© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., **95/1**, S. 115 - 127, Freiburg 2005

Baggerseen und Grundwasserschutz

Christian Trapp

Stichwörter

Hydrogeologie, Baggersee, Grundwasser, Hydrochemie, Wasserschutzgebiete, Grundwasserschutz

Zusammenfassung

In Deutschland ist Grundwasser die wichtigste Ressource der öffentlichen Trinkwasserversorgung. Der Schutz des Grundwassers ist daher eines der bedeutendsten Elemente der Daseinsvorsorge. Er erfolgt u.a. durch die Festsetzung von Wasserschutzgebieten. Die wichtigsten Grundwasserleiter sind aber häufig gleichzeitig auch bedeutsame Rohstoffvorkommen der Lockergesteine Kies und Sand. Der Abbau der Lockergesteine erfolgt sowohl im Trocken- als auch im Trocken-/Nassabbau. In beiden Fällen wird die schützende Grundwasserüberdeckung verringert bzw. entfernt, insbesondere die belebte Bodenzone mit ihren vielfältigen Funktionen des Schutzes. Beim Trockenabbau erfolgt mit der Rekultivierung u.a. eine Wiederherstellung der Schutzfunktion. Beim Nassabbau entsteht ein Oberflächengewässer. Auch hier findet eine Vielzahl von biologischen, physiko-chemischen und hydrochemischen Prozessen statt.

Zur Lösungen der Konflikte, die sich oft durch die Überlagerung zwischen Grundwassergewinnung und -schutz und dem Rohstoffabbau ergeben, ist eine sachbezogene und fachlich fundierte Beurteilung erforderlich.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurden, frühere Studien ergänzend, die Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Baggerseen an acht Baggerseen untersucht.

Anschrift des Verfassers:
Christian Trapp
Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Albertstraße 5, D-79104 Freiburg i. Br.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens zeigten, dass die allgemeine Befürchtung einer generell negativen Auswirkung des Nassabbaus von Kies- und Sandlagerstätten auf das Grundwasser nicht zutrifft.

Nach den gesetzlichen Regelungen ist Grundwasser qualitativ und quantitativ zu schützen. Nach den in Wasserschutzgebieten geltenden Schutzbestimmungen ist das Gewinnen von Steinen und Erden in den Zonen I und II von Wasserschutzgebieten verboten. In der Weiteren Schutzzone (Zone III) ist der Gesteinsabbau verboten, wenn dadurch das Grundwasser angeschnitten wird oder keine ausreichende Grundwasserüberdeckung verbleibt.

Mögliche Ausnahmen vom Verbot, d.h. Befreiungen, können als Einzelfallentscheidungen erfolgen und betreffen vor allem den Trockenabbau, wobei belegt und sichergestellt sein muss, dass von der Rohstoffgewinnung keine nachteiligen Auswirkungen auf das Grundwasser zu erwarten sind. Hierzu sind gezielte projektspezifische Untersuchungen erforderlich. Darüber hinaus sollten anhand einer detaillierten rohstoffgeologischen Beurteilung, die Möglichkeiten einer räumlichen Entzerrung von Trinkwassergewinnung und Rohstoffabbau geprüft werden, um die Nutzungskonflikte zu verringern.

Flooded gravel pits and groundwater protection

Key words

Hydrogeology, groundwater protection, quarry pond, hydrochemistry, flooded gravel pit, water protection areas

Abstract

In Germany groundwater is the most important resource of the public water supply and its protection is an important task. An important instrument of protection is the delimination of water protection areas for wells, which are used for water supply.

The most important aquifers are very often also important deposits of the resources gravel and sand. The exploitation of gravel and sand takes place as well above the groundwater-surface as within the groundwater. In both cases the protecting layers above the groundwater are reduced, or even removed. This concerns especially the living soil area with its variety of functions of protection. When the exploitation takes place above the groundwater-surface the recultivation of the area restores the function of protection.

The exploitation of gravel and sand within the groundwater causes a lake. These lakes also show a great variety of biological, physico-chemical and hydrochemical processes. To solve the conflicts that arise from the superposition of the groundwater-supply/ -protection

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

on the one hand and the exploitation of gravel and sand on the other hand, an impartial and technical assessment is required.

The interaction between groundwater and flooded gravel pits was the subject of a research project where eight selected lakes were investigated in detail. The results of the research project indicate that the fear of generally negative effects of gravel pits on the groundwater is not justified. Following the official rules groundwater must be quantitatively and qualitatively protected. Following the lawful rules of water protection areas it is not allowed to exploit gravel and sand in zone I and II of water protection areas. In the protection area zone III the exploitation is forbidden when the groundwater is opened or when the thickness of remaining layers above the groundwater-surface is insufficient. Exceptions of the prohibition, that means deliverances, can only be based on individual case decisions which primarily concern the exploitation above the groundwater. An essential prerequisite for the exception is the documented guarantee, that the exploitation site has no negative effects on the groundwater. Therefore target-oriented project-specific investigations are required. Based on a detailed geological evaluation of the exploitable gravel and sand resources, the possibilities of spatial deconcentration of water supply and the exploitation of gravel and sand should be examined. If possible, the exploitation sites should be planned far enough away from water protection areas to avoid the conflict of interests.

