

**Schlüsselwörter**

Oberösterreich  
Deponiesanierung  
Geologie  
Hydrogeologie

# Geologisch-hydrogeologische Untersuchungen im Rahmen der Sanierung der Deponie Laakirchen (Oberösterreich)

FRANZ RIEPLER & HARTWIG KRAIGER\*)

5 Abbildungen, 2 Tabellen

## Inhalt

Zusammenfassung .....	99
Abstract .....	99
1. Einleitung .....	100
2. Geologisches, hydrogeologisches und geotechnisches Projekt .....	100
2.1. Geologischer Überblick .....	100
2.1.1. Tertiäre Ablagerungen (Schlier i.a.) .....	100
2.1.2. Quartäre Ablagerungen .....	100
2.2. Aufschlußprogramm und Ergebnisse .....	100
2.2.1. Bohrungen .....	102
2.2.2. Geophysikalische Untersuchungen .....	102
2.2.3. Ergebnisse des Bodenerkundungsprogrammes .....	102
2.2.4. Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen .....	103
2.2.5. Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen .....	103
2.3. Hydrogeologische Verhältnisse .....	102
2.3.1. Grundwasserstandsmessungen .....	104
2.3.2. Hydrochemische Untersuchungen .....	104
2.3.3. Pumpversuche, Auffüllversuche .....	104
2.3.4. Grundwassermodell .....	107
2.3.5. Grundwasserhaltung .....	107
3. Bemerkungen zur Bauausführung .....	107
4. Grundwasserhältnisse nach Fertigstellung der Dichtwand .....	107
Literatur .....	108

## Zusammenfassung

Für die Planung der Sanierung der Deponie Laakirchen, Oberösterreich, (Umschließung mittels gefräster Dichtwand bis 71 m Tiefe) waren umfangreiche geologische, hydrogeologische und geotechnische Erkundungen erforderlich. Es werden Methodik und Ergebnisse des Untersuchungsprogrammes sowie einer mathematischen Grundwassersimulation beschrieben.

Die Bodenerkundungen bestätigen und verfeinern den bisherigen Kenntnisstand der geologischen Verhältnisse in diesem Raum. Die Schlieroberfläche ist durch ein ausgeprägtes Relief charakterisiert (Niveaunterschiede bis zu 40 m), der Verlauf der ehemaligen Traurninne tritt dabei sehr deutlich in Erscheinung.

Grundlage zum Verständnis der hydrogeologischen Verhältnisse im Umfeld der Deponie ist die bislang nicht berücksichtigte Unterscheidung von zwei getrennt zu betrachtenden Grundwasserkörpern. Es handelt sich dabei um einen ca. 40 m mächtigen Begleitgrundwasserstrom der Traun (Würmterrasse) sowie einen geringmächtigen (ca. 8 m) Grundwasserkörper in den mindeleiszeitlichen Ablagerungen. Die Unterscheidung der beiden Aquifere beruht auf Ergebnissen von Aquiferparameterbestimmungen (z.B.  $k_f$ -Werte) und hydrochemischen Laboruntersuchungen. In früheren Studien wurde diese Tatsache nicht berücksichtigt, woraus Diskrepanzen hinsichtlich der Grundwasserströmungsverhältnisse resultierten.

Die nach Fertigstellung der Dichtwand durchgeführten Untersuchungen bestätigten die mittels eines Grundwassermodells erstellten Prognosen. Auswertungen von Wasserstandsmessungen vor Beginn und während der Durchführung von Wasserhaltungsmaßnahmen (Absenkung des Grundwasserspiegels im eingekapselten Bereich) belegen die abdichtende Wirkung der Dichtwand. Der Erfolg der Sanierungsmaßnahme zeigt sich weiters in einer merklichen Grundwasserqualitätsverbesserung im unterströmigen Bereich der Deponie.

## Geological and Hydrogeological Investigations on the Encapsulation of the Laakirchen Waste Disposit (Upper Austria)

### Abstract

For detailed design and preparation of tender documents for the encapsulation of the Laakirchen Waste Deposit (Upper Austria) with an up to 71 m deep drilled cut-off slurry wall an intensive investigation program had to be carried out. Geological, hydrogeological and geotechnical data obtained as well as methods and results of mathematical groundwater modelling are described.

\*) Anschrift der Verfasser: Dr. FRANZ RIEPLER, Dr. HARTWIG KRAIGER, Ingenieurgemeinschaft GEOCONSULT, Sterneckstraße 50-52, A-5020 Salzburg.

Soil investigations have confirmed and expanded the knowledge of geological conditions in the project area. The topography of the regional aquiclude is characterized by a distinct relief structure (differences of level up to 40 m). The former bed of the river Traun is clearly identified.

Based on the distinction of two different groundwater regimes the hydrogeological conditions in the vicinity of the disposal plant have been re-interpreted. The main aquifer (thickness about 40 m), situated in the 'Würmterrasse', is in close relationship to the river Traun. The second aquifer in the 'Mindel' sediments (thickness of aquifer up to 8 m) is of less influence and can be clearly distinguished by lower permeability, limited fluctuation of groundwater table, and characteristic hydrochemical data. As a result of the findings a revised version of the watertable map was established.

Records collected during and after construction confirmed the results of groundwater modelling and geotechnical investigation performed. Interpretation of data before and during dewatering (lowering of the groundwater table in the enclosed area) demonstrate the effectiveness of the groundwater cut-off. Furthermore, the successful remediation is verified by the noticeable improvement of groundwater quality in the downstream area of the waste disposal plant.

## 1. Einleitung

Die ehemalige Schottergrube Wageneder im Gemeindegebiet von Laakirchen, pol. Bezirk Gmunden, O.Ö., wurde seit 25 Jahren mit Abfällen verfüllt (ca. 650.000 m<sup>3</sup>). Auf der rund 9 ha großen Deponie wurden neben Hausmüll und Bauschutt vor allem Gewerbeabfälle (Klärschlamm, Rindenschrot) abgelagert. Die Deponiesohle liegt knapp über dem Grundwasserspiegel (3–5 m).

Im ursprünglichen Sanierungskonzept war neben einer mehrphasigen Umlagerung der Einbau einer Basisabdichtung und die Wiedereinlagerung des Mülls vorgesehen. Bei den Erdarbeiten stellte sich heraus, daß weite Bereiche des Untergrundes unter der Altlast kontaminiert waren. Umfangreiche Bodenaustauschmaßnahmen wurden notwendig.

Das kontaminierte Erdreich mußte ebenfalls im Bereich der Deponie eingelagert werden. Dadurch verringerte sich nicht nur das nutzbare Deponievolumen, es kam auch zu einer Baufeldeinengung. Bauzeitverzögerungen waren die Folge.

Ein Hochrechnen der auszutauschenden Bodenmengen für die gesamte Deponie ergab, daß nach Abschluß der Sanierung kaum freies Deponievolumen zur Verfügung gestanden wäre. Zudem kam eine enorme Geruchsbelästigung für die Anrainer und die Gefahr einer Baueinstellung seitens der Behörde.

In weiterer Folge wurde ein Alternativprojekt ausgearbeitet. Ein Vorprojekt betreffend die Machbarkeit einer Dichtwandumschließung führte schließlich zu einem Änderungsprojekt mit folgenden Schwerpunkten:

- Umschließung des Mittel- und Ostabschnittes mittels gestrafter Dichtungsschlitzwand
- Grundwasserhaltung innerhalb des umschlossenen Bereiches
- Aktive Entgasung
- Verfüllen des mit Basisabdeckung sanierten Teiles der Deponie

## 2. Geologisches, hydrogeologisches und geotechnisches Projekt

Grundlage für die Planung waren detaillierte Untersuchungen zur Erkundung der geologischen, hydrogeologischen und geotechnischen Eigenschaften des Untergrundes. Ein umfangreiches Aufschluß- und Versuchsprogramm in zwei Phasen wurde erarbeitet. Phase I diente der Erfassung der Grundwassereigenschaften und dem Ziel, Daten für eine mathematische Simulation des Grundwasserkörpers zu gewinnen. In Phase II wurde der unmittelbare Bereich der geplanten Dichtwandtrasse in Bezug auf geotechnische Eigenschaften untersucht.

