

MANFRED BÖTTGER

# Die Böschungsgestaltung in Baggerseen der Sand-Kiesvorkommen des mittleren Oberrheingebietes

## Kurzfassung

Das Oberrheingebiet ist eines der bedeutendsten Sand- und Kiesabbauzentren in Europa. Die vorrangig jungquartären Rohstoffe werden hier hauptsächlich im Grundwasserbereich, d. h. in Baggerseen bis zu etwa 50 m Tiefe gewonnen. Für die umweltfreundliche Wiedereingliederung dieser Entnahmestellen in die Landschaft sind stabile Unterwasserböschungen eine wesentliche Voraussetzung. Über den erforderlichen Böschungswinkel bestehen jedoch unterschiedliche Auffassungen. Echolotmessungen in Baggerseen des mittleren Oberrheingebietes sollten Klarheit darüber bringen, wie steil sich die Unterwasserböschungen langfristig einstellen. Die vorgelegten Ergebnisse zeigen, daß die Endböschungswinkel i. d. R. wesentlich kleiner sind als der Winkel der inneren Reibung des Materials bei lockerster Lagerung. Die starke Abflachung der Böschungen wird überwiegend durch die dynamischen Einflüsse während des Abbaubetriebes verursacht, z. T. durch Anschwemmungen.

## Abstract

### The slope inclination in gravel pits of the central Upper Rhine area

The Upper Rhine area is one of the most important European sand and gravel quarrying centres. In this region the predominantly Quaternary raw materials in most cases are extracted from the ground water zone, i. e. from excavated lakes with depths of down to 50 m. In order to reintegrate such excavations into their surrounding landscape, stable underwater slopes are an essential prerequisite. However, still today varying opinions about the required inclination of slope exist.

Echo soundings were carried out in excavated lakes in the middle Upper Rhine area in order to find out how steep the underwater slopes become on the long term. The presented results show that generally the final slope inclinations are considerably smaller than the angle of the inner friction of the material, in cases of loose stratification. The high degree of levelling observed at the slopes is mainly provoked by the dynamic effects induced by quarrying activities.

## Autor

Dr. MANFRED BÖTTGER, Lehrstuhl für Angewandte Geologie der Universität, Kaiserstr. 12, D-7500 Karlsruhe 1.

## 1. Einleitung, Problemstellung

Die Bundesrepublik Deutschland produzierte im vergangenen Jahrzehnt jährlich zwischen etwa 350 und 480 Mio. t Sand und Kies. Damit steht sie im Verbrauch dieser Massenrohstoffe nach den USA an zweiter Stelle in der westlichen Welt.

Eines unserer Hauptliefergebiete für Sand und Kies ist – und wird es auch zukünftig bleiben – das Oberrheingebiet. Insbesondere ist es der mittlere Teil, in dem in der Vergangenheit eine regelrechte „Durchlöcherung“ der Landschaft mit Abbaustellen stattgefunden hat. Allein in

dem Abschnitt der Oberrheinebene, der im Regierungsbezirk Karlsruhe liegt, existieren momentan noch 112 Sand- und Kiesentnahmestellen (nach Angaben des Regionalverbandes mittlerer Oberrhein), die Mehrzahl der „Restlöcher“ ist bereits stillgelegt (Forstdirektion Karlsruhe, 1976). Ein Teil des Sand- und Kiesabbaues erfolgt oberhalb des Grundwasserspiegels als Trockenbaggerung, der weitaus größte Teil wird als Naßbaggerung im Grundwasserbereich vorgenommen. Die Größen der dabei entstehenden Baggerseen schwanken zwischen etwa 10 bis 80 ha Seefläche, die Abbautiefen liegen hauptsächlich zwischen etwa 10 bis 30 m, z. T. betragen sie um 50 m (BÖTTGER, 1979).

Die umweltfreundliche Wiedereingliederung der ausgeklasten Flächen in die Landschaft wird behördlicherseits vorgeschrieben und muß von den einzelnen Unternehmen durch einen Rekultivierungsplan dokumentiert werden. Ein zentrales Problem, ja sehr häufig eine Streitfrage, ist dabei die Anlage der Böschungen, insbesondere die Neigung der Unterwasserböschungen, die der Beobachtung nicht unmittelbar zugänglich sind. Nachbrüche, die sich bis zur Oberfläche fortsetzten, haben bewiesen, daß bestimmte Endböschungen übersteilt angelegt worden sind und somit Schäden verursachten, die zu Regreßansprüchen führten. Andererseits haben die den Sand- und Kiesabbau genehmigenden Behörden teilweise Böschungsneigungen zur Auflage gemacht, die vom geologisch-bodenmechanischen Standpunkt aus als überzogen flach angesehen werden müssen und im Widerspruch zu einer optimalen Lagerstättenausbeute stehen.

In einer grundlegenden Arbeit zum Böschungsproblem in Sand- und Kiesgruben haben BÖTTGER u. a. (1978) für die Böschungen in Baggerseen des mittleren Oberrheingebietes Neigungsrichtwerte theoretisch abgeleitet und für die Genehmigungspraxis empfohlen. Genauere Untersuchungen sollten nun erstmalig aufzeigen, welche Böschungswinkel sich in Baggerseen im Laufe der Zeit in Abhängigkeit vom Aufbau des Untergrundes und äußerer Einflüsse tatsächlich einstellen, und in wieweit die empfohlenen Neigungsrichtwerte bestätigt werden bzw. einer Korrektur bedürfen. Damit sollte ein wesentlicher Beitrag zur Verschärfung der Diskussion über die erforderliche Steilheit der Unterwasserböschungen geleistet werden.

Die Untersuchungen wurden in den Sommermonaten 1979, 1980, 1981 mit studentischen Hilfskräften durchgeführt. Der Untersuchungsraum erstreckt sich – hauptsächlich rechtsrheinisch – etwa von Speyer im Norden bis auf die Höhe von Achern im Süden; nur ein Baggersee liegt südlich von Straßburg (Abb. 1).

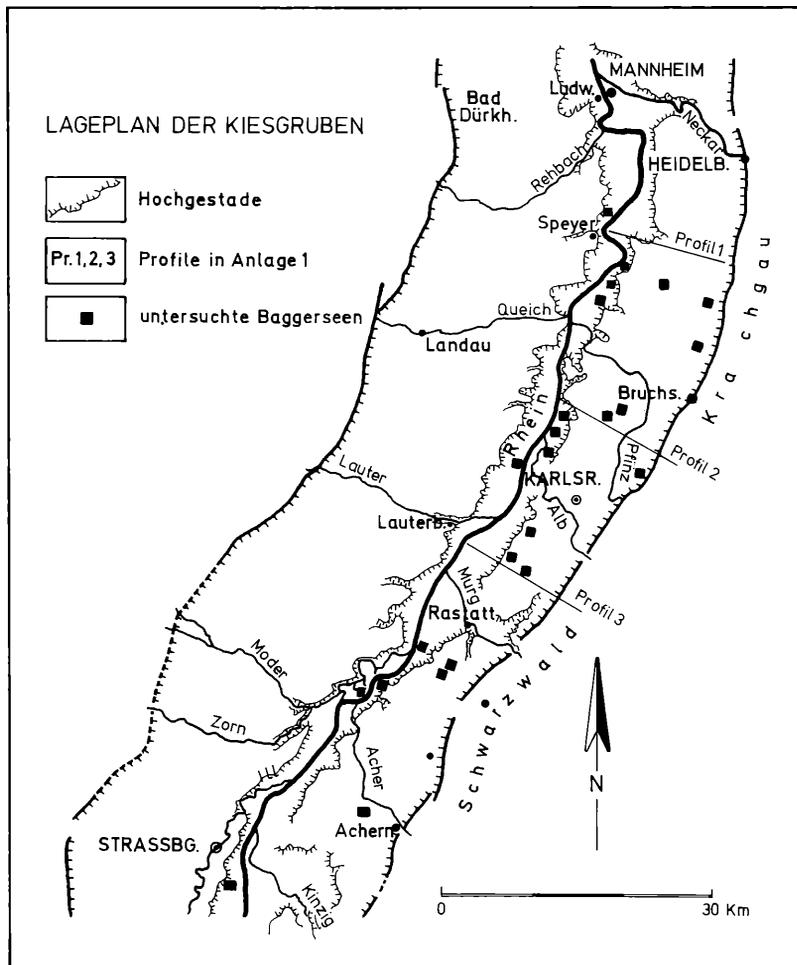


Abbildung 1. Lageplan der Kiesgruben.

