

Erfahrungen zu Untersuchungen über die Auswirkungen des im Rahmen der Kieswäsche entnommenen und wieder-eingeleiteten Wassers auf die Eigenschaften von Abgrabungsgewässern

Dr. habil. W. Tillmanns, Dr. R. Hoffmann

1. Allgemeiner Hintergrund

Seit dem 1. 2. 2004 wird vom Land NRW ein Wasserentnahmeentgelt für die Entnahme und Nutzung von Wasser aus oberirdischen Gewässern erhoben. Ein Wasserentnahmeentgelt wird jedoch dann nicht erhoben, wenn die Gewässerbenutzung unter den erlaubnisfreien Eigentümergebrauch fällt. Der erlaubnisfreie Eigentümergebrauch setzt insbesondere voraus, dass von der Gewässerbenutzung keine nachteilige Veränderung der Eigenschaften des Wassers und keine wesentliche Verminderung der Wassermenge in dem oberirdischen Gewässer zu erwarten sind. Nach Ansicht der für die Erhebung des Wasserentnahmeentgelts zuständigen Behörde ist im Rahmen einer Kieswäsche kein erlaubnisfreier Eigentümergebrauch gegeben¹, da behördlicherseits von einer nachteiligen Veränderung des Abgrabungsgewässers durch das eingeleitete Kieswaschwasser ausgegangen wird.

Zur Prüfung des Sachverhaltes hat die Dr. Tillmanns & Partner GmbH im Auftrag verschiedener Unternehmen der Kies- und Sandindustrie in einer Vielzahl von repräsentativen Fällen die Auswirkungen der Entnahme und Wiedereinleitung von zu Waschwasserzwecken entnommenen Seewasser auf die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers in den jeweiligen Abgrabungsgewässern untersucht.

2. Untersuchungsgang

Vor den Felduntersuchungen werden die für die Abgrabung vorliegenden Gestattungen zur Beschreibung der Abgrabungsentwicklung einschließlich der vorgesehenen Rekultivierungsmaßnahmen ausgewertet. Darüber hinaus werden die im Rahmen der Durchführung der Abgrabung vorliegenden Ergebnisse der Gewässerüberwachung

ausgewertet. Ferner werden anhand vorliegender Rohstoffuntersuchungen die Lagerstättenverhältnisse zur Abschätzung der mit dem Waschwasser anfallenden Feinkornfracht ermittelt.

Nach der Datenrecherche wird das Betriebsgelände zur Aufnahme des Ist-Zustandes begangen und der jeweilige Betriebsleiter hinsichtlich der Entnahme- und Einleitmengen an Seewasser sowie der sonstigen Randbedingungen der Kiesaufbereitung befragt. Durch die Befragung des Betriebsleiters ist sichergestellt, dass bei der Vor-Ort-Begehung repräsentative Betriebszustände gegeben sind.

Im Rahmen der Vor-Ort-Begehungen werden im Bereich der Einleitstellen Sichttiefenbestimmungen zur Erfassung der Seewassereintrübung durch das eingeleitete Kieswaschwasser durchgeführt. Zusätzlich werden in den vom eingeleiteten Kieswaschwasser unbeeinflussten Bereichen Vergleichsmessungen durchgeführt.

Dem Kieswaschwasser werden Proben entnommen, um den mit dem Kieswaschwasser transportierten Schwebstoffanteil und die Kornzusammensetzung mittels Korngrößenbestimmung nach DIN 18123 zu ermitteln.

Nach Auswertung der physikalischen und chemischen Daten insbesondere aus der Gewässerüberwachung werden unter Zugrundelegung der örtlichen Randbedingungen abschließend die chemischen und insbesondere physikalischen Auswirkungen auf die Abgrabungsgewässer gutachterlich bewertet.

