

Freiwassermonitoring Bodensee

Datenblatt Teilbereich Chemie

1 Einleitung

Seit den 1960er Jahren wird ein regelmäßiges und länderübergreifendes chemisch-physikalisches und biologisches Monitoring des Freiwassers durch die in der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) vertretenen Länder und Kantone durchgeführt. Diese Monitoringdaten bilden die Grundlage für die Empfehlung von Maßnahmen durch die IGKB an die Mitgliedsländer. Ein Meilenstein dieser Arbeit war der flächendeckende Ausbau von Kläranlagen als Antwort auf die zunehmende Phosphorbelastung und Eutrophierung des Bodensees in den 1950er und 1960er Jahren. Heute liegt die Phosphorkonzentration des Bodensees wieder in einem für oligotrophe Alpenseen typischen Bereich. Neben dem Standard-Monitoring kommt im Bodensee außerdem dem Thema Spurenstoffe eine hohe Bedeutung zu.

1.1 Definition

Die Freiwasserzone des Bodensees unterhalb zehn Meter Wassertiefe macht den größten Anteil des Seevolumens (85%) aus. Aufgrund von Änderungen des Temperaturhaushalts im Jahresverlauf und weiteren äußeren Faktoren (Wind) zirkuliert der See im Frühjahr, während sich über den Sommer eine stabile Schichtung aufbaut. Die chemischen Stoffflüsse im See werden durch dieses Schichtungsverhalten intensiv beeinflusst. Während der Zirkulation werden Nährstoffe wie Phosphor und Stickstoff wieder ins Oberflächenwasser und sauerstoffreiches Wasser in die tiefen Wasserschichten transportiert. Es lässt sich beobachten, dass infolge des Klimawandels im Vergleich zu früheren Jahrzehnten unmittelbar aufeinanderfolgende Jahre mit schwacher Durchmischung des Tiefenwasserbereichs zuletzt häufiger auftraten. Dies wirkt sich maßgeblich auf den vertikalen Stofftransport aus.

Neben dem charakteristischen Schichtungsverhalten werden die physikalischen und chemischen Gegebenheiten im Freiwasser des Bodensees maßgeblich durch Stoffeinträge über die Zuflüsse, insbesondere bei Hochwasser, bestimmt.

1.2 Ökologische Bedeutung

Die Stoffflüsse chemischer Parameter und der Eintrag von Nährstoffen und Mikroverunreinigungen sind neben den physikalischen Kenngrößen entscheidende Stellschrauben für alle biologischen Prozesse im Bodensee.

Höhere Pflanzen und Algen benötigen – neben Licht - Wasser, Kohlenstoffdioxid und Nährstoffe zum Aufbau von organischem Material. Hierbei wird außerdem Sauerstoff produziert.

Phosphor ist in der Regel der limitierende Faktor für die Primärproduktion in Seen, zeitweise können aber andere Faktoren, wie z.B. die Verfügbarkeit von Stickstoff oder Silikat oder die Begrenzung von Licht limitierend werden. Konsumenten (Zooplankton, Fische, Makrozoobenthos) und Destruenten (heterotrophe Mikroorganismen, Pilze) verbrauchen bzw. zersetzen die produzierte Biomasse. Die dabei freigesetzten Nährstoffe stehen wieder für die Primärproduktion zur Verfügung.

Mikroverunreinigungen können schon in geringen Konzentrationen schädliche Wirkungen auf aquatische Organismen haben. Diese werden direkt oder über die Nahrungskette aufgenommen und können sich mit unterschiedlichen Auswirkungen im Organismus anreichern. Zum Beispiel können

hormonartig wirkende Stoffe, die ins Gewässer eingetragen werden, aktiv in den Hormonhaushalt von Organismen eingreifen und so die Fortpflanzung beeinflussen.

Die Stoffflüsse zwischen der Flachwasserzone, dem Freiwasser und dem Seeboden unterliegen regelmäßigen Veränderungen vor allem durch periodisch ablaufende hydrologische (Hoch-/Niedrigwasser), jahreszeitliche (Saisonalität) und biologische (Habitatwechsel der Entwicklungsstadien, Vertikalwanderung) Gesetzmäßigkeiten.

2 Fragestellungen

Aktuelle Fragestellungen im Hinblick auf das System Freiwasser betreffen beide Kernfragen „Klimawandel“ und „Einfluss Neobiota“, die zur Erstellung des Basismonitorings identifiziert wurden.

Im Hinblick auf den Klimawandel sind verschiedenste Fragestellungen von Bedeutung, für die sich basierend auf Modellrechnungen und Monitoringdaten bereits heute bestimmte Entwicklungen erwarten lassen. Die folgende Auflistung stellt eine Auswahl wichtiger Fragen dar, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt und im Rahmen der „rollenden Planung“ des IGKB-Basismonitorings grundsätzlich erweiterbar ist.