1. Vorbemerkung

Grundwasser ist in Deutschland die wichtigste Ressource für die Trinkwasserversorgung. Von dem gesamten jährlichen Verbrauch von rd. 5,5 Mrd. m³ werden ca. 87 % aus Grundwasser gewonnen. In Baden-Württemberg liegt der aus Grundwasser gewonnene Anteil des jährlichen Trinkwasserverbrauchs von ca. 700 Mio. m³ bei rd. 75 %. Daneben erfolgen Grundwasserentnahmen als Heil- und Mineralwasser sowie als Brauchwasser durch die Industrie, die Landwirtschaft und sonstige Nutzer.

Der Schutz des Grundwassers, sowohl aus quantitativer als auch qualitativer Sicht, ist daher eines der wichtigsten Elemente der Daseinsvorsorge. Er erfolgt u.a. durch die Festsetzung von Wasserschutzgebieten für die öffentliche Wasserversorgung. In Deutschland haben Wasserschutzgebiete einen flächenmäßigen Anteil von rd. 10 % der Gesamtfläche. In Baden-Württemberg liegt der Anteil bei rd. 22 % der Landesfläche mit etwa 2600 Wasserschutzgebieten.

2. Kies/Sand- und Grundwasservorkommen

Die Vorkommen der mineralischen Rohstoffe Sand und Kies stellen oft zugleich ausgezeichnete Grundwasserleiter dar. Ihr Vorkommen und ihre Verbreitung werden bestimmt durch ihre geologische Entstehung während der erd- und landschaftsgeschichtlichen Entwicklung. Kies und Sand, als klastische **Lockergesteine,** sind mit hohen Mächtigkeiten, großer flächiger Ausdehnung und guter Qualität unter günstigen Ablagerungsbedingungen

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

entstanden. Entsprechend gute Voraussetzungen führten in Baden-Württemberg im Pleistozän zur Entstehung der überregional bedeutsamsten Vorkommen vor allem im Oberrheingraben, aber auch im Bodenseeraum und in Oberschwaben. Nur von regionalem Interesse sind kleinere Vorkommen im Neckartal und im oberen Donautal sowie weitere kleine lokale Vorkommen. Als Folge der überwiegend fluviatilen Entstehung ist der Feinkornanteil in den Kies- und Sandvorkommen meist gering. Der freie Porenraum ist folglich oft ein ausgezeichneter Speicher und Leiter für das Grundwasser und die bedeutsamsten Grundwasservorkommen finden sich deshalb insbesondere in den Lockergesteins-Ablagerungen der jungen Talfüllungen.

Von den 502 Kies- und Sand-Gewinnungsstellen (in Betrieb und stillgelegt) in Baden-Württemberg liegen rd. 70 % in Wasserschutzgebieten und Grundwasserschonbereichen, wobei insbesondere die Nassabbaustellen i.d.R. bereits vor der Ausweisung der Wasserschutzgebiete und Grundwasserschonbereiche bestanden haben (SZENKLER et al. 2004). Dieser hohe Anteil belegt die bestehende starke Überlagerung der Flächen für die Nutzung zur Rohstoffgewinnung und der Nutzung dieser Flächen für die Grundwassergewinnung bzw. in ihrer Funktion für den Grundwasserschutz. Auch daraus ergeben sich für den Schutz des genutzten und nutzbaren Grundwasserdargebots, die Wasser- und Rohstoffgewinnung sowie für die langfristige Sicherung der Rohstoffvorkommen oft Konflikte, deren Lösung eine sachbezogene, fachlich fundierte Beurteilung erfordert. Diese setzt sowohl die Kenntnis der rohstoffgeologischen als auch der hydrogeologischen Gegebenheiten voraus. Einen wichtigen Beitrag zur Versachlichung hat auch das in Baden-Württemberg durchgeführte Projekt „KaBa“ (**K**onflikt**a**rme **Ba**ggerseen) geleistet, das frühere Untersuchungen (u.a. LfU 1975, 1977, 1981) ergänzend, zu wichtigen und belastbaren Erkenntnissen hinsichtlich der Auswirkungen der Nasskiesgewinnung auf das Grundwasser geführt hat (LGRB 2001). Insbesondere zeigte sich, dass unter bestimmten Randbedingungen, die allgemeine Befürchtung einer generell nachteiligen Auswirkung des Nassabbaus von Kies und Sandlagerstätten auf die Beschaffenheit des Grundwassers nicht zutrifft.

3. Gewinnung der Lockergesteine

Die Rohstoffe Kies und Sand werden im Trocken- und/oder im Nassabbau gewonnen.

Der **Trockenabbau** erfolgt in der ungesättigten Zone über dem Grundwasser. Auf ungestörten Standorten schließt die ungesättigte Zone im oberen Bereich, an der Grenze zur Atmosphäre hin, mit der Bodenbildung ab.

Boden und ungesättigte Zone bilden zusammen die Grundwasserüberdeckung mit einer gewissen Schutzfunktion gegen den Eintrag von Schadstoffen mit dem Sickerwasser. Eine wichtige Bedeutung für die Wiederherstellung bzw. Verbesserung der ursprünglichen Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung hat beim Trockenabbau die dem Abbau folgende sachgerechte Rekultivierung. Auch die Folgenutzung der Abbauflächen und der entstandenen Baggerseen ist für die Grundwasserbeschaffenheit von Bedeutung.