### 2.1. Geologischer Überblick

Im Rahmen der Phase I wurde neben Aufschlußbohrungen eine geologisch-hydrogeologische Kartierung durchgeführt (GEOCONSULT, 1991). Das Kartierungsgebiet wird im Westen von der Traun, im Süden durch das Ortsende von Laakirchen, im Osten durch den Weiler Thal und im Norden durch den Weiler Lüftenegg begrenzt. Das Gebiet wird im wesentlichen von tertiären (Schlier i.a.) und quartären Ablagerungen (Terrassen und Moränen) aufgebaut. Eine Übersicht der geologischen Verhältnisse in diesem Abschnitt des mittleren Trauntales ist Abb. 1 zu entnehmen (KOLLMANN, 1983; SCHADLER, 1951).

#### 2.1.1. Tertiäre Ablagerungen (Schlier i.a.)

Unter Schlier i.a. werden hier Sande und Schluffe mit unterschiedlichem Verfestigungsgrad, Sandsteine, kalkige Sandsteine und Tonmergelsteine mit tertiärem Alter (Ottangien) zusammengefaßt (vgl. BRIX & SCHULTZ, 1980). Sie bilden das Liegende der quartären Schichtfolge und stellen aufgrund ihrer feinkörnigen Ausbildung den wasserstauenden Horizont im Untergrund dar (nur in Bohrungen aufgeschlossen; im gesamten Gebiet konnten keine obertägigen Schlieraufschlüsse nachgewiesen werden). Die Schlieroberfläche ist durch eine ausgeprägte Morphologie gekennzeichnet, die vor allem durch das Urstromtal der Traun charakterisiert ist. Die Niveauunterschiede im Bereich der ehemaligen Traunrinne betragen bis zu 40 m. Die Morphologie der Oberfläche des Grundwasserstauhizontes konnte in diesem Teilbereich des Trauntales damit exakt erfaßt werden (vgl. FLÖGL, 1969).

Aufgrund der in Bohrungen festgestellten geringmächtigen Ausbildung einzelner Schichtglieder im Schlier (z.B. Sandsteinbänke) konnten keine lateral weit ausgebildeten Leithorizonte ausgeschieden werden. Zumeist ist der Übergang von den Quartärsedimenten zum Schlier scharf und deutlich ausgeprägt, sowie durch den Farbwechsel zu blaugrauen feinklastischen Ablagerungen leicht erkennbar.

In manchen Bohrungen konnten jedoch in den oberen Abschnitten bis zu 5 m mächtige lockere gelbbraune Mittelsande festgestellt werden. Mit zunehmender Tiefe ist aber immer eine deutliche Konsolidierung der Schliersedimente zu beobachten.

#### 2.1.2. Quartäre Ablagerungen

Über dem kompakten Tertiäruntergrund folgt eine differenzierte Abfolge quartärer Sedimente unterschiedlichen Alters. Die ältesten quartären Ablagerungen treten im Bereich des Höhenrückens Stötten – Lüftenegg auf. Es handelt sich dabei im wesentlichen um eine ca. 80 m mächtige Wechselfolge von Konglomeraten, Sandsteinen, lockeren

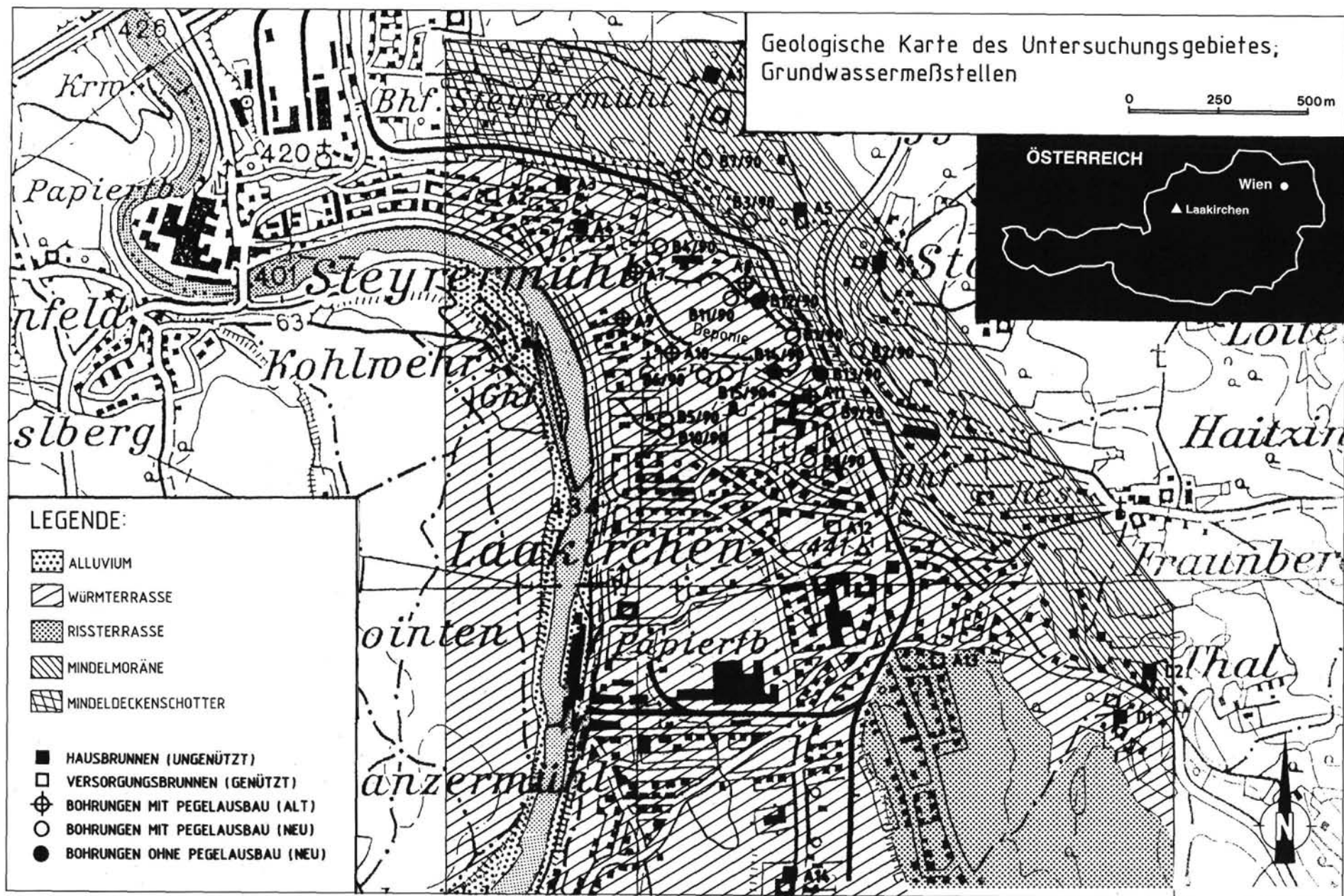


Abb. 1.  
Geologische Karte des Untersuchungsgebietes (nach SCHADLER, 1951 und VAN HUSEN 1977) mit den Grundwassermeßstellen.