- Wie beeinflussen veränderte Wassertemperaturen die Zirkulation im Frühjahr?
- Wie wirkt sich eine abgeschwächte Zirkulation auf den Sauerstoffgehalt im Tiefenwasserbereich aus?
- Wie wirken sich möglicherweise abnehmende Sauerstoffkonzentrationen auf bestimmte Lebensgemeinschaften (z.B. Fische) aus?
- Wie beeinflussen möglicherweise abnehmende Sauerstoffkonzentrationen Zersetzungs- und Rücklöseprozesse?
- Wie wirkt sich eine verstärkte Freisetzung von Phosphor auf die Entwicklung von Blaualgenblüten aus?
- Könnten Blaualgenblüten mit toxischen Arten Auswirkungen auf die Wasserqualität haben?
- Wie wirken sich zunehmende Extremereignisse auf die Wasserqualität aus?

Auch Neobiota könnten die Chemie des Freiwassers wesentlich beeinflussen:

- Wie wirkt sich die dichte Besiedlung des Seebodens mit der Quaggamuschel auf den Nährstoffkreislauf, insbesondere von Phosphor, aus?

Neben den beiden Kernfragen ist auch die Entwicklung der Konzentrationen von Spurenstoffen und ihren Abbauprodukten von fortbestehender Relevanz. Insbesondere gibt es immer wieder neue Verbindungen, die in die Aufmerksamkeit von Wissenschaft bzw. Öffentlichkeit gelangen, und so ggf. eine Anpassung von bestehenden Untersuchungsspektren erforderlich machen.

3 Methoden

3.1 Datenerhebung bisher

3.1.1 Physikalisch-chemische Parameter

In diesem Datenblatt werden nur die Untersuchungen (IGKB und andere) dargestellt, die mit einer gewissen Regelmäßigkeit im Sinne eines Routinemonitorings durchgeführt werden/wurden.

Projektbasierte Erhebungen bzw. spezielle Untersuchungen (z.B. seeweite Sedimentuntersuchung), sind nicht berücksichtigt.

Das Freiwassermonitoring der IGKB auf *physikalisch-chemische Parameter* wird monatlich an verschiedenen *fest definierten Messstellen* in Bodensee Obersee und Untersee durchgeführt (Abb. 1). Im Folgenden sind die Messstellen sowie die jeweilige Zuständigkeit der Länder und Kantone aufgeführt:

- Bodensee Obersee: Fischbach-Uttwil (Seemitte), Institut für Seenforschung
- Bodensee Obersee: Bregenzer Bucht, Institut für Umwelt- und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg
- Bodensee Untersee: Gnadensee, Institut für Seenforschung
- Bodensee Untersee: Zellersee, Institut für Seenforschung
- Bodensee Untersee: Rheinsee, Amt für Umwelt Kanton Thurgau

Die IGKB-Messstelle

- Bodensee Obersee: Langenargen-Arbon

wird zweiwöchentlich auf Pigmente und physikalische Parameter untersucht.

Zusätzlich werden an der Messstelle „Überlingen Wallhausen“ durch den Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung (Messstelle „Überlingersee“ in Abb. 1) monatlich physikalisch-chemische Parameter erhoben. Diese Daten fließen regelmäßig in die Berichte zur Bodensee-Zustandsbewertung der IGKB ein.

Das limnologische Institut der Universität Konstanz erhebt zusätzlich im zweiwöchentlichen Turnus Daten im Überlinger See, die jedoch nicht dem IGKB-Monitoring zugeordnet werden. Für den Überlinger See gibt es durch den Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung außerdem monatlich Daten aus der Rohwasserüberwachung (Sipplingen, Entnahmetiefe 60 m). Außerhalb des regulären IGKB-Monitorings werden zudem die Messstellen „Wasserburg“ und „Rheinspitz“ im Bodensee Obersee sowie die Messstelle „Seerhein“, der den Obersee und Untersee verbindet, geführt. Diese werden vom Institut für Seenforschung monatlich beprobt.