Beim **Nassabbau** werden die Deckschichten über dem Grundwasser und somit auch deren Schutzfunktion vollständig beseitigt. An die Stelle der Deckschicht und des Grundwasserleiters tritt das Oberflächengewässer –Baggersee - mit freiem Wasserspiegel.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

In beiden Fällen wird der Boden und die ungesättigte Zone (Nassabbau), bzw. Teile der ungesättigten Zone (Trockenabbau), abgegraben. Damit geht die Schutzfunktion des Bodens verloren. Diese beruht im Wesentlichen auf drei unterschiedlich wirksamen Filterwirkungen des Bodens. Bei der mechanischen Filterung werden gröbere Stoffteilchen an der Bodenoberfläche, oder bei entsprechenden Großporenvolumen auch als Tiefenfiltration im oberflächennahen Bereich, zurückgehalten. Demgegenüber werden bei der chemischen Filterung kolloid und molekular disperse Stoffe vor allem durch Fällungs- und Austauschvorgänge an oberflächenaktiven Bodenbestandteilen wie Tonmineralen, Huminstoffen und Metalloxiden festgelegt. Die biologische Filterung bewirkt durch den mikrobiellen Ab- oder Umbau organischer Stoffe eine Festlegung bzw. Elimination; die biologische Filterleistung erfolgt wegen der verstärkten biologischen Aktivität des Oberboden vornehmlich oberflächennah (bis 30 cm Tiefe).

Eine überschlägige Bestimmung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung kann nach der Methode der staatlichen geologischen Dienste (HÖLTING et al. 1995) erfolgen.

4. Baggerseen

Die Auswirkungen von Baggerseen auf das Grundwasser können vielfältig sein. Grundsätzlich lassen sich hydraulische und hydrochemische Auswirkungen differenzieren.

Als mögliche hydraulische und wasserhaushaltsmäßige Auswirkungen, die hier nicht vertieft werden, sind Veränderungen des Grundwasserströmungsfeldes mit Beeinflussung der Grundwasserfließrichtung, des Grundwassergefälles und der Grundwasserfließgeschwindigkeiten gegeben. Die Höhe der Verdunstung -und damit der Einfluss auf die Grundwasserneubildung- ist abhängig vom Standort und der Größe der offenen Wasserfläche.

Hydrochemische Auswirkungen können sich durch eine Vielzahl von biologischen, chemischen und physikalischen Prozessen ergeben. Bei der Passage des Grundwassers durch einen Baggersee können verschiedene Prozesse zu einer Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit führen. Neben dem Eintrag von Substanzen in den Baggersee gehören zu diesen Prozessen der Austausch mit der Atmosphäre, die Verlagerung von Substanzen durch Umwälzung, die irreversible Fixierung, der Abbau und die Neubildung von Substanzen im See, die Remobilisierung fixierter Substanzen sowie die Freisetzung von Substanzen im Grundwasserleiter unterstromig der Seen durch Änderungen der physiko-chemischen Bedingungen (BOOS & STROHM 1999). Eine schematische Übersicht über verschiedene Prozesse gibt die Abb. 1.

Stoffeinträge können in den Baggersee durch das zuströmende Grundwasser, diffus über den Niederschlag und die trockene Deposition, über oberirdische Fließgewässer, die in den See einmünden, und über Randzuflüsse sowie durch die Nutzung des Sees erfolgen. Durch Staub und Niederschlag werden Substanzen in einen See eingetragen, die bei einem Eintrag über die ungesättigte Zone durch das Retentionsvermögen der Böden nicht in das Grundwasser gelangen würden. Allerdings unterliegen diese Stoffe auch im See vielfältigen Um- und Abbauprozessen, die zu einer zumindest teilweisen Eliminierung aus dem Seewasser führen. Positiv wirkt sich, z.B. im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten Flächen, der fehlende Nitrat- und Phosphateintrag aus.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

