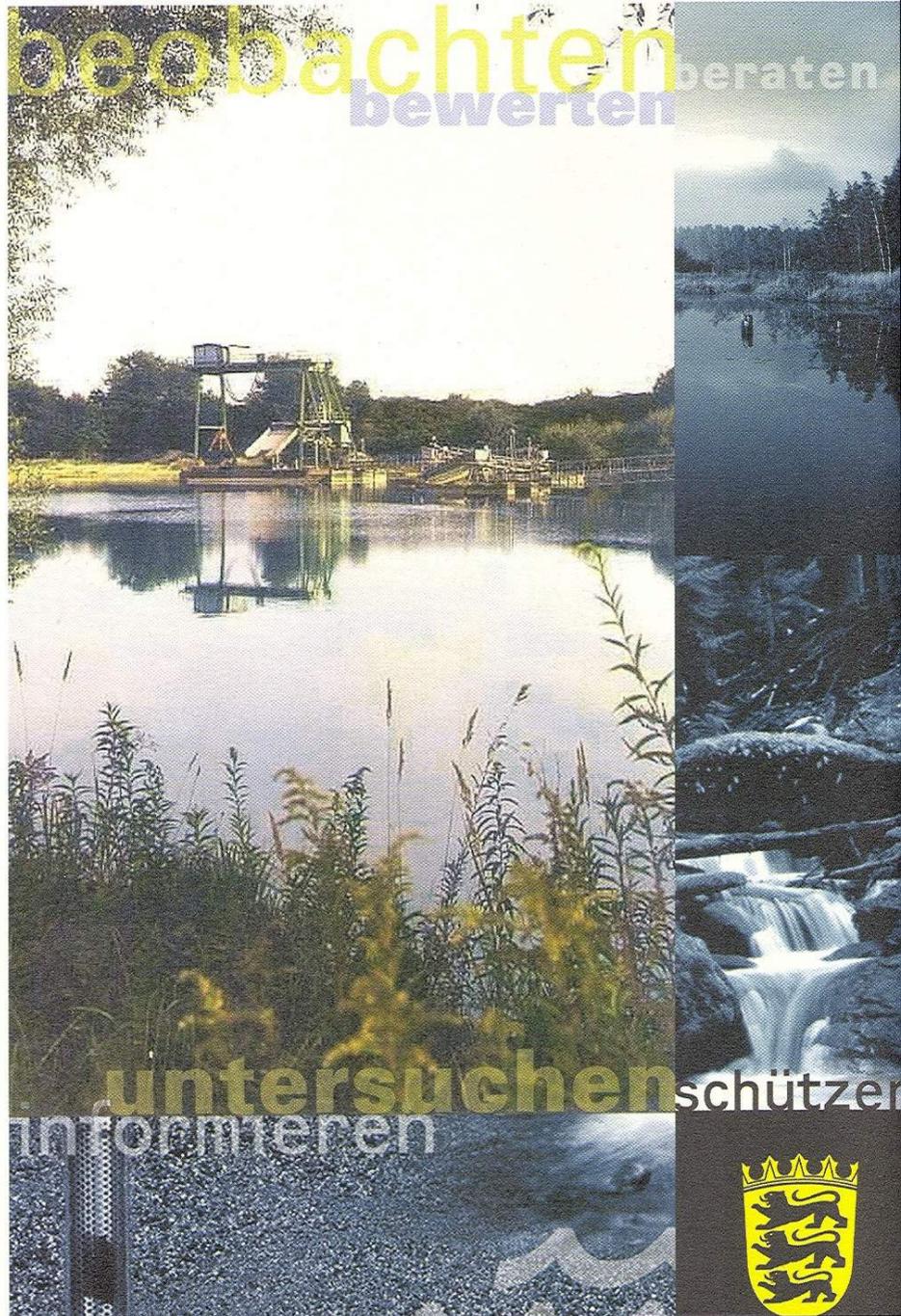


Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft

Empfehlungen für die Planung und
Genehmigung des Abbaues
von Kies und Sand



Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft

Empfehlungen für die Planung und
Genehmigung des Abbaues von
Kies und Sand



Herausgegeben von der
Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg

Karlsruhe 2004

IMPRESSUM

| | |
|---|--|
| Herausgeber | Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 76157 Karlsruhe · Postfach 21 07 52, http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de |
| ISSN | 1436-7882 (Bd. 88, 2004) |
| Bearbeitung | Arbeitsgruppe Leitfaden im Pilotprojekt „Konfliktarme Baggerseen – KaBa“ Dr. Thomas Mader, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg Thomas Beißwenger, Industrieverband Steine und Erden Baden-Württemberg e.V. Dr. Bruno Bertleff, Dr. Wilhelm Schloz, Dr. Christian Trapp, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg Michael Losert, Peter Neubert, Regierungspräsidium Freiburg Helmut Krug, Christiane Lang, Landratsamt Karlsruhe Lukas Gißler, Landratsamt Ortenaukreis Ralf Hübner, Landratsamt Rastatt Wolfgang Eitel, Landratsamt Ravensburg Andreas Hoppe, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg |
| Fachliche Beratung und Mitarbeit | Dr. Willibald Stichler, GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg Klaus-P. Barufke, Thomas Gudera, Dr. Eckard Hollan, Dr. Reiner Kümmerlin, Istvan Pinter, Heike Robakowski, Burkhard Schneider, Hartmut Vobis, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg |
| Redaktion | Eberhard Helmig, im Auftrag der LfU |
| Umschlaglayout | Stephan May · Grafik-Design, 76227 Karlsruhe |
| Druck | Grube & Speck, Offsetdruck – Siebdruck, 76137 Karlsruhe |
| Umwelthinweis | gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier |
| Bezug über | Verlagsauslieferung der LfU bei JVA Mannheim - Druckerei, Herzogenriedstr. 111, 68169 Mannheim Telefax 0621/398-370 |
| Preis | 15 € |

Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Veranlassung und Ziele | 5 |
| 2 | Geologische und gewässerkundliche Zusammenhänge und ihre Gesetzmäßigkeiten | 6 |
| 2.1 | Rohstoffgeologie und Hydrogeologie | 6 |
| 2.2 | Wasserwirtschaft..... | 8 |
| 2.3 | Seenphysik und Seebeckengestalt | 17 |
| 2.4 | Beschaffenheit des Seewassers | 21 |
| 2.5 | Kriterien für die Zustandsbewertung von Baggerseen | 24 |
| 2.6 | Wechselwirkungen zwischen Baggersee und Grundwasser..... | 25 |
| 2.6.1 | Einflüsse auf das Strömungsfeld..... | 26 |
| 2.6.2 | Austauschrate | 26 |
| 2.6.3 | Einzugsgebiet | 27 |
| 2.6.4 | Sedimentschutz und Kolmatierung..... | 29 |
| 2.6.5 | Hydrochemische Veränderungen..... | 29 |
| 3 | Beurteilung von Kiesabbauvorhaben | 31 |
| 3.1 | Grundsätzliche Anforderungen..... | 31 |
| 3.2 | Nassabbauvorhaben | 32 |
| 3.2.1 | Fachliche Anforderungen | 32 |
| 3.2.2 | Abbaugestaltung und Abbaudurchführung | 39 |
| 3.2.3 | Hinweise zum Betrieb | 43 |
| 3.2.4 | Kieswaschwasser | 43 |
| 3.2.5 | Überwachung und betriebliche Untersuchungen..... | 44 |
| 3.2.6 | Folgenutzung von Baggerseen | 45 |
| 3.2.7 | Sanierung, Restaurierung, Verfüllung von Baggerseen..... | 47 |
| 3.3 | Trockenabbauvorhaben | 48 |
| 3.3.1 | Abbaukonzept..... | 48 |
| 3.3.2 | Abbaudurchführung | 48 |
| 3.3.3 | Rekultivierung | 50 |
| 3.3.4 | Folgenutzung von Trockenaus Kiesungen | 53 |
| 4 | Rechtliche Grundlagen und Verfahren..... | 56 |
| 4.1 | Grundsätze des Umweltrechts | 56 |
| 4.2 | Raumordnung und Landesplanung | 56 |
| 4.3 | Wasserrecht..... | 57 |
| 4.3.1 | Gewässerausbau und Benutzung | 57 |
| 4.3.2 | Verfahren..... | 58 |
| 4.4 | Umweltverträglichkeitsprüfung | 59 |
| 4.5 | Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH/Vogelschutz-Richtlinie)..... | 59 |
| 4.6 | Fischereigesetz für Baden-Württemberg - FischG (Fischökologie und fischereiliche Bewirtschaftung)..... | 59 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 5 | Antragsunterlagen | 61 |
| 5.1 | Unterlagen für die Planfeststellung von Kiesabbauvorhaben, Nassabbau..... | 62 |
| 5.2 | Unterlagen für die Umweltverträglichkeitsuntersuchung..... | 64 |
| 5.2.1 | Allgemeiner hydrogeologischer Untersuchungsrahmen | 68 |
| 5.2.2 | Allgemeiner gewässerökologischer Untersuchungsrahmen | 69 |
| 5.2.3 | UVU im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens:..... | 70 |
| 5.3 | Unterlagen für die Durchführung eines Raumordnungsverfahrens Kiesabbau gem. § 1 Nr. 7 ROV (Nassabbau) | 72 |
| 5.3.1 | Allgemeiner hydrogeologischer Untersuchungsrahmen..... | 74 |
| 5.4 | Unterlagen für die Durchführung eines Raumordnungsverfahrens Kiesabbau gem. § 1 Nr. 17 ROV (Trockenabbau)..... | 75 |
| 5.4.1 | Allgemeiner hydrogeologischer Untersuchungsrahmen..... | 77 |
| 6 | Betriebliche Untersuchungen und Nachweise über den plan- und bedingungsgemäßen Abbau | 78 |
| 6.1 | Betriebstagebuch | 78 |
| 6.2 | Nachweise | 78 |
| 6.2.1 | Vermessungstechnische Anforderungen | 78 |
| 6.2.2 | Baggersee- und Grundwasseruntersuchungen | 80 |
| 7 | Verzeichnis der Abkürzungen | 85 |
| 8 | Glossar | 87 |
| 9 | Literaturverzeichnis | 94 |
| 9.1 | Weiterführende Literatur | 98 |
| 10 | Abbildungsverzeichnis | 100 |
| 11 | Tabellenverzeichnis | 101 |
| 12 | Anhang-A Hydrogeologische Beurteilungskriterien für den Trockenabbau von Kies und Sand in Wasserschutzgebieten Zone III (III A, III B) | 102 |

1 Veranlassung und Ziele

Sand und Kies sind für die Bauwirtschaft, sowie die Glas-, Chemie-, Eisen- und Keramikindustrie unverzichtbare Rohstoffe. In Baden-Württemberg werden jährlich ca. 40-50 Mio. t Kies gefördert und verbraucht. Ihre Gewinnung ist nur in Gebieten mit einem besonderen geologischen Aufbau möglich. Große Kies- und Sandvorkommen sind meistens auch Träger bedeutender Grundwasservorkommen. Diese sind vor allem in der Oberrheinebene und in Oberschwaben die wichtigste Grundlage für eine gesunde und sichere Trinkwasserversorgung. Sie müssen deshalb sorgfältig vor nachteiligen Veränderungen geschützt werden.

Mit dem Abbau von Kies und Sand werden der Natur- und vor allem der Wasserhaushalt, aber auch Böden nachhaltig verändert. Insbesondere beim Nassabbau sind die Eingriffe in das Grundwasser nicht wieder rückgängig zu machen. Die Gewinnung von Kies und Sand einerseits und der Schutz des Grundwassers andererseits stehen deshalb in einem gelegentlich schwer zu lösenden Interessengegensatz.

1994 wurden vom Landratsamt Karlsruhe erste Studien zum Pilotprojekt „Konfliktarme Baggerseen – KaBa“ angeregt. Durch gezielte Bestandsaufnahmen wurden die Kenntnisse über den Zustand der Baggerseen in der Oberrheinebene vertieft. In zwei Literaturstudien wurden die vorhandenen Kenntnisse über den Stoffhaushalt von Baggerseen, die Pfade des Nährstoffeintrags, die eutrophierungsrelevanten Vorgänge im Aquifer und in Baggerseen dargestellt. Das LGRB hat in der Studie „Wechselwirkungen zwischen Baggerseen und Grundwasser“ durch hydrochemische Untersuchungen und Isotopenmessungen die qualitativen, zeitlichen und räumlichen Wechselwirkungen zwischen Baggerseen und Grundwasser ermittelt.

Eine entscheidende Voraussetzung für eine langfristig stabile und gute limnologische Beschaffenheit der Baggerseen über die Auskiesungsphase hinaus ist eine ausreichende Sauerstoffversorgung vor allem der tiefen Wasser-

schichten; dies bedingt eine regelmäßige bis zum Seeboden reichende Durchmischung des Wasserkörpers nach der Sommerstagnation. Zur Ermittlung der Tiefe, bei der eine Durchmischung noch gewährleistet ist, wurde von der LfU die Anpassung eines existierenden seephysikalischen Modells an baggerseespezifische Problem- und Fragestellungen in Auftrag gegeben. Dabei wurden als wichtigste Kenngrößen die Seebeckenform und -ausrichtung, der Grundwasserzufluss, Salzgehaltsunterschiede im See und im zufließenden Grundwasser, die Sauerstoffzehrung des Sediments und die Eisbildung berücksichtigt. Damit steht für schwer zu beurteilende Situationen ein geeignetes Prognoseinstrument zur Verfügung. Es eröffnen sich auch Möglichkeiten, durch die Vertiefung bestehender Baggerseen die vorhandenen Kies- und Sandvorkommen besser auszunutzen und weitere Natur- und Landschaftseingriffe zu vermindern. Im Übrigen unterstützen die Ziele und Planungsempfehlungen des Leitfadens auch die Ziele und Grundsätze des Naturschutzes. In Wasserschutz- und Überschwemmungsgebieten würden Naturschutzseen den Schutz des Gewässers wesentlich verbessern. Darüber hinaus sollten bereits stillgelegte Baggerseen mit unbefriedigenden ökologischen und limnologischen Zuständen durch eine Nachauskiesung saniert werden. Ziele und Empfehlungen wurden mit der unteren Naturschutzbehörde des LRA Karlsruhe abgeglichen.

Ein wichtiges Ziel des Bodenschutzes muss die Wiederherstellung der Bodenfunktionen in Ihrer ursprünglichen Leistungsfähigkeit im Rahmen der Rekultivierung sein.

Dieser Leitfaden soll allen an der Planung und Genehmigung von Kies- und Sandabbauvorhaben und deren Folgenutzungen Beteiligten eine Entscheidungshilfe, vornehmlich aus Sicht der Wasserwirtschaft, geben und eine Vereinheitlichung der Verwaltungspraxis fördern. Bergrechtliche Genehmigungen von Abbau- und Aufbereitungsstätten sind nicht Gegenstand des Leitfadens.

2 Geologische und gewässerkundliche Zusammenhänge und ihre Gesetzmäßigkeiten

2.1 Rohstoffgeologie und Hydrogeologie

Die natürlichen Vorkommen der Rohstoffe Kies und Sand stellen meist zugleich ausgezeichnete Grundwasserleiter dar. Ihr Abbau berührt daher grundsätzlich wasserwirtschaftlich-hydrogeologische Belange sowie Fragen des quantitativen und qualitativen Grundwasserschutzes. Die Rohstoffgewinnung und langfristige Sicherung der Rohstoffvorkommen einerseits und der Schutz des genutzten und nutzbaren Grundwasserangebots andererseits beinhalten oft Konflikte, deren Lösung eine sachbezogene, fachlich fundierte Beurteilung erfordert. Die hierfür erforderlichen Grundlagen betreffen sowohl die Kenntnis der rohstoffgeologischen als auch die der hydrogeologischen und hydrochemischen Verhältnisse.

Das Vorkommen und die Verbreitung von Kies und Sand werden bestimmt durch die geologischen Gegebenheiten und die erdgeschichtliche Entwicklung. Im Oberrheingraben finden sich die mächtigsten Vorkommen dieser Art in Mitteleuropa. Die Ablagerungen bestehen aus mehreren Kieslagern, bereichsweise getrennt durch eingeschaltete feinkörnige Sedimentschichten, die sogenannten Zwischenhorizonte. Es handelt sich um fluviatil abgelagerten Abtragungsschutt aus den Alpen, dem Schweizer Jura und den Randgebirgen des Oberrheingrabens. Die Vorkommen des Bodenseeraumes und Oberschwabens sind die Folge der Gletschervorstöße aus den Alpen in das oberschwäbische Alpenvorland während der Eiszeiten. Hier kam es zu glazi-fluviatilen Schmelzwasserablagerungen, von denen insbesondere die Ablagerungen der letzten beiden Vergletscherungsphasen (Riß- und Würmkomplex) von rohstoff- und wasserwirtschaftlicher Bedeutung sind (LGRB 2002).

Aufgrund der überwiegend fluviatilen Entstehung der genannten Kies- und Sandvorkommen ist der Feinanteil (Schluff, Ton) meist gering und der durchflusswirksame („effektive“) Porenraum

groß. Die Ablagerungen der jungen Talfüllungen sind deshalb bedeutende Grundwasservorkommen.

Menge und Beschaffenheit (hydrochemische Zusammensetzung) des Grundwassers werden einerseits durch die hydrogeologischen Verhältnisse bestimmt, andererseits durch vielfältige anthropogene Eingriffe und Einträge. Von Bedeutung für die hydrogeologischen Verhältnisse sind vor allem der geologische Aufbau, die Grundwasserneubildung, die Grundwassermächtigkeit, die hydraulischen Eigenschaften des Aquifers, der Grundwasserstand mit Schwankungsbeträgen, die Art und Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung, die Grundwasserströmungsverhältnisse, bestehende oder geplante Grundwasserentnahmen sowie die Grundwasserbeschaffenheit.

Die natürliche, d. h. geogene Beschaffenheit des Grundwassers wird weitgehend durch die Wechselwirkung mit dem durchflossenen Gestein (Speichergestein) geprägt. Neben der petrographischen Beschaffenheit und der Kornverteilung des Gesteins wirken sich die Kontaktzeit zwischen Gestein und Grundwasser, d.h. die Verweilzeit bzw. die Fließgeschwindigkeit, aus. Von Bedeutung für die Fließgeschwindigkeit sind das Grundwassergefälle (hydraulischer Gradient), die durchflusswirksame Porosität und die hydraulische Leitfähigkeit (Durchlässigkeitsbeiwert).

Die Menge an Grundwasser, die sich im langjährigen Mittel aus Niederschlag sowie - bei entsprechendem hydraulischem Gefälle - als Uferfiltrat aus Flüssen und Seen neu bildet, wird als Grundwasserangebot bezeichnet.

Die Grundwasserneubildung durch Niederschlag wird beeinflusst durch die Faktoren:

- klimatische Wasserbilanz (z. B.: Niederschlag, Verdunstung)
- geologisch-bodenkundliche Faktoren

(z. B.: geologischer Aufbau, bodenphysikalische Parameter, Flurabstand)

- geographische Einflussgrößen (Bodennutzung, Morphologie)

Zur Grundwasserneubildung durch Niederschlag trägt nur ein Teil des Niederschlags bei. Ein beträchtlicher Teil geht durch Verdunstung und oberirdischen Abfluss dem Grundwasser verloren. Bei der Grundwasserneubildung durch Uferfiltration sind folgende Einflussgrößen wirksam:

- hydraulischer Gradient oberirdisches Gewässer - Grundwasser
- hydraulische Leitfähigkeit des Grundwasserleiters
- Grad der Kolmation der Gewässersohle

Zu den vielfältigen anthropogenen Eingriffen, die die verschiedenen Bilanzgrößen des natürlichen Grundwasserhaushaltes mehr oder weniger verändern, zählt der Nassabbau von Kies- und Sandvorkommen.

Beim **Nassabbau** wird die Grundwasserüberdeckung und somit auch ihre Schutzfunktion beseitigt. Nach neueren Risikoabschätzungen (BOOS UND STROHM, 1999) können stattdessen die chemischen, physikalischen und biologischen Vorgänge im Seewasser und Sediment zumindest einen kurz- bis mittelfristigen Schutz bieten. Der langfristige Schutz ist von der Dauer der Stabilität dieser Prozesse abhängig.

Durch den Gesteinsabbau wird die Speicherkapazität, d.h. die volumenbezogene Wassermenge, deutlich von bis zu rd. 20 % im Grundwasserleiter auf 100 % im Baggersee erhöht. Je nach Kolmationszustand erhöht sich dadurch die Aufenthaltszeit des Grundwassers im See im Vergleich zum Grundwasserleiter. Dies verändert die Um- und Abbauprozesse.

Negative Auswirkungen auf das Grundwasserdargebot ergeben sich, wenn es aufgrund der hydraulischen Verhältnisse zu einem Überlaufen des Baggersees in ein oberirdisches Gewässer kommt. Hier sind Grundwassergefälle und Erstreckung des Baggersees zu berücksichtigen (vgl. Kap. 2.2 und 3.2.1).

Unerwünschte Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung aus Niederschlag können sich in Regionen ergeben, in welchen sich durch die Freilegung des Grundwasserspiegels eine negative klimatische Wasserbilanz einstellt.

Beim **Trockenabbau** werden der Boden und Teile der ungesättigten Zone beseitigt. Die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung vor Beginn des Trockenkiesabbaus beruht im Wesentlichen auf den drei nachstehenden Filterwirkungen des Bodens:

- mechanische Filterung grobdisperser Stoffe an der Bodenoberfläche oder bei entsprechendem Großporenvolumen auch als Tiefenfiltration im oberflächennahen Bereich.
- chemische Filterung kolloid disperser und molekular disperser Stoffe vor allem durch Fällungs- und Austauschvorgängen an oberflächenaktiven Bodenbestandteilen wie Tonmineralen, Huminstoffen, Eisen-Mangan- Aluminiumoxiden und -hydroxiden.
- biologische Filterung beruht auf dem mikrobiellen Abbau organischer Stoffe; die biologische Filterleistung liegt vornehmlich in der biologischen Aktivität des Oberbodens zwischen 0 und 30 cm Tiefe.

Diese Filterprozesse laufen insbesondere in der ungesättigten Zone ab. Ihre Minderung beim Kiesabbau kann sich ohne Rekultivierung je nach Nutzung negativ auf die Grundwasserqualität auswirken bzw. das Risiko einer Beeinträchtigung erhöhen.

Bei einer ordnungsgemäßen, die ursprüngliche Schutzfunktion wiederherstellenden, Rekultivierung der Böden wird sich mittelfristig wieder eine flächenwirksame Filterwirkung entwickeln.

2.2 Wasserwirtschaft

Für die öffentliche Wasserversorgung wurden in Baden-Württemberg nach Angaben des Statistischen Landesamtes 1998 rund 694 Mill. m³ Wasser gewonnen. Drei Viertel davon waren Grund- und Quellwasser. Fast 40 % dieser Menge, rund 201 Mill. m³, stammten allein aus den eiszeitlichen Kiesen und Sanden im Oberrheingraben. Das Grundwasser ist auch heute in der Regel von guter Qualität und lässt sich mit geringem Aufwand zu Trinkwasser aufbereiten. Aber Belastungen aus Landwirtschaft, Industrie, Siedlungen und über den Luftpfad sowie lokale Grundwasserschadensfälle gefährden diese Ressource. In Bezug auf Temperatur, Aussehen, Geruch und Geschmack ist ihm im Vergleich zu Oberflächenwasser dennoch der Vorzug zu geben. Gut geschütztes Grundwasser wird deshalb auch in der Zukunft den wesentlichen Beitrag zur öffentlichen Trinkwasserversorgung liefern. Die Möglichkeiten, Verunreinigungen des Grundwassers durch Trinkwasseraufbereitungsverfahren zu beseitigen, sind begrenzt und darüber hinaus sehr teuer. Vorbeugender Grundwasserschutz hat deshalb auch künftig den Vorrang vor der Aufbereitung in Wasserwerken, die immer nur als Reparaturmaßnahme anzusehen ist. Die Grundwasservorkommen sind daher zu erhalten und zu schützen.

Grundwasser besitzt im Allgemeinen einen natürlichen Schutz, wenn eine ausreichend mächtige Grundwasserüberdeckung mit einem intakten Pufferungsvermögen und guten Filtereigenschaften vorhanden ist. Die Grundwasserüberdeckung verzögert und vermindert das Eindringen von Verunreinigungen in das Grundwasser. Dabei können durch biologische und chemische Vorgänge auch Schadstoffe abgebaut oder gebunden werden.

Beim Nassabbau von Kies und Sand wird die schützende Grundwasserüberdeckung vollständig entfernt und das Grundwasser freigelegt. Hierdurch können Schadstoffe direkt in die so entstandenen Baggerseen gelangen und über Wechselwirkungen zu Belastungen des un-

terstromigen Grundwassers führen. Es sind deshalb vorsorglich geeignete Maßnahmen gegen den Eintrag aller denkbaren Schadstoffe durchzuführen, auch wenn die Uferfiltration sowie die in der Regel längere Verweildauer Abbau- und Reinigungseffekte bewirkt.

Mit Beginn der Grundwasserfreilegung laufen in einem Baggersee biologische, chemische und physikalische Vorgänge ab, die dazu führen, dass die Beschaffenheit des Seewassers sich deutlich vom umgebenden Grundwasser unterscheidet. Ein gewisser Austausch mit dem Grundwasser bleibt erhalten. Nach kurzer Fließstrecke erfolgt hydraulisch wieder eine Angleichung an die ursprünglichen Verhältnisse vor der Grundwasserfreilegung. Dies gilt nach heutiger Erkenntnis auch weitgehend für die chemischen Parameter.

Wasserbilanz

Eine Wasserbilanz (DVWK, 1996) ist die volumenmäßige Erfassung des Wasserkreislaufs in einem Betrachtungsgebiet während einer definierten Zeitspanne. Die Wasserbilanz besteht aus positiven und negativen Bilanzgliedern, welche in ausgeglichenem Zustand aufsummiert null ergeben. Bei einem Baggersee als Betrachtungsgebiet treten folgende positive und negative Bilanzglieder auf:

Positive Bilanzglieder

- Niederschlag
- GW-Zufluss
- Oberirdischer Zufluss
- Speicherentleerung

Negative Bilanzglieder

- Verdunstung
- GW-Abfluss
- Oberirdischer Abfluss
- Speicherfüllung

Ist die Betrachtungszeitspanne kurz, z. B. Tage, Wochen oder wenige Monate, so liegt i.d.R. eine Änderung des Seespiegels vor, der sich in der Wasserbilanz als Speicherentleerung bzw. -füllung ausdrückt. Ist die Betrachtungszeitspanne dagegen lang, z. B. mehrere Jahre oder wird

diese so gewählt, dass der Seespiegel zu Beginn und Ende gleich ist, kann die Speicherentleerung bzw. -füllung vernachlässigt werden.

Im Wesentlichen beeinflussen Verdunstung an der Oberfläche (Evaporation) sowie Veratmung über die Vegetation (Transpiration) die Wasserbilanz. Mit Formeln, z. B. nach HAUDE (1955), kann zwar ein Verdunstungswert berechnet werden; der Rechenwert bleibt jedoch zweifelhaft, wenn einzelne Faktoren nur abgeschätzt werden können. Dabei hängt die Verdunstungsrate eines Baggersees im Wesentlichen von der Luftfeuchtigkeit, der Windgeschwindigkeit und der Temperatur ab, wobei sich letztere besonders hinsichtlich der Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser auswirkt. Die Windzugänglichkeit infolge Geländere relief, Uferbewuchs und Bebauung ist eine wesentliche lokale Einflussgröße. Die Verdunstungsrate ist aber auch stark durch seegestaltende Maßnahmen, insbesondere Größe und Form der Seeoberfläche, zu beeinflussen.

Durch Untersuchungen der LfU (LFU 1975, 1977, 1981), aber auch in der Literatur nachzulesen, konnte festgestellt werden, dass die Verdunstung an der Wasseroberfläche von Baggerseen höher oder niedriger sein kann als die Verdunstung der umgebenden Landflächen. An einem von der LfU beobachteten Testsee in der Niederterrasse des Oberrheingrabens wurde eine Verdunstung beobachtet, die höher war als die der benachbarten Landflächen. Bei geringem Flurabstand des Grundwassers, insbesondere in Waldgebieten und Feuchtbiotopen, kann die Verdunstung einer Landfläche auch höher sein als die einer offenen Wasserfläche.

Für zu erweiternde Baggerseen in Wasserschutzgebieten ist im Rahmen der Umweltverträglichkeitsuntersuchung auf die Wasserbilanz von Ist- und Planungszustand einzugehen. Es ist zu prüfen, ob die erforderliche Neubildung von Grundwasser innerhalb eines nach heutigen hydrogeologischen Kriterien abgegrenzten Wasserschutzgebietes noch gewährleistet ist.

Hydraulische Eigenschaften

Die Grundwasseroberfläche weist in Abhängigkeit des Durchlässigkeitsbeiwertes des Aquifers ein Gefälle auf, während sich im Baggersee ein horizontaler Seespiegel einstellt. Dessen Niveau entspricht etwa der vor der Freilegung vorhandenen Grundwasserspiegelhöhe in Seemitte. Das umgebende Grundwasser stellt sich auf diesen neuen Seespiegel ein. Für das – in Grundwasserfließrichtung – oberstromige Gelände am Baggersee ergibt sich somit eine Absenkung, für den unterstromigen Bereich eine Aufhöhung der Grundwasserstände (siehe Abbildung 1). Das Ausmaß dieser Veränderung hängt ab von dem ursprünglichen Grundwasserfließgefälle, dem Durchlässigkeitswert und der Form und Lage des Baggersees. Je größer die Längsausdehnung eines Baggersees in der Grundwasserfließrichtung ist, desto größer sind die sich daraus ergebenden Grundwasserstandsänderungen im Umfeld (siehe Abb. 1).

Sollen die Grundwasserstandsänderungen möglichst klein gehalten werden, ist bei vorgegebener Seefläche ein möglichst großes Verhältnis von längerer zu kürzerer Seeachse anzustreben und dabei die längere Achse quer zur Grundwasserfließrichtung auszurichten. Dadurch ergibt sich eine Minimierung der Grundwasserstandsänderungen. Nach der Auskiesungsphase können physikalische, chemische und biologische Prozesse eine mehr oder weniger starke Abdichtung (Kolmatierung) der Ufer und insbesondere des Seebodens bewirken, wodurch sich die Austauschrate des Seewassers mit dem umgebenden Grundwasser verringert und seine Aufenthaltszeit im See verlängert. Frühere Untersuchungen (LFU, 1981) haben gezeigt, dass durch die Abdichtung des Sees der Wasserspiegel im See ansteigen und sich dem oberstromigen Grundwasserstand angleichen kann. In Gebieten mit geringen Grundwasserflurabständen und hohem Grundwassergefälle kann es am unterstromigen Seeufer zu einem Überlaufen in ein oberirdisches Gewässer kommen und dadurch eine Beeinträchtigung des Grundwasserhaushalts verursacht werden.

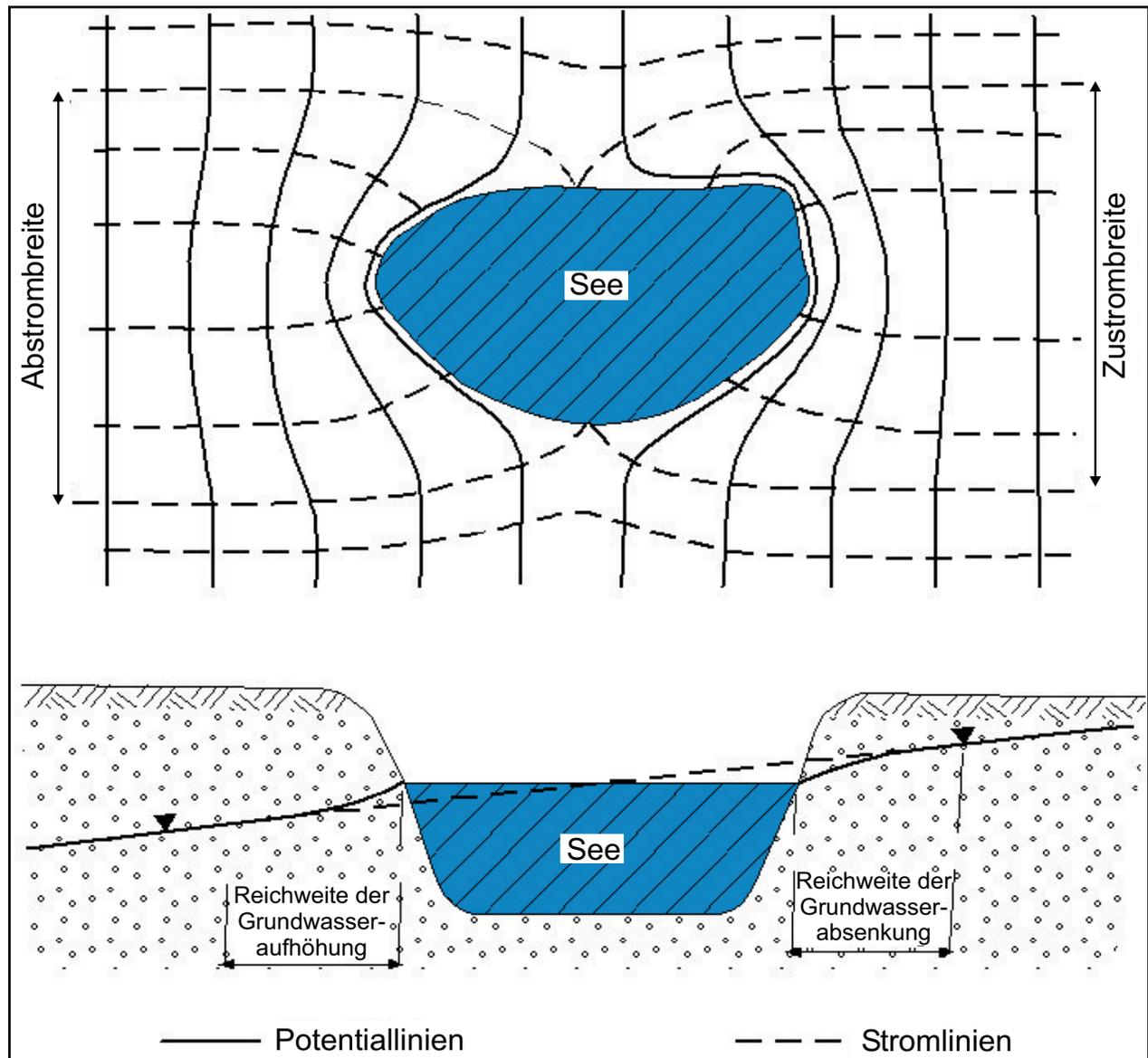


Abbildung 1: Veränderung des Grundwasserstandes im Bereich eines Baggersees.

Die Lockergesteinsaquifere in Baden-Württemberg sind bereichsweise in vertikaler Richtung durch geringer durchlässige Sedimente gegliedert. Diese Geringleiter werden als Trennhorizonte bezeichnet, da sie die gesamte Lockergesteinsabfolge in verschiedene Kieslager oder Grundwasserleiter unterteilen. Trennhorizonte können aus tonigen, schluffigen und sandigen Ablagerungen bestehen. Selbst bei sandiger Ausbildung der Trennschichten besteht gegenüber den über- oder unterlagernden kiesig-sandigen Grundwasserleitern ein vertikaler Durchlässigkeitsunterschied von etwa zwei bis drei Zehnerpotenzen. Als hydraulisch wirksam anzusehen ist ein Trennhorizont, wenn sich ein

Druckunterschied (Potentialdifferenz) zwischen dem so getrennten oberen und unteren Grundwasserleiter eingestellt hat. Bei einer Potentialabnahme von unten nach oben kann beim Beseitigen des Trennhorizonts Druckwasser vom unteren in den oberen Grundwasserleiter aufsteigen und dort abfließen. Hierbei kann einerseits gegen belastetes Grundwasser (Chlorid, Sulfat, Härtebildner, Arsen) in das oberflächennahe Grundwasser und in den Baggersee gelangen und sich nachteilig auf den Chemismus des Baggerseewassers und damit auf die limnologischen Verhältnisse im Baggersee auswirken. Andererseits kann auch anthropogen belastetes Grundwasser in die unteren Grundwasserleiter

absinken und dort das Grundwasser verunreinigen. Das Beseitigen oder Durchstoßen eines nachgewiesenen hydraulisch wirksamen Trennhorizonts sollte deshalb in jedem Fall vermieden werden.

Grundwasserbeschaffenheit im Hinblick auf Wechselwirkungen mit Baggerseen

Als Folge des Eingriffs in den Grundwasserleiter durch die Anlage eines Baggersees entsteht in der Regel ein Wasseraustausch zwischen Grundwasser und Baggersee. Dabei sind sowohl die Auswirkungen des Einströmens von Grundwasser in den Baggersee als auch die Infiltration von Baggerseewasser in den Grundwasserleiter zu betrachten. Das Wasser tritt oft in eine Umgebung mit veränderten physikochemischen Verhältnissen über und kann dadurch starken, insbesondere auch für eine Nutzung als Trinkwasser relevanten Veränderungen unterliegen.

Über Auswirkungen auf die Grundwasserbiozönose liegen zur Zeit noch wenig belastbare Kenntnisse vor. Daher können diese Fragen nur im Wege einer Einzelfallprüfung behandelt werden und werden in diesem Leitfaden nicht weiter erörtert.

Entsprechend der Vielfalt der natürlichen Gegebenheiten, die die Beschaffenheit des Grundwassers bestimmen, (LFU UND RÉGION ALSACE, 1996), sind beim Wechsel der physikochemischen Verhältnisse unterschiedliche Prozesse relevant. Im Folgenden werden einige wichtige Prozesse beschrieben und hauptsächlich am Beispiel des Oberrheingrabens erläutert. Damit soll deutlich gemacht werden, dass auch eine zunächst als einheitlich erscheinende Region wie der Oberrheingraben hydrochemisch deutlich gegliedert sein kann (HGK, 1985, 1999 u. a.; RÉGION ALSACE u. a., 1996/2000; LFU 1994, 2001) und damit hinsichtlich der Anlage von Baggerseen differenziert zu betrachten ist.

Besonders signifikante Unterschiede im hydrochemischen Verhalten sind durch die Redox-Verhältnisse gegeben, die durch den

Sauerstoffgehalt charakterisiert werden können (Abb. 2).

Der größte Teil der oberrheinischen flachen und tiefen Grundwässer ist – mit Konzentrationen von etwa < 4 mg/l bis 0 mg/l Sauerstoff - natürlicherweise sauerstoffarm bis sauerstofffrei und daher auch sehr reich an gelöstem Eisen und Mangan (RÉGION ALSACE u. a.; 2000, HGK 1999, 1979 u. a.; LFU 2000, 2001). Einer der Hauptgründe dafür ist das in den dortigen Kieskörpern vorhandene organische Material, dessen Zersetzung bei gleichzeitig langen Grundwasserweilzeiten den Sauerstoff zehrt. Auch zum Teil lehmige Schichten schränken die Sauerstoffzufuhr über die Bodenluft ins Grundwasser ein.

Diese sauerstoffarmen Grundwasserverhältnisse mit Sauerstoffgehalten bis zu etwa 4 mg/l bieten keine guten natürlichen Ausgangsbedingungen für Fische und Kleinlebewesen in einem Baggersee. Das in den Baggersee einfließende Grundwasser liefert kaum Sauerstoff und vergrößert die häufig im Baggersee vorhandenen sauerstoffarmen Bereiche.

In Baggerseen findet ein Sauerstoffeintrag aus der Atmosphäre und durch algenbedingte Photosynthese statt, so dass Sauerstoff in das abstromige Grundwasser eingebracht werden kann.

In Baden-Württemberg wurden Baggerseen mit mittleren Fließgeschwindigkeiten im umgebenden Grundwasser bis 2 m/Tag untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Auswirkungen in der Regel auf den Nahbereich (100 – 200 m) begrenzt sind. Bei höheren Grundwasserfließgeschwindigkeiten ist hierauf besonderes Augenmerk zu richten (LGRB, 2000; WROBEL, 1980). Aus Niedersachsen ist ein Fall von vermindertem Nitratabbau mit wesentlich größerer Reichweite bei Grundwasserfließgeschwindigkeiten von 30 m/Tag und gleichzeitig landwirtschaftlichem Nitratreintrag bekannt (WALTHER, 1999; HÖLSCHER, 1994; HÖLSCHER UND WALTHER, 1990; ICKS 1990).

Höhere Sauerstoffgehalte von größer etwa 4 mg/l findet man im Oberrheingraben nur in der Region südlich des Kaiserstuhls, vereinzelt entlang der Grabenränder und in Bereichen mit starker Infiltration aus Oberflächengewässern, insbesondere in den Kiesschwemmfächern der Schwarzwaldflüsse und des Neckars (LfU, 2001; Région Alsace u. a., 2000; HGK, 1999 u. a.). Grund dafür sind die hier meist locker gelagerten, jüngeren und weniger zersetzten Kiese. Die größere Durchlässigkeit und der Mangel an organischem Material führt zu sauerstoffreichem Grundwasser (LfU, 1994). Diese Grundwässer enthalten nur sehr wenig Eisen und Mangan, was trinkwassertechnisch und geschmacklich vorteilhaft ist. Sie sind aber durch landwirtschaftliche Belastungen oft sehr nitratreich (LfU, 2000, 2001; RÉGION ALSACE u. a., 2000), da Nitrat im sauerstoffreichen Grundwasser nicht wesentlich abgebaut werden kann.

Diese sauerstoffreichen Grundwasserregionen mit Gehalten größer etwa 4 mg/l bieten für die Baggerseelebewelt grundsätzlich gute Voraussetzungen. Problematisch kann sein, dass bei hohen Sauerstoffgehalten das Nitrat im Grundwasser nicht abgebaut wird. Insofern sind sauerstoffreiche Grundwasserregionen oft auch Gebiete erhöhter Nitratgehalte im Grundwasser.

Nitrat kann beim Einströmen des Grundwassers in den Baggersee als Nährstoff das Algenwachstum stark fördern (Eutrophierung). Dies kann im Baggersee zu Sauerstoffverlust, Schwefelwasserstoffbildung und Blaualgenbildung und damit zu toxischen Verhältnissen führen (BOOS UND STROHM, 1999).

Sulfat erreicht insbesondere in der Region nördlich von Rastatt/Karlsruhe bis zur Landesgrenze im flacheren Grundwasser flächenhaft hohe bis sehr hohe Konzentrationen mit Werten > 100 mg/l Sulfat (HGK, 1999; LfU 2001, Abbildung 3).

Maximale Konzentrationen nördlich von Bruchsal erreichen bis über 300 mg/l Sulfat (HGK, 1999). Gründe dafür sind meist natürlich höhere Salzgehalte in den Grundwasserrandzuströmen aus den Gipsführenden Schichten (CaSO_4) des

Kraichgaus, den Vorbergschollen des Schwarzwalds, den Salzstöcken in Südbaden (HGK 1997; RÉGION ALSACE u. a., 1996, 2000), den Erdölfeldern in Nordbaden und den in den Kieskörper aufsteigenden tiefen Grundwässern (Lahrer Raum). Ebenso lieferten die historische Wiesenbewässerung, versickernde Kraichgaubäche und auch der Neckar aus ihren sulfatreicheren Einzugsgebieten Sulfat an. Die übrigen sulfatärmeren Oberrheinregionen mit Gehalten von meist < 60 mg/l Sulfat erklären sich aus der Schwefelarmut der durchflossenen Kieskörper und den Grundwasserrandzuströmen sowie den Flusswasserversickerungen aus dem Schwarzwald und dem Odenwald (Région Alsace u. a., 1996, 2000; HGK, 1979 u. a.). Hier bewirken die Randzuströme und Flusswasserversickerungen im oberrheinischen Grundwasser eine Verdünnung der Sulfatgehalte.

In Nordbaden dagegen sind die tieferen Grundwässer im mittleren und unteren Grundwasserstockwerk natürlicherweise sulfatärmer und durch Geringleiter gegen Sulfateinträge von der Oberfläche her geschützt (HGK, 1999).

Hohe Sulfatgehalte in Grundwasser von etwa 60 mg/l bis über 100 mg/l Sulfat können in Baggerseen bei entsprechenden Randbedingungen zur für Fische und Kleinlebewesen toxischen Schwefelwasserstoffgasbildung erheblich beitragen. Bei der Anlage von Baggerseen in diesen Regionen ist darauf zu achten, dass solche chemische reduzierenden Randbedingungen vermieden werden.

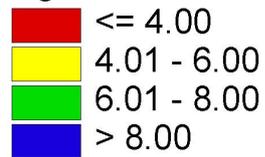
Chlorid erreicht insbesondere in der Salzstockregion in Südbaden und nördlich von Karlsruhe/Bruchsal bis zur Landesgrenze in flacherem Grundwasser sowie im Kehler und Lahrer Raum und einseitig des Kaiserstuhls flächenhaft hohe Konzentrationen von 50 mg/l bis über 100 mg/l Chlorid (REGION ALSACE u. a., 1996, 2000; HGK, 1999 u. a., LfU, 2001). Im oberflächennahen Grundwasser werden maximale Konzentrationen beim hessischen Bensheim von rund 150 mg/l erreicht, in Südbaden zwischen Buggingen und Breisach bis über 200 mg/l Chlorid.

Sauerstoff

Medianwerte 1990-1999

Erwartungswert

mg / l

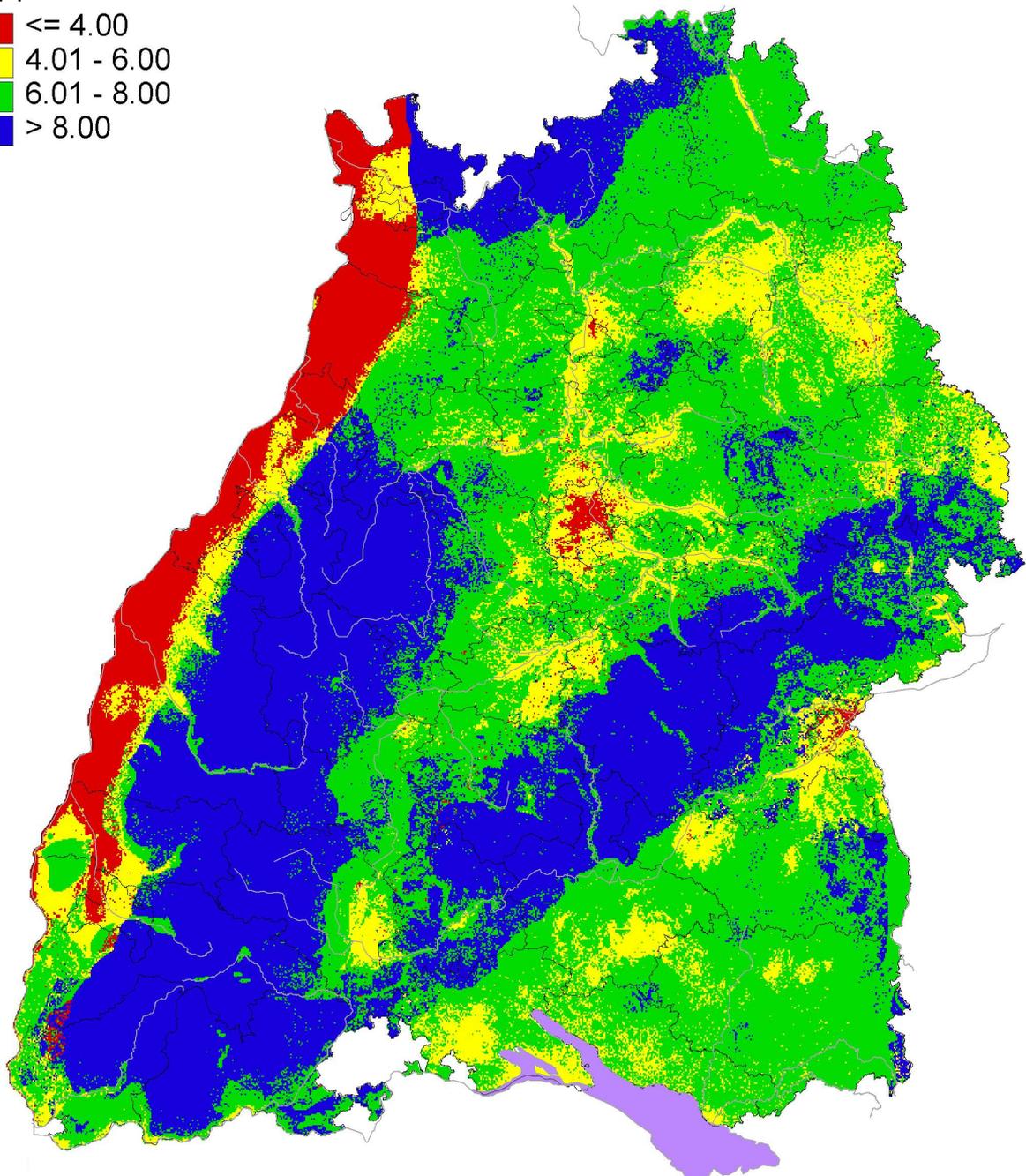


Datenbasis und Verfahren

2816 Messstellen, davon 2799 mit Median > Bestimmungsgrenze

Simple Updating Kriging

Gruppierung Geologie / Landnutzung



Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

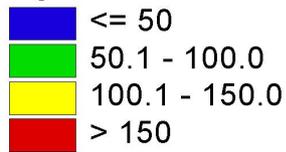
Abbildung 2: Landesweite Verteilung der Sauerstoffgehalte im oberflächennahen Grundwasser (Quelle: Atlas des Grundwasserzustandes in Baden – Württemberg, LfU-Reihe Grundwasserschutz, Heft 19).