Eine IGKB-*Probenahme* umfasst standardmäßig die Entnahme von Wasserproben aus definierten Tiefen (Tiefenprofil), im Seerhein wird nur die Oberfläche beprobt. Die Proben werden mittels Wasserschöpfer entnommen, in Probengefäße abgefüllt, ggf. vorbehandelt (z.B. fixiert, angesäuert) und zur weiteren Aufbereitung und chemischen Analytik ins Labor gebracht. Neben Basisparametern wie Härte, Säurebindungsvermögen und pH-Wert werden die Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor, Silikat), wichtige Anionen und Kationen sowie Sauerstoff und bestimmte redoxsensitive Parameter (Eisen, Mangan) regelmäßig erfasst. Jede Probenahme beinhaltet auch die Aufnahme eines Tiefenprofils der physikalischen Parameter Druck, Temperatur, Leitfähigkeit sowie ggf. Sauerstoff mittels Sonde. Zusätzlich wird die Sichttiefe mit einer Secchi-Scheibe bestimmt. Eine vollständige Liste der gemessenen Parameter findet sich im internen Bereich der Internetseite der IGKB:

<https://www.igkb.org/igkb-intern/interner-bereich/bowis-intern/formblaetter-datenerhebung/>

(Formblatt: IGKB_Transferformat_Erhebungen)

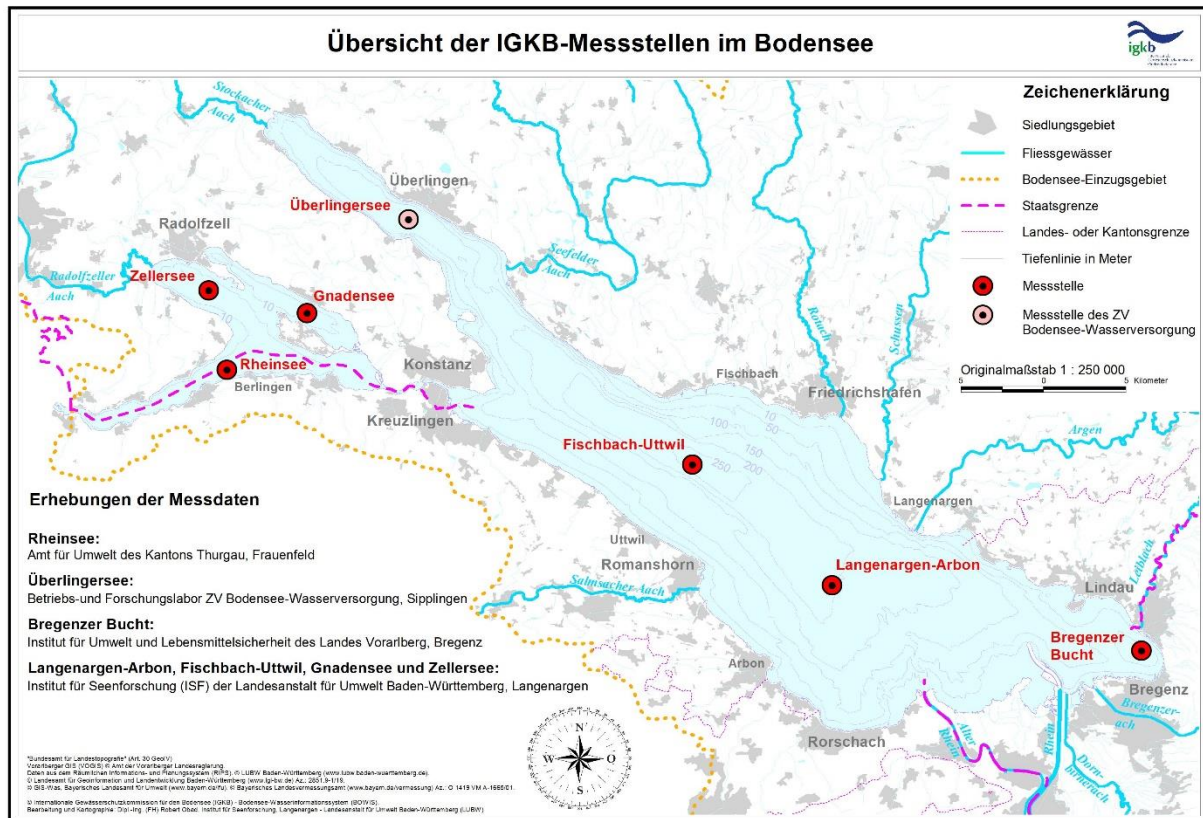


Abb. 1: Messstellen des IGKB-Monitorings im Bodensee*.

*Die Messtelle im Überlinger See des ZV Bodensee-Wasserversorgung ist als „assozierte“ Messstelle zu betrachten: Die regelmäßig erhobenen Messdaten sind von hoher Relevanz für die Gesamtbeschreibung des Bodensees und fließen regelmäßig in die Reihe der „Grünen Berichte“ (<https://www.igkb.org/oeffentlichkeitsarbeit/limnologischer-zustand-des-sees-gruene-berichte/>) mit ein.

Pigmente, die bei der Datenhaltung (siehe Kap. 8) als physikalisch-chemische Parameter geführt werden, werden im Rahmen der Phytoplanktonprobenahme 14-täglich bei Fischbach-Uttwil und 4-wöchentlich im Zellersee, Gnadensee und Rheinsee erhoben. Außerdem werden 14-täglich die Messstellen Langenargen-Arbon, Wasserburg und Rheinspitz beprobt. Die Station Bregenz wird vom Umweltinstitut auf Basis nationaler Vorgaben viermal im Jahr, vom ISF 4-wöchentlich beprobt.