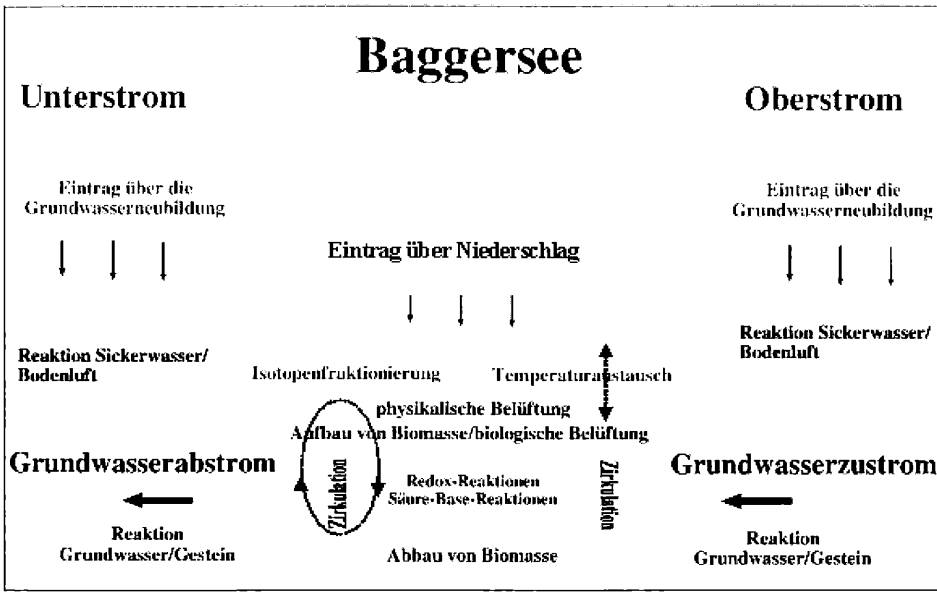

Abb. 1: Prozesse (schematisch), die die Grund- und Seewasserbeschaffenheit beeinflussen (LGRB 2001, ergänzt).

Die Nutzung der im Rahmen des o.a. „KaBa-Projektes" untersuchten Baggerseen erfolgte hauptsächlich für den Angelsport und die Freizeit, einzelner auch für den Naturschutz. Nutzungsbezogene negative Auswirkungen auf die See- und Grundwasserbeschaffenheit konnten nicht festgestellt werden, waren jedoch auch nicht explizit Gegenstand der Untersuchungen des Teilprojektes und sind an anderen Standorten wohl nachweisbar.

Eine Vielzahl bekannter Prozesse, die in Baggerseen stattfinden, konnte auch für die acht untersuchten Seen belegt werden.

Beim Übertritt des Grundwassers in den Baggersee erfolgt über die Seeoberfläche ein Temperaturaustausch mit der Atmosphäre. Dies führt dazu, dass das Seewasser im Verhältnis zum Grundwasser wesentlich größere Temperaturvariationen aufweist, im Sommer oberflächennah eine starke Erwärmung, im Winter eine Abkühlung. Temperatureffekte, hervorgerufen durch die Baggerseen, klingen im unterstromigen Grundwasser schnell ab und lassen sich bei den vorliegenden hydraulischen Verhältnissen, mit Grundwasserfließgeschwindigkeiten < 2m/d, bereits in geringer (< 200 m) Entfernung nicht mehr nachweisen. Weiterhin können an der Seeoberfläche im Kontakt mit der Atmosphäre, entsprechend den herrschenden Partialdrucken, Gase gelöst oder freigesetzt werden. Nachweisbar ist in den Seen eine Sauerstoffaufnahme über die sogenannte physikalische Belüftung des Seewassers. Sie ist im Sommer auf das Epilimnion beschränkt, wirkt sich in der Zirkulationsphase jedoch auch auf die tiefen Seebereiche aus. Bei einem Zustrom von reduzierendem Grundwasser (sauerstoffarm bzw. –frei) in den Baggersee stellen sich durch die Zirkulation temporär oxidierende Verhältnisse ein. Im Gegensatz zum Sauerstoff wird Kohlendioxid (CO_2)

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

an der Seeoberfläche freigesetzt. Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht, das im Grundwasserleiter in aller Regel besteht, wird dadurch verschoben.

Im Herbst/Winter erfolgt bei nicht zu tiefen Baggerseen eine Umwälzung des Seewassers bis zum Seeboden (PFEIFFER 2000). Durch diese Umwälzung können im See zugeströmte anthropogen beeinflusste oberflächennahe Grundwässer in tiefere Aquiferbereiche, geogen geprägte tiefe Grundwässer in oberflächennahe Aquifere gelangen. Dies führt, wenn durch den See zuvor eigenständige Grundwasserstockwerke miteinander verbunden werden, zu einer unerwünschten stockwerksübergreifenden Verlagerung von Stoffen anthropogener oder geogener Herkunft. Auch bei einer hydrochemischen Zonierung ohne hydraulische Trennung, aber mit entsprechenden hydrochemischen Kontrasten zwischen oberflächennahem und tiefem Grundwasser, ist dieses zu beachten.

Durch den Übertritt des Grundwassers in den Baggersee ändern sich die hydrochemischen (Milieu-) Bedingungen, so z. B. die o.g. Redox-Verhältnisse und die Parameter des Kalk-Kohlensäure-Systems. Als Folge davon werden Wasserinhaltsstoffe durch Ausgasung entweichen, durch Ausfällung chemisch fixiert und können im See sedimentieren. Sie werden dadurch zumindest zeitweise aus dem Seewasser entfernt. Bei einem Zustrom aus Grundwasserleitern mit reduzierenden physiko-chemischen Bedingungen führen die aeroben Verhältnisse im See, die sich bei der physikalischen und biologischen Belüftung einstellen, zur Fällung von Eisen (Fe) und Mangan (Mn). Die leichtlöslichen Fe(II)- und Mn(II)-Verbindungen werden in schwerlösliche Fe(III)- und Mn(IV)-Hydroxide und -Oxydhydrate überführt. Eine Abnahme der Fe- und Mn-Konzentrationen ist beim Übertritt von „reduzierten" Grundwässern mit entsprechend hohen primären Fe- und Mn-Gehalten festzustellen. Die Auswirkungen sind unterstromig der Seen im Grundwasser meist auch noch bis in größere Entfernung nachweisbar.