## 2. Der geologische Aufbau des Untersuchungsgebietes

### 2.1 Überblick

Die im Oberrheingebiet abgebauten Sande und Kiese gehören zu den jüngsten Ablagerungen im Oberrheingraben, der seit dem Alttertiär zwischen Basel und Frankfurt in einer Breite von rund 30 km um 3 bis 4 km eingesunken ist. Der größte Teil der Grabenfüllung besteht aus tertiären Schichten. Diese werden zumeist von Lockersedimenten des Quartärs überdeckt.

Detailliertere Kenntnisse über die Sedimentabfolge und die tektonischen Verhältnisse des Quartärs im mittleren Oberrheingebiet konnten in den letzten Jahren durch die Auswertung von zahlreichen Tief- und Flachbohrungen im Rahmen der „Hydrogeologischen Kartierungen der Räume Rastatt, Karlsruhe–Speyer und Rhein-Neckar (1978 und 1980)“ erzielt werden. Danach läßt sich das Untersuchungsgebiet tektonisch in fünf Einheiten

gliedern, die durch generell Nord-Süd-verlaufende Störungen voneinander getrennt sind: Das Randgebirge, die Vorbergzone (nicht durchgehend), die Randscholle, die (teilweise vorhandene) Zwischenscholle und die Grabenscholle mit der größten Absenkung (vgl. Abb. 11, S. 30/31).

Randgebirge und Vorbergzone werden meist von mesozoischen Festgesteinen, das Randgebirge im Süden von Kristallin des Schwarzwaldes aufgebaut. Rand-, Zwischen- und Grabenscholle weisen über pliozänem, teils vorpliozänem Untergrund entsprechend ihrer unterschiedlichen Absenkungsbeträge recht unterschiedliche Quartärmächtigkeiten auf. Im Großraum Karlsruhe betragen die Mächtigkeiten weniger als 20 m auf der Randscholle im Osten und etwa 60 m in der Grabenscholle im Westen. Nach Norden zu nehmen die Mächtigkeiten als Folge der Kippung der stärksten Absenkung zum Grabenrand hin auf über 200 m (Höhe Speyer) zu, während sie nach Süden hin bis in den Raum Of-

fenburg–Straßburg auf ca. 120 m anwachsen (BARTZ 1974).

Das Quartär läßt sich grob in das sandig-schluffig/tonige, ganz untergeordnet kiesige Altquartär und in das hauptsächlich kiesig-sandige Jungquartär gliedern. Das Altquartär ist nicht überall ausgebildet und läßt sich von den lithologisch ähnlichen Pliozänablagerungen durch das Vorherrschen von alpinem Material, das im Pliozän fehlt, sowie durch eine unterschiedliche Schwermineralassoziati on abgrenzen. Der Übergang zu den fluvioglazialen Sedimenten des Jungquartärs ist unscharf und die Grenze noch nicht genau definiert (ENGESSER & VILLINGER 1978).

## 2.2 Das Jungquartär

### 2.2.1 Allgemeines

Da die stratigraphische Grenze zum Altquartär noch nicht genau festgelegt werden konnte, ist der Begriff Jungquartär mehr als lithologischer Arbeitsbegriff aufzufassen (deswegen gestrichelte Grenzlinie in Abb. 11) und meint die Sedimentbildungen ab Ende Altquartär bis zur Gegenwart. Die Ablagerungsbedingungen sind vor allem durch den großklimatischen Wechsel zwischen Glazialen und Interglazialen charakterisiert. Während der Eiszeiten kamen vorwiegend Sand-Kiese und Kiese (Kieslager), in den Zwischeneiszeiten Sand, Schluffe und Tone (Zwischenhorizonte) zur Ablagerung (BARTZ, 1980).

Im Untersuchungsraum kann die jungquartäre Schichtenfolge in drei bzw. fünf Einheiten unterteilt werden:

- Oberes Kieslager
- Oberer Zwischenhorizont
- Mittleres Kieslager.

Im Norden und Süden können noch ein Unterer Zwischenhorizont und ein Unteres Kieslager ausgeschieden werden. Letztere gehören stratigraphisch möglicherweise bereits ins Altquartär.

### 2.2.2 Mittleres und Oberes Kieslager,

#### Oberer Zwischenhorizont

Für den Sand- und Kiesabbau haben praktisch nur das Mittlere, vor allem aber das Obere Kieslager sowie die Tiefenlage und Ausbildung des sie trennenden Oberen Zwischenhorizontes Bedeutung. Mit dem Mittleren Kieslager beginnt die vorherrschend sandig-kiesige Ausbildung des Jungquartärs. Die Mächtigkeit beträgt im allgemeinen etwa 10 bis 20 m, im Norden wächst sie bis auf über 50 m entlang der Randscholle an.

Der Obere Zwischenhorizont (OZH in Tafel 1) liegt im Bereich der Grabenscholle, selten auf der Randscholle, als großblinsig ausgebildete Zwischenschicht vor, die aus Fein- und Mittelsanden, insbesondere aber aus Ton-Schluff aufgebaut ist. Häufig spaltet er in mehrere Teilhorizonte auf und verzahnt sich mit größeren Sanden und Sandkiesen. Die tonig-schluffige Ausbildung tritt vor allem im Norden und Süden, weniger im mittleren Bereich des Untersuchungsgebietes auf. Die Mächtigkeiten schwanken stark, liegen jedoch meist unter 10

m und können bis über 20 m in Rheinnähe anwachsen. Der Obere Zwischenhorizont stellt i. d. R. dort, wo er in tonig-schluffiger Ausbildung vorliegt, die natürliche Kiesabbaugrenze in der Tiefe dar.

Die Hauptmasse der Sand- und Kiesproduktion entstammt dem Oberen Kieslager. Es besteht aus sandigen Kiesen und – in geringerem Maße – aus kiesigen Sanden mit Zwischenschaltungen von Sandlagen und räumlich nicht sehr ausgedehnten Ton-Schluff-Linsen. Anhäufungen von Torf konzentrieren sich auf bestimmte Horizonte. Die starke Streuung der Korngrößenzusammensetzung (Abb. 2) sowie die verschieden dimensionierte Schrägschichtung (Abb. 3) entsprechen typisch fluviatilen Sedimentationsbedingungen. Die Stein- und Schlufffraktionen treten insgesamt nur untergeordnet auf, jedoch mit starken regionalen Unterschieden. Generell überwiegen im Süden die gröberen Fraktionen, während nach Norden hin eine Zunahme der Sandfraktion festzustellen ist.

Die Ablagerungen des Oberen Kieslagers werden der Würmeiszeit zugerechnet. Im Holozän wurden diese vom Rhein auf einer Breite bis zu etwa 4 km wieder abgetragen, umgelagert und neu abgelagert. So entstand die Rhein-Niederung (Aue) mit einem 5 bis 10 m hohen Erosionsrand, dem Hochgestade, an dessen Steilkante die würmeiszeitliche Niederterrasse anschließt (Tafel 1). Die Mächtigkeit des Oberen Kieslagers beträgt deshalb in der Rheinaue nur ca. 10 bis 15 m, wobei die oberen 5 bis 10 m etwa dem Holozän zuzurechnen sind, und steigt auf der Niederterrasse bis etwa 15 bis 25 m an.

### 2.2.3 Deckschichten

Die jungen Deckschichten über dem Kieslager sind sehr unterschiedlich mächtig und ausgebildet. In der Rheinaue kommen zumeist Sedimente der Schluff- und Tonfraktion und organische Mudden (besonders in den Altrheinarmen) mit Mächtigkeiten um 2 bis 3 m vor. Auf der Niederterrasse sind es hauptsächlich Flugsand, der mehrere Meter hohe Dünen bilden kann und z. T. Löß bzw. Lößlehm, die den Abraum für den Sand- und Kiesabbau darstellen.