Im Überlinger See misst neben der Bodensee-Wasserversorgung auch die Universität Konstanz zweiwöchentlich Chlorophyll-a in einer Summenprobe.

Weitere Untersuchungen, wie beispielsweise die Analytik von Blaualgentoxinen, werden im Einzelfall anlassbezogen auf nationaler Ebene veranlasst.

3.1.2 Spurenstoffe

Spurenstoffe wurden im Bodensee im Jahr 2008 im Rahmen des Aktionsplans Freiwasser der IGKB mit ca. 600 Einzelstoffen erstmalig umfassend untersucht. Im Folgejahr (2009) wurden zwölf wichtige Bodenseezuflüsse auf ca. 70 Einzelstoffe untersucht. Basierend auf diesen Erstuntersuchungen wurden 2015 und 2019 35 als besonders relevant erachtete Stoffen (Arzneimittel, Röntgenkontrastmittel, PFT, Benzotriazole und Süßstoffe) untersucht. An der Messstelle Fischbach-Uttwil wird außerdem regelmäßig 3 x pro Jahr ein Pestizid-Monitoring (wobei im Analysenspektrum auch noch verschiedene andere Substanzen, z.B. Arzneimittel enthalten sind) durch das ISF/ LUBW durchgeführt. Da die Pestizide im See und den Zuflüssen in den laufenden nationalen

Messprogrammen erfasst werden, wurde bisher darauf verzichtet, diese in die Liste des IGKB-Monitorings aufzunehmen.

Im Bodensee-Obersee und Zellersee werden durch das Institut für Seenforschung außerdem für die Überblicksüberwachung regelmäßige Untersuchungen auf Spurenstoffe in der Wasserphase und in Biota (Fische und/oder Muscheln) in Zusammenarbeit mit den LUBW-Laborreferaten und verschiedenen externen Laboren durchgeführt, die in die Berichterstattung im Rahmen der EG-WRRL einfließen.

Auch die Bodensee-Wasserversorgung bestimmt regelmäßig in Zusammenarbeit mit externen Laboren (z.B. Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe) eine große Anzahl an Spurenstoffen im Rohwasser aus 60 m Tiefe (Basisprogramm: monatlich, erweiterte Spurenstoffmessung 1 x pro Quartal), die einen Großteil der nach WRRL zu überwachenden Stoffe umfasst. Jährlich werden außerdem alle prioritären Stoffe der sogenannten „watch-list“ (Beobachtungsliste) bestimmt.

Zusätzlich kann beim Monitoring von Spurenstoffen auf die Erkenntnisse nationaler Spurenstoffuntersuchungen wie zum Beispiel einer Erfolgskontrolle Kläranlagenausbau mit einer vierten Reinigungsstufe oder auch auf Spurenstoffuntersuchungen in Fließgewässern im Einzugsgebiet des Bodensees zurückgegriffen werden.

3.1.3 Chemie Flachwasserzone

Der Eintrag von Nährstoffen durch die größeren Bodenseezuflüsse ist durch langjährige, etablierte Messprogramme der Länder sehr gut bekannt. Die vorliegenden Zuflussdaten zusammen mit den Daten des regelmäßigen Freiwassermonitorings sind geeignet, die stoffliche Belastungssituation des Bodensees zu bewerten. Ein regelmäßiges Monitoring in der Flachwasserzone im Mündungsbereich der Zuflüsse wird daher als nicht notwendig erachtet.

3.2 Indikations- und Bewertungssysteme

- **LAWA-Trophie**

Vor Inkrafttreten der EG-WRRL im Jahr 2000 wurden in Deutschland Seen hinsichtlich ihres trophischen Zustands mit den LAWA-Richtlinien klassifiziert und bewertet (LAWA 1999, 2001, 2003). Eine Überarbeitung hiervon wurde 2014 (LAWA, 2014) veröffentlicht. Basierend auf den Parametern Gesamtphosphor, Chlorophyll a und Sichttiefe wird der LAWA-Trophie-Index ermittelt, der die Einstufung von Seen hinsichtlich ihres Trophiestatus (oligotroph bis hypertroph) ermöglicht. Durch den Vergleich des trophischen IST-Zustands mit einem potenziellen Referenzzustand kann so grundsätzlich eine Bewertung erfolgen. In der Praxis wurde dieser Bewertungsansatz inzwischen größtenteils durch die WRRL-Verfahren abgelöst, die valide Bewertungswerkzeuge für eine referenzbasierte Trophiebewertung darstellen.