Der Verlust von Kohlendioxid an der Seeoberfläche und die biologische Aktivität rufen eine Karbonatübersättigung im Seewasser hervor, die eine Karbonatfällung auslöst. Sie wirkt sich in einer Abnahme der Mineralisation durch die Verringerung der Konzentrationen von Calcium und Hydrogenkarbonat, untergeordnet auch Magnesium, aus. Durch CO_2-Aufnahme in der Exfiltrationszone (Zersetzung von organischem Material) und im unterstromigen Grundwasserleiter sowie durch Lösung von Karbonaten aus dem Gestein wird die im See erfolgte Enthärtung im Abstrom teilweise wieder kompensiert.

Zahlreiche Schwermetalle und Spurenstoffe besitzen eine hohe Affinität zu den Fe- und Mn- Hydroxiden und -Oxydhydraten ebenso wie zu organischem Material. Sie werden deshalb verstärkt über Mitfällung und Adsorption gebunden und dem Seewasser entzogen. Herrscht im Seesediment ein „sulfidisches Milieu", können sich auch schwerlösliche Schwermetallsulfide bilden (BOOS & STROHM 1999). Systematische Veränderungen der Schwermetall- und Spurenelement-Konzentrationen, die sich in diese Richtung interpretieren lassen, waren allerdings bei den im KaBa-Projekt untersuchten Seen nicht eindeutig nachweisbar.

Eine weitere Fixierung von Wasserinhaltsstoffen erfolgt durch die biologische Aktivität im See. Beim Wachstum von Organismen werden neben CO_2 die biologisch relevanten Elemente, in erster Linie Stickstoff und Phosphor, in die Biomasse inkorporiert und erfahren dadurch eine Konzentrationsabnahme im Seewasser. Bei den Diatomeen (Kieselalgen) gehört auch Kieselsäure zu den aus dem Wasser aufgenommenen Substanzen. Nach dem Absterben der Organismen erfolgt eine Sedimentation des organischen Materials. Die Aus-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

wirkungen der biologischen Prozesse zeigen sich in erster Linie in einer Abnahme der Konzentrationen der Kieselsäure, evtl. auch von Kalium. Beim Nitrat lassen sich die Effekte der Elimination durch die Bioaktivität von den Auswirkungen der Nitratreduktion nur schwer trennen.

Einen besonders wirksamen Sorptionskörper für unpolare organische Verbindungen bildet aufgrund seines hohen Gehalts an organischem Detritus das Seesediment (BOOS & STROHM 1999).

Zu den Substanzen, die irreversibel in für das Grundwasser unbedenkliche oder in flüchtige Substanzen umgewandelt werden können, gehören z. B. Nitrat und Sulfat, aber auch organische Verbindungen. Nitrat wird durch Denitrifikation abgebaut, Sulfat durch Sulfatreduktion. Diese Prozesse sind an die sauerstoffzehrenden reduzierenden Bedingungen im Hypolimnion und besonders im Seesediment gebunden und sind in Baggerseen in unterschiedlicher Intensität nachweisbar. Durch erneuten Eintrag von Nitrat und Sulfat über die Grundwasserneubildung bzw. Zumischung anderer Grundwässer stellen sich unterstromig von Baggerseen allmählich wieder die oberstromigen Gehalte ein (LGRB 2001).

Das Verhalten organischer Schadstoffe in Baggerseen ist stark von den Redox-Bedingungen abhängig, da diese den Abbau maßgeblich beeinflussen. Da die Reaktionen zur Elimination verstärkt unter aeroben Bedingungen, z. T. aber auch unter anaeroben Bedingungen erfolgen, sind bei stark wechselnden Redox-Bedingungen in den Baggerseen günstige Voraussetzungen für den Abbau, bzw. die Festlegung, von organischen Schadstoffen (BOOS & STROHM 1999) gegeben.

Neben dem Abbau, kann es im Baggersee aber auch zu einer Neubildung von Stoffen kommen. Dies kann z. B. bei veränderten physiko-chemischen Bedingungen durch die Bildung neuer chemischer Verbindungen geschehen oder auch durch biologische Prozesse. So kann sich z. B. Ammonium (NH_4) unter reduzierenden Bedingungen aus Nitrat, Schwefelwasserstoff aus Sulfat bilden. Ammonium unterliegt allerdings unter anaeroben Bedingungen vorzugsweise der Sorption, unter aeroben Bedingungen wieder der Oxidation. In Baggerseen werden deshalb nur vergleichsweise geringe Ammonium-Konzentrationen gemessen, auch in den Seen, in denen ein intensiver Nitratabbau stattfindet. Offensichtlich dominiert bei den herrschenden physiko-chemischen Bedingungen die Denitrifikation. Im unterstromigen Grundwasser stellen sich meist nach kurzen Fließstrecken wieder NH_4-Konzentrationen vergleichbar denen im oberstromigen Grundwasser ein. Schwefelwasserstoff, in einzelnen Seen in Spuren nachweisbar, kann vor allem bei Einträgen von höheren Sulfat-Gehalten unter reduzierenden Bedingungen auftreten.

