

# DIE HYDRAULISCHEN UND HYDROLOGISCHEN AUSWIRKUNGEN VON BAGGERSEEN AUF DAS UMLIEGENDE GRUNDWASSER

J. Kohm

## Summary:

*This is a report about the influence of gravel pits on the surrounding ground-water. Several situations are discussed i.e. various positions of the longitudinal axis of the basin in regard to the ground-water slope before and after the formation of a waterproof basin. Some remarks on the problem of evaporation complete this discussion.*

## **1. Einleitung**

Baden-Württemberg verfügt über ausgedehnte Kiesvorkommen, die insbesondere im Oberrheintal und im Alpenvorland liegen. Diese Kiesvorkommen werden immer stärker ausgebeutet. So entstanden und entstehen in den für die regionale und überregionale Wasserversorgung wichtigen Grundwasservorkommen Baggerseen. Diese Baggerseen können quantitative und qualitative Auswirkungen auf den Grundwasserhaushalt haben und ändern zumindest kleinräumig das Fließverhalten des Grundwassers. Baggerseen können daher die Nutzung der Grundwasservorkommen negativ, in manchen Fällen auch positiv beeinflussen.

Zur Untersuchung dieser Fragen hat die Wasserwirtschaftsverwaltung Baden-Württemberg im Jahre 1968 das Forschungsprogramm

"Wasserwirtschaftliche Untersuchungen über die Auswirkungen von Baggerseen"

begonnen. In zwei Berichten, vom Dez. 1975 und Juni 1977, wurden die bisherigen Untersuchungsergebnisse von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg vorgestellt. Die vorliegenden Ergebnisse sind Auszüge aus einem 3. Bericht, der Anfang 1981 erscheinen wird.

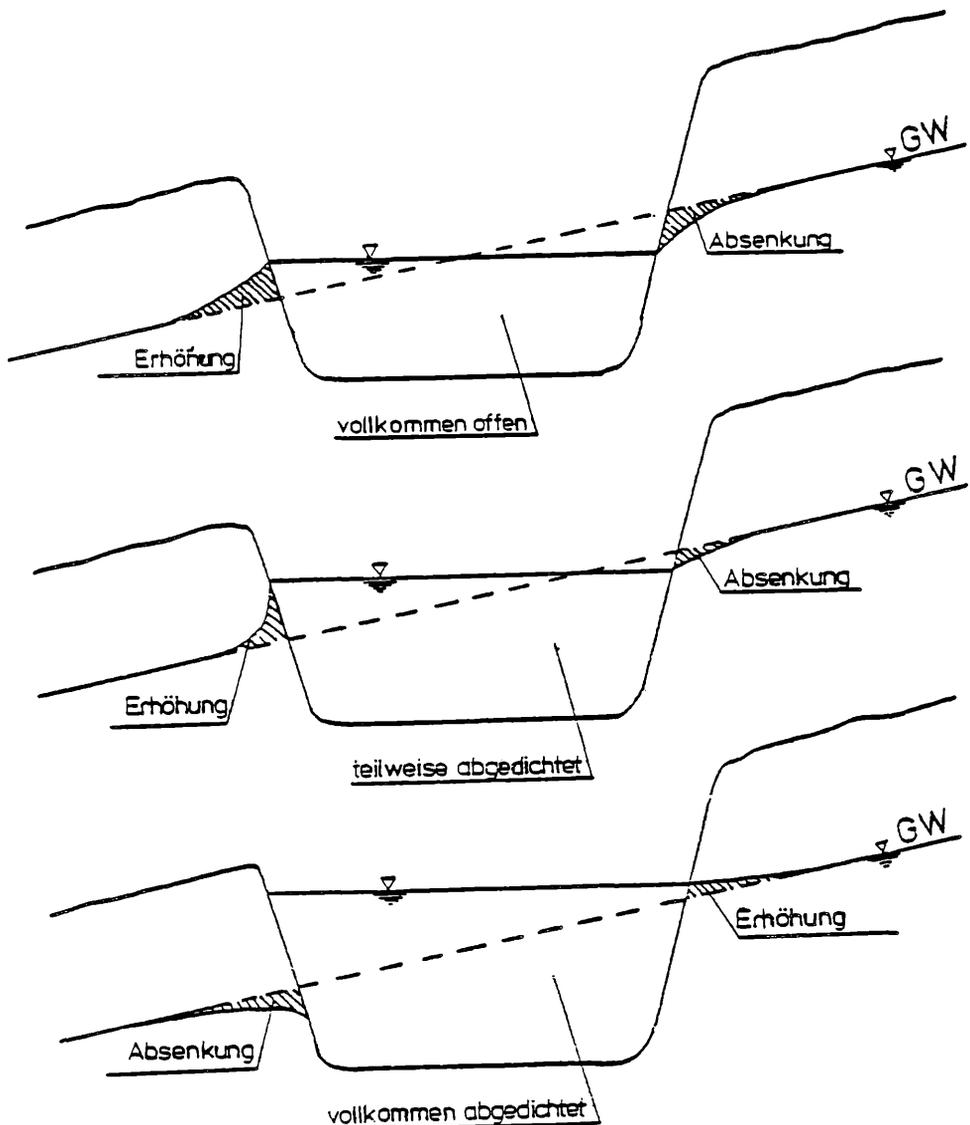
Die starke Steigerung des Kiesabbaus in Baden-Württemberg bewirkte, daß der Anteil dieses Bundeslandes am Gesamtabbau in der Bundesrepublik von 17 auf 24 % stieg. Der Anteil Baden-Württembergs an der Gesamtfläche der BRD beträgt 14,5 %. Die stärkste Konzentration des Kiesabbaus in Baden-Württemberg liegt im Regierungsbezirk Karlsruhe, der den nordwestlichen Teil des Landes umfaßt. In diesem Regierungsbezirk werden rd. 40 % des Kiesabbaus von Baden-Württemberg und damit rd. 10 % der BRD durchgeführt. Diese Fläche umfaßt, nach Abzug der bebauten Gebiete, ca. 1 167 km<sup>2</sup> und ist damit kleiner als 0,5 % der Fläche des Bundesgebietes. Die derzeit vom Naßabbau beanspruchte Fläche beträgt im Regierungsbezirk Karlsruhe rd. 25 km<sup>2</sup>, d.s. etwa 2 % der zur Grundwasserneubildung beitragenden Fläche.

