

# Limnologische Aspekte in Baggerseen der Oberrheinebene

ANDREAS HOPPE

## Zusammenfassung

In Baden-Württemberg sind in den vergangenen Jahrzehnten über 600 Baggerseen entstanden. Damals wurden kleinere Kiesgruben häufig im Zusammenhang mit lokalen Bauvorhaben (Auto-bahnausbau, Hochwasserdämme u. ä.) ausgehoben. Bis heute ist dieser Rohstoffsektor aufgrund der in der Oberrheinebene europaweit bedeutsamen Vorkommen von Kiesen und Sanden beträchtlich gewachsen. Die neu entstandenen künstlichen Grundwasserseen entwickeln sich zu eigenständigen Ökosystemen mit Anschluss an das Grundwasser und unterliegen, wie alle stehenden Gewässer, der sukzessiven Umwandlung vom nährstoffarmen zum nährstoffreichen Gewässertypus. Zahlreiche Untersuchungskampagnen der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg in den vergangenen Jahren haben gezeigt, dass häufig unbefriedigende Sauerstoffverhältnisse im Tiefenbereich der Baggerseen mit meist gleichzeitig geringen Nährstoffbelastungen gekoppelt sind. Neben den umfangreichen chemisch-physikalischen Untersuchungen wurden zudem erstmals umfassende biologische Untersuchungen, insbesondere Bestandserhebungen von Makrophyten, durchgeführt.

## Abstract

In the last few decades, more than 600 artificial lakes have been created in Baden-Württemberg. During this time small gravel quarries were created to provide regional building projects such as motorways, buildings and flood levies with raw materials. This sector has grown considerably due to the significant natural deposits of gravel and sand in the Oberrheinebene region, together with a Europe-wide demand for these materials. These newly created artificial lakes develop their own ecosystems in association with ground water. Like all stagnant water bodies they successive transform from oligotrophic to eutrophic water bodies. Numerous investigations conducted by the Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg over the last few years have shown that low levels of oxygen on the lake-bed of these water bodies, are very often consistent with good trophic status. For the first time extensive biological investigations were conducted in addition to the standard chemical-

physical investigations - specifically an inventory of water plants was taken.

**Keywords:** artificial lakes, ecosystem, eutrophication, gravel quarries, water plants, water quality

## 1 Kiesgewinnung in Baden-Württemberg

In Baden-Württemberg sind im Zuge der Industrialisierung mehr als 600 Baggerseen entstanden, die meisten Baggerseen im Ortenaukreis und im Landkreis Karlsruhe. Die größten Seeflächen, mit durchschnittlich 20 ha, befinden sich in der Region „Mittlerer Oberrhein“ mit den Landkreisen Karlsruhe und Rastatt sowie den Stadtkreisen Karlsruhe und Baden-Baden. Die im Land durch Nassabbau von Kiesen und Sanden entstandene Seefläche beträgt in der Summe etwa 5200 ha (= 52 km<sup>2</sup>). Große Seetiefen bis zu 85 Meter werden eher in den südlichen Landesteilen, so etwa in der Markgräfler Rheinebene, erreicht. Im übrigen Baden-Württemberg konzentrieren sich die Abbaustätten vorwiegend auf die Regionen Bodensee-Oberschwaben, Schwarzwald-Baar-Heuberg, Neckar-Alb und Donau-Iller. Aufgrund der geringen Kiesmächtigkeiten sind hier meist kleine und flache Abgrabungsseen entstanden.

Die künstlich geschaffenen Baggerseen werden schon mit der Grundwasserfreilegung und dem Beginn der Kiesentnahme nach dem Entfernen der Deckschicht und dem Einfluss äußerer Faktoren, wie zum Beispiel Licht, zu wertvollen limnischen Systemen. Vergleichbar den natürlichen Seen, unterliegen die entstandenen Baggerseen nunmehr zahlreichen physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen. Mit zunehmendem Alter vergrößert sich der Unterschied in der Wasserbeschaffenheit zwischen dem ursprünglichen Grundwasser und dem nun atmosphärisch

beeinflussten Seewasser. Allerdings wird der Baggersee weiterhin durch mehr oder minder starken Zufluss des umgebenden Grundwassers geprägt und fungiert meist als Stoffsenke. Baggerseen können daher als vom Grundwasser durchströmte künstlich geschaffene Gewässer bezeichnet werden. Im Gegensatz zu den meisten natürlichen Seen haben sie nur in Ausnahmefällen einen oberirdischen Zu- oder Abfluss und sind in aller Regel durch steil abfallende Ufer und große Seetiefen charakterisiert.