Kiesen und Sanden, wobei am Übergang zum Schlier häufig ein charakteristischer Sandhorizont zwischengelagert ist. Nach VAN HUSEN (1977) werden diese Sedimente dem Mindel-Eiszeitzyklus zugeordnet, und können in die liegenden Mindeldeckenschotter und darüberlagernde Mindelmoränenreste gegliedert werden. Der ausgeprägteste Unterschied gegenüber den anderen Quartärsedimenten ist der hohe Verfestigungsgrad dieser mindelzeitlichen Ablagerungen.

Diese vormals mächtige Sedimentbedeckung wurde im Laufe der nachfolgenden Eiszeiten von der Traun zum Teil ausgeräumt und durch jüngeres Material wieder aufgefüllt. Jüngere Erosionsrinnen erreichten nur teilweise die Schlieroberfläche, in zahlreichen Bohrungen findet man über dem Schlier noch Reste dieser mindelzeitlichen Ablagerungen.

Der Bereich südlich der Straße Richtung Thal wird von Ribterrassenschottern aufgebaut. Detailliertere Angaben zum Schichtaufbau sind hier nicht bekannt.

Die jüngste eiszeitliche Talfüllung ist als Hauptgrundwassersträger von besonderer Bedeutung. Es handelt sich dabei um die bis zu 65 m mächtigen Würmterrassenschotter, die die Niederterrasse bilden und auf der die zu sanierende Altlast liegt. Sie bestehen i. w. aus schluffig sandigen z. T. steinigen Kiesen mit geringmächtigen Einschaltungen schluffiger Feinsandlinsen. In diese Terrassenschotter hat sich die Traun erneut etwa 30 m tief eingeschnitten, wo die ansonst lockeren Schotter an den steilen Talflanken eine Talrandverklüftung aufweisen.

Die Oberfläche dieser Terrasse ist bei Traunfeld durch eine Zwischenstufe gegliedert und wird im Bereich Laakirchen durch jüngere geringmächtige Schwemmfächer und Hangschutt überlagert, die wiederum durch den zur Zeit trockenen Abfluß aus dem Thalgraben teilweise erodiert wurden.

## 2.2. Aufschlußprogramm und Ergebnisse

### 2.2.1. Bohrungen

Zur Abwicklung der geologischen Erkundungen wurden zu Beginn sämtliche aus früheren Erkundungsphasen vorhandenen Aufschlußbohrungen ausgewertet. Für das vorliegende Projekt wurden neun Bohrungen in der Umgebung der Altlast, sowie weitere fünf Bohrungen im Bereich der Dichtwandtrasse abgeteuft und als Grundwasserbeobachtungspegel ausgebaut. Die Lage der Bohrsatzpunkte und der zusätzlichen Grundwasserbeobachtungsstellen (Hausbrunnen) ist ebenfalls in Abb. 1 dargestellt.

### 2.2.2. Geophysikalische Untersuchungen

Zur Erfassung des Grundwasserspiegels und der Morphologie der Schlieroberkante zwischen den Bohrungen wurden entlang der Dichtwandtrasse geoelektrische, refraktions- und reflexionsseismische Untersuchungen sowie Bohrlochversenkmessungen durchgeführt.

### 2.2.3. Ergebnisse des Boden-erkundungsprogrammes

Die von VAN HUSEN (1977) beschriebene Gliederung in Mindeldeckenschotter und Mindelmoränenresten deutet sich in den Bohrungen B3/90 und B7/90 an, wo ein sandig schluffiger Horizont (Lehm) (B3/90 bei 454 m Sh, B7/90

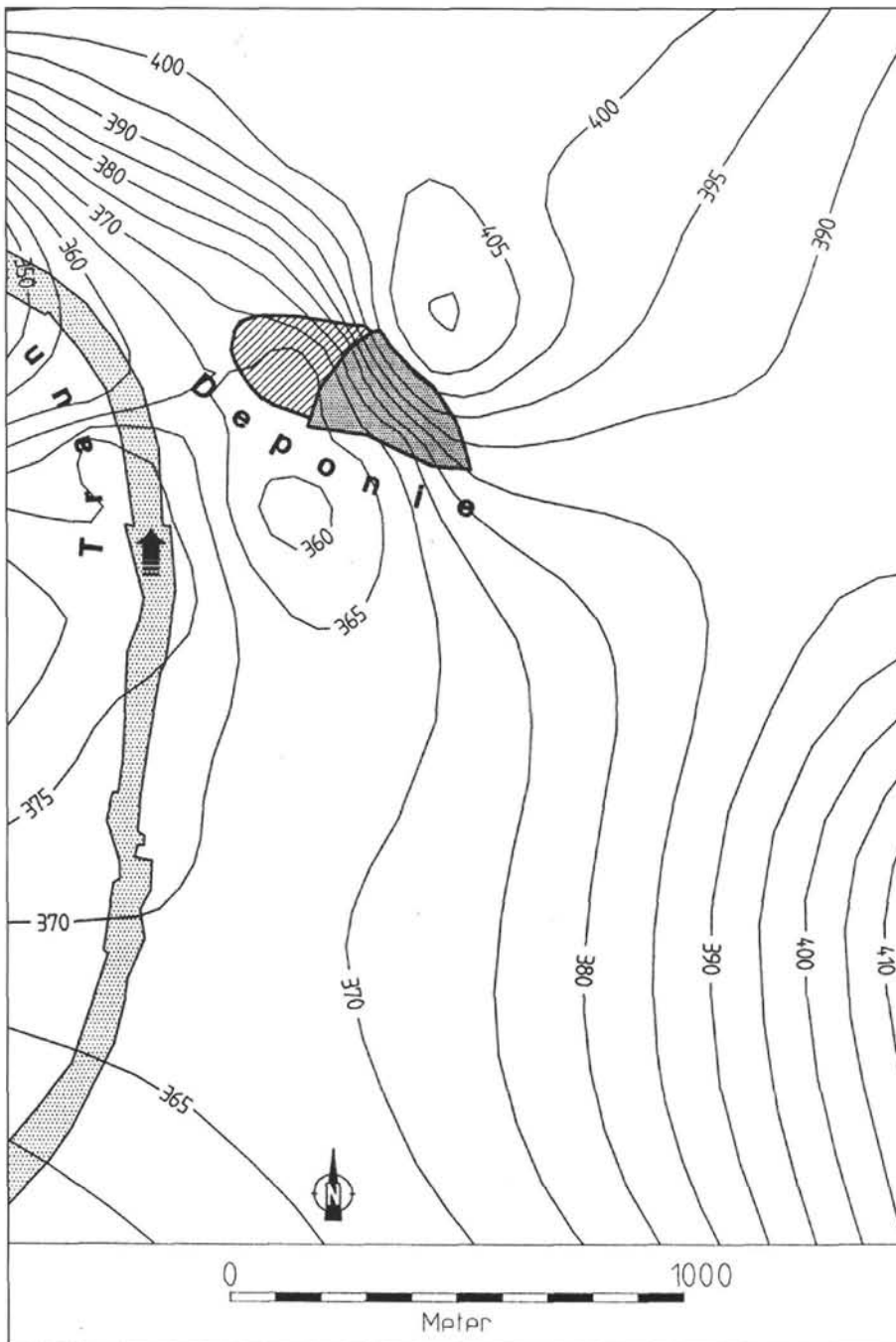


Abb. 2.  
Strukturkarte der Schlieroberfläche.  
Gerasterte Fläche = eingekapselte Altlast; strichlierte Fläche = Deponie und Basisdichtung.