Die LAWA-Trophieklassifikation findet auch bei der Zustandsbeschreibung des Bodensees Anwendung. Mit Erreichen der wieder typischen Phosphorkonzentrationen für einen großen und tiefen oligotrophen Alpensee, die aktuell auf geringem Niveau in Bereich zwischen ca. 6 und 8 µg/L im Jahresmittel schwanken, wurde eine aktuelle Trophieeinstufung durchgeführt.

Der limnologische Zustand des Bodensees wird anhand verschiedener aussagekräftiger Belastungsparameter jährlich umfassend beschrieben (*Grüne Berichte der IGKB*).

Im Rahmen der jährlichen Zustandsbewertung anhand der physikalisch-chemischen Basisdaten, lassen sich Veränderungen, auch solche, die zu einer veränderten Trophieeinstufung führen würden, zeitnah erkennen.

- **WRRL**

Die Bewertung des chemischen Zustands von Seen ist auch Vorgabe der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000/60/EG). Die Umsetzung der EG WRRL in nationales Recht erfolgt durch die entsprechenden Verordnungen der Länder (siehe Kap. 5 Gesetzliche Grundlagen).

Der Bodensee Obersee (Messstelle Fischbach-Uttwil) und der Bodensee Untersee (Messstelle Zellersee) sind für die Überblicksüberwachung zur Umsetzung der WRRL an die EU gemeldet. Neben der regelmäßigen Erhebung „*allgemeiner physikalisch-chemischer Parameter*“ schreibt die WRRL die Überwachung bestimmter Spurenstoffe – 1.) der „flussgebietsspezifischen Schadstoffe“ und 2.) der „*prioritären Stoffe und bestimmten anderen Schadstoffe*“ - vor.

Die Ergebnisse der baden-württembergischen Überblicksüberwachung für die Spurenstoffe werden in die internationale Koordinationsgruppe Alpenrhein/Bodensee eingebracht und fließen in die nationalen Bewirtschaftungspläne ein. Aus diesem Grund wird im Folgenden nur auf die in Deutschland geltenden Regelwerke und Begrifflichkeiten Bezug genommen.

Die „allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter“ (OGewV 2016, Anlage 3.3) sind in Deutschland für Seen aktuell nur hinsichtlich Gesamt-Phosphor und Sichttiefe mit Grenzbereichen für den Zustand gut/mäßig bzw. sehr gut/gut versehen (OGewV 2016, Anlage 7). Für die anderen in Anlage 3.3. gelisteten Parameter (z.B. pH-Wert, Sauerstoff, Nitrat-N, Chlorid) ist ein Zustand mindestens nahe der für den jeweiligen Seetyp charakteristischen Referenz anzustreben. Die „allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter“ werden nach derzeitiger nationaler Regelung als *unterstützende* Qualitätskomponenten zur Bewertung der Biologie herangezogen.

Neben den biologischen Qualitätskomponenten und den physikalisch-chemischen und hydromorphologischen Parametern als unterstützende Qualitätskomponenten sind die „flussgebietsspezifischen Schadstoffe“ (OGewV 2016, Anlage 6) für die Einstufung des ökologischen Zustands zu erheben. Zur Bewertung des chemischen Zustands ist die Liste der „prioritären Stoffe und bestimmten anderen Schadstoffe“ (OGewV 2016, Anlage 8) zu überwachen.

Die „flussgebietsspezifischen Schadstoffe“ und die „prioritären Stoffe und bestimmten anderen Schadstoffe“ sind mit Grenzwerten, den sogenannten Umweltqualitätsnormen versehen.

Die Bewertung erfolgt durch Abgleich der Messergebnisse mit den vorgegebenen Grenzwerten nach dem sogenannten „one-out-all-out“-Prinzip. Danach führt bereits die Überschreitung nur eines „flussgebietsspezifischen Schadstoffes“ dazu, dass der ökologische Zustand des Seewasserkörpers höchstens als „mäßig“ einzustufen ist bzw. die Überschreitung nur eines „prioritären Stoffes bzw. bestimmten anderen Schadstoffs“ zum „nicht guten“ chemischen Zustand.

Für Spurenstoffe, die durch das IGKB Monitoring erhoben werden und nicht nach WRRL geregelt sind, wird für Bewertung in der Regel auf andere nationale Grenzwerte der beteiligten Länder zurückgegriffen, wie die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung (D/A), die Leitwerte des Umweltbundesamts (D) oder die Gewässerschutzverordnung resp. die Vorschläge von Qualitätskriterien des Ökotoxizentrums (beide CH).

