

Baggerseen im stadtnahen Bereich – eine limnologische Betrachtung zur Nutzung und Erhaltung als Badegewässer –

Otto Siebeck und Angelika Lutz

In the vicinity of cities, gravel or sand pit lakes can play an important role in outdoor recreation, particularly if these lakes and their surroundings are suitable for swimming and if they can be used by a large number of visitors. This requires the lakes to remain in an oligotrophic to mesotrophic state. In this paper it will be discussed whether or not hydrographic and/or morphometric changes are apt to reduce the availability of nutrients within the trophogenic layer, and thus to check the eutrophication process.

Artificial lakes, outdoor recreation, phosphates in water, eutrophication.

1. Eine gesellschaftspolitische Vorbemerkung

Mit der Verminderung der Lebensqualität in den städtischen Verdichtungsgebieten ist die Erhaltung der Gesundheit zu einer wichtigen gesellschaftspolitischen Aufgabe geworden. Sie schließt im Prinzip zwei Zielrichtungen ein: 1) die Verbesserung der Lebensqualität am Wohn- und Arbeitsort und 2) die Förderung von Freizeit und Erholung.

Mit zunehmender Freizeit und wachsenden Erholungsbedürfnissen hat sich aber auch der Druck auf viele Kulturlandschaften und die wenigen noch vorhandenen naturnahen Lebensräume bedrohlich verstärkt. Er manifestiert sich u. a. in dem Besucherstrom aus den städtischen Verdichtungsgebieten – nicht nur während der Ferienzeiten, sondern auch an Wochenenden (für die Situation in Bayern vgl. RUPPERT, MAIER 1970).

Schwere Schäden entstehen vor allem dadurch, daß die Urlauber mit ihren Fahrzeugen, ihren Konsum- und Unterhaltungsbedürfnissen, oft schon allein durch die Menge, in der sie auftreten, quasi die Stadt in die Landschaft transportieren. Sie zerstören damit wichtige Glieder der Ökosysteme und setzen schließlich auch den Erholungswert der betreffenden Landschaft herab.

Besonders bedroht sind die Wald- und gewässerreichen Landschaften, da sie zumindest in der warmen Jahreszeit von den Erholungssuchenden bevorzugt werden (RUPPERT, MAIER 1970). So können besonders empfindliche Verlandungszonen der für den Badeurlaub attraktiven kleinen Seen durch den Besucherstrom schon an einem einzigen Tag nachhaltig geschädigt werden. Der freie Zugang zu den Ufern und die vielerorts angestrebte Verkehrserschließung der für die Naherholung ausersehenen Seen mit ihren Feuchtgebieten und deren Anbindung an städtische Verdichtungszone (vgl. z. B. Bayer. Staatsministerium, 1973: "Freizeit und Erholung") bleiben fragwürdig, wenn die Erhaltung des betreffenden Gebietes nicht gesichert ist. Wesentliche Voraussetzungen dafür sind: 1) die Begrenzung der Besucherzahl und 2) die Einschränkung des typisch städtischen Konsum- und Unterhaltungsangebots.

Die Erfüllung dieser Forderungen wird erleichtert, wenn geeignete Ausweichmöglichkeiten vorhanden sind. Zu ihnen zählt der Ausbau bzw. die Neuanlage von Baggerseen, die u. a. folgende Funktionen erfüllen können:

- 1) Förderung der Lebensqualität am Wohnort durch Einbeziehung in den städtischen Siedlungsbereich.
- 2) Förderung der Erholungsmöglichkeiten unter Berücksichtigung der Konsum-, Unterhaltungs- und Sportbedürfnisse im Nahraum städtischer Verdichtungsgebiete.
- 3) Entlastung naturnaher Seen mit ihren empfindlichen Verlandungszonen und Feuchtgebieten, in welchen die Konsum-, Unterhaltungs- und Sportaktivitäten unterbunden bzw. in Abstimmung mit den örtlichen Gegebenheiten in engen Grenzen gehalten werden.