3. Beschreibung der Kiesaufbereitung

Zur Kieswäsche wird Seewasser aus dem Abgrabungsgewässer abgepumpt. Im Aufbereitungsprozess wird das Waschwasser bei der Abtrennung

von organischem Material sowie im Rahmen der Kornklassierung wieder abgeschieden. Das abgeschiedene Wasser wird – z. T. nach Passage eines Absetzbeckens – über Rohrleitungen oder offene Rinnen wieder in das Abgrabungsgewässer eingeleitet. Ein geringer Teil des entnommenen Waschwassers tropft beim Aufbereitungsvorgang ab und fließt als Sickerwasser dem Grundwasserleiter wieder zu.

Die bislang untersuchten Kieswerksbetriebe haben in den Jahren 2004–2006 zwischen 500.000 t und 1 Mio. t Kies und Sand aufbereitet. Dabei wurde im Schnitt die 2,5fache Menge an Kieswaschwasser zur Klassierung eingesetzt.

Das in Nassabgrabungen mittels Schwimmbagger (Eimerkettenbagger, Greiferbagger, Saugbagger) gewonnene Material besteht aus einem Gemisch von Kies und Sand mit feinkörnigeren Anteilen (Ton und Schluff). Größtkorn ($\varnothing > 120$ mm) wird bereits unmittelbar nach der Förderung ausgesiebt und in das Abgrabungsgewässer rückgeführt. Der noch einen Restfeuchteanteil von ca. 5 % enthaltene Rohstoff wird anschließend mittels Förderbandanlage zur Aufbereitungsanlage, die sich in der Regel in unmittelbarer Nähe des Abgrabungsgewässers befindet, befördert.

In der Aufbereitungsanlage werden zunächst über Vorsiebmaschinen Materialien > 32 mm abgetrennt und zum Verkauf aufgehaldet. Nachfolgend werden die Materialien < 32 mm im Zuge der Kieswäsche von den natürlichen

¹ Zur Rechtslage Schultz/Krüger, Natur und Recht 2007, Heft 8 – im Erscheinen; dies., Natur und Recht 2005, 1.



tonigen und schluffigen Anhaftungen getrennt und über Siebeinrichtungen weiter klassiert. Bei diesem Vorgang werden in der Regel über eine Schwere-trennung die organischen Inhaltsstoffe (Holz, Kohle) separiert. Ein Teil der im Kieswaschwasser enthaltenen Feinsandanteile wird über eine Feinsandrückgewinnungsanlage ab-geschieden und der Kornklasse 0/2 mm zugeschlagen.

Da sowohl der im Nassabgrabungsver-fahren gewonnene Rohkies als auch das klassierte Verkaufsmaterial jeweils ca. 5 % Haftwasser aufweisen, wird das im Aufbereitungsprozess einge-setzte Waschwasser ohne Verluste wieder eingeleitet.

4. Bestandteile des geförderten Kiessands und der Schwebfracht des Waschwassers

Im Bereich der Rheinschiene beträgt die für Kieswaschwasser relevante Korngrößenfraktion < 0,2 mm (Feinsand-, Schluff- und Tonfraktion) \leq 10 % des geförderten Baggerguts. Nach den bisherigen Erkenntnissen wird im Rahmen der Kiesklassierung nur ein sehr geringer Teil der im Rohkies enthaltenen Feinsandmenge mit dem Kieswaschwasser abgeleitet. Der größte Teil gelangt mit der Körnung 0/2 mm in den Verkauf. Der überwiegende Teil der Schluff- und Tonpartikel wird durch die Kieswäsche vom Rohkies getrennt und mit dem Kieswaschwasser abgeleitet. Bei einem konservativen Bewer-tungsansatz werden maximal 10 % der Korngrößenfraktion < 0,2 mm (weniger als 1 % der Rohkiesmenge) mit dem Kieswaschwasser in das Abgrabungs-gewässer eingetragen.

Das bislang untersuchte Kieswasch-wasser enthielt im Schnitt weniger als 2 kg/m³ Schwebstoffe. Bezogen auf die geförderten Rohkiesmengen sind

dies etwa 0,5 % der im Rohkies enthal-tenen Korngrößenfraktion < 2 mm.