Sulfat

Medianwerte 1990-1999

Erwartungswert

mg / l

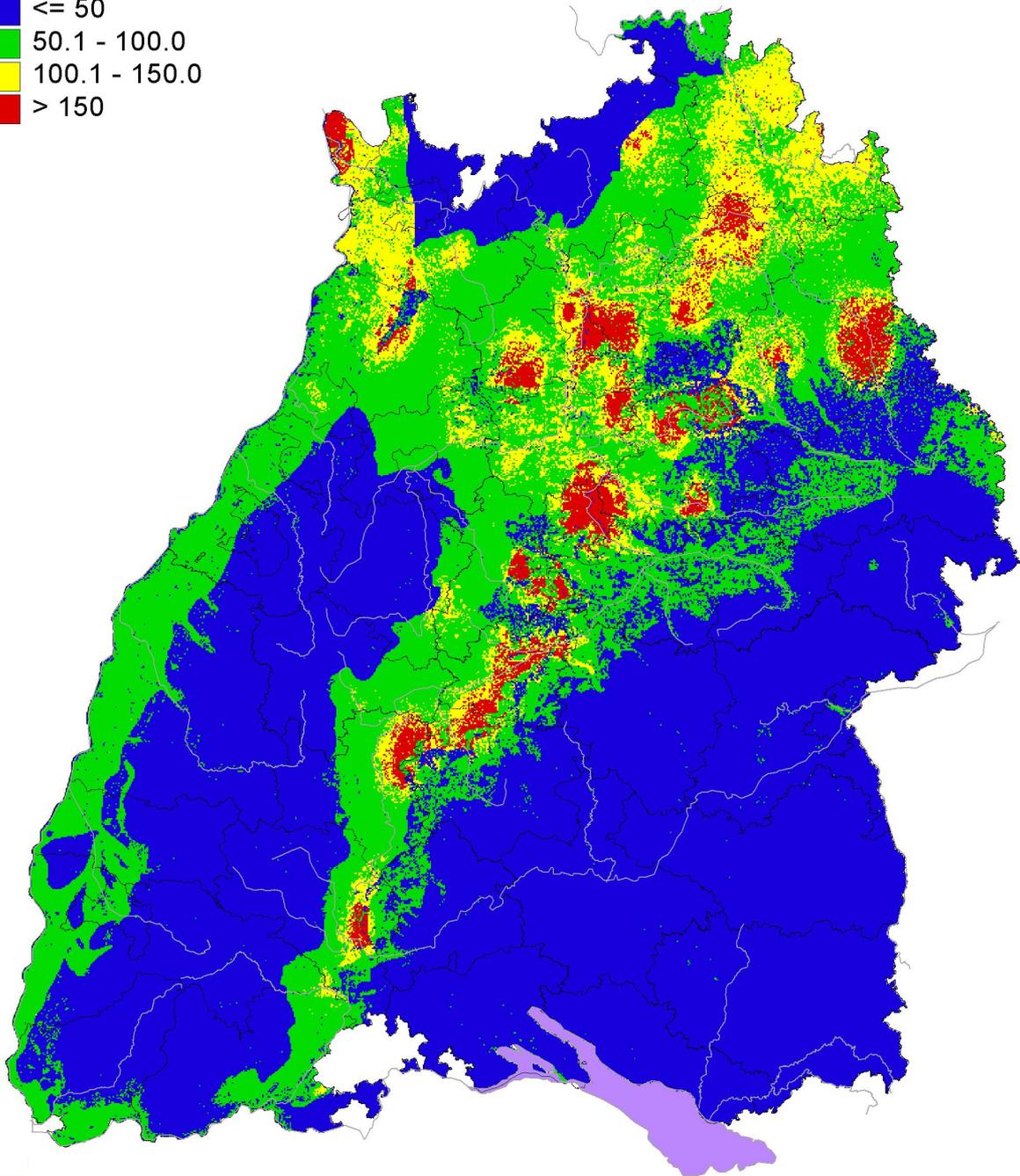


Datenbasis und Verfahren

2851 Messstellen, davon 2849 mit Median > Bestimmungsgrenze

Simple Updating Kriging

Gruppierung Landnutzung / Geologie



Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

Abbildung 3: Landesweite Verteilung der Sulfatgehalte im oberflächennahen Grundwasser (Quelle: Atlas des Grundwasserzustandes in Baden – Württemberg, LfU-Reihe Grundwasserschutz, Heft 19).

Hier werden in tieferen Grundwässern schon zwischen 60 bis 90 m Tiefe sehr hohe Chloridgehalte von mehreren Tausend Milligramm je Liter gemessen. Die elektrische Leitfähigkeit in rund 100 m Tiefe beträgt über 20.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die Salzbelastungen sind zurückzuführen auf die Versickerung von Kalirestlaugen aus der elsässischen Kalidüngerproduktion in tiefe Grundwasserbereiche, auf die Auslaugungen von Abraumhalden des Badischen Kalibergbaus und offenbar auch auf die natürliche Ablaugung der hier vorhandenen Salzstöcke oder salzhaltigen Pechelbronner Schichten in größerer Tiefe (REGION ALSACE U.A., 1996, 2000).

Kleinräumig erhöhte Gehalte wie bei Lahr und Offenburg sind auf aufsteigendes tiefes Grundwasser zurückzuführen. Entlang der Stauhaltungen des salzhaltigen Rheinwassers infiltriert dieses Rheinwasser ins Grundwasser (REGION ALSACE U.A., 1996, 2000; LfU, 2001).

Im nordbadischen Bereich liegen die Gründe für die erhöhten Chloridgehalte meist in landwirtschaftlichen und siedlungsbürtigen Belastungen. Teilweise sind hier aber auch historische flächige Wiesenbewässerungen mit abwasserbelastetem Fluss- und Abwasser in der Ebene, aufsteigende chloridhaltige Tiefenwässer, chloridhaltige Randzuflüsse und Flusswasserversickerungen mit natürlichen oder abwasserbedingten Chloridgehalten, zum Beispiel aus Kraichgaubächen und dem Neckar mit oberstromigen Salzbergwerken verantwortlich (HGK, 1999).

Die übrigen chloridärmeren Oberrheinregionen mit Gehalten von meist $< 50 \text{ mg/l}$ Chlorid erklären sich aus der Salzarmut der durchflossenen Kieskörper und den Grundwasserrandzuflüssen und Flusswasserversickerungen aus dem Schwarzwald und Odenwald. In Nordbaden sind die tieferen Grundwässer natürlicherweise chloridärmer, da sie in weiten Bereichen durch Geringleiter geschützt sind.

Wie in den Kapiteln 2.3 und 2.4 dargestellt, ist in Gebieten mit sehr hohen Chloridgehalten die Gefahr von Chloridgradienten im Baggersee vorhanden. Hier sollte auf haline Schichtung und

Meromixis geachtet werden. Zeitweilige Vollmischungen bei hohen Chloridkonzentrationen führen zu einem Anstieg des Chloridgehalts im seeabstromigen Grundwasser. Die Grundwassergefährdung besteht hier – wie auch bei anderen vertikalen Stoffkonzentrationsgradienten – nicht erst nach Abbaubeginn, sondern insbesondere schon während des Abbaus durch den das Baggerseewasser durchmischenden Baggerbetrieb. Nach derzeitigem Kenntnisstand besteht in Baden-Württemberg allerdings nur in Teilen der Oberrheinebene südlich des Kaiserstuhls eine solche Gefahr.

Beim **Phosphor** lassen sich im Oberrheingraben und im Alpenvorland keine großräumigen Bereiche mit hohen oder niedrigen Konzentrationen ausweisen (REGION ALSACE U.A., 2000, LfU 2001).

Die einzelnen lokalen Erhöhungen über den einsetzenden Eutrophierung kennzeichnenden Konzentrationsbereich von $0,045 \text{ mg/l}$ Phosphor sind meist weniger von natürlichen Gehalten aus moorigen Bereichen verursacht, sondern durch landwirtschaftliche Dünger, Versickerungen von Abwasser in Siedlungs- und Industriebereichen und Infiltrationen von aus Kläranlagen phosphorhaltigem Flusswasser in das Grundwasser. Die Phosphorgehalte des Grundwassers sind auch nach limnologischen Kriterien in der Oberrheinebene und im Alpenvorland flächenmäßig relativ niedrig.

Südlich des Kaiserstuhls im Markgräfler Land und nördlich von Karlsruhe/Bruchsal über Heidelberg bis nach Hessen sind natürlicherweise kalkhaltigere Grundwässer vertreten als im mittleren Oberrheingraben (HGK, 1999, 1979; REGION ALSACE U.A. 2000). Gründe für die höheren **Karbonatgehalte** im Grundwasser sind südlich des Kaiserstuhls das Vorliegen kalkreicherer Alpenkiese und in den nördlichen Bereichen die Randzuflüsse aus den lössüberdeckten Muschelkalk- und Keuperschichten des Kraichgaus. Im Heidelberger Raum tragen zusätzlich aufsteigende Grundwässer aus den tieferen Stockwerken und die Infiltration von Neckarwasser zu höheren Karbonatgehalten bei.

Deutlichen Veränderungen unterliegt das Grundwasser beim Übergang aus dem Grundwasserleiter in den Baggersee hinsichtlich seines Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts. Durch den Aufbau der Biomasse im Baggersee und dem damit verbundenen Entzug von Kohlenstoffdioxid kann es zu Ausfällungen von Calcium-Karbonat kommen. Das aus dem See in den Grundwasserleiter infiltrierende Wasser ist dann wesentlich „weicher“ als das Wasser im Zustrom. Vom Karbonatgehalt her ergeben sich keine Einschränkungen für die Anlage von Baggerseen.

Belastungen des Grundwassers mit Schwermetallen und Arsen sind nur lokal vorhanden. Meist sind sie geogen, zum Teil aber auch anthropogenen Ursprungs (z. B. unterhalb von Altlasten, undichten Industrieabwasserkanälen sowie von Abraumhalden des Bergbaus und der Salzgewinnung).

In landwirtschaftlichen Bereichen existieren z. T. flächenhafte Belastungen mit Pflanzenschutzmitteln, Nitrat und anderen Düngerbestandteilen, wie Bor und Kalium (LfU 1992 – 2000, 2001; Region Alsace u. a., 2000).

Unterstromig von Städten, Altlasten, Industrie- und Gewerbegebieten sind die Grundwassertemperaturen erhöht. Dort dominieren Belastungen mit chlorierten Kohlenwasserstoffen, erhöhten Natrium- und Chloridkonzentrationen, und weiteren naturfremden Stoffgruppen. Zum Teil sind die gleichen Stoffe wie unter landwirtschaftlich genutzten Flächen (Nitrat, PSM) festzustellen. Hinzu kommen Waschmittelinhaltsstoffe wie Phosphatphosphor und Ethylendinitrilotetraacetat (EDTA), Arzneimittel usw.. EDTA und Bor finden sich auch in Uferfiltrat aus mit Abwasser belasteten Flüssen (LfU, 1998, 1999).

In solchen Grundwasserbelastungsbereichen ergeben sich je nach Stoffart und Konzentrationen sowohl für das Grundwasser wie auch für die Baggerseen Gefahren. Für Baggerseen ist insbesondere die Gefahr eines verstärkten Algenwachstums durch grundwasserbürtige Nähr-

stoffe (Eutrophierung) mit weitreichenden Folgen verbunden (Boos und Strohm, 1999).

Ein weiterer, für die Anlage von Baggerseen relevanter Aspekt ist die Tiefenabhängigkeit der Grundwasserbeschaffenheit.

Dies betrifft nicht nur Grundwässer mit unterschiedlichen Beschaffenheiten aus getrennten Stockwerken, sondern auch Grundwässer mit vertikal natürlich oder anthropogen unterschiedlichen Beschaffenheiten innerhalb eines Stockwerks. Bei den von der Erdoberfläche her eingebrachten Stoffen wie Agrar- und Industriechemikalien sind insbesondere in mächtigen Aquiferen erhebliche vertikale Konzentrationsunterschiede zu erwarten. Die mögliche Vermischung im Baggersee kann zu einer Verschleppung in bisher unbelastete Bereiche führen wie dies für Chlorid und Sulfat bereits dargestellt wurde. Bei der Bewertung sind die Stoffeigenschaften, die Höhe der vertikalen Konzentrationsunterschiede und die Nutzung des Grundwasserabstroms zu berücksichtigen.

2.3 Seenphysik und Seebeckengestalt

Baggerseen unterliegen wie die meisten stehenden Gewässer einem mehr oder weniger stark ausgeprägten jahreszeitlich bedingten Zyklus (siehe Abbildung 4).

Im Frühjahr führen zunehmende Temperaturen und verstärkte Sonneneinstrahlung zu einer Erwärmung der oberflächennahen Wasserschichten. Darunter bildet sich eine sogenannte Sprungschicht, die durch eine starke Temperaturabnahme von mehr als 1°C pro m Seetiefe gekennzeichnet ist. Die Sprungschicht trennt das kältere, spezifisch schwerere Tiefenwasser von der warmen oberflächennahen Wasserschicht. Sofern keine mechanische Durchmischung durch Baggerbetrieb stattfindet, sind diese Schichtungsverhältnisse bei tieferen Seen (> 10 m Wassertiefe) sehr stabil. Bis in den Spätsommer/Herbst sind diese Seen deshalb meist deutlich geschichtet.

Die Schichtung reduziert den Stoffaustausch zwischen Tiefenwasser und dem oberflächennahen Wasserkörper in starkem Maße. Dadurch ist beispielsweise auch der Eintrag von sauerstoffreichem Wasser in den Tiefenwasserbereich sehr herabgesetzt. Dies hat zur Folge, dass sauerstoffverbrauchende Prozesse den im Tiefenwasserkörper (Hypolimnion) vorhandenen Sauerstoffgehalt recht schnell aufzehren können. Die Beobachtungen in der Oberrheinebene zeigen, dass im Sommer in sehr vielen Seen, in denen die Auskiesung abgeschlossen ist, sich

deutliche Sauerstoffdefizite entwickeln. Eine weitere Ursache für die Sauerstoffdefizite in Zeiten der Seeschichtung ist das sauerstoffarme bis sauerstofffreie Grundwasser, das in die Seen einströmt.

Die Mängel in der Sauerstoffversorgung sind meist zeitlich befristet. Etwa ab Oktober führen abnehmende Temperaturen zu stärkerer Auskühlung des oberflächennahen Wassers und leiten damit infolge der größeren Dichte kälteren Wassers intensive, tieferreichende Konvektionsbewegungen ein. Das Auftreten starker Winde über dem See steigert diesen Zustand und es kommt im allgemeinen in Seen zu einer allmählichen Durchmischung des ganzen Seewasserkörpers. Diese ist meist bis November/Dezember abgeschlossen, so dass dann eine Umwälzung des gesamten Seewassers (vertikale Vollzirkulation) stattgefunden hat.

Bei Zufluss stark salzhaltigen Grundwassers bildet sich vor allem im unteren Hypolimnion eine deutlich ausgeprägte haline (salzbedingte chemische) Schichtung (Halokline) aus. Auch während kräftiger vertikaler Zirkulationsphasen im Winter kann diese tiefliegende Schichtung bewirken, dass die bodennahen wärmeren, jedoch salzreichen und schwereren Wassermassen nicht oder nur schwach durchmischt werden. Das Anschneiden salzhaltiger Grundwässer, die eine haline Schichtung auslösen können, sollte deshalb sowohl bei der Neuanlage als auch bei der Vertiefung bestehender Baggerseen vermieden werden.

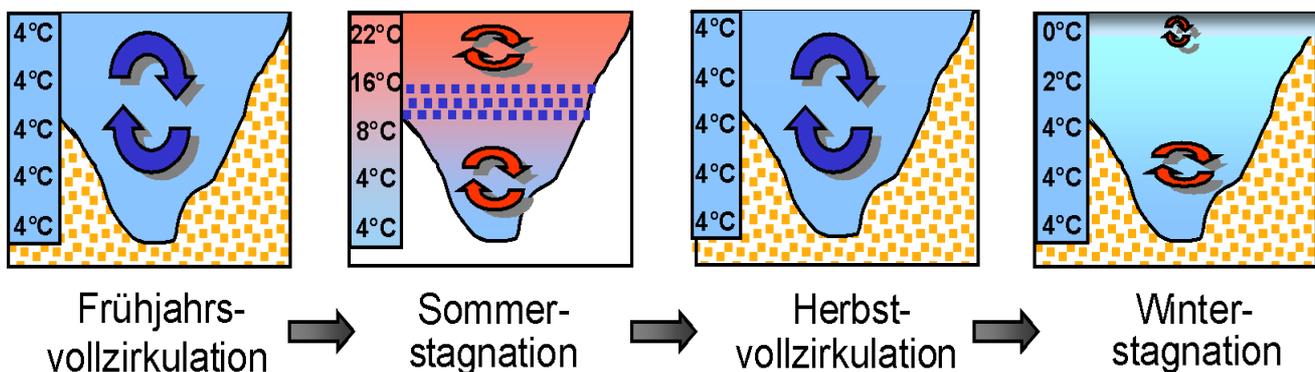


Abbildung 4: Jährliche Schichtungs- und Durchmischungsphasen in einem dimiktischen See.

Das Ziel bei der Planung und Gestaltung eines Baggersees muss neben anderen Anforderungen die Sicherstellung einer regelmäßigen vertikalen Vollzirkulation des gesamten Wasserkörpers und damit einer ausreichenden Versorgung des Tiefenwasserbereichs (Hypolimnion) mit Sauerstoff sein.

Meteorologische Antriebskräfte

Neben der horizontalen Zirkulation wird die vertikale Zirkulation in Gewässern in den oberen Schichten durch Turbulenz und bei Auskühlung durch Konvektion erzeugt. In kleineren stehenden Gewässern wird die Zirkulation in ihrer horizontalen und vertikalen Erscheinungsform, sofern keine starken Zu- und Abflüsse vorhanden sind, überwiegend von den meteorologischen Verhältnissen über dem See bestimmt. Dies sind vor allem Wind, Temperatur und Strahlungsenergie. Sie werden sehr stark von der unmittelbaren Umgebung beeinflusst. Dies gilt in besonderem Maße für die lokale Windgeschwindigkeit und Windrichtung.

Wind

Durch den Wind wird an der Seeoberfläche eine Driftströmung erzeugt, die das Wasser an ein gegenüberliegendes Ufer treibt und dort geringfügig aufstaut (Windstau). Dadurch werden Kompensationsbewegungen ausgelöst, die das Wasser unterhalb der flachen Driftströmung über die gesamte Seetiefe in Bewegung versetzen. Es handelt sich hierbei um ein im Wesentlichen horizontal verlaufendes Strömungssystem. Durch den Wind wird außerdem Seegang erzeugt, kurze Oberflächenwellen, deren charakteristische Höhe und Periode von der Windstärke sowie der Wirkdauer und Streichlänge des Windes über dem See bestimmt sind. Wind bewirkt durch die Wellen im flachen Randbereich einen zusätzlichen horizontalen Transport, der vor allem bei Starkwindlagen zu weiter reichenden Wasserverfrachtungen und damit einhergehendem Austausch von Wasserinhaltsstoffen in der Flachwasserzone führt.

Die Struktur und Stärke der windangeregten Strömungen in Seen werden maßgeblich durch

die Lage des Sees zur Hauptwindrichtung, die Morphometrie des Sees (Größe, Tiefenverteilung, Form, Ufergestaltung) und die Verhältnisse in der unmittelbaren Umgebung (ufernaher Bewuchs, Bebauung usw.) bestimmt. Die durch den Wind induzierten Wellen bewirken auf der Luvseite (der dem Wind zugewandten Uferseite) Erosion.

Temperatur

Thermisch erzeugte horizontale Dichteunterschiede bilden sich durch unterschiedliche Erwärmung oder Abkühlung in verschiedenen Teilen des Sees, z. B. in abgeschatteten Bereichen, Flachwasserzonen und bis in mitteltiefe Randzonen. Solche Dichteunterschiede bewirken merkbare Ausgleichsströmungen, die eine seeweite, bis in große Tiefen reichende, vertikale Zirkulation erzeugen, welche den ganzen See umwälzen kann. Im Falle dieser Zirkulation und fortbestehender Auskühlung tritt bei nicht halin (chemisch) geschichteten Seen erst dann Stillstand ein, wenn der gesamte See auf das Dichtemaximum des Wassers abgekühlt ist. Gleichzeitig und im Zusammenhang mit dieser horizontal weiter ausgreifenden Zirkulation besteht die horizontal kleinräumig strukturierte Konvektion. Sie wird angetrieben durch die Auskühlung und ist in Oberflächennähe am stärksten ausgebildet. Bei kleinen bis mittelgroßen und nicht zu flachen Seen in den gemäßigten Breiten Mitteleuropas ist i. a. mit vollständiger Umwälzung im Herbst und Frühjahr zu rechnen.

Strahlungsenergie

Weitere Wärmeeinträge aus der Atmosphäre in den See erfolgen durch gradientenbedingte Wärmeflüsse bei geringerer Wassertemperatur an der Oberfläche als der Lufttemperatur, durch direkte solare Einstrahlung sowie durch Rückstreuung eines Teils der langwelligen Abstrahlung bei Wolkenbedeckung. Der strahlungsbedingte Wärmeeintrag ist zudem noch von der Eindringtiefe des Lichts, d.h. von der Sichtweite bzw. Trübung im Wasser abhängig. Neben der Abgabe fühlbarer Wärme erfolgen Wärmeausträge durch langwellige Abstrahlung, durch Verdunstungskälte sowie Schmelzwärme.

Seeform

Die morphologische Ausformung eines Sees beeinflusst sehr stark dessen Zirkulationsfähigkeit. Diese wird z. B. durch einen glatten, gleichmäßigen Verlauf der Uferlinien unterhalb des mittleren Wasserspiegels und eine kompakte Form des Sees begünstigt. Dagegen können ungünstige Flächen-Tiefen-Relationen, unebene Seeböden, insbesondere kleinräumig abwechselnde Vertiefungen und Erhebungen sowie die Anlage von Inseln den Wasseraustausch behindern und damit meromiktische Verhältnisse begünstigen.

Flachwasserzonen

Flachgründige Wasserkörper kühlen in der kalten Jahreszeit schneller ab als tiefe und erwärmen sich im Frühjahr wieder schneller. Der Hauptanteil des thermischen Energieaus- bzw. Eintrages erfolgt dabei durch Strahlungsabgabe bzw. -aufnahme über die Oberfläche. D.h. je größer die Oberfläche im Verhältnis zum Seevolumen ist, desto rascher verlaufen die Temperaturänderungen im gesamten Pelagial. Weitere Einflüsse auf die Wassertemperatur im See entstehen durch das zuströmende Grundwasser und durch die Aufnahme von Leitungswärme an der Grenzschicht zwischen Wasserkörper und anstehendem Festmaterial sowie durch die Verdunstung und den Niederschlagseintrag.

Im Herbst beginnt sich die Seeoberfläche abzukühlen und das kalte Wasser sinkt durch freie Konvektion in die Tiefe. Dieser Prozess läuft bis zum Erreichen der Homothermie (ab ca. 10°C im Oktober/November) über die gesamte Seeoberfläche ab und kann nur bis zu dem Zeitpunkt andauern, an dem das Wasser an der Oberfläche des Sees bei 4°C sein Dichtemaximum erreicht hat. Durch den Mechanismus der freien Konvektion wird wärmeres und kaltes Wasser horizontal engabständig nebeneinander nach oben bzw. nach unten geführt, und zwar bis zu einer Tiefe reichend, in der das abgekühlte Oberflächenwasser auf noch kälteres Tiefenwasser trifft. Hier kommt dieser intensive vertikale Wärmeaustausch zum Erliegen. Bei fortdu-

ernder Auskühlung dringt er langsam weiter in die Tiefe vor und bewirkt die Vollzirkulation, wenn er die tiefsten Bereiche des Sees erreicht hat. In dieser Situation wird das gesamte Tiefenwasser des Sees mit dem sauerstoffreichen Oberflächenwasser regeneriert, wenn die Vollzirkulation genügend lange andauert.

Da das Wasser in der Flachwasserzone im Vergleich zum tieferen Freiwasser schneller abkühlt, entsteht ein horizontaler Dichtegradient, der das schwerere Wasser aus den flachen Bereichen am Boden der Flachwasserzone und am Seehang entlang in die tieferen Schichten des offenen Sees drückt. An der Seeoberfläche fließt langsam das wärmere Wasser des Pelagials kompensierend in die flache Randzone nach. Durch diese auskühlungsbedingte seitliche Zirkulation wird zusätzlich kaltes sauerstoffreiches Oberflächenwasser in die Tiefenzonen des Sees geführt, das die Regeneration in diesen Bereichen verstärkt. Insbesondere sorgt diese randlich angetriebene Zirkulation für die einzige seeeigene Nachschubmöglichkeit bis in große Tiefen, wenn die freie Konvektion nicht bis zur größten Tiefe vordringt, sondern vorher stecken bleibt. Dies geschieht, wenn die Auskühlung über dem See nicht genügend stark ist oder wenn der See eine zu große Tiefe hat, so dass der in der tieferen Wassersäule gespeicherte größere Wärmeinhalt eine längere Auskühlungsphase benötigt, damit die gleiche Wassertemperatur wie im flachen See erreicht wird. Dieser Fall tritt bei dem milden Klima in der Oberrheinebene bei tiefen Seen häufiger ein.

Die aus der Flachwasserzone angetriebene seitliche Zirkulation verstärkt insbesondere bei tiefen Baggerseen die erforderlichen Antriebskräfte für eine ausreichende vertikale Zirkulation. Eine flache Neigung des Bodens in der Flachwasserzone unterstützt den Abfluss zum Seebecken. Falls dies aus abbautechnischen Gründen Probleme bereitet, kann eine horizontale Ausbildung erfolgen. Der Boden der Flachwasserzone soll ohne Riefen und Rinnen gestaltet werden.

Zur Sicherstellung der Zirkulation sollte etwa ein Fünftel oder mehr der Gesamtuferlänge mög-

lichst zusammenhängend als Flachwasserzone nach den in Kapitel 3.2.2 beschriebenen Kriterien angelegt werden. Die Breite der Flachwasserzone soll je nach Seetiefe zwischen 10 m und 40 m liegen (siehe Abbildung 17). Die Wirksamkeit von Flachwasserzonen wird besonders im Hinblick auf deren Einflüsse auf das Temperaturregime und den Sauerstoffhaushalt des Freiwasserkörpers mit Hilfe von Modellierungen und gezielten Messreihen weiter untersucht.

Die Anlage von Flachwasserzonen hat Auskiesungsverluste zur Folge, die auch bei der Regionalplanung berücksichtigt werden müssen. Wegen der großen positiven Wirkungen von Flachwasserzonen auf den limnologischen und ökologischen Zustand von Baggerseen werden die Aufwendungen für ihre Anlage als eingriffsbezogene Ausgleichsleistungen nach dem NatSchGBW anerkannt, siehe Fachdienst Naturschutz, Eingriffsregelung 2 „Verfahrensmanagement bei Abbau, Aufschüttungen und Herstel-

lung künstlicher Wasserflächen“ (LFU, 1999). Der Uferbereich und die Flachwasserzone (Litoral) stehender Gewässer haben außerdem einen maßgeblichen Einfluss und steuernde Wirkung auf die limnologische Beschaffenheit des Sees. Ein intaktes Litoral ist von einer artenreichen Flora und Fauna besiedelt und ist durch einen hohen Stoffumsatz charakterisiert. Ausgedehnte Flachwasserzonen fördern den Abbau organischer Bestandteile und erhöhen deren Mineralisierung. Auch Schadstoffe werden durch die Selbstreinigung schneller reduziert. Daneben werden Austauschvorgänge mit dem Freiwasser (Pelagial) gefördert und das Mikroklima günstig beeinflusst. Für viele Fischarten sind diese Zonen als Laich- und Aufwuchsbereiche unerlässlich. Auch das Nahrungsgefüge einer artenreichen aquatischen Lebensgemeinschaft ist eng an diese reichhaltigen Lebensräume gekoppelt.



Abbildung 5: Baggersee mit Flachwasserzone [Quelle: Klaus Kußmaul, Landratsamt Karlsruhe].

2.4 Beschaffenheit des Seewassers

Mit der Grundwasserfreilegung und dem Beginn der Kiesentnahme entsteht ein künstlich geschaffenes aquatisches System. 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.

Seeentwicklung

Während und nach der Anlage von Seen erfolgt eine relativ schnelle Besiedlung des neu entstandenen Systems mit für Stillgewässer charakteristischen Organismen. Gleichzeitig bilden sich Zonierungen im See aus. Von zentraler Bedeutung ist der obere, lichtdurchflutete Wasserkörper (Trophogene Zone). Grundlegender Prozess im lichtreichen Wasserkörper ist die im wesentlichen durch planktische Algen geleistete Photosynthese, die einen Aufbau energiereicher organischer Substanz aus Kohlenstoffdioxid und Wasser mit Hilfe von Lichtenergie möglich macht (Primärproduktion). Die Intensität der Primärproduktion wird als Trophie bezeichnet. Da bei der Photosynthese Sauerstoff entsteht, ist der obere Wasserkörper, die trophogene Zone, i. d. R. mit Sauerstoff gesättigt. Sie ist nach unten durch die Kompensationsebene begrenzt, die in jener Tiefe liegt, wo infolge der mit der Tiefe abnehmenden Lichtintensität Primärproduktion und biogener Abbau ausgeglichen sind.

Die im warmen und lichtreichen Wasser in Form von Algenpopulationen und anderen Kleinlebewesen gebildete Biomasse wird konsumiert oder sinkt nach dem Absterben in die Tiefe und wird dort von Bakterien und Pilzen unter Sauerstoffverbrauch teilweise mineralisiert. Die nicht abgebauten organischen Partikel und Nährstoffe reichern sich im Sediment und in den sediment-

nahen Wasserschichten an. Je nach Intensität der Primärproduktion bzw. nach der Menge der abzubauenden organischen Masse kann es im Tiefenwasser zu Sauerstoffdefiziten und zu hohen Nährstoffanreicherungen kommen. Gelangen die Nährstoffe durch Mischungsvorgänge, z. B. durch die vertikale Frühjahrszirkulation wieder in die lichtdurchflutete Wasserschicht, stehen sie erneut für die Phytoplanktonbildung zur Verfügung.

Schichtung und Stofftransport

Aufgrund der Eigenschaften des Wassers kommt es je nach Seetiefe und klimatischen Verhältnissen zu einer physikalisch bedingten vertikalen Zonierung des Wasserkörpers. Dieses bereits in Kap. 2.3 beschriebene Schichtungsverhalten hat bedeutenden Einfluss auf die jeweiligen Produktionsvorgänge und auf den Stoffhaushalt der Seen.

Insbesondere bei Baggerseen mit Seetiefen von mehr als 10 Metern führt die in den Sommermonaten stabil ausgeprägte Schichtung zu einer klaren Differenzierung des Wasserkörpers in das warme, produktionsreiche und sauerstoffgesättigte Epilimnion und in das kalte, produktionsarme und häufig sauerstoffarme Hypolimnion. Im Gegensatz zu gering produktiven, jungen Baggerseen sorgen in produktiven Seen Abbau- und Sauerstoffzehrungsvorgänge für einen schnellen Verbrauch der Sauerstoffvorräte im Tiefenwasser. Erst mit dem Einsetzen der herbstlichen Vollzirkulationsphase werden alle Seebereiche wieder mit Sauerstoff versorgt und akkumulierte Schadstoffe teilweise abgebaut.

Flache Baggerseen (< 10m) weisen im Sommer keine oder eine nur schwache Schichtung auf. Nicht selten reicht dadurch die warme Oberflächenwasserschicht bis zum Seeboden. Neben mehrmaligen vertikalen Zirkulationen sind diese Seen auch meist durch eine gute Sauerstoffversorgung, mit dadurch schnellerer Mineralisierung, charakterisiert. Allerdings können aus dem Sediment freigesetzte Nährstoffe unmittelbar für einen Antrieb der Primärproduktion sorgen. Insbesondere bei instabil geschichteten flachen

Seen besteht bei plötzlicher vertikaler Vollzirkulation ein hohes ökologisches Gefährdungspotenzial. Durch schnelle Einmischung von z.T. schädlichen Abbauprodukten und Nährstoffen aus dem Sediment in das Oberflächenwasser, verbunden mit hohen Sauerstoffzehrungsraten, kann es zu lebensbedrohenden Zuständen bei aquatischen Organismen kommen.

Meromixis

Für die ökologische Intaktheit eines Sees sind die jährlichen, klimatisch gesteuerten und bis zum Seeboden reichenden vertikalen Zirkulationsphasen mit verbundener Regeneration des Tiefenwassers („Durchatmen des Sees“) von übergeordneter Bedeutung. Bei ständig unzureichender, nur partieller vertikaler Durchmischung des Seewasserkörpers spricht man von Meromixis. Derartige Verhältnisse können vor allem durch Zustrom von salzreichem (Grund-) Wasser, im Extremfall aber auch durch permanente Anreicherung von Nähr- und Schadstoffen entstehen. Diese Faktoren erhöhen die Dichte im Tiefenwasser und führen zu einer chemischen (halinen) Schichtung. Dabei muss allerdings auch beachtet werden, wie hoch die Nettozufuhr von oberirdischem Süßwasser ist. Bei geringem Anteil des Süßwasserzuflusses kann der gesamte Seewasserkörper durch die alljährlichen starken vertikalen Zirkulationsereignisse allmählich oder kurzfristig voll durchmischt werden. Dann nimmt der Baggersee einheitlich einen höheren Salzgehalt an. Es ist also von besonderer Bedeutung, welches Einzugsgebiet ein Baggersee hat und ob bei salzhaltigem Grundwassereinstrom Meromixis begünstigt wird oder sich trotzdem nicht entwickelt.

Bei geringem oder verschwindendem oberirdischen Nettozufluss kann sich allerdings auch über wenige Jahre hinweg eine Sauerstoffmangelsituation in den tiefsten Schichten infolge sauerstofffreien salzhaltigen Grundwassereinstroms halten. Dieser Zustand wird infolge der winterlichen konvektiven Wirkungen erst nach einigen Wintern durch vertikale Homogenisierung aufgehoben, kann aber in eine permanente Mangellage in den tieferen Bereichen überge-

hen, wenn der Baggersee größere Tiefe hat. In diesem Fall reduziert die vom Grundwasser erzeugte haline Schichtung den in den größeren Tiefen geschwächten vertikalen Austausch auch im Winter so stark, dass die jährliche Vollzirkulation nicht zustande kommt.

Eutrophierung

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 sogenannte Eutrophierung, wurde in den vergangenen Jahrzehnten durch menschliche Einflüsse z. T. 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 Stickstoff- und Phosphorverbindungen abhängig. In den meisten stehenden Gewässern ist das anorganisch gelöste Phosphat der wachstumsbegrenzende Nährstoff, d. h. Phosphat wird zum Minimumfaktor und reguliert, trotz eventuellem Überangebot

anderer lebensnotwendiger Nährstoffe, die Entwicklung des Phytoplanktons.

Im Zuge von Eutrophierungserscheinungen ändert sich der Charakter und die Beschaffenheit eines Stillgewässers. Zumeist kann eine deutliche Zunahme der Primärproduktion, mit z. T. 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 sauerstoffreies (reduziertes) Milieu der Auslöser für viele chemische und mikrobielle Prozesse, bei denen es beispielsweise zu giftigen Schwefelwasserstoff- oder Ammoniakbildungen kommen kann. Insbesondere bei stillgelegten, älteren Seen in sauerstoffarmen Aquiferbereichen kommt es bei Zustrom von hohen Sulfatkonzentrationen zur verstärkten seeinternen Bildung von Schwefelwasserstoff.

Ein wichtiger 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 wieder zur Verfügung.

Baggerseen, die sich noch in der Auskiesungsphase befinden, erfahren durch die Baggertätigkeit einen kontinuierlichen Energieeintrag, der zu Teilzirkulationen im Wasserkörper führt und damit eine instabile Schichtung hervorruft. Baggerte Seen weisen im gesamten Wasserkörper infolge der ständigen Aufwirbelung von Feinmaterial und der Einleitung von Kieswaschwässern, selbst wenn sie durch Sedimentation gereinigt wurden, eine Tontrübung auf. Diese Feinsedimente bewirken eine Lichtlimitierung in der trophogenen Zone und führen zu einer Verminderung des lichtabhängigen Algenwachstums. Eine ökologisch verträgliche Trübung ist aus limnologischer Sicht erwünscht. Das bedeutet aber nicht, dass eine großflächige und dauerhafte Verringerung der Sichttiefe z. B. durch Suspensionen toleriert werden kann.

Große und tiefe Seen sind weniger eutrophierungsanfällig als Kleinseen. Im Hinblick auf einen möglichst langfristigen Erhalt nährstoffarmer Seen sollte eine mittlere Tiefe von über 16 m angestrebt werden (MIETZ & VIETINGHOFF, 1994, DVWK, 1999). Dabei ist die Zunahme der Schichtungsstabilität und das im Verhältnis zum Epilimnion deutlich größere Volumen des Hypolimnions ausschlaggebend. Bei vollständigen Durchmischungsphasen reichert sich der gesamte Wasserkörper mit Sauerstoff an und dient in der nachfolgenden Stagnationsphase als Reservoir für die insbesondere im Tiefenwasser auftretenden sauerstoffzehrenden Vorgänge.

Klassifikation

Umfangreiche, bereits zu Beginn des vorigen Jahrhunderts durchgeführte Seenuntersuchungen führten zu grundlegenden Erkenntnissen über stehende Gewässer mit der heute noch üblichen vierstufigen Definition von Seetypen. Die Unterteilung in oligotrophe, mesotrophe, eutrophe und polytrophe Seen beruht allerdings auf einer Einteilung innerhalb einer gleitenden Skala. Hierbei steht auf der einen Seite der meist tiefe, nährstoffarme und gering produktive

See mit klarem Wasser (oligotroph) und auf der anderen Seite der häufig flache, nährstoffreiche und hoch produktive See mit durch Algen getübtem Wasser (eutroph). Extrem nährstoffübersättigte Gewässer werden als polytroph (bzw. hypertroph) bezeichnet. Die mesotrophen Gewässer stellen eine Übergangsstufe zwischen oligotrophen und eutrophen Seen dar.

2.5 Kriterien für die Zustandsbewertung von Baggerseen

Entscheidend für die Einordnung eines Gewässers in dieses Schema ist die Wahl der Bewertungskriterien. Die wichtigsten anerkannten Kenngrößen für die Festlegung der Trophieklassen sind neben der Sichttiefe, der Algenbiomasse (als Chlorophyll a) und dem Sauerstoffhaushalt v.a. die Nährstoffsituation, insbesondere der Phosphorhaushalt. Aus dem bis heute vorliegenden Datenmaterial gilt in erster Linie die umfangreiche Studie der OECD (1982) an ca. 130 Talsperren und Seen als richtungsweisende Arbeit hinsichtlich der Trophieklassifikation. Als Parameter zur Abschätzung des Trophiegrades eines Sees eignen sich hier die statistisch ausgewerteten Jahresmittelwerte der Sichttiefen, der Gesamtphosphor- und der Chlorophyllkonzentrationen. Außerdem konnte als grundsätzliches Ergebnis dieser Studie die Abhängigkeit der Produktivität eines Sees von der Phosphorversorgung nachgewiesen werden. Auf die vielen weiteren Ansätze und Modellierungen anderer Autoren und Forschungseinrichtungen hinsichtlich der Trophieeinstufung eines Stillgewässers sei an dieser Stelle nur hingewiesen. Beispielsweise stützen sich umfangreiche beschreibende Trophiemodelle neben den o. g. Kenngrößen auch auf Parameter wie Sauerstoff, Stickstoff und Wassertemperatur. Detaillierte Erläuterungen sind u. a. bei VOLLENWEIDER (1968), CARLSON (1977), TGL (1982), OSGOOD (1982) und SCHRÖDER (1991) aufgeführt.

Die Anwendung dieser Modelle scheint für Baggerseen nicht immer geeignet zu sein. Insbesondere kommt es bei derartigen noch in Auskiesung befindlichen Gewässern durch abbaubedingte Trübungen zu veränderten lichtklimati-

schen Verhältnissen, die sich auf die Produktivität der Algenbiomasse (Chlorophyll) und auf die Sichttiefe auswirken. Bei Baggerseen, in denen die Baggertätigkeit eingestellt ist, treten i. d. R. keine derartigen Erscheinungen auf. Allerdings sind die Seen permanent einem mehr oder weniger starken, oft sauerstoffarmen Grundwasserzustrom ausgesetzt. Dies kann je nach Grundwasserbeschaffenheit zu Nährstofferrhöhungen und/oder, wie besonders in der Ober rheinebene, zu einer markanten Zunahme sauerstoffarmen Wassers im Baggersee führen. Die größtenteils nährstoffarmen und geringe Biomassen aufweisenden Baggerseen sind auch deswegen nicht selten durch schlechte Sauerstoffverhältnisse charakterisiert. Gerade im Hinblick auf eine Bewertung führt diese Entkopplung zwischen Nährstoffhaushalt und Sauerstoffhaushalt zu weiteren Klassifikationsschwierigkeiten.

Die Beurteilungskriterien für die Zustandsbewertung der oberrheinischen Baggerseen (siehe Tabelle 1) beruhen auf der Einstufung des Trophiepotenzials (Gesamtphosphor im Frühjahr), der biologischen Produktivität (Chlorophyll a im Sommer) und der Sauerstoffverhältnisse (Sauerstoffdefizit im Sommer). Zur schnellen Übersichtserhebung des Zustandes der Baggerseen wird von der LfU ein Untersuchungsverfahren angewendet, das lediglich zwei Untersuchungen im Jahr vorsieht:

- im Frühjahr zum Zeitpunkt der Volldurchmischung zur Erfassung des Nährstoffpotenzials.
- im Sommer gegen Ende der Stagnationsphase zur Erfassung der Biomasse und der Sauerstoffverhältnisse.

Da für die spezifischen Verhältnisse in Baggerseen bisher kein passendes Bewertungssystem entwickelt worden ist, musste auf Klassifizierungssysteme natürlicher Seen zurückgegriffen werden. Die Bewertungsklassen basieren z. T. auf dem von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 1998) entwickelten Verfahren zur trophischen Bewertung von natürlichen Seen. Aus diesen Kenngrößen wurde für die

Bewertung der Baggerseen in Baden-Württemberg ein dreistufiges (Schnell-) Bewertungssystem abgeleitet. Zusätzlich wurde die

Mächtigkeit der sauerstoffarmen Wasserschicht berücksichtigt (siehe Tabelle 2).

| Trophiestufe | oligotroph | mesotroph | eutroph | polytroph | Quelle / Verfahren |
|-------------------------------|--|---|--|--|---|
| Parameter | nährstoffarm, gering produktiv, Sichttiefe meist > 5 m | mäßig nährstoffreich, mäßig produktiv, Sichttiefe meist > 2 m | nährstoffreich, hoch produktiv, Sichttiefe meist < 2 m | extrem nährstoffreich, stark produktiv, Sichttiefe meist < 1 m | |
| Gesamt-Phosphor [µg/l] | <15 | 15-45 | 45-150 | >150 | LAWA (1998) Richtlinie |
| Chlorophyll a [µg/l] | 4 | 4-12 | 12-35 | >35 | MIETZ et al. (1995) aus DGL (1995) |

Tabelle 1: Kriterien für die Zustandsbewertung natürlicher Seen.

| Eutrophierungspotenzial | | Biologische Produktion | | Sauerstoffverhältnisse | |
|--|--------|---|--------|--|------------|
| Frühjahr / Zirkulationsphase | | Sommer / Stagnationsphase | | Sommer / Stagnationsphase | |
| Nährstoffkonzentration gemessen als Gesamtphosphor | | Algen-Biomasse gemessen als Chlorophyll a | | Mächtigkeit der sauerstoffarmen (< 2 mg / l) Wasserschicht über dem Seeboden im Verhältnis zur Gesamttiefe | |
| 0 – 15 µg/l | gering | 0 – 4 µg/l | gering | 0 – 10 % | günstig |
| 15 – 45 µg/l | mäßig | 4 – 12 µg/l | mäßig | 10 – 30 % | akzeptabel |
| > 45 µg/l | hoch | > 12 µg/l | hoch | > 30 % | ungünstig |

Tabelle 2: Kriterien für die Zustandsbewertung von Baggerseen in Baden-Württemberg.

2.6 Wechselwirkungen zwischen Baggersee und Grundwasser

Ein Baggersee kommuniziert immer mehr oder weniger mit dem Grundwasser. Daher sind grundsätzlich Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit zu erwarten, wie sie auch in neueren Einzeluntersuchungen beschrieben werden (LGRB, 2000; LGRB 2001). Auch die neuen isotopengestützten Untersuchungen des LGRB bestätigen den Abfluss von Seewasser in das seeabstromige Grundwasser. Die Konzentrationsveränderungen der untersuchten anorganischen Stoffe im Grundwasser sind für die Verwendung als und die technische Aufbereitung zu Trinkwasser z. T. als „positiv“ und z. T. als „negativ“ zu bewerten.

Wechselwirkungen zwischen Baggersee und Grundwasser geschehen flächig, punktuell und/oder linienförmig über Grundwassereintritte und -austritte im Seesediment. Bevorzugte Austauschbereiche sind beispielsweise locker gepackte und stark durchlässige Rollkieslagen in der Tiefe und der oberflächennahe Seewasserspiegelschwankungsbereich am Ufer.