2. Der Baggersee als Badesee

Als Badeseen müssen Baggerseen vor allen Dingen hygienisch unbedenklich sein (HAMM 1975). Da dieses Kriterium im großen und ganzen mit den Eigenschaften klares, geruch- und geschmackfreies Wasser über schlammfreiem Grund assoziiert ist, werden

entsprechende Anforderungen gestellt, die in eutrophen Gewässern oft nicht oder nur zum Teil erfüllt sind. Es ist daher wesentlich, daß das mesotrophe Stadium bei "Bade-Baggerseen" - im Gegensatz zu anderen Nutzungsmöglichkeiten - nicht wesentlich überschritten wird. Denn auch bei hygienisch einwandfreien Verhältnissen wirken starke Vegetationsfärbungen und die damit oft verbundenen auffälligen Farb- und Schaumbildungen gewisser Abbauprodukte zweifellos abstoßend - ganz abgesehen davon, daß bei hohen Phytoplanktondichten allergische Erscheinungen und andere Beeinträchtigungen des Wohlbefindens beobachtet werden (z. B. JACKSON 1968).

In den hochzivilisierten Ländern kann es auf Grund der gegebenen Industrie- und Agrarstruktur sowie der derzeitigen Produktionsmethoden im allgemeinen jedoch keine nährstoffarmen Gewässer mehr geben (vgl. STUMM, STUMM-ZOLLINGER 1972). Es ist daher grundsätzlich damit zu rechnen, daß auch in Baggerseen die Voraussetzungen für eine Eutrophierung durch einen hinreichenden Nährstoff-Import gegeben sind. Um die Badequalität zu erhalten bzw. zu erreichen, bedarf es somit besonderer Maßnahmen. Die beste Maßnahme besteht zweifellos darin, den Baggersee "auf Diät" zu setzen, d. h. die Nährstoffzufuhr - in der Regel vor allem das Phosphat - zu drosseln. Sie kann jedoch besonders schwierig durchführbar sein, wenn es innerhalb der meist sehr großen Grundwassereinzugsgebiete von Baggerseen zahlreiche Nährstoff-Quellen gibt. Es fragt sich daher, ob es nicht noch andere Maßnahmen zur Herabsetzung der Eutrophierung und ihrer Folgeerscheinungen gibt. In jedem Fall betreffen sie den Stoffhaushalt des Gewässers, woraus sich die besondere Bedeutung seiner hydrographischen und morphometrischen Eigenschaften ergibt.

3. Die hydrographische Charakteristik der Baggerseen

Baggerseen entstehen durch den Abbau von Erden, meist Sand, Kies und Schotter, bis unter das Niveau des Grundwasserspiegels. In diesen Lockergesteinen ist das Grundwasser selten in Ruhe. In der Münchner Schotterebene folgt es beispielsweise dem Süd-Nord-Gefälle ($2.5 - 5 \text{ }^\circ/\text{oo}$) und bewegt sich im allgemeinen mit einer Geschwindigkeit zwischen 5 und 10 m/Tag.

Die Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers hängt im wesentlichen von seinem Gefälle $\frac{h}{l}$ und einem sogenannten Filtrationskoeffizienten ab, der den Widerstand beim Durchfließen der Poren des Grundwasserträgers berücksichtigt (Darcysches Filtergesetz: $Q = K \cdot F \cdot \frac{h}{l}$, wobei Q = Wassermenge/Zeiteinheit, K = Filtrationskoeffizient, F = die durch die Poren eingenommene Fläche des betrachteten Grundwasserdurchtritts - vgl. z. B. THURNER 1967).

Mit zunehmender Körnung wächst der K -Wert und mit ihm die Strömungsgeschwindigkeit. Da der Reibungswiderstand zwischen den Wasserteilchen geringer ist als zwischen ihnen und den festen Teilchen des Grundwasserträgers, nimmt die Strömungsgeschwindigkeit erheblich zu, sobald das Grundwasser in das Seebecken eingedrungen ist. Im oberstromigen Grundwasserfeld des Baggersees kommt es daher zu einem Grundwasserstau und zu einer Konvergenz der Strömungslinien (Abb. 1), deren Ausmaß vom Flurabstand (= Distanz zwischen Erdoberfläche und Grundwasserspiegel) abhängt, d. h.