Nach vorliegenden Erfahrungen ist der Schwebstoffanteil im Kieswaschwasser nach Passage eines Absetzbeckens um ca. 30 % reduziert. Durch mehrstu-fige Absetzbecken ist regelmäßig eine Reduktion der Schwebstoffanteile auf ca. 100 g/m³ im Kieswaschwasser und je nach Einsatz technischer Mittel sogar eine vollständige Befreiung des Kieswaschwassers von Schwebstoffen möglich. Die im Absetzbecken abgelagerten Schwebstoffe werden in regel-mäßigen Abständen mit dem Radlader aufgenommen und zum Zwecke der Ufergestaltung des Abgrabungs-gewässers eingesetzt.

5. Auswirkungen der Wieder-einleitung von Kieswaschwasser auf die physikalisch-chemischen Verhältnisse in einem Baggersee

Da sich das aus dem grundwasser-erfüllten Bereich von Nassabgrabungen geförderte Lockergestein und das aus dem Abgrabungsgewässer entnomme-ne Wasser bereits vor der Kieswäsche in ständigem Kontakt befanden, sind chemische Beeinflussungen des Bag-gersees durch Rücklösungsprozesse während der Aufbereitung grundsätzlich nicht zu erwarten.

Darüber hinaus sind aufgrund der Ent-stehungsgeschichte des Lockerge-steins (Flussablagerungen!) durch die Kieswäsche grundsätzlich keine nach-teiligen Auswirkungen auf die chemi-schen Verhältnisse im Baggersee zu erwarten. Im Pleistozän wurden diese Lockergesteine in den weiträumigen Flusstälern von z. B. dem „Ur-Rhein“ oder der „Ur-Maas“ bereits durch nat-ürliche Waschprozesse intensiv auf-gearbeitet und von auswaschbaren Stoffen befreit.

Im Rahmen von Abgrabungsgestattun-

Nach Ansicht der für die Erhebung des Wasserentnahmeentgelts zu-ständigen Behörde ist im Rahmen einer Kieswäsche kein erlaubnis-freier Eigentümergebrauch gege-ben.

gen oder gesonderten Genehmigungen zur Entnahme von Kieswaschwasser (Wasserrechtliche Erlaubnis) wird in der Regel festgelegt, dass das Kieswasch-wasser, das Seewasser im Bereich der Einleitstelle des Kieswaschwassers und/oder in der Seemitte sowie das Grundwasser im An- und Abstrom des Abgrabungsgewässers regelmäßig zu untersuchen sind.

Da die Abgrabungsgewässer mit dem umgebenden Grundwasser in hydraulischer Verbindung stehen, können erhöhte Schadstoffgehalte mit zuflie-ßendem Grundwasser in die Bagger-seen „durchschlagen“. Zur Beurteilung der Qualität des Kieswaschwassers bzw. der Seewasserqualität im Abgra-bungsgewässer sowie zur Ermittlung von Hintergrundwerten für den Grund-wasserleiter können vorliegende Be-funde der Kieswaschwasser-/Seewas-seruntersuchungen ausgewertet und mit den ebenfalls durchzuführenden Grundwasseruntersuchungen im An- und Abstrom der Abgrabungsgewäs-ser verglichen werden.

Die aus dem eingeleiteten Kieswasch-wasser bzw. aus den Abgrabungsge-wässern entnommenen Proben halten generell die Grenzwerte der Trinkwas-serverordnung ein. Hinweise auf eine Verschlechterung der Seewasserquali-tät durch die Einleitung von Kieswasch-wasser wurden in keinem der bislang untersuchten Abgrabungsgewässer ermittelt.

Vielmehr zeigt sich im Anstrom-Ab-strom-Vergleich für das Grundwasser generell eine deutliche Verringerung

der elektrischen Leitfähigkeit durch Fixierung der im Grundwasser gelösten Salze im Seesediment. Dies wirkt sich positiv auf die Korrosionsanfälligkeit von Wasserförderungsanlagen aus. In den Fällen, in denen der pH-Wert im Grundwasseranstrom unterhalb des unteren Grenzwertes der Trinkwasserverordnung liegt, ist generell eine Erhöhung durch den Einfluss der Abgrabungsgewässer und damit ebenfalls eine positive Beeinflussung zu erkennen.