Das Ausmaß des Wasseraustausches zwischen Baggersee und Grundwasser sowie die Ausdehnung des Einzugsgebietes hängt in unterschiedlichem Maße von verschiedenen geometrischen und hydraulischen see- und grundwasserleiterspezifischen Größen ab.

2.6.1 Einflüsse auf das Strömungsfeld

Baggerseen stellen eine erhebliche Störung im Strömungsfeld des Grundwassers dar. Im Bereich der Auskiesung wird eine freie, horizontale Wasseroberfläche erzeugt, die im Anstrom tiefer liegt als der Grundwasserspiegel und im Abstrom höher als dieser. Der Umfang des Einflusses eines Baggersees auf die Grundwasserströmung hängt in hohem Maße von der horizontalen und vertikalen Geometrie des Baggersees ab. Um dies systematisch zu untersuchen wurden Grundwassermodellberechnungen durchgeführt, auf die sich die nachfolgenden Ausführungen stützen. Variiert wurden die Seelängen, –breiten und –tiefen unter Beibehaltung einer rechteckigen bzw. quaderförmigen Gestalt. Der Einfluss von Seekolmation wurde ebenfalls untersucht.

Diese Prinzipberechnungen (Modell) wurden in drei Grundfälle unterschieden, die einen unterschiedlichen Aufbau eines quartären Grundwasserleiters, wie er beispielsweise in der Oberreinebene anzutreffen ist, beschreiben: Aquifertyp I beschreibt ein vereinfachtes, homogenes System mit nur einem Grundwasserstockwerk, während Aquifertyp II eine Stockwerkstrennung

mit drei durch gering leitende Trennschichten hydraulisch getrennten Grundwasserleitern annimmt. Aquifertyp III beschreibt eine Situation mit 3 Kieslagern unterschiedlicher Durchlässigkeit, die nicht durch tonig-schluffige Zwischenhorizonte getrennt sind. Bei allen 3 Aquifertypen wurde eine vertikale Anisotropie von 0,1 angenommen, d.h. die vertikalen Durchlässigkeiten sind 10-fach geringer als die horizontalen. Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse basieren auf den Ergebnissen des ungegliederten Aquifertyps.

2.6.2 Austauschrate

Einen ganz wesentlichen Einfluss auf die Austauschrate hat die Seefläche. Ein See mit großer Fläche weist im Vergleich zu einem See mit kleiner Fläche eine deutlich höhere Austauschrate mit dem Grundwasser auf. Dies verdeutlicht das Diagramm der Abbildung 6. Bewegt man sich auf einer der steil verlaufenden Kurven, so ändert sich die Austauschrate deutlich infolge einer Änderung des Seevolumens bei gleich bleibender Seetiefe. Anders formuliert bedeutet dies, dass ein See seine Austauschrate mit dem Grundwasser abhängig von der Seetiefe nur relativ wenig ändert (vgl. Abb. 6).

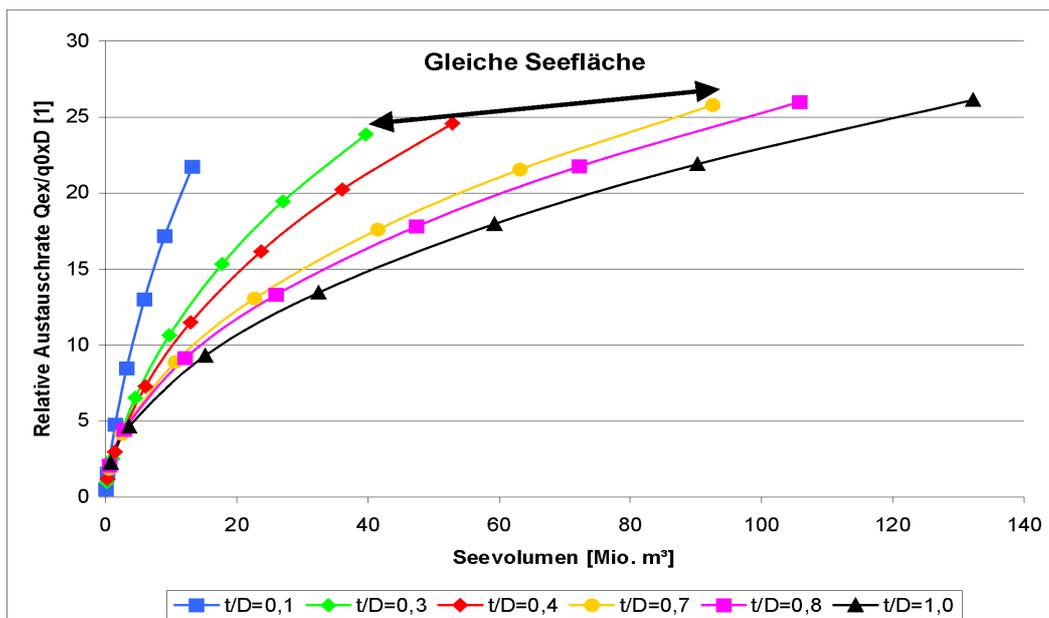


Abbildung 6: Einfluss der Seetiefe ($t/D = \text{Seetiefe}/\text{Aquifermächtigkeit}$) auf den Wasseraustausch zwischen Baggersee und Grundwasser, Seeform (B/L) = 1.

Die Seeform, d. h. das Verhältnis von Seelänge in Grundwasserfließrichtung und -breite (B/L), spielt hierbei auch eine Rolle. Langgestreckte Seen (B/L kleiner 1) weisen bei gleichen Seevolumina bzw. -flächen höhere Austauschraten als breite Seen (B/L größer 1) auf (vergl. Abb. 7). Sollen möglichst geringe Austauschraten zwischen dem Baggersee und dem Grundwasser

erzielt werden, so ist ein quadratischer oder runder See (Seeform $B/L = 1$) herzustellen.

Die Selbstdichtung von Baggerseesohe und -böschungen (Kolmation) bewirkt erst dann eine nennenswerte Reduzierung der Austauschrate, wenn der überwiegende Teil der Austauschfläche kolmatisiert ist.

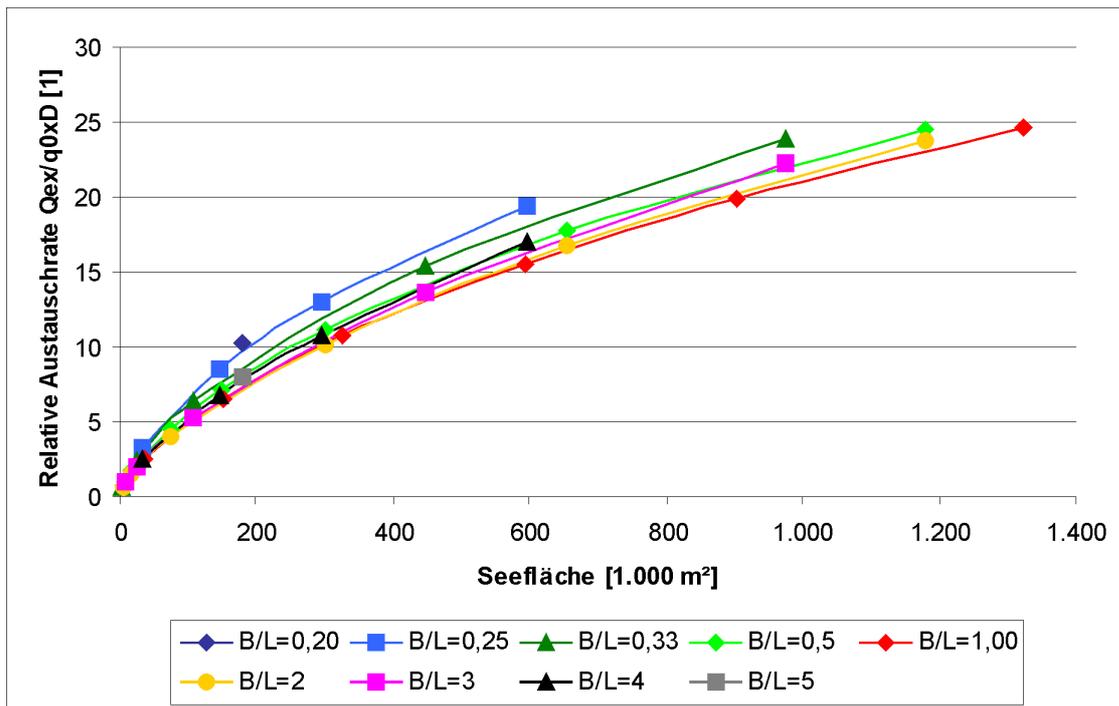


Abbildung 7: Einfluss der Seeform auf den Wasseraustausch zwischen Baggersee und Grundwasser, Seetiefe (t/D) = 0,3.

2.6.3 Einzugsgebiet

Die Geometrie des Baggersee-einzugsgebietes wird vereinfachenderweise durch die Einzugsgebietsbreite, -länge und -tiefe beschrieben.

Unterschiedliche Auskiesungstiefen sowie Seeformen wirken sich folgendermaßen auf die Einzugsgebietsbreite aus:

Die Einzugsgebietsbreite hängt nur geringfügig von unterschiedlichen Seetiefen ab. Dagegen hat die Seeform einen signifikanten Einfluss auf die Einzugsgebietsbreite. Langgestreckte Seen (B/L kleiner 1) haben ein relativ breites Einzugsgebiet, d.h. sie fokussieren die Grundwasserströmung deutlich. Die Seeform $B/L = 0,25$ führt

zu einer Einzugsgebietsbreite von etwa der 5-fachen Seebreite. Die Seeform $B/L = 3$ führt dagegen zu einer Einzugsgebietsbreite von nur etwa der 1,5-fachen Seebreite. Als Richtwert kann für einen quadratischen oder runden See (Seeform $B/L = 1$) etwa die doppelte Seebreite angenommen werden (vgl. Abb. 8).

Die Auskiesungstiefe wirkt sich unterproportional auf die Einzugsgebietstiefe aus. Ein Baggersee der 10 % des Aquifers ausgeräumt hat bezieht bereits bei sehr kleinen Flächen sein Wasser in etwa aus den oberen 30 % des Aquifers. Ein Baggersee, der 70 % des Aquifers ausgeräumt hat, bezieht sein Wasser bereits bei sehr kleinen Seeflächen aus den oberen 90 % des Aquifers.

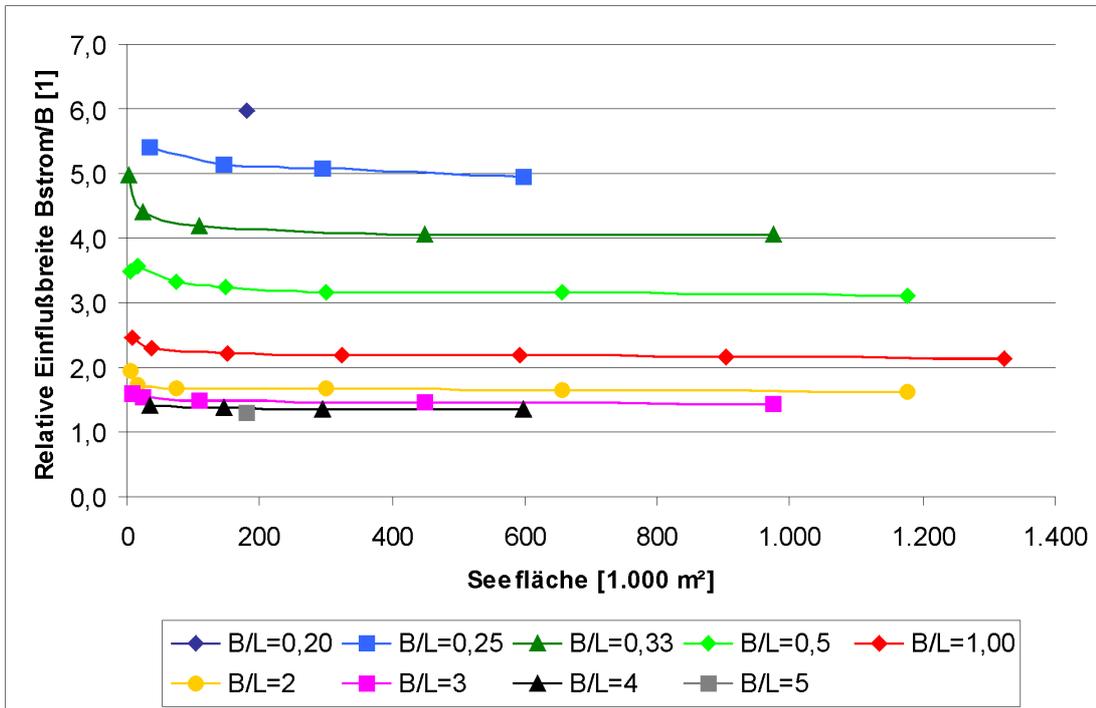


Abbildung 8: Einfluss der Seeform auf die Einflussbreite des Baggersees, relative Seetiefe (t/D) = 0,3.

Die Einzugsgebietstiefe des Baggersees nimmt im Bereich kleiner Seeflächen zunächst stark mit der Seefläche zu und nähert sich für große Seeflächen zwangsläufig der Aquifermächtigkeit.

Langgestreckte Seeformen (B/L kleiner 1) bewirken größere Einflusstiefen als runde bzw. quadratische ($B/L = 1$) und breite (B/L größer 1) Seeformen.

Anwendungsbeispiel

Bei der hier ausgewählten Situation handelt es sich um die Planung einer Kiesgrubenerweiterung in einem Grundwasserleiter, wie er in der Oberrheinebene angetroffen werden kann. Der spezifische Grundwasserdurchfluss q_0 beträgt unter den gemachten Annahmen bezüglich des hydraulischen Gradienten (Grundwassergefälle), der Mächtigkeit und der Durchlässigkeit

$$q_0 = 0,15 \text{ l/s} \times \text{lf. m Querschnittsbreite.}$$

Folgende Annahmen für den Grundwasserleiter wurden getroffen:

- Grundwassergefälle $i = 1,5 \text{ ‰}$ bzw. 0,0015
- Aquifermächtigkeit $D = 100 \text{ m}$
- Durchlässigkeitsbeiwert $k_r = 1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

Das existierende Eintiefungsverhältnis beträgt $t/D = 0,3$; d.h. die Baggerseetiefe beträgt rund ein Drittel der Aquifermächtigkeit. Es kann also davon ausgegangen werden, dass in der Tiefe noch abbaufähiges Material lagert. Der See hat eine quadratische Form ($B/L = 1$), Seelänge und

-breite betragen 400 m. Für diesen Fall lässt sich nach Abbildung 9 eine Austauschrate von rd. 105 l/s abschätzen. Für den Fall, dass das Planungsziel in einer Steigerung des Kiesentnahmenvolumens auf das Doppelte besteht, kann dieses Ziel z. B. erreicht werden, indem

1. bei gleichbleibender Fläche die Auskiesungstiefe verdoppelt wird (Tieferbaggerung), oder
2. bei gleichbleibender Tiefe die Auskiesungsfläche verdoppelt wird (Flächenerweiterung).

Wendet man die Abbildung 9 für die geänderten Parameter erneut an, so erhält man die Austauschraten

- 128 l/sec bei Tieferbaggerung, und
- 165 l/sec bei Flächenerweiterung

Damit ergibt sich im Fall der Planung einer Tieferbaggerung eine Steigerung der Austauschrate um 21%, im Fall der Planung einer Flächenerweiterung jedoch um 57%.

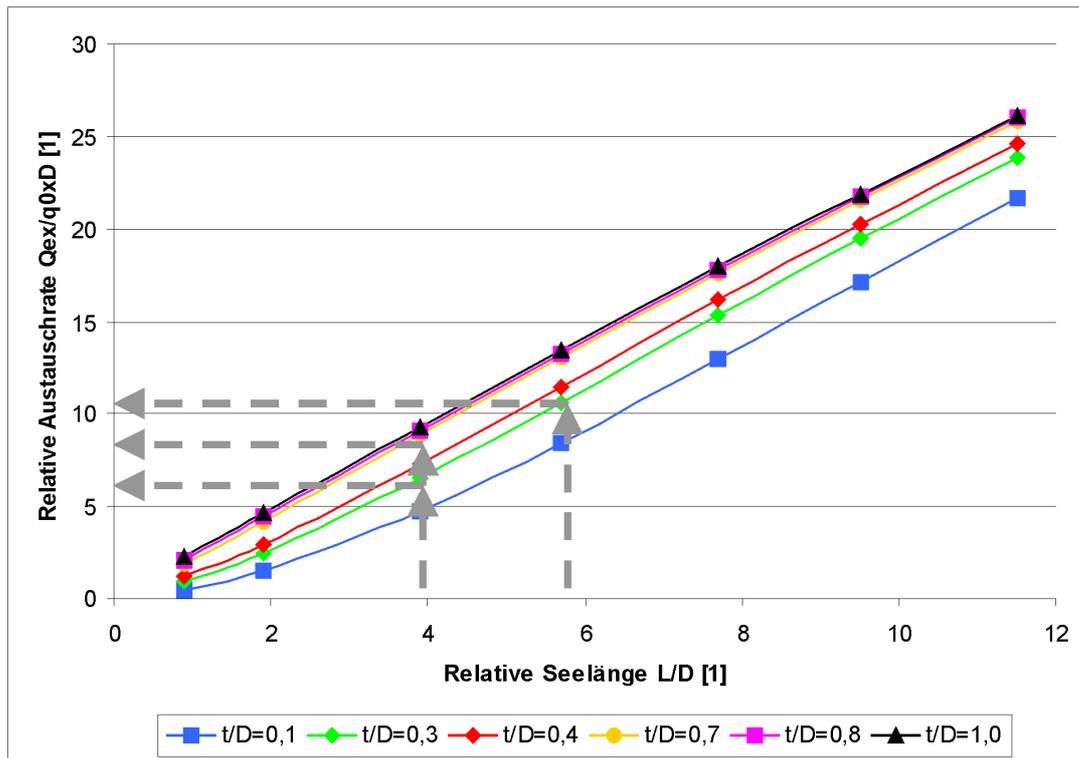


Abbildung 9: Einfluss der Seetiefe auf den Wasseraustausch zwischen Baggersee und Grundwasser, Seeform (B/L) = 1,0.

2.6.4 Sedimentschutz und Kolmatierung

Nach neueren Risikoabschätzungen (BOOS & STROHM, 1999) können jedoch die chemischen, physikalischen und biologischen Vorgänge im Wasser und Sediment bei bestimmten Randbedingungen zumindest einen kurz- bis mittelfristigen Schutz bieten. Dies gilt sogar auch für einige schwer abbaubare Stoffe, wie Polychlorierte Biphenyle (PCB). Die Schutzfunktion des Seesediments gegenüber anderen schwer abbaubaren organischen Schadstoffen, wie z. B. CKW, ist dagegen nicht gewährleistet. Bei Pflanzenschutzmitteln, Arzneimittelresten, organischen Komplexbildnern wie EDTA und anderen Stoffen ist sie nicht untersucht und fraglich.

Das Seesediment kann die ehemals schützenden Grundwasserüberdeckungen nicht gleichwertig ersetzen. Zudem ist der längerfristige Schutz von der Dauer der Aufrechterhaltung der Seesedimentfilterwirkung abhängig und bisher unbekannt.

Die Bedeutung der Kolmatierung für die Minderung der Wechselwirkungen durch mineralische und organische Trübstoffe aus dem Abgrabungsbetrieb und der Algenentwicklung ist bisher nur teilweise geklärt und von den lokalen Gegebenheiten abhängig, wie z. B. bei steilen Böschungspartien mit nur geringmächtiger Sedimentbedeckung.

Daher sind auch nach den neueren Risikoabschätzungen, je nach den Eigenschaften des zu betrachtenden Stoffes, Stoffverlagerungen in abstromige flache und tiefe Grundwasserteile möglich bzw. wahrscheinlich.

2.6.5 Hydrochemische Veränderungen

Das Eintreten von hydrochemischen Veränderungen zeigen ältere und neue Einzeluntersuchungen, wie zuletzt vom LGRB an sechs Baggerseen im Oberrheingraben und zwei Baggerseen in Oberschwaben (LGRB 2000; 2001).

Auch nach LGRB (2000, 2001) feststellbare Veränderungsprozesse sind:

- die Durchmischung von Grundwässern unterschiedlicher Beschaffenheit
- seeinterne bio- und geochemische Prozesse
- seeabstromige Oxidationsprozesse durch sauerstoffhaltiges Seewasser.

Die Veränderungen im abstromigen Grundwasser sind gegenüber den oberstromigen Gehalten meist konzentrationsvermindernd, aber in manchen Fällen auch gegenüber dem Baggerseewasser und dem oberstromigen Grundwasser konzentrationserhöhend. Sie beschränken sich je nach Stofftyp, je nach o. g. Veränderungsprozess und bei mittleren Fließgeschwindigkeiten immer auf Wirkungsdistanzen von 100 bis rund 1.000 m. Die Durchmischung vertikal verschiedener Grundwässer unterschiedlicher Beschaffenheit hat jedoch eine weiterreichende Wirkung.

Die Konzentrationen von Härtebildnern werden gegenüber dem oberstromigen Grundwasser nahezu immer verringert, auch von Eisen und Mangan bei reduzierenden hydrochemischen Verhältnissen im Grundwasser. PCB werden in einem Baggersee nahezu vollständig zurückgehalten.

Gravierende Schwermetallverlagerungen in den Grundwasserabstrom konnten bei sauerstoffhaltigem wie auch bei sauerstofffreiem Baggersee- und Grundwasser nicht nachgewiesen werden.

Nitrat wird in sieben der acht untersuchten Seen mit einer sehr hohen Rate abgebaut. Eine Übertragung auf eine Situation mit oberstromig stark sauerstoffhaltigem Grundwasser und gleichzeitigen mittleren Fließgeschwindigkeiten von 2 m/Tag ist nicht zulässig da dann der Nitratabbau geringer ausfallen würde. Liegen reduzierende hydrochemische Verhältnisse im Grundwasser mit gleichzeitig sehr geringen Nitratgehalten vor, kann es jedoch durch den baggerseebedingten Sauerstoffeintrag in

den Grundwasserabstrom und durch die landwirtschaftliche Düngung im abstromigen Bereich zu erheblichen Konzentrationsanstiegen von Nitrat und Sulfat kommen.

Bei Zustrom vertikal unterschiedlicher Beschaffenheit des Grundwassers kommt es im Baggersee zur Durchmischung. Dadurch ergeben sich abstromige Veränderungen in der Grundwasserbeschaffenheit. Dies kann auch in Bereichen ohne hydraulisch wirksame Stockwerksgliederung auftreten. Eine derartige Stoffverschleppung ist für natürliche und anthropogene Stoffe denkbar, wie Sulfat, Chlorid, Natrium, Bor, Pflanzenschutzmittel, Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW, BTXE), Arzneimittel und künstliche organische Komplexbildner (EDTA, NTA). Ein Teil dieser Stoffe gefährdet auch die Baggerseewasserqualität und die aquatische Lebewelt. So fördert z. B. EDTA die Eutrophierung.

Die o. g. Untersuchungsergebnisse (LGRB, 2000; 2001) wurden an nicht stockwerksübergreifenden Baggerseen mit Grundwasserfließgeschwindigkeiten bis zu 2 m/Tag gewonnen.

3 Beurteilung von Kiesabbauvorhaben

3.1 Grundsätzliche Anforderungen

Kiesabbau kann grundsätzlich im Trocken- oder Nassabbauverfahren stattfinden.

Aus rein wasserwirtschaftlicher Sicht stellt ein **Trockenabbau** mit direkter Folge von Abbau und ordnungsgemäßer Rekultivierung eine geringere Gefährdung des Grundwassers dar, da hier noch eine Überdeckung des Grundwasserleiters bestehen bleibt und eine Rekultivierungsdeckschicht aufgebracht werden kann. Da jedoch ein Trockenabbau häufig mit einer größeren Flächeninanspruchnahme verbunden ist, wirkt sich dies in der Regel negativ auf andere Nutzungsansprüche und den Umfang der Bodeninanspruchnahme aus. Daher sollte die Möglichkeit des Nassabbaus geprüft werden.

Der Abbau oberflächennaher Rohstoffe sollte so stattfinden, dass keine Nutzungskonflikte mit dem Grundwasserschutz entstehen. Unvermeidbare Überschneidungen zwischen Grundwassernutzung und Kiesgewinnung müssen im Einzelfall gelöst werden. Vor Beginn des Abbaus ist eine Bestandsaufnahme des Bodens, der evtl. nicht nutzbaren Deckschichten und der für den Abbau vorgesehenen Gesteine als Teil der Eingriffs- bzw. Ausgleichsbetrachtung sowie für die Rekultivierungsplanung durchzuführen.

Die Erweiterung einer vorhandenen Abbaustätte ist im Interesse des Natur- und Landschaftschutzes und der Minimierung potentieller Gefährdungen des freigelegten Grundwassers einer Neuanlage vorzuziehen, wenn nicht aufgrund sich wesentlich verschlechternder Lagerstättenverhältnisse der zur Lösung der Gesteine nötige Energieverbrauch dadurch unverhältnismäßig stark ansteigt; dies ist insbesondere bei stark zunehmendem Abraumanteil gegeben. Beim Nassabbau ist eine Vertiefung einer flächenhaften Ausdehnung vorzuziehen, sofern die geologischen, hydrochemischen und limnologischen Gegebenheiten dies zulassen. Neue Abbauschwerpunkte sollen nur als Ersatz für auslaufende Abbaustätten angestrebt werden.

In den Regionalplänen werden nach § 11 Landesplanungsgesetz (LplG) in beschreibender und zeichnerischer Darstellung Gebiete für die Wasserwirtschaft und zur Sicherung von Wasservorkommen sowie Gebiete für den Abbau oberflächennaher Rohstoffe und zur Sicherung von Rohstoffen als Vorranggebiete oder Vorbehaltsgebiete und damit als Ziele der Raumordnung festgelegt und als solche gekennzeichnet.

Diese Ziele der Raumordnung (§§ 3 und 4 Raumordnungsgesetz (ROG) sowie § 4 LplG) sind verbindliche Vorgaben und unterliegen bei der Beurteilung eines Abbauvorhabens nicht der Abwägung. Sie sind von öffentlichen Stellen und von Personen des Privatrechts in Wahrnehmung öffentlicher Aufgaben bei ihren raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen zu beachten. Dies gilt auch bei Genehmigungen, Planfeststellungen und sonstigen behördlichen Entscheidungen über die Zulässigkeit raumbedeutsamer Maßnahmen öffentlicher Stellen und von Personen des Privatrechts in Wahrnehmung öffentlicher Aufgaben. Dies gilt im übrigen auch für Planfeststellungen und Genehmigungen mit der Rechtswirkung der Planfeststellung über die Zulässigkeit raumbedeutsamer Maßnahmen von sonstigen Personen des Privatrechts.

Die Neuanlage von Baggerseen in Wasserschutzgebieten und in Grundwasserschonbereichen ist grundsätzlich nicht erwünscht. Der Rohstoffbedarf einer Region ist aus wasserwirtschaftlichen Gründen grundsätzlich außerhalb wasserwirtschaftlicher Vorrangflächen (z. B. Wasserschutzgebiete und Grundwasserschonbereiche) zu decken.

Im Einzelnen gelten die Festsetzungen und Festlegungen der jeweiligen Wasserschutzgebietsverordnungen und Regionalpläne. Sofern durch Festsetzungen im Regionalplan nach Prüfung aller Belange Kiesabbaustandorte innerhalb wasserwirtschaftlicher Vorrangflächen ausgewiesen werden sollen, erfolgt eine Prüfung der

Umweltverträglichkeit und Zulässigkeit im Zulassungsverfahren.

Kriterien aus Sicht des Grundwasserschutzes sind z. B.:

- Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit
- Fließzeiten und –strecken
- Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung.

Kriterien aus Sicht der Rohstoffgewinnung sind z. B.:

- Mächtigkeit und Qualität der Lagerstätte (z. B. Abraum-Lagerstättenverhältnis)
- Nähe zu bestehenden Standorten.

Im Rahmen des Zulassungsverfahrens sind Auswirkungen auf den Hochwasserabfluss, auf den Baggersee und auf das Grundwasser zu untersuchen und zu bewerten. Grundsätzlich sind Stoffeinträge in die Seen soweit wie möglich zu vermeiden, damit keine Verschlechterung der limnologischen Beschaffenheit des Baggersees eintritt. Ggf. sind geeignete Schutzmaßnahmen wie z. B. eine „Umdämmung“ des Sees zu ergreifen.

Bei flacheren, bereits in der Eutrophierung fortgeschrittenen Baggerseen ist es möglich, dass eine Anbindung an ein nahe gelegenes Fließgewässer zur Stabilisierung oder ggf. sogar zur Verbesserung des ökologischen Seenzustandes beitragen kann. Voraussetzung sollte mindestens eine Gewässergüteklasse II, besser I-II des Fließgewässers sein. Der Baggersee kann durch eine Anbindung seinen Stillgewässercharakter verlieren und ist dann nicht mehr mit „nur“ vom Grundwasser beeinflussten Seen vergleichbar. Im Zulassungsverfahren ist dies im Einzelfall zu prüfen. Zu beachten sind dabei auch:

- Häufige und schnelle Wasserspiegeländerungen,
- starke Erosion,
- Grundbruchgefahr,
- starke Sedimentation.

Bei einem Kiesabbau in Dammnähe sind grundsätzlich die zur Sicherung und Erhaltung der Schutzdämme ergangenen Dammschutzordnungen zu beachten.

3.2 Nassabbauvorhaben

3.2.1 Fachliche Anforderungen

Sauerstoffversorgung des Hypolimnions

Form und Tiefe des Baggersees müssen so gestaltet sein, dass regelmäßig eine bis zum Seeboden reichende vertikale Zirkulation des Wasserkörpers und dadurch eine ausreichende Versorgung des Hypolimnions mit Sauerstoff sichergestellt ist. Voraussetzungen hierfür sind eine kompakte Seeform, glatte Uferlinien unterhalb des mittleren Wasserspiegels, ebener Seeboden und die Ausrichtung der längeren Seeachse parallel zur vorherrschenden Hauptwindrichtung. Prognosen über Tiefenwirkung und Dauer der vertikalen Zirkulation einschließlich der Schichtungsentwicklung können unter Berücksichtigung der jeweiligen örtlichen Verhältnisse durch Modellrechnungen gewonnen werden (z. B. PFEIFFER & BAUMERT, 2000).

Stoffeinträge

Der hauptsächliche Eintrag von eutrophierungsrelevanten Stoffen erfolgt über die Grundwasserneubildung aus Niederschlag, wobei die landwirtschaftliche Nutzung im Zustrombereich der Baggerseen die primäre Eintragsquelle darstellt. Als wesentlicher Faktor wird hier der Stickstoffeintrag betrachtet, der unter Ackerböden im neu gebildeten Grundwasser Werte von mehr als 100 mg/l Nitrat erreichen kann. Gegenüber dem Stickstoff ist der durch die Landwirtschaft aufgebraachte mineralische Phosphor nur schwer verlagerbar, da er im Boden allgemein festgelegt wird. In Baggerseezugengebieten mit niedrig belastetem Grundwasser (ges-P-Gehalt $\leq 15 \mu\text{g/l P}$) findet keine Beeinträchtigung des Baggersees statt; vielmehr kann die Durchströmung mit nährstoffarmem Grundwasser zu einer Verdünnung anderweitig eingebrachter Nährstoffe führen. Ausnahmen sind nahegele-

gene Klärschlamm- und Gülleausbringungen, da Phosphor in der Gülle in organischer Form vorliegt und deshalb im Boden leichter verlagerbar ist als Phosphor in anorganischem Dünger. Phosphorgehalte über 50 µg/l P im zuströmenden Grundwasser können jedoch die Nährstoffbilanz im See deutlich verschlechtern und wesentlich zur Eutrophierung beitragen.

Weitere Eintragspfade von Pflanzennährstoffen ergeben sich durch die Niederschläge in Form von direkter nasser und trockener Deposition (ca. 0,88 kg P, 14,8 kg N pro Jahr und ha Seefläche). Das über die Ufer zufließende Regenwasser ist dagegen von untergeordneter Bedeutung.

Natürliche Belastungen mit Nährstoffen ergeben sich beispielsweise noch aus dem Falllaubeintrag und durch die Ausscheidungen von Wasservögeln. In beiden Fällen ist jedoch von einer vernachlässigbaren Größenordnung auszugehen. Bezogen auf die Wasservögel könnten allenfalls Fütterungsmaßnahmen zu einer deutlichen Beeinträchtigung führen.

Zusätzliche Nährstoffeinträge ergeben sich aus der Nutzung der Seen. So ist bei Badebetrieb pro Badegast und Tag von einem Eintrag von ca. 0,1 g P und 1,8 g N auszugehen. Für einen durchschnittlich genutzten 10 ha großen Baggersee (1.500 Badegäste pro Tag und 55 Badetage im Jahr) ergeben sich dabei Belastungen von 0,8 kg P und 15 kg N pro Jahr und ha Seefläche.

Die fischereiliche Bewirtschaftung kann bei unsachgemäßer Vorgehensweise (Anfüttern, Besatz mit fanggroßen Fischen) je nach Ausmaß zu einer beträchtlichen Nährstoffzunahme und auch Anreicherung von sauerstoffzehrenden Substanzen führen. Bei einer ordnungsgemäßen Bewirtschaftungsweise kann jedoch auch eine Nährstoffreduktion in der Größenordnung von etwa 0,35 kg P und 1 kg N pro Jahr und ha Seefläche erreicht werden. Eine ähnliche Reduktion ergibt sich wohl auch durch die Emergenz (Schlüpfen von Wasserinsekten) und durch Beutgreifer (Graureiher, Kormoran u. a.).

Das **Kieswaschwasser** aus der Kiesproduktion wird i. d. R. in den See zurückgeführt. Es enthält eine große Menge an Feinbestandteilen. Phosphor ist mineralisch fest gebunden und deshalb als Pflanzennährstoff nicht verfügbar. Es ist außerdem davon auszugehen, dass im Seewasser gelöste Phosphorverbindungen an den eingeleiteten Tonmineralien adsorbieren und durch Absinken in die Tiefe dem System entzogen werden (LFU, 1997). Die Feinbestandteile führen zu einer verstärkten Trübung des Seewassers, wodurch der Lichteinfall und somit die Biomasseproduktion verringert werden. Durch Sedimentation der mineralischen Bestandteile des Kieswaschwassers auf dem Seeboden wird zudem die interne Düngung und somit das Eutrophierungspotenzial vermindert.

Bei der Einleitung von Kieswaschwasser treten allerdings Konflikte mit anderen Baggerseenutzungen auf. Beispielsweise wirkt sich eine übermäßige Trübung oberflächennaher Wasserschichten negativ auf die für die Badenutzung erforderliche Sichttiefe aus (Badegewässerverordnung). Weiterhin wird der Lebensraum des Makrozoobenthos in Folge der Sedimentation der mineralischen Bestandteile negativ beeinflusst. Die Verringerung der Primärproduktion lässt eine Reduktion des Nahrungspotenzials für die Fischfauna erwarten. Ebenso ist in Ausnahmefällen zu beachten, dass Trübstoffe aus der Kieswäsche in andere Oberflächengewässer gelangen z. B. durch den Anschluss des Baggersees an ein anderes Oberflächengewässer. Eine direkte Einleitung des Kieswaschwassers sollte zur angemessenen Berücksichtigung o. g. Konfliktpotenzials i. d. R. nicht zugelassen werden. Ein erhöhter Stoffeintrag ist auch bei Baggerseen gegeben, die in Überschwemmungsgebieten liegen oder solchen Seen, in die ständig oder zeitweilig Oberflächengewässer eingeleitet werden.

Auf die Vermeidung und Verminderung schädlicher Stoffeinträge muss bereits in der Abbauphase hingewirkt werden. Vorrangiges Ziel muss ein möglichst nährstoffarmes Gewässer bleiben.

Grundwasserbeschaffenheit

Jede Baggerseeneueanlage, Flächen- oder Tiefenerweiterung muss einer umfassenden individuellen Risikoabschätzung mit Klärung der lokalen und regionalen geologischen, hydraulischen und hydrochemischen Randbedingungen unterzogen werden, auch wenn keine offensichtliche Stockwerkstrennung vorliegt.

Bei Baggersee-Neuanlagen ist zu prüfen, ob im Grundwasser ein erheblicher Stoffkonzentrationsgradient mit der Tiefe festzustellen und somit eine Stoffverschleppung über den Baggersee in flache und/oder tiefe Grundwasserbereiche zu befürchten ist und ob dadurch nicht hinnehmbare Verhältnisse entstehen. Relevant sind natürliche wie auch anthropogene Stoffe, z. B. CKW, Pflanzenschutzmittel, EDTA, Arsen, Chlorid und Sulfat.

Aus Grundwasserschutzgründen soll insbesondere der Chlorid- und Sulfateintrag in bisher gering belastete Aquiferbereiche vermieden werden. Daher kommen Neuanlagen bei einem Leitfähigkeitsunterschied von mehr als 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (bei 25 °C) nicht in Frage.

Bei Unterschieden von über 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ist erhöhter Untersuchungsbedarf erforderlich. Dies ist insbesondere in Gebieten mit Chloridgehalten von mehr als 100 mg/l und/oder Sulfatgehalten von mehr als 100 mg/l im Grundwasser angezeigt.

Aus limnologischen Gründen sind Neuanlagen in Grundwasserbereichen mit Sulfatgehalten von mehr als 100 mg/l bzw. Phosphorgehalten über 0,015 mg/l P nicht erwünscht, da diese hydrochemischen Eigenschaften die für Seeflora und -fauna toxische Schwefelwasserstoffbildung bzw. Eutrophierung verursachen können. Im Zweifelsfall können Bilanzierungsprognosen hilfreich sein.

Beim Nitrat besteht nach den Untersuchungen des LGRB (2001) bei Grundwasserfließgeschwindigkeiten von bis ca. 2 m/Tag keine gravierende weitreichende Auswirkung sowohl bei

sauerstoffreichen wie auch sauerstoffarmen Grundwässern, da viele Baggerseen als Nitratfallen wirken.

Nach Prüfung sind Neuanlagen in solchen Bereichen zu bevorzugen, welche für den Grundwasserschutz verträgliche Standortgegebenheiten bieten. Solche Standorte finden sich beispielsweise in Gebieten mit geringer Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckungen (z. B. geringmächtige oder hochdurchlässige Grundwasserüberdeckung) und in Grundwasserexfiltrationsbereichen an Flüssen, d. h. in Gebieten in denen das Grundwasser überwiegend in die Flussniederungen aufsteigt.

Bei Baggerseeneueanlagen mit direkter Flussanbindung oder im Überschwemmungsbereich ohne direkte Flussanbindung – aber mit Überstauungsgefahr bei Hochwasser – sollten maximale Tiefen von 10 bis 15 m nicht überschritten werden, um eine Grundwassergefährdung durch Flusswasserinhaltsstoffe weitgehend auszuschließen.

In Gebieten mit Grundwasserfließgeschwindigkeiten ab ca. 2 m/Tag ist eine eingehende Prüfung der Auswirkungen erforderlich, da es hier zu großräumigeren baggerseeabstromigen Auswirkungen kommen kann. Dies gilt auch, wenn die Fließgeschwindigkeiten durch Grundwasserentnahmen erhöht sind.

Bei den in Baden-Württemberg derzeit vergleichsweise geringen Depositionsraten spielen die Staub- und Niederschlagsdepositionen keine Rolle für die Standortwahl für Neuanlagen. Zudem kommen innerhalb der Lockergesteinsregionen keine nennenswerten Unterschiede vor.

Neuanlagen in Industriegebieten sind nicht zulässig. Lagerung und Umgang mit wassergefährdeten Stoffen stellen hier ein zu hohes Grundwassergefährdungspotenzial dar.

Bei **Seeflächenerweiterungen** sind die Baggerseewasser-Austauschraten mit dem Grundwasser gegenüber Tiefenerweiterungen erhöht. Die hydrochemischen Auswirkungen dieser erhöhten

Austauschraten sind zu prüfen (z. B. Konzentrationsentwicklungen von Sauerstoff und Nitrat im Abstrom). Die o. g. Ausführungen gelten auch für den Spezialfall für Seeflächenerweiterungen im Zuge von limnologischen „Seewasser-Güte-Optimierungen“ mittels Seebeckenausbau, der zur Verbesserung der Zirkulationsfähigkeit und damit der Sauerstoffverhältnisse im Seewasser beitragen soll (Kapitel 2.3, Flachwasserzonen und Abb.17).

In Industriegebieten muss das Grundwasserisikopotenzial durch die Lagerung und den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen genau überprüft werden. Hier kann eine Tiefenerweiterung gegenüber einer Flächenerweiterung günstiger sein.

Bei Anträgen auf **Tiefenerweiterung** ist den häufig mit zunehmender Tiefe erhöhten hydrochemischen Unterschieden des Grundwassers besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Erheblich salzhaltige, chloridreiche oder sulfatreiche, Tiefenwässer dürfen nicht angeschnitten werden, da dadurch dieses Tiefenwasser in den Baggersee gelangen und sich im See eine haline Schichtung bilden oder infolge der Zirkulation abstromig eine Erhöhung der Salzkonzentrationen ergeben kann. Daher kommen bei Tiefenerweiterungen wie bei Neuanlagen elektrische Leitfähigkeitsunterschiede der zuströmenden Grundwässer von mehr als 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (bei 25 °C) nicht in Frage. Bei Unterschieden von über 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ist erhöhter Untersuchungsbedarf gegeben. Dies gilt auch dann, wenn die Konzentrationsverhältnisse umgekehrt sind (hohe Salzgehalte im oberen Grundwasser).

Bezüglich Chlorid sind solche Situationen in der Oberrheinebene nur an wenigen Stellen im südlichen Bereich bekannt. Hier treten Konzentrationsunterschiede von 20 bis 30 mg/l Chlorid im unbelasteten Aquifer zu mehreren g/l Chlorid im belasteten Grundwasser auf. Bei bestehenden Abgrabungen in diesen Gebieten, welche bereits erheblich salzhaltige Aquiferbereiche anschneiden, sollte geprüft werden, ob nachträglich Tiefeneinschränkungen umgesetzt werden können.

Aufgrund der möglichen Auswirkungen auf die Grundwassermenge und -güte sind Überwachungsmaßnahmen an repräsentativen Grundwassermessstellen über die gesamte Abbautiefe notwendig und auch nach Beendigung der Abgrabungsarbeiten zu betreiben. Dabei sollen die chemischen Untersuchungsprogramme die örtlich relevanten Schadstoffe umfassen.

Bei der Kiesgewinnung, -aufbereitung und -verarbeitung und auch nach Abbauende darf kein Eintrag von grundwassergefährdenden Substanzen oder von Fremdmaterial in den Baggersee erfolgen. Ebenso ist der Baggersee vor belasteten oberirdischen Zuflüssen zu schützen. Es dürfen nur grundwasserverträgliche Folgenutzungen mit möglichst geringem Gefährdungspotenzial zugelassen werden.

Trennhorizonte

Die Lockergesteinsaquifere in Baden-Württemberg sind bereichsweise in vertikaler Richtung durch geringer durchlässige Sedimente gegliedert. Diese Geringleiter werden als Trennhorizonte bezeichnet, da sie die gesamte Lockergesteinsabfolge in verschiedene Kieslager oder Grundwasserleiter unterteilen. Als hydraulisch wirksam anzusehen ist ein Trennhorizont insbesondere dann, wenn ein Druckunterschied (Potenzialdifferenz) zwischen dem oberen und unteren Grundwasserleiter besteht. Je nach Durchlässigkeit des Trennhorizonts fließt Grundwasser vom höheren zum niedrigeren Potenzial. Hydraulisch wirksame Trennhorizonte zwischen verschiedenen Grundwasserleitern dürfen nicht entfernt werden, da sich ansonsten signifikante quantitative und ggf. auch qualitative Veränderungen der Grundwasserverhältnisse einstellen können.

Sind hydraulisch nicht wirksame Trennhorizonte vorhanden, bzw. hat sich keine Potenzialdifferenz zwischen dem oberen und unteren Grundwasserleiter eingestellt, so können trotzdem hydrochemische Kontraste zwischen den beiden Grundwasserleitern bestehen. Mögliche Auswirkungen auf die Grundwasserbeschaffenheit, die sich durch Entfernung des Trennhorizonts bei

derartigen Verhältnissen ergeben können, sind im Zulassungsverfahren umfassend zu bewerten.

Grundwasserhydraulik

Das Grundwassergefälle im Umfeld eines Baggersees sollte so wenig wie möglich gestört werden. Vor allem ist ein Grundwasserentzug durch Überlaufen oder Ableiten von Baggerseewasser in ein oberirdisches Gewässer zu vermeiden. Deshalb ist die Länge der Seeach-

se in Grundwasserfließrichtung unter Berücksichtigung von Grundwassergefälle und Geländeneigung zu beschränken. Bei Baggerseen in einem Grundwasserleiter mit starkem Grundwassergefälle ist erforderlichenfalls ein ausreichend breiter Zwischenriegel vorzusehen, um ein Auslaufen zu vermeiden (siehe Abbildungen 1, 10 und 11).

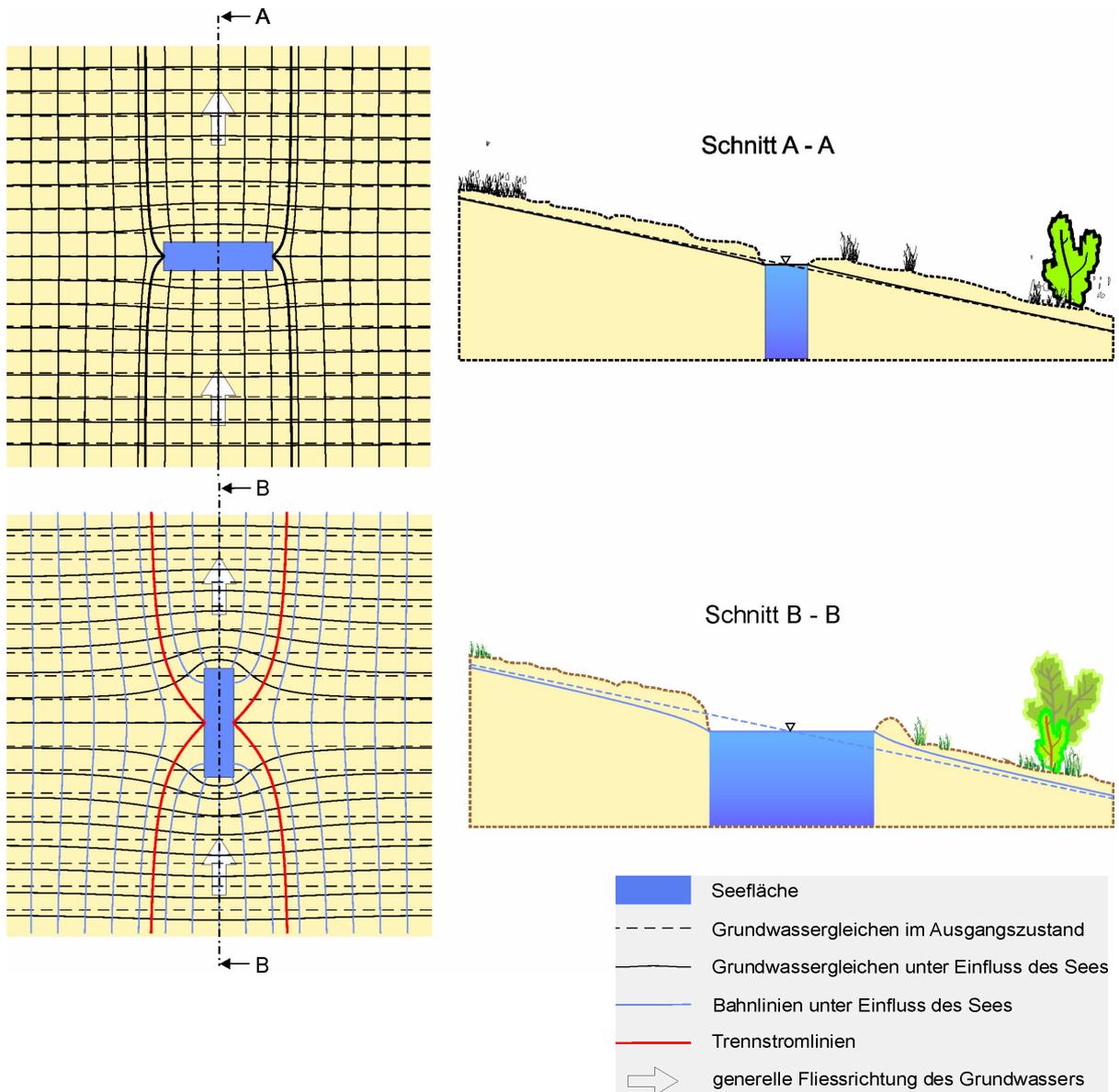


Abbildung 10: Einfluss der Länge und des Verlaufs der Seeachse auf die Änderung des Seespiegels gegenüber dem ursprünglichen Grundwasserspiegel.