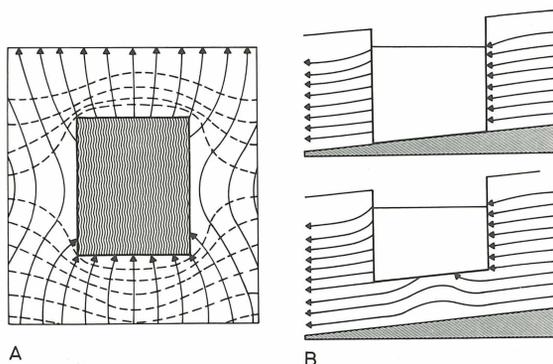


Abb. 1: A Strömungslinien (ausgezogene Pfeile) und Grundwasserhöhengleichlinien (strichliert) um einen Baggersee mit durchlässiger Wandung.

B Strömungslinien in ober- und unterstromigen Bereich eines Baggersees. oben: Grund fällt mit der wasserundurchlässigen Schicht zusammen unten: Grund liegt innerhalb des Grundwasserträgers

vom jeweils gegebenen Hoch-, Mittel- oder Niedrigwasserstand. Durch sie wird infolgedessen auch die Breite des Einzugsgebietes bestimmt.

Im unterstromigen Grundwasserfeld beobachten wir durch die Umkehrung der Reibungsverhältnisse beim Austritt des Wassers aus dem Seebecken eine Divergenz der Strömungslinien und eine Verlagerung des Grundwasserspiegels unter das Niveau der Seeoberfläche. Wenn der Grund des Baggersees oberhalb der wasserundurchlässigen Bodenschicht, d. h. innerhalb des Grundwasserträgers liegt, so wird das Muster der unter dem Baggerseegrund verlaufenden Strömungslinien im ober- bzw. unterstromigen Bereich verändert wie dies in Abb. 18 angedeutet ist.

Ein im Bereich der gesamten Anströmfläche erfolgreicher gleichmäßiger Eintritt des Grundwassers in das Baggerseebecken kann bestenfalls im neu entstandenen Becken erwartet werden. Durch die schon beim Ausbaggern zustande kommende ungleichmäßige Verteilung von grob- und feinkörnigem Material ist im allgemeinen jedoch mit einem unregelmäßigen Grundwassereintritt bzw. -austritt zu rechnen. Entsprechend wirken Unregelmäßigkeiten in der Korngröße innerhalb des Grundwasserträgers. Erosion und biogene Sedimentation fördern diese Erscheinung, so daß der Zufluß vor allem über unterseeische Quellen erfolgt (Abb. 2).

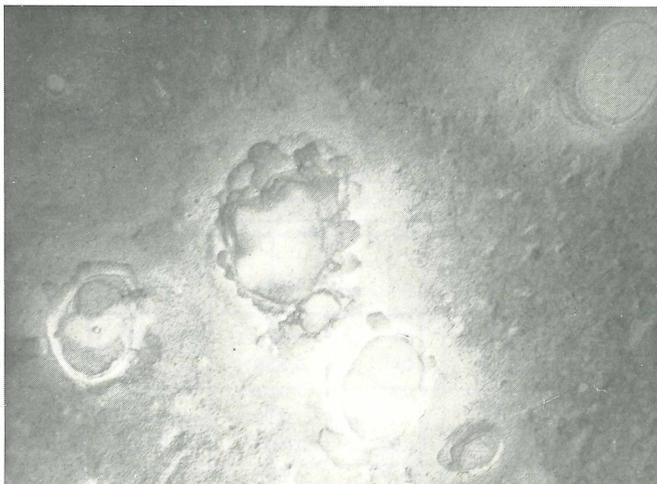


Abb. 2: Unterseeische Quellen am feinsandigen Grund eines Baggersees (Aufnahme W. TINS).

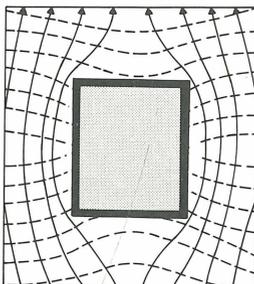


Abb. 3: Strömungslinien und Grundwasserhöhengleichen um einen Baggersee mit undurchlässiger Wandung.