## 2 Seenentwicklung

Im Anschluss an die Auskiesungsphase unterliegen Baggerseen, wie alle stehenden Gewässer, einer sukzessiven Umwandlung vom nährstoffarmen, gering produktiven Gewässer, zu einem nährstoffreichen, hoch produktiven, Gewässertypus. Dieser natürliche, sehr langsam ablaufende Prozess, die so genannte Eutrophierung, wurde in den vergangenen Jahrzehnten durch menschliche Einflüsse zum Teil enorm beschleunigt. Die Ursachen hierfür lagen in der Vergangenheit beispielsweise in der Zunahme der Abwasserbelastungen und liegen derzeit noch in der intensiven Düngung von landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet von Seen. Eine permanente und damit bedeutende Nährstoffquelle ist bei Baggerseen durch die direkte Anbindung an den Grundwasserkörper gegeben. Auch durch natürliche Gegebenheiten wie Blattfall, Bodenauswaschung, Niederschlag und Wasservögel ist eine – absolut gesehen meist jedoch geringe – Nährstoffhöhung möglich. Gleichermaßen kann der Alterungsprozess der Seen durch nutzungsbedingte Belastungsgrößen wie beispielsweise unsachgemäße Fischerei und übermäßigen Badebetrieb beschleunigt werden. Baggerseen im Auebereich von Flüssen können bei Hochwasserereignissen durch Einspülung von Sedimenten, Nähr- und Schadstoffen belastet werden.

Neben Einflussgrößen wie Lichtintensität und Temperatur ist das Algenwachstum maßgeblich von der Menge und dem Verhältnis der im Wasserkörper vorhandenen Stick-

stoff- und Phosphorverbindungen abhängig. In den meisten stehenden Gewässern ist das anorganisch gelöste Phosphat der wachstumsbegrenzende Nährstoff (Phosphatlimitation); d. h. Phosphat wird zum Minimumfaktor und reguliert, trotz eventuellem Überangebot anderer lebensnotwendiger Nährstoffe, die Entwicklung des Phytoplanktons.

Im Zuge von Eutrophierungserscheinungen ändern sich der Charakter und die Beschaffenheit eines Stillgewässers. Zumeist kann eine deutliche Zunahme der Primärproduktion, mit zum Teil extremer Erhöhung von Algenbiomasse, beobachtet werden. Hierdurch kommt es zu einer Verschlechterung des Lichtklimas in oberflächennahen Wasserschichten und damit zu negativen Auswirkungen auf unterseeische Makrophytenbestände. Eine weitere Eutrophierungsfolge kann auch das massive Auftreten von Cyanobakterien („Blualgenblüten“) sein. Schließlich können mitunter ausgeprägte Fischsterben als Folge oder Begleiterscheinung einer rasch und intensiv ablaufenden Eutrophierung interpretiert werden.

Die Höhe des Eutrophierungsgrades spiegelt sich auch im Sauerstoffhaushalt des Gewässers wider. Besonders im Tiefenwasser (Hypolimnion) eines geschichteten Sees kann es zu langandauernden sauerstoffarmen oder -freien Verhältnissen kommen. Dadurch wird sowohl der Lebensraum pelagischer Organismen, insbesondere der Fischfauna, stark eingeengt als auch eine Verödung der Unterwasserwelt mit extremer Artenarmut in diesen Wasserschichten in Gang gesetzt. Am Gewässerboden, an der Sediment-Wasser-Grenzschicht, ist ein derartiges sauerstofffreies (reduziertes) Milieu der Auslöser für viele chemische und mikrobielle Prozesse, bei denen es beispielsweise zu giftigen Schwefelwasserstoff- oder Ammoniakbildungen kommen kann.

Ein Vorgang, der die Eutrophierung wesentlich beschleunigt, ist die „interne Düngung“. Durch diesen sich selbst verstärkenden Kreislauf werden die in den oberen Sedimentschichten deponierten Nährstoffe durch Remobilisierungsprozesse unter anaeroben Bedingungen wieder in den Wasserkörper eingebracht und stehen dort den Primärproduzenten zur Verfügung.

### **3 Untersuchung, Bewertung und Zustand von Baggerseen**

Aufgrund zunehmender Probleme mit der Wassergüte bei bestehenden Baggerseen und zahlreicher offenen Fragen im Zusammenhang mit Auskiesungsvorhaben hat die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) im Jahr 1994 ein Projekt „Baggerseen“ initiiert. In der Oberrheinebene wurden insgesamt 337 Baggerseen und in der Donau-Bodensee-Region 282 Baggerseen katalogisiert. Etwa 520 der insgesamt 619 registrierten Seen sind im Rahmen der Zustandserfassung mindestens einmal einem intensiven limnologischen Untersuchungsprogramm unterzogen worden, das neben der chemischen Wasseranalytik auch biologische Bestimmungen, Tiefenprofilmessungen und Sedimentanalysen umfasst. Das Messprogramm sieht in der Regel für jeden Baggersee zwei Untersuchungen vor:

im Frühjahr, in der Zeit der Volldurchmischung, um das Nährstoffpotenzial zu erfassen;

im Sommer, gegen Ende der Stagnationsphase, um die Biomasse und die Sauerstoffverhältnisse zu erfassen.

Die Zustandserhebung am Oberrhein und in der Donau-Bodensee-Region wurde zum Jahresende 2002 flächendeckend abgeschlossen (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 2003).