## **2. Grundsätzliches zur Auswirkung von Baggerseen auf die Grundwasserstände**

Wird in einem Grundwasserleiter, dessen Gefälle größer Null ist, und dessen Gefälle in erster Näherung als konstant angenommen wird, ein

Baggersee angelegt, so bildet die Wasseroberfläche eine konzentrische Fläche mit dem Erdmittelpunkt als Zentrum. Wegen der relativ geringen Ausdehnung der Seefläche wird sie als ebene Fläche angenommen. Die durch den See hindurch verlängerte Grundwassergefallslinie geht dann durch die Seemitte. Im oberstromigen Grundwasser kommt es nun zu einer Absenkung der ehemaligen Grundwasserstände, im unterstromigen Grundwasser zu einer Aufhöhung. Tritt mit der Zeit eine Abdichtung der Seeufer ein, so werden sich die Auswirkungen des Sees auf die Grundwasserstände ändern. Oberstromig wird die Absenkung zurückgehen, unterstromig wird die Erhöhung zunehmen, wobei die Auswirkung (Reichweite) abnehmen wird. Der Schnittpunkt zwischen Seespiegellinie und ursprünglicher Grundwassergefallslinie wird sich zum oberstromigen Grundwasser verschieben (Abb. 1).

Abb. 1: Grundsätzliche Abdichtungszustände eines Baggersees



### 3. Modellbetrachtungen

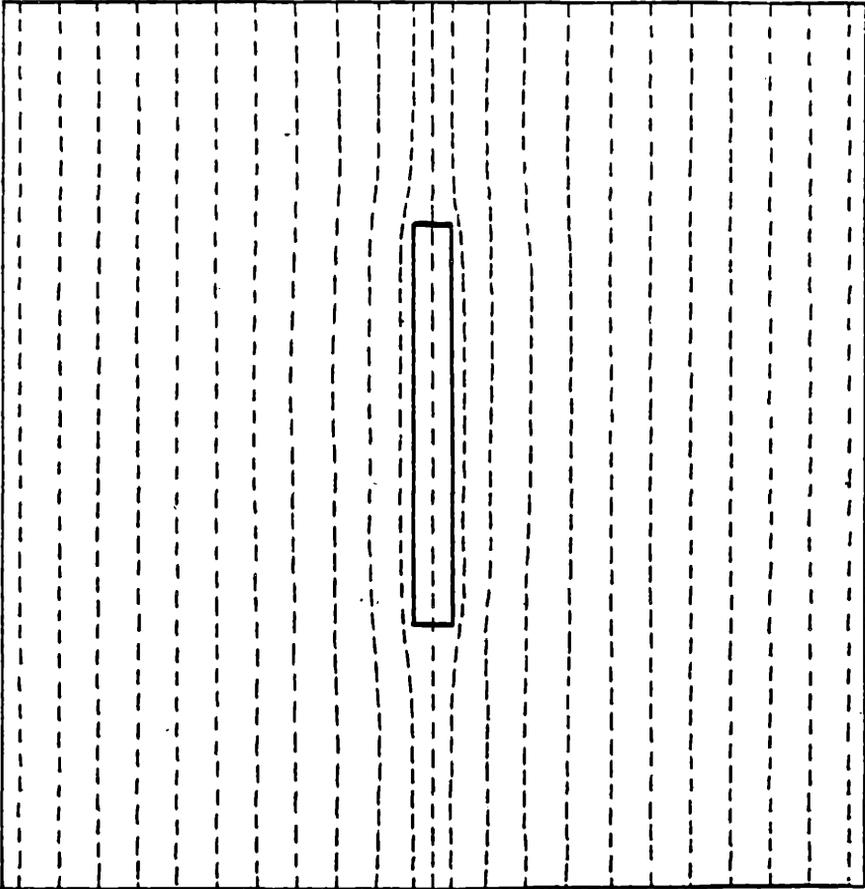
Alle in der Natur auftretenden Grundwasserströmungen sind dreidimensionale Vorgänge, d.h. jede Grundwasserfließrichtung läßt sich in drei, zueinander senkrechte Komponenten (zwei horizontale, eine vertikale) zerlegen. Soll ein dreidimensionales Geschehen modellmäßig genau nachgebildet werden, bedarf es zunächst einer dreidimensionalen Betrachtung. Solche Modelle sind sehr aufwendig, außerdem ist die erreichbare Genauigkeit durch den Genauigkeitsgrad der eingehenden gemessenen oder geschätzten Parameter begrenzt. Daher liegt es nahe, Vereinfachungen einzuführen. Eine bedeutende Vereinfachung ist dadurch möglich, daß man die kleinste bzw. relativ unbedeutende Strömungskomponente vernachlässigt. Man erhält damit zweidimensionale ebene Modelle. Bei großräumigen Modellen, wie sie etwa für Untersuchungen zur wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung zweckmäßig sind, ist die vertikale Strömungskomponente des Grundwassers gegenüber den beiden horizontalen Komponenten vernachlässigbar, da stets die horizontale Ausdehnung des untersuchten Grundwasserleiters erheblich größer als seine vertikale Ausdehnung ist. Man erhält ein zweidimensionales, horizontal ebenes Modell. Anders liegen die Verhältnisse bei kleinräumigen Untersuchungen, wie sie etwa zur Dimensionierung wasserwirtschaftlicher Einzelmaßnahmen erforderlich sind. Die vertikale Ausdehnung des Grundwasserleiters ist gegenüber der horizontalen Ausdehnung nicht mehr zu vernachlässigen. Man erhält in einem vertikalen Schnitt senkrecht zu der nicht berücksichtigten Komponente ein Modell, das zweidimensional, vertikal eben ist.