Die weitere Entwicklung ist durch die Tendenz zu einer Abdichtung der Beckenwänden gekennzeichnet. Im Extremfall ist der Baggersee völlig abgedichtet. Nun liegt er, einem Brückenpfeiler im Flußbett vergleichbar, im Grundwasserströmungsfeld: Die Strömungslinien divergieren im oberstromigen Nahbereich und sie konvergieren im unterstromigen Nahbereich des Baggersees (Abb. 3).

4. Die Bedeutung hydrographischer und morphometrischer Eigenschaften für die Verfügbarkeit von Nährstoffen

Aus dem vorhergehenden Abschnitt folgt, daß die Baggerseen in recht unterschiedlichem Maße vom Grundwasser durchströmt werden. Dementsprechend unterschiedlich ist der Nährstoffimport, soweit er durch das Grundwasser erfolgt. Dieser fortlaufende Nährstoffimport steht der photoautotrophen Produktion steht jedoch nicht ohne weiteres voll zur Verfügung: Es ist grundsätzlich nur derjenige Anteil, der sich innerhalb der trophogenen Zone befindet.

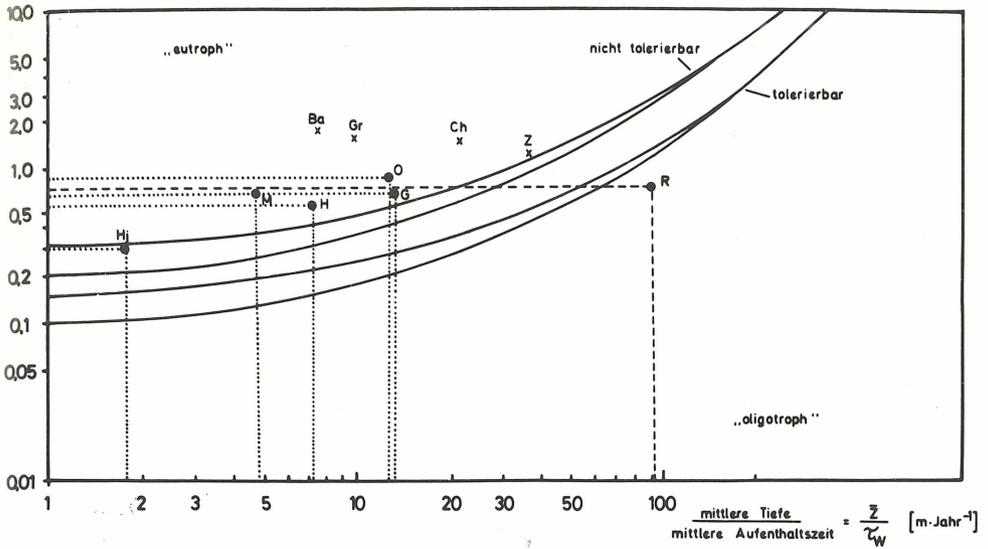
In der trophogenen Zone kann es bei mangelhaften vertikalen Austauschverhältnissen trotz des laufenden Nährstoffimports zu einer beträchtlichen Nährstoff-Verarmung kommen, weil die Nährstoffe vom Phytoplankton in sehr erheblichem Maße angereichert (vgl. Tab. 1) und mit deren Sedimentation in die Tiefe verfrachtet werden. Von hier aus gelangen die Nährstoffe jedoch erst nach Aufhebung der temperaturbedingten Dichteschichtung wieder in die trophogene Zone zurück - meist erst im Spätherbst, d. h. nach der Badesaison. Dieser Rücktransport wird mit zunehmender Weglänge erschwert, d. h. mit zunehmender Tiefe des Sees. Zu einer beträchtlichen Nährstoffverarmung kommt es aber auch durch den Export des Phytoplanktons, dessen Vertreter durch die Nährstoffanreicherung vollbeladenen Lastkähnen vergleichbar sind. Dieser Effekt ist bei oberflächlichen Abflüssen besonders groß. In jedem Fall (auch beim Abfluß in den Grundwasserträger) steigt er mit zunehmender Durchflußgeschwindigkeit, d. h. mit abnehmender Wassererneuerungszeit des betreffenden Sees.

Tab. 1: Mittlere Konzentration wichtiger Elemente in Wasserpflanzen (Bedarf) und mittlere Konzentration dieser Elemente im Außenmedium (Vorrat). Der Anreicherungsfaktor ergibt sich aus Bedarf/Vorrat. (VALLENTYNE 1974).