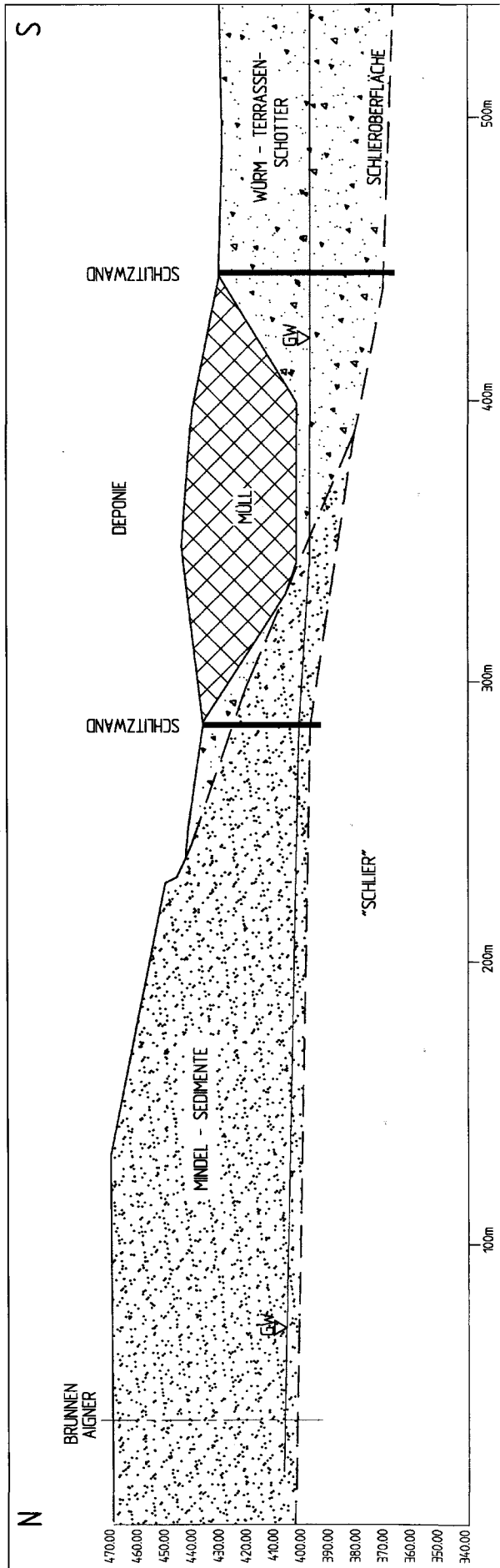


Abb. 3. Geologisches Profil (Nord-Süd) im Bereich der Deponie Laakirchen.

bei 444 m Sh) auf eine Sedimentationsunterbrechung hinweist. Die mindeleiszeitlichen Ablagerungen sind durch einen hohen Anteil an Konglomeraten und durch ihre Zusammensetzung aus vorwiegend Kristallinkomponenten charakterisiert.

Bei den Würmterrassenschottern handelt es sich um zumeist dicht gelagerte schluffig, sandige z.T. steinige Kiese. Die Komponenten bestehen durchwegs aus Karbonatgesteinen, gelegentlich treten geringmächtige, lokal verbreitete Verhärtungshorizonte auf.

In den Bohrungen besteht die typische Schlierabfolge aus halbfesten bis festen schluffigen Feinsanden mit Einschaltungen geringmächtiger (cm-Bereich) weicher, tonig schluffiger Lagen in Wechsellagerung mit harten karbonatisch zementierten Sandsteinen und Mergeln. In einigen Bohrungen (B1/90, B3/90, B6/90, B7/90, B12/90 und B13/90) liegen über den typischen blaugrauen, schluffigen Feinsanden bis zu 5 m mächtige gelbbraune Mittelsande, die ebenfalls der Tertiärabfolge zugeordnet werden. Basierend auf den Ergebnissen der Bohrungen liegt nunmehr ein gut fundiertes Modell der Morphologie der Schlieroberkante (Grundwasserstauhorizont) vor (vgl. Abb. 2).

Der generelle geologische Aufbau ist an einem Nordost-Südwest-Profil im Bereich der Altlast dargestellt (siehe Abb. 3).

#### 2.2.4. Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen

Anhand der geophysikalischen Untersuchungsergebnisse konnte die aus den Bohrungen lediglich punktuell bekannte Oberfläche des Schliers entlang der gesamten Dichtwandtrasse im Detail angegeben werden. Von Interesse waren dabei morphologische Hoch- und Tiefpunkte, die in erster Linie für die Massenermittlung der Ausschreibung, aber auch für den Ablauf der Dichtwandherstellung selbst, erforderlich waren.

Refraktionsseismisch ergeben sich 3 Schichten mit folgenden Mächtigkeiten:

Schicht 1	340– 600 m/s	Müll (0–5 m)
Schicht 2	1200–1500 m/s	ungesättigtes Lockergestein (4–19 m)
Schicht 3	2300–2700 m/s	gesättigtes Lockergestein (15–41 m)

Der Schlier konnte wegen seiner gegenüber der Schicht 3 geringeren Longitudinalgeschwindigkeit refraktionsseismisch nicht erfaßt werden. Die Schlier-Oberkante konnte hingegen mittels Reflexionsseismik unzweifelhaft bestimmt werden.

Die Auswertung der geoelektrischen Tiefensondierungen ergab lediglich in den müllfreien Bereichen bzw. in Abschnitten mit relativ unbelastetem Grundwasser brauchbare Ergebnisse, da die sehr niedrigen spezifischen Widerstände des Mülls bzw. des kontaminierten Grundwassers eine Auswertung des Schliers unmöglich machten.

Aufgrund der eingesetzten Methodenkombination waren die Ergebnisse trotz der vereinzelt Einschränkungen für die Planung schließlich dennoch vollständig und von großer Bedeutung.

#### 2.2.5. Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen

Im Zuge der Aufschlußarbeiten wurden in zahlreichen Bohrungen im Schlierabschnitt Wasserabpreßversuche (WD-Tests) sowie im Bereich der Würmschotter Standard Penetration Tests (SPT-Tests) durchgeführt.

Für die meist schluffig-sandigen Kiese kann aufgrund der hohen Schlagzahlen ( $n_{30} > 39$ ) nach PRINZ (1982) eine dichte Lagerung abgeleitet werden. SPT-Tests aus Vorprojekten erbrachten i.w. übereinstimmende Daten, sodaß der gesamte untersuchte Bereich (Würmschotter) als dicht gelagert eingestuft werden kann.

Mit Ausnahme der Bohrungen B12/90 und B13/90 ergab die Auswertung der Wasserabpreßversuche im Schlier Durchlässigkeitsbeiwerte in der Größenordnung von  $k_f = 10E-08$ – $10E-09$  m/s. Die etwas höhere Durchlässigkeit in den erwähnten Bohrungen ( $k_f \approx 10E-07$  m/s) ist auf die Einschaltung von sandigen Linsen im Bereich der Testabschnitte zurückzuführen.

Zum Vergleich ergaben die Laboruntersuchungen (vertikale Durchlässigkeit) an Bohrkernproben in den relevanten Abschnitten durchschnittlich eine um ein bis zwei Zehnerpotenzen niedrigere Durchlässigkeit (GEOCONSULT, 1992).

### 2.3. Hydrogeologische Verhältnisse

Zur Charakterisierung der hydrogeologischen Verhältnisse wurde neben der Erfassung und Auswertung vorhandener Daten (Niederschlagsdaten, Abflußdaten der Traun, Grundwasserstandsdaten) eine Quell- und Brunnenaufnahme durchgeführt. Auf dieser Grundlage wurde ein Dauerbeobachtungsprogramm des Grundwassers erarbeitet, in dessen Rahmen bei ausgewählten Brunnen und Pegeln in regelmäßigen Abständen (wöchentlich, z.T. zweimal wöchentlich) Wasserstandsmessungen durchgeführt wurden. Zusätzliche Pegelablesungen erfolgten bei Beobachtungsstellen an der Traun. Die Lage der Grundwassermeßstellen ist Abb. 1 zu entnehmen.

Weiters wurden zur Charakterisierung der Wässer an ausgewählten Stellen Proben für hydrochemische Laboruntersuchungen gezogen.