Die im Anstrom der Abgrabungsgewässer oftmals durch landwirtschaftliche Einträge erhöhten Nitrat-Gehalte werden im Seewasser und davon ausgehend auch im abstromigen Grundwasser deutlich reduziert. Das Gleiche gilt für den Parameter Sulfat. Selbst anstromig deutlich erhöhte Chlorid-Gehalte, die am Niederrhein im Zusammenhang mit der Steinsalzgewinnung bzw. den Sumpfungmaßnahmen für den Steinkohlenabbau festzustellen sind, führen zu keiner Versalzung der Abgrabungsgewässer, sondern werden durch Retentionseffekte im Sediment der Baggerseen fixiert. Die Parameter Eisen und Mangan, die im anstromigen Grundwasser aufgrund reduzierender Verhältnisse verstärkt in Lösung gehen, werden im mit Sauerstoff gesättigten Seewasser (zusammen mit gelösten Schwermetallen sowie Phosphat) ausgefällt, am Seegrund einsedimentiert

und damit dem Grundwasser dauerhaft entzogen.

Ausweislich der Seewasseruntersuchungen führen mit dem Grundwasser in das Abgrabungsgewässer eingetragene Schadstoffe wie Nitrat, Chlorid, Sulfat, Mangan, Eisen sowie sonstige Salze nicht zu einem Anstieg der Belastungen in dem Abgrabungsgewässer, sondern werden von den Retentionsprozessen im Seewasser bzw. von Umsetzungsprozessen durch die Biomasse abgepuffert [1, 2, 3]. Insbesondere bilden die im Seewasser enthaltenen bzw. die mit dem Kieswaschwasser eingetragenen Tonminerale „Andockstellen“ für die gelöste Salzfracht, sinken anschließend auf den Seegrund und werden einsedimentiert. Die „Filterwirkung“ der mit dem Kieswaschwasser eingetragenen mineralischen Schwebstoffe bildet damit einen wichtigen Beitrag zum dauerhaften Entzug von im Grundwasser gelösten anorganischen Schadstoffen. Die Einspülung von sauerstoffreichem Wasser aus der Kieswäsche führt insbesondere während der Sommerstagnation zu einer Sauerstoff-Anreicherung des Seewassers im Bereich des Hypolimnions. Dadurch können zum Seegrund abgesunkene organische Materialien auch während der Sommermonate unter aeroben Bedingungen abgebaut und anaerobe Verhältnisse am Seegrund verhindert

werden. Dies hat eine deutlich positivere Trophieprognose für das Abgrabungsgewässer zur Folge, da Eutrophierungstendenzen minimiert werden. Entsprechend werden Rücklösungsprozesse von Schwermetallen aus dem Seesediment unter anaeroben Verhältnissen limitiert.

6. Auswirkungen der Wiedereinleitung von Kieswaschwasser auf die Trübungsverhältnisse im Abgrabungsgewässer

Die als Schwebfracht wirkenden, feinkörnigen Schluff- und Tonbeimengungen des gefördert Lockergesteins führen vor allem im Bereich der Wiedereinleitstellen des Kieswaschwassers zu einer Trübung des Abgrabungsgewässers.

Als im Wasser enthaltene, die Trübung ausmachende Schwebstoffe sind zu nennen:

- vorrangig suspendierte Teilchen in Form von Ton, Schluff und Feinsand,
- Huminstoffe,
- Kleinstlebewesen wie Plankton und Algen,
- Eisen- und Mangan-Verbindungen, die nach Ausfällung zur Verockerung des Sediments führen können.

Nach Eintritt in das Abgrabungsgewässer werden Feinsandpartikel aufgrund der nachlassenden Transportkräfte im unmittelbaren Einleitbereich abgelagert. Die in das Abgrabungsgewässer eingetragenen Sedimentpartikel mit einer Korngröße < 0,06 mm (Ton- und Schluff-Fraktion) können theoretisch längere Zeiträume in Abhängigkeit von den Strömungs-, Wind- und Wellenverhältnissen bewegt und in Schwebelage gehalten werden. Koagulationsprozesse (= Zusammenlagerung von Tonpartikeln zu größeren und schwereren Komplexen) durch organische Komplexbildner führen jedoch zu Aggregatbildungen und bedingen schnellere Sedimentationsraten.