Zu den gesundheitlich problematischen Stoffen, die auf die biologische Aktivität zurückgehen, gehören algenbürtige Stoffe. Sie wurden in der KaBa-Studie nicht untersucht. Bei Felduntersuchungen zeigte sich, dass diese Substanzen (z. B. die Algentoxine) bei der Untergrundpassage eine intensive Elimination erfahren und bereits nach kürzester Fließstrecke im Grundwasserleiter nicht mehr nachweisbar sind (CHORUS, zitiert in BOOS & STROHM 1999). Hinweise auf mikrobiologische Gefährdungen durch Baggerseen gibt es keine (BOOS & STROHM 1999). Nach den vorliegenden Erkenntnissen reicht offensichtlich das Schutzpotenzial des Seesediments und des Grundwasserleiters für eine Elimination mikrobiologischer Verunreinigungen innerhalb vergleichsweise kurzer Fließstrecken bzw. -zeiten aus.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Substanzen, die in Seen festgelegt wurden, können vor Übertritt des Seewassers in den Grundwasserleiter wieder mobilisiert werden. Durch die zyklische Belüftung des Sees während der Zirkulation ist zeitweise eine Reoxidation der im postoxischen bzw. sulfidischen Milieu festgelegten Substanzen möglich, andererseits, bei reduzierenden Bedingungen, die Freisetzung von Substanzen (z. B. Eisen, Mangan), die unter aeroben Bedingungen gefällt wurden. Dabei können auch mitgefällte Schwermetalle wieder in Lösung gehen (WALLMANN, zitiert in BOOS & STROHM 1999).

Auswirkungen derartiger Prozesse waren in der durchgeführten KaBa-Studie nur in geringem Umfang nachweisbar. Der beobachtete Nitrat- und Sulfatanstieg im Abstrom einiger Seen erfolgte meist stetig mit zunehmender Fließstrecke, ein Hinweis auf einen zunehmenden Eintrag durch Zufluss von Sickerwasser oder eine allmähliche Anpassung an die physiko-chemischen Bedingungen im Aquifer und weniger die Folge einer Remobilisierung. In dieser Weise ist wohl auch die Zunahme der Eisen- und Mangankonzentrationen in Grundwasserleitern mit reduzierenden Verhältnissen zu interpretieren. Die Veränderungen der primär geringen Schwermetallkonzentrationen waren nicht systematisch und wenig aussagekräftig. Eine stetige oder auch schubweise Belastung des unterstromigen Grundwassers durch remobilisierte Schwermetalle war nicht erkennbar.

Lediglich für eine im See einsetzende Rücklösung von Karbonaten ließen sich in den durchgeführten Untersuchungen Anhaltspunkte finden.

Neben dem direkten Eintrag von Stoffen aus dem See in das Grundwasser können Stoffe auch indirekt als Folge von Veränderungen im unterstromigen Grundwasser aus dem Gestein mobilisiert werden. Die wichtigsten physiko-chemischen und hydrochemischen Veränderungen, die durch abströmendes Seewasser hervorgerufen werden, sind veränderte Grundwassertemperaturen, veränderte Redox-Bedingungen und veränderte Randbedingungen für das Kalk-Kohlensäure-System. Beispiele für die Mobilisierung von Substanzen sind die teilweise Lösung von Eisen- und Mangan in einem ursprünglich oxidierenden Grundwassermilieu durch Verschiebung zu reduzierenden Bedingungen, umgekehrt auch die Oxidation von sulfidischen Mineralen im Gestein durch abströmendes, sauerstoffhaltiges Seewasser.

Auch ein abnehmendes Schutzpotenzial des Grundwasserleiters gegen Verunreinigungen, z. B. für Nitrat, durch die Verschiebung der Redox-Verhältnisse hin zu aeroben Bedingungen wird in der Literatur beschrieben (HÖLSCHER & WALTHER 1990).

Derartige Auswirkungen der Baggerseen auf das unterstromige Grundwasser können im Nahbereich der Seen auftreten, sie lassen sich jedoch nicht eindeutig von Remobilisierungseffekten trennen. Da die physiko-chemischen und hydrochemischen Bedingungen unterstromig der betrachteten Baggerseen jedoch spätestens nach 100 - 200 m Fließstrecke wieder weitgehend den oberstromigen Verhältnissen entsprechen, sind weiterreichende Auswirkungen nicht zu erkennen.

5. Grundwasserschutz und Sicherung der Vorkommen

Das Grundwasser ist grundsätzlich quantitativ und qualitativ zu schützen (Wassergesetz, Wasserhaushaltsgesetz, EU-Wasserrahmenrichtlinie).

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Der Schutz des für die öffentliche Wasserversorgung genutzten Grundwassers vor nachteiligen Veränderungen erfolgt auch durch die Festsetzung von Wasserschutzgebieten (§ 19 WHG).

Nach den in Wasserschutzgebieten in Baden Württemberg geltenden Schutzbestimmungen ist das Gewinnen von Steinen und Erden in der Zone I und II verboten. In der Zone III (IIIA/IIIB) ist das Gewinnen von Steinen und Erden verboten, wenn dadurch das Grundwasser angeschnitten wird oder keine ausreichende Grundwasserüberdeckung verbleibt. Unter bestimmten Voraussetzungen können Befreiungen erteilt werden (VwV-WSG des Umweltministeriums Baden-Württemberg vom 14.11.1994 mit Änderungen vom 06.05.1996).