Zur systematischen Untersuchung der Auswirkungen eines Baggersees auf die Grundwasserstände wurde im Rahmen eines unveröffentlichten Gutachtens der Landesanstalt für Umweltschutz ein mathematisches Prinzipmodell erstellt. Es handelt sich hierbei um ein zweidimensionales, horizontal ebenes, stationäres Grundwassermodell mit einem quadratischen Strömungsfeld. Der Baggersee durchläuft dabei den gesamten Grundwasserleiter. Oberer und unterer Rand des Strömungsfeldes sind Ränder mit konstantem Potential, d.h. konstante Grundwasserstände; die seitlichen Ränder sind Stromlinien. Die Grundwasserleiter wurden als homogen, isotrop und mit einer konstanten Transmissivität von  $0,3 \text{ m}^2/\text{sec}$  betrachtet. Im Modell wurden Lage und Größe eines oberflächenabflußlosen Baggersees und die hydraulische Durchlässigkeit der Seeufer variiert. Das Strömungsgeschehen wurde ohne See, mit See mit teilgedichteten Ufern und See mit vollkommen dichten Ufern betrachtet. Es ist möglich, die Entstehung der Dichtungsschicht zeitlich und durchflußabhängig nachzubilden. Der Seespiegel stellt sich dabei selbständig auf die hydraulischen Verhältnisse ein. Andere hydrologische Einflüsse wie Grundwasserneubildung oder andere Oberflächengewässer wurden in diesem Modell nicht berücksichtigt.

Im folgenden werden einige Modellergebnisse vorgestellt, bei denen der See ein Rechteck darstellt, dessen Verhältnis von Länge zu Breite gleich 10 ist. Die Langseite des Sees liegt einmal in und einmal quer zur Grundwasserfließrichtung. Der See ist jeweils in der Modellmitte angeordnet.

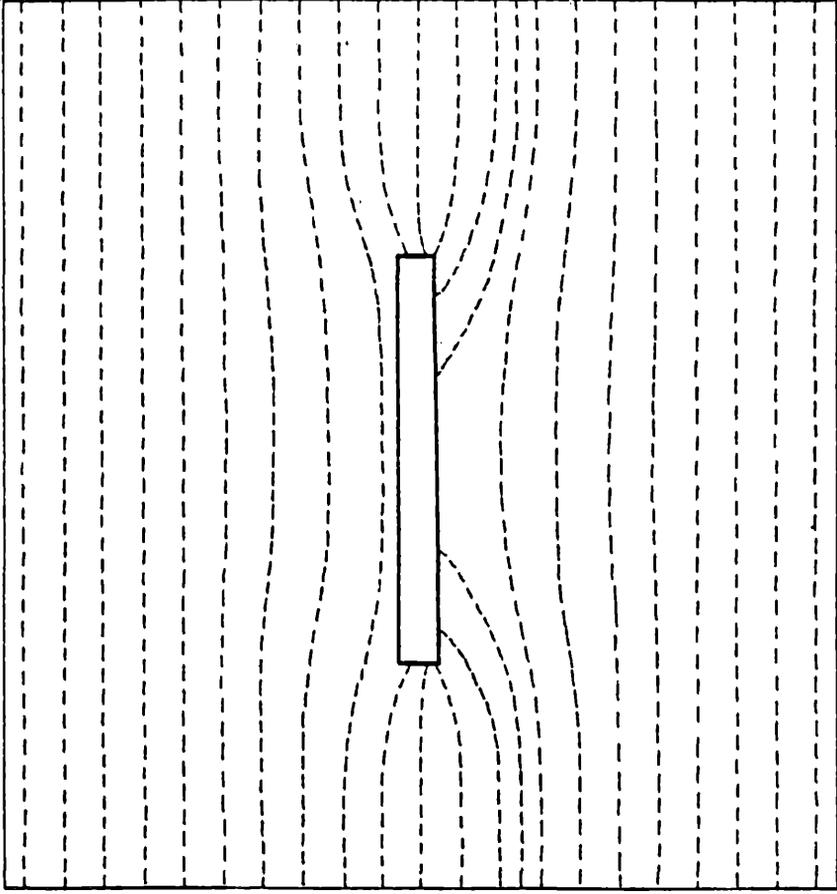
Abb. 2 (S. 16) zeigt den Zustand des quer zur Grundwasserfließrichtung liegenden Sees. Die Seeufer (Seeufer ist der Bereich von Seespiegelniveau bis zur Sohle) weisen noch keine Abdichtung auf. Anhand des Potentiallinienverlaufs (die Stromlinien stehen senkrecht auf den Potentiallinien) erkennt man, daß die Auswirkungen auf die Grundwasserstände,