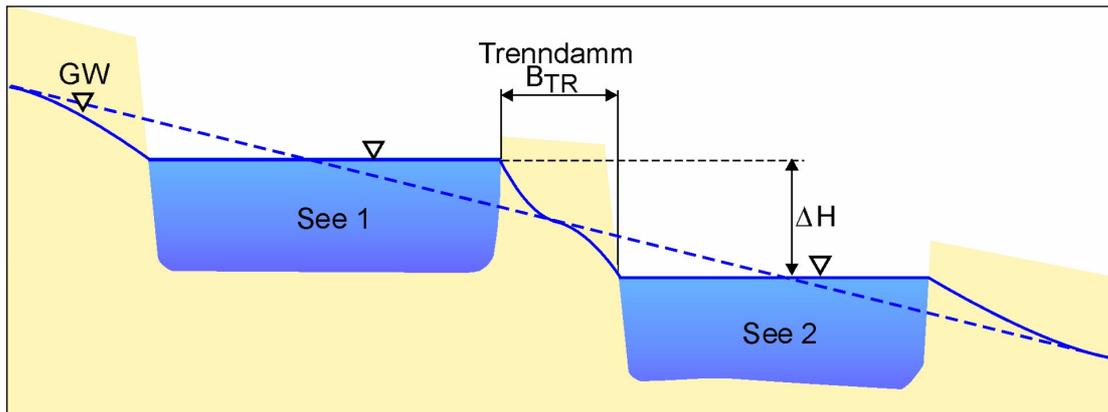


Abbildung 11: Prinzipdarstellung eines Zwischenriegels zur Vermeidung des Überlaufens von Baggerseen bei hohem Grundwassergefälle.

Hinsichtlich der Austauschrate zwischen Baggersee und Grundwasser sollte die Seeform $B/L = 1$ sein. Bei dieser Seeform treten, bei vergleichbaren Seeevolumina, die geringsten Austauschraten auf.

Langgestreckte Seen führen zu größeren, auf die Seebreite bezogenen, Einflussbreiten als quadratische bzw. runde Seeformen. Langgestreckte Seen führen auch zu größeren Einflusstiefen als quadratische bzw. runde Seeformen. Die Einflusstiefen von Baggerseen steigen mit zunehmender Seetiefe unterproportional an (vgl. Kap. 2.6).

Erweiterungen von bestehenden Seen sollten daher, soweit nicht andere Gründe des Grundwasserschutzes dagegen sprechen, in die Tiefe erfolgen. Hierdurch steigt die Austauschrate im Vergleich zu einer volumengleichen Erweiterung in die Fläche wesentlich geringer an. Eine Seeflächenerweiterung oder gar eine Neuanlage eines Baggersees bedeutet dagegen den stärksten Eingriff in die bestehenden Grundwasserverhältnisse.

Abbautiefe

Die zu genehmigende Vertiefung bestehender Baggerseen richtet sich nach den gegebenen geologischen und hydrologischen Verhältnissen. Darüber hinaus ergibt sich die Abbautiefe aus dem genehmigten Abbauvolumen innerhalb der im Planfeststellungsbeschluss festgesetzten Abbauzeit, die in der Regel 15 Jahre beträgt. In

der Planung ist die Vereinbarkeit des Vorhabens mit den Grundwasserschutzzielen zu belegen.

Die Durchmischung des Wasserkörpers bis zum Seeboden ist bei Baggerseen mit Tiefen über 60 m durch Gutachten oder eine Modellrechnung nachzuweisen. Ist eine Vertiefung zulässig, sind geeignete Abbauabschnitte in Abhängigkeit von der jährlichen Förderung und der Seegröße festzulegen.

Innerhalb einer Lagerstätte ist ein möglichst vollständiger Abbau anzustreben. Bei der Festlegung der Abbautiefe sind jedoch zusätzlich die nachfolgend genannten Anforderungen, Zielvorgaben und Planungsempfehlungen zu beachten. Sie sind in die drei Blöcke

- „(A) Anforderungen“ Abbildung 12,
- „(B) Zielvorgaben“ Abbildung 13 und
- „(C) Planungsempfehlungen“ Abbildung 14

unterteilt und werden hier kurz erläutert:

Die in den grau hinterlegten Feldern aufgeführten Anforderungen, Zielvorgaben und Planungsempfehlungen wirken sich, nach den heutigen Erkenntnissen, positiv auf Baggerseen und das Grundwasser aus (Plus-Symbol). Bei Missachtung dieser Anforderungen wird in den gelb hinterlegten Feldern auf mögliche negative Auswirkungen hingewiesen (Minus-Symbol). Zusätzlich wird auf die Stelle im Leitfaden verwiesen, an der die Problematik näher dargestellt wird.

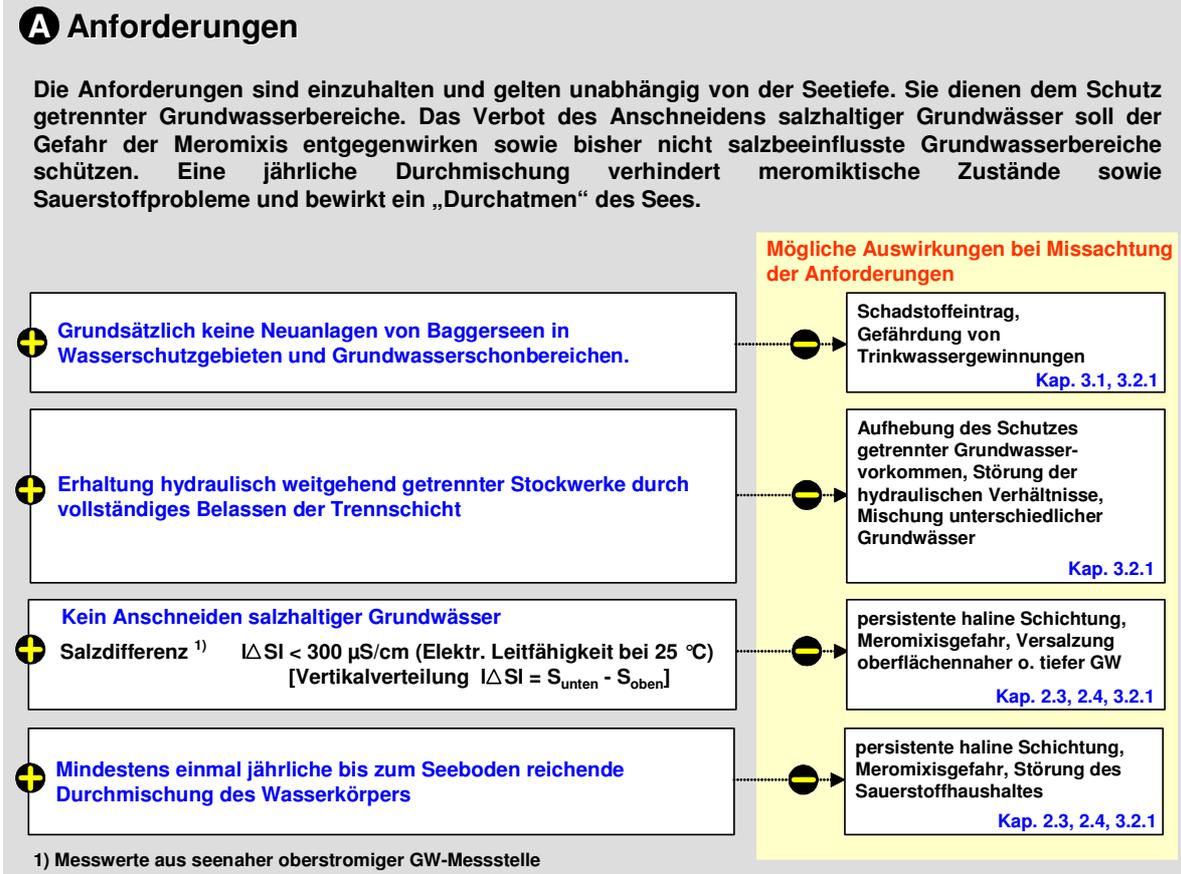


Abbildung 12: Anforderungen an Nassabbauvorhaben.

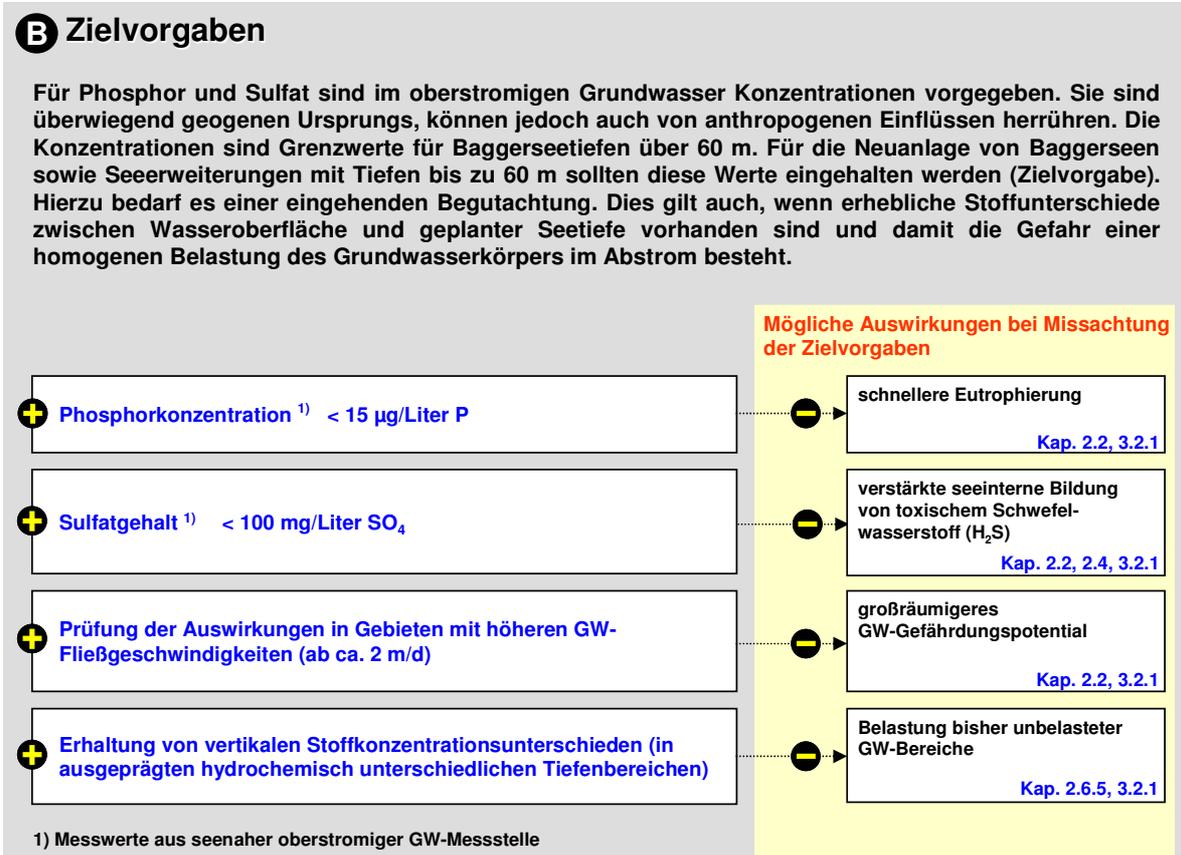


Abbildung 13: Zielvorgaben.

Planungsempfehlungen

Die Empfehlungen dienen als Bausteine zur Gewährleistung einer jährlichen vollständigen Durchmischung des Seewasserkörpers sowie langfristig ökologisch intakter Seen. Damit lassen sich auch Gefährdungen des Grundwassers minimieren.

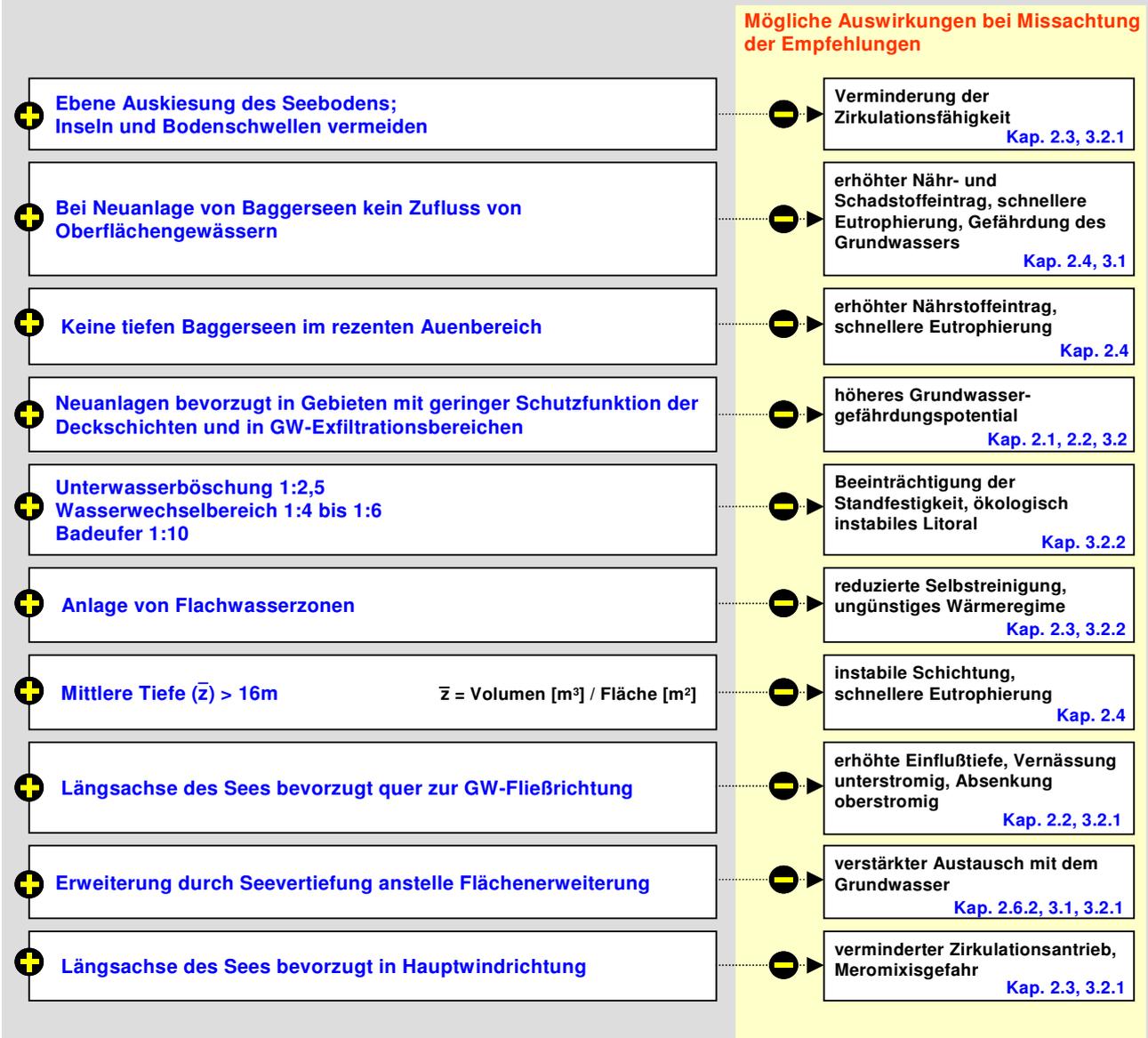


Abbildung 14: Planungsempfehlungen.

3.2.2 Abbaugestaltung und Abbaudurchführung

Abbaugestaltung

Die Hauptachse des künftigen Baggersees sollte möglichst in der lokal im Herbst und Frühjahr vorherrschenden Hauptwindrichtung liegen. Die vorgesehene Abbaufäche ist in zeitlich abgestimmte und räumlich geordnete Abbaubabschnit-

te einzuteilen. Mit dem Abbau ist im Regelfall am unterstromigen Ende des künftigen Baggersees zu beginnen. Der nachfolgende Abschnitt sollte erst dann begonnen werden, wenn der vorausgegangene vollständig rekultiviert worden ist. Deshalb muss mit der Herrichtung der Uferlinie und der Rekultivierung frühzeitig begonnen werden. In der wasserrechtlichen Entscheidung wird das Vorgehen beim Abbau näher festgelegt.

Sicherheitsabstände und Gewässerrandstreifen

Aus Gründen der Sicherheit (Standssicherheit, Gefährdung durch Unfälle usw.) und entsprechend § 68 b WG (Gewässerrandstreifen) sind, gerechnet von der Oberkante des Geländeanchnittes, folgende Mindestabstände einzuhalten:

| Angrenzer | Mindestabstand [m] |
|--|--------------------|
| Bundesautobahn | 40 |
| Bundesstraße | 20 |
| Landes- und Kreisstraßen | 20 |
| Gewässer I. Ordnung | 50 |
| Gewässer II. Ordnung | 20 |
| Unbebaute Grundstücke, Wege, Gemeindestraßen | 10 |
| Bebaute Grundstücke, Bahnlinien | 20 |
| Gewässerrandstreifen | 10 |

Tabelle 3: Erforderliche Mindestabstände zu Straßen, Gewässern und Gebäuden.

Weiterhin sind Regelungen von Abständen aus den Dammschutzverordnungen zu berücksichtigen.

Böschungsgestaltung¹

- Vorschläge zur Böschungsgestaltung können den Abbildungen 15, 16 und 17 entnommen werden.
- Um die Ufer vor Wellenangriffen zu schützen und die Standfestigkeit zu gewährleisten, sind die Böschungen in gewachsenem Boden stehen zu lassen.
- Prallufer in der Hauptwindrichtung sind möglichst als Flachwasserbereiche auszubilden (Auslaufen der Wellen).
- Die Unterwasserböschungen sollten ohne besonderen Nachweis nicht steiler als

1:2,5 ausgeführt werden, um Nachrutschungen und Einbrüche der Böschungen zu vermeiden. Unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten ist bei entsprechenden Nachweisen im Einzelfall auch die Anlage einer steileren Böschung möglich.

- Für besondere Objekte oberhalb der Böschungen wie z. B. größere Gebäude, Verkehrsbauten, Anlagen, Pipelines und insbesondere Hochwasserdämme ist ein rechnerischer Standssicherheitsnachweis zu führen. Entsprechendes gilt, wenn Strömungsbelastungen auf die Böschungen einwirken, bindige Zwischenlagen zu erwarten sind oder Böschungen mit bindigen oder schluffigen Bestandteilen geschüttet wurden.
- Aus wasserwirtschaftlichen und limnologischen Gründen muss die Seesohle eben ausgebildet werden. Trichterförmige Vertiefungen und Erhebungen sind wegen der ungünstigen Auswirkungen auf das Durchmischungsverhalten zu vermeiden.
- Eine bewegte Geländestruktur oberhalb des Wasserspiegels mit Wechsel von flacheren und steileren Ufern bietet die Grundlage für die Wiederbesiedlung mit standorttypischer Pionierflora und -fauna.
- Inseln als Gestaltungselemente sollten ebenso vermieden werden wie Halbinseln in Form von Landvorsprüngen, wenn der Auskiesungsverlust in keinem Verhältnis zum Zugewinn an naturnahem Lebensraum steht.
- Kiesbänke im Uferbereich vor der eigentlichen Flachwasserzone stören nicht.

Böschungsneigungen für unterschiedliche Uferbereiche:

- Die Böschungen sind standsicher auszubilden. Je nach anstehendem Material ergeben sich Neigungen von 1:1,5 bis 1:3 (im Mittel 1:2,5).
- Im Wasserwechselbereich sollte bei Normalufern die Neigung bei 1:4 bis 1:6 liegen.

¹ DVWK 108/1992.

- Bei Badestränden ist das Flachufer bis 2 m unter NW-Linie im Gefälle 1:10 auszubilden.
- Zur Verstärkung der vertikalen Zirkulation und aus gewässerökologischen Gründen sind Flachwasserzonen vorzusehen, die horizontal oder falls möglich flach geneigt sein sollten. Sie sind in gewachsenem Boden stehen zu lassen. Wenn möglich, sollten die Flachwasserzonen gegen die Hauptwindrichtung (luv- und leeseitig) und parallel zur Grundwasserfließrichtung angelegt werden. Die für die vertikale Zirkulation wirksame Mächtigkeit von Flach-

wasserzonen liegt im Bereich zwischen 2 und 4 Metern unter dem Niedrigwasserstand. Maßgebend ist der Wasserstand, der in der Regel zu Beginn der herbstlichen Auskühlung im Oktober/November anzutreffen ist.

- Im Interesse des Vogelschutzes können in Teilbereichen oberhalb des höchsten Wasserstandes Steilböschungen gestaltet werden.

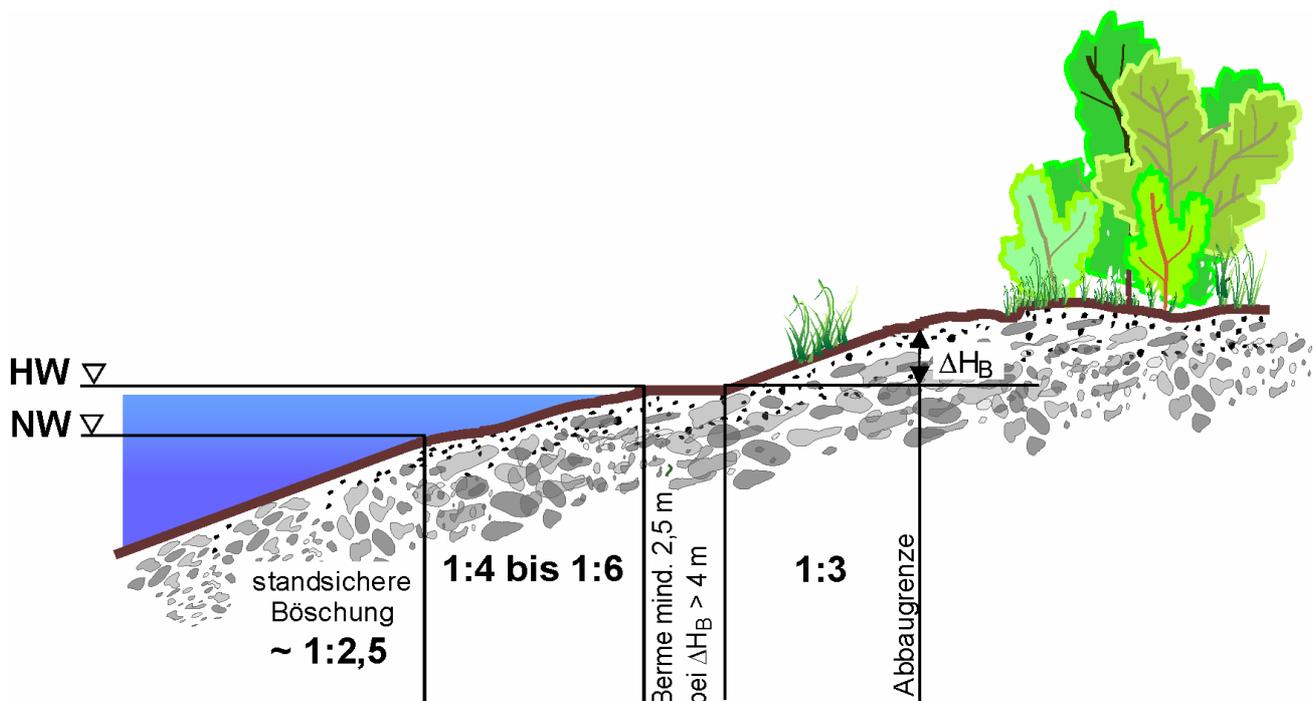


Abbildung 15: Böschungsneigungen für Normalufer.

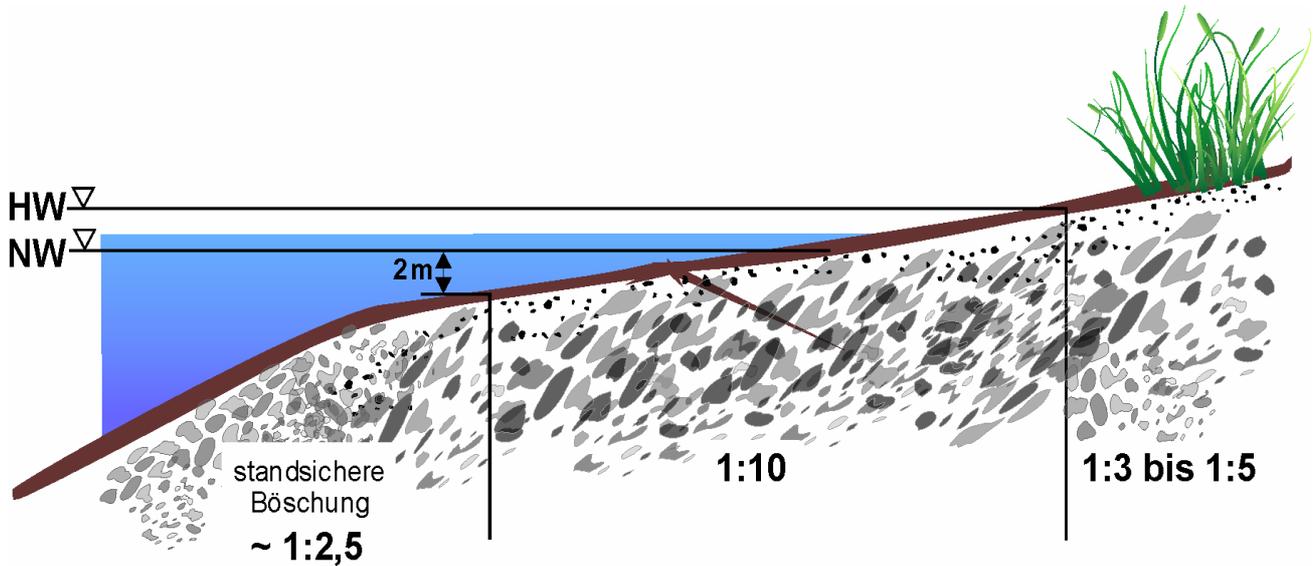


Abbildung 16: Böschungsneigungen für Badeufer.

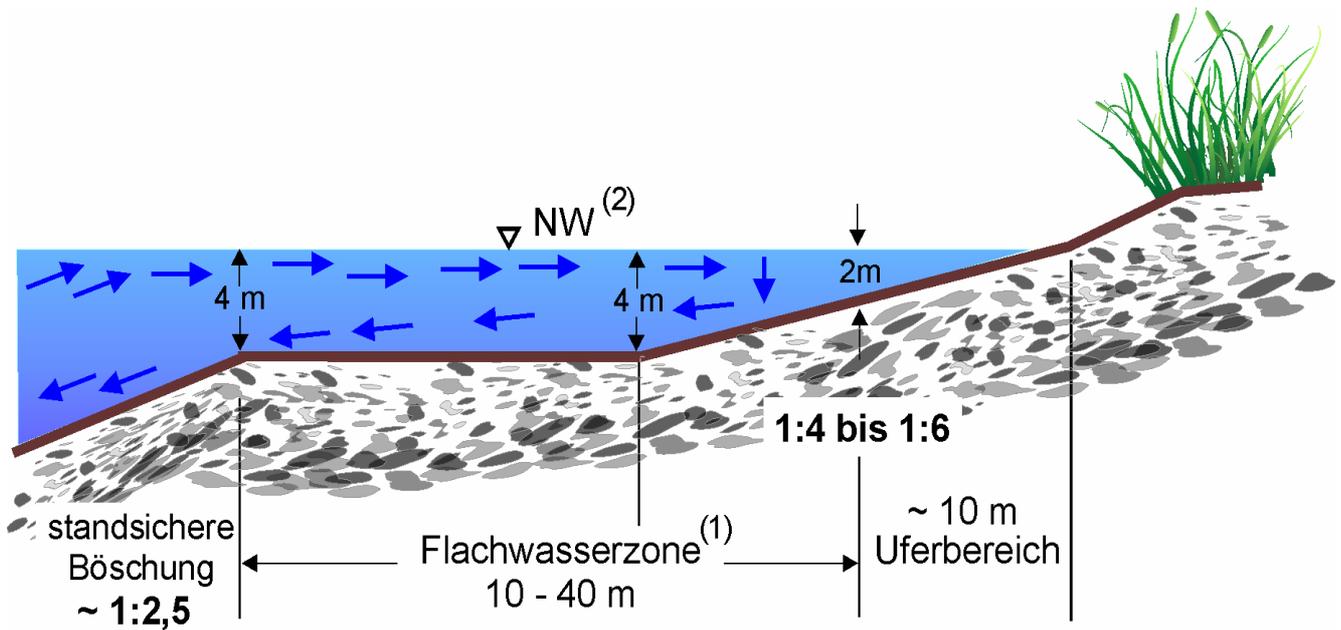


Abbildung 17: Vorschlag zur Gestaltung eines Baggersees mit einer Flachwasserzone zur Verstärkung der vertikalen Zirkulation.

- (1) Breite der Flachwasserzone ist von der Seetiefe abhängig
- (2) Niedrigwasserstand zu Beginn der herbstlichen Auskühlung im Oktober / November

3.2.3 Hinweise zum Betrieb

Das anfallende **Abwasser der Betriebsstätte** ist über die öffentliche Kanalisation oder zumindest über ausreichend dimensionierte, geschlossene Gruben ordnungsgemäß zu entsorgen. Eine Einleitung in den See ist nicht zulässig. Selbst nach Behandlung in einer Kleinkläranlage sollte eine Versickerung des Abwassers nicht zugelassen werden.

Eine Nutzung von Kiesabbaustätten für **Abfallablagerungen** ist auf Grund der damit verbundenen Gefahren für das Grundwasser nicht zulässig. In den Baggersee selbst dürfen keine Fremdstoffe wie Steine, Betonbrocken, Straßenaufbruch und sonstige Abfälle (Müll, Bauschutt, Gartenabfälle o. ä.) eingebracht werden.

Humoser Oberboden ist grundsätzlich zu verwerten. Sonstiger **Abraum** aus dem Abbaubereich kann im Rahmen der Renaturierung verwertet werden. Nicht an Ort und Stelle verwertbarer Abraum ist nachweislich anderweitig zu verwenden.

Zur Schaffung von zusätzlichen Flachwasserzonen kann das aus der Kieswäsche gewonnene mineralische **Rückspülgut** im Uferbereich des Baggersees eingebracht werden.

Sämtliche **technischen Anlagen und Bauwerke** einschließlich ihrer Fundamente sind nach Beendigung des Abbaus zu entfernen, sofern sie nicht Bestandteil eines Folgenutzungskonzeptes sind.

Bei **Abgrabungen in Überschwemmungsgebieten** sind die festen Betriebseinrichtungen hochwassersicher zu erstellen. Das Abraummaterial sollte ebenfalls hochwassersicher oder zumindest parallel zur Fließrichtung des Hochwassers gelagert werden.

Das **Lagern von wassergefährdenden Stoffen** wie z. B. Kraftstoffen, Ölen usw. auf der Abbaufäche ist verboten. Die Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen dieser Stoffe sind zu-

dem nur im Bereich der Betriebsgebäude (zweckmäßig in Sicherheitscontainern) zulässig.

Bei Nassbaggerungen dürfen i. d. R. nur Maschinen mit elektrischem Antrieb verwendet werden. Ausgenommen ist hiervon nur die Schute zum Transport des Kiesmaterials.

3.2.4 Kieswaschwasser

Für die Kieswäsche werden durchschnittlich 3 m³ Wasser je m³ Rohmaterial benötigt. Durch Tropf- und Verdunstungsverluste wird die Wassermenge um etwa 30 % reduziert. Durch Einsparungen lässt sich die entnommene Wassermenge bis auf 2 m³ verringern.

Das Kieswaschwasser enthält eine große Menge an Feinbestandteilen. Vor der Einleitung in den Baggersee ist es i. d. R. erforderlich, die absetzbaren und abfiltrierbaren Stoffe zu reduzieren. Hierzu eignen sich folgende Behandlungsverfahren:

- Technische Vorkehrungen z. B. Absetzbecken, Feinsandrückgewinnung, Zyklonanlage usw.. Falls „Fremdkies“ gewaschen wird, ist der Anhang 26 der Abwasserordnung zu beachten. Der Grenzwert für abfiltrierbare Stoffe von 100 mg/l ist i. d. R. nur durch aufwändige Behandlung des Kieswaschwassers in einem Absetzbecken zu erreichen. Die von der Fischereiwirtschaft geforderten 30 mg/l abfiltrierbarer Stoffe sind ohne Zusatz anderer Stoffe (Fällmittel) nicht möglich und somit abzulehnen.
- Die Einleitung des Kieswaschwassers ist auch über einen sog. Schwemmsandteich bzw. über sog. Schwemmfächer/-kegel möglich. Zur Herstellung des Teiches kann ein Teil des Baggersees, z. B. durch Schüttung eines Unterwasserdammes, räumlich abgetrennt werden. Die Maßnahme ist bei bestehenden Baggerseen allerdings schwer zu realisieren, da der Damm in Folge der fortgeschrittenen Abbautiefe große Dimensionen annehmen müsste, zumal die Standfestigkeit des Rückschüttungsmaterials gering ist. Die Anlage eines Schwemmsandteiches sollte

deshalb möglichst frühzeitig in der Gesamtkonzeption berücksichtigt werden. Die Einleitung über Schwemmfächer/-kegel bedarf zur Vermeidung von Rinnenbildung ständiger sorgfältiger Nachbearbeitung. Durch die breitflächige Verteilung des Waschwassers über einen längeren Fließweg werden Schleppkraft und Fließgeschwindigkeit derart vermindert, dass erhebliche Anteile der im Waschwasser mitgeführten Stoffe sedimentieren. Durch die geringe Einströmgeschwindigkeit finden merkliche Eintrübungen nur im Randbereich der Einleitstelle statt.

3.2.5 Überwachung und betriebliche Untersuchungen

Die durch den Kiesabbau auf den Baggersee und das Grundwasser einwirkenden Faktoren erfordern eine wirksame Beobachtung des Gewässerzustandes während, aber auch nach dem Abbau.

Im Rahmen der betrieblichen Untersuchungen ist der Abbaufortschritt sowie der Betrieb der Abbaustätte vom Unternehmer in einem Betriebstagebuch zu dokumentieren. Zudem sind der Überwachungsbehörde in regelmäßigen Abständen Nachweise über den bedingungs-gemäßen Abbau vorzulegen. Der Umfang der durchzuführenden Untersuchungen ist in der wasserrechtlichen Entscheidung festzulegen.

- Vom Unternehmer ist ein Betriebstagebuch zu führen, in dem monatlich folgendes zu dokumentieren ist:
 - Abbaubereich: alle Änderungen der Baggerposition sind räumlich (Lageplan) und zeitlich (z. B. Listen) festzuhalten. Besonders bewährt haben sich in diesem Zusammenhang GPS-Systeme.
 - maximale Abbautiefe im jeweiligen Abbaubereich
 - etwa geförderte Abbaumenge
 - besondere Vorkommnisse (größere Betriebsstörungen, Reparaturen)
 - Messungen der Wasserstände an Grundwassermessstellen (monatlich) und Lattenpegeln (wöchentlich).
- Um einen ordnungsgemäßen Abbau zu gewährleisten, sind vom Betreiber mindestens im Abstand von zwei Jahren Vermessungsunterlagen vorzulegen. Die Anforderungen an die Vermessungsunterlagen können Abschnitt 6.2.1 entnommen werden.
- Zur Überwachung der Auswirkungen des Abbaubetriebs auf die Gewässerökologie und das umgebende Grundwasser sind betriebliche Untersuchungen durchzuführen. Zur Beurteilung der Grundwasserqualität im Zustrom- und Abstrombereich der Abbaustätte ist mindestens je eine repräsentative Messstelle in Abstimmung mit dem LGRB und der unteren Wasserbehörde einzurichten.
- Bei Erweiterungen in die Tiefe sind zusätzlich tiefe Messstellen einzurichten, falls keine chemischen Grundwasseranalysen von benachbarten tiefen Messstellen vorliegen.
- Zur Prognose und Risikoabschätzung der Entwicklung der Grundwasser- und Seewasserbeschaffenheit muss das zu- und abströmende Grundwasser sowohl in flachen Pegeln als auch in tiefen Grundwassermessstellen (Sauerstoffreduktion und Phosphatproblematik) untersucht werden. An den tiefen Grundwassermessstellen sind darüber hinaus weitere Parameter entsprechend Kapitel 6.2.2 zu untersuchen.

Auf der Basis der Ergebnisse der Umweltverträglichkeitsuntersuchung wird der für die laufenden betrieblichen Untersuchungen erforderliche Umfang abgeleitet. Der Untersuchungsumfang ist abhängig vom gewässerökologischen Zustand des Baggersees. Ein(e) geeignete(r) Gutachter/in hat die Ergebnisse zu bewerten und ggf. Vorschläge für die Durchführung von weitergehenden Untersuchungen zu erarbeiten. Ggf. sind Sanierungsmaßnahmen festzulegen. Die betrieblichen Untersuchungen sind auch nach Abbaubende fortzuführen. Sie sind im Kapitel 6 ausführlich dargestellt.

3.2.6 Folgenutzung von Baggerseen

Baggerseen sind ebenso wie Äcker, Wiesen und die meisten Wälder Teil von flussbegleitenden Kulturlandschaften.

Allgemeine Gesichtspunkte

Von den 618 erfassten Baggerseen in Baden-Württemberg sind folgende Nutzungen bekannt:

| Nutzungen | Oberrhein- ebene (335 Seen) | Donau- Bodensee- Region (283 Seen) |
|--|-----------------------------------|---|
| Kiesgewinnung | 27% | 12% |
| Fischerei/Angelsport | 88% | 55% |
| Badenutzung | 46% | 19% |
| Schwimmbadcharakter | 6% | 0% |
| Wassersport | 36% | 3% |
| Naturschutz (meist nur Teilflächen) | 9% | 11% |

Mehrfachnennungen möglich

Tabelle 4: Nutzungen und Folgenutzungen von Baggerseen.

Bei der Folgenutzung von Baggerseen sind ebenso wie bei der Abgrabungsplanung verstärkt regionale Konzepte zu entwickeln. In der Praxis wird oft versucht, möglichst vielen Interessen gerecht zu werden und Seen so zu gestalten, dass nebeneinander mehrere Nutzungen möglich sind. Dies setzt selbstverständlich voraus, dass sich diese Nutzungen auch miteinander vereinbaren lassen und am See eine funktionierende Trennung der unterschiedlichen Nutzungen durchgeführt werden kann. Die Verträglichkeit verschiedener Nutzungen ist im Einzelfall auch abhängig von Oberfläche, Tiefe und Gestalt eines Sees. Nicht zuletzt sollten bei allen Nutzungen an Seen landschaftsökologische Belange berücksichtigt werden. Die Verträglichkeit der verschiedenen Schwerpunktnutzungen ist in den DVWK-REGELN 108/1992 ausführlich tabellarisch dargestellt.

Der bisher übliche „Drittmix“ von Folgenutzungen an einem See (Naturschutz, Freizeit und

Fischerei) ist meist gegebene Realität, hat sich in der Praxis aber überwiegend nicht als befriedigend herausgestellt.

Nach den Ergebnissen aus dem KaBa-Projekt sollte für jeden Baggersee eine Schwerpunktfolgenutzung nach regionalen Maßstäben entwickelt werden, denen sich die anderen Folgenutzungen unterzuordnen haben, falls ein konfliktarmes Nebeneinander nicht möglich ist.

Schwerpunkt Wasserwirtschaft

Aus wasserwirtschaftlicher Sicht sind Einträge von Schadstoffen ins Grundwasser grundsätzlich nicht zulässig. Entsprechende Vorsorge ist zu betreiben. In Bezug auf Baggerseen bedeutet dies, dass wegen der Wechselwirkung mit dem Grundwasser jede Nutzung, die zu einer möglichen Verschlechterung der Grundwasserqualität beitragen kann, vermieden werden soll. Besonders kritisch sind Nutzungen von Baggerseen in Wasserschutzgebieten und Grundwasserschonbereichen zu betrachten.

Neben direkten Stoffeinträgen durch Freizeitnutzung (z. B. durch Badende) kann das freigelegte Grundwasser durch die damit verbundenen verkehrsbedingten Belastungen sowie durch Abfälle zusätzlich gefährdet werden. Hier bietet sich an, bestehende Baggerseen innerhalb von wasserwirtschaftlich zu schützenden Bereichen als „**wasserwirtschaftliche Schonseen**“ einzurichten. Um den entsprechenden Schutz zu gewährleisten, sollten diese Seen als „Naturschutzseen“ eingerichtet werden.

Unter bestimmten Randbedingungen kann ein Baggersee jedoch als effektive Stoffsenke wirken und zu einer Verbesserung der Grundwasserqualität führen.

Schwerpunkt Naturschutz

Naturschutzseen dienen vielfach bereits in der Auskiesungsphase in besonderem Maße dem Biotop- und Artenschutz und sind Regenerationsräume oder Refugien für zahlreiche bedrohte Arten. Sie entwickeln sich zu einem natürlichen

Seen weitgehend angepassten Ökosystem. Naturschutzseen sind in enger Verbindung mit den Naturschutzbehörden von sachverständigen Fachleuten zu gestalten. Der Anteil von Naturschutzseen ist in der Oberrheinebene zu fördern. Hierzu bieten sich Baggerseen in Wasserschutzgebieten an. Viele Baggerseen der Rheinaue sind auch Teile von NATURA 2000-Gebieten und stehen dadurch unter besonderem Schutz.

Durch Zerstörung natürlicher Lebensräume sind insbesondere die Bewohner von Feuchtgebieten erheblich in ihrem Bestand zurückgegangen. Baggerseen bieten folglich die Chance, Lebensräume für aquatische und amphibische aber auch auf Rohboden angewiesene Artengemeinschaften zu schaffen. Da von Freizeiteinrichtungen in der Regel Störungen ausgehen, sind diese im näheren Umfeld des Naturschutzsees unerwünscht. Begrüßt werden dagegen besucherlenkende Maßnahmen.

Bereits bei der Planung der Baggerseen müssen vielfältige Standortverhältnisse bedacht werden. Dabei sollte nicht starr und pauschal vorgegangen werden, sondern folgende Grundsätze beachtet werden, damit vielfältige Lebensgemeinschaften entstehen können:

- Die Ufer sind natürlichen Gegebenheiten anzupassen. Neben Normal- und Flachufer können bei ausreichender Sicherung auch Steilufer angelegt werden. Die Ausgestaltung sollte möglichst vielfältig sowohl in räumlicher als auch zeitlicher Hinsicht sein. Durch das Nebeneinander von unterschiedlichen Sukzessionsstadien sind vielfältige Standortbedingungen für hohe Artenvielfalt gegeben.
- Auf Bepflanzungen sollte in der Regel ganz verzichtet werden. Dies schließt initierende Maßnahmen oder solche der Abgrenzung oder landschaftlicher Einbindung nicht aus.
- Inseln als Gestaltungselemente sind in Ufernähe (Flachwasserbereich) möglich, ansonsten ist darauf zu verzichten, da sie die limnologisch erforderliche Vollzirkula-

tion beeinträchtigen. Außerdem ist keine optimale Kiesgewinnung möglich.

- Die zu schaffenden Biotope müssen ausreichende Flächengrößen aufweisen.
- Zu beachten sind das zur Verfügung stehende Bodensubstrat, der entstehende Grundwasserflurabstand, die Exposition, das Relief sowie die im Naturraum herrschende Dynamik.

Schwerpunkt Freizeit

Wasser hat auf den Menschen eine große Anziehungskraft. Es lassen sich die Seetypen Angelseen, Badeseen und Wassersportseen unterscheiden. Ihre landschaftsbezogene Bewertung und die nutzungsbedingten Konflikte werden auch in den DVWK MERKBLÄTTERN 233/1996 behandelt.

Da sich das Fischereirecht auf alle Gewässer erstreckt, findet die fischereiliche Hege praktisch an allen Baggerseen statt.

Angelseen sind vorrangig fischereilich genutzt. Flache Seen z. B. mit weniger als 10 m Tiefe bieten, wegen der für die Biomassenproduktion günstigen Verhältnisse, Vorteile als Angelseen. Ein angemessener Teil des Ufers sollte als Flachwasserzone ausgebildet werden (Laichgebiete, z. B. Buchten). Düngung des Sees und Fischwirtschaft mit Fütterung und intensive Fischerei sind im Interesse des Gewässerschutzes auszuschließen. Fischereiliche Nutzung sollte ökologisch orientiert auf der Basis eines angepassten qualifizierten Bewirtschaftungsplans erfolgen. Ziel ist ein ausgewogener Fischbestand aus einheimischen Arten ohne laufenden Besatz. Eine Zu- und Anfütterung ist in Pachtverträgen auszuschließen. Zahl und Lage der Angelplätze sind festzulegen.

In als **Badeseen** ausgewiesenen Baggerseen ist die EU-Badegewässerrichtlinie einzuhalten. Der Zustand der zugelassenen Badeseen wird von der Gesundheitsverwaltung regelmäßig untersucht. Solche Baggerseen weisen in der Regel

günstige hygienische Zustände auf, wie die Untersuchungen der Vergangenheit gezeigt haben. Ein Badesee sollte mindestens 5 ha Größe haben. Das Ufer im Badebereich sollte flach und kiesig/sandig ausgebildet sein (1:10 bis 2 m Wassertiefe). Eine Wassertiefe von >10 m ist vorgeschrieben. Badestrände sollten parallel zur Hauptwindrichtung angelegt sein, Badebuchten sollten vermieden werden. Für die baulichen Nebenanlagen und Parkplätze ist eine einwandfreie Ver- und Entsorgung sicherzustellen. „Wildes Baden“ ist aus hygienischen Gründen und aus Gründen des Gewässerschutzes zu untersagen.