Neben der Sicherstellung der Trinkwasserversorgung durch Wasserschutzgebiete erfolgt in Baden-Württemberg darüber hinausgehend eine Unterschutzstellung nutzungswürdiger Grundwasservorkommen innerhalb der Regionalplanung durch die Abgrenzung von wasserwirtschaftlichen Vorrang- und Vorbehaltsflächen. Die Vorranggebiete entsprechen potenziellen Zonen I und II und schließen anderweitige Nutzungen, wie z. B. die Rohstoffgewinnung, aus. Die Vorbehaltsflächen sind potenziellen Schutzzonen III gleichgestellt, wo eine Rohstoffgewinnung grundsätzlich verboten ist, im Einzelfall, nach entsprechender Prüfung, bei sicherem Ausschluss einer Grundwassergefährdung, aber zugelassen werden kann.

Neben dem angeführten Grundwasserschutz und der vorsorgenden Sicherung nutzungswürdiger Grundwasservorkommen ist in Baden Württemberg auch die Rohstoffsicherung durch Vorgaben der Landesplanung sowie durch das Rohstoffsicherungskonzept Baden-Württemberg (RSK) fixiert. Danach sind die Bodenschätze des Landes, also auch die Sand- und Kiesvorkommen, zu erfassen und für eine spätere Gewinnung zu sichern, sofern sie zur Rohstoffversorgung und Ordnung des Rohstoffabbaus beitragen können. Entsprechend der dort gemachten Rahmenvorgaben sollen in den Regionalplänen Vorrangflächen für den Rohstoffabbau (sog. „schutzbedürftige Bereiche") sowie Bereiche zur langfristigen Sicherung von Rohstoffen (sog. Rohstoffsicherungsbereiche) ausgewiesen werden. Die Ausweisung dieser Flächen bedarf dabei auch der Abstimmung mit anderen raumbezogenen Nutzungen und Vorhaben sowie mit den Erfordernissen des Umweltschutzes, der Wasserwirtschaft, der Land- und Forstwirtschaft, der Erholung und sonstigen ökologischen Bedürfnissen (LGRB 2002).

Generell kann davon ausgegangen werden, dass bei einem Konflikt zwischen Wasser- und Rohstoffgewinnung, der Schutz der Wassergewinnung wegen der Bedeutung der öffentlichen Wasserversorgung zum „Wohl der Allgemeinheit" Vorrang besitzt. Eine Gewinnung von mineralischen Rohstoffen kann daher nur dann erfolgen, wenn das für die Wasserversorgung geförderte Grundwasser nicht verunreinigt oder nachteilig in seinen Eigenschaften verändert wird („Besorgnisgrundsatz", § 1 a WHG).

Hinsichtlich des Grundwassers sind die potenziellen Gefahren, die zu einer Verunreinigung oder nachteiligen Veränderung seiner Eigenschaften führen können, vielfältig. Verbote für bestimmte Tätigkeiten und Nutzungen betreffen daher unter anderem auch den Lockergesteinsabbau.

Eine Grundwasserbeeinträchtigung ist zu erwarten, wenn die Rohstoffgewinnung im Bereich der Schutzzone II erfolgt, da die Fließzeit des Grundwassers vom Ort des Abbaus bis zur Fassung weniger als 50 Tage beträgt. Die möglichen Auswirkungen liegen hier vor-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

rangig im mikrobiologischen Bereich, aber auch in der zu geringen natürlichen Minderung möglicher aus dem Abbaubereich stammender Einflüsse und Verunreinigungen sowie der aufgrund der geringen Fließzeit und -strecke unzureichenden Zeit und Raumverhältnisse für eventuell erforderliche Sanierungsmaßnahmen. Daher ist eine Rohstoffgewinnung innerhalb der Zone II verboten. Dies gilt, mit den vorgenannten Einschränkungen, grundsätzlich auch in der Schutzzone III oder IIIA sowie in der Zone IIIB, die nach den Hydrogeologischen Kriterien für die Abgrenzung von Wasserschutzgebieten in Baden-Württemberg (GLA 1991) und dem DVGW-Regelwerk, Arbeitsblatt W 101, im allgemeinen das gesamte Einzugsgebiet einer Fassung einschließen soll.