Abb. 2: Baggersee quer zur Grundwasserfließrichtung,  
Seeufer offen



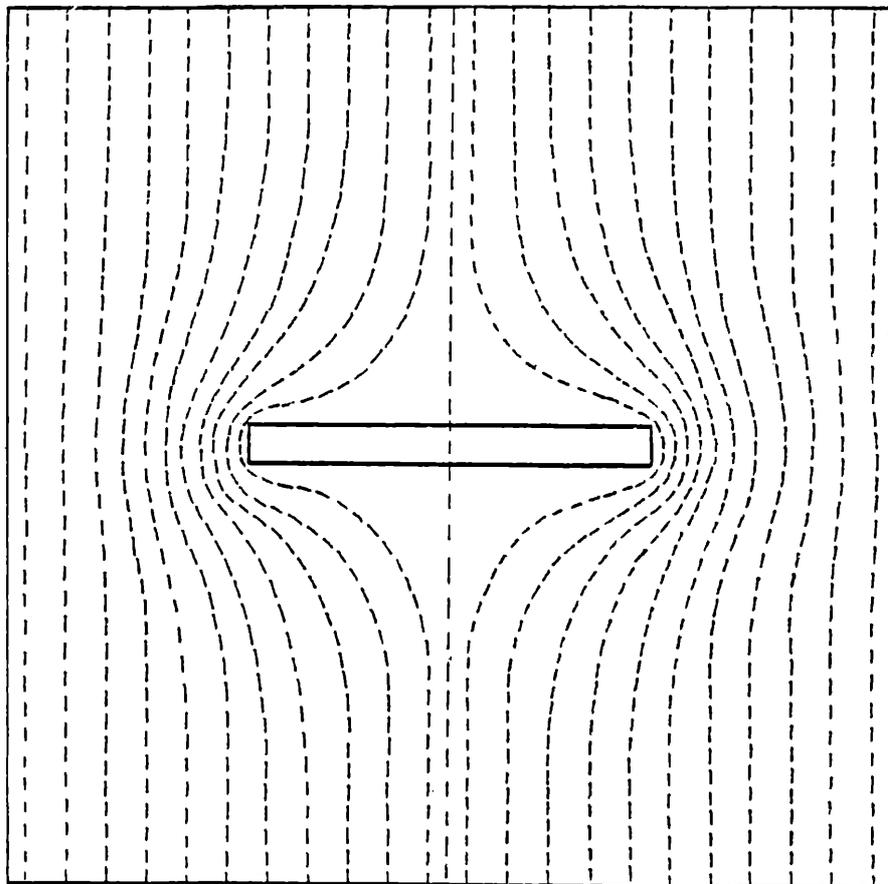
--- Potentiallinien

Abb. 3: Baggersee quer zur Grundwasserfließrichtung,  
Seeufer abgedichtet



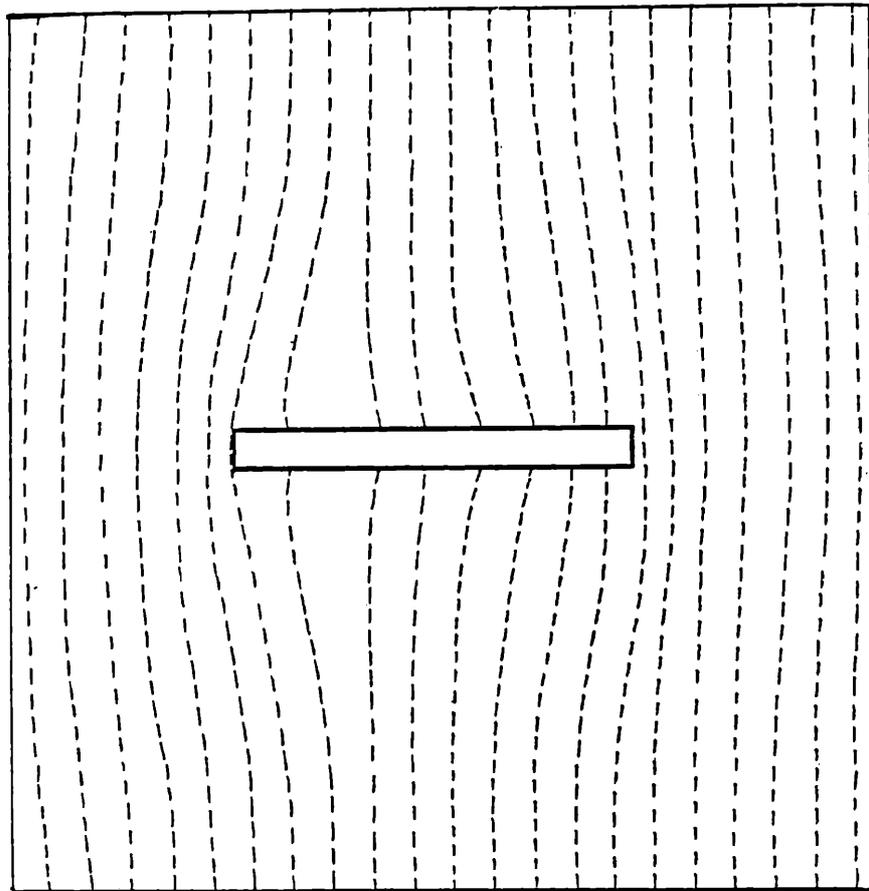
--- Potentiallinien

Abb. 4: Baggersee in Grundwasserfließrichtung,  
Seeufer offen



— — — Potentiallinien

Abb. 5: Baggersee in Grundwasserfließrichtung,  
Seeufer abgedichtet



— — — Potentiallinien

Erhöhung im unterstromigen Grundwasser und Absenkung im oberstromigen Grundwasser sehr gering und nicht weitreichend sind. Die Grundwasserzuström- und -abstrombreite ist gleich und geringfügig breiter als der See.

In Abb. 3 (S. 16) ist dieselbe Seelage, jedoch mit abgedichteten Seeufern dargestellt. Als Dichtungsfaktor wurde  $10^{-7}$  gewählt. In diesem Zustand sind die Auswirkungen auf die seenahen Grundwasserstände nachhaltiger. Gegenüber den ursprünglichen Grundwasserständen vor Anlage des Sees kommt es nun oberstromig zu einer Erhöhung, unterstromig zu einer Erniedrigung. Ein großer Teil des Grundwassers umfließt den Baggersee; der See wirkt wie eine Spundwand im Grundwasserstrom.

Abb. 4 (S. 17) zeigt den Fall des mit seiner Längenausdehnung in Grundwasserfließrichtung liegenden Baggersees mit offenen Seeufern. Im Nahbereich des Sees kommt es zu starken Grundwasserumlenkungen. Die Stromlinien laufen dabei im oberen Gebietsbereich zum See, im unteren aus dem See heraus. Sind die Seeufer abgedichtet (Dichtungsfaktor  $10^{-7}$ ), so kommt es zu einer Angleichung der Seewasserstände an die ursprünglichen vor Erstellung des Baggersees. Der Anstrombereich zum See wird wesentlich verkleinert. Bei diesem Abdichtungsgrad ist jedoch die Auswirkung der offenen Seeufer auf die Grundwasserstände noch nicht ausgeglichen, im Gegensatz zu dem Beispiel der Abb. 3, bei dem schon die gegenteilige Wirkung auftritt.