Der **Wassersportsee** verlangt eine Mindestgröße von 30 ha mit einer Tiefe von deutlich über 10 m. Richtlinien der Sportverbände sollten zu Rate gezogen werden. Die Anlage von Bade- und Wassersportseen bietet sich in den Gegenden an, wo der Nutzungsdruck auf andere Gewässer hoch ist und die damit verbundenen Probleme auftreten (z. B. in den Regionen Bodensee-Oberschwaben und Hochrhein-Bodensee mit Nutzungsdruck auf den Bodensee). Das Nebeneinander von Baden und sonstigen Wassersportarten ist i. d. R. möglich.

Mit zunehmendem **Freizeitdruck** und dem Bedürfnis nach **Wohnen** in „idyllischer“ Umgebung planen zunehmend private Badeseeanlieger, aber auch Kommunen Anlagen wie Campingplätze, Wochenendhäuser oder gar Wohnbebauung bis hin zu Gewerbeansiedlungen an Baggerseen. Aus limnologischen Gründen, aber auch aus Gründen des Grundwasserschutzes, ist eine derartige Entwicklung höchst bedenklich. Insbesondere ist zu befürchten, dass die für die Seenregeneration wichtige Vegetation der Uferzonen erheblich beeinträchtigt wird. Außerdem kommt es durch derart permanente Beeinflussungen im Bereich der aquatisch-terrestrischen Wechselzone zu intensiven Störungen der Lebensräume und Rückzugsgebiete vieler empfindlicher Tierarten und kann unmittelbar zu einer Verarmung der Artendichte und -vielfalt führen. Damit würde auch der naturschutzrechtliche Ausgleich für den Eingriff unterlaufen.

Hinzu kommen mögliche Erosionen, zusätzliche Nährstoffeinträge, aber auch Belastungen durch Abfälle und Verkehr. Es ist davon auszugehen, dass sich stillgelegte, nährstoffreiche Baggerseen infolge dieser zusätzlichen negativen Einflüsse beschleunigt in ihrer Wasserbeschaffenheit verschlechtern und dadurch das Gefährdungspotenzial für das mit dem See in Wechselwirkung stehende Grundwasser zunimmt. Aus der Besorgnis um eine Verunreinigung von See und Grundwasser sowie dessen nachteiliger Veränderung sind bauliche Anlagen in unmittelbarer Seenähe grundsätzlich abzulehnen. Die für die Bauleitplanung zuständigen Gemeinden sollten deshalb seenahe Planungen vermeiden.

3.2.7 Sanierung, Restaurierung², Verfüllung von Baggerseen

Sanierung

Unter Sanierung werden Maßnahmen im Einzugsgebiet eines Sees zur Minimierung oder Beseitigung von Gewässerbelastungen verstanden, die das Ziel haben, die Wasserbeschaffenheit und den Gewässerzustand zu verbessern (Ursachenbehandlung). In Betracht kommen Maßnahmen zur:

- Verminderung des Eintrags von Nähr- und Schadstoffen im umgebenden Grundwasser.
- Verhinderung des oberirdischen Zuflusses von Abschwemmungen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen.
- Verhinderung des Zuflusses von oberirdischen Gewässern.

Restaurierung

Als Restaurierung werden die Maßnahmen bezeichnet, die in oder an einem See durchgeführt werden mit dem Ziel, einen durch Gewässerbelastungen entstandenen unerwünschten Zustand zu verbessern (Symptombehandlung). Die Wahl der Maßnahmen ist abhängig von der Nutzung des Sees und den örtlichen Gegebenheiten.

² Maßnahmen zur Sanierung und Restaurierung von Seen sind in DVWK (1988) und in LfU (2004 a & b) behandelt.

Unterschieden werden mechanische, chemische und biologische Verfahren. In Betracht kommen beispielsweise:

- Entschlammung, Sedimententnahme
- Sedimentabdeckung
- Frischwasserzuleitung, Ausspülung
- Entkrautung
- Mikrosiebung
- Tiefenwasserableitung
- Zwangszirkulation
- Tiefenwasserbelüftung
- Beschattung
- Fällung
- Kalkung
- Biomanipulation
- Nachkiesung, zur Verbesserung der Seebeckenmorphometrie einschließlich der Beseitigung von Inseln
- Anlage von Flachwasserzonen
- Anlage von Algenbecken, zur biogenen Phosphorfestlegung (Boos & Strohm 1999)

Verfüllung

Verfüllen von Baggerseen mit Fremdmaterial ist gestattungspflichtig, aber grundsätzlich nicht gestattungsfähig. Mit dem Einbringen von Stoffen durch Fremdmaterial besteht eine Gefahr für das empfindliche aquatische System Baggersee/Grundwasser. So stehen dem Verfüllen beispielsweise folgende Gründe entgegen:

- Feste Stoffe sollen nicht in ein Gewässer zum Zwecke der Entledigung eingebracht werden („Ein Baggersee ist keine Deponie!“).
- Geeignetes Verfüllmaterial, das praktisch die gleichen Qualitätsanforderungen erfüllt wie das autochthone Material, steht in der Regel nicht zur Verfügung.
- Zur Sicherung der Qualitätsanforderungen müsste das Material strengsten Eigen- und Fremdkontrollen unterworfen werden. Die Kosten hierfür sind erheblich. Die begleitende behördliche Überwachung ist im erforderlichen Umfang nicht leistbar.
- Weitere negative Einflüsse wie:

- Probleme der Standsicherheit bei Teilverfüllungen
- unerwünschter Trübstoffeintrag und damit verbundene fischereiliche Probleme
- zusätzliche Nährstoffeinträge

Eine Verfüllung / Teilverfüllung von Baggerseen kann nur in begründeten Ausnahmefällen bei starkem öffentlichen Interesse zum Wohle der Allgemeinheit zugelassen werden. Im konkreten Fall einer Bundesbahntrasse durch einen Baggersee erfolgte die Teilverfüllung mit geeignetem Material.

3.3 Trockenabbauvorhaben

Der Grundwasserschutz muss während des Trockenabbaus durch die Festsetzung von Abbauabschnitten geeigneter Größe sowie durch eine verbleibende Mindestüberdeckung über dem höchsten bekannten oder zu erwartenden Grundwasserstand sichergestellt werden. Dies gilt besonders für Abbauvorhaben in einem Grundwasserschonbereich oder in Zone III (IIIa, IIIb) eines Wasserschutzgebietes (vgl. hierzu auch „Hydrogeologische Beurteilungskriterien“ des LGRB in der Anlage).

3.3.1 Abbaukonzept

Das Risiko von Schadstoffeinträgen kann durch kleinräumige Abbauabschnitte minimiert werden. Direkt an den Abbau des jeweiligen Abschnittes hat sich die Rekultivierung anzuschließen. Die Größe der Abbauabschnitte und die Vorgehensweise bei der Rekultivierung sind innerhalb eines Abbau- bzw. Rekultivierungskonzeptes festzulegen. Es ist Teil der Genehmigungsentscheidung. Abbau und Rekultivierungsplanung sind somit eng miteinander verzahnt.

3.3.2 Abbaudurchführung

Ausbau und Zwischenlagerung von Böden

Bei allen Bodenarbeiten ist die Umlagerungseignung der betroffenen Böden zu beachten. Sie ist abhängig von Bodenart und Bodenfeuchte. Damit Boden nicht unter klimatisch ungünstigen

Bedingungen ausgebaut werden muss, ist Zeitdruck unbedingt zu vermeiden. Beim Beginn weiterer Abbauabschnitte ist daher eine gewisse Vorlaufzeit notwendig. Erfahrungsgemäß genügt es, wenn die 1,5- bis 2-fache Jahresbedarfsfläche für den fachgerechten Ausbau des Bodens vorgehalten wird.

Für die Zwischenlagerung des Bodenmaterials sind ausreichend große, geeignete Flächen vorzuhalten. Bereits in der Planung ist der Flächenbedarf für Zwischenlager zu erfassen und darzustellen. Einzelheiten regelt die in Baden-Württemberg zur Probe eingeführte Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV (LABO 2002). Bei der Rodung von Wald ist der Boden so schonend wie möglich zu behandeln. Bodenschäden durch Befahrung, die in diesem Stadium entstehen, sind anschließend auch durch sorgfältigste Rekultivierungsarbeiten oft nicht mehr zu beheben.

Die Großform und Reliefgestaltung wirkt sich erheblich auf die klimatischen Standortbedingungen von Rekultivierungsflächen aus. Die Großform der Kiesgruben soll daher so angelegt werden, dass Kaltluft möglichst aus der Grube ins Umland abfließt. Innerhalb der Kiesgrube ist die Reliefgestaltung so vorzunehmen, dass die Abbausohle bzw. die Rekultivierungsflächen - erforderlichenfalls durch Einbau von Fremdmaterial - mit einem deutlich profiliertem Relief angelegt werden. Die entstehenden Rinnen sind im Gefälle so zu gestalten, dass Kaltluft gezielt zu einzelnen, tiefer gelegenen Flächen abgeleitet wird (z. B. Sukzessionsflächen) oder aus der Grube abfließen kann. Grundsätzlich gilt für den Ausbau von Oberboden (Mutterboden) und Unterboden, dass diese getrennt ausgebaut, zwischengelagert und wiederverwendet werden sollen (UMWELTMINISTERIUM 1994). Bei Abbauvorhaben unter Wald ist dies wegen der Wurzelstöcke nur eingeschränkt möglich. Es gibt zwei Alternativen:

1. Durchmischung von Ober- und Unterboden

Die gesamte obere, durchwurzelte Bodenschicht wird in einem Arbeitsgang abgetragen. Wurzelstöcke und grobes Restholz (Äste und Kronen-

stücke) werden entfernt. Das abgetragene Bodenmaterial liegt nun als Gemisch von Ober- und Unterbodenhorizonten vor und wird wieder in einem Arbeitsgang auf die zu rekultivierende Fläche aufgebracht. Der Vorteil des Verfahrens ist die geringere Gefahr von Gefügeschäden (weniger Befahrung = weniger Verdichtung) und die Einsparung von zusätzlichen Arbeitsgängen. Nachteil ist, dass die Durchmischung von Ober- und Unterboden zu Humusverlusten führt und pH-Wert-Erhöhungen bei stark basischem Untergrund möglich sind, was die Baumartenwahl für die Wiederbewaldung einschränken kann.

2. Trennung von Ober- und Unterboden

Ein getrennter Ausbau von Ober- und Unterboden ist ab einer Gesamtmächtigkeit von 40 – 60 cm empfehlenswert. Dazu werden das Restholz und die Wurzelstöcke vorher mit einer geeigneten Fräse (z. B. „Krohnsche Fräse“) zerkleinert und in den Boden eingearbeitet. Der Oberboden lässt sich nach dieser Maßnahme leicht abschieben und wird zwischengelagert. Im folgenden Arbeitsgang wird der Unterboden ausgebaut. Der Einbau von Ober- und Unterbodenmaterial im Rahmen der nachfolgenden Rekultivierung erfolgt in getrennten Arbeitsgängen. Dem Nachteil einer erhöhten Verdichtungsgefährdung durch häufigeres Befahren sowie der zusätzlichen Arbeitsgänge stehen die Vorteile der zweischichtigen Rekultivierung gegenüber, wie geringerer Humusverlust und ggf. etwa gleichbleibende pH-Werte im Oberboden (fehlende Durchmischung mit tieferen Bodenschichten). Bei einer Zwischenlagerung von Oberboden wird allerdings mehr Fläche benötigt (geringere Höhe der Mieten).

Schutzmaßnahmen während des Abbaus

Der Grundwasserschutz während des Abbaus muss durch technische Maßnahmen und eine Mindestüberdeckung nach Prüfung des Einzelfalls festgelegt werden. Die Mindestüberdeckung muss so bemessen sein, dass Schadstoffe, die im Rahmen des Kiesabbaues freigesetzt werden, bei umgehender Reaktion möglichst vor dem Eindringen in das Grundwasser durch technische Maßnahmen beseitigt werden können.

Theoretische Gefahren für das Grundwasser gehen bei den Betriebsstoffen von Hydraulikölen aus (Gefahren von Dieselmotoren können durch geeignete festgelegte Tankstellen ausgeschlossen werden; von Motoren-, Getriebe- und Achsölen gehen keine erheblichen Gefahren aus). Es sollen biologisch abbaubare Hydrauliköle eingesetzt werden. Bei den Hydraulikölen ist durch eine mechanische Beschädigung der Schläuche beim Abbaubetrieb oder durch Rissbildung infolge Materialermüdung der Schläuche der Austritt von Öl und dessen Eindringen in den Boden möglich. Für diesen Fall soll im Rahmen der Abbaugenehmigung ein Handlungskonzept festgelegt werden. Die entsprechenden technischen Maßnahmen müssen permanent unverzüglich einsatzfähig sein und nach einem Schadensereignis sofort eingesetzt werden.

Verbleibende Mindestüberdeckung

Die Mächtigkeit der unter der Abbausohle verbleibenden Restüberdeckung des Grundwassers soll in der Regel zumindest zwei Meter über MHW und zumindest ein Meter über HHW betragen. Zur Bestimmung sollen zumindest zehnjährige örtliche Messreihen mit zumindest wöchentlicher Messung des Wasserstands zugrunde gelegt werden. Wenn solche nicht zur Verfügung stehen, sollen Korrelationen mit entsprechenden Ganglinien an umliegenden Grundwassermessstellen durchgeführt werden.

Schutzmaßnahmen nach dem Abbau

Die bestmögliche Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktion (s. § 2 BBodSchG) durch eine dem Abbau nachfolgend Rekultivierung ist ein Erfordernis des Boden- und Grundwasserschutzes und dies um so zwingender, je höher die Bedeutung des beanspruchten Bodens für den Bodenschutz einzuschätzen war (Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit, UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1995). Darüber hinaus stellt sie einen Ausgleich für den Eingriff in die abiotischen Faktoren des Natur- und Landschaftshaushaltes dar.

Zur Abschätzung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung bei der Einzelfallbetrachtung vor und nach dem Abbau kann das von der Ad-hoc-AG Hydrogeologie vorgelegte Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung als Arbeitshilfe (HÖLTING et al., 1995) herangezogen werden. Das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg kann hierzu im Einzelfall gutachtlich Stellung nehmen.

3.3.3 Rekultivierung

Der Kiesabbau ist immer ein Eingriff in den Naturhaushalt und die Landschaft. Eine sachgerechte Rekultivierung bietet die Möglichkeit, einen Ausgleich am Ort des Eingriffs zu realisieren. Voraussetzung dafür ist zunächst eine bestmögliche Wiederherstellung der Bodenfunktionen.

Beim Trockenabbau kommen je nach Vornutzung und Folgenutzungskonzept hauptsächlich forst- und landwirtschaftliche Folgenutzungen, Naturschutzfolgenutzungen und eingeschränkt weitere Folgenutzungen (z. B. Gewerbegebiet, Freizeitanlagen o. ä.) in Frage.

Beim Einsatz von Fremdmaterial ist insbesondere auf dessen physikalische und stoffliche Eignung zu achten. Anforderungen ergeben sich insbesondere aus § 6 BBodSchG in Verbindung mit § 12 BBodSchV. Bei Fragen zur technischen Ausführung ist DIN 19731 zu beachten. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht sind nach dem Abbau und der Rekultivierung grundwasserschonende Kulturen (z. B. naturnaher standortgerechter Wald, extensives Grünland, Naturschutzflächen) als Folgenutzung vorzusehen. Die Mächtigkeit der Rekultivierungsschicht ist ebenfalls vor Ort in Abhängigkeit von der besonderen örtlichen Situation (Bodenverhältnisse vor Beginn des Kiesabbaus) und der Art der Folgenutzung festzulegen (vgl. dazu LABO-Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV).

Eine fachgerechte technische Rekultivierung ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Wiederbewaldung oder landwirtschaftliche Folgenutzung

von Kiesgruben. Altboden, Abbausohle bzw. Füllkörper und Rekultivierungsschicht müssen daher so behandelt werden, dass sich mittel- bis langfristig Böden entwickeln, deren Eigenschaften weitgehend den ursprünglichen Verhältnissen entsprechen.

Bezugsbasis für die Beurteilung der Qualität der Rekultivierungsschicht ist die Beschaffenheit des Altbodens. An die Rekultivierungsschicht können im Allgemeinen keine höheren Anforderungen gestellt werden, als es der Ausgangszustand des Altbodens zulässt.

Anforderungen an die Rekultivierungsschicht:

- Die neu entstandene Bodenschicht soll mindestens die gleiche (pflanzen)nutzbare Feldkapazität wie der Altboden haben
- Die Rekultivierungsschicht muss so beschaffen sein, dass Staunässe vermieden wird
- Im ganzen Wurzelraum muss eine gute Bodendurchlüftung gewährleistet sein, was in erster Linie durch die verwendeten Bodenarten, Vermeidung von Verdichtungen und Verhinderung von Bodenverschlammung durch eine rasche (Zwischen-) Begrünung sicherzustellen ist

Zugelassenes Material

„Die Anforderungen zur Verfüllung von Trockenabgrabungen ergeben sich insbesondere aus den Vorgaben des Boden- und Gewässerschutzes. Für die Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht eignet sich in der Regel unbelastetes natürliches Bodenmaterial. Bauschutt, der die nachfolgend beschriebenen Anforderungen des Boden- und Gewässerschutzes erfüllt, darf nur für betriebstechnische Zwecke verwendet werden.

Natürliches Bodenmaterial, das die bodenart-spezifischen Vorsorgewerte bzw. für weitere Schadstoffparameter die (überarbeiteten) Z0-Werte (neu) des LAGA-Regelwerkes einhält, erfüllt neben den Anforderungen des vorsorgenden Bodenschutzes auch die Anforderungen des

vorsorgenden Gewässerschutzes. Ausnahmen von dieser Regel werden künftig durch das überarbeitete LAGA-Regelwerk „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln“ (LAGA-Mitteilungen M20) geregelt. Diese Anforderungen beziehen sich nicht auf das auf Einbringen von Abfällen in Gewässer!“ Zur Eignung des Bodenmaterials wird weiter auf die LABO-Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV verwiesen.

Nachweispflicht über die Unschädlichkeit des verwendeten Auffüllmaterials

Der Abnehmer des Auffüllmaterials ist verpflichtet, einen Nachweis über die Unschädlichkeit des zur Rekultivierung verwendeten Bodenmaterials zu führen. Die Herkunftsstelle des einzubringenden Fremdmaterials ist von den Anlieferern dem Rekultivierungs- und Auffüllunternehmer (Einbauunternehmer) mitzuteilen, damit dieser sie gegenüber den Überwachungsbehörden benennen kann.

Das Material ist an der Entnahmestelle durch einen sachverständigen Gutachter auf seine Unschädlichkeit hin zu begutachten. Der Gutachter hat die notwendigen Ermittlungen und Untersuchungen anzustellen (vgl. auch § 12 Abs.3 BBodSchG). Dabei sind die Untersuchungsparameter auf die mutmaßliche Belastung abzustimmen. Anhaltspunkte für einen Untersuchungsbedarf geben die DIN 19731 bzw. die zukünftige LAGA Mitteilungen M20. Das Gutachten muss zu dem eindeutigen Schluss führen, dass das in Betracht kommende Material für die Rekultivierung/Auffüllung geeignet und unbelastet ist. Es ist rechtzeitig vor Beginn der Aushubarbeiten dem Landratsamt zur Bestätigung und Archivierung vorzulegen. Nur wenn die Unschädlichkeit bestätigt wird, darf das Material an die Auffüllungs- bzw. Rekultivierungsstelle geliefert werden.

Die Art der Nachweisführung hängt ab von der Menge an Erdaushub, die von der jeweiligen Herkunftsstelle (Baustelle) angeliefert wird (REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG 2001).

Die Begutachtung durch einen sachverständigen Gutachter kann durch eine Erklärung des Bauherrn bzw. verantwortlichen Bauleiters bzw. Fachbauleiters (§§ 42, 45 LBO) ersetzt werden, wenn:

- a) keine Anhaltspunkte für erhöhte Schadstoffgehalte (größer Vorsorgewerte bzw. 70% Vorsorgewerte) im Bodenmaterial nach DIN 19731 vorliegen und
- b) an der Baustelle am Herkunftsort weniger als 800 m³ Bodenaushub anfällt.

Das Gutachten bzw. die Unbedenklichkeitserklärung ist vor Anlieferung des Bodenmaterials dem Betreiber der Auffüll- bzw. Rekultivierungsstätte unterschrieben vorzulegen. Der Einbauunternehmer sammelt die Belege und legt sie zusammen mit den Bestandsplänen dem Landratsamt vor.

Überwachung

Das Landratsamt kann die Überwachung des Transports (z. B. durch Frachtbegleitscheine) und die Dokumentationspflichten des Einbauunternehmers (z. B. Führung eines Betriebstagebuches) regeln. Der Einbauunternehmer hat das angelieferte Material durch Augenschein sorgfältig zu untersuchen. Die Untersuchung ist durch Unterschrift zu bestätigen. Die Belege sind jederzeit auf Verlangen dem Landratsamt vorzulegen. Von der zuständigen Behörde können bei Besorgnis von Belastungen unangemeldet und auf Kosten des Einbauunternehmers weitere Kontrollen des eingebrachten Materials durchgeführt werden. Die Behörden können sich dabei der Hilfe Dritter bedienen. Der Einbauunternehmer hat die Kontrollen zu dulden (vgl. § 12, Abs.3 BBodSchV).

Durchführung der Auffüllung und Rekultivierung

Zur Durchführung der Auffüllung und Rekultivierung wird auf die LABO-Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV und die DIN 19731 verwiesen.

Anforderungen an den Einbau

Herstellung des Füllkörpers bzw. der Rohplanie, Auffüllung von der Abbausohle bis mindestens 2 m zuzüglich der durchwurzelbaren Bodenschicht unter der geplanten Oberfläche.

Vor Beginn der Auffüllung sind Abfälle aller Art, belastete Bodenmaterialien sowie evtl. vorhandener Pflanzenbewuchs und humose Bodenschichten zu entfernen. Es darf nur mit humusfreiem, standsicherem Bodenmaterial, das den o. g. Auflagen entspricht, aufgefüllt werden. Bei der Auffüllung ist soweit zu verdichten, dass nachträgliche Setzungen nicht mehr zu erwarten sind und trotzdem ein noch sickerfähiger Untergrund hergestellt wird. Um evtl. auftretendes Stauwasser abzuführen, soll die Oberfläche des Füllkörpers schwach geneigt sein. Kann eine ausreichende Durchlässigkeit des Untergrunds nicht erzielt werden, ist über der Untergrundoberfläche eine ausreichende Flächendrainage mit grobkörnigem Material z. B. mit nicht verwertbarem Kies anzulegen. Für den Wasserabzug ist zu sorgen. Vor der Herstellung der durchwurzelbaren Bodenschicht ist die Rohkippe einzuebnen und ggf. tiefenzulockern (ca. 70 – 90 cm tief).

Bei der Kiesaufbereitung fallen nicht verwertbare Substrate, wie Sande (z. B. feinsedimentreiche Substrate aus der Kieswäsche) und Gesteine (z. B. Nagelfluhblöcke) an. Diese verbleiben in der Kiesgrube. Der Beschaffenheit nach handelt es sich bei diesen Substraten in der Regel um nicht-kultivierbares Bodenmaterial. Bei der Herstellung des Füllkörpers – gleich ob es sich um Fremdmaterial oder Material aus der Kiesgrube handelt – sind nachstehende Grundsätze zu beachten.

Einbau zur Reliefgestaltung bzw. zur Auffüllung des alten Geländeniveaus:

- Nicht kultivierbarer Boden eignet sich als Füllkörper für die Reliefgestaltung bzw. für die Auffüllung von Gruben auf oder über altes Geländeniveau. Der Einbau erfolgt direkt über dem mineralischen Untergrund. Die Abbausohle unter dem

Füllkörper muss nur dann gelockert werden, wenn Füllkörper und Rekultivierungsschicht zusammen weniger als 3 m Schichtdicke haben.

- Einbau direkt vor der Abbaukante am Hangfuß: Ein Sonderfall der Reliefgestaltung ist der Einbau eines Füllkörpers vor steilen Abbaukanten am Hangfuß. Beim Aufbau der Böschungen ist auf ausreichende Standsicherheit der eingebauten Materialien (bei Neigungen flacher als 1:3 in der Regel gegeben) und eine gute Verzahnung zwischen Füllkörper und Rekultivierungsschicht zu achten. Hohe Böschungen sind durch Bermen zu gliedern.
- Einbau zu Biotopgestaltungszwecken: Sind im Rekultivierungsplan Rohbodenflächen zur Biotopgestaltung vorgesehen, können diese Flächen mit nicht kultivierbarem Bodenmaterial oder mit anstehendem Abraummateriale bzw. Material der Abbausohle gestaltet werden. Planung und Gestaltung entsprechender Flächen sollen von Naturschutzfachleuten begleitet werden.

Herstellung der durchwurzelbaren Bodenschicht

Eine erforderliche Überdeckung mit Rekultivierungssubstrat sollte mindestens 2 m zuzüglich der durchwurzelbaren Bodenschicht betragen. Bei der Herstellung der durchwurzelbaren Bodenschicht sind die Vorgaben des § 12 BBodSchV und die in Baden-Württemberg zur Probe eingeführte LABO-Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV zu beachten.

3.3.4 Folgenutzung von Trockenaus Kiesungen

Allgemeine Gesichtspunkte

Grundsätzlich können nach Trockenaus Kiesungen verschiedene Folgenutzungen etabliert werden - mit oder ohne vorhergehender Auffüllung. Die einzelnen Folgenutzungsarten werden hier nur kurz vorgestellt, zusätzlich wird auf Spezialliteratur verwiesen.

Ziel der Rekultivierung bzw. Auffüllung ist die landschaftsgerechte Wiederherstellung bzw. Neugestaltung von Flächen. Bodenschutzrechtlich beinhaltet dies, dass mindestens eine der ökologischen Boden- und Nutzungsfunktionen nachhaltig gesichert und wiederhergestellt wird (§ 12 Abs.2 BBodSchV). Die gebotene Berücksichtigung der Belange des Bodenschutzes erfordert eine vorherige Abstimmung mit der zuständigen Fachbehörde hinsichtlich Untersuchungsrahmen, Ermittlung und Bewertung des Eingriffs, Durchführung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen sowie Anforderungen an die Rekultivierung. Ausgangspunkt ist die Bewertung der Bodenfunktionen des Standortes vor der Abbaumaßnahme.

Im Rahmen der Schlussabnahme erfolgt eine gemeinsame Begehung der Genehmigungsbehörde mit dem Rekultivierungsunternehmer. Die zuständige Behörde kann bei Besorgnis von Belastungen oder wenn Hinweise auf grobe Verstöße gegen Rekultivierungsaufgaben vorliegen Baggerschürfe und Bodenuntersuchungen auf Kosten des Rekultivierungsunternehmers verlangen. Die Behörden können sich der Hilfe Dritter bedienen. Der Abschluss der Rekultivierungsmaßnahmen ist dem zuständigen Finanzamt zur Nachschätzung mitzuteilen.

Folgenutzung Wald

Waldbauliches Handeln muss in Kenntnis dieser Situation erfolgen. Das Ziel eines standortgerechten, naturnahen Klimax- oder gar „Wirtschaftswaldes“ kann in der Regel nicht im „ersten Guss“ erreicht werden, zumal dieser für eine Kiesgrube nicht eindeutig definiert werden kann. Die Waldentwicklung muss daher häufig über Vorwälder ablaufen, die in ihrer Artzusammensetzung den standörtlichen Gegebenheiten zunächst besser angepasst sind.

Grundsätzlich müssen im Zuge der vorangegangenen technischen Rekultivierung (Geländemodellierung, Bodenbearbeitung) waldaugliche Standorte hergestellt worden sein, die die Voraussetzung für eine zeitlich überschaubare Wiederbewaldung und damit der Wiederher-

stellung wesentlicher Waldfunktionen sind. Prinzipiell würde auf dem größten Teil der Abbaufäche – allerdings mit wesentlich längerer Entwicklungsdauer – über verschiedene Sukzessionsstadien auf Rohkiesflächen wieder Wald entstehen. Diese Vorgehensweise widerspricht vor allem dem LWaldG und dem BBodSchG. Im Rahmen der Planung ist ein weit gefasstes, realistisches Leitbild für die forstliche Rekultivierung zu entwickeln, welches das langfristige waldbauliche Ziel zur Erreichung eines „Waldes gleicher Art und Güte“ definiert (z. B. naturnaher Laubmischwald, Wald mit besonderer Ausgestaltung für die Erholungsfunktion, natürliche Sukzession). Das Leitbild hat selbstverständlich Einfluss auf die morphologische Gestaltung und technische Rekultivierung der Kiesgrube. Das Leitbild ist vom Planer vorzuschlagen und wird im Rahmen des Abbauantrags mit der Forstverwaltung abgestimmt. Es ist nach ordnungsgemäßer technischer Rekultivierung und der Standortskartierung auf Grundlage des dann aktuellen Wissensstandes gegebenenfalls nochmals kritisch auf seine Realisierbarkeit zu überprüfen und bildet die Grundlage für die Festlegung der Zielwaldtypen.

Näheres zur technischen Rekultivierung, standörtlichen Beurteilung der Rekultivierungsflächen, der Entwicklung und Beschreibung der Zielwaldtypen, waldbaulicher Methoden (Sukzession, Vorwald, Vorwald/Zielwald-Kombination, Zielwald) zur Erreichung des Ziels sowie zu aufforstungsbegleitenden Maßnahmen ist in LANDESARBEITSKREIS FORSTLICHE REKULTIVIERUNG VON ABBAUSTÄTTEN (2000) enthalten.

Folgenutzung Naturschutz

Kiesgruben bieten vielfältige Möglichkeiten, Biotop aus „zweiter Hand“ zu schaffen. Ursächlich hierfür sind die entstehenden Sonderstandorte mit Klimaextremen, die denen natürlicher Flussauen (Kiesbänke, Nassbereiche) bzw. Weideflächen (Heiden) vergleichbar sind. Die nach dem Abbau vorliegenden Kies- und Mergelrohböden bieten daher zahlreichen Tier-

und Pflanzenarten Sekundärlebensräume (z. B. Heidelerche, Uferschwalbe, Amphibien, Libellen). Über die gleichzeitig mit dem Abbauende einsetzende Bodenentwicklung verändern sich die Standorte (auch ohne Bodenbearbeitung). Bis auf wenige trockene und nasse Bereiche läuft die Sukzession in Richtung Wald.

Der Biotopgestaltung kommt daher bei der Planung der Wiederbewaldung eine wichtige Bedeutung zu, da hierfür geeignete Flächen meist standörtlich schwierige Bereiche für eine Bewaldung darstellen. Je nach Ausgangslage können die Flächen mit Zielrichtung „Artenschutz“ unterschiedliche Anteile einnehmen.

Sollen neben Naturschutz noch andere Folgenutzungen realisiert werden, eignen sich insbesondere Senken und Gräben im Bereich von Geländetiefpunkten und Böschungsunterkanten zur Anlage von Feuchtbiotopen. Neben den südexponierten Böschungen können Trockenbiotop durch gezielte Ablagerung von Steinblöcken (z. B. Nagelfluhblöcke) oder durch Steinriegel hergestellt werden. Biotopbereiche sollen bereits bei der Planung berücksichtigt werden, da hier gezielt beispielsweise Waschlamm, Steinbrocken, Tone und sonstige für die Rekultivierungsschicht ungeeignete Materialien eingebracht werden können. Sofern Wasserflächen und Feuchtstellen ohne Zufluss erstellt werden sollen, muss folgendes beachtet werden:

- Der Boden darf nicht sickerfähig sein. Dazu ist ein stark lehmiger bis stark toniger Boden zu verwenden, der ggf. zusätzlich zu verdichten ist. Dies gilt auch für den Unterboden nach vorhergehender Verfüllung.
- Auf keinen Fall darf humoser Oberboden aufgebracht werden.

Sofern Mager- und Trockenstandorte erstellt werden, muss folgendes beachtet werden:

- Der Boden sollte sandig-kiesig bzw. steinig, schwach bindig und nährstoffarm

mit höchstens mittlerem Humusgehalt sein. Dies gilt auch für den Unterboden nach vorhergehender Verfüllung.

- Auf keinen Fall darf humoser Oberboden aufgebracht werden.

Sonderstandorte dienen neben ihrer ökologischen Funktion für den Artenschutz auch der landschaftsästhetischen Gliederung der Wiederbewaldungsfläche. Neben den meist punktförmigen Biotopen, bieten Wegränder Ansätze für eine Biotopvernetzung mit unterschiedlichen Strukturelementen. Durch Wurzelstöcke und Astmaterial lassen sich mittels Wallschüttungen weitere Vernetzungsstrukturen zwischen umgebender Landschaft und Kiesgrube schaffen. Auch die Anlage von Wildwiesen kann – neben der Schalenwildregulierung – Ansätze zur Schaffung von artenreichen Wiesen und Inrensaumbiotopen bieten.

Da die technische Rekultivierung dem Abbau mit einer mehr oder weniger großen Zeitverzögerung folgt, liegen laufend Abbauwände, Sohlenbereiche und ggf. Verfüllstandorte „offen“. Die Biotopwertigkeit für Pionierbesiedler resultiert aus der Sterilität des Bodens. Die „Spezialisten“ folgen diesen im Bereich der Abbaufonten kurzfristig entstehenden Lebensräumen. Bei der zeitlichen Planung von Abbau, Verfüllung und technischer Rekultivierung sollten diese Wanderbiotope berücksichtigt werden (LFU 1998). Langlebige Biotop-elemente (z. B. Steilwände, Trockenböschungen) können in der Planung der Rekultivierung integriert werden.

Näheres zum Thema Renaturierung von Kiesgruben ist in DINGETHAL et al. (1998) enthalten.

Folgenutzung Landwirtschaft

Zur Folgenutzung Landwirtschaft wird auf die LABO-Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV und die DIN 19731 verwiesen.

4 Rechtliche Grundlagen und Verfahren³

Neben den wesentlichen Rechtsbereichen wie Raumordnungs- und Landesplanungsrecht, Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz, Wasserrecht, Bodenschutzrecht, Naturschutzrecht, Bergrecht und Baurecht sind weitere Rechtsgebiete, die nicht abschließend aufgeführt werden, wie z. B. Polizei- und Ordnungsrecht, Fischereirecht, Immissionsschutzrecht, gesundheitspolizeiliche Normen und die jeweils dazugehörigen Verordnungen und Verwaltungsvorschriften zu beachten. Im Nachfolgenden wird in Grundzügen auf das Raumordnungs- und Landesplanungsrecht und das Wasserrecht eingegangen.

4.1 Grundsätze des Umweltrechts

Bewirtschaftungsgrundsatz gemäß § 1a WHG; § 3a WG

Die Gewässer sind als Bestandteil des Naturhaushaltes und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu sichern. Sie sind so zu bewirtschaften, dass sie dem Wohl der Allgemeinheit und im Einklang mit ihm auch dem Nutzen einzelner dienen, vermeidbare Beeinträchtigungen ihrer ökologischen Funktion und der direkt von ihnen abhängigen Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf deren Wasserhaushalt unterbleiben und damit insgesamt eine nachhaltige Entwicklung gewährleistet wird (§ 1 a Abs. 1 Satz 1 WHG).

Natürliche oder naturnahe Gewässer sollen erhalten werden. Bei anderen Gewässern ist ein naturnaher Zustand anzustreben (§ 3 a Abs. 1 Sätze 2 und 3 WG). Jedermann ist verpflichtet, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten, um eine mit Rücksicht auf den

Wasserhaushalt gebotene sparsame Verwendung des Wassers zu erzielen, um die Leistungsfähigkeit des Wasserhaushaltes zu erhalten und um eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden (§ 1 a Abs. 2 WHG).

Grundsatz des Naturschutzes gemäß § 2 NatSchG

Die Naturgüter sollen nur so genutzt werden, dass das Wirkungsgefüge des Naturhaushaltes in möglichst geringem Umfang beeinträchtigt wird; Einwirkungen auf den Naturhaushalt, die seine Leistungsfähigkeit nachhaltig beeinträchtigen, sollen verhindert, beseitigt oder in Fällen, in denen dies nicht möglich ist, ausgeglichen werden.

Grundsätze des Bodenschutzes gemäß § 7 BBodSchG

Zur Erfüllung der Vorsorgepflicht sind Bodeneinwirkungen zu vermeiden oder zu vermindern, soweit dies im Hinblick auf den Zweck der Nutzung des Grundstücks verhältnismäßig ist.

4.2 Raumordnung und Landesplanung

Nach §§ 6 und 15 Raumordnungsgesetz (ROG) sind durch die Landesgesetzgebung besondere Verfahren vorzusehen, in denen raumbedeutsame Planungen und Maßnahmen untereinander und mit den Erfordernissen der Raumordnung abzustimmen sind (Raumordnungsverfahren - ROV)⁴. Aufgrund der Raumordnungsverordnung (RoV) sind als Planungen und Maßnahmen, für die ein Raumordnungsverfahren durchgeführt werden soll, wenn sie im Einzelfall raumbedeutsam und von überörtlicher Bedeutung sind, u. a. festgelegt:

³ Stand 2002

- Herstellung und wesentliche Umgestaltung eines Gewässers oder seiner Ufer, die einer Planfeststellung nach § 31 WHG bedürfen (Nassauskiesung) sowie
- Vorhaben zum Abbau von oberflächennahen Rohstoffen mit einer vom Vorhaben beanspruchten Gesamtfläche von 10 ha oder mehr (Trockenabbau).

Aufgaben und Wirkung sowie der Ablauf von Raumordnungsverfahren sind in §§ 18 und 19 LplG geregelt.

Von der an sich gebotenen Durchführung eines Raumordnungsverfahrens kann insbesondere dann abgesehen werden, wenn das Vorhaben Zielen der Raumordnung entspricht. Dies ist dann der Fall, wenn die Nassauskiesung oder der Trockenabbau in einem Gebiet erfolgen soll, das durch den Regionalplan als Vorranggebiet für den Abbau oberflächennaher Rohstoffe und damit als Ziel der Raumordnung festgelegt worden ist. Im Einzelfall kann auch für ein Abbauvorhaben außerhalb festgelegter Vorranggebiete für den Abbau oberflächennaher Rohstoffe von der Durchführung eines Raumordnungsverfahrens abgesehen werden, wenn dem Vorhaben die Raumbedeutsamkeit und die überörtliche Bedeutung fehlt, etwa bei einer kleineren Arrondierung einer vorhandenen Kiesgrube.

Wesentlicher Bestandteil des Raumordnungsverfahrens ist die raumordnerische Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), deren Prüfkriterien die umweltbezogenen Erfordernisse der Raumordnung sind.

Vorgaben zur Rohstoffsicherung enthält, aufbauend auf dem Rohstoffsicherungskonzept der Landesregierung von 1982, der Landesentwicklungsplan 2002 Baden-Württemberg. Die derzeit bekannten bedeutsamen Rohstoffvorkommen sind in einer Karte des Landesentwicklungsplans dargestellt. Im Übrigen sind die Bodenschätze des Landes zu erfassen und abbauwürdige Bodenschätze für die Rohstoffversorgung zu sichern. In der Ausdrucksweise des bisherigen Landesplanungsgesetzes im Jahr 2003, wird der Regionalplanung aufgegeben, Gebiete für den

Rohstoffabbau und Gebiete für die langfristige Sicherung von Rohstoffen als Vorranggebiete festzulegen.

Die Festlegung dieser Gebiete bedarf dabei einer umfassenden Abstimmung mit anderen raumbezogenen Nutzungen und Vorhaben sowie mit den Erfordernissen des Umweltschutzes insbesondere mit Blick auf den Gewässer-, Boden- und Naturschutz. In die planerische Abwägung sind auch die Erfordernisse der Wasserwirtschaft, der Landwirtschaft, der Forstwirtschaft, der Erholung und sonstige ökologische Erfordernisse einzubeziehen. Die Regionalpläne können auch allgemeine Aussagen (Grundsätze) zu einer geordneten räumlichen Entwicklung der Region enthalten, die bei nachfolgenden Abwägungs- oder Ermessensentscheidung zu berücksichtigen sind.

4.3 Wasserrecht

4.3.1 Gewässerausbau und Benutzung

Nassauskiesung

Wird beim Abbau von Kies Grundwasser freigelegt (Nassabbau) und soll die Wasserfläche auf Dauer oder jedenfalls für einen längeren Zeitraum bestehen bleiben, was der Regelfall ist, so wird ein oberirdisches Gewässer hergestellt (§ 31 WHG). Hierfür ist eine Planfeststellung nach § 31 Abs. 2 WHG und § 64 Abs. 2 WG erforderlich. Eine Plangenehmigung nach § 31 Abs. 3 WHG kommt nur ausnahmsweise und nur für Vorhaben in Betracht, die nicht UVP-pflichtig sind.

Soll bei Nassabbau die Kiesgrube umgehend wieder aufgefüllt werden, also kein neues oberirdisches Gewässer entstehen, so liegt eine Benutzung des Grundwassers nach § 3 Abs. 1 Nr. 6 WHG vor. Diese bedarf der Erlaubnis nach §§ 2 und 7 WHG; eine Bewilligung wird hierfür in aller Regel nicht in Betracht kommen, da in Fällen der kurzfristigen Benutzung der Unternehmer nicht auf eine gesicherte Rechtsstellung angewiesen ist (§ 8 Abs. 2 Nr. 1 WHG).

Trockenaus Kiesung

Der Abbau von Kies oberhalb einer grundwasserführenden Schicht (Trockenabbau) kann eine Maßnahme darstellen, die geeignet ist dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß schädliche Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit des Wasser herbeizuführen, da eine Verringerung der Mächtigkeit der Schichten über dem Grundwasser (Grundwasserüberdeckung) stattfindet. Eine solche Maßnahme gilt nach § 3 Abs. 2 Nr. 2 WHG als Gewässerbenutzung, die der Erlaubnis nach § 2, und § 7 WHG bedarf. Eine Bewilligung darf für ein solches Vorhaben wegen § 8 Abs. 2 Satz 2 WHG nicht erteilt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass in den Fällen, in denen schädliche Einwirkungen auf das Gewässer nicht zu besorgen sind und damit das Wasserrecht nicht einschlägig ist, eine Baugenehmigung erforderlich ist.

Sowohl beim Nassabbau, als auch beim Trockenabbau können weitere Genehmigungen nach anderen Rechtsvorschriften erforderlich sein (z. B. § 13 NatSchG).

Kieswäsche

Die Entnahme von Kieswaschwasser stellt eine Gewässerbenutzung im Sinne des § 3 Abs. 1 Nr. 1 WHG oder § 3 Abs. 1 Nr. 6 WHG dar. Das Wiedereinleiten des Kieswaschwassers verwicklicht den Benutzungstatbestand des § 3 Abs. 1 Nr. 4 oder Nr. 5 WHG je nachdem, ob die Wasserentnahme aus dem oder die Einleitung in das Grundwasser oder in ein oberirdisches Gewässer erfolgt. Für die Entnahme und für die Wiedereinleitung des zur Kieswäsche benötigten Wassers ist ein eigenständiges wasserrechtliches Erlaubnisverfahren gemäß § 2, § 7 und § 7 a WHG durchzuführen. Dies gilt auch soweit ein wasserrechtliches Planfeststellungsverfahren für einen Gewässerausbau durchgeführt wird (§ 31 Abs. 2 WHG). Nach der aufgrund von § 7 a Abs. 1 WHG erlassenen Abwerverordnung (AbwV), Anhang 26, fällt das Wiedereinleiten von Wasser, das nur zum Waschen des vor Ort

gewonnenen Kieses gebraucht wird, nicht in den Anwendungsbereich. Für die entnommene Wassermenge ist nach § 17 a WG ein Wasserentnahmeentgelt zu entrichten (Wasserpennig).

4.3.2 Verfahren

Ein Kiesabbau ist zwingend zu versagen, wenn von dem Vorhaben eine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit (vgl. § 6 Abs.1 WHG, § 31 Abs. 5 Satz 3 WHG) oder eine erhebliche Beeinträchtigung eines der in § 6 Abs. 2 WHG genannten Gebiete zu erwarten ist. Bei privaten Planfeststellungen ist weiterhin der Versagungsgrund des § 64 Abs. 2 WG zu beachten, d. h. es dürfen keine erheblichen Nachteile, Gefahren oder Belästigungen für Rechte anderer zu erwarten sein, die nicht durch Bedingungen oder Auflagen ausgeglichen werden können. Versagungsgründe können nicht im Wege der Abwägung überwunden werden. Liegt kein Versagungsgrund vor, liegt die Entscheidung im pflichtgemäßen (Planungs-) Ermessen der Wasserbehörde (§ 1 a WHG, § 3 a WG) und ergeht nach Abwägung der berührten öffentlichen und privaten Belange. Weiter sind in Wasserschutzgebieten (§ 19 WHG, § 24 WG) und Überschwemmungsgebieten (§ 32 WHG, § 77 ff. WG) die Regelungen in den Schutzgebietsverordnungen, insbesondere die entsprechenden Verbote und Befreiungsvorschriften zu beachten.

Soweit die Herstellung, Beseitigung oder wesentliche Umgestaltung einer Kiesgrube einen Gewässerausbau darstellt, bedarf es gemäß § 31 Abs. 2 WHG, § 64 Abs. 2 WG, § 107 WG der vorherigen Durchführung eines Planfeststellungsverfahrens, das den Anforderungen des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung und des Landesgesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung entspricht.

Zuständig für die Durchführung des Planfeststellungsverfahrens ist grundsätzlich die untere Wasserbehörde (§ 96 Abs. 1, Satz 1, § 95 Abs. 2 Nr. 3 WG i. V. m. § 13 LVG). Die Durchführung des Planfeststellungsverfahrens richtet sich nach den Vorschriften der §§ 72 ff des Landesverwaltungsverfahrensgesetzes. Während und nach

dem Kiesabbau unterliegt der Baggersee der allgemeinen Gewässeraufsicht nach § 82 WG.

4.4 Umweltverträglichkeitsprüfung

Nach den §§ 2 und 3 UVPG i. V. m. Nr. 13.15 und 13.16 der Anlage zu § 3 Abs. 1 UVPG bedürfen Ausbaumaßnahmen und Vorhaben der Baggerung in Flüssen oder Seen zur Gewinnung von Mineralien der Umweltverträglichkeitsprüfung nach Maßgabe des Landesrechtes. Nach § 1 LUVPG i. V. m. Nr. 1.13 und 1.14 der Anlage zu § 1 LUVPG bedürfen Ausbauvorhaben und Vorhaben der Baggerung in Flüssen und Seen einer allgemeinen Vorprüfung des Einzelfalles, ob eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen ist. Nach § 3 c Abs. 1 UVPG ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen, wenn die allgemeine Vorprüfung des Einzelfalles ergibt, dass das Vorhaben nach Einschätzung der zuständigen Behörden aufgrund überschlägiger Prüfung erhebliche nachteilige Umweltauswirkungen haben kann.

4.5 Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie⁴ (FFH/Vogelschutz-Richtlinie)

Mit der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie und der Vogelschutz-Richtlinie soll ein Netz von natürlichen und naturnahen Lebensräumen und von Vorkommen gefährdeter Tier- und Pflanzenarten aufgebaut werden. Im Vordergrund der FFH- und der Vogelschutz-Richtlinie, die zusammen die Europäische Naturschutzkonzeption NATURA 2000 bilden, steht die Erhaltung bestimmter Lebensraumtypen und bestimmter Arten. Auch die jeweiligen Erhaltungsziele sind speziell aus diesen Schutzziele herzuweisen. Alle Vorhaben, Maßnahmen oder Planungen sind vor diesem Hintergrund zu bewerten. Vorhaben, die nicht geeignet sind, erhebliche Beeinträchtigungen hervorzurufen, stellen keine Projekte i. S. des § 10 Abs. 1 Nr. 11 BNatSchG dar und erfordern daher auch keine Verträglichkeitsprüfung. Sie sind damit aus der Sicht von

NATURA 2000 zulässig. Bereits planfestgestellte/plangenehmigte Kiesabbauvorhaben, die Bestandsschutz genießen oder Planungen, die die Erhaltungsziele der Gebiete nicht beeinträchtigen, bleiben weiterhin möglich. Neue Projekte und Vorhaben, die ein NATURA 2000-Gebiet erheblich beeinträchtigen könnten, bedürfen einer Verträglichkeitsprüfung gemäß § 26 des NatSchG. Diese beurteilt im Unterschied zur alle Umweltaspekte umfassenden Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) nur die Auswirkungen auf die einzelnen Erhaltungsziele eines Gebietes.