Die Ermittlung von Aquiferparametern erfolgte im Rahmen der Bohrarbeiten mittels Pump- und Auffüllversuchen.

Die Prognose des Einflusses der Dichtwandmaßnahme auf die Grundwasserhältnisse wurde mit Hilfe des mathematischen Simulationsprogrammes SWIFT III (GEO-TRANS INC., 1990) errechnet.

#### 2.3.1. Grundwasserstandsmessungen

Bei Betrachtung der Grundwassermessungen konnte eine Zweigliederung in stark schwankende und nahezu konstante Pegelganglinien festgestellt werden. Es fiel dabei auf, daß sämtliche Meßstellen mit ausgeglichenem Verlauf der Ganglinien (vgl. Abb. 4a) im Bereich der Mindelablagerungen situiert sind. Die maximale Differenz zwischen Hoch- und Tiefstand in diesen Beobachtungsstellen beträgt für den Beobachtungszeitraum Juni bis Dezember 1990 lediglich ca. 30 cm, wobei auch kein Zusammenhang mit Niederschlagsereignissen bzw. mit dem Abflußverhalten der Traun (vgl. Abb. 4c) hergestellt werden kann. Wie aus den Bohrergebnissen hervorgeht, liegt der Grundwasserkörper im Bereich der Mindelsedimente unmittelbar über dem Schlier, die max. Mächtigkeit dieses Aquifers beträgt ca. 8 m.

Der bis zu 40 m mächtige Grundwasserkörper (ca. 30–40 m unter GOK) in der Würmterrasse ist hingegen starken Schwankungen (bis zu 1 m) unterworfen. Beim Vergleich der Grundwasserganglinien in diesem Aquifer (vgl. Abb. 4b) mit dem Abfluß der Traun (vgl. Abb. 4c) und dem Niederschlag, ist ein unmittelbarer Einfluß festzustellen. Es konnte ein nahezu konformer Kurvenverlauf sowohl der Be-

obachtungsstellen untereinander als auch in Bezug auf die Abflußganglinien nachgewiesen werden.

Es geht daraus hervor, daß im untersuchten Gebiet zwei getrennt zu betrachtende Aquifere vorhanden sind, nämlich der mächtige, mit der Traun korrespondierende Grundwasserkörper der Würmterrasse, sowie ein von der Mächtigkeit und Durchlässigkeit her gesehen eher unbedeutender Grundwasserkörper im Bereich der Mindelablagerungen.

Mittels der Grundwasserstandsmessungen wurde ein Grundwasserisohypsenplan erstellt, der in weiterer Folge zur Eichung des Grundwassermodells herangezogen wurde. Dabei wurden die beiden Aquifere aufgrund der großen Unterschiede hinsichtlich der Durchlässigkeit grundsätzlich getrennt behandelt. Der Aquifer in den Mindelablagerungen strömt demnach mit einem steilen Gefälle (2–3 %) sehr langsam in Richtung Würmaquifer ab. Der Aquifer in der Würmterrasse ist als Grundwasserbegleitstrom der Traun zu betrachten, er fließt ± talauswärts mit einem Gefälle von ca. 0,1–0,2 % ab. Die Grundwasserströmungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet sind Abb. 5 zu entnehmen.

In Voruntersuchungen wurde diese Trennung der Aquifere nicht berücksichtigt. Dies ergab bei der Konstruktion von Grundwasserisohypsenplänen widersprüchliche Modelle hinsichtlich der Abströmverhältnisse. Aufgrund dieser Annahmen wurde das Ausmaß der Schadstoffausbreitung nicht richtig erkannt, da in vermeintlich „unterströmig gelegenen“ Pegeln (nach dem derzeitigen Modell jedoch im Anströmbereich situiert) keine Schadstoffe nachgewiesen werden konnten.

#### 2.3.2. Hydrochemische Untersuchungen

Im Rahmen der Geländearbeiten wurden neben dem Abstrommaß auch die elektrische Leitfähigkeit und die Temperatur der angetroffenen Wässer gemessen. Während für den Traunabfluß einheitliche Werte zwischen 500 und 510  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nachgewiesen werden konnten, zeigen sich in den beiden Grundwasserfeldern differenziertere Mineralisierungsverteilungen.

Die Traun ist aufgrund der Einleitung CaCl-reicher Abwässer der Sodafabrik in Ebensee mit erhöhten Cl-Gehalten belastet (zw. 30–80 mg/l). Der Begleitgrundwasserstrom der Traun (Würmterrasse) ist dementsprechend ebenfalls durch höhere Cl-Werte markiert und kann dadurch von anderen Aquiferen abgegrenzt werden.

Im Bereich der Würmterrasse weisen sämtliche oberströmig der Deponie untersuchten Wässer Mineralisierungen zwischen 521  $\mu\text{S}/\text{cm}$  und 586  $\mu\text{S}/\text{cm}$  auf. Ähnliche und z.T. niedrigere Leitfähigkeitswerte (bis 483  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) wurden im Grundwasserkörper der Mindelsedimente gemessen.

Die erhöhten Werte im Deponieareal und unterströmig davon (bis 844  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) werden durch die Altlast verursacht. Es zeigt sich dabei, daß die Fahne der erhöht mineralisierten Wässer durch die infiltrierende Traun nach Norden hin abgedrängt wird und dort entlang der Talflanke talauswärts strömt. Diese Aussagen können auch durch die hydrochemischen Laboruntersuchungen bestätigt werden, wo bei den im Abströmbereich der Deponie gelegenen Brunnen Erhöhungen verschmutzungsbedingter Parameter (z.B. Ammonium,  $\text{KMnO}_4$ -Verbrauch, Na- und K-Werte, Bakteriologie) nachgewiesen werden konnten.

#### 2.3.3. Pumpversuche, Auffüllversuche

Zur Bestimmung von Aquiferparametern in den beiden Grundwasserfeldern wurden drei Pumpversuche im Bereich