Am östlichen Grabenrand räumte der nacheiszeitliche Kinzig-Murgfluß die Niederterrassen-Ablagerungen teilweise bis ca. 10 m Tiefe wieder aus. Das stark verzweigte Flußbett wurde in jüngerer Zeit mit Lehm, Schluff und Torfbildungen angefüllt und verlandete allmählich (ROTH 1982).

## 3. Die Untersuchung der Unterwasserböschungen

### 3.1 Meßmethodik

Die Neigung (Steilheit) der Unterwasserböschungen wurde mit einem Echolot der Typ-Bezeichnung „Miniscop LAZ 43“ der Elektroacoustic GmbH, Kiel, ermittelt. Das Gerät wurde leihweise von der Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege, Karlsruhe, zur Verfügung gestellt. Es wird hauptsächlich in der Seefahrt ver-

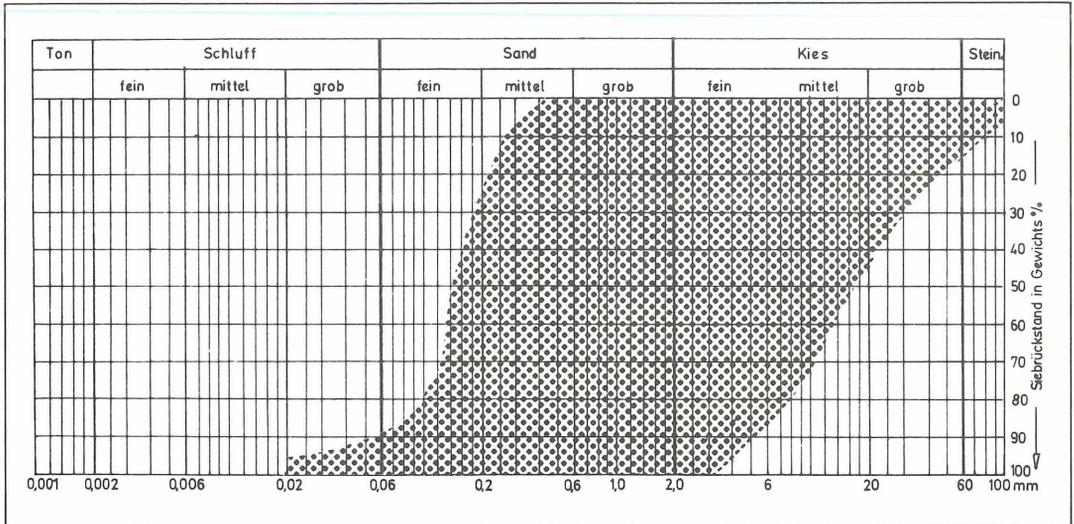


Abbildung 2. Korngrößenspektrum des Oberen Kieslagers im Mittleren Oberrheingebiet nach Unterlagen von verschiedenen Kiesunternehmern, nach ALI (1981) und nach eigenen Untersuchungen.

wendet und trägt auch die Bezeichnung Fischlupe. Die Anzeige der Echos (Fische, Boden u. a.) erscheint dabei auf dem Bildschirm einer Kathodenstrahlröhre. Durch die rein elektronische Arbeitsweise ergibt sich eine besonders gute Auflösung der Echoanzeigen, so daß Lotungen bis in kleinste Tiefen (ca. 0,5 m) möglich sind. Vier umschaltbare Meßbereiche sowie ein Lupenfahrstuhl erlauben Messungen bis zu 600 m Tiefe (Abb. 4). Durch die kleinen Abmessungen und den geringen Stromverbrauch aus einer normalen 12-V-Batterie hat sich das Gerät für die durchgeführten Messungen als sehr geeignet erwiesen.

Zur Arbeitsweise sei nur folgendes gesagt: Die vom Impulsgeber des Miniscopes erzeugten elektrischen Sendepulse werden über ein langes Kabel an den Schwinger (ca. 8 cm  $\varnothing$ ) weitergeleitet. Dieser wandelt die elektrische Energie in Schallenergie um und strahlt Ultraschallimpulse im Wasser aus, wo sie vom Seeboden als Echo zurückgestrahlt werden. Diese Echos werden vom Schwinger wieder aufgefangen, in elektrische Signale umgewandelt und zu einem Echoverstärker geleitet. Dadurch wird auf dem Bildschirm eine kräftige waagerechte Auslenkung des Leuchtflexes erzeugt (Abb. 4).

Die Messungen wurden von einem (sehr kippfesten) Schlauchboot aus mit einem 3,8-PS-Mercury-Motor und zwei Mann „Besatzung“ durchgeführt. Grundsätzlich konnte nur an einigermaßen windstillen Tagen gelotet werden, da bei stärkeren Winden eine zu rasche Abdrift des Bootes erfolgt und andererseits die Echoanzeigen infolge der Schaukelbewegungen des Schwingers auf den Oberflächenwellen zu unendlich erscheinen. Der eigentliche Meßvorgang in den Baggerseen gestaltete sich derart, daß die ausgewählten Profilstrecken

entweder vom Ufer aus zur Seemitte hin oder umgekehrt bei äußerst langsamer Fortbewegung des Bootes ausgelotet wurden. Der Schwinger bewegte sich dabei neben dem Boot in einem Holzrahmen. Die jeweiligen Entfernungen vom Ufer zum Zeitpunkt der Echolotabletungen, die in der Regel alle Meter erfolgten, wurden an einer Schwimmleine mit Metermarkierung abgelesen. Beide Werte, Uferentfernung und Tiefenanzeige auf dem Bildschirm, konnten unmittelbar auf Millimeterpapier eingetragen werden, so daß nach der Auslotung stets eine Meßkurve vorlag (Abb. 5).

Bei undeutlichen Echolotanzeigen wurden zur Überprüfung der Werte direkte Messungen vorgenommen, im teils problematischen Uferbereich (Pflanzen u. a.) mittels einer Meßstange, im tieferen Bereich durch Versenkung eines Steines an der Meßleine. Scharfe, eindeutige Reflexe traten immer bei schallhartem Untergrund auf, d. h. bei anstehendem Material oder bei Kiesanschüttungen. Lockere Lagerungen, Anschwemmungen von feinerem Material oder Nachbrüche konnten ziemlich eindeutig durch mehr oder weniger breite bzw. undeutliche Echoanzeigen erkannt werden.

### 3.2 Auswahl der Meßpunkte

Bei der Auswahl der Meßstellen ist angestrebt worden, das Spektrum der auftretenden Böschungswinkel sowohl in Baggerseen der Rheinaue als auch im Bereich der Niederterrasse zu erfassen. Insbesondere sind solche Kiesgruben aufgesucht worden, bei denen übersteilte Böschungen bekannt oder zu vermuten waren, in denen böschungsnah gebaggert wurde und solche, die bereits länger außer Betrieb waren.

Um Anhaltspunkte für die Interpretation der Meßprofile zu erhalten, sind in der Regel entsprechende Informa-



Abbildung 3. Sandkiesböschung (ca. 5 m hoch) mit häufigem Korngrößenwechsel und Schrägschichtung: charakteristische Merkmale für fluviatile Sedimentkörper.