3.3 Kosten

3.4 Periodizität und Dauer

Die WRRL sieht für die Überblicksüberwachung folgende Frequenzen und Intervalle vor:

- allgemeine physikalisch-chemische Komponenten: 4-13 x pro Jahr, mindestens 1 x in 6 Jahren
- flussgebietsspezifische Schadstoffe: 4-13 x pro Jahr, mindestens 1 x in 6 Jahren

- prioritäre Stoffe nach OGewV Anlage 8, Tabelle 1, Spalte 8 (Wasserphase): 12 x pro Jahr, mindestens 1 x in 6 Jahren
- prioritäre Stoffe nach OGewV Anlage 8, Tabelle 1, Spalte 8 (Biota): 1-2 x pro Jahr, mindestens 1 x in 6 Jahren
- Stoffe nach OGewV Anlage 8, Tabelle 1, Spalte 6 in Biota, Schwebstoffen oder Sedimenten: 1-2 x pro Jahr, nur an Messstellen für die Trendüberwachung mindestens 1 x in 3 Jahren (Bodensee Obersee und Untersee sind als Trendmessstellen gemeldet)

Das derzeitige Monitoring physikalisch-chemischer Parameter mit einer 14-tägigen bis 4-wöchentlichen Frequenz, den aktuellen Messstellen und Tiefenstufen sowie dem festgelegten Untersuchungsumfang wird als geeignet gesehen, die sich im Freiwasser abbildenden Entwicklungen und Veränderungen im Sinne der in Kap. 2 genannten Fragestellungen mit ausreichender Dichte, Auflösung und Zuverlässigkeit zu erfassen, und so ggf. rechtzeitig Handlungsempfehlungen an die Länder geben zu können. Auch werden die gesetzlichen Überwachungsvorgaben erfüllt. Derzeit wird in diesem Bereich kein Anpassungsbedarf gesehen.

Im Untersuchungsjahr 2021 wurde der Bodensee Obersee (Überblicksmessstelle Fischbach-Uttwil) monatlich, das heißt 12 x auf Spurenstoffe beprobt und diese anschließend analysiert. Diese Untersuchungen erfüllen die gesetzlichen Vorgaben und ermöglichen eine zuverlässige und genaue Zustandsbewertung inkl. der langfristigen Entwicklung (bei Untersuchung alle 6 Jahre). Der Bodensee Untersee (Überblicksmessstelle Zellersee) wird in einem Jahr des Zeitraums 2022-2024 umfassend untersucht.

Um die jeweiligen nationalen gesetzlichen Anforderungen an das Spurenstoffmonitoring zu erfüllen, sollen die Untersuchungen mit dem/der genannten Zyklus und Frequenz weitergeführt werden und ins zukünftige IGKB-Basismonitoring aufgenommen werden.

4 Fachliche Querverbindungen

Die folgende Auflistung – ohne Anspruch auf Vollständigkeit - enthält eine Auswahl wichtiger fachlicher Querverbindungen der Wasserchemie zu den anderen Faktenblättern des Basismonitorings.

- Phytobenthos: Nährstoffe, Wachstum, Photosynthese beeinflusst Parameter CO₂, O₂, pH-Wert
- Makrophyten: Nährstoffe, Wachstum, Photosynthese beeinflusst Parameter CO₂, O₂, pH-Wert, Sedimentchemie
- Makrozoobenthos, Zooplankton: Akkumulation von Umweltgiften, Beeinflussung Reproduktion
- Neozoen (Muschelarten): Beeinflussung von Stoffflüssen (Phosphor), Thiminasebelastung, Akkumulation von Umweltgiften
- Phytoplankton: Nährstoffe, Produktion, Sauerstoffzehrung auf dem Seeboden
- Physik: Temperatur (stoffliche Verteilung durch Strömungen, Zirkulations- und Schichtungsprozesse, temperaturabhängige Reaktionen und Stoffabbau, Löslichkeiten von CO₂ und O₂, pH-Wert), Energieeintrag (Resuspension von Nährstoffen aus Sediment)

5 Gesetzliche Grundlagen/Vorgaben

- Deutschland
 - Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) 2000/60/EG
 - Umweltqualitätsnormen-Richtlinie 2008/105/EG, geändert durch 2013/39/EU

- Oberflächengewässerverordnung (OGewV)
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
- Österreich
 - Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) 2000/60/EG
 - Umweltqualitätsnormen-Richtlinie 2008/105/EG, geändert durch 2013/39/EU
 - Wasserrechtsgesetz (WRG 1959 idgF)
 - Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV, BGBl. II Nr. 479/2006 idgF)
 - Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer (QZV Ökologie OG, BGBl. II Nr. 99/2010 idgF)
 - Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (QZV Chemie OG, BGBl. II Nr. 96/2006 idgF)
- Schweiz
 - Gewässerschutzgesetz (GSchG, SR 814.20)
 - Gewässerschutzverordnung (GSchV, SR 814.201)
 - Modulstufenkonzept - Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Oberflächengewässer der Schweiz

Mit dem vorgeschlagenen Monitoring werden die gesetzlichen Anforderungen nach EG-WRRL erfüllt.