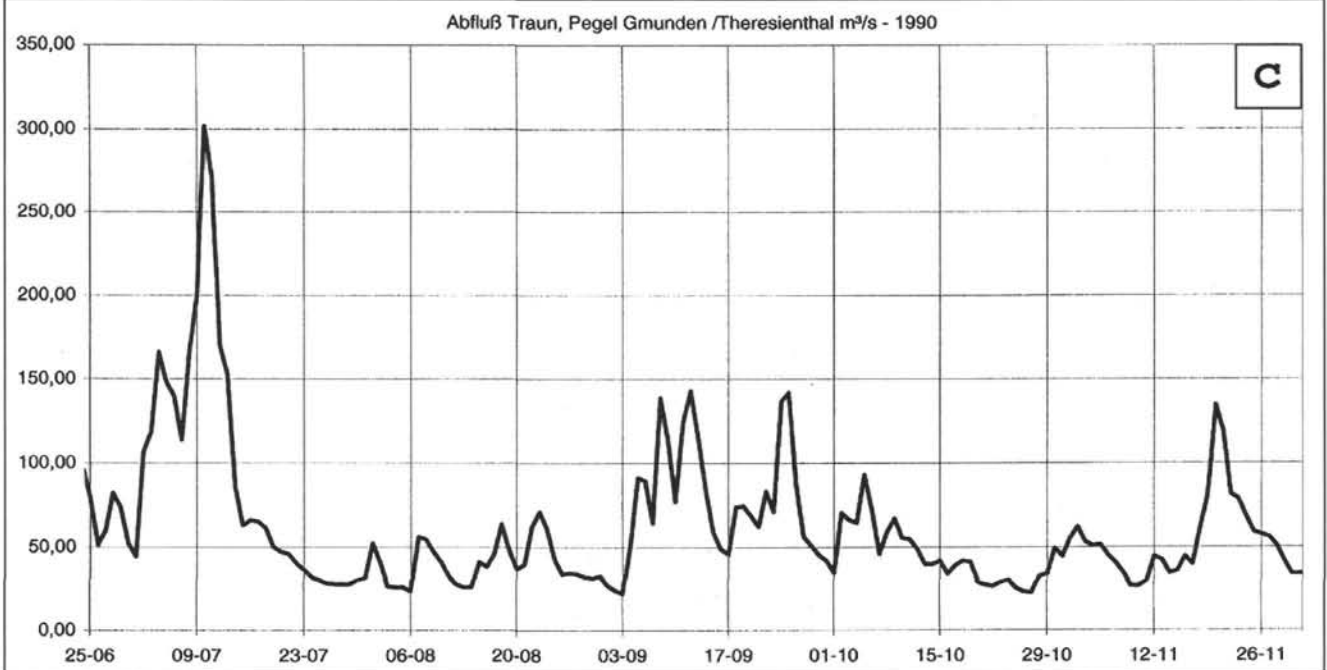
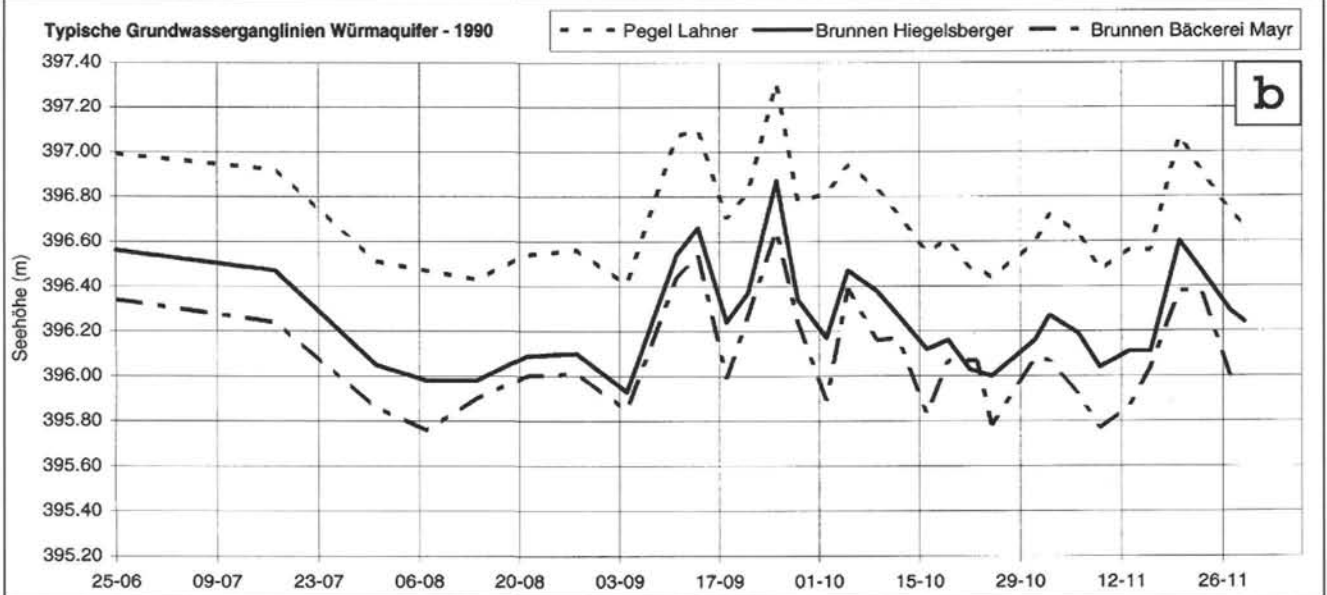
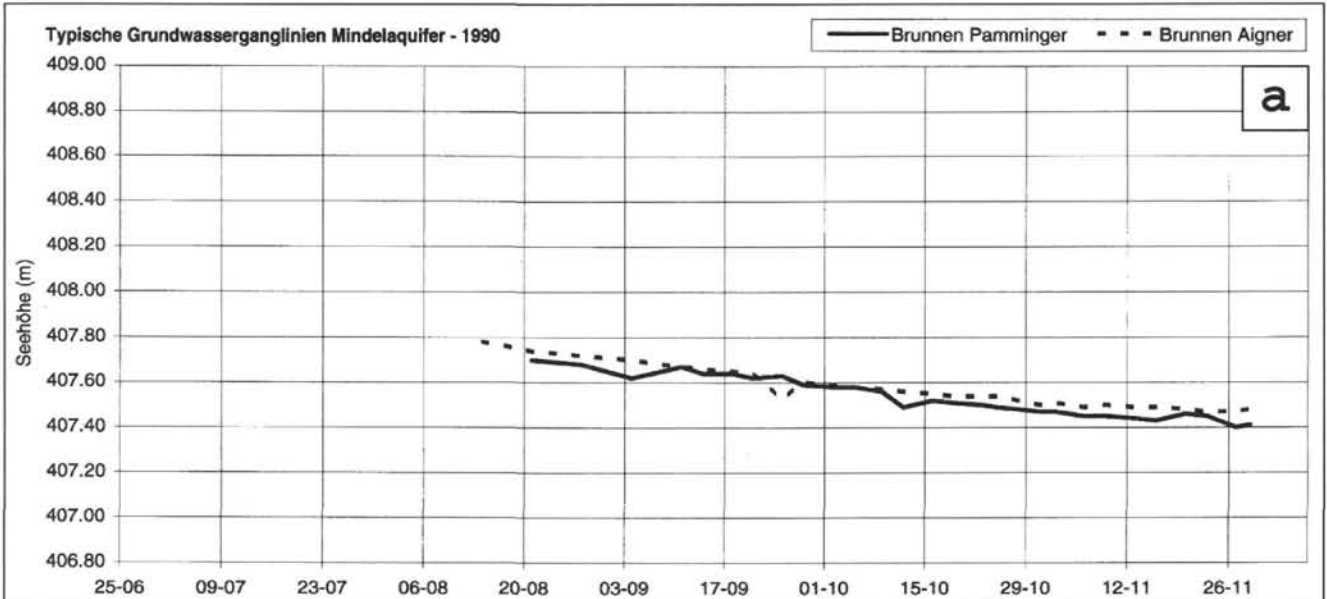


Abb. 5.  
Grundwasserisohypsenplan  
vom 25. 9. 1990 mit Grundwas-  
sermodell-bezogener Grenz-  
linie (treppenförmig) zwischen  
Mindel- und Würmaquifer.  
Gerasterte Fläche = eingekap-  
selte Altlast; strichlierte Fläche  
= Deponie mit Basisdichtung.