Mit diesem Modell läßt sich grundsätzlich jede beliebige Form eines Baggersees berechnen. Je nach hydrologischen, geologischen und wasserwirtschaftlichen Gegebenheiten läßt sich somit aufgrund von Modellrechnungen voraussagen, wie sich im stationären Zustand die Grundwasserstände in der Umgebung des Baggersees mit und ohne Abdichtung einstellen.

Zum Vergleich mit diesen Modellrechnungen werden die vertikalen Schnittbilder zweier existierender Seen gezeigt. Abb. 6 (S. 20) zeigt den sog. Achersee. Es sind hier Schnittbilder bei verschiedenen Grundwasserständen dargestellt. Man erkennt im Unterstrom einen steilen Abfall. Dies schließt darauf, daß der See relativ stark abgedichtet ist. Nachforschungen haben ergeben, daß früher an diesem See eine Steinschleiferei ansässig war, die ihr Schleifwasser wieder in den See eingeleitet hat. Die mit diesem Wasser eingeführten Feinteile haben im wesentlichen zu der starken Abdichtung geführt.

In Abb. 7 (S. 21) ist vergleichend hierzu der Baggersee St. Leon dargestellt. Beide Seen, der Achersee und der See St. Leon, sind etwa gleich alt, haben die gleiche Tiefe von ca. 20 - 25 m und sind in gleichem Maße freizeitlich und von Angelsportvereinen genutzt. An dem Schnittbild erkennt man, daß dieser See nicht die starken Abdichtungserscheinungen aufweist wie der Achersee. Dies scheint eindeutig, und diese Erfahrung wurde auch bei anderen Seen gemacht, auf den Eintrag der mineralischen Feinteile zurückzuführen zu sein.

Allgemein läßt sich sagen, daß die Baggerseen in der badischen Oberrheinebene (sie durchteufen ca.  $1/3$  der Aquifersmächtigkeit) noch so offen sind, daß sie den allgemeinen Grundwasserbewegungen ohne wesentliche Verzögerung folgen. Teilweise abgedichtete Seen wurden beobachtet, dies scheint im wesentlichen eine Folge von eingespülten mineralischen Feinteilen zu sein, wie es z.B. bei der Wiedereinleitung von Kieswaschwasser erfolgt.

