinweis zu den Seen-Fotos der Gewässerentwicklungskonzepte (GEK) 49
6.8 Ordner: Datenaustausch ISWABE 49

1 Einleitung

Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL 2000) erwartet von den Mitgliedsstaaten einen flächendeckenden guten oder sehr guten ökologischen Zustand ihrer natürlichen Oberflächengewässer, mithin auch ihrer Seen (EG-WRRL 2000; Europäische Kommission 2000). Der ökologische Zustand der Seen wird anhand von Qualitätskomponenten beschrieben, zu denen neben den unterstützenden physikalisch-chemischen und hydromorphologischen v. a. die biologischen Qualitätskomponenten Phytoplankton, Makrophyten und Phytobenthos, benthische Wirbellosenfauna und Fische zählen (EU Kommission 2003). Die Klassifikation des ökologischen Zustands wird vor dem Hintergrund des „sehr guten" ökologischen Zustands vorgenommen, der als Referenz für die vom Menschen (nahezu) unbeeinflussten Bedingungen dient. Je weiter sich die tatsächlichen Bedingungen in einem See von den Referenzbedingungen entfernen, desto schlechter ist der ökologische Zustand einzuschätzen. Die Klassifikation ist fünfstufig (sehr gut, gut, mäßig, unbefriedigend, schlecht) und wird numerisch mit Hilfe von Verhältniszahlen (Metrics) vorgenommen, wobei die am schlechtesten bewertete ökologische Qualitätskomponente den Ausschlag gibt (*One out – All out*, OOAO-Prinzip).

Wenn nach diesen Vorgaben ein natürlicher See in Deutschland den guten ökologischen Zustand verfehlt, sind die zuständigen Behörden der Bundesländer gefordert, im Rahmen von Bewirtschaftungsplänen geeignete Maßnahmen zu formulieren – und schließlich auch umzusetzen –, die geeignet sind, den „guten" Zustand (wieder-)herzustellen. Mit diesem langwierigen Prozess, der sich aktuell bereits im dritten Bewirtschaftungszyklus (2022-2027) befindet, sind erhebliche Kosten und Aufwendungen für die Meinungsbildung in der interessierten Öffentlichkeit und für wasserrechtliche Entscheidungen verbunden. Umso wichtiger sind profunde Erkenntnisse, *welche* Maßnahmen umgesetzt werden müssen, um *welche* Qualitätskomponente günstig zu beeinflussen, so dass schließlich unter Berücksichtigung des OOAO-Prinzips *welche* Metrics-Zahlenwerte zu erreichen sind, die eine Einstufung des betrachteten Sees in den „guten" ökologischen Zustands rechtfertigen.

Im Falle der Seen in Deutschland ist die Nährstoffbelastung mit Stickstoff- und Phosphorverbindungen aus kommunalen Abwässern und düngemittelbelasteten landwirtschaftlichen Nutzflächen das vordringlichste Problem. Zur Indizierung der Belastung und des daraus resultierenden trophischen Zustands dienen bestimmte physikalisch-chemische Qualitätskomponenten (Phosphor- und Stickstoffverbindungen, Trübung bzw. Transparenz der Wassersäule u. a.) sowie biotische Qualitätskomponenten wie Phytoplankton, Makrophyten und das Phytobenthos. Aber auch das profundale und sublitorale Makrozoobenthos und die Fischfauna reagieren indirekt auf Nährstoffbelastungen (Bazzanti et al. 2012; Pilotto et al. 2012; Poikane et al. 2017; Ntislidou et al. 2018), während das eulitorale Makrozoobenthos stark auf hydromorphologische Änderungen reagiert (Brauns et al. 2007; Porst et al. 2019; Miler et al. 2022). Allerdings ist die Spezifität der genannten Qualitätskomponenten gegenüber trophischen und sonstigen Belastungen sehr unterschiedlich (Bazzanti et al. 2012; Lyche-Solheim et al. 2013; Poikane et al. 2020). Hinzu kommen – neben methodisch bedingten Fehlern – regelmäßige saisonale und unregelmäßige interannuelle Schwankungen sowie zufällige natürliche Störungen[1] auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen, die in ihrer Summe für eine beträchtliche Streuungsbreite der indikativen Kenngrößen (Metrics) sorgen. Die Vertrauensintervalle setzen sich fort in Richtung behördlicher Entscheidungen über den ökologischen Zustand eines Gewässers i. S. d. WRRL-Berichtspflicht. Das bedeutet, dass die Zuweisung zu einer bestimmten ökologischen Zustandsklasse nur mit einer gewissen Irrtumswahrscheinlichkeit angenommen werden darf. Entsprechend sind auch die Notwendigkeit und die Erfolgsaussichten von Maßnahmen und der Einsatz von Geldmitteln und anderen Aufwendungen mit Unsicherheiten behaftet.

Die biotischen Qualitätskomponenten für Seen und die daraus resultierenden Metrics werden keineswegs nur durch das seit langem bekannte und intensiv erforschte Problem der Nährstoffbelastung beeinflusst (Penning

[1] z. B. Beweidung durch Wasservögel, Windbruch von Uferbäumen, extreme Starkwindereignisse, extreme Hochwasserereignisse und Niedrigwasserstände

et al. 2008; Bazzanti et al. 2012; Carvalho et al. 2013), sondern auch von andersartigen anthropogenen Eingriffen, die z. B. mit der Qualitätskomponente „Hydromorphologie“ beschrieben werden. Im Kern handelt es sich um Merkmale der Uferstruktur, der Beckenmorphologie, des Wasserhaushalts und des limnophysikalischen Verhaltens des Wasservolumens (Ostendorp 2014, Ostendorp & Ostendorp 2014). Allerdings stellen die hydromorphologischen Merkmale nach dem Gedanken der EG-WRRL keine vollwertige Qualitätskomponente dar, die als solche für die ökologische Zustandsbewertung herangezogen werden dürfte. Sie spielen nur „*in Unterstützung der biologischen Komponenten*“ eine Rolle (EG-WRRL, Anhang V, Ziff. 1.1.3), nämlich für die Identifikation und Beschreibung des Referenzzustands („sehr guter ökologischer Zustand“), der auch einen „sehr guten“, d. h. durch menschliche Einflüsse weitgehend unveränderten hydromorphologischen Zustand beinhalten muss. Für alle anderen ökologischen Zustandsklassen wird lediglich gefordert, dass die jeweiligen hydromorphologischen Merkmale eines Sees der klassentypischen Ausprägung der biotischen Qualitätskomponenten nicht im Wege stehen.

Ob dies der Fall ist oder nicht, lässt sich vernünftigerweise erst entscheiden, wenn die Auswirkungen auf die jeweiligen biotischen Qualitätskomponenten nach Art und Effektgröße hinreichend bekannt sind. Dies ist jedoch auch heute noch nicht durchgehend der Fall, obschon sich in der Fachliteratur die Belege häufen, dass Uferstrukturen, Beckenform, limnophysikalisches Verhalten des Wasservolumens zumindest indirekte Einflüsse auf die genannten Organismengruppen haben (Tolonen et al. 2001; Zenker & Baier 2009; Timm & Möls 2012), und dass anthropogene Veränderungen der hydromorphologischen Zustandsgrößen mit einer Veränderung der Abundanz und der taxonomischen Zusammensetzung beantwortet werden (Brauns et al. 2007; McGoff et al. 2013; Miler et al. 2013). Für das Phytoplankton, das Phytobenthos und die Makrophyten wurde eine relevante Abhängigkeit von hydromorphologischen Zustandsgrößen natürlicher Seen nur vereinzelt in Betracht gezogen (für Makrophyten: van de Weyer 2015, van de Weyer et al. 2019). Diese Qualitätskomponenten gelten als gesicherte Indikatoren für stoffliche Belastungen, v. a. der Nährstoffbelastungen. Ihre Metrics sind ausschlaggebend für die Klassifikation des ökologischen Zustands i. S. der WRRL, womit die Klassifikation im Wesentlichen die *trophische* Belastung widerspiegelt.

Es bleibt das Makrozoobenthos, das in Fließgewässern bekanntermaßen sehr sensitiv auf Substrat- und Struktureigenschaften der Gewässersohle reagiert (Verdonschot, 2009; Gieswein et al., 2019). So lag der Gedanke nahe, das litorale Makrozoobenthos der Seen als bewertende Qualitätskomponente für *uferstrukturelle* Belastungen zu nutzen, um auf diese Weise die biologischen Folgen der deutlich sichtbaren Eingriffe in die Uferzone bewerten und in die Klassifikation des ökologischen Zustands einfließen lassen zu können. Viele Untersuchungen (Brauns et al. 2007; Miler et al. 2013; Poikane et al. 2016; Kemp & Sandin 2021; Mavromati et al. 2021) bestätigen diesen Ansatz – zumindest für den Nahbereich der jeweiligen Habitate und Probenahmestellen. Andererseits wurden in dem Bemühen, die Makrozoobenthos-Metrics zu einem biotischen Bewertungssystem für strukturelle Veränderungen auszubauen, die Effekte stofflicher Belastungen oft zu wenig beachtet. Wie sich die Belastungsformen relativ zueinander auf das Makrozoobenthos auswirken, ist immer noch Gegenstand aktueller Forschungen. Gerade die Auswirkungen multipler Stressoren stehen verstärkt im Fokus der angewandten Forschung (MARS Projekt: Hering et al. 2015; Birk et al. 2020; vgl. auch Miler 2022; Jurca et al. 2021; Miler & Brauns 2020; Jurca et al. 2012).

Um die gleichzeitig wirkenden Effekte uferstruktureller Veränderungen *und* trophischer Belastungen vergleichend analysieren zu können, bedarf es umfangreicher Monitoring-Datensätze, die sowohl die chemisch-physikalischen Parameter der WRRL und detaillierte Uferstrukturerfassungen als auch Makrophyten- und Makrozoobenthos-Erhebungen beinhalten.

Ein solcher Datensatz liegt – in bis dahin noch nicht aufbereiteter Form – aus Brandenburg vor. Hier haben die Fachbehörden des Landes haben zwischen 2008 und Ende 2015 insgesamt 60 prioritäre Gewässerentwicklungskonzepte (GEKs[2]) erarbeitet. Die GEKs sollen in erster Linie alle notwendigen Maßnahmen darstellen,

[2] vgl. https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/umwelt/wasser/gewaesserschutz-und-entwicklung/europaeische-wasserrahmenrichtlinie-im-ueberblick/gewaesserentwicklungskonzepte/; ein Teil-GEK „Oberer Spreewald“ (ohne Maßnahmenplanungen u.a.) wurde noch bis 2021 erarbeitet, lief aber nicht mehr unter dem Namen „GEK“, da auch noch 14 weitere ursprünglich geplante GEKs nicht mehr erarbeitet werden konnten (frdl. Mitt. R. Köhler).

die für ein Erreichen der WRRL-Ziele aus hydromorphologischer und hydrologischer Sicht sowie im Hinblick auf die Gewässerunterhaltung erforderlich sind. In einigen der seenreichen GEK-Gebiete wurden auch flächendeckende Seeuferstrukturkartierungen durchgeführt, die nicht nur WRRL-berichtspflichtige Seewasserkörper ($A_O \geq 0{,}5$ km^2), sondern auch kleinere Seen beinhalten. Parallel dazu, aber außerhalb der GEK-Bearbeitungen, wurde ab 2005 ein zyklisches Monitoring der chemisch-physikalischen Parameter (ACP) und der Makrophyten (MPH) durchgeführt. Auch dieses Messprogramm erstreckte sich auf alle WRRL-berichtpflichtigen Seen und auf eine Auswahl kleinerer Seen. Zusätzlich wurden an zahlreichen WRRL-berichtspflichtigen Seen Makrozoobenthos-Beprobungen durchgeführt.

Aus der Schnittmenge der Seen, für die Daten mehrerer Parametergruppen vorliegen, ergibt sich ein konsistenter Datensatz, der weitgehende Analysen der Effekte der hydromorphologischen und der trophischen Bedingungen auf die Qualitätskomponenten Makrophyten und Makrozoobenthos erlaubt. Neben vielen partiellen Fragestellungen arbeiten wir mit multivariaten Methoden folgenden Relationen heraus:

MZB = f (ACP, HYMO, SED, REL, MPH)

MPH = f (ACP, HYMO, SED, REL)

mit: MZB – Makrozoobenthos-Biozönosenstruktur und -Metrics, MPH – Makrophyten-Struktur und Makrophyten-Index Brandenburg (MIB), ACP – allg. chemisch-physikalische Parameter einschl. des trophischen Index (TI), HYMO – Uferstruktur-Elemente und HMS-Klassifikationsindex, SED – kleinräumige Struktur- und Sedimentmerkmale im Umfeld der Probenahmeposition, REL – Expositions- und Reliefmerkmale.

Dabei geht es zum Ersten um die Entwicklung eines Modells, in dem sich nach Parameterreduktion nur die relevanten Prädiktoren (X's) wiederfinden und dabei einen möglichst hohen Anteil der MZB- bzw. der MPH-Variabilität erklären. Wir gehen davon aus, dass MPH im Wesentlichen durch chemische, physikalische und biologische Faktoren (Hilt et al. 2022) erklärt wird, während das eulitorale MZB in hohem Maße von HYMO abhängt (Brauns et al. 2007; Porst et al. 2019; Miler & Brauns 2020). Zum Zweiten geht es auch darum darzustellen, mit welchen Vertrauensintervallen von einem bestimmten MPH- bzw. MZB-Metric-Wert auf den Grad der trophischen Belastung (TI-Index) bzw. den Grad der anthropogenen hydromorphologischen Veränderungen (HYMO) geschlossen werden kann. Wir rechnen damit, dass die Prognose von TI aus MPH-Werten engere Vertrauensgrenzen aufweist als die Prognose von HYMO aus MPH, während es beim MZB genau umgekehrt sein sollte.

Diese postulierten Relationen sind in praktischer Hinsicht Voraussetzungen dafür, dass die durch MPH und MZB zu erfolgende Bewertung des ökologischen Zustands durch Maßnahmen zur Verringerung trophischer und uferstruktureller Belastungen zielgerichtet verbessert werden kann. Durch Verwendung beider Qualitätskomponenten bzw. der abgeleiteten Metrics ergeben sich somit Anhaltspunkte für die effiziente wasserwirtschaftliche Ressourcenlenkung zwecks Minderung der trophischen oder der uferstrukturellen Belastungen.

Die diesem Vorhaben zu Grunde liegenden Dokumente, Dateien und sonstigen Informationen wurden bisher noch nicht in einer Synopsis zusammengestellt. Gleiches gilt für die Publikationen, in denen jeweils verschiedene Teilaspekte (HYMO, MPH oder MZB) ausgewertet worden sind. Eine weitestgehend vollständige Übersicht ist aber die Voraussetzung, um die vorhandenen Datensätze landesweit auswerten und den zuständigen Behörden für weitere großräumige Maßnahmenprogramme und Planungen zur Verfügung stellen zu können.

Die Beschaffung, Sichtung, Prüfung und schließlich die nutzerfreundliche Zusammenstellung der vorliegenden Informationen stellen den ersten Schritt dieses Vorhabens dar. Dabei werden nur Informationen berücksichtigt, die direkt auf die hydromorphologischen Bedingungen, die Makrophyten- bzw. die litorale Makrozoobenthos-Besiedlung im Zusammenhang mit der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL 2000) verweisen

Die in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse sind Teil des Vorhabens „Indikation von Uferstrukturbelastungen durch Makrophyten und Makrozoobenthos an Seen in Brandenburg und Berlin“ (Kennz. VB-22-003, hier: Teilleistungen 2a bis 2e, 3.1a und 3.2a u. 3.2b).

2 Methoden

2.1 Gebietskulisse und sachlicher Rahmen

Gebietskulisse sind die Seen und Flussseen in Brandenburg sowie einige grenzüberschreitende Seen bzw. Flussseen im Grenzgebiet zum Land Berlin. Hinzu kommen zwei hydromorphologisch untersuchte Seen, die in Mecklenburg-Vorpommern liegen (Kleiner und Großer Mechowsee).

Für die Datenzusammenstellung in diesem Projekt finden nur diejenigen Seen und Flussseen Berücksichtigung, an denen vor dem Hintergrund und mit der Methodik des WRRL-Monitorings mindestens eine der folgenden Qualitätskomponenten erfasst wurde:

- allgemeine chemische und physikalische Komponenten (ACP – ausgewählte Bewertungsparameter)
- hydromorphologische Komponenten (HYMO), insbesondere Uferstrukturgüte
- Makrophyten (MPH)
- Makrozoobenthos (MZB)

Es handelt sich dabei um

(i) 198 WRRL-berichtspflichtige Seen und Flussseen ($A_O \geq 0{,}5$ km^2),
(ii) 110 Stillgewässer des brandenburgischen „Kleinseen-Monitorings“ des LfU BBG (Ref. W14) sowie um
(iii) 71 weitere kleinere Stillgewässer, die aus unterschiedlichen Gründen untersucht wurden.

Für die Analyse der Beziehung zwischen Uferstruktur, Makrophyten, Makrozoobenthos und trophischen Parametern werden darüber hinaus nur solche Seen und Flussseen berücksichtigt, bei denen mindestens zwei der oben aufgeführten Qualitätskomponenten verfügbar sind, wobei eine von ihnen MZB oder MPH sein muss (insgesamt 301 Stillgewässer).

2.2 Datenbestand und Datenquellen

Um den Datenbestand der relevanten Stillgewässer möglichst vollständig zu erfassen, wurden neben den Beständen der Referate W14 und W26 des LfU BBG auch die verfügbaren Bestände der Bearbeiter im „Team Seeufer MMM“ abgefragt, insbesondere zum Makrozoobenthos. Teilweise wurden auch die Büros direkt kontaktiert, die die o. g. Komponenten seinerzeit bearbeitet hatten.

Im Fokus der Datenzusammentragung standen die Informationen, die im Zuge des zyklischen Monitorings seit etwa 2005 systematisch und mit abgestimmten Methoden erhoben wurden. Ältere Informationen, insbesondere zu Makrophyten und Makrozoobenthos wurden nicht systematisch recherchiert.

2.3 Vorgehensweise

2.3.1 Validierung der Identifikation und Abgrenzung hydromorphologisch bearbeiteter Seen und Flussseen

Seen und Flussseen können hinsichtlich ihrer Identität als separates Gewässer, ihrer Benamung und der Oberflächengeometrie von unterschiedlichen Bearbeitern unterschiedlich gefasst werden. In Brandenburg werden die gültigen Seegeometrien und Fachinformationen in Form der sog. Seen25-Datei (.shp bzw WMS) von der

Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB) bereitgestellt[3]. Fachlicher Ansprechpartner ist das Referat W12 im LfU. Die Aktualisierung erfolgt kontinuierlich.

Aufgrund der Anwendung des HMS-Detailverfahrens (Ostendorp & Ostendorp 2014), das die Bewertung des hydromorphologischen Zustands vor dem Hintergrund des natürlichen, nicht durch wasserbauliche Maßnahmen wie Aufschüttungen oder Abgrabungen veränderten Uferlinienverlaufs vorsieht, weichen die in den GEK verwendeten See-Geometrien zumeist von jenen aus der Datei seen25.shp ab. Dies betrifft vornehmlich den Verlauf der Uferlinie, in Einzelfällen jedoch auch die Frage, wie ein See bzw. Seebecken unter hydromorphologischen Gesichtspunkten bewertet und gegenüber anderen abgegrenzt werden sollte, letztlich also auch die Anzahl an Seen. Diese Veränderungen wurden bei der Erstellung der jeweiligen Gewässerentwicklungskonzepte von den Bearbeitern der hydromorphologischen Komponenten vorgenommen und mit dem Auftraggeber abgestimmt.

Die genannten Abweichungen spielen hinsichtlich der Analyse der Beziehung zwischen Uferstruktur, Makrophyten, Makrozoobenthos und trophischen Parametern für den aktuellen Datensatz keine Rolle, besitzen jedoch eine Relevanz bei der Zusammenstellung der hydromorphologischen Daten an sich, da diese sich stets auf die – ggf. veränderten – Seegeometrien beziehen.

Um neben der LfU-Abgrenzung eine Identifizierung der Seen bzw. Flussseen auch entsprechend den tatsächlichen hydromorphologischen Verhältnissen zu gewährleisten, wurde für dieses Projekt der zusätzliche GEK-übergreifende Identifikator *HMS_ID* eingeführt. Dieser kennzeichnet einen See bzw. Flusssee unter hydromorphologischen Gesichtspunkten des HMS-Verfahrens eindeutig. Dabei wurde nach den folgenden Regeln vorgegangen:

1. Grundsätzlich ist der *HMS_ID* identisch mit dem Feld *JP_ID* der Datei seen25.shp (Erläuterungen dazu: doku_seen25_20211105.pdf), jedoch ergänzt um ein Suffix „_*z*“ (*z* = Zahl).
2. Für Seen die unverändert übernommen wurden ist dieses Suffix „_0“.
3. Für Seen, die aus hydromorphologischen Gründen in zwei oder mehr Seen <u>aufgeteilt</u> wurden, entspricht das Suffix *z* einer fortlaufenden Zählung der Seen angefangen von der Vorflut stromaufwärts beginnend mit 1.
4. Für zwei vormals getrennt geführte Seen, die im Rahmen der hydromorphologischen Bearbeitung zu einem See <u>verschmolzen</u> wurden, wurde jeweils die *JP_ID* des größeren Sees beibehalten bzw. übernommen jedoch mit dem Suffix „_*x*“ ergänzt (x = Buchstabe „x“).

In den Fällen 3 und 4 führt eine Neufassung zwangsläufig auch zu geänderten Oberflächengeometrien sowie zu einer Neufassung der hydromorphologischen Merkmale (Uferlänge, Maximaltiefe usw.). Dies kann auch Einfluss auf eventuelle Berichtspflichten mit sich bringen:

a. Eine Aufteilung kann dazu führen, dass keiner oder nicht alle der neu definierten Seen die Schwelle von A_O = 0,50 km^2 erreichen, womit eine WRRL-Berichtspflicht entfällt. In diesem Fall wurde weiterhin von der Berichtspflicht des größten der neu definierten Seen ausgegangen unabhängig von seiner tatsächlichen Fläche (Beispiel: Abgrenzung des durch Abgrabung entstandenen Torfsee Hoppegarten vom Maxsee (GEK SpU2_Löcknitz; Planungsteam GEK 2015 (2013)).
b. Eine Verschmelzung kann dazu führen, dass erst der neu definierte See die Schwelle von A_O = 0,50 km^2 überschreitet und damit WRRL-berichtspflichtig wird. Nach aktuellem Stand ist dieser Fall noch nicht aufgetreten, da immer mindestens einer der aggregierten Seen bereits vorher berichtspflichtig war (Beispiel: Twernsee (GEK Rhi-Rhin1,2; Planungsteam GEK 2015 (2012)).

HMS_ID und *JP_ID* stehen somit in einer *n:m* Beziehung zueinander.

Gekennzeichnet wurden nur solche Seen, die auch tatsächlich hydromorphologisch bearbeitet wurden. Für die anderen ist keine Aussage zu treffen.

[3] https://geobroker.geobasis-bb.de/gbss.php?MODE=GetProductInformation&PRODUCTID=D9C4E283-00C3-42A2-9F1F-15BFD6A40B55

Alle Angaben zur Anzahl von Seen in diesem Bericht beziehen sich, soweit nicht ausdrücklich gekennzeichnet, auf die Fassung des LfU, also die *JP_ID*. Auch die kartografische Darstellung von Seen für das Makrozoobenthos, die Makrophyten und die allgemeinen chemischen und physikalischen Parameter verwendet die Geometrien der Datei seen25.shp. Für die Darstellung der hydromorphologisch bearbeiteten Subzonen und Subsegmente wurden hingegen die Geometrien der bearbeitenden Büros verwendet, die entsprechend den obigen Erläuterungen von den LfU-Geometrien abweichen können.