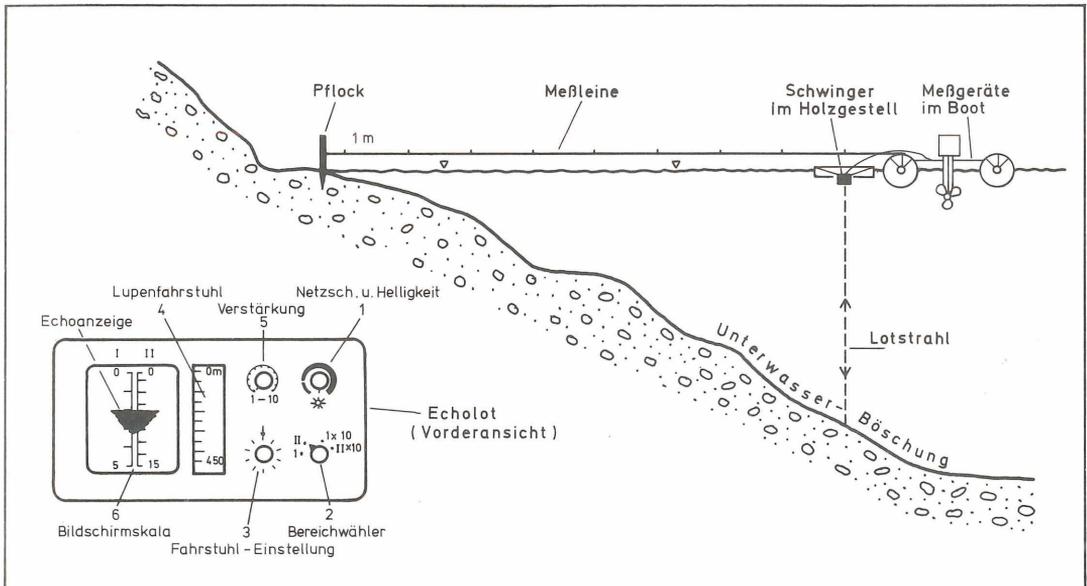


Abbildung 4. Prinzipskizze der Echolotmessung.



Abbildung 5. Langsames Zurückziehen des Bootes an der Meßleine; dabei wird die Uferentfernung alle Meter abgelesen.

tionen über den Aufbau des Untergrundes eingeholt werden (Betriebsleitung, Baggerführer). Verschiedene Profile in Nähe des Baggerbetriebes sind innerhalb einer bestimmten Zeitspanne zweimal vermessen worden, um gewisse Vorstellungen über die Zeitabhängigkeiten der Böschungsverflachungen zu bekommen. Zwischen den einzelnen Meßprofilen wurden häufig stichprobenartig ohne genauere Aufzeichnungen die Tiefen ausgelotet, um mögliche Abweichungen vom „normalen“ Böschungsverlauf aufzuspüren. Die südlich von Straßburg (Elsaß) gelegene Kiesgrube ist mit aufgesucht worden, weil dort tieferreichende Nachbrüche größeren Umfanges an bestimmten Böschungsbereichen stattgefunden haben und hier besonders steile Böschungen erwartet werden konnten. Insgesamt sind 140 Profile unterschiedlicher Länge in 24 Baggerseen ausgelotet worden.

### 3.3 Einflußfaktoren auf die Standsicherheit

Die Standsicherheit von Böschungen in Sand- und Kiesgruben wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Sie hängt erstens von den Eigenschaften des Erdstoffes ab, der den Böschungskörper aufbaut und zweitens von äußeren Einflüssen, die modifizierend auf die Böschungsgestaltung einwirken. Diese materialabhängigen (inneren) und materialunab-

hängigen (äußeren) Faktoren werden in früheren Arbeiten des Verfassers ausführlicher behandelt, insbesondere in BÖTTGER u. a. (1978). Auf Einzelheiten kann deshalb hier verzichtet werden.

Die wesentlichen Faktoren, von denen die natürlich sich einstellenden Neigungen von Unterwasserböschungen in Sand-Kieskörpern abhängen, sind:

1. Der Winkel der inneren Reibung,
2. die dynamische Auflockerung durch den Abbaubetrieb,
3. die Erosion im Bereich der Wasserwechselzone.

Der Winkel der inneren Reibung ist insbesondere von der Korngrößenzusammensetzung und der Lagerungsdichte des Erdstoffes abhängig (Abb. 6). Der Standsicherheitsgrad  $\eta$  der Böschungen läßt sich bei rein bzw. nahezu rein rolligen Erdstoffen, wie sie in den untersuchten Kiesgruben vorliegen, einfach über die in Abb. 7 angegebenen Zusammenhänge ermitteln.

Der Standsicherheitsgrad ist definiert als Quotient von vorhandener zu erforderlicher Scherfestigkeit (= maxi-

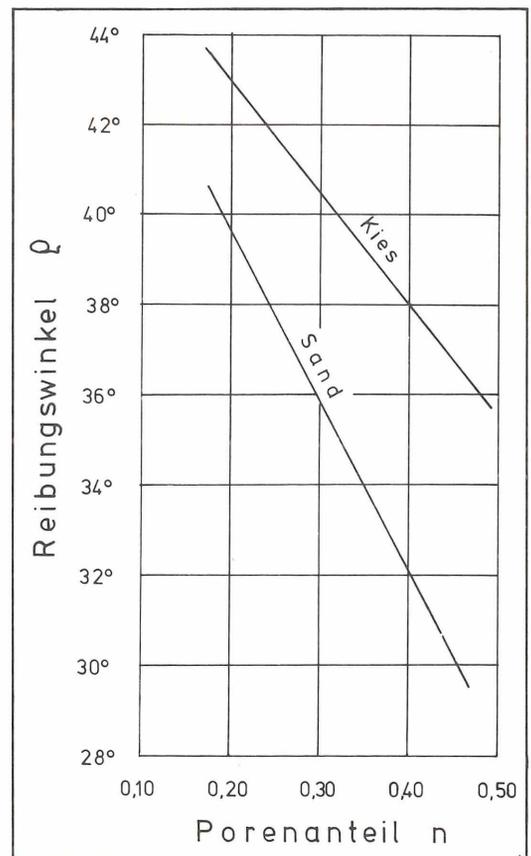


Abbildung 6. Abhängigkeit des inneren Reibungswinkels von der Lagerungsdichte (Porenanteil) bei Sand und Kies (nach KÉZDI, 1964).

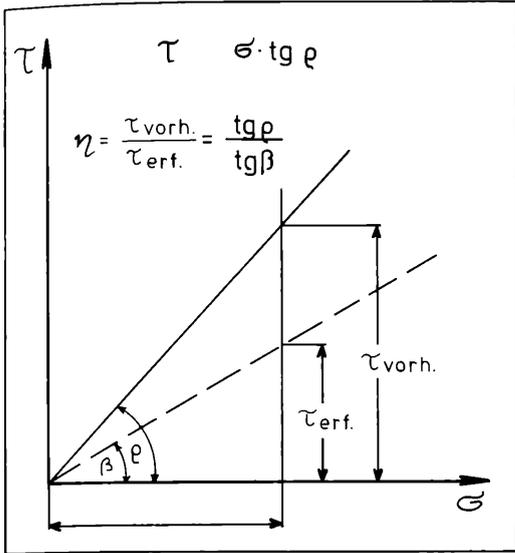


Abbildung 7 Schematische Darstellung des Verhältnisses von vorhandener zu erforderlicher Scherfestigkeit bei rolligen Erdstoffen.

- $\tau$  Scherfestigkeit
- $\sigma$  Normalspannung
- $\phi$  Reibungswinkel
- $\beta$  Böschungswinkel

male Scherspannung) bzw. entspricht dem Verhältnis  $\text{tg}\phi/\text{tg}\beta$ . Damit die Böschungen auf Dauer standfest bleiben, muß der Standsicherheitsgrad  $\eta > 1$  sein, d. h. der Böschungswinkel muß kleiner als der Winkel der inneren Reibung  $\phi$  sein.

Bei Standsicherheitsangaben wird die Böschungsneigung normalerweise als Verhältnis von Böschungshöhe zu Böschungslänge, seltener in Winkelgraden angegeben. Die Beziehungen zwischen verschiedenen Verhältniszahlen und Böschungswinkeln sind in Abb. 8 dargestellt.

### 3.4 Untersuchungsergebnisse und ihre Darstellung

Von den 140 ausgewerteten Echolot-Meßprofilen aus 24 Baggerseen sind die typischsten aus 10 Seen ausgewählt und in Tafel 1 dargestellt worden. Die mit a bis j gekennzeichneten Profile stammen jeweils aus dem gleichen See. Sie zeigen beispielhaft die Neigungsunterschiede der Unterwasserböschungen auf bei wechselnden Korngemischen sowie nach kurzen und längeren Standzeiten in übersteilt angelegten Böschungsbe-reichen.

Die Profile in Tafel 1 zeigen, daß die Neigungen der Unterwasserböschungen sehr unterschiedlich sein können; sie wechseln in Abhängigkeit der Abbaumaßnahmen und des Aufbaues des Böschungskörpers beträchtlich. Eine Beziehung zur Ortslage (Rheinaue – Niederterrasse, Norden – Süden der Region) besteht nicht.