Als Maß für eine Beeinflussung des Gewässers durch im Wasser enthaltene Schwebstoffe wird die Trübung des Wassers herangezogen, die durch die Lichtadsorption/-reflexion an Schwebstoffen entsteht, während reines Wasser farblos und durchsichtig ist.

Die Trübung in einem Gewässer wird mittels Sichttiefenbestimmungen bestimmt, über die auch Hinweise auf Eutrophierungstendenzen festgestellt werden können. Eine Gewässertrübung stellt – sofern sie überwiegend auf inerte (= unlösliche) mineralische Schweb-

Zur Prüfung des Sachverhaltes wurden die Auswirkungen der Entnahme und Wiedereinleitung von zu Waschwasserzwecken entnommenen Seewasser auf die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers untersucht.



stoffe zurückzuführen ist – noch keine negative Veränderung der Wasserqualität dar.

Eine Gewässertrübung kann vielmehr im Hinblick auf eine unerwünschte Eutrophierung eine natürliche „Barrierewirkung“ ausüben. Die aus der Eintrübung resultierende Minderung der Lichteindringtiefe in das Gewässer limitiert die Lebensbedingungen für alle sich mittels Fotosynthese ernährenden Wasserorganismen.

Neben dieser direkten Beeinflussung der natürlichen (Algen-)Population führt die Reduzierung der Lichteindringtiefe auch zu einer Abnahme der Biomasse im Gewässer, da die (Algen-) Population die Basis der Nahrungspyramide bildet.

Mit der Limitierung der Biomasse wird auch der Verbrauch von im Seewasser gelöstem Sauerstoff nach dem Absterben der Biomasse in den Wintermonaten limitiert.

Ferner werden die abgestorbenen Mikroorganismen durch Sedimentation der Schwebfracht überdeckt und vor einem Abbau geschützt. Dadurch werden die anaeroben Verhältnisse am Seegrund ebenfalls limitiert.

Im Rahmen der konkreten Untersuchungen zur Ermittlung der Trübungsverhältnisse in den Abgrabungsgewässern werden die Einleitstellen von der Landseite und seewärtigen Seite aus begutachtet.

In allen Fällen zeigt sich die Ausbildung von ausgedehnten Sandfächern, über die das eingeleitete Wasser (mit einem sehr geringen Gefälle) dem Abgrabungsgewässer zufließt. Am Ende der Sandfächer bildet sich jeweils ein scharfer morphologischer Knick aus, hinter dem der größte Teil der in dem eingeleiteten Kieswaschwasser mitgeführten Sedimentpartikel unmittelbar zur Ablagerung gelangt.

Zur Bestätigung zeigt das Seewasser nur bis in das unmittelbare Umfeld der morphologischen Kanten der Sandfächer scharf begrenzte Eintrübungen durch das eingeleitete Kieswaschwasser (vgl. auch Erfahrungen der LfU Baden-Württemberg [9]).

Zur Ermittlung der konkreten Eintrübungsverhältnisse werden im Bereich der Einleitstellen und zum Vergleich in den unbeeinflussten Seemitten Sichttiefenbestimmungen durchgeführt.

Die Sichttiefenbestimmungen zeigen generell nur im unmittelbaren Umfeld der Einleitstelle (in der Regel bis in eine Entfernung von max. 10 m) geringfügig eingeschränkte Sichttiefen. Bereits in 20 m bis 30 m Entfernung von der



Bislang wurde in keinem der untersuchten Abgrabungsgewässer eine chemische Beeinträchtigung durch die Einleitung von Kieswaschwasser festgestellt.

Einleitstelle sind keine Sichttiefenbeschränkungen mehr messbar. Die Sichttiefen außerhalb dieses Bereichs sind mit denen in den Seemitten vergleichbar.