2.3.2 Fachübergreifende Prüfung der Daten

Die zu prüfenden Daten umfassten

1. alle durch das LfU verfügbar gemachten digitalen Dokumente, also PDF-Dateien (z. B. Erläuterungsberichte, Karten), Tabellenkalkulationsdateien (Excel), Datenbanken und Datenbankauszüge, Geodaten (z. B. mxd-Dateien, shp-Dateien), Bilddateien (z. B. Fotodokumentation, jpg-Dateien),
2. die internen digitalen Datenbestände der Bearbeiter (eigene GEK-, Makrophyten- und Makrozoobenthos-Bearbeitungen in Brandenburg).

Die fachübergreifende Prüfung dieser Daten erstreckte sich auf folgende Sachverhalte:

1. Identifizierung der Schriftquellen (bibliographisches Zitat),
2. Identifizierung der Daten-Quellen und der Verwahrorte ihrer Urfassungen,
3. Identifizierung derjenigen Seen und Messstellen (Transekte, Probennahme-Punkte, Segmente), für die Erhebungsdaten von ACP und zugleich von HYMO, MPH und/oder MZB vorliegen,
4. Identifizierung (i) der verfügbaren Bearbeitungsjahre der Erhebungsdaten und (ii) der geographischen Probennahme-Positionen sowie Prüfung auf Vollständigkeit, Plausibilität und ggf. Ergänzung,
5. Prüfung auf formale Vollständigkeit und Konsistenz der übergebenen Datensätze (z. B. Daten und Bewertungsdaten gemäß ISWABE (Fachinformationssystems Wasserbeschaffenheit), Vollständigkeit von Berichten und in Berichten genannten Anlagen),
6. Überprüfung der Vollständigkeit notwendiger inhaltlicher Attribut-Informationen wie z. B. SOP[4], Angaben zum Bearbeiter, Veranlassung, sowie der erhobenen Mess- und Bewertungsparameter.

Im Falle fraglicher Vollständigkeit oder Inkonsistenz wurde der jeweilige Sachverhalt mit den zuständigen Mitarbeitern bzw. Mitarbeiterinnen des Auftraggebers abgeklärt. Einige fehlende Daten wurden darüber hinaus direkt bei den Büros beschafft, die seinerzeit die GEKs bearbeitet hatten.

Die fachliche Prüfung der Richtigkeit der Erhebungs- und Messdaten war einem weiteren Prüfschritt vorbehalten.

2.3.3 Fachliche Prüfung der ACP-Daten

Die allgemeinen chemisch-physikalischen Parameter, die im Zuge des WRRL-Monitorings von der LfU BBG erhoben worden waren, wurden fachlich ungeprüft übernommen.

2.3.4 Fachliche Prüfung der hydromorphologischen-Daten

Gegenstand der fachlichen Prüfung der hydromorphologischen Daten war das grundsätzliche methodische Vorgehen der jeweiligen Bearbeiter (Übersichts- *vs.* Detailverfahren, Geländebegehung vs. Fernerkundung) sowie die methodischen Details. Diese beinhalten z. B.

- die verwendeten Objekttypenkataloge,

[4] SOP – Standard Operating Procedure: dokumentierte Standardvorgehensweise oder standardisiertes Vorgehen im Sinne einer verbindlichen textlichen Beschreibung der Abläufe von Vorgängen einschließlich der Prüfung der Ergebnisse und deren Dokumentation.

- die Abgrenzung der Uferabschnitte (Segment-Längen),
- die Abgrenzung der Uferzonen (Subzonen-Breiten),
- die Art der Index-Berechnung sowie die Ermittlung der hydromorphologischen Zustandsklasse und des hydromorphologischen Defizits (Skalierung),
- die Art der Bildung von Planungsabschnitten,
- die Verfügbarkeit einer Fotodokumentation.

Hierzu wurden neben den relevanten Kapiteln der Endberichte vor allem auch die den Berichten anhängenden Daten- und Kartenbestände selbst überprüft (mxd, shp, gdb, mdb, pdf). Zudem erfolgte eine stichprobenartige Untersuchung auf (i) die Vollständigkeit der Geometrien sowie auf (ii) eventuelle Geometrie-Fehler.

2.3.5 Fachliche Prüfung der Makrophyten-Daten und zugehörigen abiotischen Parameter

Es wurden nur Daten aus dem Bestand des LfU ausgewertet, die nach dem MIB-Verfahren (Päzolt 2007) im Zeitraum von 2001-2017 erhoben wurden (vgl. Kapitel 3.2.2). Bei diesem Verfahren erfolgte eine Unterteilung der einzelnen Transekte nach Vegetationszonen, die sich gut mit hydromorphologischen Parametern korrelieren lassen (van de Weyer et al. 2019). Nach 2017 erfolgte eine Änderung der Aufnahme-Methode nach dem PHYLIB-Verfahren (Schaumburg et al. 2015, 2021). Hierbei erfolgt eine Differenzierung in den Transekten nach Tiefenzonen (0-1m, 1-2m. 2-4m, >4m). Diese PHYLIB-Daten sind noch nicht in die ISWABE-DB des LfU Brandenburg integriert und nur in Form von Vorimport-Daten verfügbar.

Die vorliegenden Daten zu den Makrophyten wurden in Hinblick auf

- korrekte Schreibweise,
- aktuell gültige Taxonomie (van de Weyer & Schmidt 2018) und
- offensichtliche Fehlbestimmungen

geprüft. Außerdem wurde Daten gekennzeichnet, in denen terrestrische Arten aufgeführt sind, die nicht Gegenstand dieses Projektes sind (vgl. Kapitel 3.7.2).

Des Weiteren wurden die Strukturparameter auf Plausibilität geprüft.

2.3.6 Fachliche Prüfung der Makrozoobenthos-Daten und zugehörigen Umweltparameter

Die Makrozoobenthos-Daten wurden auf taxonomische Konsistenz und Vollständigkeit der Feldprotokolldaten (Miler et al. 2013) hin überprüft, also in Bezug auf folgende Fragen:

- Sind Makrozoobenthos-Daten für alle Probestellen vorhanden?
- Enthalten alle Taxa der Makrozoobenthos-Daten plausible ID_ART oder DV_Nr Codes?
- Sind die Taxa der Makrozoobenthos-Daten gemäß des Bestimmungsniveaus der *Operationellen Taxaliste Seen* (Miler et al., 2013) bestimmt?
- Enthalten die Makrozoobenthos-Daten Taxa, die nicht bereits nach der *Operationellen Taxaliste Seen* (Miler et al., 2013) eingestuft sind?
- Enthalten die Makrozoobenthos-Daten plausible numerische Werte für Individuen-Dichten?
- Sind für alle Probestellen die für die Berechnung der Stressor-Indizes notwendigen Stellenbeschreibungen und Umweltparameter vorhanden?
- Sind für alle Probestellen Ufertypen indiziert oder lassen sich diese gemäss der prozentualen Anteile der Habitate ableiten (sowie mit Hilfe zusätzlicher Informationen, wie z.B. Luftbildern, Fotos etc.)?

2.3.7 Aufbereitung und Zusammenführung der Daten

Die Aufbereitung und Zusammenführung der fachlich geprüften hydromorphologischen Daten und Dateien sowie der Erhebungen von Makrophyten, Makrozoobenthos und den allgemeinen chemischen und physikalischen Parametern umfassen zum einen die Neusortierung der Dateien und Ordner im Dateisystem zum anderen die inhaltliche Aufbereitung in Form neustrukturierter Tabellen und Geodaten.

Die notwendige Aufbereitung der hydromorphologischen Raumdaten aus den verschiedenen GEK-Bearbeitungen erfolgte dabei vornehmlich mit ArcMap 10.4 und QGIS 3.3x. Die zugehörigen Attributdaten, wie etwa der HMS-Indexwert oder Angabe zur Uferzone, wurden des Weiteren - zusammen mit den Daten der anderen Komponenten (ACP, MPH, MZB) - in einer zentralen Access-Datenbank (.accdb) zusammengeführt. Dabei wurde die jeweils originäre Datenstruktur beibehalten, zusätzlich aber auch eine ISWABE-kompatible Importform erzeugt.

Die Fotodokumentationen von Seen aus der hydromorphologischen Bearbeitung der GEKs wurden ebenfalls vereinheitlicht und in einer gemeinsamen Shape-Datei sowie einem gemeinsamen Foto-Ordner zusammengeführt.

3 Ergebnisse

3.1 Quellen

3.1.1 Verwahrorte

Im Laufe der Recherche wurden folgende Verwahrorte identifiziert

- ACP- und MPH-Daten: ISWABE-Datenbank des LfU BBG (Ref. W14, Ansprechpartner Herr Dr. J. Päzolt, ehemals Herr Dr. K. Karczewski),
- HYMO-Daten: Berichte, Karten u. a. (PDF), Geodaten, Fotodokumentation beim Ref. W26 des LfU BBG (Ansprechpartner Herr Dr. R. Köhler) sowie eigene Datenbestände (J. Ostendorp) und Datenbestände der seinerzeit bearbeitenden Büros,
- MZB-Daten: Berichte und darin beinhaltete Daten als PDF beim Ref. W14 des LfU BBG, Originale bei den seinerzeit bearbeitenden Büros und in Kopie als teils ergänzte eigene Datenbestände (Dr. O. Miler, Dr. J. Böhmer).

Es konnte keine Institution oder Person ausfindig gemacht werden, die einen vollständigen Überblick über die nominell vorhandenen Daten hatte, so dass die Recherche, Prüfung und Vervollständigung bei den Bearbeitern dieses Reports lag.

3.1.2 Datenbestände des Ref. W26 (LfU BBG)

Die vom Ref. W26 übergebenen Datenbestände umfassten eine Sammlung von Unterlagen der in Tabelle 2 genannten GEK-Gebietsbearbeitungen. Sie umfassen nur die Daten zur Uferstruktur, obschon teilweise auch andere hydromorphologische Komponenten wie Beckenmorphologie, Wasserhaushalt und limnophysikalische Merkmale erfasst und diskutiert wurden.

Darin enthalten waren die Endberichte der Büros, die das GEK-Gebiet bearbeitet hatten, einschließlich Erläuterungstext, Tabellen, Abbildungen, Karten, Fotodokumentation, GIS-Projekte und Shape-Dateien usw. Referenzversion für unsere nachfolgenden Ausarbeitungen war die von den jeweiligen Bearbeitern erstellte und dem Auftragnehmer übergebene und von ihm abgenommene Endversion.

Tabelle 1: Übersicht der in dieser Arbeit geprüften GEK-Daten (nur Daten zur Uferstruktur).

Bezeichnung in diesem Projekt	Bezeichnung des Bearbeitungsgebiets (WRRL-PG)	Jahr der Untersuchungen	Quelle
GEK_BK	OdM_BrieskoK	2010	Planungsteam GEK 2015 (2012): Gewässerentwicklungskonzept Brieskower Kanal. Endbericht
GEK_Rhin_1_2	Rhi_Rhin1, Rhi_Rhin2	2010, 2011	Planungsteam GEK 2015 (2012): Gewässerentwicklungskonzept Rhin 1 und 2. Endbericht
GEK_LOE	SpU2 Löcknitz	2012	Planungsteam GEK 2015 (2013): Gewässerentwicklungskonzept Löcknitz (untere Spree). Endbericht.
GEK_DJ2	DJ_Jäglitz2, DJ_Klemp	2012	Planungsteam GEK 2015 (2015): Gewässerentwicklungskonzept Dosse-Jäglitz 2. Endbericht.
GEK_OH1B	HvO_Lychen, HvO_Templin	2013	Pöyri Deutschland GmbH (2016): Gewässerentwicklungskonzept Obere Havel Teil 1 b (Lychener und Templinger Gewässer). Erläuterungsbericht.
GEK_UH3	HvU_Havel3, HvU_Königsgraben, HvU_Stremme	2014	IHU Geologie und Analytik GmbH, biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH & Ingenieurbüro Ellmann und Schulze GbR (2015): Gewässerentwicklungskonzept (GEK) für die Teileinzugsgebiete untere Havel, Königsgraben und Hauptstremme. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg (LUGV), 398 S. + Anh.
GEK_OH1A	HvO_Havel1, HvO_WentowK	2014	Planungsteam GEK 2015 (2016): Gewässerentwicklungskonzept Obere Havel 1 / Wentower Gewässer. Endbericht
GEK_GHHK	HvU_GHHK1, HvU_GHHK2, HvU_Flügel	2014	biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH & IHU Geologie und Analytik GmbH (2016): Gewässerentwicklungskonzept (GEK) für die Teileinzugsgebiete Großer Havelländischer Hauptkanal und Erster Flügelgraben (HvU_GHHK1, HvU_GHHK2 und HvU_Flügel). Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Umwelt Brandenburg. 317 S. + Anh.

Allerdings enthielten die Sammlungen auch Zwischenergebnisse der Bearbeitung, Datei-Doubletten mit gleichen und verschiedenen MD5[5]-Werten und Materialien von vorübergehendem Wert (Notizen, Gesprächsprotokolle usw.), die zudem noch aus unterschiedlichen Quellen bzw. Datensammlungen stammten. Von daher war die Orientierung in den übergebenen Datei-Beständen nicht ganz einfach. Bei den Unterlagen der GEKs OH1a, Rhin1+2, und LOE war es uns nicht möglich, die Abgabeversion zu rekonstruieren. Wir haben uns in diesen Fällen an die seinerzeitigen Bearbeiter gewandt und von dort die originale und vollständige Abgabeversion als digitale Kopie erhalten[6].

[5] MD5 ist ein Algorithmus, der genutzt wird, um die Integrität und Echtheit von Daten zu überprüfen und die Identität von zwei Informationen (Dateien) zu prüfen. Zwei Dateien gleichen Namens mit gleichem MD5-Hash (Prüfsumme) sind inhaltlich identisch, während unterschiedliche Prüfsummen zeigen, dass eine Veränderung im Inhalt vorgenommen wurde.

[6] Frau M. Stengert, ube Essen und Herrn Dr. M. Pallasch, Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, Hoppegarten sei für ihre Mühe herzlich gedankt.

Im vorliegenden Zusammenhang waren die Informationen über die hydromorphologische Bearbeitung der Seen, und hier die Uferstrukturerfassung, von besonderem Interesse. Nur diese Daten wurden von uns auf Vollständigkeit und Konsistenz geprüft. Wir gehen aber davon aus, dass auch die sonstigen Inhalte vollständig enthalten sind.

Neben den genannten GEK-Daten wurde durch das Ref. W26 auch eine Shape-Datei der schiffbaren Gewässer Brandenburgs und Berlins zur Verfügung gestellt. Die Bearbeitung erfolgte durch Herrn Darshan Neubauer (Ref. W26).

Wir haben die Daten für die künftige Benutzung in übersichtlicher Form auf einer microSD zusammengestellt (vgl. Kapitel 6.1), die dem Auftraggeber übergeben wurde.

3.1.3 Datenbestände des Ref. W14 (LfU BBG)

Im Rahmen des „Fachinformationssystems Wasserbeschaffenheit“ (ISWABE) des LfU wird im Ref. W14 eine interne Oracle-Datenbank gepflegt, die u. a. die Ergebnisse von

- Messungen und Bewertungen der allgemeinen chemischen und physikalischen Parameter von Seen und Flüssen in Brandenburg (ACP),
- Phytoplankton- und Diatomeen-Erhebungen, -Zählungen und –Bewertungen,
- Erfassungen und Bewertungen der Makrophyten (MPH) in Seen

enthält.

Daten zur Hydromorphologie der Seen sowie Erhebungen der Makrozoobenthos-Besiedlung und der Fischfauna sind derzeit noch nicht enthalten, sollen aber perspektivisch eingepflegt werden. Verantwortlicher Mitarbeiter ist z. Z. Herr Dr. Jens Päzolt im Ref. W14.

Die Daten stammen aus verschiedenen Messprogrammen, darunter dem

- Monitoring zur Umsetzung der WRRL (Datenbestand ab 2005, fortlaufend; aktuell eingepflegt und verfügbar bis 2017 (MPH) bzw. 2020 (ACP))
- Kleinseenprogramm 2015 des LfU BBG, W14

Eine für externe Nutzer aufbereitete Datenbank-Dokumentation liegt derzeitig nicht vor.

Datenbankauszüge wurden uns von den Herren Dr. Karczewski und Dr. Päzolt in Form flacher Excel-Dateien übergeben. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um folgende Gruppen von Daten:

- die Erhebungsdaten der Makrophyten-Taxa und abiotischer Parameter nach dem MIB-Verfahren, die sich auf einen Abschnitt eines verorteten Transektes (Messstelle) beziehen,
- die einzelnen Messdaten der ACP an den jeweiligen (Haupt-)Messstellen eines Sees,
- Bewertungsdaten der Makrophyten (z. B. Makrophytenindex Brandenburg, MIB) bezogen auf ein Transekt
- Bewertungsdaten der ACP bezogen auf die Hauptmessstelle eines Sees (z. B. Trophie-Index, TI),
- die Koordinaten der Transekt-Stammpunkte und
- Angaben zu den einzelnen Transekt-Abschnitten (Tiefe, Länge, Datum), die im Rahmen der Monitoringprogramme bis 2017 mittels MIB-Verfahrens beprobt wurden.

Die übergebene Datenstruktur sowohl der Erhebungsdaten als auch der Bewertungsdaten aus der ISWABE-Datenbank war für ACP und Makrophyten jeweils identisch. Die im Rahmen des vorliegenden Projekts relevanten Datenbankfelder sind zusammen mit Datensatz-Beispielen in den Tabellen 2 und 3 dargestellt. Sie gelten somit gleichermaßen für ACP und MPH.

Eine Dokumentation oder Feldbeschreibung würde nicht übergeben. Die relevanten Feldnamen sind jedoch anhand der Dateninhalte selbsterklärend.

Transektdaten wurden uns in zwei Formen bereitgestellt:

1. als Auszüge der ISWABE-Datenbank,
2. als Excel-Tabelle, die im Ref. W14 außerhalb der ISWABE-Datenbank geführt wird.

Die Transektdaten der ISWABE-Datenbank (Pkt. 1.) umfassten alle von den jeweiligen Bearbeitern angegebenen Anfangs- und ggf. Endpunkte der beprobten Makrophyten-Transekte. Bei einer mehrfachen Beprobung des gleichen Transekts in unterschiedlichen Jahren kam es somit fallweise zu leicht differierenden Koordinaten. Zu einem nicht unerheblichen Teil waren die Transektkoordinaten auch unvollständig, indem nur ein Anfangs-, aber kein Endpunkt angegeben war. Für einige Messstellen lagen keinerlei Koordinaten-Angaben vor, jedoch Taxa-Daten.

Parallel zu diesen Transektdaten der jeweiligen Erhebungen wird im LfU eine bereinigte Liste geführt, in der die verbindlichen Soll-Stammpunkte der Transekte aufgeführt sind, also deren Anfangspunkte am Seeufer unabhängig vom Probenahme-Jahr. Sie stellen auch für diesen Bericht die verbindlichen Koordinaten eines Transektes dar (Punktlayer).

Die im Rahmen des MIB-Verfahrens erhobenen Parameter (Taxa, abiotische Faktoren u. a.) beziehen sich stets auf die einzelnen Abschnitte der Transekte, nicht auf die Transekte insgesamt. Die Abschnittsdaten selbst umfassen im Wesentlichen Angaben zu deren Länge und Wassertiefe (von... bis…), jedoch keine Koordinaten. Sie liegen ebenfalls für jedes Beprobungsjahr vor und können gemäß dem MIB-Verfahren sowohl hinsichtlich ihrer Positionswerte als auch hinsichtlich ihrer Anzahl differieren. Letzteres ist etwa der Fall, wenn in einem Jahr entweder mehr oder eben weniger Abschnitte mit jeweils homogenem Makrophyten-Bewuchs festgestellt wurden als in einem anderen Jahr.

Die zusätzliche Excel-Tabelle (Pkt. 2.) außerhalb der ISWABE-Datenbank wurde nach Auskunft von Herrn Dr. Karczewski um das Jahr 2016/2017 von einem ehemaligen Mitarbeiter (Herr Böckmann) „standardisiert“. Hierzu wurden die zu diesem Zeitpunkt jeweils aktuellen Anfangs- und Endpunkte ausgewählt (eine Jahresangabe fehlt jedoch). Die Anfangspunkte sind dabei deckungsgleich mit jenen der konsolidierten Liste der Stammpunkte aus der ISWABE-Datenbank.

Weiterhin wurden uns Stamm- und Bewertungsdaten zu den Seen und Flussseen ebenfalls in Form von Exceltabellen bereitgestellt, etwa Angaben zum LAWA-Seetyp, erweiterte Angaben zum Trophiegrad oder die an die EU gemeldeten WRRL-Bewertungen der Komponenten und Teilkomponenten.

Abschließend wurden uns noch konsolidierte Vorimportdaten zu Makrophyten-Erhebungen nach dem PHYLIB-Verfahren übergeben. Sie waren zum Zeitpunkt der Datenübergabe noch nicht in die ISWABE-Datenbank eingepflegt worden und wurden für diesen Bericht und die nachfolgende Analyse der Beziehung zwischen Uferstruktur, Makrophyten, Makrozoobenthos und trophischen Parametern nicht berücksichtigt.

Die eingegangenen sowie aufbereiteten Daten vom Referat W14 sind ebenfalls auf der microSD (s. Anhang) zusammengestellt.

3.1.4 Sonstige Datenbestände

3.1.4.1 Hydromorphologie/Uferstruktur

Für einige GEK waren die überlassenen Daten des Ref. W26 nicht ganz vollständig. Sie wurden, soweit verfügbar aus den Datenbeständen des damals bearbeitenden Büros (EcoDataDesign, J. Ostendorp) ergänzt und in die bestehende Ordnerstruktur eingepflegt. Es handelt sich dabei um Excel-Dateien mit den HMS-Index-

Berechnungen u. a. der Subsegmente sowie um fehlende GIS-Projekte bzw. Karten (mxd) und Shape-Dateien. Gleichermaßen wurden einige nicht beiliegende Geodaten ergänzt, die lediglich Zwischenstufen beim Geoprocessing im GIS darstellen. Im Einzelnen geht es um die folgenden GEK:

- GEK DJ2: Ordner Karte_5-8_Uferstrukturen_Stillgewässer ergänzt
- GEK LOE: Ordner HMS sonstige Daten und Ordner Impact-Berechnung ergänzt
- GEK Rhin: Ordner Impact-Berechnung ergänzt

Die genannten Daten sind im Ordner Dateneingänge des Ref W26 auf der microSD-Karte noch einmal separat hinterlegt.