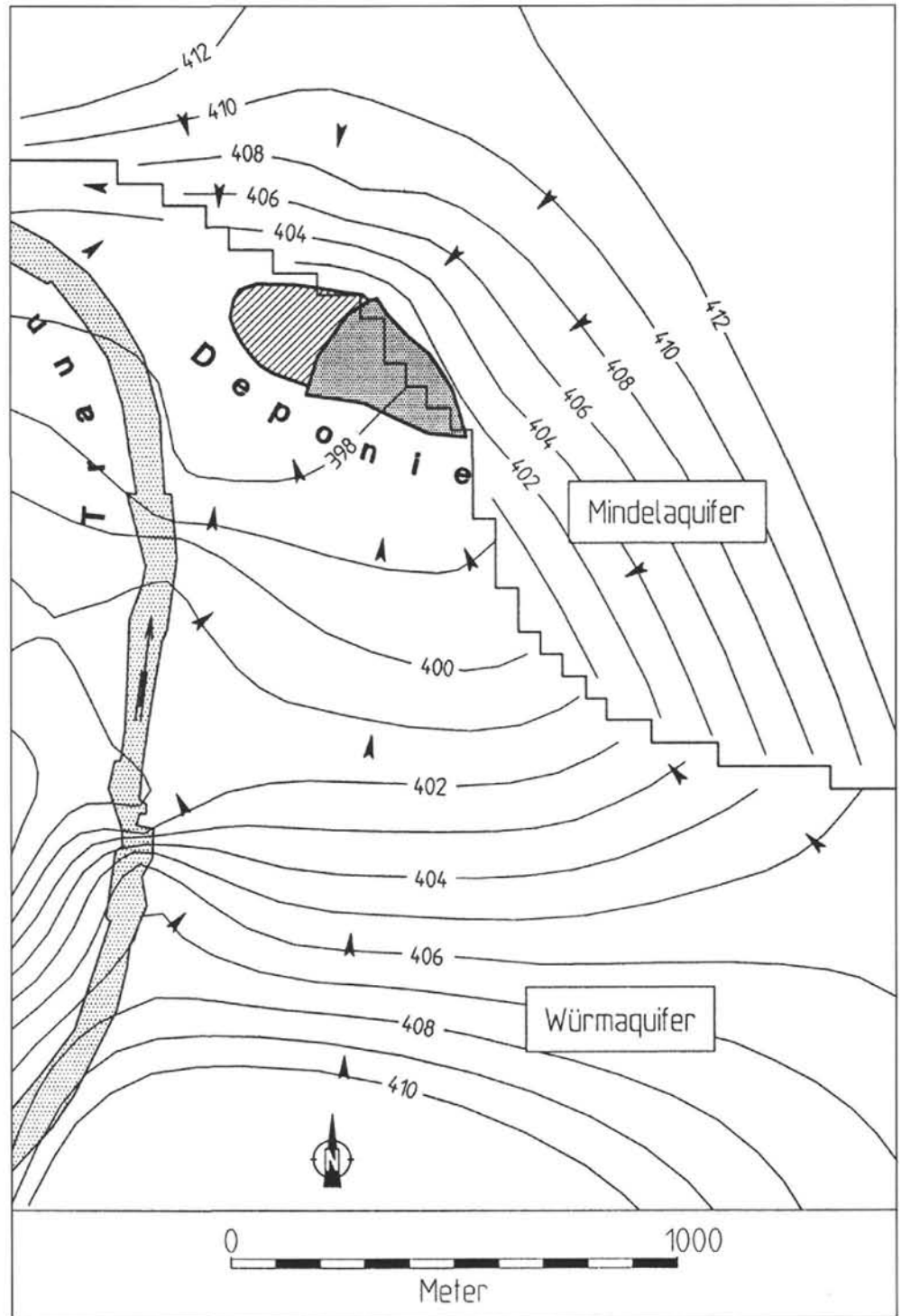
der Mindelablagerungen (B2/90, B3/90 und B7/90) sowie fünf Pumpversuche im Würmterrassenaquifer (B4/90, B5/90, B6/90, B8/90 und B9/90) durchgeführt. Die Ermittlung der Durchlässigkeit vorwiegend in der ungesättigten Zone erfolgte in B15/90 mittels Auffüllversuchen.

Aufgrund des geringmächtigen Wasserangebotes (ca. 8 m) wurden im Mindelaquifer nur Kurzpumpversuche durchgeführt. Es wurde dabei getrachtet, zwei unterschiedliche Leistungsstufen zu fahren. In den Bohrungen B3/90 und B2/90 (Ausbau als 5"-Pegel) konnten diese Bedingungen annähernd erfüllt werden. Bei der letztgenannten Bohrung konnte mit 0,25 l/s für diesen Bereich die größte konstante Wassermenge gefördert werden. Da die Absenkung beim Pumpversuch B7/90 bei einer Förderleistung von 0,07 l/s bereits 6,15 m betrug, konnte hier nur eine Stufe gefahren werden.

Aufgrund der Tatsache der sehr rasch erfolgten Absenkungen und Wiederaufspiegelungen bei allen drei Tests, wurden zur Auswertung die Quasistationärzustände herangezogen. Eine Zusammenstellung der Ergebnisse liegt in Tab. 1 vor.

Die Pumpversuche in dem bis zu 40 m mächtigen Würmaquifer wurden mit Förderleistungen bis zu 20 l/s gefahren. Die Auswertung der Versuche war durch z.T. unregelmäßige Pumpleistungen, unterschiedliche meteorologische Verhältnisse, stark wechselndes Abflußverhalten der Traun und damit verbundenen natürlichen Schwankungen des Grundwasserspiegels erschwert. Auch hier wurde danach getrachtet, bei zwei unterschiedlichen Leistungsstufen Stationärzustände zu erreichen.

Bei den fünf Versuchen (B4/90–96 Stunden, B5/90–70,5 Stunden, B6/90–49 Stunden, B8/90–62 Stunden, B9/90–97,7 Stunden) wurden bei Entnahmemengen von



ca. 5–10 l/s Absenkungsbeträge zwischen 0,3–4,3 m beobachtet. Der höchste Absenkbetrag bei der zweiten Pumpstufe wurde bei B6/90 mit 20,9 m gemessen. Die Entnahmemenge betrug dabei 19,5 l/s.

Eine Zusammenstellung der Versuchsdaten und die ermittelten Ergebnisse hinsichtlich der Durchlässigkeit zeigt Tab. 2. Die  $k_f$ -Werte zeigen im wesentlichen untereinander eine gute Übereinstimmung und entsprechen den aus Vorprojekten bekannten Durchlässigkeitsangaben.

Bemerkenswert ist die generell etwas höhere Durchlässigkeit der Sedimente im Bereich der ehemaligen Traurinne.

Bei der Bohrung B15/90 wurde die Durchlässigkeit der Würmterrassenschotter mittels Auffüllversuchen bestimmt,

Tabelle 1.  
Ergebnisse der Pumpversuche  
in den Mindelablagerungen.

Pegel	Stufe 1: Pumpleistung (l/s)/ Dauer (min)	Absenkung (m)	Stufe 2: Pumpleistung (l/s)/ Dauer (min)	Absenkung (m)	kf-Wert (m/s)
B2/90	0.12 / 155	2,9	0.25 / 170	5.9	4.95*10E-06
B3/90	0.1 / 119	3,0	0.18 / 220	5.1	4.25*10E-06
B7/90	0.07 / 290	6.15			2.50*10E-06

wobei im Zuge des Bohrfortschrittes diese Tests im Abstand von 2 m durchgeführt wurden. Es wurde dabei eine deutliche Gliederung in drei Gruppen festgestellt und zwar der Bereich bis etwa 16 m unter GOK mit einem gemittelten  $k_f$ -Wert von  $2,5 \cdot 10^{-03}$  m/s, der Abschnitt von 16 m bis zum Grundwasserspiegel bei 32,87 m mit  $2,9 \cdot 10^{-04}$  m/s und schließlich die gesättigte Zone mit einem Durchschnittswert von  $1,4 \cdot 10^{-04}$  m/s. Auch diese Ergebnisse stehen in guter Übereinstimmung mit den Pumpversuchsauswertungen.

### 2.3.4. Grundwassermodell

Die Grundwassermodellierung wurde mit dem Computerprogramm SWIFT III (GEOTRANS INC., 1990) durchgeführt. Dieses Programm basiert auf der Finiten Differenzmethode und ist sowohl zur Simulation der Grundwasserströmung als auch zur Simulation des Transportes gelöster Stoffe geeignet.

Im gegenständlichen Projekt wurde die Stationärphase anhand der vorliegenden Grundwassermorphologie geichet. Dieses Grundwasserrelief basiert auf Daten der Grundwasserbeobachtungs- und Flußwasserpegel. Während der Eichung des Modelles wurden die hydrogeologischen Parameter in einem „try and error“-Verfahren solange entsprechend adaptiert, bis zufriedenstellende und mit den tatsächlich beobachteten Daten übereinstimmende Ergebnisse erzielt wurden.