Mögliche Ausnahmen, insbesondere bei Erweiterungen, von dem auch hier geltenden grundsätzlichen Verbot des Abbaus, berücksichtigen die Größe und die hydraulischen Gegebenheiten innerhalb des Einzugsgebiets, auch im Hinblick auf die Fließzeit des Grundwassers zwischen Abbau und Fassungsanlage, die zwischen Monaten und Jahrzehnten betragen kann. Unterstützt von den Ergebnissen der Untersuchungen der verschiedenen KaBa-Teilprojekte, die zeigten, dass der Lockergesteinsabbau nicht, wie allgemein befürchtet, zu einer generell nachteiligen Auswirkung auf das Grundwasser führt, kann die zuständige Wasserbehörde in einer Einzelfallentscheidung den Rohstoffabbau in einem Wasserschutzgebiet zulassen, sofern belegt und sichergestellt wird, dass das Grundwasser und die Trinkwassergewinnung qualitativ und quantitativ nicht nachteilig beeinträchtigt werden. Die erforderliche Einzelfallbetrachtung berücksichtigt verschiedene Gesichtspunkte des Grundwasserschutzes und beurteilt aus hydrogeologischer Sicht das geplante Abbauvorhaben. Kriterien für eine einzelfallbezogene hydrogeologische Beurteilung wurden für den Trockenabbau formuliert und beschrieben (LfU 2004). Fachliche Zustimmung, Einschränkungen - mit ggf. erforderlichen Auflagen - oder Ablehnungen erfolgen auf der Grundlage der Ergebnisse der meist umfangreichen Untersuchungen. Für die Beurteilung der Rohstoffgewinnung sind hier in der Zone III nicht nur schematische Schutzzonenverordnungsmuster anzuwenden, sondern es müssen die Ergebnisse gezielter projektspezifischer Untersuchungen herangezogen werden. Aus hydrogeologischer Sicht hat die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in Wasserschutzgebieten absolute Priorität und es sind alle Möglichkeiten zur Abwehr konkreter Gefährdungen auszuschöpfen. Hierzu gehört auch, anhand einer detaillierten rohstoffgeologischen Beurteilung, die Möglichkeiten einer räumlichen Entzerrung von Rohstoffabbau und Trinkwassergewinnung zu prüfen, um die Nutzungskonflikte zu lösen, bzw. zu verringern.

Danksagung

Der Autor dankt Dr. Wilhelm Schloz für die über Jahre bestehende gute Zusammenarbeit und die fortwährende hochgeschätzte fachliche Unterstützung.

Eingang des Manuskripts: 05.11.2004

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Angeführte Schriften

BADEN-WÜRTTEMBERG (UVM), 1994: Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums über die Festsetzung von Wasserschutzgebieten (VwV-WSG) – GABl vom 19. Dezember 1994; Stuttgart. – [Derzeit in Überarbeitung]

BOOS, K.-J. & STROHM, F. (1999): Ab- und Umbauprozesse in Baggerseen und deren Einfluß auf das Grundwasser Literaturauswertung Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie, 52: 178 S., 50 Abb., 61 Tab.; Karlsruhe [LfU]

DVGW DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHS e. V., 1995: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; I. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser; DVGW-Arbeitsblatt W101; Eschborn / Bonn.– [Derzeit in Überarbeitung]

GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (GLA), jetzt Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB), 1991: Hydrogeologische Kriterien für die Abgrenzung von Wasserschutzgebieten in Baden-Württemberg – GLA Informationen 2/91; Freiburg i. Br.

HÖLSCHER, J. & WALTHER, W. (1990): Auswirkungen des Kiesabbaus auf den Sauerstoff- und Stickstoffhaushalt eines Grundwasserleiters im Einzugsgebiet eines Wasserwerks im oberen Okertal - Wasser-Abwasser-gwf 131, Nr. 4: 192 - 197, 3 Abb., 3 Tab.;

HÖLTING, B., HAERTLE, TH., HOHBERGER, K.-H., NACHTIGALL, K. H., VILLINGER, E., WEINZIERL, W. & WROBEL, J.-P., 1995: Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung – Geol. Jb. C 63: 5–24, 5 Tab.; Hannover.

LGRB-LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU BADEN-WÜRTTEMBERG (2001): Wechselwirkungen zwischen Baggerseen und Grundwasser, Ergebnisse isotopenhydrologischer und hydrochemischer Untersuchungen im Teilprojekt 6 des Forschungsvorhabens „Konfliktarme Baggerseen (KaBa)“ Informationen **10**, 64 Seiten, Freiburg i. Br. [LGRB]

LGRB-LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU BADEN-WÜRTTEMBERG (2002): Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2002 – Gewinnung, Verbrauch und Sicherung von mineralischen Rohstoffen -Informationen **14**, 92 Seiten, Freiburg i. Br. [LGRB]

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1975): Wasserwirtschaftliche Untersuchungen Baggerseen 1. Bericht Karlsruhe [LfU]

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1977): Wasserwirtschaftliche Untersuchungen Baggerseen 2. Bericht Karlsruhe [LfU]

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1981): Wasserwirtschaftliche Untersuchungen Baggerseen 3. Bericht Karlsruhe [LfU]

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (2004): Leitfaden Kiesgewinnung und Grundwasserschutz Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie, 88: 104 S.; Karlsruhe [LfU]

PFEIFFER, K. D. (2000): Seenphysikalische Prozesse in Baggerseen Modellgestützte Bewertungs- und Entscheidungshilfen - Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie, 62 57 S., 25 Abb.; Karlsruhe [LfU]

SZENKLER, C., BEIßWENGER, TH. & PIKULSKI, A.(2004): Verbundforschungsprojekt „Auswirkungen der Kiesgewinnung in Wasserschutzgebieten und Grundwasserschonbereichen - Kies + Sand, 1/2004, 16-20; Baden-Baden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau

Jahr/Year: 2005

Band/Volume: 95

Autor(en)/Author(s): Trapp Christian

Artikel/Article: Baggerseen und Grundwasserschutz 115-127