Tabelle 2: Beispieldatensätze der ISWABE-DB für Bewertungsdaten

Feldname	Beispieldatensatz MPH	Beispieldatensatz ACP
KOMPONENTE	Makrophyten	Chemie (See und FG)
PARAMETER	Teilbewertung Makrophyten	TI_akt (Trophieindex)
WERT	3	3,35736220557594
EINHEIT	(dimensionslos)	(dimensionslos)
MESSSTELLE	816	80002696268471_HM
JAHR	2015	2016
METHODE	MIB 2004	LAWA-TI Gewässerbewertung stehender Gewässer
VALIDIERUNG	Rohdaten	Rohdaten
BEARBEITER	Paezolt /	Paezolt

Tabelle 3: Beispieldatensätze der ISWABE-DB für Messdaten

Feldname	Beispieldatensatz MPH	Beispieldatensatz ACP
KOMPONENTE	Makrophyten	Chemie (See und FG)
PARAMETER	MP_T:66 – Potamogeton pectinatus	CH_101 – gesamt-Phosphor
WERT	60	0,035
EINHEIT	%	mg/l
ABUNDANZART	Deckungsgrad	euphotischeZone
MESSSTELLE	1001	8000169626341_HM
ID_ABSCHNITT	1001b	8000169626341_Hmxeuphot
BEZUGSJAHR	2014	2008
DATUM	11.08.2014	09.10.2008
MESSPROGRAMM	Makrophyten 2014	operatives Monitoring von Seen und Kleinseen
METHODE	MIB 2004	nicht bekannt
PROBENEHMER	Limnologische Station Iffeldorf, TU München	IAG
VALIDIERUNG	Rohdaten	Rohdaten

3.1.4.2 Makrozoobenthos

Seitens des LfU BBG (Ref. 14) wurden uns drei Berichte (PDFs) ohne Datensätze überlassen. Ein weiterer Bericht lag in Kopie bei den Bearbeitern (JB), die Datensätze stammen ebenfalls aus dem Bestand der Bearbeiter (OM, JB). Die in den Jahren 2007 und 2008 vom Büro Aqualytis (Ute Michels, Waldau; Brandenburg) erhobenen Makrozoobenthos-Daten lagen den Bearbeitern (OM, JB) bereits vor, da einer der Bearbeiter (JB) an der Planung und Auswertung der Projekte beteiligt war, und diese Daten in früheren, von der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft geförderten Projekten zur Erstellung eines hydromorphologischen Bewertungsverfahrens für Seeufer mittels Makrozoobenthos verwendet wurden. Die in den Jahren 2019 und 2020 erhobenen Makrozoobenthos-Daten wurden auf Anfrage vom Planungsbüro Hydrobiologie (Reinhard Müller, Berlin) den Bearbeitern zur Verfügung gestellt (O. Miler, J. Böhmer).

Die unveränderte Version der Makrozoobenthos-Datenbank findet sich im Ordner Dateneingänge Böhmer MZB auf der microSD-Karte des Anhangs.

3.1.4.3 Makrophyten und ACP

Bezüglich der Makrophyten und der allgemeinen chemischen und physikalischen Parameter waren die Daten des LfU BBG insofern vollständig, so dass nicht auf sonstige Datenbestände zurückgegriffen werden musste.

3.2 Abgrenzung und Identifikation der Seen und Flussseen

Im Vergleich zur Datei seen25.shp (vgl. Kapitel 6.7.1.1) wie auch der Datenbank der LfU wurden die in Tabelle 4 gelisteten Änderungen von den seinerzeitigen GEK-Bearbeitern übernommen.

3.3 Ergebnisse der fachlichen Prüfung der Daten

3.3.1 ACP-Daten

Eine fachliche Prüfung der übergebenen ACP-Daten durch den Auftragnehmer erfolgte, wie bereits beschreiben, nicht. Vielmehr wurde die Verfügbarkeit ausgewählter Bewertungsparameter für bestimmte Jahrgänge untersucht. Die Aktualität dieser Daten reichte dabei je nach Parameter von 1990 bis zum Jahr 2021. Auch neuere Daten lagen dem LfU bereits vor, waren jedoch noch nicht in die ISWABE-DB integriert.

Für die statistische Analyse der Beziehung zwischen Uferstruktur, Makrophyten, Makrozoobenthos und trophischen Parametern sind nur wenige Parameter von Interesse, und diese besonders dann, wenn sie einen möglichst geringen zeitlichen Versatz zu den Erhebungen der anderen Komponenten aufweisen. Diese Parameter sind in Tabelle 5 aufgelistet. Ihre Verfügbarkeit ist für alle 301 betrachteten Seen und Jahre gegeben.

Tabelle 4: Zusammenstellung der Änderungen gegenüber der Datei seen25.shp (Identifikation, Abgrenzung und Benamung von Seen).

GEK	alte Fassung nach seen25.shp				neue Fassung in diesem Bericht		Kommentar	Quelle
	See-Name	JP_ID	Ms_CD_LW	See_KZ	See-Name	HMS_ID		
OdM_BrieskoK	Helenesee mit Katjasee	80001677251	DEBB80001677251	80001677253	Helenesee	80001677251_1	Die beiden Seen sind nur durch einen schmalen Kanal miteinander verbunden; die trennung beider Seen wurde erst nachträglich vorgenommen. Die hydromorphologische Kartierung bezieht sich noch auf die ursprüngliche Fassung mit dem HMS_ID-Suffix „_0“	Planungsteam GEK 2015 (2012)
				80002677253	Katjasee	80001677251_2		
DJ_Klemp	Obersee	800025892639	DEBB800025892639	800015892639	Obersee	800025892639_1	Durch den Aufstau der Seenkette wurde ein einheitlicher Wasserkörper mit unterseeischen Schwellen geschaffen	Planungsteam GEK 2015 (2015)
	Borker See			800025892639				
	Salzsee			800035892639				
	Mühlenteich		-	800045892639	Mühlenteich	800025892639_2	Durch Wehr und verringerte Spiegelschwankungen ein eigenständiger Wasserkörper	
	-		-	800065892639	nicht berücksichtigt	nicht berücksichtigt	Nicht berücksichtigt	
	-		-	800085892639				
DJ_Klemp	Untersee	800015892679	DEBB800015892679	800015892679	Untersee mit Klempowsee	800015892679_0	Die Vereinigung beider Seeteile wurde bereits von dem LfU vorgegeben	Planungsteam GEK 2015 (2015)
	Klempowsee			800025892679				
SpU2_Löcknitz	Maxsee	800015827813	DEBB800015827813	800015827813	Maxsee	800015827813_1	Der künstlich entstandene Torfsee bildet ein selbständiges Becken getrennt vom Maxsee	Planungsteam GEK 2015 (2013)
					Torfsee (Hoppegarten)	800015827813_2		

Tabelle 4: Fortsetzung

GEK	alte Fassung nach *seen25.shp*				neue Fassung in diesem Bericht		Kommentar	Quelle
	See-Name	JP_ID	Ms_CD_LW	See_KZ	See-Name	HMS_ID		
HvO_Havel1	Kramsbeek	80002581343	-	80001581345	Kramsbeek	80002581343_1	Beide Seeteile wurde gegenüber der JP_ID und entsprechend der Benamung getrennt	Planungsteam GEK 2015 (Hg.) (2016)
	Großer Kramssee			80002581343	Großer Kramssee	80002581343_2		
HvO_Havel1	-	80004581343	-	80004581343	Südlichster Miltensee	80004581343_0	die Seen der Miltenrinne sind durch Biber-Tätigkeit und menschliche Eingriffe entstanden; überlieferte Namen fehlen; ersatzweise wurde die von den Bearbeitern benamt. Hinweis: Für die fortlaufende Nummerierung entsprechend dem Aufbau der LAWA-Seekennzahl musste für den Nördlichesten Miltensee ein „x“ verwendet werden, die die eigentliche Ziffer „5“ bereits durch einen anderern See belegt ist. Es wird eine grundlegende Neunummerierung der Seen in der Miltenseerinne empfohlen.	Planungsteam GEK 2015 (Hg.) (2016)
	-	80003581343	-	80003581343	Unterer Miltensee	80003581343_0		
	-	80001581343	-	80001581343	Oberer Miltensee	80001581343_0		
	-	-	-	-	Nördlichster Miltensee	8000x581343_0		
HvO_Havel1	-	8000158152799	DEBB8000158152799	80007581512	entfällt	entfällt	verworfen	Planungsteam GEK 2015 (Hg.) (2016)
HvO_WentowK	Großer Wentowsee			8000158152799	Großer Wentowsee	8000158152799_0	Vorgabe des LfU BBG	

Tabelle 4: Fortsetzung

GEK	alte Fassung nach seen25.shp				neue Fassung in diesem Bericht		Kommentar	Quelle
	See-Name	JP_ID	Ms_CD_LW	See_KZ	See-Name	HMS_ID		
HvO_Templin	Fährsee	800015814599	DEBB800015814599	800015814599	Fährsee mit Zaarsee	800015814599_0		Pöyry Deutschland GmbH (2016)
	Zaarsee			800025814599				
HvO_Templin	Faule See	80001581443	DEBB80001581443	80008581443	Kuhzer See	80001581443_0		Pöyry Deutschland GmbH (2016)
	Haßleben'sche Lanke			80004581443				
	Kuhzer See			80001581443				
	Mittenwald'sche Lanke			80003581443				
	Prediger Lanke			80007581443				
	Schulzenort			80005581443				
	Schwalben Lanke			80002581443				
HvO_Templin	Großer Lankensee	800015814791	-	800015814791	Lankensee	800015814791_0		Pöyry Deutschland GmbH (2016)
	Kleiner Kuhwall See (Kleiner Lankensee)			800025814791				
Rhi_Rhin1	Twernsee	800015881119	DEBB800015881119	80002588111	Twernsee	800015881119_x	Das unbenannte Seebecken ist nur durch eine seichte unterseeische Schwelle vom Hauptbecken getrennt. Die Charakteristik beider See-Becken ist jedoch gleich .	Planungsteam GEK 2015 (2012)
Rhi_Rhin1	(ohne)	80004588113	-	800025881131				

Tabelle 4: Fortsetzung

GEK	alte Fassung nach seen25.shp				neue Fassung in diesem Bericht		Kommentar	Quelle
	See-Name	JP_ID	Ms_CD_LW	See_KZ	See-Name	HMS_ID		
Rhi_Rhin1	Schlabornsee	800015881519	DEBB800015881519	800015881519	Großer Schlabornsee	800015881519_0	Hauptsee mit 2 Tiefenbecken	Planungsteam GEK 2015 (2012)
	Schlabornsee *(südwestl. Becken)*	80003588154	-	80003588154	Kleiner Schlabornsee	80003588154_0	durch unterseeische Schwelle abgetrenntes seichtes Becken	Planungsteam GEK 2015 (2012)
Rhi_Rhin2	Möllensee	800015882919	DEBB800015882919	800015882919	Möllensee bei Krangen	800015882919_0		Planungsteam GEK 2015 (2012)
	Nördlicher (Kleiner) Möllensee			800025882919				
Rhi_Rhin2	Ruppiner See	80001588359	DEBB80001588359	80001588359	Ruppiner See	80001588359_0	Vorgabe LfU	Planungsteam GEK 2015 (2012)
	Lanke			80002588359				
Rhi_Rhin2	Zermützelsee	800015883199	DEBB800015883199	800015883199	Zermützelsee	800015883199_0	Vorgabe LfU	Planungsteam GEK 2015 (2012)
	Zermützelsee			800045883199				

Tabelle 5: Für die Analyse der Beziehung zwischen Uferstruktur, Makrophyten und Makrozoobenthos relevante ACP-Parameter der ISWABE-Datenbank.

Parameter	ISWABE-ID	ISWABE-Bezeichnung
Chlorophyll-a Saisonmittelwert (µg/l)	BW_82	Chl_Saison
Sichttiefe Saisonmittelwert (m)	BW_83	ST_Saison
Phosphor Zirkulationswert (µg/l)	BW_81	TP_Frühjahr
Phosphor Saisonmittelwert (µg/l)	BW_80	TP_Saison
Stickstoff Saisonmittelwert (mg/l)	BW_264	TN_Jahresmittel
LAWA-Trophieindex	BW_102	TI_akt

3.3.2 Hydromorphologische Daten (Uferstruktur)

3.3.2.1 Methodenvergleich

Die hydromorphologischen Daten wurden im Rahmen der Gewässerentwicklungskonzept (GEK)-Bearbeitung im Zeitraum 2010 bis 2016 erhoben bzw. veröffentlicht (Tabelle 1). Dabei kamen je nach GEK verschiedene Ausbau- und Entwicklungsstufen des HMS-Verfahrens zur Anwendung (Übersichtsverfahren, erweitertes HMS-Verfahren Detailvariante, Detailverfahren). Einige spezifische Charakteristika der Bearbeitung sind in Tabelle 6 aufgeführt.

3.3.2.2 Beschreibung der übergebenen Daten

Insgesamt handelte es sich um acht Lose, die durch drei Konsortien bearbeitet wurden. Bei den Daten selbst handelte es sich um Berichte und deren Anhänge (doc/pdf), Raumdaten (mxd, shp, gdb), Fotos (jpg) und Tabellen bzw. Datenbanken (xls, mdb) (vgl. Kapitel 3.1).

Fa. biota hat in den GEKs GHHK und HvU3 (insges. 5 Seen) das HMS-Übersichtsverfahren von 2008 angewendet (Ostendorp & Ostendorp 2008). Merkmal dieses Verfahrens war, dass innerhalb definierter Uferabschnitte prozentuale Flächenanteile von Objekten gemäß einem vorgegebenen Objekttypen-Katalog geschätzt werden. Jedem Objekt wurde dabei ein skalarer Index-Wert zwischen 1 (naturnah) und 5 (naturfern) zugeordnet, der den Grad anthropogener Beeinträchtigung widerspiegelt. Hieraus ließ sich nachfolgend ein Mittelwert für ein Subsegment und für eine Subzone des gesamten Sees errechnen. Daraus ergaben sich entsprechende Zustandsklassen und Defizit-Klassen nach WRRL. Als Größe der Segmente (Uferabschnittslänge) wurde von den Bearbeitern 250 m gewählt. Die Konstruktion der Uferlinie erfolgte - wie in den anderen Bearbeitungen auch - gemäß der Verfahrensanleitung vor dem Hintergrund des natürlichen Uferlinienverlaufs. Dieser wurde auf der Basis von Luftbildern und dem Basis-DLM digitalisieret und konnte von der Uferlinie der Datei seen25.shp abweichen. Die Breite des Epilitorals wurde konstant mit 100 m landwärts an das Eulitoral angefügt. Das Eulitoral wurde grundsätzlich als 5 m breiter Puffer um die Uferlinie angelegt, jedoch im Bereich überflutungstoleranter Biotope landseits stark erweitert. Die seeseitige Linie wurde ggf. bis zur Röhrichtgrenze erweitert. Das Sublitoral wurde als seeseitiger 5 m Puffer um das Eulitoral erzeugt, fallweise jedoch auch manuell nachbearbeitet.

Im Unterschied zum später publizierten HMS-Detailverfahren (Ostendorp & Ostendorp 2014) existiert für jede Subzone (Sublitoral, Epilitoral, Eulitoral) ein separater Objekttypenkatalog zulässiger Objekte. Diese wurden per Fernerkundung mit punktueller Geländebegehung erfasst. Eine Fotodokumentation lag dem übergebenen Datensatz nicht bei. Die Klassifizierung der Strukturgüte wurde mit einer Skala berechnet, die in späteren

Entwicklungsschritten des HMS-Verfahrens modifiziert wurde und muss daher als veraltet gelten. Sie wurde bei der Zusammenführung der Daten gemäß der aktuellen Skala neu berechnet (vgl. Kapitel 3.4). Die spitzen Landzungen am Tieckowsee und am Pritzberger See wurden wie Inseln behandelt und in einer eigenständigen Segmentierung erfasst (separate Uferlinie und darauf aufbauende Subsegmente). Planungsabschnitte wurden räumlich nicht eigenständig digitalisiert.

Tabelle 6: Übersicht der bearbeiteten GEK, der angewendeten Verfahren und einiger methodischer Details

GEK	Bearbeiter	Verfahren	Details
GEK_GHHK GEK_UH3	biota	HMS-Übersichtsverfahren (2008)	• Segmentlänge: 250 m • Epiltoralbreite 100 m • Objekttypenkatalog gemäß Übersichtsverfahren • Planungsabschnitte abhängig von Segmentgrenzen • Keine Fotodokumentation im Datensatz verfügbar • Strukturgüte-Berechnung nach alter Skalierung • 5 Seen gesamt • Besonderheiten: Landzungen als Inseln mit eigener Uferliniensystematik erfasst
GEK_OH1B	Pöyry / IaG	HMS-Verfahren – Detailvariante (2012)	• Segmentlänge: 100 m • Epiltoralbreite 100 m • Objekttypenkatalog gemäß Detailvariante • Planungsabschnitte abhängig von Segmentgrenzen • mit umfangreicher Fotodokumentation • Strukturgüte-Berechnung nach alter Skalierung • 61 Seen gesamt
GEK_BK GEK_BK GEK_Rhin_1_2 GEK_LOE GEK_DJ2 GEK_OH1A	Planungsteam 2015	HMS-Verfahren – (erweiterte) Detailvariante und HMS-Detailverfahren (2014) inkl. Module Beckenmorphologie, Hydrologie, Limnophysik	• Segmentlänge: 100 m • Epiltoralbreite 50 m • Differenzierte Objekttypenkataloge für strukturgebende Objekte, Topgrafieverändernde Objekte und Uferlinienverbau gemäß später publiziertem Detailverfahren • Planungsabschnitte unabhängig von Segmentgrenzen • mit umfangreicher Fotodokumentation • Strukturgüte nach neuer Skalierung • 79 Seen gesamt (82 Seen nach *HMS_ID* vgl. Kapitel 3.2)

Fa. Pöyry/IaG haben im GEK OH1b (61 Seen) das erweiterte HMS-Verfahren in der Detailvariante angewendet, ähnlich wie es im Abschlussprojekt zur Bearbeitung des GEK RHIN 1 und 2 beschrieben ist. Es ist dem veröffentlichten HMS-Detailverfahren (Ostendorp & Ostendorp 2014) bereits sehr ähnlich. So wurde insbesondere die Segmentlänge auf 100 m verringert, was eine deutlich höhere Detailschärfe mit sich bringt. Vor allem aber wurden die Objektflächen nicht mehr nur geschätzt, sondern im GIS auskartiert. Die Ansprache der Objekte erfolgte nicht mehr nur vorwiegend durch Fernerkundung, sondern auch durch eine see- und landseitige Geländebegehung. Zudem wurde eine umfangreiche Fotodokumentation der Seen angefertigt. Die Erfassung von Strömungsbeeinträchtigten Flächen und Uferverbauungen erfolgte allerdings noch nicht anhand eigener Schlüsselkataloge wie später im HMS-Detailverfahren.

Die Zonenabgrenzung erfolgte mit 100 m pauschal für das Epilitoral, einer fallweisen Festsetzung auf 5-20 m für das Eulitoral und einer pauschalen Breite von 20 m für das Sublitoral, wobei sachbezogen auch manuelle Anpassungen durchgeführt wurden.

Die Klassifikation der Strukturgüte wurde nach der damals gültigen Skala vorgenommen. Auch hier wurde die Klassifikation im Rahmen der hier vorgelegten Zusammenführung der Daten noch einmal nach der neuen Skala berechnet.

Das **GEK Planungsteam 2015** hat insgesamt 5 GEKs mit insgesamt 79 Seen bearbeitet (82 nach geänderter Abgrenzung entsprechend Kapitel 2.3.1). Die Bearbeitung erfolgte ebenfalls nach der Detailvariante des erweiterten HMS-Verfahrens, wobei dieses schrittweise zum HMS-Detailverfahren weiterentwickelt und später

publiziert wurde (Ostendorp & Ostendorp 2014). Wie im GEK OH1b wurden alle im Gelände verifizierten Objekte im GIS auskartiert und anschließend mit 100 m langen Uferabschnitten (Subsegmenten) verschnitten. Die Zonenabgrenzung erfolgte mit einem 50 m breiten Epilitoral und variablen Breiten für das Eu- und Sublitoral, die sich an Ufertyp, Gefälle, Sichttiefe und Tiefenvermessungskarten orientierten. Digitalisierungen der weiteren Komponenten wie Uferverbau, Strömungsbeeinträchtigungen, Abgrabungen oder Vorschüttungen im Bereich der Uferlinie liegen ebenfalls vor. Während der see- und landseitigen Geländebegehung wurde eine umfangreiche Fotodokumentation angefertigt. Neben der Unterteilung in gleichgroße Uferabschnitte zur allgemeinen Zustandsklassifikation wurden für die Planung und die Umsetzung von Maßnahmen zusätzlich Bezugsflächen in Form homogener Uferabschnitte ausgewiesen. Diese sog. Planungsabschnitte wurden bei den Losen von Fa. biota und Fa. Pöyry durch Zuordnung mehrerer Ufersegmente erreicht. Bei den Losen des Planungsteams 2015 wurden sie als von den Segmentgrenzen unabhängige Raumeinheiten neu digitalisiert und auch neu mit den Objekten verschnitten und klassifiziert.

3.3.2.3 Prüfung der Daten und Prüfergebnisse

Insgesamt sind die Bearbeitungen aller Büros nachvollziehbar und schlüssig. Das methodische Vorgehen wurde in allen GEKs detailliert in den Berichten oder Berichtsanhängen dargestellt. Da es zur Zeit der Bearbeitungen noch keine konkreten Vorgaben zur Datenhaltung und des zu haltenden Datenumfanges gab, sind die Geodaten jedoch nicht einheitlich aufgebaut und mitunter recht heterogen im Anlagesystem verteilt und nicht immer leicht zu finden. Durch die Verschiebung von Teil-Daten auf den Datenträgern des LfU verweisen viele Layer in Projektdateien (mxd) auf nicht vorhandene Datenquellen, was eine Überprüfung der Dateiinhalte zusätzlich erschwert. Solche „missing links“ konnten im Rahmen dieses Berichts nicht korrigiert werden. Sie betreffen in erster Linie die Fließgewässer- und allgemeine topografische Daten.

Bezüglich der Zonenabgrenzung, als einem wesentlichen Bearbeitungsschritt bei der Erzeugung der Bezugsflächen des Verfahrens, erscheint bei GEK_GHHK und GEK_UH3 das Eulitoral seewärts systematisch etwas überzeichnet zu sein (Röhrichtgrenze), das Sublitoral mit seinem 5 m Streifen hingegen deutlich zu schmal zu sein. Da im Bereich der Röhrichtgürtel eher von einem naturnahen Ufer ausgegangen werden darf und das Sublitoral in der Regel eher naturnah ist, dürfte die abweichende Abgrenzung der Subzonen durch die unterschiedlichen Bearbeiter hinsichtlich der Berechnung und Bewertung der Uferstrukturgüte einen zu vernachlässigbaren Effekt haben. Im Hinblick auf den gesamten Datenumfang aller GEKs von über 22.000 Subsegmenten konnte eine diesbezügliche Einzelfallprüfung im Rahmen dieser Bearbeitung jedoch nicht vorgenommen werden.

Auch im GEK_Rhin_1_2 traten bei einigen Uferabschnitten offenbar fehlerhafte Pufferungen der Uferlinie auf, die ein zu schmales Eulitoral bedingen und teilweise auch zu Fehlern im Sub- und Epilitoral führen (Abbildung 1). Auch hier gehen wir derzeit nicht von einem nennenswerten Einfluss auf das Resultat der Uferstrukturgüte-Berechnung der betroffenen Subsegmente aus.

In den Losen des ‚GEK Planungsteams 2015‘ lagen in der Datenzusammenstellung des LfU mitunter bestimmte Daten (shp, mdb) nicht vor, die für die Nachvollziehbarkeit des Kartiervorgangs und der Berechnung des Indexwertes von Bedeutung sind. Diese Daten wurden so weit möglich aus eigenen Beständen des Bearbeiters (JO) ergänzt.