Ist mit erheblichen Beeinträchtigungen zu rechnen, sind diese nur zulässig, sofern es keine zumutbaren Alternativlösungen gibt und sie aus zwingenden Gründen des öffentlichen Interesses notwendig sind.

Für Projekte, die trotz erheblicher Beeinträchtigungen zugelassen werden, müssen Ausgleichsmaßnahmen durchgeführt werden, die geeignet sind, den Zusammenhang des europäischen Verbundsystems NATURA 2000 sicherzustellen. Bei Vorhaben, die nicht als Projekt i. S. d. § 10 Nr. 11 BNatSchG eingestuft werden, muss das Verschlechterungsverbot des § 26 BNatSchG beachtet werden.

4.6 Fischereigesetz für Baden-Württemberg - FischG (Fischökologie und fischereiliche Bewirtschaftung)

Fischbestände unterliegen auch in Baggerseen grundsätzlich der gesetzlich verankerten Hegepflicht nach § 14 FischG und müssen entsprechend bewirtschaftet werden. An diesen Seen entstehen, besonders nach der Auskiesung, erfahrungsgemäß vielfältige, oft widersprüchliche Nutzungsansprüche. Um Konflikte zu vermeiden bzw. zu minimieren, sollten die geplanten Nutzungsformen klar festgelegt werden. Da in jedem Fall aber eine fischereiliche Hegepflicht entsteht, sind die Voraussetzungen für eine ordnungsgemäße Bewirtschaftung (z. B. Bewirtschafteter, Gewässerstruktur, Zugänglichkeit) rechtzeitig zu schaffen. Eine frühzeitige Beteiligung der Fischereibehörde ist empfehlenswert.

⁴ Zu weiteren naturschutzrechtlichen und -fachlichen Anforderungen vgl. die Leitfäden LfU (1998) und LfU (1999)

In der Regel werden die Fischbestände in Baggerseen durch gezielte Besatzmaßnahmen der Bewirtschafter begründet. Ausnahmen können Seen bilden, die mit Flüssen oder deren Altarmen in Verbindung stehen, bzw. bei Hochwasser mit natürlichen Gewässern in Verbindung stehen. Die Artenzusammensetzung sollte sich an der Größe, Beschaffenheit und an den trophischen Verhältnissen vergleichbarer natürlicher Seen orientieren. Bewirtschaftungsgrundlage ist darüber hinaus das natürliche Ertragspotenzial des Gewässers, das von Fischereifachleuten zu bestimmen ist. Grundvoraussetzung für die Entwicklung eines ausgewogenen Fischbestands sind Gewässer mit strukturreichen Ufern und Tiefenzonen sowie größeren Flachwasserzonen. Funktionsräume für Fische, wie etwa Laichgebiete und Schutzstrukturen, können im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens zur Auskiesung in Form von Verbesserungsmaßnahmen (Rekultivierungen) bereits während der Auskiesung angelegt werden.

Junge, nährstoffarme Seen bieten bei geeigneten Wassertiefen gute Lebensbedingungen für kaltliebende Arten, die an oligotrophe Bedingungen angepasst sind. In diesen Baggerseen können beispielsweise Salmoniden über ein oder zwei Jahre gut abwachsen, während Cypriniden, z. B. Rotauge und Ukelei kaum geeignete Lebensbedingungen vorfinden und nur in geringer Dichte vorkommen. Der Barsch kann sowohl in nährstoffarmen als auch in nährstoffreichen Gewässern vorkommen, da er für seine Fortpflanzung nicht auf bestimmte Laichsubstrate angewiesen ist. Sofern Flachwasserzonen mit Wasserpflanzen und gute Einstände (Totholz) vorhanden sind, finden meist auch Hechte gute Reproduktions- und Entwicklungsbedingungen. Eine gemeinsame Bewirtschaftung von Hecht und Forelle ist nicht zielführend.

In älteren Baggerseen mit höherem Trophiestatus sind häufig ähnliche Fischbestände anzutreffen wie in natürlichen eutrophen Seen. Hier dominieren bei günstigen Nahrungs- und Reproduktionsbedingungen Fischarten wie Hecht und Zander sowie Cypriniden mit Rotauge und Brachsen. Meist sind auch Barsche sehr häufig.

Auch Rotfeder, Bitterling und Moderlieschen sind typische Fischarten nährstoffreicher Gewässer. Unter günstigen Voraussetzungen können solche künstlichen Gewässer zu wertvollen Ersatzlebensräumen für gefährdete Fischarten oder den Edelkrebs werden. In strukturarmen Baggerseen kommt an Stelle des Hechts oft der Zander vor, der keine sehr hohen Ansprüche an das Laichsubstrat stellt und auch besser mit schlechten Sichtbedingungen zu Recht kommt. Ein Besatz mit Aalen kommt nur dann in Frage, wenn es sich um einen angebundenen Baggersee mit geeigneten Abwanderungsmöglichkeiten handelt.

In jungen Baggerseen, die mit Salmoniden bewirtschaftet werden, wird auf einen angepassten Besatz nicht verzichtet werden können. Als nachhaltiges Bewirtschaftungsziel sollte grundsätzlich der Aufbau selbst reproduzierender Bestände angestrebt werden. Dieses ist jedoch häufig nur durch Strukturverbesserungen im Ufer- und Flachwasserbereich zu erreichen. Junge Baggerseen können im Regelfall problemlos mit der Angel bewirtschaftet werden. Bei älteren Baggerseen, mit einem dichten, schlecht wachsenden Cyprinidenbestand kann zeitweise eine gezielte Reusen- oder Netzfischerei zur Regulierung des Fischbestands sinnvoll sein.

5 Antragsunterlagen⁵

Auf die Richtlinien über den erforderlichen Untersuchungsumfang und die vorzulegenden Planunterlagen, die im Rahmen eines Gestattungsantrages vom Vorhabensträger vorzulegen sind, wird verwiesen. Sie sind nachfolgend aufgeführt.

Die Unterlagen wurden unter der Maßgabe erarbeitet, dass im Rahmen des wasserrechtlichen Zulassungsverfahrens nur der Kiesabbau und die Kieswäsche zu beurteilen sind. Die Kieswerksanlagen - wie z. B. die Entnahmeverrichtung, die Aufbereitungsanlage und auch der Umgang mit wassergefährdenden Stoffen - werden in der Regel in einem getrennten Verfahren (nach BImSchG) behandelt.

Richtlinien für Raumordnungsverfahrensunterlagen

Im „Gemeinsamen Leitfaden“ des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg und der Regierungspräsidien Stuttgart, Karlsruhe, Freiburg und Tübingen vom 01.01.1997 für die Durchführung von Raumordnungsverfahren sind zwei vorhabensspezifische Checklisten für die erforderlichen Unterlagen im Raumordnungsverfahren für die Nassauskiesung (Anlage 6) und den Trockenabbau oberflächennaher Rohstoffe (Anlage 10) enthalten. Diese vorhabensspezifischen Checklisten sind als Maximalprüflisten zu verstehen; je nach Sachlage brauchen auch nur Teilpunkte in einem Verfahren einer Prüfung und Beurteilung unterzogen zu werden.

Der im vorliegenden Leitfaden beigefügte Katalog ROV-N bezieht sich auf Raumordnungsverfahren gem. § 1 Nr. 7 ROV (Naßabbau) und nennt den für das Schutzgut Wasser erforderlichen Untersuchungsrahmen. Der Katalog ROV-T, der sich auf die Durchführung eines Raumordnungsverfahrens gem. § 1 Nr. 17 ROV (Trockenabbau) bezieht, enthält ebenfalls die

Anforderungen an den Untersuchungsrahmen bezüglich des Schutzgutes „Wasser“.

Richtlinien für die Unterlagen im Planfeststellungsverfahren (einschließlich UVU)

Planfeststellungsverfahren nach § 31 WHG werden für den Nassabbau durchgeführt. Das Merkblatt PF-N beschreibt den Umfang der (wasserwirtschaftlichen) Unterlagen für die Planfeststellung von Kiesabbauvorhaben. Im Merkblatt PF-UVU-N wird der Umfang der Unterlagen für die Umweltverträglichkeitsuntersuchung im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für das Schutzgut Wasser beschrieben.

⁵ Zu den aus naturschutzrechtlicher Sicht erforderlichen Unterlagen vgl. die Leitfäden LfU (1998) und LfU (1999)

5.1 Unterlagen für die Planfeststellung von Kiesabbauvorhaben, Nassabbau

PF-N

Wasserwirtschaftliche Unterlagen

◆ Formloser Antrag

◆ Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU)

Umfang der Unterlagen für die Umweltverträglichkeitsuntersuchung im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens siehe **PF-UVU-N**

◆ Erläuterungsbericht

mit einer Beschreibung des gesamten Vorhabens sowie folgenden Angaben und Anlagen:

- Größe der gesamten Konzessionsfläche, der Abbaufäche (ha), der Wasserfläche (ha) bei MW und der maximalen Abbautiefe (m, m + NN).
- Art und Mächtigkeit des abzubauenen Vorkommens
- Beurteilung der Eignung des abzubauenen Vorkommens für den angestrebten Verwendungszweck
- Schwankungsbereich des Grundwasserflurabstandes im Bereich des Abbaugeländes
- Darstellung der zeitlichen Folge des Abbauvorgangs mit Angabe der insgesamt abzubauenen Kiesmenge (m³)
- Beschreibung sämtlicher vorgesehener Betriebsanlagen, Versorgungs- und Entsorgungseinrichtung, der Behandlung von Abwässern (auch aus der Kieswäsche) einschließlich Mengenangaben sowie der Lagerung wassergefährdender Stoffe
- Angaben über die verkehrliche Erschließung
- Angaben über Eigentumsverhältnisse der durch das Abbauvorhaben dauerhaft oder temporär in Anspruch genommenen Grundstücke (beglaubigter Auszug aus dem Liegenschaftskataster) sowie privatrechtliche Nutzungsverträge
- Bei Erweiterungsanträgen ist die bereits genehmigte Abbaufäche mit Genehmigungsdatum anzugeben und die zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits abgebaute Fläche darzustellen

◆ Übersichtslageplan

im Maßstab 1 : 5000 mit Höhenlinien

◆ Lageplan

Der Lageplan 1 : 1500 bis 1 : 2500 muss mindestens folgende Informationen enthalten:

- Bestand
- Grundstücksgrenzen
- Konzessionsgrenzen
- Abbaugrenzen
- Abbauabschnitte
- Böschungslinien mit Abständen zur Konzessionsgrenze
- Angabe der Festpunkte (Lage und Höhe)
- Darstellung von Zwischenlagerflächen
- Grenzabstände z. B. zu Wegen, Gewässern

◆ Geländeschnitte

(rechtwinklig zueinander) im Maßstab 1 : 100 / 1 : 1500 bzw. 2500.
Sämtliche Höhenangaben sind auf m + NN zu beziehen.

Die Geländeschnitte müssen mindestens folgende Informationen a) zum Bestand und b) zur Planung enthalten:

- Geländehöhe
- Abbaugrenze
- Oberkante Böschung
- Grundwasserspiegel: Niedrigwasserstand (NW), Hochwasserstand (HW)
- Böschungsneigung und Abbautiefe

◆ Abbauplan

(amtlicher Plan im Maßstab 1 : 1500 bzw. 1 : 2500), aus dem ersichtlich sein muss:

- Die Größe von Konzessions- und Abbaufäche (ha) mit Grundstücks- und Abbaugrenzen sowie die vorgesehene Abbautiefe. Die räumlichen und zeitlichen Abbauabschnitte sind darzustellen.
- Die Lage sämtlicher Betriebseinrichtungen, die Zu- und Abfahrtmöglichkeiten sowie der Grundwassermessstellen (Lage-Koordinaten), Messpunkt- und Geländehöhe, Bohrprofil, Ausbauzeichnung, Wasserstandsmessungen) ober- und unterstromig des Abbaugebietes.
- Bei Erweiterungsanträgen ist die bereits genehmigte Abbaufäche und auch die zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits abgebaute Fläche darzustellen.

◆ Renaturierungskonzept

Das Renaturierungskonzept ggf. auch die Darstellung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen gemäß UVU ist in qualifiziertem Umfang darzustellen. Im Erläuterungsbericht sind die Ziele der Renaturierung darzustellen.

Erfolgt der Abbau in Einzelabschnitten, so ist auch der Plan für eine abschnittsweise Verwirklichung aufzustellen. Abbauplan und Renaturierungsplan sind im gleichen Maßstab zu erstellen.

Im Renaturierungskonzept müssen mindestens folgende Pläne und Angaben enthalten sein:

- Lageplan
- Geländeschnitte: Standardböschung
Darstellung aller wesentlichen Biotoptypen und
Böschungsverläufe (Flachwasserzonen, Inseln, Unterwasserbermen etc.)
- Abbaugrenzen und Konzessionsgrenzen
- Höhenlinie Hochwasserstand (HW), Höhenlinie Niedrigwasserstand (HW)
- Folgenutzung der Ufer- und der Wasserfläche

5.2 Unterlagen für die Umweltverträglichkeitsuntersuchung im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens; Nassabbau

PF-UVU-N

Schutzgut Wasser

1. Wasser

1.1 Grundwasser

1.1.1 Ermittlung und Beurteilung des Bestands einschließlich der Vorbelastungen

◆ Hydrogeologische Verhältnisse (allg. hydrogeologischer Untersuchungsrahmen siehe Anlage PF-UVU-N1)

- geologischer Aufbau, petrographische Beschaffenheit und räumliche Verbreitung von grundwasserleitenden und geringleitenden (stauenden) Locker- bzw. Festgesteinen
- Grundwasserüberdeckung (Bodenkörper in seinen Funktionen sowie Gesteinskörper)
- Grundwasserfließsysteme (Grundwasserfließrichtung, hydraulischer Gradient, Abstandsgeschwindigkeit, Grundwasserzustromgebiete und -austrittsgebiete, Grundwasserscheiden, Wechselbeziehung zwischen Grundwasserstockwerken bzw. zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern und zwischen evtl. vorhandenen Wasserentnahmen und dem Grundwasser)
- hydraulische Parameter (Transmissivität, Speicherkoeffizient, vertikale Verteilung des Durchlässigkeitsbeiwertes)
- Beschaffenheit des Grundwassers (physikalische, chemische und bei Bedarf isotopehydrologische Parameter; Probenanzahl und Parametermindestumfang, siehe Anlage PF-UVU-N3)
- vorhandene Grundwassermessstellen und -aufschlüsse (Beobachtungsrohre, Bohrbrunnen, Entnahmebrunnen, Brunnen, Quellaustritte, usw.)

◆ Nutzung und Vorbelastung des Grundwassers

- Flächennutzung des Einzugsgebietes
- vorhandene und geplante Wasserschutzgebiete, Heilquellenschutzgebiete und Grundwasserschonbereiche
- vorhandene und geplante Grundwasserentnahmen bzw. -nutzungen, Verwendungszweck
- altlastenverdächtige Standorte und Altlasten

1.1.2 Auswirkungen des Vorhabens

◆ auf den Grundwasserhaushalt durch

- Veränderung der Grundwasserneubildung durch Aufdeckung der Grundwasseroberfläche mit Änderung des Niederschlagseintrags und der Verdunstung
- Wechselwirkung des Baggersees mit betroffenen Vorflutern
- Vergrößerung des Speichervolumens (Pufferwirkung)
- Verbindung verschiedener Stockwerke durch Beseitigung von Zwischenschichten

◆ auf die Grundwasserhöhen und das Fließfeld (Veränderung des Gefälles) durch

- die Materialentnahme
- hydraulische Verbindung von Stockwerken mit unterschiedlichen Druckpotenzialen

◆ auf die Grundwasserbeschaffenheit durch

- Freilegung der Grundwasseroberfläche
- direkten Zulauf von Oberflächenwasser und /oder oberflächennahen Grundwassers (Hangwasser, Sickerwasser)
- hydraulische Verbindung von Grundwässern oder Grundwasserstockwerken mit verschiedener hydrochemischer Beschaffenheit
- Aufhebung hydrochemischer Schichtungen innerhalb eines Grundwasserstockwerkes (bei Neuanlagen und Tiefenerweiterung)
- biochemische Prozesse (Bewertung der erhobenen Daten)
- Einflüsse der Uferfiltration auf die Grundwasserbeschaffenheit (Filtereffekte)
- außergewöhnliche Oberflächenwasserzuflüsse (Überschwemmungen)

1.2 Baggersee und Umfeld

1.2.1 Beschreibung und Beurteilung des Bestandes/ggf. der Planung

- ◆ Lage, Bedeutung und Nutzung der betroffenen Oberflächengewässer (Größe und Art des Einzugsgebiets, Quellen, Fließgewässer, Stillgewässer, Bewässerungsanlagen)
- ◆ Definition der optimalen Lage und Morphometrie eines durch Kiesabbau entstehenden oder zu erweiternden Baggersees unter gewässerökologischen Gesichtspunkten (allg. gewässerökologischer Untersuchungsrahmen, siehe Anlage PF-UVU-N2)
- ◆ Isobathenkarte aus Echolotungsprofilen
- ◆ Morphometrie des Baggersees; Ermittlung der Einzelvolumina von Epilimnion und Hypolimnion
- ◆ Einzugsgebiet, Zu- und Abflussverhältnisse
- ◆ Wechselwirkung Baggersee/Grundwasser
- ◆ Nährstoffquellen/Belastungsquellen im Einzugsgebiet (unterirdisch/oberirdisch) einschließlich Anlagen zur Kieswäsche/Schlammrückhaltung
- ◆ Überschwemmungsgebiete
- ◆ Beschreibung der vorhandenen Nutzungen des Baggersees und seines Einzugsgebietes, u. a. Erhebung von Daten zur Fischfauna (Fang- und Besatzdaten der Sportfischer), grobe Abschätzung der Anzahl der Badegäste pro Jahr
- ◆ Beschreibung des trophischen/limnologischen Zustandes bei Erweiterung des Baggersees anhand geeigneter Daten (allg. gewässerökologischer Untersuchungsrahmen, siehe Anlage PF-UVU-N2, Proben- und Parametermindestumfang, siehe Anlage PF-UVU-N3)

1.2.2 Ökologische Qualität und Nutzungsfähigkeit des Bestandes, Bestandsbewertung

- ◆ Gewässergüte und Selbstreinigungsvermögen der betroffenen Fließgewässer
- ◆ ökomorphologische Bewertung der betroffenen Fließgewässer
- ◆ Einstufung von betroffenen Fließ- und Stillgewässern hinsichtlich Naturnähe
- ◆ Verbindung stehender und fließender Gewässer zum Grundwasser; Abschätzung des Gefahrenpotenzials durch evtl. Stofftransport ins Grundwasser

- ◆ Angabe des Trophiezustandes des Baggersees mit Aussagen zu:
 - Nährstoffpotenzial im Pelagial und Sediment
 - Sauerstoffhaushalt
 - (vertikales) Zirkulationsverhalten
 - geschätzter pflanzlicher und tierischer Biomasse
- ◆ Aufzeigen bestehender Defizite des Gütezustandes mit Angabe der wahrscheinlichen Hauptursachen
- ◆ Bewertung des Bestandes der aquatischen Fauna und Flora (Ufer- und Freiwasserbereich) sowie der amphibischen Lebensgemeinschaften am Ufer hinsichtlich des Trophiezustandes und unter Artenschutzaspekten
- ◆ Auswertung vorhandener Daten zur Fischfauna und Bewertung bezüglich Trophiegrad, u. a. Aussagen über das zum künftigen See passende Fischartenspektrum
- ◆ Bewertung der Anlagen zur Kieswaschwasser-/Spülschlammrückhaltung aus limnologischer, insbesondere fischereilicher Sicht
- ◆ Abschätzung des Nährstoffeintrages (P und N) aus dem Einzugsgebiet aus vorhandenen Daten und Literaturangaben z. B. folgender Herkunft (quantitativ und qualitativ); Einzugsbereich wird im Scopingtermin festgelegt.
 - Luft
 - Grundwasser
 - Oberflächengewässer, z. B. mit Rheinwasser gefluteter Altrheinzug oder Polder, Überschwemmungsgebiete
 - Oberflächenwasser aus dem Einzugsgebiet, z. B. Regenwassereinleitung
 - fischereiliche Nutzung
 - Freizeitnutzung
 - Landwirtschaft/Wald
 - Kieswaschwasser

1.2.3 Auswirkungen des Vorhabens durch

- ◆ Veränderung des Einzugsgebietes
- ◆ Veränderung der Wasserführung (u. U. Trockenlegung) von betroffenen Oberflächengewässern
- ◆ Gewässerveränderung bzw. -ausbau (Ufer, Sohle, etc.)
- ◆ Wasserentnahmen für vorhabensspezifische Zwecke
- ◆ Beeinträchtigung von Überschwemmungsbereichen
- ◆ Veränderung der Gewässerökologie (Fauna/Flora, Selbstreinigungsvermögen, Stoffhaushalt, Durchmischungsvermögen, Geschiebehaushalt u. a.) mit einer groben Abschätzung der voraussichtlichen Entwicklung des Trophiezustandes (unter Berücksichtigung der Grundwasserbeschaffenheit, der natürlichen Seenalterung, der Nutzung des Sees und des Einzugsgebietes) sowie der voraussichtlichen Auswirkungen auf das Grundwasser und auf die Lebensgemeinschaften im und am See

1.2.4 Beschreibung von Maßnahmen zur Vermeidung, Verminderung und ggf. zum Ausgleich der negativen Auswirkungen des Vorhabens

- ◆ Ermittlung der günstigsten Seeform bezüglich Trophie und Grundwassergefährdung (Tiefenbereiche, Abbaurichtung, Lage der Seelängsachse zur Hauptwindrichtung, etc.), bzgl. Grundwasserfließrichtung u. a. als Planungsvorgabe zur umweltverträglichen Ausbildung des Sees
- ◆ Empfehlungen zum Abbau, zur Gestaltung und zur naturverträglichen Nutzung und Bewirtschaftung des Sees (Begleitmaßnahmen)
- ◆ ggf. Vorschläge zur Verbesserung der Seewasserqualität
- ◆ ggf. Vorschläge zur Verminderung negativer Einflüsse auf das Einzugsgebiet.

5.2.1 Allgemeiner hydrogeologischer Untersuchungsrahmen

Anlage PF-UVU N1

Zur Beschreibung der bestehenden hydrogeologischen Verhältnisse (Ziff. 1.1.1) ist ein Mindestkenntnisstand erforderlich. Die Beschreibung des geologischen Aufbaus erfordert eine ausreichende Anzahl geologischer Aufschlüsse (Bohrungen, Schürfe, vorhandene Kiesgruben), die, sofern nicht vorhanden, zu schaffen sind.

Die Beschreibung und Bewertung der Gesamtschutzfunktion der Grundwasserüberdeckung (Bodenkörper und Gesteinskörper) bedarf ggf. einer ergänzenden bodenkundlichen Kartierung, sofern die bodenkundliche Karte nicht ausreicht. Die Ergebnisdarstellung sollte in Form von Karten und Tabellen erfolgen.

Zur Charakterisierung der Grundwasserfließsysteme (Grundwasserfließrichtung, hydraulischer Gradient) sind zeitliche Beobachtungen (Zeitdauer: mindestens wöchentliche Messungen über ein Jahr) an mindestens 3 Grundwassermessstellen erforderlich.

Grundwasserzuströmgebiete und -austrittsgebiete sind im Zusammenhang mit Angaben zur Grundwasserneubildung zu beschreiben.

Die Wechselwirkung zwischen Grundwasserstockwerken bzw. zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern sind ggf. (sofern durch die Abbaumaßnahme betroffen) zu beschreiben.

Die hydraulischen Parameter (Transmissivität, Speicherkoeffizient, vertikale Verteilung des Durchlässigkeitsbeiwertes) sind, soweit nicht bekannt, z. B. durch Kurzpumpversuche in den Grundwassermessstellen zu ermitteln.

Die Beschaffenheit des Grundwassers (physikalische, chemische und isotopehydrologische Parameter) ist durch mindestens eine hydrochemische Analyse (physikochemische Parameter und Hauptinhaltsstoffe) und bei Bedarf (nur bei Neuaufschluss, Tiefenerweiterung) Isotopengehaltbestimmungen (^3H , ^2H , ^{18}O) in mindestens einer oberstromig und einer unterstromig zum Baggersee gelegenen, repräsentativen Grundwassermessstelle zu belegen. Bei Erweiterung in der Tiefe sind auch Analysen von tiefen Grundwassermessstellen heranzuziehen oder zu erheben.

Die vorhandenen Grundwassermessstellen und -aufschlüsse sind zu beschreiben und lagemäßig darzustellen (Lageplan, Lagekoordinaten, Gelände- und Messpunkthöhe, Bohrprofil, Ausbauzeichnung, ggf. Bohrlochgeophysik).

5.2.2 Allgemeiner gewässerökologischer Untersuchungsrahmen

Anlage PF_UVU-N2

Ziel der Untersuchungen ist neben einem - bei bestehenden Baggerseen - aktuellen Zustandsbericht über den derzeitigen gewässerökologischen Zustand des Baggersees eine Abschätzung über die gewässerökologische Entwicklung des Sees mit und ohne Erweiterung und nach endgültigem Abschluss der Baggerung. Außerdem müssen die Auswirkungen einer Baggerung auf beeinflussbare weitere Oberflächengewässer und das umgebende Grundwasser beschrieben werden.

Diese Untersuchungen bilden die Daten- und Bewertungsgrundlage späterer betrieblicher Untersuchungen.

Abhängig von der Gestalt und Größe des (bestehenden) Sees sind an einer oder mehreren Messstellen im See Proben zu entnehmen und Profilmessungen durchzuführen. Profilmessungen sind durch Tiefenprofile von Temperatur, Sauerstoffgehalt (mg/l und ‰), pH-Wert und elektrischer Leitfähigkeit darzustellen. Ufervegetation und Uferfauna, Makrozoobenthos in Litoral und Profundal und Wasserpflanzen sind zu kartieren und in Karten und Tabellen darzustellen. Wichtige Indikatoren des Phyto- und Zooplankton sind zu dokumentieren.

Vorhandene Unterlagen zur Beschaffenheit und Ökologie des Baggersees sind zu sichten und mit den aktuellen chemischen, chemisch-physikalischen und biologischen Untersuchungen unter Einbeziehung hydrologischer, limnologischer, topographischer, klimatologischer und sonstiger Besonderheiten zu verknüpfen. Hierunter fallen z. B. der Einfluss von eingeleitetem Kieswaschwasser, der Einfluss der Beschaffenheit des umgebenden Grundwassers, der Einfluss auf die Beschaffenheit des umgebenden Grundwassers, die Lage der Längsachse des Sees zur lokal im Herbst und Frühjahr vorherrschenden Hauptwindrichtung, der Durchfluss eines Fließgewässers und die Nutzungen des Sees und im Einzugsgebiet.

Speziell bei Tiefenbaggerungen ist davon auszugehen, dass ab einer gewissen Tiefe eine vollständige Durchmischung des Wasserkörpers (spätestens nach Abschluss der Baggerung) als Voraussetzung für den Ausgleich von Stoffkonzentrationen in einem See (v. a. für die Auffrischung des Sauerstoffvorrats in den Tiefenschichten) nicht mehr stattfindet und eine sauerstofffreie Tiefenzone entsteht. Dauerhaft bestehende meromiktische Verhältnisse sind auszuschließen. Dieser Aspekt ist aufzugreifen und zu bewerten, auch unter Berücksichtigung des Grundwasserschutzes und der evtl. Beeinflussung der tiefen abstromigen Grundwasserbeschaffenheit. Vorschläge sind abzuleiten zur Optimierung von Lage und Morphometrie des Sees unter gewässerökologischen Gesichtspunkten, z. B.:

- ◆ Längsachse des Sees möglichst in Hauptwindrichtung
- ◆ Lage des Sees im Windschatten (z. B. von Waldflächen) vermeiden
- ◆ große Tiefenunterschiede (isolierte Tiefenbereiche und Querriegel in der Tiefe) vermeiden, ein möglichst gleichmäßiges Wannprofil beugt der Entstehung von sauerstoffarmen Bereichen am Seegrund vor
- ◆ Erforderlichenfalls Verkleinerung des Einzugsgebiets.

Ein Konzept zur Bewirtschaftung des Sees (Landschaftssee, Freizeitsee, fischereiliche Nutzung etc.) ist zu erstellen, das auch auf das zum künftigen See passende Fischartenspektrum eingeht.

5.2.3 UVU im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens:

Anlage PF-UVU-N3

Mindest-Untersuchungsumfang, Parameter (DEV) und Probenanzahl je Messstelle

| Parameter | Untersuchungsgrund | Baggersee ^{*1} | | Grundwasser mindestens einmal pro Mess- stelle ^{*2} | |
|--|---|------------------------------|-------------|---|------------|
| | | gegen Ende der Stagnation | Zirkulation | | |
| a) Profilmessungen | | | | | |
| Temperatur | allgemeine Charakterisierung des Sees oder des Grundwassers sowie Ermittlung geeigneter Entnahmetiefen im See | x | x | x | |
| Sauerstoff | | x | x | x | |
| El. Leitfähigkeit | | x | x | x | |
| pH | | x | x | x | |
| Sichttiefe | | x | x | | |
| b) Untersuchung von Wasserproben | | | | | |
| Farbe, Bodensatz, Trübung, Geruch | T, V | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | x | |
| Gesamthärte | SH | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | x | |
| HCO ₃ (K _S 4,3) | SH | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | x | |
| Chlorophyll a | T | 1ME | | | |
| Gesamtphosphor (TR) | T, V | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | x | |
| Orthophosphat (SRP) | T, V | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | x | |
| Nitrat | T, V | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | x | |
| Nitrit | T, V | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | x | |
| Ammonium | T, V | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | x | |
| Chlorid | S, V | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | x | |
| Sulfat | T, V | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | x | |
| H ₂ S ^{*3} | T, V | 1ÜG/1MH | | x | |
| Oxidierbarkeit in mg/l O ₂ | V | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | x | |
| Silicium | T | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | | |
| DOC | V | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | x | |
| Natrium | allgemeine Charakterisierung des Grundwassers | +)) | +)) | x | |
| Kalium | | +)) | +)) | x | |
| Calcium | | +)) | +)) | x | |
| Magnesium | | +)) | +)) | x | |
| Eisen | | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | x | |
| Mangan | | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | x | |
| Isotope: ² H, ³ H, ¹⁸ O | | | | | bei Bedarf |

+) bei Bedarf

| Parameter | Untersuchungsgrund | Schutzgut | | Grundwasser mindestens einmal pro Messstelle * ² |
|---|--|--|-------------------------|---|
| | | Zeitpunkt | Baggersee* ¹ | |
| | | gegen Ende der Stagnation | Zirkulation | |
| c) Untersuchung von Sedimentproben*⁴ | | | | |
| Farbe | allgemeine Charakterisierung des Sees (Vor-Ort-Beurteilung) | 1 GP | | |
| Geruch | | 1 GP | | |
| Korngröße | | 1 GP | | |
| Oxidationszustand | | 1 GP | | |
| Sedimentmächtig- keit | | SS | | |
| Gesamtphosphat | T, SH | 1 GP | | |
| Gesamtstickstoff | T, SH | 1 GP | | |
| Glühverlust | SH | 1 GP | | |
| Trockensubstanz | SH | 1 GP | | |
| d) Untersuchung (Erfassung) biologischer Trophieindikatoren | | | | |
| Ufervegetation und -fauna | | Kartierung | | |
| Wasserpflanzen | | Kartierung | | |
| wichtige Indikator- gruppen des Phy- to- und Zooplank- ton | | qualifizierte Mischprobe | | |
| e) Untersuchung zur Wechselwirkung Grundwasser / Baggersee in Wasserschutz- gebieten, ansonsten bei Bedarf | | | | |
| Bestimmung des ² H, ¹⁸ O - Gehaltes an Grundwasser- und Seemessstellen | | über ein Jahr, Turnus und Mess- stellen sind im Einzelfall festzule- gen | | |
| f) Bei Bedarf weitere Parameter, v.a. Schadstoffe (z. B. Pflanzenschutzmittel, CKW usw.) | | | | |

Probenart:

ME = Mischprobe Epilimnion
 MH = Mischprobe Hypolimnion
 (aus dem mittleren Bereich des Hypolimnion)
 Mges = Mischprobe über gesamte Wassersäule
 GP = Greiferprobe im Tiefenbereich
 (oberste 5-10 cm an den Messstellen)
 ÜG = Wasserprobe über Grund
 SS = Sedimentstecher

Parameterzweck:

T = Trophieanzeiger
 V = Verschmutzungsanzeiger
 SH = Stoffhaushalt (Pufferungsvermögen,
 Ionenbilanz, Depotwirkung etc.)
 S = Salzgehalt

*¹ Bei mehreren Tiefenbereichen im See sind mehrere Messstellen erforderlich. Eine der Messstellen muss in der Nähe der größten Seetiefe, aber möglichst weit entfernt vom Bagger liegen. Die Profilmessungen sind im 1-m-Abstand durchzuführen; die Wasserproben müssen an derselben Stelle entnommen werden.

*² Repräsentative Grundwassermessstellen: mindestens eine oberstromig und eine unterstromig zum Baggersee. Bei Erweiterung in die Tiefe sind auch Analysen von tiefen Grundwassermessstellen heranzuziehen oder zu erheben.

*³ Nur bei reduzierenden hydrochemischen Verhältnissen

*⁴ Repräsentative Probe aus dem Tiefenbereich

5.3 Unterlagen für die Durchführung eines Raumordnungsverfahrens Kiesabbau gem. § 1 Nr. 7 ROV (Nassabbau)

ROV-N

1. Wasser

1.1 Grundwasser

1.1.1 Ermittlung und Beurteilung des Bestands einschließlich der Vorbelastung

◆ Hydrogeologische Verhältnisse (allg. Untersuchungsrahmen siehe Anlage ROV-N)

- geologischer Aufbau, petrographische Beschaffenheit und räumliche Verbreitung von grundwasserleitenden und geringleitenden (stauenden) Locker- bzw. Festgesteinen
- Grundwasserüberdeckung (Bodenkörper in seinen Funktionen sowie Gesteinskörper)
- Grundwasserfließsysteme (Grundwasserfließrichtung, hydraulischer Gradient, Abstandsgeschwindigkeit, Grundwasserzuströmgebiete und -austrittsgebiete, Grundwasserscheiden, Wechselbeziehung zwischen Grundwasserstockwerken bzw. zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern und zwischen evtl. vorhandenen Wasserentnahmen und dem Grundwasser)
- vorhandene Grundwassermessstellen und -aufschlüsse (Brunnen, Quellaustritte, Beobachtungsrohre, Bohrbrunnen, Entnahmebrunnen, usw.)

◆ Nutzung und Vorbelastung des Grundwassers

- Flächennutzung des Einzugsgebietes
- vorhandene und geplante Wasserschutzgebiete, Heilquellenschutzgebiete, Grundwasserschonbereiche und Bereiche zur Sicherung von Wasservorkommen
- vorhandene und geplante Grundwasserentnahmen bzw. -nutzungen, Verwendungszweck
- altlastenverdächtige Standorte und Altlasten

1.1.2 Auswirkungen des Vorhabens

◆ auf den Grundwasserhaushalt durch

- Veränderung der Grundwasserneubildung durch Aufdeckung der Grundwasseroberfläche mit Änderung des Niederschlagseintrags und der Verdunstung
- Wechselwirkung des Baggersees mit betroffenen Vorflutern
- Vergrößerung des Speichervolumens (Pufferwirkung)
- Verbindung verschiedener Stockwerke durch Beseitigung von Zwischenschichten

◆ auf die Grundwasserhöhen und das Fließfeld (Veränderung des Gefälles) durch

- die Materialentnahme
- hydraulische Verbindung von Grundwässern oder Stockwerken mit unterschiedlichen Druckpotenzialen

1.2 Oberflächengewässer

1.2.1 Beschreibung und Beurteilung des Bestandes/der Planung

- ◆ Lage, Bedeutung und Nutzung der betroffenen Oberflächengewässer (Größe und Charakter des Einzugsgebietes, Quellen, Fließgewässer, Stillgewässer, Bewässerungsanlagen)
- ◆ Prüfung der geplanten Lage und Form eines durch Kiesabbau entstehenden Baggersees unter gewässerökologischen Gesichtspunkten als Planungsvorgabe zur umweltverträglichen Ausbildung des Sees
- ◆ Überschwemmungsgebiete

1.2.2 Auswirkungen des Vorhabens durch

- ◆ Veränderung des Einzugsgebietes
- ◆ Veränderung der Wasserführung (u. U. Trockenlegung) von betroffenen Oberflächengewässern
- ◆ Gewässeränderung bzw. -ausbau (Ufer, Sohle, etc.)
- ◆ Beeinträchtigung von Überschwemmungsbereichen
- ◆ Wasserentnahmen für vorhabensspezifische Zwecke

5.3.1 Allgemeiner hydrogeologischer Untersuchungsrahmen

Anlage ROV-N

Zur Beschreibung der bestehenden hydrogeologischen Verhältnisse (Ziff. 1.1.1) ist ein Mindestkenntnisstand erforderlich. Die Beschreibung des geologischen Aufbaus erfordert eine ausreichende Anzahl geologischer Aufschlüsse (Bohrungen, Schürfe, vorhandene Kiesgruben), die, sofern nicht vorhanden, zu schaffen sind.

Die Beschreibung und Bewertung der Gesamtschutzfunktion der Grundwasserüberdeckung (Bodenkörper und Gesteinskörper) bedarf einer bodenkundlichen Kartierung. Die Ergebnisdarstellung sollte in Form von Karten und Tabellen erfolgen.

Zur Charakterisierung der Grundwasserfließsysteme (Grundwasserfließrichtung, hydraulischer Gradient) sind zeitliche Beobachtungen erforderlich.

Grundwasserneubildungsgebiete und -austrittsgebiete sind im Zusammenhang mit Angaben zur Grundwasserneubildung zu beschreiben.

Die Wechselwirkung zwischen Grundwasserstockwerken bzw. zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern sind ggf. (sofern durch die Abbaumaßnahme betroffen) zu beschreiben.

Die vorhandenen Grundwassermessstellen und -aufschlüsse sind zu beschreiben und lagemäßig darzustellen (M 1 : 25.000).

5.4 Unterlagen für die Durchführung eines Raumordnungsverfahrens Kiesabbau gem. § 1 Nr. 17 ROV (Trockenabbau)

ROV-T

1. Wasser

1.1 Grundwasser

1.1.1 Ermittlung und Beurteilung des Bestands einschließlich Vorbelastung

- ◆ **Hydrogeologische Verhältnisse** (allg. hydrogeologischer Untersuchungsrahmen, siehe Anlage ROV-T)
 - geologischer Aufbau, petrographische Beschaffenheit und räumliche Verbreitung von grundwasserleitenden und geringleitenden (stauenden) Locker- bzw. Festgesteinen
 - Grundwasserüberdeckung (Bodenkörper in seinen Funktionen sowie Gesteinskörper), siehe Kapitel 3.3.2, verbleibende Mindestüberdeckung
 - Grundwasserflurabstand und NN-Höhen von Grundwasseroberfläche bzw. -druckfläche mit entsprechenden Schwankungsbereichen; Ermittlung von MHW und HHW für den Abbaubereich
 - vorhandene Grundwassermessstellen und -aufschlüsse (Beobachtungsrohre, Bohrbrunnen, Entnahmefunnen, Brunnen, Quellaustritte, usw.)
- ◆ **Schutzgebiete, Grundwasserentnahmen usw.**

Sofern der Kiesabbau in rechtskräftigen ausgewiesenen oder geplanten Wasserschutzgebieten, Heilquellenschutzgebieten, Grundwasserschonbereichen sowie im Einzugsgebiet von vorhandenen oder geplanten Grundwasserentnahmen (Brauchwasser) bzw. -nutzungen liegt, müssen zusätzlich beschrieben werden:

 - Grundwasserfließsysteme (Grundwasserfließrichtung, hydraulischer Gradient, Grundwasserzustrom und -austrittsgebiete, Abstandsgeschwindigkeit, Grundwasserscheiden, Wechselbeziehung zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern und zwischen evtl. vorhandenen Wasserentnahmen und dem Grundwasser)
 - Beschaffenheit des Grundwassers (physikalische, chemische und isotopehydrologische Parameter entsprechend Kapitel 5.2.3)
- ◆ **Nutzung und Vorbelastung des Grundwassers**
 - Flächennutzung des Einzugsgebietes
 - vorhandene und geplante Wasserschutzgebiete, Heilquellenschutzgebiete, Grundwasserschonbereiche und Bereiche zur Sicherung von Wasservorkommen
 - vorhandene und geplante Grundwasserentnahmen bzw. -nutzungen, Verwendungszweck
 - altlastenverdächtige Standorte und Altlasten

1.1.2 Auswirkungen des Vorhabens

◆ auf den Grundwasserhaushalt

- Einfluss auf die Grundwasserneubildung durch Veränderungen der Grundwasserüberdeckung (einschließlich Boden) sowie durch Änderung der lokalen Abflussverhältnisse (Oberflächenabfluss)

◆ auf die Grundwasserbeschaffenheit

Sofern der Kiesabbau in vorhandenen oder geplanten Wasserschutzgebieten, Heilquellenschutzgebieten, Grundwasserschonbereichen sowie im Einzugsgebiet von vorhandenen oder geplanten Grundwasserentnahmen bzw. -nutzungen liegt, muss zusätzlich beschrieben werden:

- Änderung der Grundwasserbeschaffenheit durch Verringerung der Grundwasserüberdeckung, leichteres Versickern von belasteten Oberflächengewässern und / oder oberflächennah abfließendem Grundwasser (Hangwasser, Sickerwasser), besonders bei Abbau in Hangfußnähe
- Beimischung von deutlich jüngeren, eventuell stärker belasteten Grundwasserkomponenten mit möglichen hydrochemischen Auswirkungen
- Gefahr der Grundwasserverunreinigung durch Einsatz von Maschinen (Treibstoffe, Schmierung, Hydrauliköl), und durch die Kieswäsche (Flockungsmittel).

1.2 Oberflächenwasser

1.2.1 Beschreibung und Beurteilung des Bestandes und der Planung

- ◆ Lage, Bedeutung und Nutzung der betroffenen Oberflächengewässer (Quellen, Fließgewässer, Stillgewässer, Bewässerungsanlagen)
- ◆ Prüfung möglicher hydraulischer Verbindungen zwischen Oberflächengewässern und dem Grundwasser

1.2.2 Auswirkungen des Vorhabens durch

- ◆ mögliche Veränderung der Wasserführung (u. U. Trockenlegung) von betroffenen Oberflächengewässern
- ◆ Beeinträchtigung von Überschwemmungsbereichen
- ◆ Wasserentnahmen für vorhabensspezifische Zwecke

5.4.1 Allgemeiner hydrogeologischer Untersuchungsrahmen

Anlage ROV-T

Zur Beschreibung der bestehenden hydrogeologischen Verhältnisse (Ziff. 1.1.1) ist ein Mindestkenntnisstand erforderlich. Die Beschreibung des geologischen Aufbaus erfordert eine ausreichende Anzahl geologischer Aufschlüsse (Bohrungen, Schürfe, vorhandene Kiesgruben, gegebenenfalls geophysikalische Untersuchungen), die, sofern nicht vorhanden, zu schaffen sind.

Die Beschreibung und Bewertung der Gesamtschutzfunktion der Grundwasserüberdeckung (Bodenkörper und Gesteinskörper) bedarf einer bodenkundlichen Kartierung. Die Ergebnisdarstellung sollte in Form von Karten und Tabellen erfolgen. Hinsichtlich der Erstellung eines Rekultivierungsplanes sollte das zu Rekultivierungszwecken verwendbare Bodenmaterial erfasst werden.

Die Bewertung der Gesamtschutzfunktion sollte jeweils für die Zeit

- vor dem Kiesabbau,
- für die Restgrundwasserüberdeckung während des Abbaus,
- nach Abschluss der Rekultivierung

durchgeführt werden.

Die vorhandenen Grundwassermessstellen und -aufschlüsse sind zu beschreiben und lagemäßig darzustellen (M 1 : 25.000).

Sofern der Kiesabbau in vorhandenen oder geplanten Wasserschutzgebieten, Heilquellenschutzgebieten, Bereichen zur Sicherung von Wasservorkommen sowie im Einzugsgebiet von vorhandenen oder geplanten Grundwasserentnahmen bzw. -nutzungen liegt, sind zusätzlich folgende Untersuchungen bzw. Angaben erforderlich:

- Zur Charakterisierung der Grundwasserfließsysteme (Grundwasserfließrichtung, hydraulischer Gradient) sind zeitliche Beobachtungen erforderlich.
- Grundwasserneubildungsgebiete und -austrittsgebiete sind im Zusammenhang mit Angaben zur Grundwasserneubildung zu beschreiben.
- Die Wechselbeziehungen zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern sind (sofern durch die Abbaumaßnahme betroffen) zu beschreiben.

In Einzelfällen können für die Beschreibung der Beschaffenheit des Grundwassers die Durchführung hydrochemischer Untersuchungen (physiko-chemische Parameter und Hauptinhaltsstoffe) und Isotopengehaltsbestimmungen (^3H , ^2H , ^{18}O) erforderlich sein.

6 Betriebliche Untersuchungen und Nachweise über den plan- und bedingungsgemäßen Abbau

Anlage BU

6.1 Betriebstagebuch

Es ist ein Betriebstagebuch zu führen, in das der zuständigen Fachbehörde Einsicht zu gewähren ist. In dieses ist monatlich folgendes einzutragen:

- ◆ Abbaubereich - alle Änderungen der Baggerposition sind räumlich (Lageplan) und zeitlich (z. B. Listen) zu dokumentieren
- ◆ maximale Abbautiefe im Abbaubereich
- ◆ etwa geförderte Abbaumenge [m³]
- ◆ besondere Vorkommnisse (größere Betriebsstörungen, Reparaturen)
- ◆ Messung der Wasserstände, Grundwassermessstellen und Lattenpegel.

6.2 Nachweise

Der Unternehmer hat der zuständigen Fachbehörde in der Regel alle zwei Jahre einen Bericht über den Fortgang der Abbauarbeiten mit Angabe der jährlich geförderten Materialmengen in m³ vorzulegen. Um einen ordnungsgemäßen - den Plänen, Beschreibungen und Bestimmungen entsprechenden - Abbau zu gewährleisten, sind vom Betreiber der Kiesgrube darüber hinaus alle zwei Jahre unaufgefordert die auf den neuesten Stand gebrachten Bestandspläne, siehe Kapitel 6.2.1, vorzulegen.