Element	Bedarf %	Vorrat %	Anreicherung
O	80,5	89	~ 1
H	9,7	11	~ 1
C	6,5	0,0012	~ 5 000
Si	1,3	0,00065	~ 2 000
N	0,7	0,000023	~ 30 000
Ca	0,4	0,0015	< 1 000
K	0,3	0,00023	~ 1 300
P	0,08	0,000001	~ 80 000
Mg	0,07	0,0004	< 1 000
S	0,06	0,0004	< 1 000
Cl	0,06	0,0008	< 1 000
Na	0,04	0,0006	< 1 000
Fe	0,02	0,00007	< 1 000
B	0,001	0,00001	< 1 000
Mn	0,0007	0,0000015	< 1 000
Zn	0,0003	0,000001	< 1 000
Cu	0,0001	0,000001	< 1 000
Mo	0,00005	0,0000003	< 1 000
Co	0,000002	0,00000005	< 1 000

Es ist das Verdienst VOLLENWEIDERS, als erster (VOLLENWEIDER 1968, 1969; DILLON 1974) auf diesen hier vereinfachend dargestellten Zusammenhang im Falle der eutrophierenden Wirkung des pflanzenverfügbaren Phosphats hingewiesen zu haben. Wenn man alle daraufhin untersuchten Seen auf Grund der Eigenschaften "jährlicher Phosphorimport/m² Seeoberfläche" (Ordinate), sowie "mittlere Tiefe (z)" und "Wassererneuerungszeit (τ_w)" - hier zu dem Quotienten \bar{z}/τ_w (Abszisse) zusammengefaßt - in einem Diagramm (Abb. 4) darstellt, so findet man "alle eutrophen Seen im linken oberen Teil, alle oligotrophen Seen im rechten unteren Teil versammelt. Es besteht daher die Möglichkeit, beide Gruppen durch ein "Kurvenband" zu trennen, dessen Überschreitung durch geeignete Kombinationen der Größen für den "jährlichen P-Import/m²" und " \bar{z}/τ_w " eine baldige Eutrophierung erwarten lassen, sofern sie nicht bereits eingetreten ist. Da die Größen z und τ_w in natürlichen Seen nicht ohne weiteres verändert werden können, läßt sich aus dem Diagramm entnehmen, um welchen Betrag der jährliche P-Import reduziert werden muß, um eine weitere Eutrophierung (= Steigerung der Produktionsrate) nachhaltig zu drosseln und schließlich sogar Verhältnisse herbeizuführen, die dem mesotrophen, im günstigsten Fall dem oligotrophen Seetyp entsprechen.

Phosphor - Belastung [g · m⁻² · Jahr⁻¹]



	\bar{z}	$\frac{\bar{z}}{\tau_w}$	P g m ² · a	Referenzen
Ontario-See (O)	84	12,7	0,86 0,65	Patalas 1972 Anonymus 1969
Genfer See (G)	155	12,8	0,70	Vollenweider 1968
Mälaren (M)	12,5	4,6	0,70	Ahl 1972
Hallwiler See (H)	28,0	7,3	0,55	Vollenweider 1969
Hjälaren (Hj)	6,0	1,68	0,30	Ahl 1972
Ruderregatta (R)	3,3	91,8	0,75	Siebeck et al., unpubl.
Baldegger See (Ba)	34	7,5	1,75	Vollenweider 1969
Chiemsee (Ch)	25,6	20,48	1,42	Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft 1976
Zürich - See (Z)	50	34	1,32	Vollenweider 1969
Greifensee (Gr)	19	9,3	1,56	Vollenweider 1969

Abb. 4: VOLLENWEIDER-Diagramm.
Näheres siehe Text.

Von den in Abb. 4 eingetragenen Seen, deren Position durch die gegebenen Größen Z , τ_w und $P\text{-Import}/m^2 \cdot a$ definiert ist, wollen wir die folgenden - in Abb. 4 - durch einen Punkt bezeichneten Seen herausgreifen: Hjälmaren (Hj), Mälaren (M), Genfer See (G), Hallwiler See (H) und Ontario-See (O). Sie lassen sich auf Grund zahlreicher Eigenschaften als eutrophe Seen bezeichnen und liegen im "Vollenweider-Diagramm" in dem entsprechenden Bereich. Hinsichtlich der jährlichen Phosphor-Belastung sind sie einander sehr ähnlich.