Des Weiteren fielen in den übergebenen Datensätzen folgende Sachverhalte auf:

- Für den Pritzberger See im GEK_UH3 fehlen die Geo-Daten für die nordöstliche Landzunge am dortigen Campingplatz (Abbildung 2). Die Landzunge wurde grundsätzlich kartiert und auch im Bericht und den HMS-Index-Berechnungen dargestellt, jedoch lagen die entsprechenden Shape-Dateien dem vom LfU übergebenen Datensatz nicht bei und waren auch nach Rücksprache dort nicht auffindbar. Dies hat in den zusammengestellten Daten dieses Berichtes den Effekt, dass die Anzahl der Subsegmente in der Datenbank größer ist als die Subsegmente im GIS.
- In den GEK_OH1a und GEK_UH3 kommt es zu Überlappungen der Uferzonen eng beieinanderliegender Seen (

- Abbildung 3). Diese Überlappungen wurden in Ermangelung einer diesbezüglichen Verfahrensanweisung nicht aufgelöst. Somit werden reale Flächen mehr als nur *einem* See zugewiesen und können daher, je nach Sichtweise, auch einen unterschiedlichen Index-Wert annehmen.

Abbildung 1:
Fehlerhafte Eulitoral-Abgrenzung (grün) am Gudelacksee (GEK_Rhin_1_2).

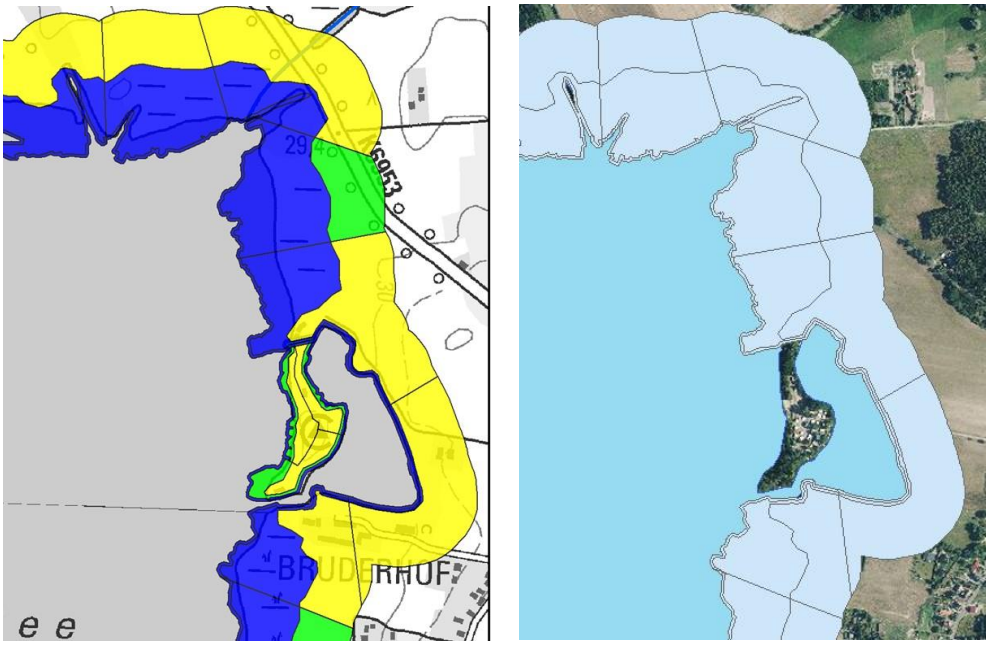

Abbildung 2: Nordostecke des Pritzberger Sees. Im linken Teil der Abbildung aus dem GEK-Bericht ist die mittig gelegene Landzunge kartiert, im Geo-Datensatz des LfU (rechts) ist sie hingegen nicht enthalten.

- In den Shape-Dateien der Subsegmente für das GEK_OH1b (HMS_HvOT1b.shp) befinden sich zahlreiche (>900) Duplikate, die eine direkte Weiterverwendung des Datensatzes im GIS erschweren. Sie wurden im Zuge der Aufbereitung der Daten (Kapitel 3.4) eliminiert, sind im Original-Datensatz jedoch noch enthalten. In einigen Fällen existieren zudem unbeabsichtigte Lücken und Überlappungen zwischen bzw. von benachbarten Subzonen (z. B. Segment 80015812949_0_3 ff) sowie vereinzelt Selbst-Überlappungen von Subsegmentteilen (z. B Subsegmente 8000158146811_0_C3 und _C6).

Bei einigen Subsegmenten handelt es sich um Multi-Part-Polygone, von denen ein Part fälschlicherweise abseits der eigentlichen Ausdehnung des Subsegmentes liegt (z. B. 800015814599_0_C12). Die Geometrien wurden im Rahmen des Projektes nicht bearbeitet bzw. verändert.

- Auch im GEK_Rhin_1_2 sind in mehreren Layern kleinere Geometriefehler enthalten, die zu solchen Lücken oder Splitter-Polygonen führen. Ein Effekt auf die Berechnung der Strukturgüte ist wie im GEK_OH1b auszuschließen, sie verhindern jedoch ebenfalls eine topologisch korrekte Weiterverwendung.
- Bei der schematischen Darstellung des Möllensees bei Grünheide im GEK_LOE wurde das Segment 331 fälschlicherweise als 321 benannt. Somit ist in der kartografischen Darstellung ein falscher Indexwert für dieses Subsegment ausgewiesen.

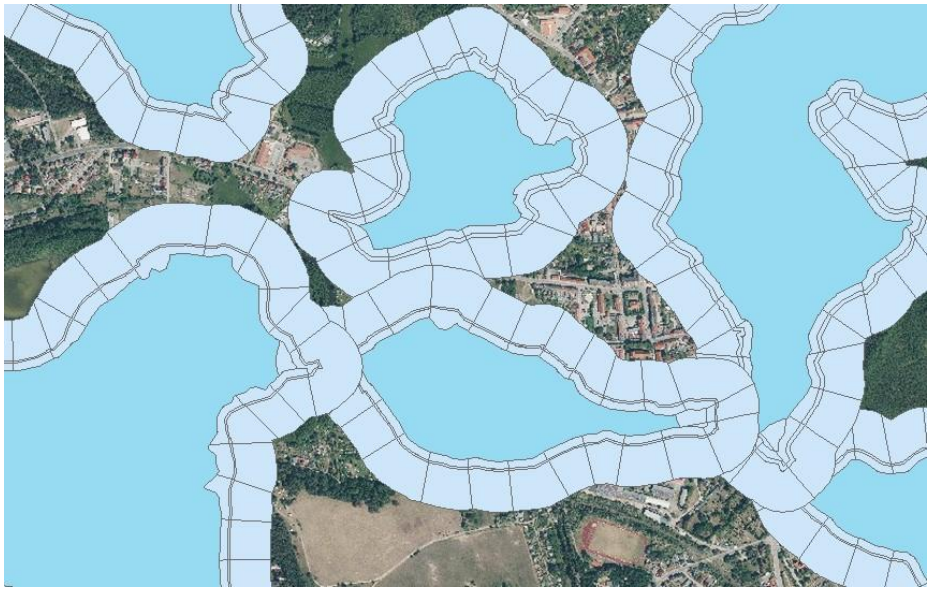

Abbildung 3: Überlappende Seeuferzonen im Bereich der Lychener Gewässer (GEK_OH1b).

3.3.3 Makrophyten-Daten und ergänzende Strukturdaten

3.3.3.1 Beschreibung der Daten

Die Makrophyten-Daten nach dem MIB-Verfahren wurden im Rahmen des EG-WRRL-Monitorings erhoben. An den jeweils untersuchten Seen wurden i.d.R. mehrere Linientransekte untersucht. Die Transekte sind Strecken zwischen dem Anfangspunkt in Ufernähe (Mittelwasserlinie) und dem Endpunkt an der unteren Grenze der Vegetation (UMG). Jeder Transekt bildet eine Messstelle. An jeder Messstelle erfolgt entlang des Transekts eine Unterteilung der Vegetation in Vegetationszonen. Die untere Begrenzung seeseitig bildet die untere Makrophytengrenze (UMG). Zum Ufer hin stellt die MW-Linie die Begrenzung dar. Für das Wiederauffinden des Transektes wurden dessen Anfangspunkt am Seeufer (bei dichten Röhrichtgürteln auch die Grenze des Röhrichtbereiches in Richtung Freiwasser) und das Ende des Transektes mittels GNSS (Global Navigation Satellite System) markiert und die Marschrichtungszahl der Transektausrichtung bestimmt (Päzolt 2007). Für jeden Abschnitt des Transektes wurden die Deckungsgrade aller auftretenden Makrophyten nach der Skala von Londo (1975) geschätzt.

Die Stammdaten jeder Vegetationszone sind:

- ID
- JP-ID
- Seename
- Messstelle
- ID_Abschnitt
- Bezugsjahr
- Datum
- geogr. Positionen der Anfangs- und Endpunkte
- Probenehmer

Zudem werden in jeder Vegetationszone die in Strukturparameter (Korngröße und sonstige Parameter wie z.B. Baumwurzelgeflecht, Muschelschalen, Röhrichtstoppeln, Totholz etc.) erfasst.

Neben den Erhebungsdaten wurden auch Bewertungsdaten nach dem MIB-Verfahren aus der ISWABE-Datenbank übergeben. Hierzu gehören z. B. die Index-Werte der Arten, Index der unteren Makrophytengrenze oder der MIB-Index selbst.

3.3.3.2 Prüfung der Daten und Prüfergebnisse

Die Prüfung der Stammdaten der Messstellen und der Vegetationszonen war Gegenstand der allgemeinen Prüfung. Die fachliche Prüfung erstreckte sich auf die Angaben zur Vegetation (Nomenklatur, Taxonomie, Plausibilitätsprüfung des Deckungsgrades [Σ = 100 %]). Bei den abiotischen Strukturmerkmalen wurde lediglich eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt.

Die fachliche Prüfung der Makrophyten-Daten (s. Kap. 2.3.5) führte zu den in Tabelle 7 aufgeführten Korrekturen.

Neben den Erhebungen der Makrophyten-Taxa und ihres Deckungsgrades, sieht das MIB-Verfahren die Erfassung abiotischer Parameter vor. Hierzu gehören z. B. (i) Angaben zum Sediment (Sand, Röhrichtstoppeln, Detriusmudde, …), (ii) zur Sedimentauflage (Detritus, Muschelschalen, …), (iii) zum Aufwuchs (Grünalgen, Blaualgen…) und (iv) zu Besonderheiten (Müll, Zuflüsse, anthropogene Strukturen…). Diese konnten entweder in einem binären System (vorhanden/nicht vorhanden) erhoben werden, in Form ihrer prozentualen Deckung oder in einer Häufigkeitsklasse (1-5). In der ISWABE-Datenbank wurden diese Angaben auf eine prozentuale Basis umgebrochen. Dies hat zur Folge, dass – zumindest im übergebenen Datensatz – nicht zwischen einer realen Deckung von „1%“ und einer binären Angabe „1=vorhanden“ unterschieden werden kann. Damit alle verfügbaren Daten zur Makrophytendeckung für die statistischen Analysen verwendet werden konnten, wurden für die statistischen Auswertungen feiner aufgelöste Messwerte für die Makrophytendeckung (% Anteile oder semi-quantitative Häufigkeitsklassen) auf binäre Werte (vorhanden/nicht vorhanden) umgerechnet.

Von den in Kap. 3.3.3.1 genannten Bewertungsparametern ist für diesen Bericht vorwiegend der Makrophytenindex Brandenburg (MIB, Parameter BW_74) von Bedeutung. Er liegt für insgesamt 274 der 302 Seen mit Makrophytenuntersuchungen vor. Außerdem kann die untere Makrophytengrenze (UMG) als eigenständiges Merkmal genutzt, obwohl es bereits implizit im MIB enthalten ist. Außerdem wird erwogen, die obere Makrophytengrenze (OMG) als Merkmal heranzuziehen.

Tabelle 7: Erhebung der Makrophyten nach dem MIB-Verfahren (Päzolt, 2007). Stammdaten und erhobene Variable sowie Darstellung der Daten in der projekteigenen Datenbank

Parameter-ID (ISWABE)	bisherige Bezeichnung	Korrekturbedarf	Anmerkungen	Ergebnis
MP_T_1079	*Andromeda polifolia*		amphibische Moorvegetation, wahrscheinlich über MW-Linie	streichen
MP_T_18	Blaualgen		keine Makrophyten	streichen
MP_T_1103	*Carex limosa*		amphibische Moorvegetation, wahrscheinlich über MW-Linie	streichen
MP_T_1004	*Cicuta viros*	Tippfehler		*Cicuta virosa*
MP_T_1087	*Cornus sanguinea*		terrestrische Vegetation	streichen
MP_T_1078	*Drosera rotundifolia*		amphibische Moorvegetation, wahrscheinlich über MW-Linie	streichen
MP_T_96	*Eleocharis accicularis*	Tippfehler		*Eleocharis acicularis*
MP_T_1008	*Eupatorium cannabinu*	Tippfehler		*Eupatorium cannabinum*
MP_T_1108	*Juncus alpinus*	falsches Art-Suffix		*Juncus alpino-articulatus*
MP_T_1130	*Juncus glomeratus*	Tippfehler		*Juncus conglomeratus* streichen
MP_T_1006	*Lysimachia thyrsiflor*	Tippfehler		*Lysimachia thyrsiflora*
MP_T_100	*Menta aquatica*	Tippfehler		*Mentha aquatica*
MP_T_1009	*Nitella translucens*	falsche Bestimmung	liegt außerhalb des Verbreitungsgebietes, Weichwasserhart, Bestimmung falsch	streichen
MP_T_1075	*Pinus sylvestris*		amphibische Moorvegetation, wahrscheinlich über MW-Linie	streichen
MP_T_63	*Potamogeton mucronatus*	ungültiges Art-Suffix		*Potamogeton friesii*
MP_T_128	*Potamogeton* spec.		ohne Artangabe nicht verwendbar (*kann in bestimmten Fällen zu einer vernachlässigbaren Verringerung der Gesamtdeckung führen*)	streichen
MP_T_1122	*Potentille palustris*	Tippfehler		*Potentilla palustris*
MP_T_1057	*Quercus robur*		terrestrische Vegetation	streichen
MP_T_1080	*Rhynchospora alba*		amphibische Moorvegetation, wahrscheinlich über MW-Linie	streichen
MP_T_1003	*Rumex hydrolapathu*	Tippfehler		*Rumex hydrolapathum*
MP_T_1090	*Sambucus nigra*		terrestrische Vegetation	streichen
MP_T_1089	*Sorbus torminalis*		terrestrische Vegetation	streichen
MP_T_107	*Ultracularia australis*	Tippfehler		*Utricularia australis*
MP_T_1091	*Valeriana officinale*	Tippfehler		*Valeriana officinalis*

3.3.3.3 Prüfung der Transekt und Abschnittsdaten

Von den 1722 übergebenen Stammpunkten der Makrophytentransekte fehlten bei 61 die Koordinaten, so dass diese nicht räumlich verortet werden konnten.

Bei den Transekt-Daten nach Jahren gab es etliche Datensätze mit einem Anfangs- aber ohne Endpunkt als auch Datensätze mit einem End- aber keinem Anfangspunkt.

Die außerhalb der ISWABE-Datenbank geführte Tabelle der Transekte stimmte bzgl. der Koordinaten zwar mit jeden der Stammpunkte aus der ISWABE-Datenbank überein, die Endpunkte dieser Transekte müssen wir jedoch insgesamt als in Teilen fraglich bewerten. Sie reichen mitunter bis an das gegenüberliegende Ufer oder führen in einem flachen Winkel vom Ufer ab.

Aus diesem Grund wurden für die weitere räumliche Bearbeitung nur die Stammpunkte der Makrophyten-Transekte nach Kap. 3.1.3 berücksichtigt.

Die „Abschnittsdaten" der Tabelle 3 wurden auf Vollständigkeit und Plausibilität geprüft. Dabei wurden Unterschiede zwischen den Untersuchungsjahren gefunden, die letztlich auf die vorgegebene Erfassungsmethodik zurückgehen.

3.3.4 Makrozoobenthos-Daten und der begleitenden Umweltdaten

3.3.4.1 Beschreibung der Daten:

Die in diesem Projekt verwendeten Makrozoobenthosdaten wurden für die Erstellung und Weiterentwicklung eines eulitoralen Bewertungsverfahrens für Seeufer mittels Makrozoobenthos (AESHNA) erhoben (Michels & Böhmer 2007; Michels 2008; Brauns et al. 2010; Miler et al. 2011, 2013, 2018; resultierende Verfahrensanleitung in Böhmer 2017). Hierbei wurden verschiedene Erhebungsmethoden verwendet.

Bei den Beprobungen in 2007 und 2008 wurden Makrozoobenthosdaten vom Büro Aqualytis (Ute Michels, Waldau; Brandenburg) in einem Transekt-basierten Verfahren erhoben (Michels & Böhmer 2007, Michels 2008). Die daraus resultierenden Makrozoobenthosdaten wurden anschließend in Habitatproben umgerechnet, die mit der *Vorschrift für die standardisierte Probenahme des biologischen Qualitätselements Makrozoobenthos im Litoral von Seen* (Brauns et al. 2013) kompatibel waren und für die Seenbewertung mit AESHNA verwendet werden konnten (Brauns et al. 2010; Miler et al. 2011, 2013, 2018).

In 2019 und 2020 hingegen wurden Makrozoobenthosdaten vom Planungsbüro Hydrobiologie (Reinhard Müller, Berlin) bereits nach der AESHNA-Anleitung (Böhmer 2017) mit der darin enthaltenen Probenahmevorschrift nach Brauns et al. (2013) erhoben, so dass diese mit der Standardmethode für die Seenbewertung AESHNA (Verfahrensanleitung in Böhmer (2017)) ausgewertet werden können.

Sowohl für die 2007/2008 als auch die 2019/2020 erhobenen Makrozoobenthosdaten erfolgte eine Bestimmung mindestens auf das in Brauns et al. (2013) beschriebene Bestimmungsniveau gemäß der Operationellen Taxaliste Seen. Genauer bestimmte Taxa wurden mittels einer von den Bearbeitern (OM, JB) erstellten Zuordnungsliste auf das Niveau der im AESHNA Computertool enthaltenen *Operationellen Taxaliste Seen* gebracht (siehe auch Brauns et al. 2013). Zusätzlich zu den Makrozoobenthosdaten wurden für jede Probestelle Stammdaten (d. h. Probenbegleitdaten) und Umweltparameter erfasst. Die Daten sind in einer MS ACCESS Datenbank mit mehreren Datentabellen enthalten: "Gewaesser", "Standort", "Probenahme", "Taxa_orig", "Bewertung_MZB_Wasserkörper", "Bewertung_MZB_Probe" (siehe Tab. 9, 10, 11, 12, 13). Diese wird von den Bearbeitern des Makrozoobenthosprojektes verwaltet und gepflegt (J. Böhmer, O. Miler).

Die Stammdaten umfassen in erster Linie Orts- und typologische (d.h. Einstufungen der Seen in Seentypen und Einstufungen der Probestellen in Ufertypen für die Bewertung mit AESHNA nach Böhmer 2017, Miler et al. 2011, 2013, 2018) Daten sowie Angaben zur Probenahme (vgl. Tab. 9, 10, 11). Seit 2018 werden in einer Weiterentwicklung von AESHNA drei Ufertypen unterschieden (Miler et al. 2018). Daher wurde bei den 2019 und 2020 durchgeführten Probenahmen bei jeder Probestelle der bewertungsrelevante Ufertyp von den Probenehmern zugeordnet (Grobsubstrat, Feinsubstrat, Schilf/organische Substrate). Bei den Daten aus 2008 und 2009 wurden die Ufertypen aus den Habitatdaten und Fotos der Probenehmer von den Bearbeitern dieser Studie (OM, JB) abgeleitet.

Die gemäß dem Feldprotokoll erhobenen Umweltparameter sind hauptsächlich für die weitere Entwicklung von AESHNA bedeutsam (Miler et al. 2011, 2013, 2018). Daten dazu lagen für die Probenahmen von 2008 und 2009 vor und wurden auf allgemeine Plausibilität und Vollständigkeit geprüft. Dennoch kann eine detail-

Tabelle 8: Wichtigste Felder der Datentabelle „Gewaesser“ (obligatorische in Fettdruck)

Feldname	Inhalt / Beschreibung	Prüfung
GewaesserID	Schlüsselfeld zur eindeutigen Identifizierung des Gewässers	-
Gewaesser	Gewässername	Abgleich mit Liste des Bundeslands
Kennzahl	Gewässerkennzahl	Abgleich mit Liste des Bundeslands
Vorfluter	das unterhalb liegende Gewässer, bzw. Name des Seeausflusses	Kartenabgleich

Tabelle 9: Wichtigste Felder der Datentabelle „Standort“ (obligatorische in Fettdruck)

Feldname	Inhalt / Beschreibung	Prüfung
StandortsID	eindeutiger Code des Probestandorts	Konsistenz
GewaesserID	Zuordnung zur Gewässertabelle	Konsistenz
Typ_Nr	Nummer des LAWA-Seetyps	Plausibilität und Abgleich mit offiziellen Daten
Laengengrad	Längengrad	Umrechnung
Breitengrad	Breitengrad	Umrechnung
Tiefe	mittlere Tiefe in m	Abgleich mit offiziellen Daten
Bemerkungen	freies Bemerkungsfeld	-
Seeflaeche_ha	Seefläche in ha	Abgleich mit offiziellen Daten

Tabelle 10: Wichtigste Felder der Datentabelle „Probenahme“ (obligatorische in Fettdruck)

Feldname	Inhalt / Beschreibung	Prüfung
ProbenID	eindeutiger Code des Probestandorts	Konsistenz
Probencode	Probencodierung des Landes oder aus Berichten.	Abgleich mit Bericht etc.
Probenart	Biokomponente für WRRL oder andere Auswertung, identifiziert die Auswertungsart	Abgleich mit Bericht etc.
StandortsID	eindeutiger Code des Probestandorts	Konsistenz
UP	Untersuchungspunkt (Bezeichnung der Probenahmestelle)	Abgleich mit Bericht etc.
Ufertyp	Ufertyp für AESHNA-Bewertung	Auf Plausibilität; Abgleich mit Bericht etc.
RW_exakt	Koordinaten für genauen Probenpunkt, falls vom generellen Standort abweichend	Abgleich mit Bericht etc.
HW_exakt	Koordinaten für genauen Probenpunkt, falls vom generellen Standort abweichend	Abgleich mit Bericht etc.
Datum	Probenahmedatum	Abgleich mit Bericht etc.
Bearbeiter Probenahme	Name/Institution Probenehmer	Abgleich mit Bericht etc.
Bearbeiter Bestimmung	Name/Institution des taxonomischen Bestimmers	Abgleich mit Bericht etc.
Methode	Probenahmemethode	Abgleich mit Bericht etc.
Bemerkungen	sonstige Bemerkungen	

lierte Prüfung und Korrektur nur von den Probenehmern selber durchgeführt werden, da nur diese die Gegebenheiten an der Probestelle zur jeweiligen Probenahmezeit und zum jeweiligen Probenahmedatum im Detail beurteilen und bestätigen können. Von diesen Umweltparametern wurde die besammelte Fläche in m^2 (inklusive Wassertiefe in cm und Replikatzahl) und die Habitatbeschreibung (Flächenanteil in %) von den Probenehmern zur Berechnung der Makrozoobenthosdichten zu einer Mischprobe verwendet. Physikalisch-chemische Parameter (elektrische Leitfähigkeit in µS/cm, pH-Wert, O_2 Konzentration in mg/L und %, Wassertemperatur in °C, Pegelstand in cm) stellen Punkmessungen dar und sind als Begleitparameter verfügbar, um eventuelle Besonderheiten der Makrozoobenthosgemeinschaft an einer Probestelle zu erklären. Des Weiteren wurde der Nutzungstyp des Ufers und die landwärtige Uferstruktur (20 m landeinwärts) beschrieben. Bei den 2019 und 2020 durchgeführten Probenahmen wurden zusätzlich die Umweltparameter Vegetationsstrukturen und anthropogene Beeinträchtigungen (20 m und 100 m landeinwärts) erhoben. Diese bisher nicht zur Stressorindexberechnung verwendeten Umweltparameter wurden jedoch nur in Miler et al. (2018) explorativ analysiert, um Korrelationen zwischen Makrozoobenthos-Metrics und Stressorindex-Komponenten potenziell zu.verbessern. Ein Teil der erfassten Umweltparameter (Nutzungstyp des Ufers, landwärtige Uferstruktur (20 m landeinwärts), Habitatbeschreibung (Flächenanteil in %),) ist zur Erstellung zweier Stressorindices notwendig, die verwendet werden, um den Seenbewertungsindex AESHNA (i) zu kalibrieren und (ii) weiterzuentwickeln und zu validieren (Brauns et al. 2010; Miler et al. 2011, 2013, 2018). Details zu den erhobenen Umweltparametern sind in Brauns et al. (2013) beschrieben.