#### 4. Verdunstung einer freien Wasserfläche

Das Freilegen der Grundwasseroberfläche durch die Erstellung von Baggerseen hat zur Folge, daß nunmehr das Seewasser auf der Größe des Baggersees unmittelbar den quantitativen Eingriffen des Klimas ausgesetzt ist. Diese Eingriffe sind derart, daß einerseits die Wasseroberfläche potentiell verdunsten kann, andererseits aber auch der Niederschlag ohne Abminderung dem Seewasserkörper zugute kommt.

Im ersten Teil wurde anhand von Naturmessungen gezeigt, daß Baggerseen in der Regel mit dem umgebenden Grundwasser kommunizieren, also in quantitativer und qualitativer Hinsicht nicht isoliert zu betrachten sind. Folglich sind die erwähnten Eingriffe des Klimas auf das Seewasser direkte Eingriffe in den Grundwasserhaushalt. Bei der Aufstellung kleinräumiger, ggf. großräumiger wasserwirtschaftlicher Bilanzierungen ist es deshalb wichtig, die Größe der potentiellen Verdunstung einer Baggersee- fläche zu kennen. Die exakte Messung und Berechnung der Verdunstung einer freien Wasserfläche ist auch heute noch nicht gelöst. Früher benutzte man oft Geräte (Piche-Rohr, Wildsche Waage usw.), die auf dem Land aufgestellt wurden und die nach der Wasserbilanzmethode die Verdunstungsgröße über eine Gewichts- oder Wasserstandsänderung anzeigten. All diesen Geräten ist jedoch eigen, daß der Wasservorrat, den sie zur Verdunstung bringen, sich infolge der geringen Masse schnell erwärmt oder abkühlt und dann den Verhältnissen des Baggersees nicht mehr entspricht. In jüngster Zeit ist man dazu übergegangen, diesen Effekt weitestgehend auszuschalten, indem entsprechende Geräte im See installiert wurden (DOBESCH 1974, WERNER 1976).

Bei der Berechnung der Verdunstung greift man oftmals auf die Formeln von PENMAN 1948, HAUDE 1954, THORNTHWAITE 1955 u.a. zurück. Die genannten Formeln zur Berechnung der Verdunstung einer freien Wasserfläche sind jedoch nicht ohne Vorbehalt auf andere Klimagebiete anwendbar. In allen Formeln finden sich empirische Faktoren, wie Monatskoeffizienten, Albedowerte und dergleichen, die einen starken standortspezifischen Charakter besitzen. Die Verwendung der Ergebnisse solcher Berechnungen war deshalb mit Unsicherheitsfaktoren behaftet.

Die Landesanstalt für Umweltschutz hat sich deshalb an der Wasserwirtschaftlichen Intensivstation Testsee Bad Langenbrücken u.a. zum Ziel gesetzt, die Verdunstung einer freien Wasserfläche direkt zu messen. Die Apparatur zur Messung der direkten Seeverdunstung ist im 1. und 2. Bericht "Wasserwirtschaftliche Untersuchungen Baggerseen" der Landesanstalt für Umweltschutz beschrieben. Trotz gewisser gerätespezifischer Einschränkungen, wie z.B. Störung des allgemeinen Windprofils, wird davon ausgegangen, daß die mit dieser Apparatur gemessene Verdunstung der wahren Verdunstung einer freien Wasserfläche am nächsten kommt.

#### 5. Meß- und Rechenergebnisse

Die o.g. Anlage ist seit August 1975 in Betrieb. Mit Ausnahme kurzzeitiger Störungen, bedingt durch Reinigungs- und Reparaturarbeiten, und das Fehlen von Meßwerten während der See ganz oder teilweise zugefroren war, liegen somit tägliche Messungen vor. Im Mittel verdunsteten in den Jahren 1976 bis 1979 ca. 750 mm.