Ein im Norden Münchens gelegener großer Baggersee (Olympia-Ruderregatta-See; Areal: 31.2 ha; T_{max} : 4.2 m; Z : 3.3 m; Volumen: $103.4 \times 10^4 m^3$) zeichnet sich durch einen jährlichen P-Import aus, der jenem der genannten Seen entspricht. Trotzdem zeigt dieser Baggersee Eigenschaften (z. B. hinsichtlich der O_2 -Verteilung, der Produktionsgröße, der Biomasse), die ihn als oligotrophen See kennzeichnen. Auf Grund seiner geringen Tiefe und der auch in der warmen Jahreszeit sehr häufig aufgehobenen Temperaturschichtung müßte der beträchtliche P-Import (bei einer durchwegs hohen Nitrat-N-Konzentration von > 7 mg/l) eine Eutrophierung noch stärker fördern als es in den genannten wesentlich tieferen Seen der Fall ist. Die Sonderstellung des Olympia-Ruderregatta-Sees ist offensichtlich eine Folge der besonders kurzen Wassererneuerungszeit von etwa 15 Tagen.

5. Veränderungen der morphometrischen und hydrographischen Eigenschaften von Baggerseen als flankierende Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität?

Es besteht kein Zweifel, daß die Herabsetzung des Nährstoffimports, oft schon allein des Phosphor-Imports, die wirksamste Maßnahme zur Verbesserung der Wasserqualität ist. Durch sie ist es, wie viele Beispiele lehren, möglich, den Eutrophierungsprozeß aufzuhalten und in günstigen Fällen eine rückläufige Entwicklung einzuleiten. Das Beispiel des Olympia-Ruderregatta-Sees zeigt aber auch, daß Baggerseen trotz relativ hoher P-Belastung den Status eines oligotrophen Sees beibehalten, sofern die Wassererneuerungszeit hinreichend kurz ist. Dieser Sachverhalt ist bei Baggerseen besonders interessant, weil es in diesem Fall möglich ist, Wassererneuerungszeit und/oder mittlere Seetiefe so zu verändern, daß die Verfügbarkeit der importierten Nährstoffe erschwert wird. Diese Maßnahmen kommen somit zur Unterstützung einer Drosselung des Nährstoffimports durchaus in Frage.

Da die Wandung der Baggerseen für das Grundwasser im Laufe der Zeit immer undurchlässiger wird, könnte es bei älteren Baggerseen u. U. genügen, die ehemaligen Durchströmungsverhältnisse durch eine Sediment- und Schlammabnahme wieder herzustellen und damit die Voraussetzungen für eine kürzere Wassererneuerungszeit zu schaffen. Sie bedeutet, wie schon angedeutet, in jedem Fall einen verstärkten Verlust an Nährstoffen durch den Phytoplanktonexport, ganz besonders bei oberflächlichem Abfluß. Es ist durchaus denkbar, daß damit die Folgen der im allgemeinen im strömenden Wasser zu beobachtenden günstigeren Nährstoffverfügbarkeit durch diesen Export überkompensiert werden. Eine für die Umgebung des Sees u. U. einschneidende Maßnahme wäre die Erhöhung des Grundwassergefälles, indem der Grundwasserspiegel im unterstromigen Raum gesenkt wird. Neben einer sorgfältigen Prüfung der für die Landwirtschaft in diesem Gebiet zu erwartenden Folgen muß aber auch gesichert sein, daß mit der zwangsläufig erfolgenden Verbreiterung des Grundwassereinzugsgebietes keine neuen Belastungsherde erfaßt werden. Eine wirksame Herabsetzung der Nährstoff-Verfügbarkeit durch eine Vertiefung des Seegrundes setzt wahrscheinlich Tiefen voraus, die aus mehreren Gründen undiskutabel sind. Es sei nur daran erinnert, daß auch Seen, die in einer naturnahen Landschaft liegen und somit nur einer geringen anthropogen bedingten Belastung ausgesetzt sind, zum eutrophen Typ gehören, wenn ihre mittlere Tiefe < 50 m liegt (ODUM 1959).