Die MZB-Bewertungsergebnisse auf Ebene der Proben und Wasserkörper wurden mit dem von der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft (LAWA) entwickelten (Böhmer 2017, Miler et al. 2011, 2013, 2018) und auf EU-Ebene interkalibrierten (Böhmer et al. 2014) AESHNA Bewertungstool neuberechnet (http://gewaesserbewertung.eu/downloads, https://www.gewaesser-bewertung.de/index.php?article_id=178&clang=1; Tab. 11, 12), um Übertragungsfehler aus den Berichten und unnötigen Aufwand zu vermeiden.

Tabelle 11: Wichtigste Felder der Datentabelle „Taxa_orig“ (obligatorische in Fettdruck)

Feldname	Inhalt / Beschreibung	Prüfung
ProbenID	eindeutiger Code des Probestandorts	Konsistenz
ID_ART	eindeutiger Taxoncode: - für MZB nach EUROLIMPACS/AQEM, - negative DV-Nr, wenn kein Code existiert	Auf Übereinstimmung mit DV-Nr und Taxonname
DV-Nr	eindeutiger Taxoncode nach der offiziellen deutschen Taxaliste; negative ID_ART, wenn kein Code existiert	Auf Übereinstimmung mit ID_ARTund Taxonname
Taxon	Name des Taxons nach Angabe des Bestimmers	Auf Übereinstimmung mit ID_ART und DV-Nr
IZ	Individuenzahl, hier alle in Individuen/m^2	Plausibilität
HK	Häufigkeitsklasse	keine Prüfung, weil neuberechnet aus IZ
Stadium	Entwicklungsstadium/Erscheinungsform; notwendig für Makrophyten und Fische, hilfreich bei Makrozoobenthos	-

Tabelle 12: Wichtigste Felder der Datentabellen „Bewertung_MZB_Wasserkörper“ sowie „Bewertung_MZB_Probe“ (alle obligatorisch; zahlreiche weitere Metrics hier nicht gelistet).

Feldname	Inhalt / Beschreibung	Prüfung
ProbenID	eindeutiger Code der Probestelle	Nicht notwendig, da in der Datenbank zugeordnet
UP	Untersuchungspunkt (Bezeichnung der Probenahmestelle)	Nicht notwendig, da in der Datenbank zugeordnet
Datum_Probe	Datum der Probenahme	Nicht notwendig, da in der Datenbank zugeordnet
Datum_Bewertung	Datum der Berechnung der Bewertungsergebnisse	Nicht notwendig, da in der Datenbank zugeordnet
Typ	LAWA-Seetypnummer aus Tab. Standort (für Seen S_ + Typnummer)	Nicht notwendig, da in der Datenbank zugeordnet
Ufertyp	Ufertyp für AESHNA-Bewertung	Nicht notwendig, da in der Datenbank zugeordnet
OT	Berechnung nach Anpassung der Taxaliste an das Bestimmungsniveau der operationellen Taxaliste	Nicht notwendig, da in der Datenbank zugeordnet
Taxazahl	Anzahl Taxa	Nicht notwendig, da von der Datenbank berechnet
MMI	Multimetrischer Index von 0= schlecht bis 1= sehr gut (AESHNA)	Nicht notwendig, da von der Datenbank berechnet
Zustandsklasse	Ökologische Zustandsklasse Makrozoobenthos (AESHNA)	Nicht notwendig, da von der Datenbank berechnet
und viele weitere Metrics	…	Nicht notwendig, da von der Datenbank berechnet

3.3.4.2 Prüfung der Daten/Prüfergebnis:

Die Prüfung auf Vollständigkeit ergab einiges an fehlenden Daten, jedoch konnten alle bewertungsrelevanten Daten nacherhoben werden (z.B. vollständig fehlende Ufertypen der Probenahmestellen welche für die Bewertung nach AESHNA notwendig sind (Böhmer (2017), https://www.gewaesser-bewertung.de/index.php?article_id=178&clang=1).

Die Daten waren weitgehend widerspruchsfrei, so dass nur einige kleinere Koordinaten-, Namens- und Code-Korrekturen vorgenommen werden mussten. Ferner wurde einem nicht in der operationellen Taxaliste vorkommenden Taxon („*Dreissena rostriformis*“ der Taxacode für „*Dreissena* sp.“ zugeordnet.

Letztlich konnten alle Datensätze verwendet werden, auch wenn nicht alle Datenfelder komplett waren, denn alle unbedingt notwendigen Datenfelder konnten nacherhoben werden. Der geprüfte Datensatz befindet sich lokal bei den Bearbeitern des Projektteils ‚Makrozoobenthos‘ (OM, JB) und wurde dem Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Taxonomische Einstufungen gemäß *Operationeller Taxaliste Seen* (Brauns et al. 2013) sind mit der zusätzlichen Spalte _OT gekennzeichnet.

3.4 Aufbereitung, Zusammenführung und Übergabe der geprüften Daten

Die vom LfU übergebenen bzw. selbst zusammengetragenen Daten bestehen wie beschrieben aus einer Vielzahl von Dateien innerhalb einer festgelegten Ordnerstruktur (Kapitel 3.1), weiterhin aus Auszügen der ISWABE-Datenbank in Form tabellarischer Probennahme- und Bewertungsdaten sowie ergänzenden Stamm- und Bewertungsdaten zu berichtspflichtigen Seen. Daten zum Makrozoobenthos würden aus eigenen Beständen ergänzt (JB) und liegen strukturiert in einer Access-Datenbank (mdb) vor.

Dateien und Ordner der GEK-Bearbeitungen wurden, wie bereits beschrieben, durchgesehen, geordnet, in Teilen ergänzt und liegen nun in einer aufgeräumten und eindeutigen Struktur im Dateisystem auf microSD-Karte vor (Kapitel 3.1.2).

Die weiteren vom Auftraggeber übergebenen Dateien zu MZB, MPH und ACP wurden zu dokumentarischen Zwecken als unbearbeitete Originale ebenfalls auf dieser microSD-Karte abgelegt.

Unterhalb dieser Dateiebene erfolgte eine Aufbereitung und Zusammenführung von Datei-Inhalten in eine zentrale Datenbank bzw. ein zentrales GIS-Projekt:

A) Tabellarische Sachdaten wurden in einer gemeinsamen Access-Datenbank zusammengeführt (vgl. Kapitel 2.3.7):

1) ACP-Daten wurden dabei unverändert übernommen.
2) MPH-Daten (Parameter-Stamm- und konkrete Einzeldatensätze) wurden unverändert beibehalten, aber die vorgeschlagenen Änderungen der fachlichen Prüfung wurden in einem Zusatzfeld gekennzeichnet (Kapitel 3.3.3).
3) MZB-Daten lagen ebenfalls bereits in einer strukturierten Form vor (vgl. Kapitel 3.3.4). Sie bestehen aus Angaben zu den Probennahmenpunkten, den gefundenen Taxa und den aggregierten Bewertungsdaten für den gesamten See. Eine Bearbeitung erfolgte hier lediglich im Bereich der angegebenen Koordinaten der Messpunkte. Diese lagen uneinheitlich in Längen- und Breitengraden sowie in unterschiedlich langen UTM-Koordinaten vor (6-, 7-, und 8-stellig). Diese Positionsangaben wurden einheitlich auf das amtliche KBS EPSG 25833 (ETRS89/UTM33N) gebracht. Abschließend wurden alle relevanten MZB-Daten zusätzlich in eine ISWABE-kompatible Form überführt.
   a) Am Geronsee lagen zudem für die Probennahmenpunkte UP 1256 bis 1259 keine Koordinaten vor. Die Positionen wurden hier per Augenmaß aus den Berichten abdigitalisiert.
   b) Der Identifikator „UP“ war in zwei Fällen doppelt vergeben (UP 215 und UP 211). Aus diesem Grund wurde der zusätzliche Identifikator MZB_ID (vormals MMM_ID) eingeführt, der alle Probennahme-Positionen eindeutig kennzeichnet.
   c) Für die nachfolgenden statistischen Analysen wurden die MZB-Probennahme-Stellen soweit möglich und sinnvoll dem nächstgelegenen Makrophytentransekt sowie einem hydromorphologischen Segment zugeordnet.
   d) Die Beprobungen an den UP 102 und 188 wurden von der weiteren Bearbeitung ausgeschlossen, da es berechtigte Zweifel an der Richtigkeit der Zuordnung der Erhebungsdaten zu diesen Untersuchungspositionen gab. Der Ausschluss erfolgt dabei lediglich durch einen Bool-Flag, nicht durch Löschung, ist also jederzeit revidierbar, insofern sich die Annahme als unrichtig erweisen sollte.

B) **Uferstruktur-Daten mit Raumbezug** (shp) befanden sich zerstreut, teilweise redundant und in unterschiedlicher Struktur als Anlagen der GEK-Berichte in zahlreichen unterschiedlichen Unterordnern. Um sie zu vereinheitlichen, wurden sie zunächst in eine gemeinsames GIS-Datei geladen und hinsichtlich ihrer Attribute auf einen kleinsten gemeinsamen Nenner vereinheitlicht. Hierzu wurden in jeder Ausgangs-Datei Schlüsselfelder für die

- JP_ID
- HMS_ID
- HMS_Zone sowie die
- neue HMS_Subsegment_ID (s. u.)

angelegt und berechnet. In Einzelfällen musste auch der HMS-Indexwert manuell aus den GEK-Berichten resp. ihren Anhängen nachgetragen werden.

Die HMS-Zonen setzen sich dabei aus der HMS_ID zusammen, ergänzt um einen Suffix,“*_T*”. Hierbei steht T für die einstellige Abkürzung der Subzonen mit:

A – Sublitoral

B – Eulitoral

C – Epilitoral

Bsp: ***80001588143_0_A*** für das Sublitoral des Braminsees

Die Subsegmente werden durch die HMS-Subsegment-ID eindeutig gekennzeichnet. Diese setzt sich zusammen aus der HMS-Zone, der eine fortlaufende Segmentnummer angehängt wird (Nummernzyklus pro See).

Bsp: ***80001588143_0_A18*** für das Sublitoral-Subsegment im 18. Segment des Braminsees.

Abschließend wurden alle Subsegment-Geometrien in eine gemeinsame Shape-Datei kopiert. Aus dieser Datei wurde mittels des GIS-Befehls *dissolve* (über die HMS-Subzone) eine weitere Datei für die Subzonen erzeugt, welche zur Darstellung der HMS-Indexwerte, der Zustandsklasse nach WRRL sowie des Defizits einer gesamten Subzone dient. Zur Index-Berechnung wurden die relevanten Attributdaten der Subsegment-Shape-Dateien in eine Access-Datenbank importiert und dort der arithmetische Mittelwert über die Subsegmente gebildet.

Zur Vereinheitlichung der Zustandsklasse nach WRRL sowie des Defizits wurde eine Neuberechnung über den Impactwert anhand der im HMS-Detailverfahren dargestellten Skala durchgeführt. Die Unterschiede zur alten Skala sind in Abbildung 4 dargestellt.

Strukturgütestufen nach dem HMS-Index		Zustandsklasse nach WRRL	Defizit
Stufe	Bezeichnung		
I_{SSG} = 1,00 ÷ 1,50	naturnah, unverändert	1	+1
I_{SSG} = 1,51 ÷ 2,00	sehr gering verändert	2	0
I_{SSG} = 2,01 ÷ 2,50	gering verändert		
I_{SSG} = 2,51 ÷ 3,00	deutlich verändert	3	-1
I_{SSG} = 3,01 ÷ 3,50	stark verändert	4	-2
I_{SSG} = 3,51 ÷ 4,00	sehr stark verändert	5	-3
I_{SSG} = 4,01 ÷ 4,50	übermäßig verändert		
I_{SSG} = 4,51 ÷ 5,00	technisch, lebensfeindlich		

HMS-Beeinträchigungsindex		Zustandsklasse nach WRRL	Defizit
Index-Klasse	Bezeichnung		
I_{SZ} = 1,00 - <1,50	naturnah, unverändert	sehr guter uferstruktureller Zustand	+1
I_{SZ} = 1,50 - <2,00	sehr gering verändert		
I_{SZ} = 2,00 - <2,50	gering verändert	guter uferstruktureller Zustand	0
I_{SZ} = 2,50 - <3,00	deutlich verändert	mäßiger uferstruktureller Zustand	-1
I_{SZ} = 3,00 - <3,50	stark verändert	unbefriedigender uferstruktureller Zustand	-2
I_{SZ} = 3,50 - <4,00	sehr stark verändert	schlechter uferstruktureller Zustand	-3
I_{SZ} = 4,00 - <4,50	übermäßig verändert		
I_{SZ} = 4,50 - 5,00	technisch, lebensfeindlich		

Abbildung 4: Unterschiedliche Skalen zur Berechnung der WRRL-Zustandsklasse und des in BB genutzten Defizit-Wertes. Oben: alte Skala des erweiterten HMS-Verfahrens (2012), unten: neue Skala des HMS-Detailverfahrens (Ostendorp & Ostendorp 2014). Die Subzonen (SZ) werden grundsätzlich nach dem gleichen Schema klassifiziert wie die Subsegmente ((SSG).

Als Produkte stehen somit (i) die **Datenbank** und (ii) ein **ArcMap/QGIS-Projekt** (mxd/qgz) mit den beiden bereinigten Shape-Dateien zur Verfügung, welche die Datenbestände aller GEKs vereinen: Zum einen die Subzonen zur Darstellung der Strukturgüte und des Defizits auf Wasserkörperebene, zum anderen die Subsegmente zur Darstellung derselben auf Uferabschnittsebene (Segment). Die Darstellung auf Wasserkörperebene

dient v. a. der kleinmaßstäblichen Übersicht und Vermittlung auf Landesebene, die Darstellung auf Segmentebene ist für die weitere statistische Bearbeitung wichtig.

Die Attributdaten der Subsegmente und Subzonen wurden zur einfachen Weiterverarbeitung zusätzlich als Bewertungsdaten in die **ISWABE**-Struktur überführt. Planungsabschnitte und die strukturgebenden Objekte wurden auftragsgemäß nicht behandelt, ebenso kein Uferverbau oder sonstige Detail-Layer.

Äquivalent zu den Subsegmenten wurden auch die Shape Files der **Fotodokumentationen** in einer Hauptdatei (shp) vereinigt. Für die Zusammenführung der einzelnen Shape-Dateien der jeweiligen GEKs wurde zunächst deren Datenstruktur („Attribute“) auf einen kleinsten gemeinsamen bzw. den minimal notwendigen Nenner vereinheitlicht. Anschließend wurden die einzelnen Datensätze der Dateien in einer gemeinsamen Shape-Datei zusammengeführt.

Die zugehörigen Fotos der Fotodokumentation wurden redundant zu der Originaldateistruktur der GEK-Bearbeitung in einem gemeinsamen Ordner abgelegt. Die Fotodokumentation kann somit auch als eigenständiges Produkt unabhängig von der Ordnerstruktur der GEK-Hauptdaten verwendet und z. B. leicht in die Auskunftsplattform Wasser des LfU (APW) integriert werden[7].

3.5 Bestandsaufnahme potenziell zu bearbeitender Seen und Nachkartierungen

3.5.1 Bestandsaufnahme

Die o. g. Informationen wurden in einer Tabelle zusammengestellt, die neben den Stammdaten der Seen auch die nach Untersuchungsjahr gegliederten Angaben darüber enthielt, ob ACP-, HyMo-, MPH- und MZB-Erhebungen vorliegen (x). Auf diese Weise wurden 379 Seen erfasst, von denen hier die WRRL-berichtspflichtigen Seewasserkörper und die Seen des Kleinseen-Monitoringprogramms von Interesse sind. Für diese beiden Gruppen liegen nahezu geschlossen sowohl ACP-Daten als auch MPH-Daten vor, während die HYMO-Daten und v. a. die MZB-Untersuchungen sehr lückig sind. Im Falle der HYMO-Untersuchungen erstrecken sie sich auch auf die „sonstigen Seen“, für die ACP- und MPH-Daten fehlen und die daher im Folgenden nicht berücksichtigt wurden.

Von besonderem Interesse sind diejenigen Seen der beiden Monitoringprogramme, für die Daten *mehrerer* Parametergruppen vorliegen. Danach lassen sich verschiedene Schnittmengen bilden (Abbildung 5). So liegen für 16 Seen alle vier Parametergruppen mit zumindest einer Erhebung in einem Untersuchungsjahr vor. In allen anderen Fällen fehlt mindestens eine Parametergruppe.

Die genannte Schnittmenge aus 16 Seen stellt gewissermaßen den wertvollsten Datensatz dar, da hier alle vier relevanten Parametergruppen simultan ausgewertet werden können. Für die partielle Auswertung von ACP, HYMO und MPH stehen immerhin 76 Seen zur Verfügung, für andere Auswertungen mit MZB dagegen nur 16 Seen.

Die jeweils erfassten Seen sind regional unterschiedlich verteilt (Abbildung 6). Die Seen mit MPH-Erhebungen entsprechen der Seengruppe, für die auch ACP-Daten vorliegen. Sie sind entsprechend der naturräumlichen Voraussetzungen über das gesamte Landesgebiet verteilt. Auch bei den Seen mit MZB-Erhebungen ist eine breite, wenn auch lückige regionale Streuung zu erkennen. Hingegen konzentrieren sich die Seen mit HYMO-Erhebungen auf das nördliche Landesgebiet. Gleichzeitig wird die geringe Überlappung von MZB- und HYMO-Erhebungen deutlich.

[7] https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/wasser/wasserfachdaten/auskunftsplattform-wasser/

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass mit Ausnahme von ACP und MPH keine landesweiten Erhebungen durchgeführt wurden, die auf einen vollständigen Datensatz aller Parametergruppen abzielen. Das gilt insbesondere für MZB, wobei hier nur knapp 9,4 % aller Seen aus den beiden Monitoring-Gruppen erfasst wurde.

bisher erfasst:
378 Seen (davon 2 in MV)
… davon:
- 198 WRRL-berichtspflichtig
- 110 im "kleine Seen-Programm"
- 70 sonstige Seen (Gründe für die Auswahl nicht bekannt, 2 in MV)

von 378 Seen:
- 301 mit ACP-Erfassung u. Klassifikation (Trophie-Index)
- 159 mit HyMo/Uferstruktur-Erfassung u. Klassifikation (2 in MP)
- 301 mit MPH-Erfassung, davon 274 mit Klassifikation (nur: MIB)
- 39 mit MZB-Erfassung u. Klassifikation

von 378 Seen:

• HyMo ∩ ACP ∩ MPH ∩ MZB :	29 Seen	("Kern-Datensatz")
• HyMo ∩ ACP ∩ MPH:	89 Seen	("MPH-Datensatz")
• HyMo ∩ MZB:	29 Seen	(s. o.)
• HyMo ∩ ACP ∩ MZB:	29 Seen	(s. o.)
• ACP ∩ MPH ∩ MZB:	38 Seen	("ACP-Datensatz")

Abbildung 5: Bestandaufnahme der in den GEKs in Brandenburg verfügbaren Untersuchungen der allg. chemisch-physikalischen Parameter (ACP), der hydromorphologischen bzw. uferstrukturellen Kartierungen (HyMo), der Makrophyten-Erhebungen (MPH) und der Makrozoobenthos-Probennahmen (MZB).

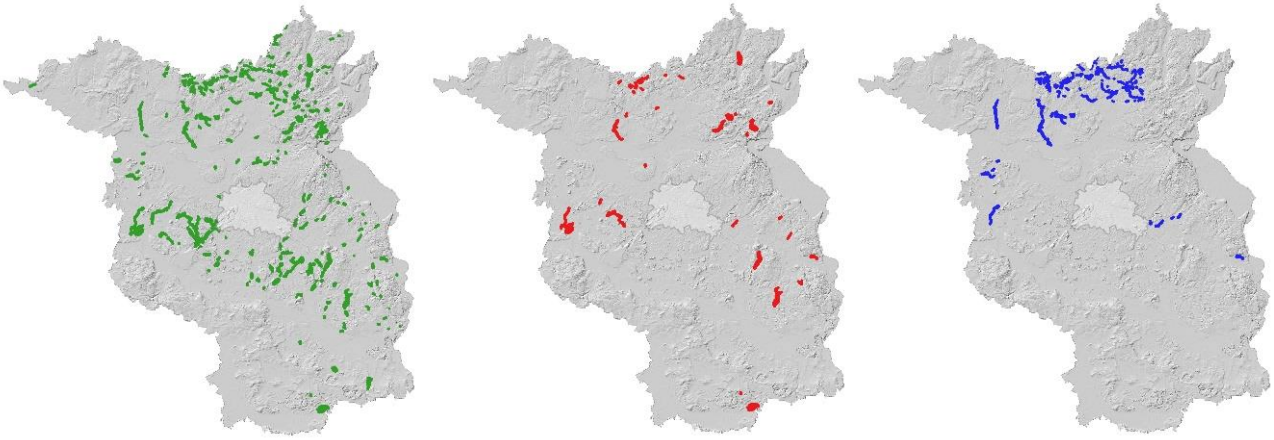

Abbildung 6: Regionale Verbreitung der (a) Makrophyten-Erhebungen (MPH), (b) der Makrozoobenthos-Probennahmen (MZB) und der (c) Uferstruktur-Erhebungen an WRRL-berichtspflichtigen Seewasserkörpern sowie an Seen des Kleinseen-Monitorings. Die MPH-Erhebungen sind weitgehend deckungsgleich mit den ACP-Monitoring. Kartenhintergrund: DGM200 © GeoBasis-DE / BKG 2022.