6.2.1 Vermessungstechnische Anforderungen

Anforderungen an Vermessungsunterlagen, die regelmäßig zur Kontrolle des ordnungsgemäßen Abbaus sowie der Renaturierungsaufgaben durchzuführen sind:

- ◆ Die Vermessungen sind alle zwei Jahre von einem(r) unabhängigen, geeigneten Vermessungsingenieur/in vorzunehmen und bewerten zu lassen.
- ◆ Der Bereich der Vermessung umfasst die Flächen, in denen innerhalb der letzten beiden Jahre ein Abbau, eine Auffüllung bzw. Veränderungen vorgenommen wurden.
- ◆ Auswertung und Bewertung im Bericht bzw. nach Vorgabe im Planfeststellungsbeschluss
- ◆ Die Vermessungsunterlagen bestehen aus Erläuterungsbericht, Lageplan, Orthophotos und Profilen.
- ◆ Die **Orthophotos** sind im Maßstab von etwa 1 : 5000 anzufertigen. Sie können auf Kosten des Unternehmers vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg bezogen werden. Die Photos sind alle 5 Jahre vorzulegen; kürzere Fristen können im Einzelfall aus konkretem Anlass bestimmt werden.
- ◆ Grundlage des **Lageplans** ist der Abbauplan aus den Genehmigungsunterlagen (gleicher Maßstab!). Sofern keine vollständige Vermessung erforderlich ist, ist ein Detailplan vorzulegen, der eine eindeutige Zuordnung zum Abbauplan und zur letzten Vermessung zulässt.

- ◆ Der **Lageplan** muss mind. folgende Informationen enthalten:
 - Grundstücksgrenzen
 - Konzessionsgrenzen
 - Abbaugrenzen
 - Abbauabschnitte
 - Böschungslinien mit Abständen zur Konzessionsgrenze
 - Höhenlinien Sohle für Ist- und Sollzustand (Tiefenlinienplan)
 - Angaben fester Koordinaten
 - Standort des Schwimmbaggers zur Zeit der Vermessung
 - Lage der vermessenen Profile
 - Schraffur des evtl. überbaggerten Bereiches
 - Darstellung von Zwischenlagerflächen

- ◆ Bei Abschlussvermessung: Lageplan zusätzlich mit Höhenlinien, Hochwasserstand, Niedrigwasserstand, Isobathenplan, Linien im Abstand von 5 m; bis 4 m unter Mittelwasserlinie 2 m Abstand (Tiefenlinienplan)

- ◆ Die **Profile** (MdL/H = 1 : 500 bzw. MdL = 1 : 500, MdH = 1 : 250) müssen mind. folgende Informationen enthalten:
 - Konzessionsgrenze
 - Abbaugrenze
 - OK-Böschung
 - Ist-Profil mit Höhen, HW, NW, MW, 4 m unter MW, Wasserstand z. Z. der Erhebung
 - Soll- und Ist-Profil sowie Vorvermessung vom Geländeanschnitt ab mit Böschungsneigungen und Abbautiefe / Sohle
 - Schraffur des evtl. überbaggerten Bereichs

Nur im begründeten, konkreten Einzelfall:

 - im Uferbereich bis 4 m unter MW müssen die Höhenangaben in einer Dichte von mind. 1 m erfolgen

Der Mindestabstand der Profile darf 30 m nicht überschreiten. Auf Anordnung der Überwachungsbehörde können auch andere Abstände gewählt werden. Die Profile sind möglichst senkrecht zur Uferlinie anzulegen.

- ◆ Der **Erläuterungsbericht** muss folgende Angaben enthalten:
 - Beschreibung der Vermessung hinsichtlich Einhaltung der Genehmigung (z. B. Überbaggerungen)
 - Ermittlung der Gesamtbaggerung und ggf. einer Überbaggerung seit der letzten Vermessung hinsichtlich Fläche und Volumen. Sollte die letzte Vermessung mehr als 3 Jahre zurückliegen, sind die entsprechenden Angaben über die letzten 3 Jahre zu machen
 - die seit der letzten Vermessung geförderte Kiesmenge [m³]
 - Besonderheiten wie z. B. Böschungseinbrüche

- ◆ Nach erfolgter Rekultivierung hat eine einmalige Vermessung des Rekultivierungsbereiches zwischen Konzessionsgrenze und Mittelwasserlinie zu erfolgen (Ist/Soll-Profil).

- ◆ Im Bereich des Kiesgrubengeländes sind durch ein Vermessungsbüro die notwendigen Festpunkte anzulegen, die auf NN einzumessen sind.

6.2.2 Baggersee- und Grundwasseruntersuchungen

Die im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudie durchgeführten Untersuchungen (Zustandsbeschreibung Gewässerökologie und Grundwasser) bilden die Daten- und Bewertungsgrundlage der Baggersee- und Grundwasseruntersuchungen. Die regelmäßigen Untersuchungen sind in 2 bzw. 6-jährigem Turnus (Untersuchungsumfang A1 bzw. A2) gemäß Tabelle 5.1 durchzuführen. Der Untersuchungsaufwand muss notwendigerweise erweitert werden, wenn wesentliche Störungen und Probleme am Baggersee festgestellt werden (Untersuchungsumfang B), vergleiche Abbildungen 18 und 19.

Untersuchungsumfang A1

Turnus: alle 2 Jahre

Untersuchungszeitpunkte: Frühjahrszirkulation, Sommerstagnation (gegen Ende der Stagnation)

a) Profilmessungen mit Wasserproben (reduziert)

Untersuchungsumfang A2

Turnus: In der Regel alle 6 Jahre, gerechnet vom Zeitpunkt der Umweltverträglichkeitsuntersuchung bzw. der letzten betrieblichen Untersuchung

Untersuchungszeitpunkte: Frühjahrszirkulation, Sommerstagnation (gegen Ende der Stagnation)

a) Profilmessungen mit Wasserproben (reduziert)

b) Untersuchung von Wasserproben

c) Untersuchung von Sedimentproben

Untersuchungsumfang B

Biomassenbestimmung: Ermittlung der Einzelbiomassen von

d) Phytoplankton (incl. Bestimmung der Leitformen)

e) Zooplankton (incl. Bestimmung der Leitformen)

f) Fischbestand (Abschätzung über Besatz und Fang aus Angaben des Fischpächters)

Zuflussanalytik: Falls kontinuierliche Oberflächenzuflüsse vorhanden sind, sind diese auf Nährstoffe und Belastungsstoffe zu untersuchen (BSB, DOC, Cl, NH₄, NO₃, NO₂, Orthophosphat, Gesamtphosphat).

Wird bei der Untersuchung A1 eine Überschreitung von mehr als einem der in Tabelle 5.2 angeführten Kenngrößenwerte im Wasser des Baggersees festgestellt, sind zur Klärung der Ursachen und zur Bestätigung der Beeinträchtigung sofortige zusätzliche Untersuchungen nach Umfang A2 notwendig. Dies gilt auch bei Verdacht auf unvollständige Durchmischung (Zirkulationsphase) sowie bei Fischsterben. Der jeweilige Untersuchungsumfang von A2 kann im begründeten Einzelfall ursachenbezogen durch die zuständige Behörde festgelegt werden. Die nach Durchführung der Untersuchung A1 (ergänzt durch A2) bzw. nach der Durchführung der turnusmäßigen Untersuchung A2 erzielten bzw. bestätigten Untersuchungsergebnisse sind bei Überschreitung von mehr als einem der in Tab. 5.2 angeführten Kenngrößenwerte im Baggerseewasser durch eine(n) unabhängige(n), geeignete(n) Gutachter/in zu bewerten. In der gutachterlichen Bewertung sind auch Vorschläge für notwendige ergänzende Untersuchungen nach Untersuchungsumfang B zu erarbeiten sowie deren zeitlicher Abstand und Umfang vorzuschlagen. Die weitere Vorgehensweise wird durch die zuständige Behörde festgelegt.

Bei der Bewertung ist zu berücksichtigen, dass die Überschreitung einzelner Kenngrößen aus Tabelle 5.2 auch geogene Ursachen haben kann. In diesem Fall ist die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen zu prüfen. Wird bei einer Wiederholungsuntersuchung festgestellt, dass keine der Kenngrößenwerte mehr überschritten wird, kann auf den Untersuchungsumfang A1 und A2 übergegangen werden.

| Schutzgut Zeitpunkt | | Baggersee * 1) | | Grundwasser * 2) | Turnus |
|--|---|------------------------------|-------------------------------|---|---------|
| | | gegen Ende der Stagnation | gegen Ende der Zirkulation | gegen Ende der Zirkulation und Stagnation | |
| Parameter | Untersuchungsgrund | | | | A1 / A2 |
| a) Profilmessungen mit Wasserproben (reduziert) | | | | | |
| Temperatur | Charakterisierung des Sees bzw. des Grundwassers sowie Ermittlung geeigneter Entnahmetiefen, trophie- und belastungsrelevante Kenngrößen | x | x | x | A1 A2 |
| Sauerstoff | | x | x | x | |
| El. Leitfähigkeit | | x | x | x | |
| pH-Wert | | x | x | x | |
| Sichttiefe | | x | x | | |
| Gesamtphosphor | | | 1Mges | | |
| Chlorophyll a | | 1ME | | | |
| Ammonium | | 1ME/1MH/1ÜG | | | |
| H ₂ S * 3) | | 1ÜG/1MH | | | |
| b) Untersuchung von Wasserproben | | | | | |
| Farbe, Bodensatz, Trübung, Geruch | T, B | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | 1Mges | |
| Gesamthärte | SH | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | 1Mges | |
| HCO ₃ (K _S 4,3) | SH | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | 1Mges | |
| Gesamtphosphor (TR) | T, B | 1ME/1MH/1ÜG | | 1Mges | |
| Orthophosphat (SRP) | T, B | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | 1Mges | |
| Nitrat | T, B | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | 1Mges | |
| Nitrit | T, B | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | 1Mges | |
| Ammonium | T, B | | 1Mges | 1Mges | |
| Chlorid | S, B | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | 1Mges | |
| Sulfat | T, B | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | 1Mges | |
| Oxidierbarkeit in mg/l O ₂ | B | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | 1Mges | |
| Silicium | T | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | 1Mges | |
| DOC | B | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | 1Mges | |
| Natrium | allgemeine Charakterisierung des Grundwassers | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | 1Mges | |
| Kalium | | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | 1Mges | |
| Calcium | | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | 1Mges | |
| Magnesium | | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | 1Mges | |
| Eisen | | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | 1Mges | |
| Mangan | | 1ME/1MH/1ÜG | 1Mges | 1Mges | |
| c) Untersuchung von Sedimentproben * 4) | | | | | |
| Farbe | allgemeine Charakterisierung des Sees (Vor-Ort- Beurteilung) | 1GP | | | |
| Geruch | | 1GP | | | |
| Korngröße | | 1GP | | | |
| Oxidationszustand | | 1GP | | | |
| Sedimentmächtigk. | | SS | | | |
| Gesamtphosphat | T, SH | 1GP | | | |
| Gesamtstickstoff | T, SH | 1GP | | | |
| Glühverlust | SH | 1GP | | | |
| Trockensubstanz | SH | 1GP | | | |
| Bei Bedarf weitere Parameter, v. a. Schadstoffe | | | | | |

Tabelle 5.1: Mindest-Untersuchungsumfang, Parameter (DEV), Probenart und -anzahl je Messstelle.

Probenart:

| | | |
|------|---|--|
| ME | = | Mischprobe Epilimnion |
| MH | = | Mischprobe Hypolimnion (aus dem mittleren Bereich des Hypolimnion) |
| Mges | = | Mischprobe über gesamte Wassersäule |
| GP | = | Greiferprobe im Tiefenbereich (oberste 5 - 10 cm an den Messstellen) |
| ÜG | = | Wasserprobe über Grund |
| X | = | zu messender Parameter |
| SS | = | Sedimentstecher |

Parameterzweck:

| | | |
|----|---|--|
| T | = | Trophieanzeiger |
| B | = | Belastungsanzeiger |
| SH | = | Stoffhaushalt (Pufferungsvermögen, Ionenbilanz, Depotwirkung etc.) |
| S | = | Salzgehalt |

- * 1) Bei mehreren Tiefenbereichen im See sind mehrere Messstellen erforderlich. Eine der Messstellen muss in der Nähe der größten Seetiefe, aber möglichst weit entfernt vom Bagger liegen. Die Profilmessungen sind im 1-m-Abstand durchzuführen; die Wasserproben müssen an den selben Stellen entnommen werden.
- * 2) Repräsentative Grundwassermessstellen: mindestens eine oberstromig und eine unterstromig zum Baggersee. Beprobung i. d. R. als Mischprobe.
- * 3) Nur bei reduzierenden hydrochemischen Verhältnissen
- * 4) Repräsentative Probe aus dem Tiefenbereich

Erläuterungen zur Baggerseeuntersuchung

Aufgrund der Grundwasserbeschaffenheit (Nährstoffinhalte) tendieren die Baggerseen zu meso- bis schwach eutrophen Seen. Dieser „natürliche“ Belastungszustand kann durch fehlerhafte und übermäßige Bewirtschaftung zu kritischen Zuständen führen. Durch die Untersuchungsvertiefung im Untersuchungsumfang B sollen die Ursachen der Probleme besser erkannt und Anhaltspunkte für die zukünftige Nutzung und evtl. Sanierungsmaßnahmen gewonnen werden. Der Umfang der für notwendig erachteten Untersuchungen richtet sich nach den Ergebnissen der gewässerökologischen Zustandsbeschreibung und der Prognose über die weitere Entwicklung des Baggersees während und nach der Abbauzeit. Bei Seen in spezieller Lage, die im Immissionsbereich von bekannten Schadstoff- oder Belastungsquellen liegen (Altlasten, Überflutungszonen, Intensivlandwirtschaft, Industrie), kann der Parameterumfang für das Grund- und Baggerseewasser um entsprechende Schadstoffe ergänzt werden.

Die 2 bzw. 6-jährlichen Untersuchungsergebnisse (nach Umfang A1 oder A2 sowie ggf. B) der Grundwasseranalysen und der gewässerökologischen Untersuchungen sind in Zwischenberichten darzustellen und der zuständigen Behörde vorzulegen. Die durch unabhängige, geeignete Gutachter/innen zu erstellenden Untersuchungsberichte haben ggf. Vorschläge für die Durchführung von weitergehenden Untersuchungen zur Festlegung anschließender Sanierungsmaßnahmen zu enthalten (unter Berücksichtigung des im Rahmen der Planfeststellung für den See festgelegten Nutzungskonzeptes und der den See beeinflussenden Nutzungen im Einzugsgebiet).

Abschlussuntersuchung

Mit Stilllegung der Kiesentnahme ist eine Abschlussuntersuchung mit dem Umfang A2 und B durchzuführen. Einzelheiten zum Untersuchungsumfang B sind vor Beginn der Probenahme mit der unteren Wasserbehörde abzustimmen. 10 Jahre nach Abbauende erfolgt eine „Nachsorgeuntersuchung“ mit dem gleichen Parameterumfang. Dazwischen ist nach dem Ablaufschema für betriebliche Baggersee- und Grundwasseruntersuchungen (Abb. 18) zu verfahren.

| Kenngröße | Kenngrößenwert | Kritischer Wert | Hinweise |
|---|---|---|---|
| Algenbiomasse (Ende Sommerstagnation) | Chlorophyll a | > 25 µg/l | außerhalb Baggerbetrieb, ohne Tontrübe |
| | Sichttiefe | < 1 m | |
| Nährstoffe (Zirkulationsphase) | Gesamt-Phosphor | > 45 µg/l | |
| Tiefenwasser (Ende Sommerstagnation) | Schwefelwasserstoff (H ₂ S) | > 1 mg/l | |
| | Ammonium (N-NH ₄) | > 1,5 mg/l | |
| | Anteil der sauerstoffarmen Schicht | > 50% | < 2 mg O ₂ /l |
| Vertikale Zirkulationsfähigkeit (Zirkulationsphase) | Tiefenprofil: Temperatur, Sauerstoff, elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert | unvollständige Tiefendurchmischung (Meromixis) | |
| Fischsterben infolge Sauerstoffmangel | | | |

Tabelle 5.2: Kenngrößen für kritisch belastete Baggerseen.

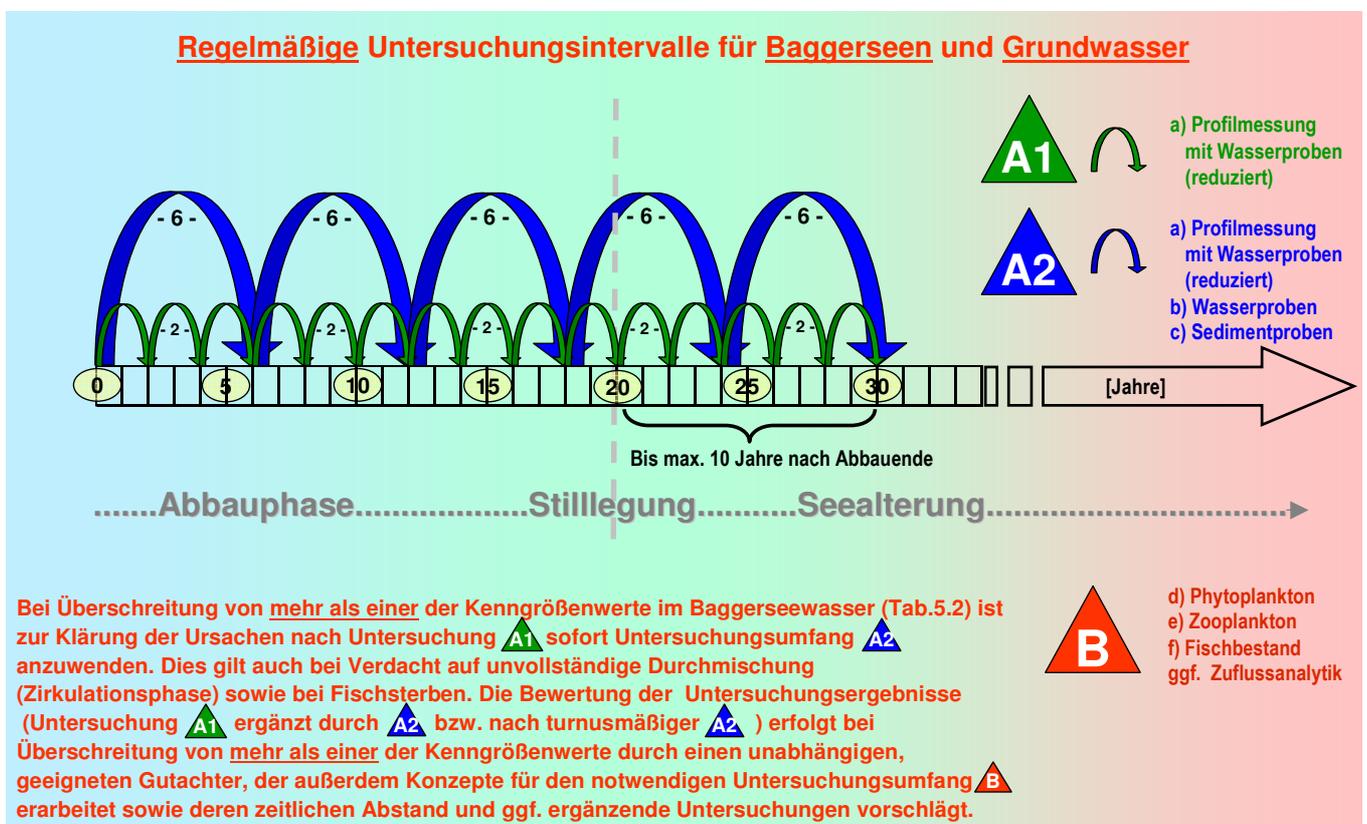


Abbildung 18: Ablaufschema für betriebliche Baggersee- und Grundwasseruntersuchungen.

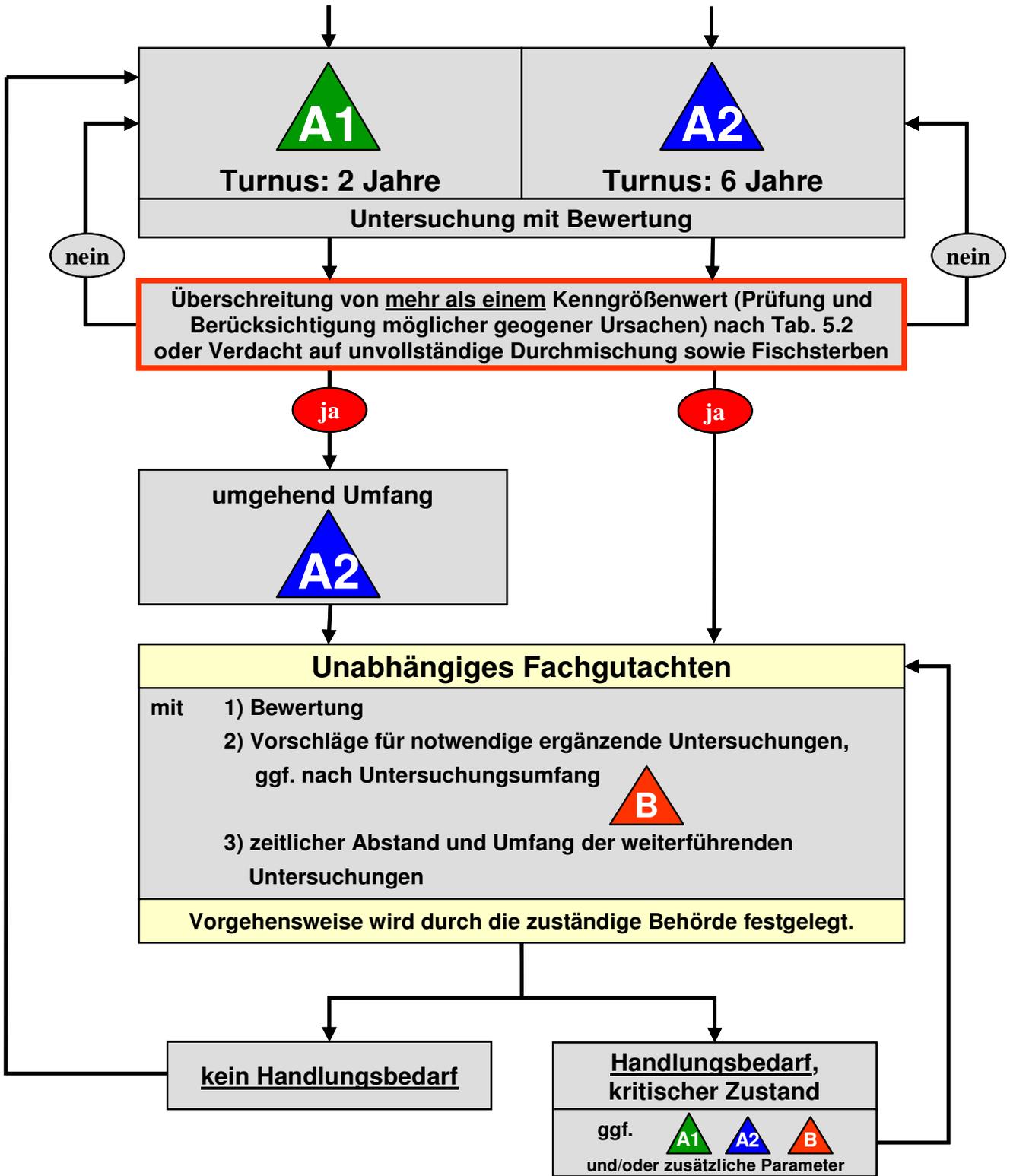


Abbildung 19: Betriebliche Baggerseeuntersuchungen.

7 Verzeichnis der Abkürzungen

(Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Verwaltungsvorschriften, Projekte)

| | |
|---------------------------|--|
| AbwV | Abwasserverordnung |
| BadegewässerVO | Verordnung des Sozialministeriums und des Ministeriums für Umwelt und Verkehr BW über die Qualität der Badegewässer |
| BBergG | Bundesberggesetz |
| BBodSchG | Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundesbodenschutzgesetz) |
| BBodSchV | Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung |
| BGBI | Bundesgesetzblatt |
| BImSchG | Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundesimmissionsschutzgesetz) |
| BNatSchG | Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz) |
| BodSchätzG | Gesetz über Schätzungen des Kulturbodens (Bodenschätzgesetz) |
| EU-Badegewässerrichtlinie | Richtlinie 70/160/EWG des Rates über die Qualität der Badegewässer |
| EU-Recht | Recht der Europäischen Union |
| EU-Wasserrahmenrichtlinie | Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik |
| FFH-Richtlinie | Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. 5. 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie) |
| FischG | Fischereigesetz für Baden-Württemberg |
| KaBa | Pilotprojekt „Konfliktarme Baggerseen“ |
| LBO | Landesbauordnung für Baden-Württemberg |
| LEP | Landesentwicklungsplan für Baden-Württemberg, |
| LfU | Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg |
| LGRB | Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg |
| LplG | Landesplanungsgesetz |
| LVG | Landesverwaltungsgesetz |
| LVwVfG | Verwaltungsverfahrensgesetz für Baden-Württemberg (Landesverwaltungsverfahrensgesetz) |
| LWaldG | Waldgesetz für Baden-Württemberg (Landeswaldgesetz) |

| | |
|---------------|--|
| MLR | Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Ministerium Ländlicher Raum) |
| NatSchG | Gesetz zum Schutz der Natur, zur Pflege der Landschaft und über die Erholungsvorsorge in der freien Landschaft (Naturschutzgesetz) |
| NATURA 2000 | Netz von natürlichen und naturnahen Lebensräumen und von Vorkommen gefährdeter Tier- und Pflanzenarten europäischer Bedeutung auf der Grundlage der FFH-Richtlinie und der EU-Vogelschutzrichtlinie; |
| ROG | Raumordnungsgesetz |
| RoV | Raumordnungsverordnung (= Verordnung zu § 6a Abs. 2 des Raumordnungsgesetzes) |
| ROV | Raumordnungsverfahren (nach § 13 Landesplanungsgesetz) |
| RSK | Rohstoffsicherungskonzept Baden-Württemberg |
| Scoping | Termin zur Vorbereitung einer Umweltverträglichkeitsprüfung, bei dem Untersuchungsumfang, -inhalt und -methoden für die Umweltverträglichkeitsprüfung einzelfallbezogen festgelegt werden |
| UVP (UVU) | Umweltverträglichkeitsprüfung nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) und der Verwaltungsvorschrift zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPVwV). Die UVP ist ein unselbständiger Teil des verwaltungsbehördlichen Zulassungsverfahrens. |
| UVPG | Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung |
| UVP-V Bergbau | Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung bergbaulicher Vorhaben |
| VwV-ROV | Verwaltungsvorschrift des Wirtschaftsministeriums (BW) über die Durchführung von Raumordnungsverfahren (durch Zeitablauf außer Kraft getreten) |
| VwV-WSG | Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums über die Festsetzung von Wasserschutzgebieten |
| WG | Wassergesetz für Baden-Württemberg |
| WHG | Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) |

8 Glossar

- abfiltrierbare Stoffe:** Maß für den Gehalt an ungelösten Stoffen. Sie erschweren die Aufbereitung von Brauch- und Trinkwasser. In unbelasteten Gewässern liegt die Konzentration i. d. R. unter 15 mg/l.
- abiotisch:** leblos; ökologisch wirksame Einflussgrößen von der unbelebten Umwelt ausgehend (physikalisch und chemisch)
- Abstandsgeschwindigkeit:** Quotient aus der Länge eines Stromlinienabschnittes und der vom Grundwasser beim Durchfließen benötigten Zeit, $V_a = \Delta s / \Delta t$. Eine gute Näherung ist der Quotient aus Filtergeschwindigkeit und dem durchflusswirksamen Hohlraumanteil.
- aerob:** Anwesenheit von molekularem Sauerstoff (Gegensatz dazu \Rightarrow anaerob)
- Algenblüte:** (auch: Wasserblüte) populäre Bezeichnung einer auffällig starken Vegetationsfärbung des Wasserkörpers bei Massentwicklungen planktischer Algen, beim Vorkommen von Blaualgen oft verbunden mit auf der Wasseroberfläche treibenden "Farbteppichen" von charakteristischer grüner, rötlicher oder türkisfarbener Färbung. Der Begriff Algenblüte ist ein Paradoxon: Da Algen nicht zu den Blütenpflanzen gehören, können sie gar nicht blühen.
- anaerob:** das Fehlen von molekularem Sauerstoff bezeichnend (Gegensatz dazu \Rightarrow aerob)
- anthropogen:** durch menschliche Aktivitäten verursacht, vom Menschen stammend
- aphotische Zone:** lichtlose Zone (vgl. \Rightarrow tropholytische Zone)
- Aquifer:** \Rightarrow siehe Grundwasserraum
- Assimilation:** Umwandlung und Einbau aufgenommener Nährstoffe oder Nahrung in körpereigene Substanz
- Austauschrate** (beim Grundwasser): Wassermenge, die pro Zeiteinheit zwischen zwei Betrachtungsbecken druckabhängig ausgetauscht wird.
- Benthos:** aquatische, am Boden von Gewässern lebende, tierische oder pflanzliche, Lebensform (vgl. \Rightarrow Makrozoobenthos).
- Bereiche zur Sicherung von Wasservorkommen:** \Rightarrow Regionalplan Mittlerer Oberrhein vom 12.02.1992: Bereiche zur Sicherung von Wasservorkommen
- biogen:** durch lebende Organismen verursacht oder entstanden
- Biomanipulation:** i. w. S. gezielte künstliche Veränderung des Organismenbestandes in einem \Rightarrow Ökosystem; i. e. S. Maßnahme zur \Rightarrow Restaurierung von eutrophierten Seen mit dem Ziel, die verarmte Struktur des Nahrungsnetzes zu verbessern, um damit eine effektivere Ausnutzung der produzierten \Rightarrow Biomasse zu erreichen (Nahrungskette)
- Biomasse:** Gesamtmasse der produzierten oder vorkommenden Lebewesen; die zu einem bestimmten Zeitpunkt auf/in einer/m definierten Fläche oder Volumen vorhanden ist.
- Biotop:** Lebensraum einer \Rightarrow Biozönose (vgl. \Rightarrow Ökosystem)
- Biozönose:** Lebensgemeinschaft aller Organismen (Pflanzen, Tiere, Bakterien) in einem Biotop (vgl. \Rightarrow Ökosystem)
- BTXE:** Leichtflüchtige Aromaten: Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol
- Chlorophyll:** Blattfarbstoff der grünen Pflanzen zur Aufnahme von Lichtenergie und deren Umsetzung in chemische Energie für die \Rightarrow Photosynthese
- CKW:** Chlorierte Kohlenwasserstoffe wie z. B. Trichlormethan, Trichlorethen und dgl.
- Denitrifikation:** Reduktion von Nitrat zu molekularem Stickstoff unter \Rightarrow anaeroben Bedingung durch bestimmte Bakterien (Denitrifikanten); der im Nitrat chemisch gebundene Sauerstoff wird für den körpereigenen Stoffwechsel verwendet ("Nitratatmung").
- Deposition:** Stoffliche Einträge aus der Luft in Form von trockenem oder nassem atmosphärischem Niederschlag mit den daran adsorbierten Stoffen
- Destruent:** "Abbauer, Mineralisierer": Organismus, der tote organische Substanz bis zu anorganischen Verbindungen abbaut (z. B. Bakterien und Pilze); \Rightarrow Mineralisierung
- Desulfurikation:** Reduktion von Sulfat zu Sulfid (Schwefelwasserstoff) unter \Rightarrow anaeroben Bedingungen durch bestimmte Bakterien (Desulfurikanten); der im Sulfat chemisch gebundene Sauerstoff wird für den körpereigenen Stoffwechsel verwendet ("Sulfatatmung").

Dichtemaximum (von Wasser): Reines Wasser ist bei 3,98 °C am schwersten. Dieses Maximum der Wasserdichte verschiebt sich bei den in den meisten Seen vorkommenden Konzentrationen von gelösten Stoffbeimengungen geringfügig zu tieferen Temperaturen. Mit zunehmender Tiefe reduziert sich die Temperatur des Dichtemaximums in erster Näherung mit 0,002 °C pro Meter.

dimiktisch: zweimal jährlich zirkulierend (i. d. R. im Frühjahr und im Herbst); ⇒ vertikale Zirkulation

Durchlässigkeitsbeiwert: Quotient aus Filtergeschwindigkeit und zugehörigem Standrohrspiegelgefälle. Maß für die Durchlässigkeit, das von den Eigenschaften des Grundwasserleiters und von den physikalischen Eigenschaften des Wassers abhängt.

durchwurzelbare Bodenschicht: „Bodenschicht, die von den Pflanzenwurzeln in Abhängigkeit von den natürlichen Standortbedingungen durchdrungen werden kann“ (§ 2 Nr. 11 BBodSchV). Sie schließt i. d. R. den humosen Oberboden (auch „Mutterboden“ im Sinne von § 202 BauGB) und den Unterboden ein, soweit dieser durchwurzelt ist bzw. werden kann. Die durchwurzelbare Bodenschicht ist Teil der Rekultivierungsschicht.

EDTA: Ethylendinitrilotetraacetat (Komplexbildner, praktisch nicht abbaubar)

Einzugsgebiet: Gebiet, aus dem Wasser einem Gewässer zufließt; das **E.** eines Sees umfasst auch die Wasserfläche.

emers: im Wasser wachsend (⇒ Makrophyten) über die Wasseroberfläche herausragend (im Gegensatz zu ⇒ submers)

Epilimnion: obere, wärmere und daher spezifisch leichtere Wasserschicht eines thermisch geschichteten Sees; ⇒ Stagnation, ⇒ Metalimnion, ⇒ Hypolimnion

Epiphyton: pflanzlicher Aufwuchs (Synonym: Periphyton)

euphotische Zone: obere durchlichtete Zone eines Sees (vgl. ⇒ trophogene Zone)

eutroph: hoch produktiv, weil nährstoffreich

Eutrophierung: Prozess zunehmender ⇒ Trophie durch zunehmende Nährstoffanreicherung; unter natürlichen Bedingungen innerhalb langer Zeiträume ablaufend, vom Menschen stark beschleunigt („rasante“ **E.**).

Exfiltration: Grundwasseraustritt in ein oberirdisches Gewässer.

Feldkapazität: vom Boden zurückhaltbare Wassermenge (vgl. ⇒ nutzbare Feldkapazität).

Filtergeschwindigkeit: Quotient aus Grundwasserdurchfluss und der zugehörigen Querschnittsfläche.

Flockungsmittel: Mittel, welche kolloidale und suspendierte Stoffe aus einer Flüssigkeit abtrennen.

Gewässersohle: In einem stehenden Gewässer: zwischen seinen Ufern liegendes Gewässerbett (Seeboden).

GPS-System: Satellitengestütztes Navigations- und Ortungssystem

Gradient: Differenz einer skalaren oder vektoriellen Eigenschaft, die in einem Materie-Kontinuum inhomogen verteilt ist in Richtung ihres stärksten Anstiegs, dividiert durch die Distanz zwischen den beiden zugehörigen Raumpunkten. In Zusammenhang mit Grundwasser: Gefälle der Grundwasserdruckfläche.

Grenzschrift: Übergangsschicht zwischen benachbarten verschiedenen Wasserkörpern innerhalb des Seewasserkörpers. Die zum Seewasserkörper gehörenden Grenzschriften an dessen fester und freier Berandung (Seeboden und Seeoberfläche) kommen durch besondere randliche Austauschprozesse zustande. Diese Grenzschriften bestehen aus den äußeren, im angrenzenden Medium befindlichen Randschichten, die durch das Seewasser noch stark beeinflusst werden und den innerhalb des Wassers liegenden Randschichten. Die genannten äußeren Randschichten gehören wegen der vom Seewasserkörper wesentlich mitbestimmten Übergangsprozessen zum See, wenn er als System mit seinen direkten Wechselwirkungen nach außen aufgefasst wird.

Grundwasserstockwerk: Wassererfüllter Grundwasserleiter einschließlich seiner oberen und unteren Begrenzung als Betrachtungseinheit innerhalb eines vertikal gegliederten Gesamtsystems.

Grundwasserschonbereich: ⇒ Regionalplan Südl. Oberrhein 1995, 2. Änderung vom 24.09.1998: Regionale Grundwasserschonbereiche

Grundwasserraum: Gesteinskörper, der zum Beobachtungszeitpunkt mit Wasser gefüllt ist

Grundwasserüberdeckung: Gesteinskörper oberhalb einer Grundwasseroberfläche

Habitat: Standort (Lebensraum), an dem eine Art oder ein bestimmtes Entwicklungsstadium von ihr regelmäßig anzutreffen ist.

Halokline: Schicht mit großem vertikalen \Rightarrow Gradienten des Salzgehalts im Vergleich zu den oberhalb und unterhalb anschließenden Schichten der Wassersäule

holomiktisch: vollständig (gesamte Wassermasse) bis zum Gewässergrund vertikal zirkulierend (im Gegensatz zu \Rightarrow meromiktisch)

Homothermie: Bezeichnung des besonderen Zustands von Teilbereichen eines Sees oder des gesamten Sees bei einheitlicher Temperatur.

hydraulischer Gradient: Grundwassergefälle: Gefälle der Grundwasseroberfläche, -druckfläche (richtungsabhängig)

hydromorphologisch: \Rightarrow EU-Wasserrahmenrichtlinie: danach sind für die Beschreibung des Zustands von Seen neben anderen die Komponenten Wasserstandsdynamik, Wassererneuerungszeit, Verbindung zum Grundwasserkörper die morphologischen Bedingungen Tiefenvariation, Menge, Struktur und Substrat des Gewässerbodens und Struktur der Uferzone zu beschreiben.

hypertroph: hypereutroph, \Rightarrow polytroph: oft synonym verwendete Begriffe zur Bezeichnung trophischer Zustände, die aufgrund übermäßiger \Rightarrow Nährstoffbelastungen jenseits des klassischen dreistufigen \Rightarrow Trophiesystems liegen. Die Begriffe sind nicht eindeutig definiert oder gar quantifiziert.

Hypolimnion: kalte und daher spezifisch schwerere Tiefenschicht eines thermisch geschichteten Sees; \Rightarrow Stagnation, \Rightarrow Epilimnion, \Rightarrow Metalimnion

Infiltration: Übertritt von oberirdischem Wasser in das Grundwasser

Isobathen: Verbindungslinie zwischen Orten gleicher Tiefe

Isotopenhydrologie: Untersuchung und Interpretation von Isotopengehalten des Wassermoleküls und im Wasser gelöster Stoffe; hier meist Gehalte der stabilen Isotope ^2H und ^{18}O .

Klimaxwald: auf einem bestimmten Standort klimabedingte Waldgesellschaft am Ende der Sukzession, die mit den herrschenden Umweltbedingungen im Einklang steht.

Kolmation: Ablagerung von Feststoffen am und im Gesteinskörper. Kolmation führt zur Verringerung des Hohlraumanteils und des Durchlässigkeitsbeiwertes und bewirkt dadurch mit der Zeit eine Abdichtung.

Kompensationsebene: Übergangsbereich zwischen \Rightarrow trophogener und \Rightarrow tropholitischer Zone. Gleichgewicht zwischen Primärproduktion und biogenem Abbau.

Konvektion: Vertikale Ausgleichsvorgänge, welche über größere Tiefenbereiche eines Gewässers reichen. Konvektion wird durch instabile Dichteschichtung angeregt. So sinkt bei der Abkühlung der Gewässeroberfläche das dort entstehende schwerere Wasser ab und vermischt sich dabei mit den umgebenden Wassermassen. Aus Kontinuitätsgründen wird das Absinken von aufsteigenden Bewegungen begleitet. Wird das Wasser an der Seeoberfläche bis zu seinem Dichtemaximum abgekühlt, und ist das Tiefenwasser nicht aufgrund von Ionenbeimengungen schwerer, so kann die Konvektion bis zum Gewässerboden reichen (Vollzirkulation). In der Natur sind die Konvektionsprozesse kleinskalig und kompliziert. Sie haben aber in der Summe den Charakter einer großräumigen, das ganze Gewässer umfassenden vertikalen Umwälzung. Die Konvektion ist einer der dominanten Prozesse für die Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers.

Kurzschluss, hydraulischer oder hydrochemischer: Verbindung zweier vormals getrennter Fließsysteme bei weitgehendem oder vollständigem Ausgleich von Druck, Konzentration etc.

Lagerstätte: Ein wirtschaftlich gewinnbares Rohstoffvorkommen („bauwürdiges“ Vorkommen). Die Einschätzung wird stark durch Nachfrage und Angebot beeinflusst und ist damit zeitlich veränderlich.

Limnologie: Wissenschaft von der Ökologie und dem Stoffhaushalt der Binnengewässer

Litoral: Der durchlichtete Lebensraum im Uferbereich stehender Gewässer, nach unten begrenzt durch die \Rightarrow Kompensationsebene, seitlich begrenzt durch das \Rightarrow Pelagial.

Makrophyten: Wasserpflanzen, die makroskopisch als Individuen erkennbar sind. Der Begriff beschreibt keine botanisch-systematische Einheit, sondern umfasst höhere Wasserpflanzen (z. B. Schilf, Laichkräuter) ebenso wie Algen (z. B. Fadenalgen, Armleuchteralgen), sofern sie nur hinreichend groß sind.

Makrozoobenthos: Lebensgemeinschaft der Tiere (> 2 mm) in der Bodenzone der Gewässer (vgl. \Rightarrow Benthos)

meromiktisch: niemals vollständig bis zum Gewässergrund vertikal zirkulierend (im Gegensatz zu \Rightarrow holomiktisch); \Rightarrow Monimolimnion

Meromixis: Zustand im Mischungsverhalten von Seen, bei dem permanent nur eine partielle Durchmischung des Wasserkörpers, vornehmlich des oberen Wasserkörpers, stattfindet. Dadurch kommt es über längere Zeiträume zu Anreicherungen von Nähr- und Schadstoffen in der seebodennahen, von der Durchmischung nicht erfassten Wasserschicht, dem so genannten \Rightarrow Monimolimnion. Die Ursache von **M.** liegt häufig in der windgeschützten Lage und Tiefe der Seen und/oder in einem hohen Dichtegradienten. **M.** ist aus Sicht des Gewässerschutzes unerwünscht \Rightarrow holomiktisch.

mesotroph: mäßig produktiv, \Rightarrow Trophiegrad

Metalimnion: Sprungschicht: Wasserschicht zwischen \Rightarrow Epilimnion und \Rightarrow Hypolimnion mit starkem Temperaturgradienten in vertikaler Richtung; \Rightarrow Stagnation

Mindestüberdeckung: Mindestmächtigkeit der noch zu belassenden, natürlichen anstehenden Gesteinsschichten zwischen der Abbausohle und dem höchsten zu erwartenden bzw. bekannten Grundwasserspiegel.

Mineralisierung: Abbau organischer Stoffe zu anorganischen Produkten, die als Ausgangssubstanzen einer \Rightarrow Primärproduktion wieder verwendet werden können.

Monimolimnion: die nie von der Zirkulation erfasste Tiefenschicht eines \Rightarrow meromiktischen Sees; das **M.** ist gegenüber dem übrigen Wasserkörper gekennzeichnet durch Sauerstoffdefizite und eine höhere Dichte des Wassers, i. d. R. verursacht durch hohe Konzentrationen gelöster Substanzen.

monomiktisch: nur einmal jährlich vollständig vertikal zirkulierend (i. d. R. im Winter); s. auch \Rightarrow vertikale Zirkulation

Nekton: Lebensgemeinschaft des \Rightarrow Pelagials: Organismen deren Eigenbewegung größer ist als die passive Verdriftung durch Wasserbewegung; im Süßwasser vor allem Fische.

Nitrifikation: (auch: Nitrifizierung) Oxidation von Ammonium über die Zwischenstufe Nitrit zu Nitrat durch Bakterien. Der Prozeß ist stark sauerstoffzehrend: für je 1 mg N werden etwa 4,6 mg O₂ verbraucht.

NTA: Nitrilotriacetat (Komplexbildner, gut abbaubar)

nutzbare Feldkapazität: im Boden für Pflanzen verfügbare Wassermenge (vgl. \Rightarrow Feldkapazität).

Ökologie: Wissenschaft von den Wechselbeziehungen der Organismen untereinander und mit ihrer Umwelt

Ökomorphologie: Bei Gewässern das Zusammenwirken der strukturbildenden und damit lebensraumgestaltenden Einflussgrößen der aquatischen, amphibischen und terrestrischen Bereiche und deren Organismenbesiedlung.

Ökosystem: funktionelle Einheit von \Rightarrow Biozönose und \Rightarrow Biotop, gekennzeichnet durch stoffliche, energetische und informatorische Beziehungen und Rückkopplungen sowohl zwischen Organismen untereinander als auch zwischen Organismen und Umwelt.

oligotroph: nährstoffarm und daher gering produktiv

Orthophotos: Entzerrte Messbilder insbesondere von Luftbildern unebenen Geländes

Parameter: Kenngrößen als Bewertungsmaßstab

Pelagial: Lebensräume des Freiwasserbereiches stehender Gewässer, besiedelt von den Lebensgemeinschaften des \Rightarrow Planktons und des \Rightarrow Nektons

Photosynthese: Aufbau energiereicher organischer Substanz unter Verwendung von Licht als Energiequelle (\Rightarrow Primärproduktion)

Phytoplankton: pflanzliches, \Rightarrow Plankton, überwiegend bestehend aus mikroskopisch kleinen Algen und Bakterien (Blaualgen)

physikochemische Parameter: Physikalische und chemische Kenngrößen, die für die Beschreibung der hydrographischen und limnologischen Verhältnisse in einem stehenden Gewässer von Bedeutung sind.

Plankton: Lebensgemeinschaft des \Rightarrow Pelagials: frei im Wasser schwebende Organismen, deren Eigenbewegung i. a. gering ist gegenüber der Wasserbewegung, so dass sie passiv verdriftet werden; \Rightarrow Phytoplankton, \Rightarrow Zooplankton

polymiktisch: während eines Jahres häufig vertikal zirkulierend (\Rightarrow vertikale Zirkulation)

polytroph: übermäßig nährstoffreich und daher sehr hoch produktiv; Produktion zeitweilig nicht mehr nährstofflimitiert (oft synonym verwendet: \Rightarrow hypertroph, hypereutroph)

Porosität: Hohlraumanteil eines Gesteins - entspricht dem Quotienten aus dem Volumen aller Hohlräume eines Gesteinskörpers und dessen Gesamtvolumen - Unterscheidung nach durchflusswirksamem und speichernutzbarem Hohlraumanteil

Potenzialabnahme: Druckabnahme \Rightarrow Gradient

Primärkonsument: zweites Glied einer Nahrungskette: Organismus, der sich von Primärproduzenten (pflanzlicher Biomasse) ernährt.

Primärproduktion: Aufbau energiereicher organischer Stoffe aus anorganischen Ausgangssubstanzen (CO₂, Phosphat, anorganische Stickstoffverbindungen usw.) durch Nutzung abiotischer Energiequellen, wie Licht oder chemisch gespeicherter Energie (z. B. durch Oxidation von Sulfid, Methan, Ammonium usw.).

Profundal: lichtloser, tieferer Bereich des Gewässers

Rekultivierungsschicht: Oberste Bodenschicht, die zur Erfüllung der natürlichen Bodenfunktion erforderlich und nach Beendigung des Rohstoffabbaus wiederherzustellen ist. Die Mächtigkeit orientiert sich am ursprünglich vorhandenen Bodenkörper bzw. dem der umgebenden Standorte. Dabei kann es jedoch aufgrund des bei der Verfüllung eingesetzten Materials und der neuen Standortverhältnisse im Ergebnis auch zu einer abweichenden Mächtigkeit kommen. Die Rekultivierungsschicht schließt die durchwurzelbare Bodenschicht mit ein.