Abbildung 6: Hydrologischer Schnitt

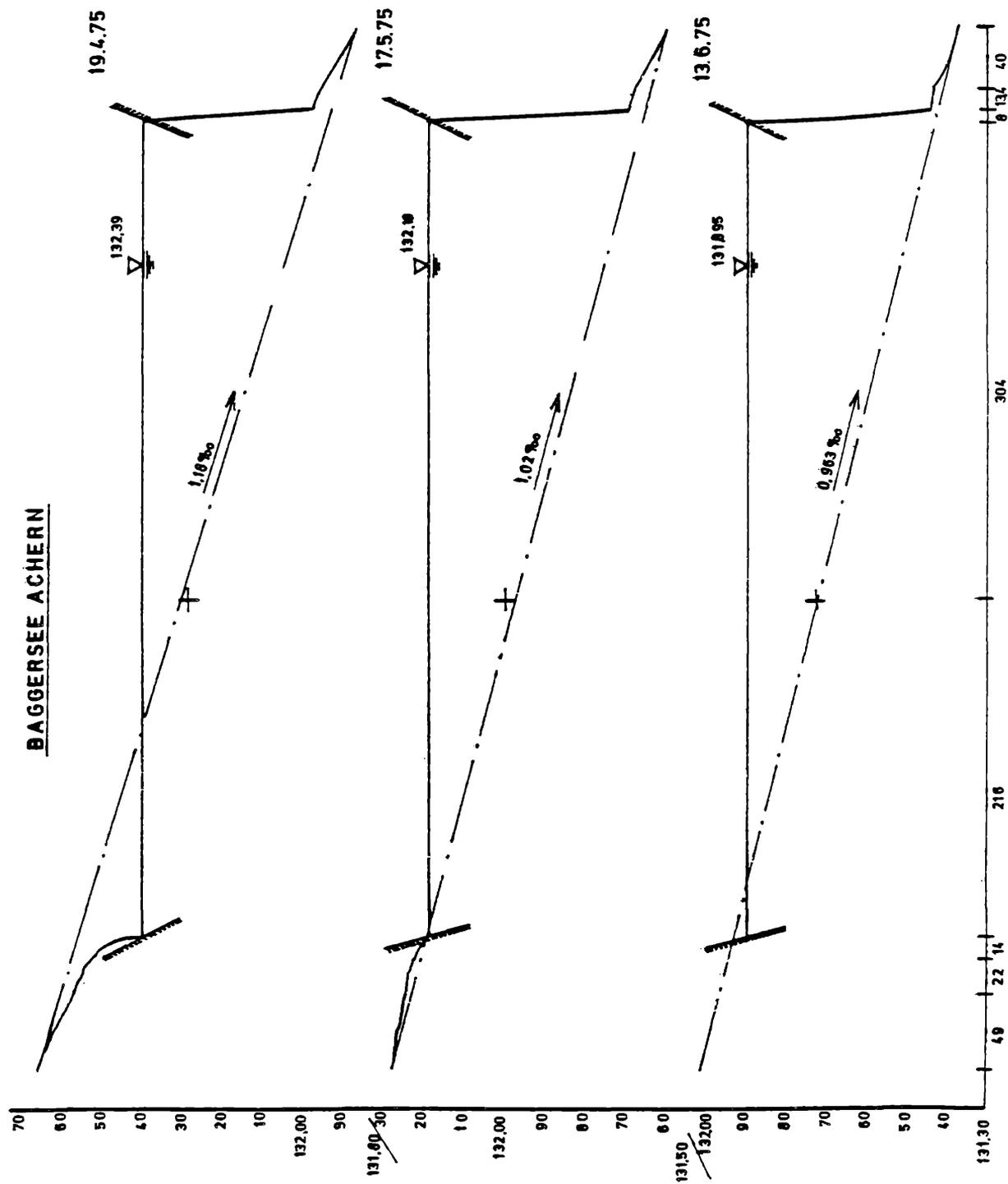
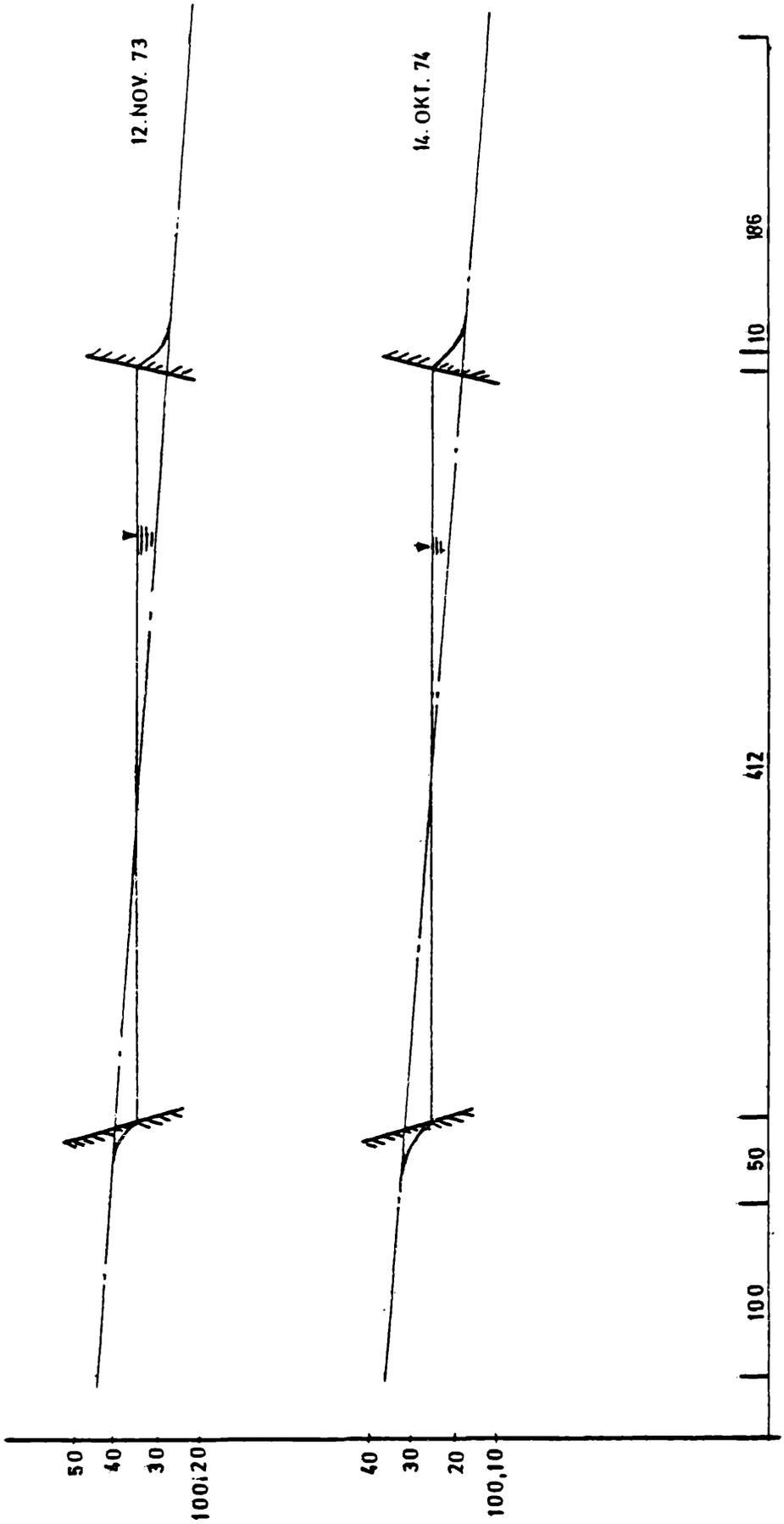