Folgende Gesetzmäßigkeiten der Böschungsgestaltung können aus den Echolotmessungen abgeleitet werden (Abb. 10):

1. Der Sand- und Kiesabbau erfolgt fast ausschließlich mit Schwimmgreifbaggern. Dabei entstehen steile Abbaurichter von etwa 5 bis 10 m Radius und mit einer Neigung um 1:1 (45°). Kurzzeitig (Stunden bis Tage) können hier auch größere Versteilungen auftreten.
2. Die Böschungskörper zwischen Abbaurichter und Uferlinie flachen bei Sand-Kiesen im Laufe von wenigen Wochen bis Monaten Standdauer ziemlich einheitlich auf etwa 1:1,7 (30°) ab. Bei Sandvormacht vollzieht sich die Abflachung rascher (z. B. Tafel 1, f) als bei vorherrschender Kiesfraktion. Nach spätestens 2 bis 3 Jahren – meist schon früher – stellen sich die Endböschungen mit einer Neigung um 1:2 (27°) ein. Bei anstehenden sandigen Kiesen liegt der Böschungswinkel in der Regel etwas über dem von kiesigen Sanden. Abweichungen um diesen Mittelwert von 1:2 herum (welliger Böschungsverlauf Tafel 1, i)

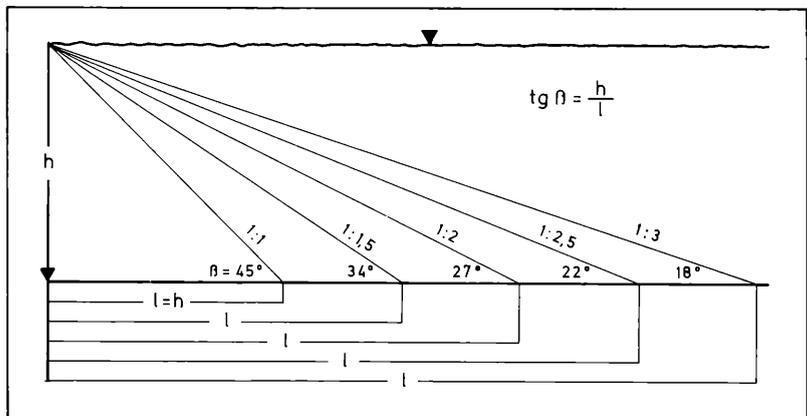


Abbildung 8. Beziehungen zwischen Neigungsverhältnissen und Böschungswinkeln.

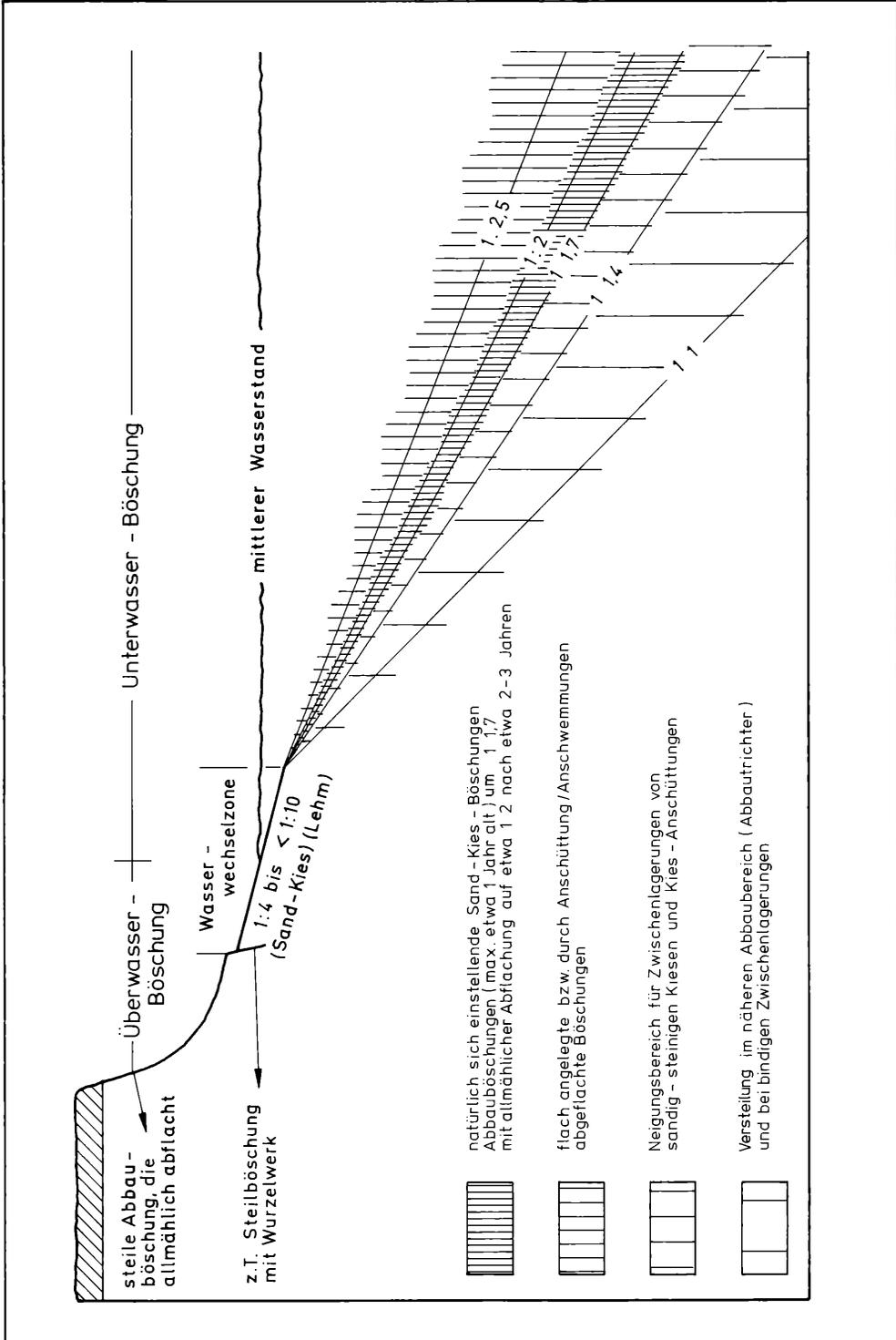


Abbildung 9. Schematische Darstellung der Böschungsgestaltung in Baggerseen des mittleren Oberrheingebietes nach Echlotmessungen und Geländebeobachtungen.

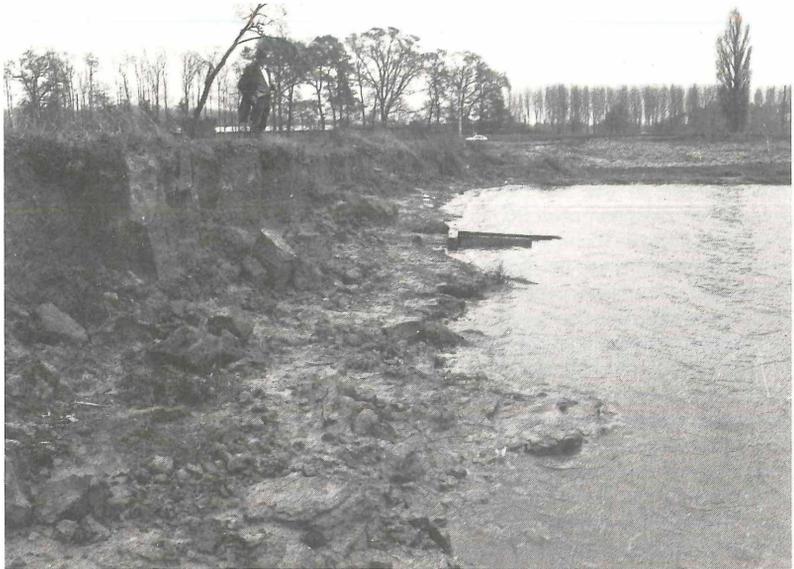


Abbildung 10. Rasche Rückverlegung einer Lößlehmaböschung mit sehr flacher Erosionsplattform ( $< 1:10$ ). Kiesgrube „Im Binsfeld“ (Speyer).