3.5.2 Nachzukartierende Seen

Die Bestandsaufnahme hatte ergeben, dass der „Kerndatensatz“ (Seen mit ACP ∩ HyMo ∩ MPH ∩ MZB) nur 16 Seen umfasst. Daher wurde empfohlen, weitere Seen uferstrukturell zu erfassen, um den Stichprobenumfang zu erhöhen. Ziel war, jeden LAWA-Seetyp einschl. der von uns definierten Klasse „Kleinseen“ mit 5 bis 7 Seen zu repräsentieren. Dazu wurden nach einem geschichteten Zufallsverfahren 14 weitere Seen ausgewählt. Die Uferstruktur-Kartierungen erfolgten nach einem vereinfachten Verfahren entsprechend dem HMS-Punktverfahren (vgl. Ostendorp & Ostendorp 2014). Es berücksichtigt dabei nicht die Uferzone in ihrer gesamten Länge, sondern nur einen Bereich von je ca. 500 m Länge (5 x 100 m Abschnitte) beiderseits der jeweiligen MZB-Probenahmestellen bzw. der MPH-Erfassungstransekte. Wir gehen davon aus, dass sich Uferstruktur-Veränderungen jenseits dieser Entfernung nicht mehr signifikant auf die MZB-Struktur und das Ergebnis der MPH-Erfassung auswirken.

Die Nachkartierung der oben genannten Seen wurde zwischenzeitlich durchgeführt (Ostendorp 2024). Insgesamt liegen nun 29 Seen vor, in denen jeweils mindestens vier Stationen (für Daten aus HYMO, MPH, MZB) sowie die Hauptmessstelle für ACP zur Verfügung stehen („Kerndatensatz“). Damit sind fünf der sechs Seetypen-Klassen mit fünf bis acht Seen vertreten, lediglich für den Typ 14 „polymiktischer Tieflandsee m. relativ kleinem EZG“ standen nach wie vor nur drei Seen zur Verfügung.

4 Repräsentation der Einflüsse durch die Schifffahrt im Datensatz

4.1 Fragestellung, Methodik, Datenbasis

Der ausgewählte Datensatz (vgl. Abbildung 5) wurde dahingehend untersucht, ob er die potenziellen Einflüsse der Schifffahrt repräsentativ widerspiegelt, d. h. ob der Anteil der Erhebungen (Uferstruktur, Makrophyten) bzw. der Probennahmen (Makrozoobenthos) an schiffbaren/nicht schiffbaren Seen dem Anteil dieser Seen an Zahl aller Seen in Brandenburg entspricht. Schiffbare Seen sind solche, die als Wasserstraße (Bundeswasserstraße, BWS oder Landeswasserstraße, LWS) ausgewiesen sind. Die Liste schiffbarer Seen Brandenburgs (Shape-Datei basierend auf der Datei seen25.shp, s.o.) wurde durch das Landesamt für Umwelt Brandenburg bereitgestellt (Bearbeitung Herr Darshan Neubauer, Ref. W26).

Die Ergebnisse (s. u.) wurden nach Größenklassen der Seen in Brandenburg differenziert. Als unterste Klassengrenze wurde $A_O = 0{,}01$ km^2 gesetzt. Klassierungskriterium war der dekadische Logarithmus der Seefläche (m^2) nach der Datei seen25.shp, wobei eine Klassengrenze genau bei 0,5 km^2 lag und damit WRRL-berichtspflichtige von nicht berichtspflichtigen Seen und Flussseen trennte.

4.2 Ergebnisse

Brandenburg besitzt 3.298 Seen mit einer Größe von mindestens $A_O = 0{,}01$ km^2. Darin eingeschlossen sind künstliche Abgrabungsseen und Teiche. Von den insgesamt 231 Seen mit $A_O \geq 0{,}5$ km^2 (Klassen E, F, G in Tabelle 13) sind 194 WRRL-berichtspflichtige See; die verbleibenden 37 Seen, zumeist Tagebauseen, sind aus unterschiedlichen Gründen nicht berichtspflichtig. Vier Seen liegen teilweise im Land Berlin, werden aber von Brandenburg verwaltet. Da hier nur die auf das Land Brandenburg entfallende Seefläche berechnet wurde, sind diese (Teil-)Seen in der Kategorie D enthalten. Insgesamt ergeben sich also 198 berichtpflichtige Seen.

Kleinere Seen sind bedeutend häufiger als größere Seen (Tabelle 13). Die in jeder Klasse enthaltenen Seeflächen-Summen nehmen mit zunehmendem Klassenmittelwert zunächst stark, dann für E bis G ($A_O \geq 0{,}5$ km^2) nur noch geringfügig zu. Kleine Seen besitzen, bezogen auf ihre Fläche, eine längere Uferlinie. Die in jeder Klasse

enthaltene Summe der Uferlinien aller Seen nimmt mit zunehmendem Klassenmittelwert ab. Dieser Umstand betont noch einmal die Bedeutung kleiner Seen für die Land-/Wasser-Übergangszone (Seeufer-Ökoton).

Damit ergeben sich hinsichtlich der Relevanz der Schifffahrt auf Seen mehrere Betrachtungsebenen: Anzahl der Gewässer, Summe der Seeflächen (A_O) und Summe der Uferlinien (U) der betroffenen Gewässer innerhalb jeder Größenklasse.

Insgesamt sind 108 Seen als Wasserstraßen ausgewiesen, davon 80 als Bundeswasserstraße und 28 als Landeswasserstraße (Tabelle 13). Zumeist handelt es sich dabei um vergleichsweise große Seen in den Klassen E, F und G ($A_O \geq 0{,}5$ km^2). In diesen Klassen liegt der Anteil zwischen 24 % und 48 %. Kleine Seen der Klassen A bis C ($A_O < 0{,}158$ km^2) sind nur in Ausnahmefällen betroffen; für sie spielen Einflüsse der Schifffahrt schon aus diesem Grund keine Rolle. Die Klasse D stellt mit 21 See entsprechend einem Anteil von 5,6 % einen Übergangsbereich dar.

Betrachtet man die potenziell durch Schifffahrt betroffene Uferlinie, so ergibt sich ein ähnliches Bild. In den Größenklassen E, F und G ($A_O \geq 0{,}5$ km^2) liegt der Anteil der potenziell betroffenen Uferlinie bei 26 % bis 56 %, in den kleineren Gewässern (Klassen A, B, C) dagegen unter 2 %. In gleicher Weise verhält es sich mit den durch Schifffahrt betroffenen Seeflächen. Die Gründe dürften in der Natur von Wasserstraßen liegen, die weit entfernte Punkte miteinander verbinden und dabei auf lange Streckenabschnitte in großen Seen angewiesen sind.

Es bleibt damit festzuhalten, dass die Fracht-, Fahrgast- und Sportschifffahrt überwiegend für die WRRL-pflichtigen Seen relevant ist, während dieser Faktor für kleineren Seen insgesamt keine Bedeutung hat. Folglich wird das Merkmal „Wasserstraße“ (ja/nein) in die Prädiktorenliste für die statistischen Auswertungen aufgenommen.

Tabelle 13: Häufigkeit von schiffbaren und nicht schiffbaren Seen in Brandenburg, differenziert nach Größenklassen (A bis G, Basis: $\log_{10}$ (A_O, m^2)). Die Kategorie D enthält 4 Seen, die teilweise im Land Berlin liegen; hier wurde nur der brandenburgische Flächenanteil zu Grunde gelegt.

	Größenklasse						
	„kleine Seen“: $A_O < 0{,}5$ km^2				„große Seen“: $A_O \geq 0{,}5$ km^2		
	A	B	C	D	E	F	G
untere / obere Klassengrenze A_O (km^2)	≥0,01 / < 0,016	0,016 / < 0,050	0,050 / < 0,158	0,158 / < 0,500	0,500 / < 1,581	1,581 / < 5,000	5,000 / < 15,812
Anzahl Seen (gesamt) (WRRL-berichtspfl. Seen)	762 (0)	1244 (0)	684 (0)	377 (4)	142 (118)	68 (61)	21 (15)
Fläche A_O (km^2), Summe	9,52	34,64	60,36	104,86	121,80	175,63	176,71
Uferlinie U (km), Summe	466	1157	1122	1235	955	940	580
Fläche A_O (km^2), M ± SD	0,012 ± 0,002	0,028 ± 0,009	0,088 ± 0,029	0,278 ± 0,095	0,858 ± 0,310	2,583 ± 0,872	8,415 ± 2,775
Uferlinie U (km), M ± SD	0,6 ± 0,2	0,9 ± 0,4	1,6 ± 0,6	3,3 ± 1,5	6,7 ± 2,8	13,8 ± 5,7	27,6 ± 11,3
Anzahl (Prozent) der schiffbaren Seen	0 (0 %)	1 (0,1 %)	13 (1,9 %)	21 (5,6 %)	34 (23,9 %)	29 (42,7 %)	10 (47,6 %)
davon: Anzahl BWS	0	1	10	16	26	21	6
davon: Anzahl LWS	0	0	3	5	8	8	4
Fläche der schiffbaren Seen A_O (km^2), (% aller Seen)	0 0	0,05 (0,1 %)	1,34 (2,2 %)	6,31 (6,0 %)	31,98 (26,3 %)	77,74 (44,3 %)	94,49 (53,5 %)
Uferlinie der schiffbaren Seen U (km), (% aller Seen)	0 (0,0 %)	2 (0,2 %)	23 (2,0 %)	72 (5,8 %)	248 (26,1 %)	414 (44,0 %)	325 (56,0 %)

Die tatsächlichen Anteile von schiffbaren Seen in den einzelnen Größenklassen werden teils nur unzureichend durch die Erhebungen der Uferstruktur und der Makrophyten bzw. die Probennahmen des Makrozoobenthos repräsentiert (Tabelle 14) Fasst man jedoch die Größenklassen zu (i) zumeist WRRL-berichtspflichtigen „großen“ (Klassen E, F, G) und (ii) i. A. nicht berichtspflichtigen „kleinen“ Seen (Klassen A, B, C, D) zusammen, sieht das Bild folgendermaßen aus:

- In der Klasse der „großen“ Seen sind 31,6 % schiffbare Seen enthalten, die durch 35 Uferstrukturerfassungen (42,7 % aller Erhebungen) repräsentiert werden. In den Makrophyten-Erhebungen waren 38,5 % schiffbare Seen vertreten und in den Makrozoobenthos-Probennahmen betrug der Anteil 37,8 %. In allen drei Fällen waren schiffbare Seen also leicht überrepräsentiert.
- In der Klasse der „kleinen“ Seen sind 1,1 % schiffbare Seen enthalten, die durch 18,8 % aller Uferstruktur-Erhebungen, 3,4 % aller Makrophyten-Erhebungen und durch 0 % aller Makrozoobenthos-Probennahmen repräsentiert werden. Hier kann folglich nicht von einer repräsentativen Erhebung bzw. Probennahme gesprochen werden.

Für die WRRL-berichtspflichtigen Seen sind die Datensätze einigermaßen unverzerrt, für die kleineren Seen wird jedoch eine starke Verzerrung (*bias*) sichtbar, in dem die Größenklassen nicht proportional erfasst wurden. Hinzu kommt, dass die „großen“, i. A. WRRL-berichtpflichtigen Seen deutlich vollständiger erfasst sind als die „kleinen“ Seen. Hier liegen für 3067 Seen nur 69 uferstrukturelle Bearbeitungen, 87 Makrophyten-Erhebungen und 2 Makrozoobenthos-Probennahmen vor, während die 231 „großen“ Seen immerhin zu 35,5 % uferstrukturell, zu 81,0 % bzgl. der Makrophyten und zu 16,0 % durch Makrozoobenthos-Probennahmen erfasst sind.

Wir schlagen daher vor, den auszuwertenden Datensatz auf die Größenklassen D bis G zu beschränken. Die A_O-Spannweite der betrachteten Seen umfasst somit zwei Zehnerpotenzen. Dadurch werden alle Makrozoobenthos-Probennahmen berücksichtigt.

Tabelle 14: Verteilung der Erhebungen (Uferstruktur, Makrophyten) bzw. Probennahmen (Makrozoobenthos) über die Größenklassen ($\log_{10}$ (A_O, m^2) und die Schiffbarkeit der Seen mit $A_O \geq 0{,}01$ km^2 in Brandenburg.

	Größenklasse						
	„kleine Seen“: $A_O < 0{,}5$ km^2				„große Seen“: $A_O \geq 0{,}5$ km^2		
	A	B	C	D	E	F	G
untere / obere Klassengrenze (km^2)	≥0,01 / < 0,016	0,016 / < 0,050	0,050 / < 0,158	0,158 / < 0,500	0,500 / < 1,581	1,581 / < 5,000	5,000 / < 15,812
Anzahl Seen in Brandenburg	762	1244	684	377	142	68	21
Anzahl (Prozent) schiffbare Seen	0 (0 %)	1 (0,1 %)	13 (1,9 %)	21 (5,6 %)	34 (23,9 %)	29 (42,7 %)	10 (47,6 %)
Uferstrukturerfassung (HMS) (schiffbare Seen)	0 (0 %)	0 (0 %)	1 (5 %)	12 (33 %)	17 (33 %)	13 (52 %)	5 (83 %)
Uferstrukturerfassung (HMS) (nicht schiffbare Seen)	3 (100%)	10 (100 %)	19 (95 %)	24 (67 %)	34 (67 %)	12 (48 %)	1 (17 %)
Makrophyten (MIB-Index) (schiffbare Seen)	0 (0 %)	0 (0 %)	1 (6 %)	2 (3 %)	33 (29 %)	29 (52 %)	10 (63 %)
Makrophyten (MIB-Index) (nicht schiffbare Seen)	1 (100 %)	4 (100 %)	17 (94 %)	63 (97 %)	82 (71 %)	27 (48 %)	6 (37 %)
Makrozoobenthos (schiffbare Seen)	0	0	0	0 (0 %)	6 (27 %)	1 (17 %)	7 (78 %)
Makrozoobenthos (nicht schiffbare Seen)	0	0	0	2 (100 %)	16 (73 %)	5 (83 %)	2 (22 %)

Die Tabelle 15 gibt einen ergänzenden Überblick für die insgesamt durch Makrophyten-Kartierungen bzw. Makrozoobenthos-Probennahmen erfassten Uferabschnitte. Die Aufstellung zeigt erneut, dass die WRRL-pflichtigen Seen wesentlich gleichmäßiger erfasst sind als kleine Seen, z. B. solche aus dem Kleinseenprogramm des LfU.

Tabelle 15: Anzahl von Makrozoobenthos-Probennahmepositionen und Makrophyten-Transekten und die Verteilung auf Bundeswasserstraßen und Landeswasserstraßen.

	Probennahme-Positionen im MZB-Datensatz	**Transekt-Positionen im MPH-Datensatz**
Gesamtzahl	289 aus WRRL-Monitoring (291 unbereinigt) 12 aus Kleinseenprogramms	1719 gesamt 1658 verortet, davon: 1251 aus WRRL-Monitoring 407 aus Kleinseenprogramm
…. davon aus schiffbaren Seen/ Bundeswasserstraße	85 aus WRRL-Monitoring	345 gesamt 343 verortet, davon: 339 aus WRRL-Monitoring 4 aus Kleinseenprogramm
… davon aus schiffbaren Seen/ Landeswasserstraße	54 aus WRRL-Monioring	140 gesamt 140 verortet, davon: 135 aus WRRL-Monitoring 5 aus Kleinseenprogramm

Der mögliche Einfluss der Schifffahrt wurde hier vereinfachend aus der Widmung als Wasserstraße abgeleitet. Eine detaillierte Betrachtung ist erst in Kenntnis der

- Verkehrsfrequenzen (z. B. bzgl. der Störungen durch Schiffswellen), und der
- Häufigkeit und Fläche von Bootsstationierungsanlagen, BoStA (z. B. bzgl. der uferstrukturellen Beeinträchtigungen)

möglich. Während die Bootsstationierungsanlagen durch die Uferstrukturgütekartierungen nach dem HMS-Verfahren im Zuge der GEK-Bearbeitungen detailliert erfasst wurden, sind uns für die Verkehrsfrequenzen keine validen Zahlen geläufig.

5 Literaturverzeichnis

AquaLytis (2007). Bestandserfassung der benthischen wirbellosen Fauna in ausgewählten Seen des Landes Brandenburg im Jahr 2007. Bericht <Probenahme2007>.

AquaLytis (2008). Bestandserfassung der benthischen wirbellosen Fauna in ausgewählten Seen des Landes Brandenburg. Bericht <Probenahme 2008>.

Bazzanti, M., Mastrantuono, L. & Solimini, A. G. (2012). Selecting macroinvertebrate taxa and metrics to assess eutrophication in different depth zones of Mediterranean lakes. Fundamental and Applied Limnology / Archiv Für Hydrobiologie, 180(2), 133–143. https://doi.org/10.1127/1863-9135/2012/0200.

biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH & IHU Geologie und Analytik GmbH (2016). Gewässerentwicklungskonzept (GEK) für die Teileinzugsgebiete Großer Havelländischer Hauptkanal und Erster Flügelgraben (HvU_GHHK1, HvU_GHHK2 und HvU_Flügel). Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Umwelt Brandenburg. 317 S. + Anh.

Birk, S., Chapman, D., Carvalho, L., Spears, B. M., Andersen, H. E., Argillier, C., Auer, S., Baattrup-Pedersen, A., Banin, L., Beklioglu, M., Bondar-Kunze, E., Borja, A., Branco, P., Bucak, T., Buijse, A. D., Cardoso, A. C., Couture, R.-M., Cremona, F., de Zwart, D., & Hering, D. (2020). Impacts of multiple stressors on freshwater biota across spatial scales and ecosystems. Nature Ecology & Evolution, 4(8), 1060–1068. https://doi.org/10.1038/s41559-020-1216-4.

Böhmer, J. (2017). Methodisches Handbuch zur WRRL-Bewertung von Seen mittels Makrozoobethos gemäß AESHNA - Handbuch zur Untersuchung und Bewertung von Stehgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie.

Böhmer, J., Arbaciauskas, K., Benstead, R., Gabriels, W., Porst, G., Reeze, B. & Timm, H. (2014). Water Framework Directive Intercalibration Technical Report: Central Baltic Lake Benthic Invertebrate Ecological Assessment Methods. https://doi.org/10.2788/71003.

Brauns, M., Böhmer, J. & Pusch, M. T. (2010). Entwicklung einer validierbaren und interkalibrierbaren Methode zur Bewertung von Seen mittels Makrozoobenthos. Projektbericht im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser.

Brauns, M., Garcia, X. F., Walz, N., & Pusch, M. T. (2007). Effects of human shoreline development on littoral macroinvertebrates in lowland lakes. Journal of Applied Ecology 44(6), 1138-1144. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01376.x.

Carvalho, L., Poikane, S., Lyche-Solheim, A., Phillips, G., Borics, G., Catalan, J., de Hoyos, C., Drakare, S., Dudley, B. J., Järvinen, M., Laplace-Treyture, C., Maileht, K., McDonald, C., Mischke, U., Moe, S. J., Morabito, G., Noges, P., Noges, T., Ott, I. & Thackeray, S. J. (2013). Strength and uncertainty of phytoplankton metrics for assessing eutrophication impacts in lakes. Hydrobiologia, 704(1), 127-140. https://doi.org/10.1007/s10750-012-1344-1.

Europäische Kommission (2000). 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.

European Commission, Directorate-General for Environment (2003). Monitoring under the water framework directive. Guidance document No 7, Publications Office.

Gieswein, A., Hering, D., & Lorenz, A. W. (2019). Development and validation of a macroinvertebrate-based biomonitoring tool to assess fine sediment impact in small mountain streams. Science of the Total Environment, 652: 1290-1301. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.180.

Hering, D., Carvalho, L., Argillier, C., Beklioglu, M., Borja, A., Cardoso, A. C., Duel, H., Ferreira, T., Globevnik, L., Hanganu, J., Hellsten, S., Jeppesen, E., Kodes, V., Lyche-Solheim, A., Noges, T., Ormerod, S. J., Panagopoulos, Y., Schmutz, S., Venohr, M., & Birk, S. (2015). Managing aquatic ecosystems and water resources under multiple stress - An introduction to the MARS project. Science of the Total Environment, 503-504: 10-21. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.106.

Hilt, S., Vermaat, J. & van de Weyer, K. (2022). Macrophytes. Encyclopedia of Inland Waters, Second Edition. Volume 2, 2022: 14-25. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819166-8.00043-8.

IHU Geologie und Analytik GmbH, biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH & Ingenieurbüro Ellmann und Schulze GbR (2015). Gewässerentwicklungskonzept (GEK) für die Teileinzugsgebiete untere Havel, Königsgraben und Hauptstremme. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg (LUGV), 398 S. + Anh.

Jurca, T., Donohue, L. A., Laketic, D., Radulovic, S. & Irvine, K. (2012). Importance of the shoreline diversity features for littoral macroinvertebrate assemblages. Fundamental and Applied Limnology / Archiv Für Hydrobiologie, 180(2), 175-184. https://doi.org/10.1127/1863-9135/2012/0315.

Jurca, T., Donohue, L., McGoff, E., Tunali, S. Y. & Irvine, K. (2021). Unravelling the effect of multiple stressors on ecological structure of littoral lake macroinvertebrates. International Review of Hydrobiology, iroh.202002048. https://doi.org/10.1002/iroh.202002048.

Kemp, J. L., & Sandin, L. (2021). Hydromorphology: Overview and Assessment Methods. In Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences (2nd ed., pp. 1-14). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819166-8.00199-7.

Londo, G. (1975): Dezimalskala für die vegetationskundliche Aufnahme von Dauerquadraten. In: Schmidt, W., Sukzessionsforschung. Ber. Int. Symp. IVV Rinteln 1973: 613-617.

Lorenz, A. W., Hering, D., Feld, C. K. & Rolauffs, P. (2004). A new method for assessing the impact of hydromorophological degradation on the macroinvertebrate fauna of five German stream types. Hydrobiologia, 516, 107-127. https://doi.org/10.1023/B.

Lyche-Solheim, A., Feld, C. K., Birk, S., Phillips, G., Carvalho, L., Morabito, G., Mischke, U., Willby, N. J., Söndergaard, M., Hellsten, S., Kolada, A., Mjelde, M., Böhmer, J., Miler, O., Pusch, M. T., Argillier, C., Jeppesen, E., Lauridsen, T. L. & Poikane, S. (2013). Ecological status assessment of European lakes: A comparison of metrics for phytoplankton, macrophytes, benthic invertebrates and fish. Hydrobiologia, 704(1), 57-74. https://doi.org/10.1007/s10750-012-1436-y WATER.

Mavromati, E., Kemitzoglou, D., Tsiaoussi, V. & Lazaridou, M. (2021). A new WFD-compliant littoral macroinvertebrate index for monitoring and assessment of Mediterranean lakes (HeLLBI). Environmental Monitoring and Assessment, 193(11), 745. https://doi.org/10.1007/s10661-021-09493-1.

McGoff, E., Aroviita, J., Pilotto, F., Miler, O., Solimini, A. G., Porst, G., Jurca, T., Donohue, L. A., & Sandin, L. (2013). Assessing the relationship between the Lake Habitat Survey and littoral macroinvertebrate communities in European lakes. Ecological Indicators, 25: 205-214. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.09.018.

Michels, U. (2008). Bestandserfassung der benthischen wirbellosen Fauna in ausgewählten Seen des Landes Brandenburg. Projektbericht im Auftrag des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg.

Michels, U. & Böhmer, J. (2007). Bestandserfassung der benthischen wirbellosen Fauna in ausgewählten Seen des Landes Brandenburg im Jahr 2007. Projektbericht im Auftrag des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg.

Miler, O. (2022). Hydromorphology – Interactions and Habitats. In Encyclopedia of Inland Waters (2nd ed., Vol. 4, pp. 98-109). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819166-8.00116-X.

Miler, O. & Brauns, M. (2020). Hierarchical response of littoral macroinvertebrates to altered hydromorphology and eutrophication. Science of the Total Environment 743: 140582. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140582.