Die durch eine messbare Eintrübung ausgewiesenen Bereiche umfassen in der Regel weniger als 0,1 % der Gesamtfläche der Abgrabungsgewässer. Bei der Beurteilung der Auswirkungen der Wiedereinleitung von Kieswaschwasser ist zu berücksichtigen, dass die planmäßige Durchführung einer Abgrabung zwangsläufig deutlich erheblichere Eintrübungen bewirkt. So führt sowohl die Entnahme von Kies und Sand durch die eingesetzten Gewinnungsgeräte als auch die Einbringung von feinkörnigen Abraummassen bzw. der Einbau von im Absetzbecken abgelagerten Schwebstoffen zur Herstellung der in den Abgrabungsgestaltungen verbindlich vorgesehenen Flachwasser- und Uferzonen zu erheblich großflächigeren Eintrübungen.

Die mit der Wiedereinleitung des Kieswaschwassers verbundenen Auswirkungen, die schon bei isolierter Betrachtung für die Gewässer nicht von Nachteil sind, sind somit in Relation zu den abbaubedingten Beeinträchtigungen praktisch bedeutungslos.

Bezogen auf die in den Abgrabungsgewässern vorhandenen Wassermengen sind die lokalen Auswirkungen der Kieswaschwassereinleitung verschwindend gering und werden durch die zuvor herausgestellten positiven Aspekte überkompensiert.

Darüber hinaus führt die übliche Nutzung von Abgrabungsgewässern durch Angelvereine zu einem Eintrag von organischen Materialien (hier insbesondere bei der Anfütterung) und damit einhergehend zu einer deutlichen Algenbildung, die die Sichttiefe insgesamt herabsetzt.

Eine nachteilige Veränderung der physikalischen Eigenschaften des Abgrabungsgewässers durch die Einleitung von Kieswaschwasser wurde entsprechend bislang in keinem der untersuchten Abgrabungsgewässer festgestellt.

7. Zusammenfassende Bewertung

Ausweislich der bislang erhobenen und ausgewerteten Daten und der beschriebenen Rahmenbedingungen wurde bislang in keinem der untersuchten Abgrabungsgewässer eine chemische Beeinträchtigung durch die Einleitung von Kieswaschwasser festgestellt. Vielmehr ist insbesondere für die Parameter elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Nitrat, Sulfat, Chlorid, Eisen und Mangan eine deutliche Verbesserung gegenüber dem anstromigen Grundwasser zu erkennen.

Gewässerüberwachungen belegen, dass im Seewasser schwebende oder mit dem Kieswaschwasser eingeleitete Tonminerale als „Andockstelle“ für gelöste Ionen dienen und nachfolgend im Seesediment fixiert werden. Ferner bilden die zum Ende der Wachstumsperiode (= im Spätherbst) absterbenden und auf den Seeboden absinkenden Mikroorganismen sowie eingetrage-

ne organische Materialien (= Blätter, Vogel- und Fischkot) keinen sauerstoffzehrenden Faulschlamm, sondern werden von den absinkenden Sedimentpartikeln inkorporiert. Dadurch werden der Sauerstoffverbrauch am Seegrund sowie Rücklösungsprozesse von Schwermetallen unter anaeroben (= sauerstofffreien) Verhältnissen limitiert.

Das Ausmaß der über Sichttiefenbestimmungen in den Einleitbereichen des Kieswaschwassers festgestellten Trübungen liegt fast ausschließlich innerhalb der Bandbreite der natürlichen Eintrübung des Seewassers. Im Rahmen von Trübungsmessungen beschränkten sich die Trübungsbereiche mit einer messbaren Einschränkung der Sichttiefen auf den Bereich und das unmittelbare Umfeld der im Einleitbereich entstandenen Sandfächer und nehmen in der Regel weniger als 0,1 % der Gesamtfläche des Abgrabungsgewässers ein.