- gehen hauptsächlich auf die Inhomogenität des Sedimentgefüges (Abb. 3) zurück.
3. Bei vorrangig grobkörnigen Zwischenlagerungen, wie sandig-steiniger Kies, sowie bei Kiesanschüttungen stellen sich Unterwasserböschungen zwischen etwa  $1:1,4$  bis  $1:1,6$  ein (Tafel 1, d, g und h); mit steigendem Sandanteil treten zunehmend Verflachungen ein.
  4. Böschungen mit einem wesentlich kleineren Neigungsverhältnis als  $1:2$  werden entweder entsprechend flach angelegt oder durch feinkörnige Anschüttungen / Anschwemmungen (oft im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen) nachträglich abgeflacht. Letztere lassen sich ebenso wie junge Nachbrüche durch unscharfe, breite Echolotanzeigen ziemlich eindeutig feststellen.

Die Ausbildung der Wasserwechselzone hängt von den Grundwasserspiegelschwankungen und insbesondere von der Korngröße des Erdstoffes ab. Bei Sand – Kiesen stellen sich hier Verflachungen von mindestens  $1:4$  bis  $1:5$  ein. Je feinkörniger das Material ist, um so flacher stellt sich die Wasserwechselzone ein. Löß bzw. Lößlehm setzen der Erosion durch Wellenschlag praktisch keinen Widerstand entgegen, so daß durch die Rückverlegung der Böschung ausgedehnte flache Erosionsplattformen mit Neigungen  $< 1:10$  und steile Erosionskanten ausgebildet werden (Abb. 10). Bei stark bepflanzten Uferregionen treten zum Teil Steilböschungen mit Wurzelwerk auf, wodurch die Erosionsvorgänge wirksam verlangsamt werden (BÖTTGER, 1978).

Die Überwasserböschungen bleiben während der Abbauphase mehr oder weniger steil stehen – hauptsächlich als Folge der scheinbaren Kohäsion. Diese verschwin-

det nach Austrocknung des Materials, so daß es durch kleinere Abbrüche und durch Nachrieseln von Sand- und Kieskörnern aus der Böschungswand allmählich zu einer Abflachung kommt.

Die Echolotmessungen haben auch erkennen lassen, daß viele Baggerseen infolge stehengebliebener Restrippen ein starkes Relief aufweisen. Diese unvollkommene Ausbaggerung (z. B. Tafel 1, g) läßt sich beim Greifbaggerbetrieb nie ganz vermeiden, durch gezielte abbautechnische Maßnahmen jedoch auf ein Minimum reduzieren (SCHÖBE, 1971). Überschlägige Berechnungen in einzelnen Kiesgruben haben einen Materialverlust durch unsystematische Ausbaggerung bis zur Liegendgrenze (meist Schluff/Ton) von etwa 20–30 Volumenprozent ergeben, d. h. etwa ein Viertel des Lagerstätteninhaltes geht damit verloren.

### 3.5 Deutung der Ergebnisse

In Kapitel 2 ist aufgezeigt worden, daß die im Untersuchungsgebiet abgebauten Sande und Kiese in sehr unterschiedlichen Korn-Mischungsverhältnissen vorkommen (Abb. 2 und 3). Feinkörnige Beimengungen (Schluff und Ton) machen nur wenige Gewichtsprozent aus. Die Steinfraktion (Überkorn) tritt meist nur untergeordnet auf und übersteigt in grobkörnigeren Horizonten selten ca. 15 Gewichtsprozent.

Die Böschungskörper der untersuchten Baggerseen sind also praktisch aus rein rolligen Erdstoffen aufgebaut. Echte Kohäsion fehlt oder strebt gegen Null, eine scheinbare Kohäsion wird nur oberhalb des Grundwasserspiegels wirksam. Die Lagerungsdichte der Sande und Kiese ist als locker, höchstens als mitteldicht in den tieferen Bereichen zu bezeichnen. (Bestimmung des Dichtigkeitsgrades war wegen des Fehlens ungestörter

Bodenproben nicht möglich.) Der Porenanteil kann mit etwa 25 bis 35 %, Mittelwert um 30 %, angenommen werden (mündliche Mitteilung von Herrn Dr.-Ing. Meißner, Institut für Bodenmechanik, Universität Karlsruhe). Entsprechend unterschiedliche Angaben lassen sich auch für den Winkel der inneren Reibung der Erdstoffe aus abgerundeten Kornkomponenten machen (vgl. Abb. 6). Die in der Literatur angegebenen Werte schwanken zwischen etwa 30 bis 40° (BÖTTGER u. a., 1978). Als mittlerer Richtwert für den inneren Reibungswinkel der Sand-Kiese bei lockerer Lagerung kann ein Winkel von 34° angenommen werden. Die Böschungen haben dann die Standsicherheit  $\eta = 1$ .

Die starken Abflachungen der Endböschungen auf etwa 1:2 (27°) sind an die Abbautechnologie gekoppelt. Beim Abbau mit Schwimmgreifbaggern entstehen zunächst übersteilte Böschungen, die allmählich nachbrechen. Das Nachbruchmaterial liegt dann in lockerster Lagerung vor, und die ursprüngliche Lagerungsdichte ist somit bedeutungslos für die Standsicherheit der Böschungen. Weitere Abflachungen sind auf die materialunabhängigen Einflüsse zurückzuführen. Um den Abbaubereich herum entstehen durch das Heben und Senken des Greifers mit Geschwindigkeiten von etwa 1,6 m/sec stärkere Turbulenzen im Wasser, die an der Böschungsoberfläche erodierend wirken. Zum anderen sind es Erschütterungswellen, die eine beträchtliche Abflachung der Unterwasserböschungen herbeiführen können. Diese dynamischen Auflockerungen können nach SCHUBERT (1972) die Scherfestigkeit bis zu etwa 20 % vermindern. Damit können die gemessenen Neigungswerte, die deutlich unter den Werten des inneren Reibungswinkels der Sand-Kiese liegen, zwanglos erklärt werden.

Die grobkörnigeren Erdstoffe (Kies und Steine) reagieren gegenüber diesen dynamischen Einflüssen weniger empfindlich und zeigen deshalb bei etwas dichter Lagerung in der Tiefe die beschriebenen Verteilungen der Böschungen (ca. 1:1,5). Steilere Böschungen scheinen auch da stehenzubleiben, wo die dynamischen Einflüsse fehlten bzw. nur kurzzeitig wirksam waren, wie z. B. bei einer Nachbaggerung zwecks Suche nach einem verschütteten Greifer (Tafel 1, j).

### 3.6 Folgerungen für die Sand- und Kiesabbaupraxis

Die durchgeführten Echolotmessungen haben erstmalig verlässliche Daten über die Neigungen der Unterwasserböschungen in einer größeren Zahl von Baggerseen geliefert. Die Meßergebnisse können als allgemein gültig betrachtet werden für alle Sand- und Kiesabbaugebiete mit ähnlichen Untergrundverhältnissen wie im mittleren Oberrheingebiet und gleicher Abbautechnik. Leider bestehen bundesweit sehr unterschiedliche Richtlinien für die Gestaltung von Kiesgruben, die sich nicht immer an objektiven geologisch-bodenmechanischen Kriterien orientieren. Der Verfasser hat bereits in einer früheren Arbeit (BÖTTGER, 1979) auf die Unhaltbarkeit bestimmter Richtlinien hingewiesen. Auch die