Abbildung 7: Hydrologischer Schnitt

### BAGGERSEE ST. LEON



## 6. Wassermengen - wirtschaftliche Beurteilung

Für den Zeitraum 1976 bis 1979 soll nun für den Standort des Testsees beispielhaft die Auswirkung der mittleren jährlichen Verdunstung der freien Wasserfläche auf den Wasserhaushalt dargestellt werden. Als mittlere potentielle Verdunstung wird 750 mm angenommen. Der mittlere jährliche Niederschlag (in Erdbodenhöhe gemessen) wurde im Betrachtungszeitraum mit 690 mm bestimmt. Die Verdunstung der Seefläche überstieg damit den Niederschlag um 60 mm. Auf den um den Testsee liegenden Wiesen und Ackerflächen mit einer nutzbaren Quellskapazität von 80 mm wurden in diesem Zeitraum im Mittel 240 mm Grundwasser neu gebildet. Bezogen auf Seefläche führte dies zu einem Verlust an Grundwasserneubildung von ca. 9,6 l/sec/km<sup>2</sup>.

In feuchten Gebieten mit sehr geringen Flurabständen, in denen die Vegetation direkten Kontakt mit der Grundwasseroberfläche hat, liegen die Verdunstungswerte, wie dies Messungen an Grundwasserlysimetern zeigen, in der Größenordnung der Verdunstung der freien Wasserfläche. Bei großräumigen Wasserhaushaltsbetrachtungen werden diese Flächen in Baden-Württemberg den freien Wasserflächen gleichgesetzt.

In flachen Grundwasserleitern können in den Wintermonaten große Teile der Grundwasserneubildung ungenutzt abfließen. In diesen Grundwasserkörpern erhöht sich das Speichervolumen bei Auskiesung um rd. das Sechsfache und damit kann die Nutzbarkeit dieser Grundwasservorkommen erhöht werden. Eine wasserwirtschaftliche Nutzungsmöglichkeit von Baggerseen wird von WENDT und WERNER 1977 beschrieben.

## Literatur

ARMBRUSTER, J. u. KOHM, J. (1977):

Kiesabbau und Wassernutzung in Baden-Württemberg, Z. dt. geol. Ges. 128 S., 361-369

DOBESCH, H. (1974):

Die numerische Bestimmung der Transporte fühlbarer und latenter Wärme mittels verschiedener Methoden über einer freien Wasserfläche. Arch. Met. Geoph. Bickl., Ser., Bd. 23

HAUDE, W. (1954):

Zur praktischen Bestimmung der aktuellen und potentiellen Evaporation und Evapotranspiration. Mitt. dt. Wetterdienst, 8 S., 5-22

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1975, 1977):

Wasserwirtschaftliche Untersuchungen Baggerseen 1. und 2. Bericht, Archiv der LfU B-W, (1976): Untersuchungen über die Auswirkungen des Kiesabbaus im Donauried - nichtveröffentl. Gutachten Archiv LfU B-W

LAHMEYER, Ingenieur GmbH. (1976):

Studie "Verbrauchsprognosen und Möglichkeiten der Konzentration des Kiesabbaus im Regierungsbezirk Karlsruhe" - Archiv des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten, Stuttgart

PENMAN, H. (1948):

Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc., A 193, S 120-145 London

WENDT, O. u. WERNER, J. (1977):

Über Möglichkeiten der Gewinnung enteisenden Uferfiltrats an Kies-Baggerseen Vortrag Tagung 22.4.1977 Kassel

WERNER, J., SCHWETER, J. u. BRAUN, G. (1976):

Ein kinetischer Verdunstungsmesser für Binnengewässer. Beiträge zur Hydrologie, H. 4, S. 1-28

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Phys. J. Kohm  
Landesanstalt für Umweltschutz  
Hebelstr. 2  
7500 Karlsruhe

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: [6\\_1980](#)

Autor(en)/Author(s): Kohm J.

Artikel/Article: [Die hydraulischen und hydrologischen Auswirkungen von Baggerseen auf das umliegende Grundwasser 13-23](#)