Bezogen auf die in den Abgrabungsgewässern vorhandenen Wassermengen ist die durch das eingeleitete Kieswaschwasser in die Abgrabungsgewässer eingebrachte Schwebfracht unbedeutend. Der weitaus größte Teil der eingetragenen Schwebstoffe lagert sich zudem – belegbar durch die Ausbildung der ausgedehnten Sandfächer – im unmittelbaren Bereich der Einleitstellen ab.

In Relation zu 1. aus den Uferbereichen über Starkregen eingespülten Sedimentpartikeln und 2. durch Wind- und Niederschlagsereignisse

in den Flachwasserzonen und breiten Uferzonen regelmäßig verursachten Eintrübungen sind die kleinräumigen, durch mitgeführte Sedimentpartikel im eingeleiteten Kieswaschwasser verursachten Eintrübungen als vernachlässigbar gering anzusehen. Die durch den Ab- und Ausbau der Abgrabungsgewässer bedingten Eingriffe in die physikalischen Eigenschaften des Wassers sind erheblich gravierender als die mit der Wiedereinleitung des Waschwassers verbundenen Auswirkungen.

Nach den vorliegenden Daten führt die Einleitung von Kieswaschwasser weder theoretisch noch praktisch zu nachweisbaren Beeinträchtigungen der Abgrabungsgewässer. Vielmehr sind positive Auswirkungen auf die Grundwasserqualität und das Ökosystem in den Abgrabungsgewässern durch die eingebrachten mineralischen Schwebstoffe zu erkennen. Insbesondere das Rückhaltevermögen der Sedimentpartikel für vorrangig anorganische Stoffe führt zu einer positiven Gesamtwirkung.

Literaturverzeichnis

- [1] VOLLENWEIDER, R. & KERÉKES, J. (1982): *Eutrophication of Water, Monitoring, Assessment and Control*, OECD, Paris.
- [2] ALLOWAY, B.J. & AYRES, D.C. (1996): *Schadstoffe in der Umwelt – Chemische Grundlagen zur Beurteilung von Luft-, Wasser- und Bodenverschmutzungen*, Spektrum Akad. Verl., Heidelberg, Berlin, Oxford.
- [3] BOOS, K.-J. (1999): *Ab- und Umbauprozesse in Baggerseen und deren Einfluss auf das Grundwasser: Literaturauswertung*, LfU c/o JVA Mannheim.
- [4] BOOS, K.-J. & STROHM, F. (1997): *Beeinflussung des Grundwassers durch die Anlage von Baggerseen – Literaturstudie*, Büro für Gewässerkunde und Landschaftsökologie, Saarbrücken.
- [5] BOOS, K.-J. & STROHM, F. (1995): *Forschungs- und Untersuchungsvorhaben des Umweltministeriums Baden-Württemberg - Konfliktarme Baggerseen KABA – Literaturrecherche, Endbericht der Arbeitsgruppe 1, Büro für Gewässerkunde und Landschaftsökologie, Saarbrücken.*
- [6] SCHLEYER, R. & KERNDORFF, H. (1992): *Die Grundwasserqualität westdeutscher Trinkwasserressourcen: eine Bestandsaufnahme für den vorbeugenden Grundwasserschutz sowie zur Erkennung von Grundwasserverunreinigungen*, VCH, Weinheim.
- [7] Landesamt für Wasser und Abfall NRW (1989): *Leitfaden zur Grundwasseruntersuchung bei Altablagerungen und Altstandorten; Werte für die natürlichen Background-Gehalte unbeeinflusster Böden, LWA-Materialien 7/89.*
- [8] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (2003): *Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von Baggerseen nach trophischen Kriterien*, Kulturbuch-Verlag, Berlin.
- [9] Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2004): *Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft – Empfehlungen für die Planung und Genehmigung des Abbaus von Kies und Sand*, Karlsruhe.

Verfasser:

Dr. habil. W. Tillmanns, Dr. R. Hoffmann
 Dr. Tillmanns & Partner GmbH
 Kopernikusstraße 5
 50126 Bergheim
 Tel.: 0 22 71 / 801-0, Fax: 0 22 71 / 801-108
 E-Mail: info@DTPing.de
 Internet: www.dr-tillmanns-und-partner.de