6 Synergien

- Klimafolgenmonitoring
- Resilienzmonitoring/-forschung
- Messnetze Physik
- Berichtspflichten WRRL

7 Bisheriges Monitoring/Erhebungen

Das regelmäßige Monitoring des Freiwassers wird im mindestens monatlichen Turnus durchgeführt (siehe Kapitel 3.1). Die Ergebnisse der physikalisch-chemischen Untersuchungen des Freiwassers seit dem Jahr 1974 sind in der Reihe der *Grünen Berichte* dargestellt, die aktuell zwei-jährlich erscheinen (<https://www.igkb.org/oeffentlichkeitsarbeit/limnologischer-zustand-des-sees-gruene-berichte/>).

Für die Stationen Fischbach-Uttwil, Gnadensee und Zellersee liegen physikalisch-chemische Messdaten aus dem durch die IGKB koordinierten Monitoring bereits seit den 60er Jahren vor.

In den Jahren 1990 und 1991 wurde eine erste orientierende Untersuchung auf Pestizide durchgeführt, die von der IGKB beauftragt wurde. Gemessen wurden 80 Pestizide und ihre Abbauprodukte in Vertikalprofilen an drei Bodensee-Messstellen (Fischbach-Uttwil, Bregenzer Bucht, Überlinger See) und einzelnen Zuflüssen. Die Ergebnisse der Untersuchung sind im *Grünen Bericht Nr. 19* zu finden.

Pestiziduntersuchungen wurden für den Bodensee vom Institut für Seenforschung auch danach regelmäßig durchgeführt, seit Anfang 2000 in einem vergleichbaren Umfang wie aktuell. Mit Umsetzung der EG-WRRL wurden auch andere Spurenstoffe ins Monitoringprogramm aufgenommen (siehe Kapitel 3.1.2 und 3.2). Der Stoffumfang wird jährlich an neu interessierende Stoffe bzw. Änderungen der gesetzlichen Vorgaben angepasst. Die Ergebnisse werden in den jährlichen

Arbeitsberichten des Instituts für Seenforschung dargestellt (<https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/berichte>).

Auch die Bodenseewasserversorgung führt seit Anfang der 1990er Jahre regelmäßige Pestizidmessungen durch, seit 2005 werden Spurenstoffe in erweitertem Umfang untersucht. Auch hier wird das Untersuchungsspektrum kontinuierlich an den aktuellen Bedarf bzw. die jeweiligen gesetzlichen Anforderungen angepasst. Eine Auswahl der Daten wird in den Jahresberichten der Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee und Rhein veröffentlicht (<https://www.awbr.org/informationen/jahresbericht/> für den jeweils aktuellen Bericht).

Seit 2008 werden zusätzlich regelmäßige Spurenstoffuntersuchungen durch die IGKB beauftragt (siehe Kapitel 3.1.2), deren Ergebnisse ebenfalls in den *Grünen Berichten* dargestellt werden (Nr. 41, Nr. 43).

8 Datenhaltung und länderübergreifende Harmonisierung

8.1 Allgemeines

Die IGKB Bodensee-Daten zum physikalisch-chemischen Monitoring werden für alle Anrainer gemeinsam in der BOWIS (BOdensee-WasserInformationsSystem) Datenbank verwaltet. Auch die Daten zum physikalisch-chemischen Monitoring der Bodenseewasserversorgung (Seemessstelle und Rohwasserentnahme) sind in BOWIS enthalten. Auf Beschluss der IGKB sollen die gemeinschaftlich durch die Länder und Kantone erhobenen Spurenstoffdaten (Freiwasser und Zuflüsse) in die Datenbank eingepflegt werden. Diese Übernahme der Daten ist für die Jahre 2015 und 2019 abgeschlossen, für die Daten von 2008/2009 befindet sie sich aktuell noch in der Umsetzung. Die Daten zum physikalisch-chemischen Monitoring der Universität Konstanz werden derzeit nicht in BOWIS geführt. Auch die regelmäßigen Spurenstoffmessungen der Bodensee-Wasserversorgung und des Instituts für Seenforschung sind bisher nicht enthalten. Grundsätzlich wäre die Übernahme dieser Daten wünschenswert, aber mit erheblichem Umsetzungsaufwand verbunden. Die Spurenstoffmessungen des ISF werden aktuell in der FisGeQua Datenbank gepflegt und sind so grundsätzlich für Datenabfragen der Länder verfügbar.