Remobilisierung: hier: Rücklösung von im Sediment festgelegten (Nähr-) Stoffen unter \Rightarrow anaeroben Bedingungen

Restaurierung: Maßnahmen in oder an einem See mit dem Ziel, einen durch Gewässerbelastungen entstandenen unerwünschten Zustand zu verbessern (Symptombehandlung).

Sanierung: Maßnahmen im Einzugsgebiet eines Sees zur Minimierung oder Beseitigung von Gewässerbelastungen mit dem Ziel, Wasserqualität und Gewässerzustand nachhaltig zu verbessern (Ursachenbehandlung).

Saprobie: Intensität der abbauenden Stoffwechselleistungen in einem Ökosystem (komplementär zu \Rightarrow Trophie)

Sediment: (limnologisch) an der Gewässersohle oberirdischer Gewässer abgelagerte Feststoffe

Seiches: (Aussprache frz.) periodische Schwingungen des Wasserkörpers eines Sees mit maximaler Amplitude an der Seeoberfläche. Die Periodendauer liegt je nach Größe, Form und Ausdehnung des Seebeckens im Bereich von Minuten bis zu mehreren Stunden. Die Amplitude beträgt i. a. einige Zentimeter bis zu wenigen Dezimetern.

Sekundärkonsument: drittes oder höheres Glied in der Nahrungskette: Organismus, der sich von anderen Konsumenten (tierischen Organismen) ernährt.

Sekundärproduktion: Zunahme von Biomasse auf der Ebene der \Rightarrow Primär- oder Sekundärkonsumenten. Die Verwendung des Begriffes "Produktion" ist irreführend, da es sich bei der **S.** lediglich um die \Rightarrow Assimilation bereits vorhandener organischer Substanz handelt.

Selbstreinigung: Fähigkeit eines Gewässers Belastungen durch gewässerinterne Prozesse zu vermindern. Der Abbau erfolgt in der Regel mikrobiell (Bakterien, Einzeller, Algen).

Sichttiefe: Maß für die Durchsichtigkeit (bzw. Trübung) eines Wasserkörpers: Tiefe, in der eine im Wasser abgesenkte weiße Scheibe (Secchi-Scheibe) gerade noch erkennbar ist.

Speicherkoeffizient: Produkt aus spezifischem Speicherkoeffizient und Grundwassermächtigkeit – entspricht im freien Grundwasser dem (speicher)nutzbaren Hohlraumanteil, im gespannten Grundwasser der Wasserabgabe pro Volumeneinheit, die bei Erniedrigung des Druckes um 1 m erfolgt.

Sprungschicht: \Rightarrow Metalimnion

Stagnation: Zustand der stabilen Schichtung des Wasserkörpers in einem See aufgrund eines vertikalen Dichtegradients. Der Begriff **S.** bezieht sich i. a. auf jahresperiodisch auftretende thermische Schichtung von Seen, bei der entweder ein warmer Wasserkörper (\Rightarrow Epilimnion) über einem kälteren (\Rightarrow Hypolimnion) lagert (Sommerstagnation) oder bei der über einem 4° C (Temperatur der maximalen Dichte des Wassers) warmen Wasserkörper ein kälterer und darüber evtl. noch eine Eisdecke lagert (Winterstagnation).

Stickstofffixierung: Aufnahme und \Rightarrow Assimilation von molekularem Stickstoff, der damit als pflanzlicher Nährstoff nutzbar gemacht wird. Zur **S.** sind (vermutlich) nur Bakterien befähigt; die wichtigsten Stickstofffixierer in Gewässern sind Blaualgen.

Stockwerk: siehe Grundwasserstockwerk

Stoffsenke: Nachhaltige Entfernung von Stoffen aus dem Wasserkörper auf natürliche Weise, z. B. durch Ausflockung und Sedimentation.

Strahlungsenergie: Mit Bezug auf stehende Gewässer die gesamte auf sie treffende und von ihnen abgegebene Energie des elektromagnetischen Wellenspektrums.

submers: im Wasser vollständig untergetaucht lebend (im Gegensatz zu \Rightarrow emers)

Sukzession: 1. Nachfolge; 2. Zeitliche Aufeinanderfolge von Arten bzw. Lebensgemeinschaften eines Biotops, Vegetationsstrukturen und Artenzusammensetzungen aufgrund allmählicher oder tiefgreifender Veränderungen der Existenzbedingungen in einem gegebenen Areal (botanisch).

Suspension: Grobdisperse Lösung, die als trübe erscheint / Eine Lösung mit unlöslichen Feststoffteilchen, Durchmesser > 100 nm; Teilchen können sich auch früher oder später absetzen.

Tiefenerosion: Erosion der \Rightarrow Gewässersohle

Thermokline: gedachte dünne Schicht („Fläche“) im Bereich des größten durch Temperaturunterschiede bedingten Dichtegradienten, \Rightarrow Gradient

Transmissivität: Integral des Durchlässigkeitsbeiwerts über die Grundwassermächtigkeit

Trennschicht / Trennhorizont, hydraulisch wirksam: Grundwassergeringleiter, der im Vergleich zu benachbarten Grundwasserleitern gering wasserdurchlässig ist. Hydraulische Wirksamkeit liegt insbesondere dann vor, wenn die durch die Trennschicht getrennten Grundwasserleiter in der Vertikalen unterschiedliche Standrohrspiegelhöhen aufweisen.

Trennstromfläche (Trennstromlinie): Trennt Gebiete, aus denen Grundwasser einem bestimmten Ort zufließt bzw. nicht zufließt.

Trophie: Intensität der aufbauenden Stoffwechselleistungen in einem Ökosystem (\Rightarrow Primärproduktion); komplementär zu \Rightarrow Saprobie

Trophiegrad: Grad der Versorgung mit verfügbaren Nährstoffen, auch Trophiestufe genannt; Zustandsbereich im \Rightarrow Trophiesystem; unterschieden werden die **T.** \Rightarrow oligotroph, \Rightarrow mesotroph, \Rightarrow eutroph und \Rightarrow polytroph oder \Rightarrow hypertroph. Die Begriffe implizieren die Vorstellung von eindeutig voneinander abgegrenzten „Stufen“, tatsächlich sind jedoch die Übergänge zwischen den einzelnen **T.** fließend.

Trophiesystem: Empirisch entwickeltes Klassifizierungssystem von Seen auf der Basis unterschiedlicher \Rightarrow Trophie. Das Trophiesystem hat ausschließlich beschreibenden, ordnenden Charakter; es beinhaltet keine Bewertung.

trophogene Zone: durchlichteter Oberflächenbereich eines Gewässers, in dem die Intensität der \Rightarrow Primärproduktion höher ist als die der \Rightarrow biogenen Abbauprozesse.

tropholytische Zone: Tiefenbereich eines Gewässers, in dem die Intensität der Abbauprozesse größer ist als die der durch Lichtmangel begrenzten \Rightarrow Primärproduktion.

Uferentwicklung: Verhältnis der Uferlänge eines Sees zum Umfang eines Kreises von der Größe der Seefläche. Die Größe dieses Wertes beschreibt summarisch die „Verzahnung“ eines See mit der unmittelbar umgebenen Landschaft und gibt damit einen Hinweis auf die Bedeutung der \Rightarrow Litoralzone und des Ufers mit ihren Lebensgemeinschaften für das gesamte Ökosystem. (Bei einem Wert von 1 ist der See kreisrund.)

Umgebungsfaktor: Verhältnis der Landfläche des \Rightarrow Einzugsgebietes eines Sees zur Seeoberfläche. Die Größe des **U.** steht in Beziehung zum natürlichen \Rightarrow Trophiegrad eines Gewässers; Seen mit kleinem **U.** sind i. d. R. geringer produktiv als solche mit großem **U.**

Unterhaltung: Maßnahmen an einem Gewässer mit dem Ziel, die Befriedigung bestimmter Nutzungsansprüche zu gewährleisten.

Vegetationsperiode: Zeitraum des Pflanzenwachstums im Jahresverlauf (in Mitteleuropa etwa März/April bis September/Okttober). Der Begriff kann bei limnischen Ökosystemen eigentlich nur für die \Rightarrow Litoralvegetation sinnvoll angewendet werden; Produktion und Wachstum von \Rightarrow Phytoplankton findet ganzjährig statt; selbst unter einer Eisdecke können Algenmassenentwicklungen auftreten.

Vertikale Zirkulation: nach DIN 4049, Teil 2:

Großräumige Umwälzung des Wassers eines stehenden Gewässers bedingt durch Dichteänderungen und Wind. Perioden der Zirkulation und Stagnation wechseln im Verlauf des Jahres ab. Je nach Ausmaß der Umwälzung unterscheidet man Gewässer mit:

- vollständiger Umwälzung (Vollzirkulation) (holomiktisch)
- partieller Umwälzung (meromiktisch)

Nach der Häufigkeit der jährlich auftretenden Umwälzung unterscheidet man Gewässer mit:

- einmaliger Umwälzung. (\Rightarrow monomiktisch),
- zweimaliger Umwälzung. (\Rightarrow dimiktisch),
- ganzjährig häufiger oder ständiger Umwälzung (\Rightarrow polymiktisch)
- nur unregelmäßig in mehrjährigen Abständen auftretende Umwälzung (oligomiktisch).

Vollzirkulation: vollständige vertikale Durchmischung des gesamten Wasserkörpers eines Sees (\Rightarrow vertikale Zirkulation, \Rightarrow holomiktisch)

Vorkommen: Bei einem Rohstoffvorkommen handelt es sich um einen geologischen Körper, in dem bestimmte mineralische Rohstoffe angereichert sind; dabei bleibt ungeklärt, ob die Gesteine oder Minerale dieses Vorkommens auch wirtschaftlich gewinnbar sind (im Gegensatz zu Lagerstätte).

Wasserblüte: ⇒ Algenblüte

Wasserkörper: nach DIN 4049, Teil 1:
„Wasservolumen, das eindeutig abgegrenzt oder abgrenzbar ist.“

Xenobiotisch: künstlich erzeugte organische Stoffe, die nicht in der Natur vorkommen

Zirkulation: ⇒ Vertikale Zirkulation

Zooplankton: tierisches ⇒ Plankton; in Binnengewässern im Wesentlichen durch Rädertiere und Kleinkrebse geprägt; ⇒ Phytoplankton

9 Literaturverzeichnis

- BÖTTGER, M., HÖTZL, H. & KRÄMER, F. (1978): **Die landschaftliche Gestaltung von Materialentnahmestellen – 2. Die Standsicherheit von Böschungen in Sand- und Kiesgruben**, Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg, Heft 13, Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- BOOS, K.J. & STROHM, F. (1999): **Ab- und Umbauprozesse in Baggerseen und deren Einfluss auf das Grundwasser (Literaturauswertung)**, Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Reihe „Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie“, Band 52, 174 S., Karlsruhe
- CARLSON, R. E. (1977): **A trophic state index for lakes**, Limnol. and Oceanography 22(2), 361-369
- DINGETHAL, F.J., JÜRGING, P., KAULE, G. & WEINZIERL, W. (1998): **Kiesgrube und Landschaft**, Handbuch über den Abbau von Sand und Kies, über Gestaltung, Rekultivierung und Renaturierung, 3. Auflage, 337 Seiten, Donauwörth
- DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (1996): **DIN 19731 Verwertung von Bodenmaterial**, 14 S., Beut Verlag GmbH Berlin
- DVGW - DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E. V. (1995): **Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; I. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser**. DVGW Arbeitsblatt W101; Eschborn / Bonn. –[Derzeit in Überarbeitung]
- DVWK - DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1988): **Sanierung und Restaurierung von Seen**, DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft 213/1988, 33 S., Hamburg/Berlin, ISBN 3-490-31397-6
- DVWK - DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1992): **Gestaltung und Nutzung von Baggerseen**. DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft 108/1992, 18 S., 4. Auflage, Hamburg/ Berlin, ISBN 3-490-20997-4
- DVWK - DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1996): **Erholung und Freizeitnutzung an Seen - Voraussetzung, Planung, Gestaltung**. DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft 233/1996, 66 S., Bonn, ISBN 3-89554-028-5
- DVWK - DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1996): **Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen**. DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft 238/1996, 135 Seiten, Bonn, ISBN 3-89554-034-X
- DVWK - DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1999): **Naturnahe Entwicklung von Seen und ihres Umfeldes**. DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft 250/1999, 69 Seiten, Bonn, ISBN 3-89554-100-1
- HGK - GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG UND REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG (1977): **Hydrogeologische Karte (HGK) - Oberrheingebiet: Bereich Kaiserstuhl – Markgräflerland**, 64 S. u. Karten, Freiburg
- HGK - GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG UND REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG (1978): **Hydrogeologische Karte (HGK) - Oberrheinebene: Raum Rastatt**, 52 S. u. Karten, Freiburg
- HGK - GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG UND REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG (1979): **Hydrogeologische Karte (HGK) - Oberrheingebiet: Bereich Bühl - Offenburg**, 68 S. u. Karten, Freiburg
- HGK - GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG UND REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG (1979): **Hydrogeologische Karte (HGK) - Freiburger Bucht**, 72 S. u. Karten, Freiburg

- HGK - GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG UND REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG (1980): **Hydrogeologische Karte (HGK) - Oberrhein-gebiet: Raum Lahr**, 60 S. u. Karten, Freiburg
- HGK - GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1982): **Hydrogeologische Karte (HGK) - Oberschwaben: Erolzheimer Feld/Illertal**, 100 S. u. Karten, Freiburg und Karlsruhe
- HGK - GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1985): **Hydrogeologische Karte (HGK) – Grundwasserlandschaften**, 11 S. u. Karten, Freiburg
- HGK - GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG UND REGIERUNGSPRÄSIDIUM TÜBINGEN (1989): **Hydrogeologische Karte (HGK) - Oberschwaben: Leutkircher Heide und Aitrachtal**, 122 S. u. Karten, Freiburg und Karlsruhe.
- HGK 1999 - MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG, HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN & MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN RHEINLAND-PFALZ (1999): **Hydrogeologische Kartierung (HGK) und Grundwasserbewirtschaftung Rhein - Neckar - Raum** - Fortschreibung 1983 – 1998, 18 Karten zur Hydrogeologie, Grundwasserneubildung, Beschaffenheit, Schutzfunktion, Modellergebnisse, Stuttgart - Wiesbaden - Mainz
- HAUDE, W. (1955): **Zur Bestimmung der Verdunstung auf möglichst einfache Weise**, Mitteilungen Deutscher Wetterdienst Nr. 11
- HÖLSCHER, J. & WALTHER, W. (1990): **Auswirkungen des Kiesabbaus auf den Sauerstoff- und Stickstoffhaushalt eines Grundwasserleiters im Einzugsgebiet eines Wasserwerks im oberen Okertal**, GWF, Wasser, Abwasser 131, Heft 4, S. 192 - 197
- HÖLSCHER, J. (1994): **Stickstoffbilanz für ein durch Kiesgewinnung gestörtes Grundwasser in einem Wassereinzugsgebiet**, Veröffentlichungen des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft Technische Universität Braunschweig, Heft 55, 252 S.
- 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.
- ICKS, G. (1990): **Auswirkungen des Kiesabbaus auf die Grundwasserhydraulik eines pleistozänen Grundwasserleiters im Einzugsgebiet eines Wasserwerks im oberen Okertal**. GWF, Wasser, Abwasser 131, Heft 4, S. 198 - 201
- LABO - LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (2002): „**Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV**“, Vollzugshilfe zu den Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden (§ 12 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung)
- LAGA - LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL (1997): „**Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln**“, LAGA-Mitteilungen M20 in Überarbeitung
- LAWA - LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (1998): „**Gewässerbewertung – stehende Gewässer**“, Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien, Kulturbuch-Verlag Berlin GmbH
- LGRB - LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU BADEN-WÜRTTEMBERG (1991): **Hydrogeologische Kriterien für die Abgrenzung von Wasserschutzgebieten in Baden-Württemberg**. – GLA Informationen 2/91; Freiburg i. Br.
- LGRB - LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU BADEN-WÜRTTEMBERG (2000): **Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen Baggersee und Grundwasser** - Abschlussberichte für die im KaBa-Teilprojekt 6 untersuchten Seen (Epplesee, Leisse, Alter Vogelbaggersee, Waldsee/Hesselhurst, Apostelsee, Waldsee/Emmendingen, Binninger Baggersee und Bechinger Baggersee, 8 Bände: 226 S., 599 Anl., 56

Tab.; Freiburg i. Br. (LGRB). – [Bearbeiter: BERTLEFF, B., KILGER, M., PLUM, H., SELG, M., STICHLER, W., STORCH, D. H. & TRAPP, C.] – [Veröff. als CD-ROM-Beilage in LGRB (2001)]

- 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 S., 1 CD-ROM, Freiburg i. Br. – [Bearbeiter: BERTLEFF, B., PLUM, H., SCHUFF, J., STICHLER, W., STORCH, D. H. & TRAPP, C.]
- LGRB - LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU BADEN-WÜRTTEMBERG (2002): **Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2002**. Gewinnung, Verbrauch und Sicherung von mineralischen Rohstoffen. – L. Amt Geol., Rohst. U. Bergb. Baden-Württemberg, Informationen, 14: 92 S., 58 Abb., 12 Tab., 1 Anh.; Freiburg i. Br.-[Bearbeiter: WERNER, W., KIMMIG, B., BRASSE, A., BOCK, W. D., FINGER, P., TRAPP, C., SCHLOZ, W., DENNERT, V., FROMM, F., BOCK, H., KÖBERLE, G., KÜCK, J. & ANDRÄ, H.]
- LFU - LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1975): **Wasserwirtschaftliche Untersuchungen an Baggerseen, 1.Bericht**, Untersuchungsbericht, 53 S., Karlsruhe
- LFU - LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1977): **Wasserwirtschaftliche Untersuchungen an Baggerseen, 2.Bericht**, Untersuchungsbericht, 165 S., Karlsruhe
- LFU - LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1981): **Wasserwirtschaftliche Untersuchungen an Baggerseen, 3.Bericht**, Untersuchungsbericht, 91 S., Karlsruhe
- LFU - LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1992, 1993, 1994a, 1995, 1996a, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001): **Grundwasserüberwachungsprogramm - Ergebnisse der Beprobung des Jahres: jeweils Jahr 1991 bis Jahr 2000**. Karlsruhe
- LFU - LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1994b): **Grundwasserüberwachungsprogramm - Geogen geprägte Hintergrundbeschaffenheit** - Ergebnisse aus dem Basismessnetz. Reihe Wasser, Karlsruhe
- LFU - LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1998): **Leitfaden für die Eingriffs- und Ausgleichsbewertung bei Abbauvorhaben**, Reihe „Fachdienst Naturschutz, Naturschutz Praxis, Eingriffsregelung 1“, 31 S., Karlsruhe
- LFU - LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1999): **Verfahrensmanagement bei Abbau, Aufschüttungen und Herstellung künstlicher Wasserflächen**, Leitfaden, Reihe „Fachdienst Naturschutz, Naturschutz-Praxis, Eingriffsregelung 2“, 75 S., Karlsruhe
- LFU - LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (2001): **Atlas des Grundwasserzustandes Baden-Württemberg**. - Reihe Grundwasserschutz, Heft 19, Karlsruhe
- LFU - LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (2004a): **Arbeitshilfe Baggerseerestaurierung** - Reihe Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie, Band 83, 67 Seiten, Karlsruhe
- LFU - LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (2004b): **Technische Verfahren zur Restaurierung von Baggerseen** - Reihe Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie, Band 84, 292 Seiten, Karlsruhe
- LFU - LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN – WÜRTTEMBERG, RÉGION ALSACE U..A. (1996): **Großräumiges Grundwassermodell Oberrheingraben zwischen Basel und Karlsruhe. Demonstrationsvorhaben zum Schutz und zur Bewirtschaftung des Grundwassers des deutsch-französisch - schweizerischen Oberrheingrabens (LIFE)**, Zweisprachiger Abschlussbericht mit 14 Karten zur quantitativen Beschreibung des Grundwasservorkommens, Karlsruhe
- LANDESARBEITSKREIS „FORSTLICHE REKULTIVIERUNG VON ABBAUSTÄTTEN“ (2000): **Forstliche Rekultivierung**, Schriftenreihe der Umweltberatung im ISTE, Band 3, Ostfildern
- MIETZ, O. & VIETINGHOFF, H. (1994): **Zu den funktionellen Abhängigkeiten zwischen morphometrischen, topographischen und trophischen Kriterien von Seen**, in Wasserwirtschaft 84 (1994) 12

- MIETZ, O., VIETINGHOFF, H. & GABRYSCH, I. (1995): **Statistische Untersuchungen zur Auswahl, Wichtung und zum Abgleich von Parametern innerhalb eines Klassifikationsansatzes für deutsche Seen sowie die regionale und typenbezogene Differenzierung der Seen in diesem Ansatz**, Endbericht zu dem DVWK-Forschungsauftrag, 36 S., Potsdam
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG (UVM) (1994): **Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums über die Festsetzung von Wasserschutzgebieten (VwV WSG)**. – GABI vom 19. Dezember 1994; Stuttgart. – [Derzeit in Überarbeitung]
- OECD (1982): **Eutrophication of waters – monitoring, assessment and control**, Paris.
- OSGOOD, R. A. (1982): **Using differences among Carlson's trophic state index values in regional water quality assessment**, Water Resources Bulletin 18, 67-74
- PFEIFFER, K. & BAUMERT, H. (2000): **Seenphysikalische Prozesse in Baggerseen - Modellgestützte Bewertungs- und Entscheidungshilfen**, Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Reihe „Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie“, Band 62, 57 Seiten, Karlsruhe
- REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG (2001): **Anforderungen an die Durchführung von Auffüllungen und Rekultivierungen**, Merkblatt, Stand 08.01.2001
- RÉGION ALSACE, LfU-LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG U. A. (1996): **Hydrogeologische Kartierung der Oberrheinebene** (von Basel bis Raum Rastatt - Lauterbourg), fünf bzw. drei Karten mit Beiheften zu Grundwasserhöhengleichen bzw. zur Grundwasserbeschaffenheit (Nitrat, Chlorid, Sulfat); fünf Karten zu Kiesabbaukonzessionsflächen und Trinkwasserschutzgebieten, drei hydrogeologische Profilschnitte Straßburg - Offenburg mit Beiheft, Europäisches Programm INTERREG, Strasbourg
- RÉGION ALSACE, LfU-LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG, LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU U. A. (2000): **Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben**, (von Basel bis Raum Rastatt - Lauterbourg), fünf Teilberichte u. a. zu: Ergebnisse der Beprobungskampagne 1996/1997, Ergebnisse in tiefen Grundwasserbereichen, Maßnahmenvorschläge zur Bekämpfung der Belastung des Grundwassers im Oberrheingraben, 50 Karten zur Grundwasserbeschaffenheit u. a.: Nitrat, Chlorid, Sulfat, Sauerstoff, Pflanzenschutzmittel, Schwermetalle, Chlorierte Kohlenwasserstoffe, Europäisches Programm INTERREG II und PANINA, Strasbourg
- SCHRÖDER, R. (1991): **Relevant parameters to define the trophic state of lakes**, Arch. Hydrobiol. 121 (4), 463-472.
- TGL - TECHNISCHE NORMEN, GÜTEVORSCHRIFTEN UND LIEFERBEDINGUNGEN (DDR-Standards) (1982): **Fachbereichsstandard Nutzung und Schutz der Gewässer, Stehende Binnengewässer, Klassifizierung (27885/01)**, 16 S., Berlin
- UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1994): **Leitfaden zum Schutz der Böden beim Auftrag von kultivierbarem Bodenaushub**, Reihe: Luft, Boden, Abfall, Heft 28, Stuttgart
- UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995): **Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit**, Reihe: Luft Boden Abfall, Heft 31, Stuttgart
- VOLLENWEIDER, R. A. (1968): **Die wissenschaftlichen Grundlagen der Seen- und Fließwassereutrophierung unter besonderer Berücksichtigung des Phosphors und des Stickstoffs als Eutrophierungsfaktoren**, OECD, DAS/CSI/68.27
- WALTHER, W. (1999): **Diffuser Stoffeintrag in Böden und Gewässer**, Teubner-Reihe Umweltwasserwirtschaft. B.G. Teubner Stuttgart - Leipzig, S. 225 - 242
- WROBEL, J.-P. (1980): **Beeinflussung des Grundwassers durch Baggerseen**. - Tagungsbericht 6/80 Baggerseen und Naturschutz, Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Germering 27, 29.Okt. 1980, Laufen/Salzach

9.1 Weiterführende Literatur

- BAIER, A. & LÜTTIG, G. (1996): **Neue Ergebnisse zur Verdunstung von Baggerseen**, Schriften zur Fachtagung „Produktion von Sand und Kies 16. – 17. 01.1996“, Seite 77 ff., Aachen
- BALLOT, A. & HOPPE, A. (2001): **Zustand der Baggerseen in der Oberrheinebene**. Überblick über den Gütezustand der Baggerseen nach einem vereinfachten Verfahren, Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Reihe „Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie“, Band 61, 151 S., Karlsruhe
- BARTL, G. (1990): **Baggerseestudie 1990 im Auftrag des Landesfischereiverbandes Baden e.V.**, Untersuchung der Baggerseen in der südlichen Oberrheinebene mit Unterstützung des Regierungspräsidiums Freiburg, 345 S., Freiburg
- BEIßWENGER, TH. & ANDRES-BRÜMMER, D. (2000): **Kiesgewinnung, Wasser- und Naturschutz, Pilotprojekt „Konfliktarme Baggerseen“ (KaBa)**, Beiträge der Fachtagungen zur Gewinnung von Sand -und Kies unter Berücksichtigung der Belange des Grundwasser- und Naturschutzes, Schriftenreihe der Umweltberatung im ISTE, Band 2, 2. erweiterte Auflage, Ostfildern
- BOENERT, A., FRANKEN, M., JURIS, B. & ZIMMER, S. (1995): **Limnologische Bestandsaufnahme an 5 ausgewählten Baggerseen unter besonderer Berücksichtigung der unterschiedlichen Nutzungsformen**, Untersuchungsbericht der Arbeitsgemeinschaft TABERG/AgL zum KaBa-Teilprojekt 3, 128 S., Karlsruhe/Greven
- BOOS, K.J. & STROHM, F. (1996): **Nährstoff- und Schadstoffeinträge in Baggerseen (Literaturstudie)**, Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Handbuch Wasser 2, Band 33, 134 S., Karlsruhe
- DEEKEN, L. & STOFFERS, H. (1991): **Pilotprojekt Baggerseen, Untersuchung der Baggerseen im Regierungsbezirk Karlsruhe** im Auftrag des Landesfischereiverbandes Baden-Württemberg e.V. in Zusammenarbeit mit dem Regierungspräsidium Karlsruhe, 591 S., Hamburg
- DEHUS, P. (2000): **Fische in Baden-Württemberg – Lebensraum Seen und Weiher**. Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg, Stuttgart; 128 S.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR LIMNOLOGIE E.V. (DGL) (1991): **Die fischereiliche Nutzung von Baggerseen**. Empfehlungen der Arbeitsgruppe Baggerseen, 25 S.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR LIMNOLOGIE E.V. (DGL) (1995): **Untersuchung, Überwachung und Bewertung von Baggerseen**, Empfehlungen der Arbeitsgruppe Baggerseen, 125 S., ISBN 3-9802188-7-2
- DVWK - DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1991): **Gestaltung und ökologische Entwicklung von Seen - Beispiele aus der Bundesrepublik Deutschland**. DVWK-Schriften 95, 197 S., Hamburg/Berlin, ISBN 3-490-09597-9
- DVWK - DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1993): **Inseln und Steilufer bei stehenden Gewässern - Bewertungen aus ökologischer Sicht**. DVWK-Schriften 103/1993, 118 S., Hamburg/Berlin, ISBN 3-490-10394-7
- FRANK, C.(1995): **Untersuchungen an 3 ausgewählten Baggerseen hinsichtlich des Nährstoffeintrags und der Schadstoffgehalte im Sediment**, Untersuchungsbericht des Laboratoriums für angewandte Biologie und Ökologie zum KaBa-Teilprojekt 2, 47 S., Ulm
- Hermann, B.(1995): **Hydrochemische Typisierung von Baggerseen der Oberrheinebene anhand der Hauptionen HCO₃, Cl, SO₄, Ca, Mg, Na, K**, Untersuchungsbericht, Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 85 S., Karlsruhe
- JAEGER, D. & KOSCHEL, R. (1995): **Verfahren zur Sanierung und Restaurierung stehender Gewässer**, in: Limnologie Aktuell Bd. 8, Stuttgart, 330 S., ISBN 3-437-30801-7
- LANDBERG, J. (1982): **Hydrogeological consequences of excavating gravel-pits below the water-table in glaciofluvial deposits**.- Chalmers tekn. högskola/ Göteborgs Univ., Geologiska institutionen, Publ. A 39 (ISSN 0348-2367), Göteborg.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1981): **Wasserwirtschaftliche Untersuchungen Baggerseen**. 3. Bericht, ca. 87 S, Karlsruhe

- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1994): **Handbuch der stehenden Gewässer in Baden-Württemberg (Regierungsbezirke Stuttgart, Karlsruhe und Freiburg)**, eine Dokumentation der stehenden in Gewässer, Handbuch Wasser 2, Band 13, ca. 500 S, Karlsruhe
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1994): **Handbuch der stehenden Gewässer in Baden-Württemberg (Regierungsbezirk Tübingen)**, eine Dokumentation der stehenden Gewässer, Handbuch Wasser 2, Band 14, ca. 550 S, Karlsruhe
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1997): **Statusbericht zum Pilotprojekt "Konfliktarme Baggerseen (KaBa)"**, Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse, Handbuch Wasser 2, Band 28, 18 S., Karlsruhe
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1997): **Saisonale, horizontale und vertikale Zooplanktonverteilungsmuster - Eine Fallstudie für den Grötzingen Baggersee**. Handbuch Wasser 2, Band 38, 142 S., Karlsruhe
- MATTHIAS, U. & BOOS, K.J. (1996): **Baggerseeuntersuchungen in der Oberrheinebene - Auswertung der Frühjahrsbeprobung 1994 und Sommerbeprobung 1995**, Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Handbuch Wasser 2, Band 32, 192 S., Karlsruhe
- MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND FORSTEN BADEN-WÜRTTEMBERG (1984): **Steinbruchbetriebe aus der Sicht der Wasserwirtschaft**. Informationsschrift erstellt von der Landesanstalt für Umweltschutz, Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft, 23 S., Karlsruhe
- MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND FORSTEN BADEN-WÜRTTEMBERG (1986): **Folgenutzung und Rekultivierung von Baggerseen, dargestellt an Beispielen aus dem Ortenaukreis**, erstellt von der Landesanstalt für Umweltschutz, 106 S., Karlsruhe, 1986.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (1987): **Kiesabbau aus der Sicht der Wasserwirtschaft**, Informationsschrift erstellt von der Landesanstalt für Umweltschutz, Institut für Wasser und Abfallwirtschaft, 25 S., Karlsruhe
- ÖSTERREICHISCHES BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (1995): **Baggerseen und ihre Wechselbeziehung zum Grundwasser**. Untersuchungsbericht, 150 S., Wien,
- PENZ, E. (1992): **Pilotprojekt Baggerseen - Fortführung des Untersuchungsprogramms, weitergehende Untersuchungen an 50 Baggerseen** im Auftrag des Landesfischereiverbandes Baden-Württemberg e.V. in Zusammenarbeit mit dem Regierungspräsidium Karlsruhe, 176 S., Neubrandenburg
- REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG (2001): **Anforderungen an die Durchführung von Auffüllungen und Rekultivierungen**, Merkblatt (6 Seiten) mit Vereinfachter Erklärung, Hinweisen und Erläuterungen und Formblatt „Frachtbegleitschein“, Freiburg
- REGIONALVERBAND MITTLERER OBERRHEIN (1987): **Kieskonzeption 2000**, 63 Seiten mit 3 Karten M: 1 : 80000, Karlsruhe
- REGIONALVERBAND MITTLERER OBERRHEIN (1999): **Kieskonzeption 2015**, 105 Seiten mit 2 Karten M: 1 : 100 000, Karlsruhe
- SCHMIDT, E. (1997): **Methodologische Untersuchungen zur Ermittlung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs des Sediments und des Wasserkörpers in den Baggerseen der Oberrheinebene**, Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Handbuch Wasser 2, Band 39, 127 S., Karlsruhe
- SOZIALMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1999): **Badegewässerkarte Baden-Württemberg 1999**, Servicekarte des Sozialministeriums Baden-Württemberg, 1 Blatt , M: 1 : 280000, Stuttgart
- UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1992): **Chemische Untersuchungen des Wassers und der Sedimente von 44 Seen in Baden-Württemberg**, Reihe Wasserwirtschaftsverwaltung Heft 28, erarbeitet von der Landesanstalt für Umweltschutz, Institut für Seenforschung Langenargen, 109 S., Stuttgart

10 Abbildungsverzeichnis

| | | |
|---------------|---|----|
| Abbildung 1: | Veränderung des Grundwasserstandes im Bereich eines Baggersees. | 10 |
| Abbildung 2: | Landesweite Verteilung der Sauerstoffgehalte im oberflächennahen Grundwasser. (Quelle: Atlas des Grundwasserzustandes in Baden – Württemberg, LfU-Reihe Grundwasserschutz, Heft 19) | 13 |
| Abbildung 3: | Landesweite Verteilung der Sulfatgehalte im oberflächennahen Grundwasser. (Quelle: Atlas des Grundwasserzustandes in Baden – Württemberg, LfU-Reihe Grundwasserschutz, Heft 19) | 14 |
| Abbildung 4: | Jährliche Schichtungs - und Durchmischungsphasen in einem dimiktischen See. | 17 |
| Abbildung 5: | Baggersee mit Flachwasserzone [Quelle: Klaus Kußmaul, Landratsamt Karlsruhe]. | 20 |
| Abbildung 6: | Einfluss der Seetiefe ($t/D = \text{Seetiefe}/\text{Aquifermächtigkeit}$) auf den Wasseraustausch zwischen Baggersee und Grundwasser, Seeform ($B/L = 1$). | 26 |
| Abbildung 7: | Einfluss der Seeform auf den Wasseraustausch zwischen Baggersee und Grundwasser, Seetiefe ($t/D = 0,3$). | 27 |
| Abbildung 8: | Einfluss der Seeform auf die Einflussbreite des Baggersees, Seetiefe ($t/D = 0,3$). | 28 |
| Abbildung 9: | Einfluss der Seetiefe auf den Wasseraustausch zwischen Baggersee und Grundwasser, Seeform ($B/L = 1,0$). | 29 |
| Abbildung 10: | Einfluss der Länge und des Verlaufs der Seeachse auf die Änderung des Seespiegels gegenüber dem ursprünglichen Grundwasserspiegel. | 36 |
| Abbildung 11: | Prinzipdarstellung eines Zwischenriegels zur Vermeidung des Überlaufens von Baggerseen bei hohem Grundwassergefälle. | 37 |
| Abbildung 12: | Anforderungen an Nassabbauvorhaben. | 38 |
| Abbildung 13: | Zielvorgaben. | 38 |
| Abbildung 14: | Planungsempfehlungen. | 39 |
| Abbildung 15: | Böschungsneigungen für Normalufer. | 41 |
| Abbildung 16: | Böschungsneigungen für Badeufer. | 42 |
| Abbildung 17: | Vorschlag zur Gestaltung eines Baggersees mit einer Flachwasserzone zur Verstärkung der vertikalen Zirkulation. | 42 |
| Abbildung 18: | Ablaufschema für betriebliche Baggersee- und Grundwasseruntersuchungen. | 83 |
| Abbildung 19: | Betriebliche Baggerseeuntersuchungen. | 84 |

11 Tabellenverzeichnis

| | | |
|--------------|--|----|
| Tabelle 1: | Kriterien für die Zustandsbewertung natürlicher Seen. | 25 |
| Tabelle 2: | Kriterien für die Zustandsbewertung von Baggerseen in Baden-Württemberg. | 25 |
| Tabelle 3: | Erforderliche Mindestabstände zu Straßen, Gewässern und Gebäuden. | 40 |
| Tabelle 4: | Nutzungen und Folgenutzungen von Baggerseen. | 45 |
| Tabelle 5.1: | Mindest-Untersuchungsumfang, Parameter (DEV), Probenart und -anzahl je Messstelle. | 81 |
| Tabelle 5.2: | Kenngößen für kritisch belastete Baggerseen. | 83 |

12 Anhang-A

Hydrogeologische Beurteilungskriterien für den Trockenabbau von Kies und Sand in Wasserschutzgebieten Zone III (III A, III B)

Im Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB) werden bei der hydrogeologischen Beurteilung von Trockenabbauvorhaben in Wasserschutzgebieten die nachfolgend genannten und begründeten Kriterien angewandt. Diese Kriterien können bereits bei der Abbauplanung und bei der Aufstellung von Teilregionalplänen für die Rohstoffgewinnung berücksichtigt werden. Im Einzelfall sind hierfür allerdings spezielle hydrogeologische Kenntnisse und Daten erforderlich, die meist aus dem Abgrenzungsgutachten des LGRB zum betroffenen Wasserschutzgebiet gewonnen werden können. Die Kriterien gelten für den Abbau von Kies und Sand über einem für die Trinkwassergewinnung genutzten Grundwasserraum im obersten Lockergesteins-Grundwasserleiter. Bei komplizierten geologisch-hydrogeologischen Verhältnissen, z. B. mit Stockwerksbau, ist eine sinngemäße Anwendung der Kriterien anzustreben. Anträge auf Befreiung von Verbotsbestimmungen in WSG-Rechtsverordnungen sind im Einzelfall zu beurteilen (und sind nicht Gegensand dieser Kriterien).

Grundlagen

- Die Abgrenzung von Wasserschutzgebieten für die Trinkwassergewinnung aus Grundwasser erfolgt nach den „Hydrogeologischen Kriterien für die Abgrenzung von Wasserschutzgebieten in Baden-Württemberg“ des GLA/LGRB 1991, ergänzend nach DVGW Richtlinie W 101 (diese und weitere Literaturzitate siehe am Schluss). Die Abschlussgutachten zur hydrogeologischen Abgrenzung der Wasserschutzgebiete in Baden-Württemberg werden durch das LGRB erstellt.
- Nach VwV-WSG 1994, § 8, 1. und 2. gelten folgende Schutzbestimmungen:

Zitate:

1. ... sowie Erschließen von Grundwasser: In allen Zonen „verboten“
2. Oberirdisches Gewinnen von Steinen und Erden sowie sonstige Abgrabungen ... : In Zone II „verboten“; in Zone III/III A und III B „verboten sind das oberirdische Gewinnen von Steinen und Erden sowie sonstige großflächige Abgrabungen, ... wenn dadurch das Grundwasser angeschnitten wird oder keine ausreichende Grundwasserüberdeckung erhalten bleibt.“

Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft; herausgegeben von der Landesanstalt für Umweltschutz BW, Stand Sept. 2003 (Entwurf). Zum Trockenabbau finden sich Ausführungen in Kap. 3.3, S. 55 f.

Hydrogeologische Beurteilungskriterien (Mindestanforderungen)

- **Mächtigkeit der verbleibenden Grundwasserüberdeckung**

Die verbleibende Grundwasserüberdeckung soll zumindest 2,0 m über MHW (und zumindest 1 m über HHW) betragen. Zur Bestimmung sind zumindest zehnjährige örtliche Messreihen (wöchentliche Messwerte) zu verwenden oder Korrelationen mit vergleichbaren Ganglinien durchzuführen.

Begründung: Eine Freilegung von Grundwasser während des Abbaus bzw. eine zeitweise Flutung der aktiven Abbaufäche soll mit weitgehender Sicherheit vermieden werden, da diese Vorgänge mit erheblichen Grundwasserverunreinigungen verbunden sein können. Auch nach erfolgter Rekultivierung ist ein im Hinblick auf die Folgenutzung dauerhaft ausrei-

chender Grundwasserflurabstand und eine gegen Überflutung durch Hochwasserereignisse sichere Geländehöhe zu gewährleisten.

- **Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung**

Die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung ist nach der Methode der staatlichen geologischen Dienste (HÖLTING et al. 1995) bestmöglich zu bestimmen für den Ausgangszustand, für die Restgrundwasserüberdeckung während des Abbaus und für den rekultivierten Zustand.

Eine erforderliche Mindestschutzfunktion für die Restgrundwasserüberdeckung während des Abbaus wird nicht gefordert. Die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung nach Rekultivierung soll jene des Ausgangszustands nicht unterschreiten. Abweichungen sind bei ursprünglich hoher oder sehr hoher Schutzfunktion möglich. Die Anforderungen an die Rekultivierung sind auch von der Folgenutzung abhängig.

B e g r ü n d u n g : Die Schutzfunktion der Restgrundwasserüberdeckung während des Abbaus wird in der Praxis meist „gering“ oder „sehr gering“ sein. Für betriebliche Kleinschadensfälle mit Mineralölkohlenwasserstoffen sind wirkungsvolle Sofortmaßnahmen, bis einschließlich Grundwasserfreilegung zur Schadstoff-Rückgewinnung, bekannt. Der sichere Nachweis einer definierten Schutzfunktion oder Rückhalteeigenschaft der Restgrundwasserüberdeckung, flächendeckend für ein ganzes Abbaugelände, ist fachlich nicht (oder nur in besonders günstigen Fällen bzw. nur mit sehr hohem Aufwand) möglich.

- **Grundwasserfließzeit vom Abbaugelände zur genutzten Fassungsanlage (Trinkwasser- bzw. Rohwassergewinnung)**

Die Fließzeit des Grundwassers vom unterstromigen Rand des Trockenabbaus bis zur genutzten Fassungsanlage soll eine Größenordnung von 100 Tagen nicht unterschreiten. Vereinfachend wird vorgeschlagen, als Mindestabstand des unterstromigen Randes eines Trockenabbaus von der Fassungsanlage die doppelte Entfernung der 50-Tage-Linie (als Abgrenzungskriterium für die Zone II) von der Fassung einzuhalten. Dies gilt auch dann, wenn die Zone II nach dem Kriterium der Mindestausdehnung von 100 m bei geringerem Abstand der 50-Tage-Linie von der Fassungsanlage abgegrenzt wurde, die 50-Tage-Linie tatsächlich aber einen geringeren Abstand von der Fassungsanlage aufweist (GLA/LGRB, Hydrogeologische Kriterien, 1991; DVGW, W101, 1995).

B e g r ü n d u n g : *Nach VwV-WSG kann unter Einhaltung einer „ausreichenden“ Grundwasserüberdeckung in der Zone III Trockenabbau von Steinen und Erden bzw. Sand und Kies erfolgen. Für den „offenen“ Trockenabbau kann sich dabei unmittelbar außerhalb der Zone II ein geringerer natürlicher Schutz als unmittelbar innerhalb der Zone II bzw. der 50-Tage-Linie mit unverminderter Überdeckung bzw. der vollen örtlichen Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung und der bestehenden Bodenzone ergeben. Da bei zahlreichen Abbauvorhaben von Sand und Kies über einem genutzten Grundwasservorkommen im gleichen Substrat im Nahbereich der Zone II keine „ausreichende“ Grundwasserüberdeckung im Sinne des Grundwasserschutzes bestehen bleibt, müssten hier erhebliche Mächtigkeiten unabgebaut bleiben, oder die Schutzwirkung einer „ausreichenden“ Grundwasserüberdeckung (zusätzlich zum Kriterium „2 m über MHW“) wird alternativ durch ein zusätzliches Abstandskriterium von der Außengrenze der Zone II erreicht.*

Nach DVGW W 101 und den „Hydrogeologischen Kriterien zur Abgrenzung von Wasserschutzgebieten in BW“ (GLA / LGRB 1991) wird die 50-Tage-Linie im Regelfall ohne Berücksichtigung der dispersiven Prozesse, soweit dies bekannt ist jedoch mit dem durchflusswirksamen Hohlraumanteil, ermittelt. Sofern Markierungsversuche durchgeführt wurden, wird zur Berechnung der 50-Tage-Linie die damit bestimmte dominante (modale) Abstandsgeschwindigkeit verwandt.

Dem hier vorgeschlagenen Mindestabstand eines Trockenabbaus von einer Grundwasserfassungsanlage der öffentlichen Trinkwasserversorgung liegen folgende Unterlagen zu Grunde: Die gegenüber der hydraulisch errechneten oder mit der dominanten Abstandsgeschwindigkeit bestimmten 50-Tage-Linie „vorausgehenden“ dispersiven Prozesse des Transports mikrobiologischer oder hygienischer Verunreinigung aus dem Bereich des „offenen“ Trockenabbaus (ohne Reinigungsleistung der ursprünglichen Grundwasserüberdeckung) sollen durch eine zusätzliche Fließzeit und -strecke berücksichtigt werden. Wenn im Einzelfall nachgewiesen wird, dass die dispersiven Prozesse für eine 50-tägige Transportzeit in geringerem Abstand bereits voll enthalten sind, kann der genannte Mindestabstand „doppelte Entfernung der 50-Tage-Linie von der Fassung“ entsprechend vermindert werden. Das zusätzliche Abstandskriterium von der Zone II kann auch vermindert werden oder entfallen, wenn die unter dem „offenen“ Abbau verbleibende Restgrundwasserüberdeckung mit über 2 m Mächtigkeit eine entsprechend wirksame („ausreichende“) Schutzfunktion aufweist. Dazu ist eine zumindest „geringe Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung“ (> 500 Punkte) nach der Methode der staatlichen geologischen Dienste (HÖLTING et al. 1995) erforderlich.

Weitere Randbedingungen

Für einen Trockenabbau von Kies und Sand in Schutzzone III sind folgende weitere Voraussetzungen und Randbedingungen zu prüfen bzw. zu erfüllen:

- Die Vorbereitung des Geländes für den Abbau und der Abbau selbst dürfen nicht zu relevanten chemischen Veränderungen der Sickerwasser- und der Grundwasserbeschaffenheit führen (z. B. Nitratstoß infolge großflächiger Rodung).
- Der Rohstoffabbau darf nicht zu einer Hochwassergefährdung der Abbaufäche und nicht zum Zufluss von (insbesondere abwasserbelastetem) Oberflächenwasser aus der Umgebung in den offen Abbaubereich führen.
- Die maximal „offene“ Flächengröße des Abbaus ohne Rekultivierung ist zu begrenzen (bis wenige ha, genaue Festlegung im Einzelfall erforderlich).
- In der Umgebung des Rohstoffabbaus dürfen keine erhöhten Schadstoffemissionen oder entsprechende Risiken bestehen.
- Die betrieblichen Anforderungen (Geräte und Fahrzeuge, deren Wartung und Betankung, sanitäre Anlagen etc.) sind bezüglich des Grundwasserschutzes zu optimieren. Für eventuelle Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen ist ein auf die örtlichen Verhältnisse abgestimmtes Maßnahmenprogramm festzulegen.
- Der Aufbau der Rekultivierungsdeckschicht ist bezüglich Substrat, Schadstofffreiheit und bodenmechanischer Anforderungen zu überwachen.
- Der Grundwasserabstrom aus dem Abbaubereich soll durch Grundwassermessstellen und deren regelmäßige Messung (Wasserstand wöchentlich oder laufend mittels Datenlogger) sowie hydrochemische Untersuchungen überwacht werden (Grundmessprogramm G, zusätzliche Parameter und Untersuchungssturnus sind im Einzelfall festzulegen). Die Messergebnisse sind regelmäßig auszuwerten.

Die zulässigen Folgenutzungen und das Rekultivierungskonzept sind im Rahmen der Abbaugenehmigung festzulegen.