Nach erfolgter Eichung wurde der Einfluß der Dichtwandmaßnahme auf die Grundwasserströmungsrichtung und Grundwassermächtigkeit (Aufstau) simuliert. Es geht daraus hervor, daß durch die Dichtwanderrichtung der ursprünglich talrandparallele Grundwasserabstrom an der Dichtwand nach Westen hin abgelenkt wird. In weiterer Folge wurde für den Anströmbereich im Süden der Dichtwand ein Grundwasseraufstau von ca. 20 cm errechnet.

Bedingt durch das steile Grundwassergefälle im Bereich nördlich der Deponie errechnet sich unmittelbar an der Schlitzwand ein Aufstau bis zu 1,70 m. Der Abstrom erfolgt entlang der Schlitzwand in westliche bzw. südliche Richtung.

Als drittes Ergebnis der Grundwassersimulation konnte gezeigt werden, daß bei einer Kombination eines 100-jährlichen Grundwasserhochstandes mit dem Grundwasseraufstau an der Dichtwand anströmseite keine Gefährdung der westlich an die Dichtwand anschließenden Deponiebasisabdichtung gegeben ist.

Pegel	Stufe 1: Pumpleistung (l/s)/ Dauer (h)	Absenkung (m)	Stufe 2: Pumpleistung (l/s)/ Dauer (h)	Absenkung (m)	kf-Wert (m/s)
B4/90	7.5 / 40	2.80	14,0 / 49	13.0	1.0*10E-04
B5/90	8.0 / 1	0.34	17.0 / 64	2.0	4.25*10E-04
B6/90	10.0 / 24	0.76	19.5 / 24	20.9	1.6*10E-04
B8/90	4.7 / 24	1.05	11.4 / 37	11.8	1.1*10E-05
B9/90	7.5 / 24	4.3	8.0 / 66	6.4	1.4*10E-04

Tabelle 2.  
Ergebnisse der Pumpversuche  
im Bereich der Würmterrasse.

### 2.3.5. Grundwasserhaltung

Um die Ausbreitung von kontaminiertem Grundwasser aus dem umschlossenen Bereich zu verhindern, wird der Innengrundwasserspiegel gegenüber dem Außenspiegel über drei zentrale Absenkbrunnen um 1 m abgesenkt. Die Steuerung der Absenkbrunnen erfolgt durch 4 Pegelpaare, an denen jeweils die Spiegeldifferenzen (zwischen innen und außen) ermittelt und bei Unterschreiten der Differenz von 1 m die zentralen Absenkbrunnen aktiviert werden. Der Lokalisierung von eventuellen Undichtigkeiten dient eine Reihe von 2<sup>nd</sup>-Pegeln (Abstand ca. 70 m) entlang der Dichtwand.

Die abgepumpten kontaminierten Wässer der Grundwasserhaltung werden der Kläranlage der Papierfabrik Steyrermühl zugeführt. Die Beweissicherung erfolgt über mehrere ober- und unterströmig situierte Brunnen.

## 3. Bemerkungen zur Bauausführung

Die Dichtwand wurde in der Zeit von Juli 1992 bis Mai 1993 hergestellt. Sie weist entsprechend der Planung eine Länge von 1050 m auf und hat eine Gesamtfläche von ca. 55.000 m<sup>2</sup>. Die größte Tiefe wurde im südwestlichen Teil der Deponie mit 70,7 m erreicht.

Die Kontrolle der Einbindung der Dichtwand in sog. dichte Schlierabschnitte ( $k_f \leq 10^{-9}$  m/s) erfolgte durch eine kontinuierliche Beprobung der geförderten Schlierbruchstücke und sofortiger Bestimmung des Feinanteilgehaltes. Aufgrund der intensiven Voruntersuchungen an Schlierproben konnte nachgewiesen werden, daß ein Feinanteil (<0,063 mm) von 25 % mit einem  $k_f$ -Wert von  $2 \cdot 10^{-9}$  m/s korrespondiert. Insgesamt wurden 597 Proben untersucht, der Grenzwert von 25 % Feinanteil wurde in allen Fällen – zumeist deutlich – überschritten.

Abgesehen von geringfügigen Abweichungen bezüglich der Einbindetiefe (generell 3 m) wurden die geologischen Prognosen bei der Dichtwandherstellung bestätigt.

## 4. Grundwasserverhältnisse nach Fertigstellung der Dichtwand

Die Auswertungen von Wasserstandsmessungen nach Fertigstellung der Dichtwand bestätigen die durch das Grundwassermodell prognostizierten Veränderungen. Im Würmaquifer erfolgt die Ablenkung des Grundwasserstroms entlang der Dichtwand in Richtung Westen, der Aufstau an der Dichtwand entspricht den Erwartungen. Die Wässer

des Mindelaquifers werden an der Dichtwand in westliche bzw. südöstliche Richtung abgelenkt, der Aufstau an der Außenseite war vor Beginn des Absenkpumpens doppelt so hoch wie erwartet. Ein direkter Vergleich der Prognose hinsichtlich des Grundwasseraufstaus ist jedoch erst nach Erreichen der Stationärphase möglich. Die Meßergebnisse an den Pegelpaaren entlang der Dichtwand weisen auf ein Funktionieren der Dichtwand hin.

Diese Aussagen werden auch bei der Auswertung der hydrochemischen Laboruntersuchungen bestätigt. Die Abnahme von Schadstoffparametern und gleichzeitige Zunahme von dominanten Parametern des „unbelasteten“ Grundwassers im unterströmigen Bereich der sanierten Deponie belegen, daß nunmehr kein Schadstoffaustrag aus der Altlast erfolgt.

#### Literatur

- BRIX, F. & SCHULTZ, O., 1980: Erdöl und Erdgas in Österreich. – 312 S., Wien (Naturhistorisches Museum und F. Horn).
- FLÖGL, H., 1969: Wasserwirtschaftliches Grundsatzgutachten Vöckla – Ager – Traun – Alm. – Unveröff. Gutachten, erstellt für Amt der Oberösterreich. Landesregierung, Abt. Wasserbau und Hydrographischer Dienst, 174 Seiten, 3 Bände, 12 Karten.
- GEOTRANS INC., 1990: SWIFT III, Release 2.32: Sandia Waste Isolation Flow and Transport Model for Fractured Media. – Herndon, Virginia (USA).
- GEOCONSULT, 1991: Altlastsanierung Deponie Laakirchen / Dichtwandumschließung. – Technischer Bericht, 9 Teile, 122 S., Salzburg.
- GEOCONSULT, 1992: Festlegung der Einbindetiefe in den Grundwasserstauer; Bodenmechanische und geologische Kriterien. – 20 S., Salzburg.
- KOLLMANN, W., 1983: Exkursionen. – In: Tagungsband der Arbeitstagung der Geol. B.-A. 1983, Blatt 66 Gmunden, 31–33, Wien.
- PRINZ, H., 1982: Abriß der Ingenieurgeologie. – 419 S., Stuttgart (Enke).
- SCHADLER J., 1951: Kraftwerk Traunfall. – Unveröff. Gutachten, 14 S., Linz.
- SCHÄFFER, G. & DAURER, A. (Red.; 1983): Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1983, Blatt 66 Gmunden, Salzburg, O.Ö., 26. bis 30. September 1983. – 65 Seiten, 54 Abb., Wien (Geol. B.-A.).
- VAN HUSEN, D., 1977: Zur Fazies und Stratigraphie der jungpleistozänen Ablagerungen im Trauntal. – Jb. Geol. B.-A., 120, 1–130, Wien.

Manuskript eingegangen am: 28. 06. 1993 ●

Revidierte Version eingegangen am: 25. 07. 1995 ●

Manuskript akzeptiert am: 16. 10. 1995 ●