Bei vielen Baggerseen liegt der Grund nur wenige Meter über der wasserundurchlässigen Bodenschicht. Die Wassererneuerungszeit bleibt bei einer Vertiefung höchstens dann gleich, wenn sie innerhalb des Grundwasserträgers erfolgt. Sobald die wasserundurchlässige Grundsicht erreicht ist, fällt der Seegrund als Anströmfläche für das Grundwasser weg (vgl. Abb. 1B). Mit fortschreitender Tiefe wird auch der Anteil der vom Grundwasser angeströmten Beckenwand immer kleiner und infolgedessen nimmt die Wassererneuerungszeit zu.

Es gibt jedoch Baggerseen, die so flach sind, daß der Wind eine sommerliche Dichteschichtung verhindern kann. Das Wasser zirkuliert dann fast das ganze Jahr über und sorgt somit für eine nahezu optimale Nährstoff-Verteilung. Man könnte sich vorstellen, daß eine Vertiefung des Sees bis zur Sicherung einer thermischen Dichtebarrriere in der warmen Jahreszeit Vorteile im Sinne einer Herabsetzung der Nährstoffverfügbarkeit schafft, wie dies bereits angedeutet worden ist (vgl. 4). Diese für Seen mit oberirdischem Zufluß zutreffende Überlegung gilt in den mit Grundwasser durchströmten Baggerseen jedoch nur begrenzt. Denn in der Regel schichtet sich das zuströmende (kältere) Grundwasser im Sommer am Grund des Sees ein und füllt ihn von hier aus auf. Trotz bestehender Dichteschichtung erfolgt somit ein permanenter Nährstoffnachschieb von unten nach oben (SIEBECK 1979). Da die "Auffüllung" der Baggerseen mit frischem Grundwasser meist langsam vonstatten geht (wenige mm bis cm pro Tag), erfolgt aber auch der Nährstoff-Nachschieb langsamer als durch die windbe-

dingte vertikale Wasserdurchmischung. Die Schaffung einer Mindesttiefe zur Sicherung eines Hypolimnions in der warmen Jahreszeit könnte somit trotzdem wirkungsvoll sein, vor allem, wenn damit der Anteil der produzierenden (trophogenen) Schicht zugunsten der tropholytischen Schicht abnimmt.

6. Schlußbetrachtung

In vielen Ländern der Bundesrepublik Deutschland sind (überwiegend innerhalb der letzten 30 Jahre) zahlreiche Baggerseen entstanden. In Zukunft werden weitere hinzukommen. Die Folgenutzungen sind unterschiedlich: Baggerseen dienen als Speicherbecken oder als Versickerungsbecken für die Trinkwasserversorgung. Sie dienen als Badeseen und in einer dafür geeigneten Umgebung als attraktives Naherholungsziel für die städtische Bevölkerung. Sie sind für die intensive und extensive Fischereiwirtschaft (Sportfischerei) geeignet und sie lassen sich schließlich als "Rückzugsfläche" für "störepfindliche" Vogel- und Amphibienarten (GREBE 1978) anlegen.

Mehrfachnutzungen scheiden im allgemeinen aus. Für Speicher- und Infiltrationsbecken kommt eine gleichzeitige Nutzung weder als Badesee, noch für eine intensive fischereiliche Nutzung und auch nicht als Rückzugsfläche in Betracht - am ehesten noch für die Sportfischerei unter strikter Vermeidung jeglicher Fütterungspraktiken.

Bei Badeseen und mehr noch bei Baggerseen zur Trinkwassergewinnung muß eine Eutrophierung verhindert werden. Infolge der durchwegs niedrigen mittleren Wassertiefen einerseits und der für stark zivilisierte Staaten typischen Produktionsmethoden (durch die auch das Grundwasser immer mehr mit Nährstoffen angereichert wird) andererseits, sind Baggerseen im Sinne einer Eutrophierung jedoch grundsätzlich gefährdet. Dieser Entwicklung muß vor allem durch eine Drosselung des Nährstoff-Imports, insbesondere des Phosphats entgegengewirkt werden. Als flankierende Maßnahmen kommen aber auch Eingriffe in Betracht, welche die Verfügbarkeit der bereits im Baggersee befindlichen Nährstoffe herbeisetzen. Es sind dies Veränderungen seiner hydrographischen und/oder morphometrischen Eigenschaften.