8.2 Ergebnisse der Harmonisierungsarbeiten der AG Monitoring

Für die Verwaltung der Monitoringdaten in der BOWIS Datenbank müssen diese einheitlich behandelt werden. Daher sind eine eindeutige Sprachregelung und ein abgestimmtes Vorgehen bei den Probenahmen wichtig. Zu diesem Zweck wurden durch die AG Monitoring verschiedene Schritte zur Harmonisierung von Probenahmen und Datenhaltung eingeleitet, die seit 01. Januar 2017 einheitlich umgesetzt werden. Erhöhten Abstimmungsbedarf gab es bei den folgenden Punkten:

- Beprobung von Oberfläche, Tiefenstufen und Probe über Grund
- Bestimmung der Sichttiefe
- Ergänzung der BOWIS-Parameterliste (seit 2001) um weitere Informationen
- Nachweis- und Bestimmungsgrenzen

8.2.1 Probenahme

Die Arbeiten zur Harmonisierung der Probenahme beinhalteten einen Abgleich der individuellen Standardbetriebsanweisungen und einen gemeinsamen Probenahme-Workshop aller Ausfahrtsteams, um die Probenahmen zu vergleichen und zu diskutieren.

Ein wichtiges Ergebnis dieser Abstimmungen war, dass die tiefste Probe jetzt einheitlich 1 m über Grund genommen wird, aufgrund der hohen Bedeutung von Rücklöseprozessen, die zu erfassen sind. Bezeichnet wird die Probe – anders als zuvor – mit der tatsächlichen Tiefenangabe. Die Probe wird in der Datenbank als „1 m ü. Grund“ Probe gekennzeichnet, so dass diese Information für spezielle Abfragen zur Verfügung steht.

Bislang wurden keine einheitlichen Sichtscheiben verwendet. Es wurde beschlossen, dass zukünftig nur noch die Norm-Secchischeibe genutzt wird. Die Norm EN ISO 7027: 1999 führte die zusätzliche Verwendung eines Sichtrohrs, wie teilweise praktiziert, nicht auf. Es wurden Versuche gestartet, das Sichtrohr grundsätzlich wegzulassen, was sich aber als nicht umsetzbar herausgestellt hat. Insbesondere auf dem Forschungsschiff Kormoran ergaben sich dabei erhebliche Probleme (Reflexionen etc.). Die neue Norm EN ISO 2027-2: 2019-06 führt die Nutzung eines Sichtrohrs als möglich auf, so dass die Verständigung in der AG sich aktuell darauf beläuft, dass allgemein ein Sichtrohr eingesetzt wird.

8.2.2 Analytik und BOWIS Transferformat

Es werden zum Teil unterschiedliche Analysemethoden verwendet. Die Qualitätssicherung und Plausibilisierung der Messdaten erfolgt grundsätzlich innerhalb des jeweiligen Laborbetriebs der einzelnen Untersuchungsstellen, und diese sind für die Richtigkeit der Messergebnisse verantwortlich. Messdaten werden ggf. im Rahmen von Auswertungen bei auftretenden Unstimmigkeiten nochmals geprüft. Es wird hier aktuell kein weiterer Handlungsbedarf gesehen.

Die seit 2001 bestehende BOWIS-Parameterliste wurde im neuen Transferformat um weitere Informationen, zum Teil in Form von Schlüssellisten ergänzt (Gerätschaft, Messverfahren, Nachweis- und Bestimmungsgrenze). Einheitliche Regelungen zur Datennutzung wurden abgestimmt: Soweit vorhanden, werden Messwerte unterhalb der Bestimmungs- bzw. Nachweisgrenze für wenige spezielle Auswertungen mit abgelegt. Allerdings sollen für externe Datenanfragen nur Messwerte > BG freigegeben werden. Alle anderen Einträge erhalten den Vermerk < BG (bzw. < NG), um Fehlinterpretationen der Daten zu verhindern.

9 Literatur

LAWA 1999: Gewässerbewertung – Stehende Gewässer. Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien.

LAWA 2001: Gewässerbewertung – Stehende Gewässer. Vorläufige Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren. Kulturbuchverlag, Berlin 43 S.

LAWA 2003: Gewässerbewertung – Stehende Gewässer. Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von Baggerseen nach trophischen Kriterien. Kulturbuchverlag, Berlin 27 S.

LAWA 2014: Trophieklassifikation von Seen. Richtlinie zur Ermittlung des Trophie-Index nach LAWLA für natürliche Seen, Baggerseen, Talsperren und Speicherseen. Empfehlungen Oberirdische Gewässer. Hrsg. LAWLA, 34 S.

IGKB 1993: Jahresbericht der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee: Limnologischer Zustand des Bodensees Nr. 19

Version 24.01.2022

IGKB 2016: Jahresbericht der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee:
Limnologischer Zustand des Bodensees (2014-2015)

IGKB 2020: Jahresbericht der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee,
Limnologischer Zustand des Bodensees (2018-2019)