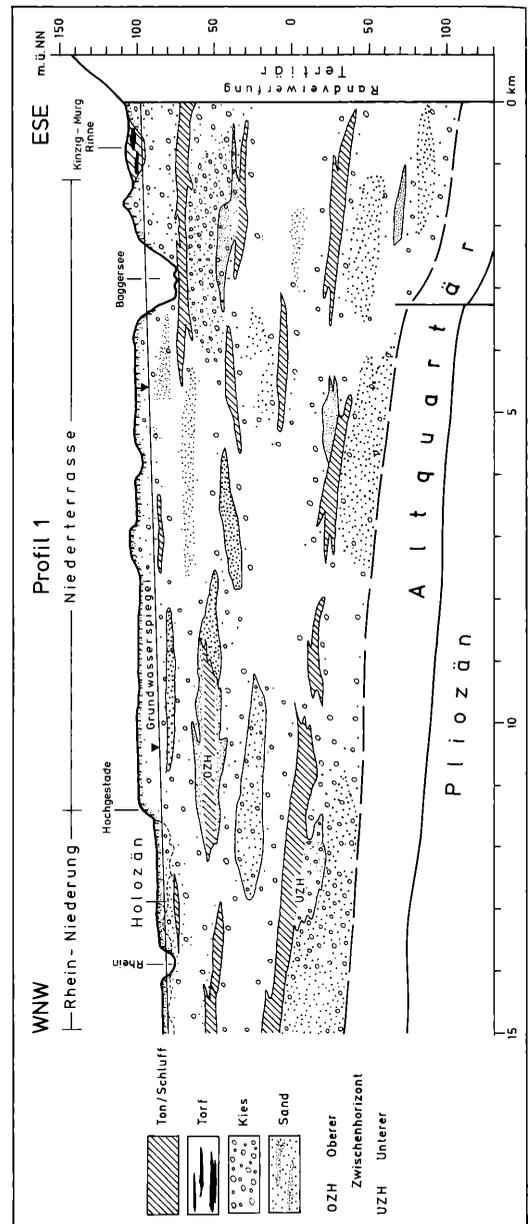


Abbildung 11. Schematisierte Schnitte nach Unterlagen der „Hydrogeologischen Kartierungen der Räume Rastatt, Karlsruhe und Rhein-Neckar (1978 und 1980)“ und nach eigenen Erhebungen. Lage der Profile: siehe Abb. 1.

neueste Auflage der „Richtlinie für die Gestaltung und Nutzung von Baggerseen der DVWK“ (1980) geht davon aus, daß Sand- und Kiesböschungen ohne Nachweis bei einer Neigung von 1:1,5 als auf Dauer stand-sicher angesehen werden können. Eine ähnliche Emp-

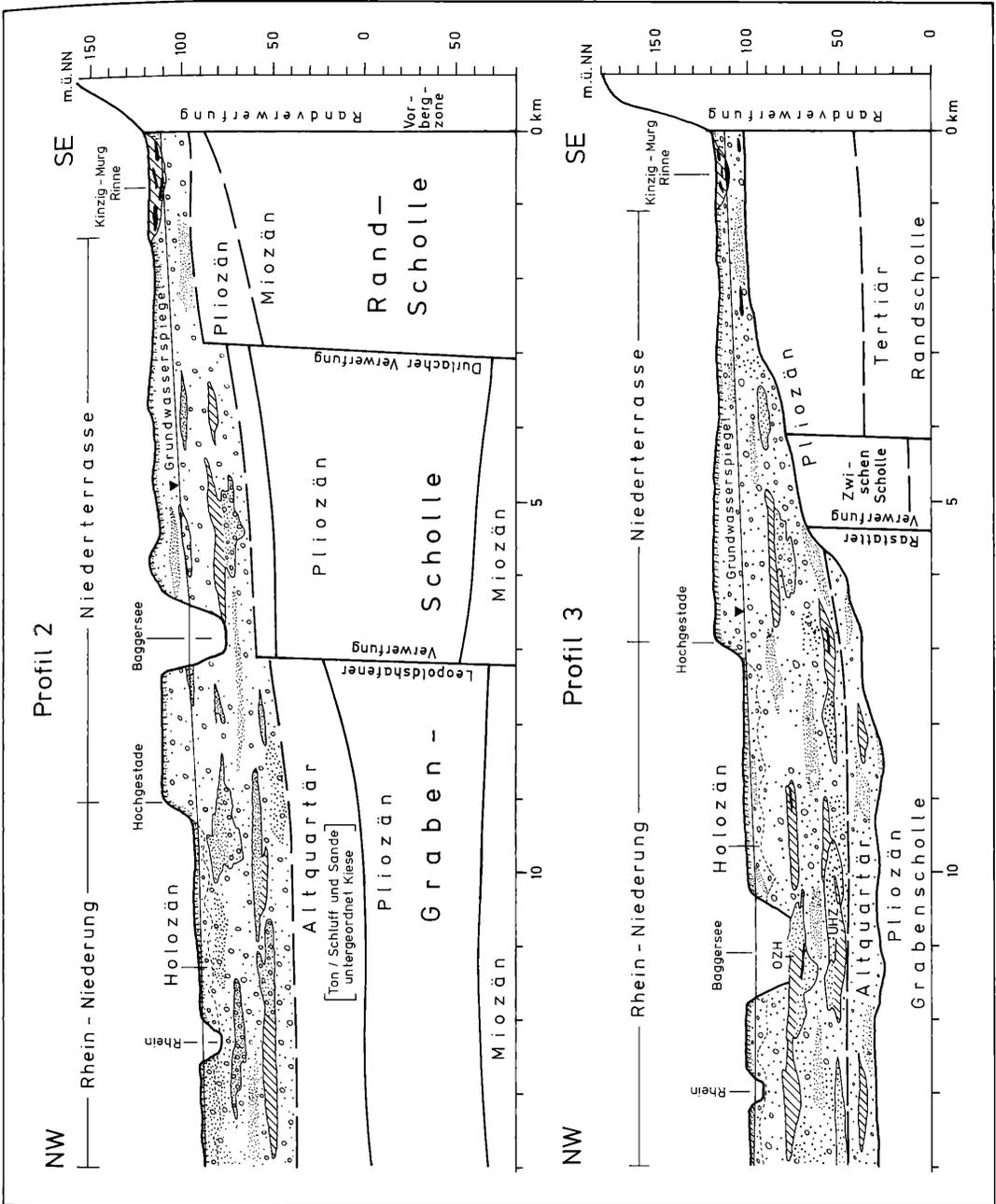


Abbildung 11. Erklärung siehe S. 30.

fehlung für die Neigung der Unterwasserböschungen (1:1,5 bis 1:2) geben auch DINGETHAL u. a. (1981). Diese Neigungsrichtwerte können sicherlich in Sand- und Kiesgebieten mit geringen Lagerstättenmächtigkeiten, wie z. B. im Donauroam, bedenkenlos empfohlen

werden, weil der Abbau zum Großteil mit Eimerkettenbaggern bis etwa 4–8 m Tiefe erfolgt und die Böschungen direkt unter einem bestimmten Winkel geschnitten werden. Der Böschungskörper wird dabei nicht durch Nachbrüche bzw. stärkere dynamische Einflüsse auf-

gелockert (im einzelnen müßte dies aber noch durch entsprechende Messungen nachgeprüft werden).

Die im Oberrheingebiet durchgeführten Echolotmessungen beweisen, daß hier die Unterwasserböschungen nicht steiler als etwa 1:2 angelegt werden dürfen. Die frühere Empfehlung von BÖTTGER u. a. (1978), die Endböschungen mit 1:2,5 unter Berücksichtigung eines Standsicherheitsgrades  $\eta = 1,3$  anzulegen, wird damit bestätigt.

Die den Sand- und Kiesabbau genehmigenden Behörden sollten die erzielten Ergebnisse als Grundlage für die Aufstellung von vernünftigen Richtlinien über die Böschungsgestaltung in Baggerseen verwenden. Übertriebene Standsicherheitsanforderungen an die „Normalböschungen“ (z. B. 1:3) sollten aus Gründen der optimalen Lagerstättenausbeute genauso korrigiert werden, wie die Zulassung von zu steilen, auf Dauer nicht standfesten Endböschungen (z. B.  $< 1:1,5$ ).