Miler, O., Böhmer, J. & Pusch, M. T. (2018). Weiterentwicklung des deutschen Makrozoobenthos- Bewertungsverfahrens für Seen ‚AESHNA' zu einer Strukturgütegestützten Gesamtseebewertung. Projektbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes.

Miler, O., Brauns, M., Böhmer, J. & Pusch, M. T. (2011). Praxistest des Verfahrens zur Bewertung von Seen mittels Makrozoobenthos. Projektbericht im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser.

Miler, O., Brauns, M., Böhmer, J., & Pusch, M. T. (2013). Feinabstimmung des Bewertungsverfahrens von Seen mittels Makrozoobenthos. Projektbericht im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser.

Miler, O., Porst, G., McGoff, E., Pilotto, F., Donohue, L. A., Jurca, T., Solimini, A. G., Sandin, L., Irvine, K., Aroviita, J., Clarke, R. T. & Pusch, M. T. (2013). Morphological alterations of lake shores in Europe: A multimetric ecological assessment approach using benthic macroinvertebrates. Ecological Indicators, 34: 398-410. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.06.002.

Müller, R., Brinkmann, R., Frase, T., Garcia, X.-F. & Schäfer, L. (2019). Monitoring der benthischen wirbellosen Fauna (Makrozoobenthos) in ausgewählten Seen des Landes Brandenburg im Jahr 2019. Projektbericht im Auftrag des Landesamtes für Umwelt Brandenburg.

Müller, R., Brinkmann, R., Frase, T., Garcia, X.-F. & Schäfer, L. (2020). Monitoring der benthischen wirbellosen Fauna (Makrozoobenthos) in ausgewählten Seen des Landes Brandenburg im Jahr 2020. Projektbericht im Auftrag des Landesamtes für Umwelt Brandenburg.

Ntislidou, C., Lazaridou, M., Tsiaoussi, V. & Bobori, D. C. (2018). A new multimetric macroinvertebrate index for the ecological assessment of Mediterranean lakes. Ecological Indicators 93: 1020-1033. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.071.

Ostendorp, W. (2014). Hydromorphologie der Seen. – Band 1: Übersicht der bisherigen Verfahrensentwicklungen (Version 1.0). – Fachbeiträge des LUGV, Heft 140, 86 S., hg. vom Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) Brandenburg, Potsdam.

Ostendorp, J. (2024): Kartierung ausgewählter Uferabschnitte brandenburgischer Seen und Flussseen nach dem HMS-Punktverfahren. Technischer Bericht der ARGE Team Seeufer MMM für das Landesamt für Umwelt Brandenburg, 10 S.

Ostendorp, W. & Ostendorp, J. (2014). Hydromorphologie der Seen. – Band 2: Erfassung und Klassifikation der hydromorphologischen Veränderungen von Seen nach dem HMS-Verfahren (Anwenderhandbuch). Fachbeiträge des LUGV, Heft 141, 236 S., hg. vom Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) Brandenburg, Potsdam.

Penning, W. E., Mjelde, M., Dudley, B. J., Hellsten, S., Hanganu, J., Kolada, A., Van Den Berg, M. S., Poikane, S., Phillips, G., Willby, N. J. & Ecke, F. (2008). Classifying aquatic macrophytes as indicators of eutrophication in European lakes. Aquatic Ecology 42(2): 237-251. https://doi.org/10.1007/s10452-008-9182-y.

Pilotto, F., Free, G., Cardoso, A. C., Wolfram, G. & Solimini, A. G. (2012). Spatial variance of profundal and sublittoral invertebrate benthic communities in response to eutrophication and morphological pressures. Fundamental and Applied Limnology / Archiv für Hydrobiologie, 180(2): 101-110. https://doi.org/10.1127/1863-9135/2012/0206.

Planungsteam GEK 2015 (2012a): Gewässerentwicklungskonzept Brieskower Kanal. Endbericht.

Planungsteam GEK 2015 (2012b): Gewässerentwicklungskonzept Rhin 1 und 2. Endbericht

Planungsteam GEK 2015 (2013): Gewässerentwicklungskonzept Löcknitz (untere Spree). Endbericht.

Planungsteam GEK 2015 (2015): Gewässerentwicklungskonzept Dosse-Jäglitz 2. Endbericht.

Planungsteam GEK 2015 (2016): Gewässerentwicklungskonzept Obere Havel Teil 1a / Wentower Gewässer. Endbericht.

Poikane, S., Johnson, R. K., Sandin, L., Schartau, A. K. L., Solimini, A. G., Urbanic, G., Arbaciauskas, K., Aroviita, J., Gabriels, W., Miler, O., Pusch, M. T., Timm, H. & Böhmer, J. (2016). Benthic macroinvertebrates in lake ecological assessment: A review of methods, intercalibration and practical recommendations. Science of the Total Environment 543: 123-134. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.021.

Poikane, S., Ritterbusch, D., Argillier, C., Bialokoz, W., Blabolil, P., Breine, J., Jaarsma, N. G., Krause, T., Kubecka, J., Lauridsen, T. L., Noges, P., Peirson, G. & Virbickas, T. (2017). Response of fish communities to multiple pressures: Development of a total anthropogenic pressure intensity index. Science of the Total Environment 586: 502-511. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.211.

Poikane, S., Salas Herrero, F., Kelly, M. G., Borja, A., Birk, S., & van de Bund, W. (2020). European aquatic ecological assessment methods: A critical review of their sensitivity to key pressures. Science of the Total Environment 740, 140075. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140075.

Porst, G., Brauns, M., Irvine, K., Solimini, A. G., Sandin, L., Pusch, M. T. & Miler, O. (2019). Effects of shoreline alteration and habitat heterogeneity on macroinvertebrate community composition across European lakes. Ecological Indicators 98: 285-296. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.062.

Pöyri Deutschland GmbH (2016): Gewässerentwicklungskonzept Obere Havel Teil 1b (Lychener und Templinger Gewässer). Erläuterungsbericht.

Timm, H. & Möls, T. (2012). Littoral macroinvertebrates in Estonian lowland lakes: the effects of habitat, season, eutrophication and land use on some metrics of biological quality. Fundamental and Applied Limnology / Archiv für Hydrobiologie 180(2): 145-156. https://doi.org/10.1127/1863-9135/2012/0203.

Tolonen, K. T., Hämäläinen, H., Holopainen, I. J. & Karjalainen, J. (2001). Influences of habitat type and environmental variables on littoral macroinvertebrate communities in a large lake system. Fundamental and Applied Limnology / Archiv Für Hydrobiologie 152(1): 39-67. https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/152/2001/39.

Verdonschot, P. F. M. (2009). Impact of Hydromorphology and Spatial Scale on Macroinvertebrate Assemblage Composition in Streams. Integrated Environmental Assessment and Management 5(1): 97. https://doi.org/10.1897/IEAM_2008-028.1.

Weyer, K. van de (2015): Zusammenhang zwischen Makrophyten und hydromorphologischen Faktoren in Seen. In: Mehl, D. et al.: Verfahrensanleitung zur Prognose makrozoobenthos-relevanter Habitattypen an Seeufern. LAWA Projekt Projekt Nr. O 2.14: Bewertungsrelevante Strukturkriterien für die Biokomponenten Makrozoobenthos und Makrophyten/Phytobentos an Seen: S. 50-62. http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb_prod/WaBoAb/Vorhaben/LAWA/Vorhaben_des_Ausschusses_Oberflaechengewaesser_und_Kuestengewaesser/O_2.14/Prognose_der_Habitattypen_Abgabe_Nov2015.pdf.

Weyer, K. van de, Meis, S., Becker, E. & Ostendorp, W. (2019): ReWaM - Verbundprojekt HyMoBioStrategie: Auswirkungen hydromorphologischer Veränderungen von Seeufern (Bodensee) auf den Feststoffhaushalt, submerse Makrophyten und Makrozoobenthos-Biozönosen mit dem Ziel der Optimierung von Mitigationsstrategien; TP 5: Makrophyten unter dem Einfluss hydromorphologischer Belastungen: Laufzeit: 01.04.2015-30.12.2018, https://doi.org/10.2314/KXP:1668861917.

Zenker, A. & Baier, B. (2009). Relevance of abiotic criteria used in German lake typology for macroinvertebrate fauna. Hydrobiologia, 636(1), 379–392. https://doi.org/10.1007/s10750-009-9967-6.

6 Technischer Anhang

6.1 Hinweis zum übergebenen Datenträger

Die im Rahmen des Projektes vom Auftragnehmer bearbeiteten sowie die ursprünglichen vom Auftraggeber überlassenen Daten sind gemeinsam auf einer microSD-Karte zusammengestellt, die diesem Anhang beiliegt. Der Originaldatenträger (Bezeichnung: SuBoL AP5) hat eine Größe von 512 GB. Das Volumen der an den Auftraggeber zurückgespielten Daten beträgt 455.971.807.108 Bytes in 396.404 Dateien in 6.224 Ordnern. Stand der Datenabgabe ist der 27.06.2024.

Überlange Dateinamen bzw. Ordnerpfade (> 255 Zeichen) wurden beibehalten, obwohl der Microsoft Explorer solche Dateinamen nicht verarbeiten kann. Änderungen in der Registry („Enable NTFS long paths“) und die Umformatierung externer Datenträger von exFAT auf NTFS führen häufig nicht zu dem gewünschten Ergebnis. Wir empfehlen in solchen Fällen, alternative Dateimanager zu nutzen, die auch das Kopieren von überlangen Dateinamen erlauben (z. B. Total Commander).

Technische Ansprechpartner auf Seiten des Auftragnehmers sind:

PD Dr. W. Ostendorp (Limno-Analytics – Konstanz, ostendorp@limno-analytics.de) für die Zusammenstellung der GEK-Dateien und

Dipl.-Biol. Jörg Ostendorp (EcoDataDesign – Essen, ostendorp@ecodatadesign.de) für die übergebenen Datenbanken und GIS-Projekte.

Der Inhalt der microSD-Karte besteht aus den folgenden Hauptordnern:

Ordner	Kurzbeschreibung
Datenaustausch ISWABE	Vom Auftragnehmer aufbereitete Makrozoobenthos- und Hydrophorphologie-Daten.
Dateneingang Boehmer MZB	Makrozoobentos-Daten aus dem Bestand von Dr. Jürgen Böhmer (unveränderte Originaldaten)
Dateneingang Ref W14	An den Auftragnehmer übergebene Daten des Ref W14 (unveränderte Original-daten, insbes. ISWABE-Daten)
Dateneingang Ref W26	An den Auftragnehmer übergebene Daten des Ref W26 (unveränderte Original-daten, insbes. GEK-Daten)
Datenzusammenstellung DB	Vom Auftragnehmer bearbeitete und in einer Access-Datenbank zusammenge-stellte Daten zu Makrophyten, Makrozoobenthos, allgemeinen chemisch-physi-kalischen Parametern und Daten zur Hydromorphologie von Seen.
Datenzusammenstellung GEK-Dateien	Neu strukturierte Ordner und Dateien, der ehemals verstreut und stark redun-danten GEK-Daten des Ref. W26
Datenzusammenstellung GIS	Zusammenstellung und Darstellung der raumbezogenen Daten im GIS

Im Folgenden werden einige technische und formale Aspekte der Inhalte der oben genannten Ordner erläutert.

6.2 Ordner: Dateneingänge des Ref W26

Im Ordner Dateneingänge des Ref W26 sind alle vom Referat W26 an den Auftragnehmer ausgehändigten GEK-Daten in unveränderter Form hinterlegt (vgl. Kapitel 3.1.2). Sie umfassen den Inhalt zweier MicroSD-Karten in den Unterordnern GEK1 und GEK2.

Die Liste der schiffbaren Seen findet sich im Unterordner ‚Dateneingang W26 > Schiffbare Seen'.

Ebenfalls in diesem Ordner enthalten sind die GEK-Daten aus eigenen Beständen, die zur Vervollständigung des LfU-Datenbestandes ergänzt wurden (Ordner Ergänzte Daten für GEK-Zusammenstellung, vgl. Kapitel 3.1.4.1).

6.3 Ordner: Dateneingänge des Ref W14

Vom Referat W14 wurden zwischen März und November 2023 die nachfolgend gelisteten Makrozoobenthos-, Makrophyten- und ACP-Daten zur Auswertung und Datenzusammenführung bereitgestellt. Sie sind im Ordner Dateneingänge des Ref W14 in unveränderter Form hinterlegt.

Dateien	Beschreibung
Bericht_mzb_Seen_2007_erg.pdf MZB_Seen_2019_Bericht.pdf MZB_Seen_2020_Bericht.pdf	Berichte zu Makrozoobenthos-Erhebungen im pdf-Format Übergeben am 27.03.2023 via Email von Fr. Barsch
MIB-Methodik_2007.pdf	Publikation zum MIB-Verfahren Brandenburg als SOP im pdf-Format. Übergeben am 27.03.2023 via Email von Fr. Barsch
Seen_BB.shp	Verortete Liste von Seen des WRRL-Monitorings sowie des Kleinseenprogramms, für die Daten zu MPH, ACP, HMS oder MZB vorliegen. Übergeben am 27.03.2023 via Email von Fr. Barsch

Daten.xlsx Bewertungsdaten.xlsx	Auszug von Daten und Bewertungsdaten aus der ISWABE-Datenbank zu den Komponenten *1 – Makrophyten* (nur MIB-Verfahren) *6 – Chemie Seen und Flüsse* sowie weiterer, nicht verwendeter Komponenten. Grundlage für die Datenbankabfrage war eine zuvor an das LfU übergebene Liste mit Seen (Identifikator JP_ID), die im Wesntlichen der o. g. Datei Seen_BB-shp entspricht, jedoch um „sonstige“ Seen ergänzt wurden, die beispielsweise im Rahmen der Gewässerentwicklungskonzepte hydromorphologisch bearbeitet wurden. Die Daten und Bewertungsdaten wurden am 02.06.2023 von Hr Dr. Karczewski auf den Server des Auftragnehmers hochgeladen.
Makrophytendaten_aktuell.xlsx	Neuere, nicht konsolidierte Vorimport-Daten für die ISWABE-Datenbank zur Komponente 1- Makrophyten nach dem PHYLIB-Verfahren (ab 2017). Bereitgestellt am 28.06.2023 von Hr Dr. Karczewski via Email. Die Daten wurden aufgrund ihres unkonsolidierten Status‘ und der abweichenden Methodik im Folgenden nicht weiterverwendet.
Transekt_Koordinaten.xlsx	Die „standardisierte“ Liste der Makrophyten-Transekte mit Korrdianten der Anfangs- und Endpunkte außerhalb der ISWABE-Datenbank. Bereitgestellt am 28.06.2023 von Hr Dr. Karczewski via Email.
abschnitteTiefeLaenge.txt	ISWABE-Auszug als Textdatei mit den Angaben zu Tiefe und Länge der einzelnen Abschnitte der Makrophyten-Transekte. Bereitgestellt am 25.07.2023 von Hr Dr. Päzolt via Email.
Seetypen.xls	Aktuelle Typisierung (LAWA) der berichtspflichtigen Seen in BB. Bereitgestellt am 21.08.2023 von Fr. Barsch via Email.
xyMakrophytenBB.xlsx	ISWABE-Auszug als Textdatei mit den Angaben zu Tiefe und Länge der einzelnen Abschnitte der Makrophyten-Transekte. Bereitgestellt am 27.09.2023 von Hr Dr. Päzolt via Email.
Endzustand nach Korr_Name.xlsx	Aktuelle Bewertung der Qualitätskomponenten Makrophyten, Phytoplankton und Diatomeen berichtspflichtiger Seen in BB. Bereitgestellt am 30.11.2023 von Fr. Barsch via Email.
Trophie_und_Klarwasserseen_Stand 2023_05_16.xlsx	Aktuelle Trophie und Sichttiefe von Seen in Brandenburg. Bereitgestellt am 30.11.2023 von Fr. Barsch via Email.

6.4 Ordner: Dateneingang Boehmer MZB

Zu den vom Ref W14 überlassenen **Makrozoobenthos-Berichten** (pdf-Format) lagen dem LfU selbst keine digitalen Beprobungsdaten zur Übergabe an den Auftragnehmer vor. Diese wurden freundlicherweise durch Dr. Jürgen Böhmer (bioforum GmbH) in Form der Access-Datenbank Datenexport MZB Brandenburg 03-06-24.mdb beigebracht. Die unbearbeitete Originalversion dieser Datenbank ist im Ordner Dateneingang Boehmer MZB hinterlegt.

6.5 Ordner: Datenzusammenstellung DB

Die Zusammenstellung der tabellarischen Makrozoobenthos-, Makrophyten-, allgemeinen chemisch-physikalischen und Uferstruktur-Daten erfolgte in einer gemeinsamen Access-Datenbank (SBL_AP5_Redist.accdb). Diese Datenbank ist dabei primär als zentraler Container für eine verlustfreie Abbildung der bestehenden tabellarischen Daten zu verstehen, nicht als ein relationales Datenbanksystem zur normalisierten Datenhaltung und Durchsetzung von Datenkonsistenzen. Hiervon wurde abgesehen, da zum einen mit der ISWABE-Datenbank bereits ein Datenhaltungssystem beim LfU installiert ist, zum anderen aufgrund von Dateninkonsistenzen im bestehenden Datensatz und dieser zuvor nicht unerheblich hätte angepasst werden müssen. (Hilfs-)Abfragen, z. B. für die Filterung von Datensätzen, wurden in weiten Teilen in Tabellenform (Zusatzspalte) festgeschrieben, um die Anzahl an Datenbank-Objekten zu reduzieren.

Zur besseren Übersicht wurden die Tabellen und Abfragen in nutzerdefinierten Gruppen organisiert (s. Access-Navigationsoptionen) und zusätzlich mit einem sprechenden Präfix versehen (z. B. „tbl_MPH_...“ für eine Tabelle mit Daten aus dem Bereich Makrophyten). In den nachfolgenden Kapiteln werden zunächst die Tabellen und Abfragen kurz dargestellt. Zugehörige Feldbeschreibungen folgen gebündelt in Kapitel 6.5.2.

6.5.1 Tabellen und Abfragen

6.5.1.1 Gruppe: Seen Stammdaten

Tabellenname	Beschreibung
tbl_Seen_bearbeitet	Liste der bearbeiteten Seen mit zumindest einer Bearbeitung aus den Bereichen MPH, ACP, Hymo oder MZB. Da für den nördlichen Miltensee keine JP_ID vergeben war würde als Schlüsselfeld zur Identifikation eines Sees, das Feld JP_ID-ex hinzugefügt und dort ein Wert ergänzt.
tbl_Seen_Bewertungen_WRRL	Seenliste mit WRRL-Bewertungen u. a. zur Teilkomponente Makrophyten (Tabelle vom LfU)
tbl_Seen_seen25	Attributtabelle der Datei seen25.shp
tbl_Seen_seen25_schiffbar	Die aus der Datei seen25.shp abgeleitete Tabelle schiffbarer Seen Berlins und Brandenburgs von Darshan Neubauer (Ref. W26).
tbl_Seen_Seen25_Seenamen_seriell	Hilfstabelle mit serialisierten, Semikolon getrennten Bezeichnungen aus dem Feld „Seename“ aus der Datei seen25.shp für jeden JP-ID-Wert. So besteht bespielsweise der Ruppiner See in der Datei über zwei Teilgeometrien/Datensätzen mit unterschiedlichen Seenamen (Ruppiner See und Lanke) aber identischer JP_ID. In dieser Tabelle kommt jeder JP_ID nur einmal vor (Primärschlüssel), die Seenamen werden in einer Zelle zusammengeführt.
tbl_Seen_Trophie	Tabelle mit Angaben zu Trophie und Sichttiefe von Seen (Tabelle vom LfU)
tbl_Seen_Typisierung_LAWA	Tabelle mit Angaben zum Lawa-Seetyp und der Genese von Seen (Tabelle vom LfU)

6.5.1.2 Gruppe: MPH

Tabellenname	Beschreibung
tbl_MPH_AbschnitteTiefeLaenge	Tiefen und Längenangaben zu den Transektabschnitte entsprechend dem jeweiligen Beprobungsjahr (Tabelle vom LfU/ISWABE).
tbl_MPH_Bewertungsdaten	Enthält die Bewertungsparameter (Teilbewertung Makrophyten, Makrophytenindex Brandenburg etc. für die Komponente *1 -Makrophyten* pro Transekt/Messstelle für unterschiedlicher Jahre aus der ISWABE-Datenbank.
tbl_MPH_Daten	Enthält die Makrophyten- und abiotischen Daten pro Transektabschnitt aus der ISWABE-Datenbank nach MIB-Verfahren.
tbl_MPH_Transektdaten	(Tabelle vom LfU)
tbl_MPH_XY_Stamm	Genormter Stamm-Punkte (XY) für die MPH-Transekte (=Startpunkt). Verlässliche Koordinaten zu den Endpunkten gibt es nicht (Tabelle vom LfU).

6.5.1.3 Gruppe: MZB

Tabellenname	Beschreibung
tbl_MZB_Bewertung_MZB_S	Tabelle mit den Bewertungs-Metrics für die einzelnen Probenahmen

tbl_MZB_Bewertung_MZB_Wasserkörper	Tabelle mit den Bewertungs-Metrics der Standort-IDs (entspricht hier einem See mit eine JP_ID)
tbl_MZB_Gewaesser	Tabelle mit Gewässern. Die Daten können von der Auffassung des LfU abweichen
tbl_MZB_MS_Main	Haupt-Tabelle mit den Probenahmen-Stellen für MZB und der Zuordnung der drei kennzeichnenden Felder UP, MZB_MS und MMM_ID
tbl_MZB_Probenahme	Tabelle mit den Angaben zu den einzelnen Probenahmen
tbl_MZB_Standort	Tabelle mit Angaben zum Standort/See, Original und mit Umrechnung an die Operationelle Taxaliste.
tbl_MZB_Taxa_Orig	Erhebungstabelle der einzelnen Taxa (originale und operationelle Taxaliste) mit Angaben zu Individuenzahl und Haufigkeitsklasse.
tbl_MZB_Zuordnung_StandortID_JP_ID	Zuordnungstabelle der MZB-Standort-ID zu den Seen-JP_Ids
qry_MZB_Probenübersicht	Abfrage zur Visualisierung der Probennahmenergebnisse

6.5.1.4 Gruppe: HYMO

Tabellenname	Beschreibung
tbl_HMS_Fotos	Tabelle mit vereinheitlichten Angaben zur Fotodokumentation der einzelnen GEK (vgl. Kapitel 3.4)
tbl_HMS_Seen	Tabelle mit der Abgrenzung von Seen aus hydromorphologischer Sicht der bearbeitenden GEK-Teams (vgl. Kapitel 3.2).
tbl_HMS_Subsegmente	Tabelle mit der Bewertung der HMS-Subsegmente aus der GEK-Bearbeitung **OHNE** Zusatzkartierung aus dem Jahr 2024.
tbl_HMS_Subsegmente_merge	Tabelle mit der Bewertung der HMS-Subsegmente aus der GEK-Bearbeitung **MIT** Zusatzkartierung aus dem Jahr 2024.
tbl_HMS_Subzonen	Tabelle mit der Bewertung der HMS-Subzonen aus den GEK-Bearbeitungen (ohne Zusatzkartierung, da dort keine Subzonen für gesamte Seen ausgewiesen wurden)
tbl_HMS_Zusatzkartierung	Tabelle mit der Bewertung der HMS-Subsegmente aus der Zusatzkartierung aus dem Jahr 2024.
qry_HMS_Seen_HMS_ID	Abfrage der Seen nach HMS_ID ohne Redundanzen (vgl. entsprechendes Filterfeld in der Tabelle tbl_HMS_Seen)
qry_HMS_Seen_JP_ID_ex	Abfrage der Seen nach JP_ID_ID ohne Redundanzen (vgl. entsprechendes Filterfeld in der Tabelle tbl_HMS_Seen)

6.5.1.5 Gruppe: ACP

Tabellenname	Beschreibung
tbl_ACP_Bewertungsdaten_gefiltert	Tabelle mit den 6 relevanten Bewertungsparametern der allgemeinen chemisch-physikalischen Daten aus der ISWABE-Datenbank (vgl. Kapitel 3.3.1)

6.5.1.6 Gruppe: Sonstige

Tabellenname	Beschreibung
tbl_Zuordnung_Probenorte_HMS_MPH_MZB	Interne räumliche Zuordnungstabelle von HMS-Segmenten, MPH-Transekten und MZP-UPs für die statistische Auswertung

6.5.2 Feldbeschreibungen

Da sich viele gleichnamige Felder, wie z. B. die JP_ID, in mehreren Tabellen wiederholen, werden die Felder im Folgenden nicht für einzelne Tabellen erläutert, sondern als alphabetisch sortierte Gesamtliste. Felder aus den Tabellen des LfU bzw. der ISWABE-Datenbank (Daten, Bewertungsdaten) werden nicht aufgeführt, da keine Felddokumentation ausgehändigt wurde. Die Bezeichnungen sind jedoch weitgehend selbsterklärend oder bedarfsweise beim LfU Ref. W14 zu erfragen. Felder aus der MZB-Datenbank wurden – soweit dokumentiert - bereits in Kapitel 3.3.4 aufgeführt.