Bei den übrigen Nutzungsmöglichkeiten ist eine Eutrophierung innerhalb gewisser Grenzen sogar erwünscht. In diesen Baggerseen kann man daher durch ausgedehnte Bepflanzungen - auch im submersen Bereich - eine gewisse Abdichtung der Beckenwandung in Kauf nehmen. Möglichkeiten zur Steuerung der Eutrophierung und ihrer Folgen gibt es auch hier, doch läßt die Komplexität des Geschehens derzeit kaum allgemeine Aussagen zu. Die Limnologie der Baggerseen steht am Anfang. Die weitere Erforschung dieser Gewässer wird aber auch zum Verständnis der Vorgänge in den großen natürlichen Seen beitragen. Der besondere Vorteil der Baggerseen als Forschungsobjekt liegt vor allem darin, daß sie einer experimentellen Analyse zugänglich sind.

Literatur

- AHL T., 1972: Plant nutrients in Swedish lake and river waters. Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. 18: 362-369.
- Bayer. Staatsministerium f. Landesentwicklung u. Umweltfragen, 1973: Landesplanung in Bayern, eine Einführung: 1-64.
- DILLON P.J., 1974: The application of the phosphorus loading concept to eutrophication research. Canada cent. int. wat. Publ. NRCC 13690: 1-42.
- GREBE R., 1978: Sicherung und Entwicklung der Landwirtschaft. In: (Ed. Olschow G.) Natur- und Umweltschutz in der Bundesrepublik Deutschland. Hamburg/Berlin (Parey): 855-869.
- HAMM A., 1975: Chemisch-biologische Gewässeruntersuchungen an Kleinseen und Baggerseen im Großraum von München im Hinblick auf die Bade- und Erholungsfunktion. Münchner Beitr. Z. Abwass.-, Fisch.- u. Flußbiol. 16: 75-109.
- JACKSON D.F., 1968: Algae, Man, Environment. New York (Syracuse Univ. Press).
- ODUM E.P., 1959: Fundamentals of ecology. 2nd ed. Philadelphia/London (Saunders).
- PATALAS K., 1972: Crustacean plankton and the eutrophication of the St. Lawrence Great Lakes. J. Fish. Res. Canada 29: 1451-1462.
- RUPPERT K., MAIER J., 1970: Naherholungsraum und Naherholungsverkehr - Geographische Aspekte eines speziellen Freizeitverhaltens. Münchner Stud. Sozial- und Wirtschaftsgeogr. 6.
- SIEBECK O., 1979: Der Einfluß von Seetiefe und Grundwasserzufluß auf die Stabilität der Dichteschichtung in Baggerseen. Naturw. 66: 361.
- STUMM W., STUMM-ZOLLINGER E., 1972: The role of phosphorus in eutrophication. In: (Ed. Mitchel R.) Water pollution microbiology. New York/London/Sydney/Toronto (Wiley).
- THURNER A., 1967: Hydrogeologie. Wien/New York (Springer).
- VALLENTYNE J.R., 1974: The algae bowl, lakes and man. Ottawa, Dept. Environment, Misc. Spec. Publ. 22.

VOLLENWEIDER R.A., 1968: The scientific basis of lake and stream eutrophication, with particular reference to phosphorus and nitrogen as eutrophication factors. Techn. Rep. OECD Paris, DAS/CSI/68, 27: 1-182.

VOLLENWEIDER R.A., 1969: Möglichkeiten und Grenzen elementarer Modelle der Stoffbilanz von Seen. Arch. Hydrobiol. 66: 1-36.

Adressen

Prof. Dr. Otto Siebeck
Angelika Lutz
Zoolog. Inst. Universität
Luisenstr. 14

D-8000 München 2

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: [8_1980](#)

Autor(en)/Author(s): Siebeck Otto, Lutz Angelika

Artikel/Article: [Baggerseen im stadtnahen Bereich - eine limnologische Betrachtung zur Nutzung und Erhaltung als Badegewässer - 327-334](#)