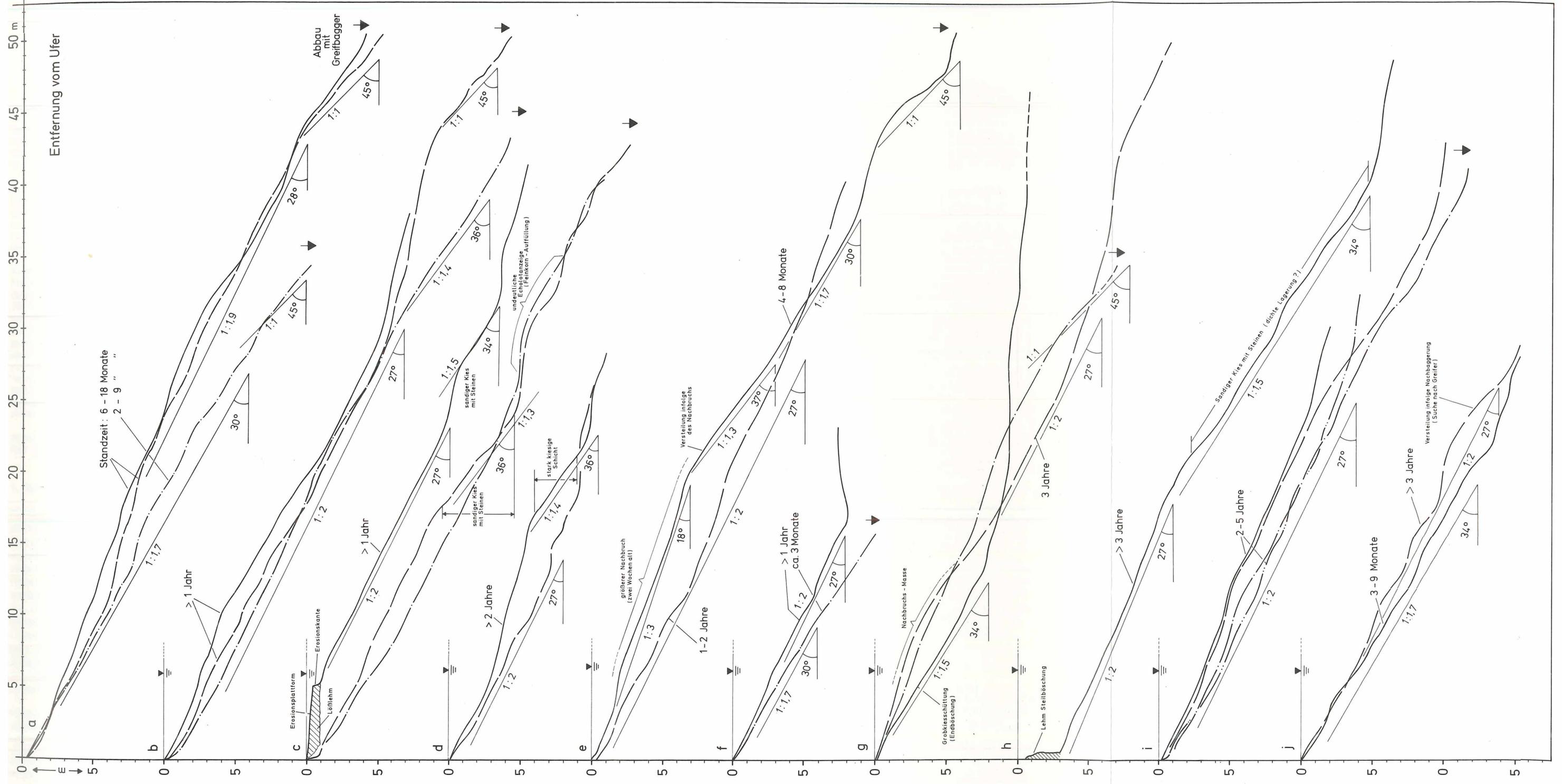
Größere Abbauverluste durch ausgedehnte Restrippen müssen in Zukunft vermieden werden. Dies läßt sich nur durch eine ständige Kontrolle des Abbaufortschritts mit entsprechenden Echoloteinrichtungen auf den Fördergeräten erreichen. Neben der angestrebten Tieferbaggerung gehört diese Maßnahme zu den wesentlichen Voraussetzungen, den Flächenverbrauch für den (notwendigen) Sand- und Kiesabbau im Oberrheingebiet so gering wie möglich zu halten.

## Literatur

- ALI, W. (1981): Zum Einfluß der Gefügeinhomogenität auf Durchlässigkeitseigenschaften von Lockergesteinen – Untersuchungen über die Auswirkung der Schrägschichtung am Beispiel der jungquartären Ablagerungen des Oberrheingrabens bei Karlsruhe. – Diss. Univ. Karlsruhe, 169 S.
- AUTOREN-KOLLEKTIV (1980): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum, Analyse des Ist-Zustandes. Hergestellt im Auftrage der Ministerien für Landwirtschaft und Forsten, Stuttgart–Wiesbaden–Mainz.
- BARTZ, J. (1974): Die Mächtigkeit des Quartärs im Oberrheingrabens. – In: ILLIES, H. & FUCHS, K.: Approaches to Taphrogenesis, 78–87; Stuttgart.
- BARTZ, J. (1980): Der Oberrheingrabens im Jungtertiär und Quartär. ? Nachr. dt. geol. Ges., **23**:1–3; Hannover.
- BÖTTGER, M. (1978): Böschungsschäden und ihre Verhinderung in Kiesgruben. – Garten und Landschaft, **3**: 160–166; München.
- BÖTTGER, M. (1979): Probleme des Sand- und Kiesabbaus unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse im mittleren Oberrheingebiet. Steinbruch und Sandgrube, **6**: 302–310; Hannover.
- BÖTTGER, M., HÖTZL, H., & KRÄMER, F. (1978): Die Standsicherheit von Böschungen in Sand- und Kiesgruben. – Die landschaftliche Gestaltung von Materialentnahmestellen. Beih. Veröff. f. Naturschutz u. Landschaftspflege in Baden-Württemberg, **13**: 62 S.; Karlsruhe.
- Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (1980): Richtlinie für die Gestaltung und Nutzung von Baggerseen. – 108, 2. Aufl., 11 S.; Parey-Verlag, Hamburg/Berlin.
- DINGETHAL, F. J., JÜRGING, P., KAULE, G. & WEINZIERS, W. (1981): Kiesgrube und Landschaft. – 226 S.; Parey-Verlag,

Hamburg/Berlin.

- ENGESSER, W. & VILLINGER, E. (1978): In: Rheinausbau unterhalb Neuburgweier, 1. Bericht, Wasserwirtschaft und Hydrogeologie. – 112 S., Landesanstalt für Umweltschutz und Geol. Landesamt Baden-Würt.; Karlsruhe–Freiburg.
- KÉZDI, A. (1964): Handbuch der Bodenmechanik, Bd. 1, 259 S.; VEB-Verlag, Berlin.
- Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bad.-Württ. (Hrsg.), (1976): Materialentnahmen im Rheintal – Entwicklung, Zustand, Bewertung, Bearbeitung: Forstdirektion Karlsruhe, 96 S.
- ROTH, G. (1982): Die Kinzig-Murg-Rinne im Landkreis Karlsruhe nach Luftbildern, Geländeuntersuchungen, Bohrungen und Archivkarten. – Diplomarbeit Univ. Karlsruhe, 87 S.
- SCHÖBE, G. (1971): Abbauverluste beim Schwimmgreiferbetrieb durch stehengebliebene Restrippen. – Baustoffindustrie, **6**: 201–204; Berlin.
- SCHUBERT, K. (1972): Böschungen, Dämme, Halden, Kippen. – 273 S.; VEB-Verlag, Leipzig.
- STRAYLE, G. & HUPPMANN, O. (1978): Erläuterungen zur Hydrogeologischen Karte von Baden-Württemberg, Oberrheinebene Raum Rastatt (Karlsruhe–Bühl). – Geol. Landesamt und Landesamt für Umweltschutz, Freiburg–Karlsruhe.



Entfernung vom Ufer

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 m

Standzeit: 6 - 18 Monate  
2 - 9 "

Erosionsplattform

Erosionskante

Lehklehm

Abbau mit Greifbagger

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carolinea - Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland](#)

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: [41](#)

Autor(en)/Author(s): Böttger Manfred

Artikel/Article: [Die Böschungsgestaltung in Baggerseen der Sand- Kiesvorkommen des mittleren Oberrheingebietes 21-32](#)