Feldname	Beschreibung	Typ
A	Impactwert für die Subzone A (Sublitoral)	Double
ACP_Chl_Saison_82	Filterfeld, ob für einen See Bewertungsdaten für den Parameter BW82 vorliegen (Chlorophyll-a Saisonmittelwert (µg/l))	Bool
ACP_ST_Saison_83	Filterfeld, ob für einen See Bewertungsdaten für den Parameter BW83 vorliegen (Sichttiefe Saisonmittelwert (m))	Bool
ACP_TI_akt_102	Filterfeld, ob für einen See Bewertungsdaten für den Parameter BW102 vorliegen (LAWA-Trophieindex)	Bool
ACP_TN_Jahresmittel_264	Filterfeld, ob für einen See Bewertungsdaten für den Parameter BW264 vorliegen (Stickstoff Saisonmittelwert (mg/l))	Bool
ACP_TP_Frühjahr_81	Filterfeld, ob für einen See Bewertungsdaten für den Parameter BW81 vorliegen (Phosphor Zirkulationswert (µg/l)	Bool
ACP_TP_Saison_80	Filterfeld, ob für einen See Bewertungsdaten für den Parameter BW80 vorliegen (Phosphor Saisonmittelwert (µg/l)	Bool
ADatum	Aufnahmedatum des Fotos	String
art	Filterfeld, ob der See künstlich entstanden ist	Bool
Ausschluss	Flag, zur Kennzeichnung dass der Datensatz in der Statistik nicht verwendet werden soll.	Bool
B	Impactwert für die Subzone B (Eulitoral)	Double
BB	Fliterfeld, ob der See in Brandenburg liegt bzw. von Brandenburg verwaltet wird	Bool
Bearbeiter	Name der Bearbeiter	String
Bearbeitung	Bezeichnung der Bearbeitung (Bericht, Publikation)	String
Bemerkung	Allgemeine Bemerkung oder Beschreibung	String
Bericht	Kürzel für den GEK-Bericht	String
Blick	Blickrichtung in ° (0-360). Ist keine Blickrichtung verfügbar, beträgt der Wert NULL (von ArcMap als 0 dargestellt).	Double
C	Impactwert für die Subzone C (Epilitoral)	Double
Datei_neu	Neue, vereinheitlichte Dateibezeichnung für die Zusammenstellung von Fotos; setzt sich zusammen aus dem Feld *HMS_ID* (s. u.) und der in der ursprünglichen Dateibezeichnung (Feld *Datei_orig*) genutzten, fortlaufenden Foto-Nummer pro See (soweit vorhanden, ansonsten ergänzt). Feldinhalt und Dateiname sind eindeutig (Surrogatschlüssel)	String
Datei_orig	Ursprüngliche Dateibezeichnung im GEK-Berichtsdatensatz	String
Defizit	Defizit (entspricht der Zustandsklasse mit Brandenburger Skala +1 bis -3)	String
Erstellt	Zeitstempel für die Erstellung des Datensatzes.	Date
Firma	Bearbeitende Firma bzw. Auftragnehmer	String
Foto_ID	Eindeutige Objektnummer des Fotos (Primärschlüssel)	Long
GEK	GEK-Gebietsname kurz. Entspricht dem Feld *WRRL_PG* aus der Datei seen25.shp	String
Genese	Angabe zur Genese von Seen (Natürlich, HMWB, künstlich)	String
HMS_GEK	Filterfeld, ob für den See HMS-Daten aus den GEK-Bearbeitungen vorliegen	Bool
HMS_gesamt	Filterfeld, ob für den See HMS-Daten aus der Zusatzkartierung von 2024 oder den GEK-Bearbeitungen vorliegen	Bool
HMS_ID	Das Feld HMS_ID entspricht dem Feld JP_ID ergänzt um ein Suffix „*_z*“. Dieses Suffix berücksichtigt die ggf. abweichenden Auffassungen der GEK-Bearbeiter zur hydromorphologischen Abgrenzung der Seen gegenüber der Datei seen25.shp. Ist die Abgrenzung der Seen identisch, ist das Suffix „-0“. Wurde ein See in zwei oder mehrere aufgeteilt entspricht das Suffix einer fortlaufenden Nummer ausgehend vom Vorfluter. Wurden zwei oder mehr Seen vereinigt, ist das Suffix ein „*_x*“. War keine JP_ID vergeben, wurde hilfsweise die LAWA-Seekennzahl (Feld SEE-KZ) herangezogen. In einem Fall („Nördlichster Miltensee“), bei dem diese SEE-KZ gleichlautend mit einer bereits für eine andere Seegeometrie vergebenen JP_ID gewesen wäre (Schlüsselverletzung), wurde die SEE-KZ dahingehend modifiziert, dass anstelle der fortlaufenden Nummer an Ziffer 5 der Buchstabe „*x*“ eingefügt wurde (HMS_ID 8000x581343_0). Weitere Einzelheiten vgl. Kapitel 3.2	String

Feldname	Beschreibung	Typ
HMS_ID_redundant	Filterfeld, dass der Seendatensatz redundant zu einem weiteren Datensatz mit identischer HMS_ID vorliegt. Vgl Abfrage qry_HMS_Seen_HMS_ID	Bool
HMS_Name	Vereinfachter, im SuBoLakes-Projekt intern verwendeter Seename. Bei Seen mit nur einer SEE-KZ in der Regel identisch mit dem Feld SEE_NAME aus der Datei seen25.shp.	String
HMS_Punkt	Filterfeld, ob für den See HMS-Daten aus der Zusatzkartierung von 2024 vorliegen	Bool
HMS_Segm	Das (zugeordnete) HMS Ufersegment (bestehend aus drei Subsegmenten)	String
HMS_Sgm	Segment-ID	String
HMS_SubSgm	Subsegment-ID	String
HMS_Zone	Subzonen-ID	String
hmwb	Filterfeld, ob der See stark verändert (HMWB) ist	Bool
Hyperlink	Relativer Link zum Speicherort der jeweiligen Foto-Datei, ausgehend von den GIS-Projektdateien [SBL_AP5_Fotodokumentation.mxd / .qgz]. Das Feld wird dazu genutzt, um die Fotos aus dem GIS heraus aufzurufen (ArcMap: Layereigenschaften -> Ansicht -> Hyperlinks; QGIS: Layer-Eigenschaften -> Aktionen -> URL öffnen)	String
ID_SubSegm	Primärschlüssel des Subsegments	Long
ID_UL	Primärschlüssel Uferlinie/Uferabschnitt	Long
Impact	HMS-Impact zwischen 1 (gut) - 5 (schlecht) als Bewertungsparameter für die Uferstrukturgüte	Double
JP_ID	LAWA-ID aus Seenbestand Bereich Gewässergüte. Entspricht dem Feld JP_ID aus der Datei [Seen25.shp]	String
JP_ID_ex	Erweiterte JP_ID zur Aufnahme von Seen, die in der Seen25-Datei ohne JP_ID geführt werden. Kann mit der JP_ID verknüpft werden, am besten als Left Join.	String
JP_ID_redundant	Filterfeld, dass der Seendatensatz redundant zu einem weiteren Datensatz mit identischer JP_ID_ex vorliegt. Vgl Abfrage qry_HMS_Seen_JP_ID_ex	Bool
Max Tiefe	Maximale Tiefe	Double
Methode	Angabe zur verwendeten Methode	String
MMM_ID	Kennzeichnet eine Probenahme eindeutig sowohl hinsichtlich Position als auch Beprobungsjahr (internes Schlüsselfeld).	String
MPH_Daten	Filterfeld, ob für diesen See MPH-Daten vorliegen	Bool
MPH_MIB	Filterfeld, ob für diesen See eine MIB-Berechnung vorliegt	Bool
MPH_MS	Das zugeordnete Makrophyten Transekt	String
MZB	Filterfeld, ob für diesen See MZB-Daten vorliegen	Bool
MZB_MS	MZB-Messstelle. Löst die Problematik mit den doppelten UPs (die UPS 211 und 215 am Parsteiner See sind hier einfach mit einem Minus versehen). Können aber pro Jahr unterschiedliche Koordinaten aufweisen	Long
Programm_L	Bezeichnung des Seen-Programms	String
Projekt	Projektbezeichnung (SuBo-Lakes).	String
Seename	Seename aus der Seen25-Datei	String
Seename_HMS	Vereinfachter Seename für die HMS-Bearbeitung	String
Seenamen25	Serialisierte Namen für die einzelnen Wasserkörper bzw Geometrien eines Sees aus der Seen25-Datei	String
Segm_alt	Segmentnummer der Originalbearbeitung	Long
Segm_neu	Im Rahmen dieser Zusammenstellung neu vergebene nummerische Segmentnummer	Long
SNR	Numerische, laufende und lückenlose Sortiernummer für die Submente im Uhrzeigersinn. Hierdurch können die Nachbarsegmente ermittelt werden für das Segment, das einer MZB-Probe oder einem MPH-Transekt zugeordnet wurde.	
Snr	Segmentnummer im Uferabschnitt	Long
Solllänge	Nominale Länge der Uferabschnitte/Segmente	Double
Subseg_alt	Subsegmentnummer der Originalbearbeitung	Long
Subseg_neu	Im Rahmen dieser Zusammenstellung neu vergebene nummerische Subsegmentnummer	Long
Symbol	Hilfsfeld zur Symbolisierung nach Blickrichtung in 45°-Sektoren (entspricht N, NO, O, SO, S, SW, W, NW, keine Angabe)	Long
Teilgebiet	Angabe des Teilgebietes eines HMS-GIS-Datensatz. Dies begründet ggf. einen neuen Nummernkreis bei der ursprünglichen Nummerierung der HMS-Segmente	String
UL_Typ	Uferlinien-Typ (Insel, Festland…)	String
UP	MZB-Untersuchungsposition – nicht eindeutig. 211 und 215 kommen an zwei Seen vor. Gleiche UPs können in verschiedenen Jahrgängen unterschiedliche Koordinaten haben.	Long
XY_neu	Koordinaten in EPSG25833 umgerechnet	Double
XY_orig	Koordinaten im originalen Koordinatensystem	Double
Zone_n	Numerisches Zonenkürzel 1=Sublitoral 2=Eulitoral 3=Epilitoral	Long
Zone_t	Subzone (A Sublitoral, B Eulitoral, C Epilitoral)	String
Zustand	Zustandsklasse gemäß WRRL-Skala (1-5)	

6.6 Ordner: Datenzusammenstellung GEK-Dateien

Im Ordner Datenzusammenstellung GEK-Dateien haben wir die übergebenen GEK-Daten des Referats W26 in einer neu geordneten Verzeichnisstruktur zusammengestellt (Abb. 7).

Der jeweilige GEK-Ordner stellt die oberste Ordner-Ebene dar. Darunter sind die Unterordner Endbericht und zArchiv…. geführt. Der Endbericht enthält die vollständige Referenzversion, die zArchive die ungeordneten Bestandteile der uns übergebenen Dateien mit den dabei gebrauchten Ordnerbezeichnungen. Wir empfehlen, den Unterordner Endbericht unverändert zu lassen und etwaige Bearbeitungen nur an einer Kopie vorzunehmen. Die zArchive enthalten weitere Daten, die fallweise von Interesse sein könnten.

Der Endbericht entspricht der von den Büros an die Umweltverwaltung Brandenburg übergebene Version, jedoch eingehend durchgesehen, geprüft und ggf. ergänzt. Der Ordnerinhalt ist somit nicht notwendigerweise identisch mit den beim Ref. W26 liegenden Endberichtsordnern.

6.7 Ordner: Datenzusammenstellung GIS

Die Zusammenstellung und Darstellung der raumbezogenen Daten erfolgte mittels ArcMap 10.4 und QGIS 3.32. Es stehen zwei identisch aufgebaute Projektdateien für beide Programmfamilien zur Verfügung (SBL_AP5_Redist.mxd bzw. SBL_AP5_Redist.qgz). Diese sind auf der microSD-Karte im Ordner Datenzusammenstellung GIS zu finden.

Koordinatenbezugssystem ist jeweils ETRS89 UTM Zone 33N (EPSG 25833). Beide Projektdateien verwenden relative Pfade.

Technischer Hinweis: Bei qgz-Versionen < 3.32 kann es zu Problemen mit der Darstellung der beiden Foto-Layer kommen – keine Richtungspfeile, keine Thumbnail-Vorschau.

Abbildung 7: Darstellung der Ordner-Struktur der geordneten GEK-Informationen.

6.7.1.1 Layer und Shape Dateien

Erläuterungen zu den Attribut-Feldern können dem Kapitel 6.5.2 entnommen werden.

Name	Beschreibung	Geometrie
(Ohne Gruppe)		
SBL_AP5_Fotos_Seen	Hyperlink erwähnen	Punkt
Gruppe MZB		
SBL_AP5_MZB_UPs	Die MZB-Probenahmepunkte	Punkt
SBL_AP5_MZB_Seen_bewertet	Teildatensatz aus der Tabelle tbl_Seen_bearbeitet, der die Seen enthält, an denen Bewertungen für das Makrozoobenthos vorliegen. Einige Seen bzw. Untersuchungspunkte wurden sowohl im Rahmen der Kampagne 2007/2008 als auch erneut 2019/2020 beprobt. Symbolisierung nach der WRRL-Zustandsklasse. Seen können aus mehreren Teilgeometrien bestehen.	Polygon
SBL_AP5_Seen_Bearbeitet_MZB	Darstellung/Symbolisierung der Seen aus der Tabelle tbl_Seen_bearbeitet für die Untersuchungen des Makrozoobenthos durchgeführt wurden.	Polygon
Gruppe MPH		
SBL_AP5_MPH_Transekte_Stammpunke	Die offiziellen Stammpunkte der Makrophyten-Transekte	Punkt
SBL_AP5_MPH_Transekte_inoffiziell	Die inoffiziellen Makrophytentransekte mit Anfangs- und Endpunkt	Linie

Name	Beschreibung	Geometrie
SBL_AP5_Seen_Bewertung	Teildatensatz aus der Tabelle tbl_Seen_bearbeitet, der die Seen enthält, an denen Bewertung der Teilkomponente „Makrophyten“ vorliegen. Symbolisierung nach der WRRL-Zustandsklasse.	Polygon
SBL_AP5_Seen_Bearbeitet_MPH	Darstellung/Symbolisierung der Seen aus der Tabelle tbl_Seen_bearbeitet für die Untersuchungen von Makrophyten durchgeführt wurden.	Polygon
Gruppe HMS		
SBL_AP5_HMS_Segmente	Uferabschnitte / Segmente der HMS-Kartierungen (100 m oder 250 m)	Polygon
SBL_AP5_HMS_Subsegmente	Subsegmente der HMS-Kartierungen aus den GEK-Bearbeitungen symbolisiert nach den WRRL-Zustandsklassen (ohne Zusatzkartierung 2024)	Polygon
SBL_AP5_Zusatzkartierung_Subsegmente_StA	Subsegmente der HMS-Zusatzkartierungen 2024, symbolisiert nach den WRRL-Zustandsklassen.	Polygon
SBL_AP5_HMS_Subzonen	Subzonen der HMS-Kartierungen aus den GEK- Bearbeitungen symbolisiert nach den WRRL-Zustandsklassen (ohne Zusatzkartierung 2024)	Polygon
SBL_AP5_Seen_Bearbeitet_HMS	Darstellung/Symbolisierung der Seen aus der Tabelle tbl_Seen_bearbeitet für die Untersuchungen zur Hydromorphologie vorliegen	Polygon
Gruppe ACP		
SBL_AP5_Seen_Trophiegrad	Teildatensatz aus der Tabelle tbl_Seen_bearbeitet für die Untersuchungen zum Trophiegrad vorliegen, symolisiert nach Trophiegrad	Polygon
SBL_AP5_Seen_Bearbeitet_ACP TI	Darstellung/Symbolisierung der Seen aus der Tabelle tbl_Seen_bearbeitet für die Untersuchungen zum Trophieindex vorliegen	Polygon
Sonstige / Basisdaten		
GEK	Gewässerentwicklungskonzepte im Land Brandenburg (.shp) vgl. Dokumentation im Unterordner .\Shapes\GEK-Gebiete © Landesamt für Umwelt Brandenburg, dl-de/by-2-0	Polygon
Seen25	Seen im Land Brandenburg (.shp) vgl. Dokumentation im Unterordner .\Shapes\Seen25 © Landesamt für Umwelt Brandenburg, dl-de/by-2-0	Polygon
Seen25_schiffbar	Teildatensatz schiffbarer Seen in Berlin und Brandenburg aus der Datei seen25.shp	Polygon
WMS BB-BE DOP20c Cache	Digitale Orthofotos (DOP20) der Landesvermessung (WMS): https://isk.geobasis-bb.de/mapproxy/dop20c/service/wms?SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities& © GeoBasis-DE/LGB, dl-de/by-2-0	Raster/WMS
WMS BB-BE WebAtlasDE Fix	Topgrafischer Web-Atlas der Landesvermessung (WMS), a) in Graustufen b) in Farbe: https://isk.geobasis-bb.de/mapproxy/webatlasde/service/wms? © GeoBasis-DE/LGB, dl-de/by-2-0	Raster/WMS

6.7.1.2 Hinweis zu den Seen-Fotos der Gewässerentwicklungskonzepte (GEK)

Die Fotos des Layers SBL_AP5_Fotos_Seen können mit dem entsprechenden Werkzeug aus der Symbolleiste direkt aus dem GIS heraus aufgerufen werden (bei ArcMap „Hyperlink“, QGIS „Aktionen – Datei öffnen“).

Die zugehörigen Fotos befinden sich auf der microSD-Karte im Unterordner Fotos.

6.8 Ordner: Datenaustausch ISWABE

Die Bereitstellung von Daten für eine Integration in die ISWABE-Datenbank erfolgt in der Access-Datei SBL_AP5_ISWABE.accdb. Sie umfasst nur solche der Hydromorphologie und des Makrozoobenthos (Daten zu ACP und Makrophyten sind in der ISWABE-Datenbank ja bereits enthalten).

Die Form der Übergabe der Daten für die ISWABE-Datenbank ist identisch mit jener, wie sie das LfU die MPH- und ACP-Daten für den Auftragnehmer bereitgestellt hat, also in Tabellen mit Daten und Bewertungsdaten. Zu den Daten gehören dabei die Taxa-Erhebungen der MZB-Probennahmen (Individuenzahlen und Häufigkeitsklasse), zu den Bewertungsdaten die Impactberechnungen der HMS-Subsegmente und -Subzonen sowie die Zustandsklassenberechnungen für die Probennahmenorte und Gewässer der MZB-Beprobung, deren Multimetrischer Index und die Taxa-Anzahl pro Probenahme bzw. der Mittelwert der Taxa-Anzahl pro See. Weitere Metrics wurden nicht berücksichtigt, können aber ebenfalls eingepflegt werden. Bei den Taxa-Daten und den abgeleiteten Bewertungsdaten wurden nur die Datensätze berücksichtigt, die sich auf die Operative Taxaliste beziehen. Solche Datensätz sind in der MZB-Datenbank über das Feld OT gekennzeichnet. Die Originaldaten sind ebenfalls in der Transfer-Datenbank enthalten.

Die Tabellen Daten und Bewertungsdaten besitzen zahlreiche Fremdschlüsselfelder, deren Werte in dazugehörigen Domänen hinterlegt sind (Präfix „tdom_“, s. auch Access-Beziehungsfenster) Hierzu gehören:

- Abundanz
- Einheit
- Komponenten
- Messstelle
- Messstelle_Koordinaten
- Methoden
- MS_Typ
- Parameter
- Probenehmer
- Validierung

Die Verbindung zwischen den Schlüsselfeldern der Tabellen und Domänen verfügt über relationale Integrität und eine Aktualisierungsweitergabe. Die Schlüsselwerte sind zunächst mit negativen Zahlen belegt, um Konflikte mit den vorhandenen Werten in der ISWABE-Datenbank zu vermeiden. Sie können aufgrund der Aktualisierungsweitergabe aber auch direkt in den Domänen geändert werden. (Die zugehörigen Textfelder in den Tabellen Daten und Bewertungsdaten sind fest eingetragen. Sie dienten teilweise dem Befüllen der Tabellen und haben nur informellen Charakter).

Für die Taxa wurden die entsprechenden Parameterwerte aus der Tabelle tbl_MZB_Taxa_Orig abgeleitet. Der Parameterwert entspricht dabei dem Präfix „MZB_“ gefolgt vom Feldwert ID_ART nach EUROLIM-PACS/AQEM. Da diese Liste nicht im Original vorlag, wurde der zugehörige Taxonname ebenfalls aus der Tabelle tbl_MZB_Taxa_Orig entnommen. Dieser bezieht sich jedoch auf die ursprüngliche Bestimmung und ist nicht zwangsläufig normiert. Datensätze mit derselben ID_ART-Nummer können in der Tabelle tbl_MZB_Taxa_Orig also mehrere Taxonnamen haben. Für die Erzeugung der zugehörigen Werte in der Parameter-Domäne wurde in solchen Fällen automatisiet stets der erste verfügbare Wert herangezogen. Die Taxonbezeichnung für einen Parameter kann daher von der offiziellen operationellen Taxaliste abweichen. Er lässt sich im Bedarfsfall aber leicht aktualisieren.

In der Tabelle tbl_MZB_Taxa_Orig werden neben dem Taxon auch Angaben zum Stadium erhoben, das durch den ID_ART-Wert nicht abgebildet wird. Um eine spätere Revision zu ermöglichen wurde die Tabelle Daten mit einer zusätzlichen ID versehen (DS_ID), die in der Tabelle Daten mitgeführt wurde. Ebenfalls enthalten ist dort der Bezug zur Probenahme_ID, falls später weitere anorganische Parameter aus der Probennahme-Tabelle eingepflegt werden sollen.