Eine Seebewertung erfolgt in drei Klassen anhand des Trophiepotenzials (Gesamt-Phosphor im Frühjahr), der biologischen Produktivität (Chlorophyll a im Sommer) und der Sauerstoffverhältnisse (Sauerstoffdefizit im Sommer). Das dreistufige (Schnell-) Bewertungssystem für die baden-württembergischen Baggerseen basiert auf gängigen Klassifizierungssystemen natürlicher Seen. Die Erweiterung besteht im Wesentlichen in der Berücksichtigung der Mächtigkeit der sauerstoffarmen Wasserschicht. Zur Ersteinschätzung des Zustandes genügt die analytische Bestimmung weniger wichtiger Leitparameter. Insgesamt hat sich dieser „reduktionistische Ansatz“ ausgezeichnet bewährt.

Die bisher durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass die häufig unbefriedigenden Sauerstoffverhältnisse im Tiefenbereich der

Baggerseen bei gleichzeitig geringen Nährstoffbelastungen wesentlich durch den Grundwasserzufluss (und -austausch) beeinflusst werden. Dies trifft insbesondere auf die meist tiefen Baggerseen der Oberrheinebene zu. Die Qualität des Grundwassers mit seiner geogenen und hydrochemischen Hintergrundbelastung (zum Beispiel hohe Sulfatkonzentrationen, sauerstoffarme Verhältnisse) bestimmt neben den anthropogen bedingten Einflussfaktoren maßgeblich den Zustand der Baggerseen. Ferner sind für die limnologische Situation dieser Seen natürlich auch sauerstoffverbrauchende seeinterne Prozesse, die charakteristische morphologische Ausgestaltung der Seen sowie deren Lage (zum Beispiel Auenlage, Grundwasserlandschaft) von Bedeutung.

Im Hinblick auf die teilweise besorgniserregende Entwicklung der Gewässergüte wurde zudem eine dauerhafte und regelmäßige Seenüberwachung in Form eines Baggersee-Messnetzes notwendig. Dieses ist seit dem Jahr 2005 in der Testphase und soll zukünftig eine Charakterisierung von Veränderungen (Trendentwicklung) ermöglichen. Mit dem Instrument „Baggerseeüberwachung“ können somit frühzeitig die aktuellen Probleme an unseren Baggerseen aufgezeigt, Entwicklungstendenzen erkannt und Handlungsempfehlungen für die Anlage, den Betrieb und die Folgenutzung von Baggerseen abgeleitet werden.

### **4 Untersuchung von Makrophyten**

Gemäß den Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie müssen neben anderen biologischen Kenngrößen auch die Wasserpflanzen in großen stehenden Gewässern untersucht und bewertet werden. In den Jahren 2003 bis 2005 wurde daher an insgesamt 90 Baggerseen der Pflanzenbestand erfasst. Das Spektrum der ausgewählten Baggerseen umfasst überwiegend große, tiefe, thermisch geschichtete, rheinnahe und rheinferne Gewässer. Im Rahmen dieser Erhebung wurden submerse Makrophyten, amphibisch lebende Arten sowie Wasserschweber und Schwimmblattpflanzen arten- und mengenmäßig untersucht. Röhricht- und Uferpflanzen

zen, die im unmittelbaren Uferbereich vorkamen, wurden ebenfalls erfasst. Mit Hilfe ausgewählter Indikatorarten wird eine Indizierung der Nährstoffsituation (Trophie) der Baggerseen ermöglicht. Zudem wird die vegetationskundliche Kartierung durch zusätzlich erhobene gewässermorphologische und abiotische Daten ergänzt. Im Hinblick auf die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie wurde die Untersuchung EU-konform nach den vorliegenden standardisierten Methoden der Makrophytenkartierung (SCHAUMBURG & al. 2004) durchgeführt.

Die endgültige Auswertung dieser umfangreichen Erhebungen soll noch in diesem Jahr abgeschlossen werden. Bisher zeichnet sich ab, dass es von See zu See erhebliche Unterschiede in der Ausprägung submerser Wasserpflanzengesellschaften gibt. Diese Unterschiede betreffen die Höhe der Artenzahlen submerser Makrophyten (Diversität), das Arteninventar, den Fortschritt der Sukzession und somit die Qualität der Zonierung bzw. die Tiefenverbreitung der Arten. Aus naturschutzfachlicher Sicht ist zudem die Betrachtung der Standorte mit gefährdeten Arten bedeutsam.

## 5 Literatur

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 2003: Zentrales BaggerseeInformationsSystem (ZeBIS), Untersuchungsdaten 1994 bis 2003, Oberrheinebene. – Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie: 81: CD-ROM; Karlsruhe.

SCHAUMBURG J., SCHMEDTJE, U., SCHRANZ, C., KÖPF, B., SCHNEIDER, S., STELZER, D. & HOFMANN, G. (Hrsg.: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft) 2004: Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos. –; 45 S. München.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Biol. Andreas Hoppe

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW)

Griesbachstr. 1

76185 Karlsruhe

E-Mail: andreas.hoppe@lubw.bwl.de