

**Zeitschrift:** Bulletin für angewandte Geologie  
**Herausgeber:** Schweizerische Vereinigung der Petroleum-Geologen und –Ingenieure;  
Schweizerische Fachgruppe für Ingenieur-Geologie  
**Band:** 9 (2004)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Die seismische Kartierung von Durchlässigkeitszonen im  
Abstrombereich einer Deponie  
**Autor:** Frei, Walter / Müller, Benjamin  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-224991>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 26.12.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Die seismische Kartierung von Durchlässigkeitszonen im Abstrombereich einer Deponie Walter Frei<sup>1</sup>, Benjamin Müller<sup>2</sup>

## Zusammenfassung

Im Tiefenbereich zwischen 15 m und 80 m der Sandsteinmolasse (USM) werden im Abstrombereich einer Deponie mit seismischen Verfahren Auflockerungszonen mit erhöhter Sickerwasserdurchlässigkeit aufgezeigt. Durch die Kombination von hochauflösender Reflexionsseismik mit dem Verfahren der refraktionsseismischen Tauchwellentomographie lassen sich die aufgelockerten Bereiche in einen Zusammenhang mit den Ablagerungsstrukturen bringen.

## Résumé

Des zones d'ameublissement ont été détectées par des méthodes sismiques dans la molasse gréseuse à une profondeur située entre 15 et 80 m. Celles-ci présentent une perméabilité plus élevée par les eaux d'infiltration et se trouvent dans la zone d'évacuation des eaux d'une décharge. La combinaison de la sismique réflexion à haute résolution avec le procédé tomographique de la sismique réfraction montre la relation entre les structures dans la molasse et les zones d'ameublissement.

## Abstract

Seismic prospection methods are used to detect permeable decompaction zones in the upper 80 m of the molasse bedrock near a toxic waste disposal site. High resolution reflection seismic profiling combined with the velocity field derived by curved ray-path tomography associates the detected decompacted zones with depositional irregularities of the bedrock.

## 1 Einführung

Der stark verwitterte und teilweise aufgelockerte Molasseuntergrund im Abstrombereich südöstlich der Sondermülldeponie Kölliken (SMDK) ist bis in ca. 200 Metern Entfernung vom Deponiekörper durch Sickerwässer kontaminiert. Die mit etwa 10–12° nach SSE einfallende Abfolge von Mergeln, Siltsteinen und Sandsteinen der Unteren Süsswasser Molasse (UMS) liegt im Bereich der sog. «Kölliker Rinne» unter einer 10–25 m mächtigen Quartärüberdeckung. Die während mehrerer präwürmischen Glazialzyklen, mehrphasig abgelagerte Lockergesteinssequenz ist äusserst komplex und enthält neben direkt glazial abgelagerten Sedimenten (Grundmoränen flow-tills) vor allem glaziofluviale Schotter mit hohem

Sandgehalt. Der obere Teil der Rinnenfüllung wird durch Verlandungsablagerungen und gehängelehmartige Feinsedimente eingenommen.

Neben zahlreichen Sondierbohrungen wurde in der Vergangenheit beim Versuch die Rinnenstruktur im Fels und damit das System der Wasserwegigkeiten aufzuzeigen, von verschiedenen Akteuren die ganze Palette oberflächengeophysikalischer Untersuchungsmethoden eingesetzt – allerdings ohne durchschlagenden Erfolg. Die beschränkt aufschlussreichen Aussagen sind auf die komplexen quartären Ablagerungsstrukturen sowie auf den Umstand zurückzuführen, dass die gesteinsphysikalischen Grössen (Dichte, akustische Impedanz, elektrische Leitfähigkeit, magnetische Suszeptibilität) an der Grenze Quartär-verwitterte Molasseoberfläche einen ungenü-

<sup>1</sup> GeoExpert AG, Postfach 451, 8603 Schwerzenbach, info@geoexpert.ch

<sup>2</sup> CSD Ingenieure und Geologen AG, Schachenalle 29, 5000 Aarau, aarau@csd.ch

gend ausgebildeten Kontrast aufweisen. Dies dürfte unter anderem auch eine Folge der stellenweise dicht gelagerten Glazial-sedimente an der Rinnenbasis sein.

Mit dem verbesserten Verfahren der hybriden Seismik, einer Kombination von hochauflösender Reflexionsseismik mit refraktionsseismischer Tauchwellentomographie, wurde im Herbst 2003 ein weiterer Versuch zur Kartierung der Rinnengeometrie im Fels und zur flächendeckenden Ausscheidung von Durchlässigkeitszonen (verwitterte und aufgelockerte Rinnengürtelsandsteine) im Fels unternommen.

Das Versuchsprofil von 440 m Länge verläuft in Richtung E–W, mehr oder weniger parallel zur Rinnenachse und befindet sich ca. 120 m SE der Deponie. Zur Kalibration der seismischen Ergebnisse stehen die stratigraphischen Angaben aus vier Sondierbohrungen zur Verfügung.

#### *Die Untersuchungsmethode*

In Anbetracht der geforderten Detailgenauigkeit und der gewünschten Erkundungstiefe wurden die Datenerfassungsparameter und EDV-Schritte, wie sie in Fig. 2 aufgeführt sind, angewendet.

## **2 Diskussion der Ergebnisse**

Im refraktionstomographisch hergeleiteten Geschwindigkeitsfeld der Fig. 3 sind Auflockerungszonen durch gut erkennbare Anomalien mit Geschwindigkeitswerten von deutlich weniger als 2'500 m/s charakterisiert. Auffallend ist die ausgeprägte Anomalie im zentralen Profilabschnitt zwischen den Stationen 360 und 290. An dieser Stelle sind tiefe Geschwindigkeiten bis in Tiefen von ca. 60 m zu beobachten.

Im reflexionsseismischen Tiefenprofil der Fig. 4 bezeichnet die positive, schwarz eingefärbte Amplitudenauslenkung der Reflexionseinsätze den Übergang von weicherem

zu härterem Gestein. Dies ist entgegen der Konvention der Society of Exploration Geophysicists (SEG) und erfolgt aus dem praktischen Grund der gemeinsamen, vergleichenden Darstellung mit dem refraktionstomographisch hergeleiteten Geschwindigkeitsfeld, wo hartes Gestein mit hohen Geschwindigkeiten zur Verdeutlichung durch dunkle Farben dargestellt ist.

Das reflexionsseismische Profil zeigt mehrere Unregelmässigkeiten in der subhorizontalen Schichtung der Molasse. Hervortretend ist die rinnenförmige Struktur zwischen den Stationen 350 und 320. Sie steht in einem Zusammenhang mit der oben an gleicher Stelle beobachteten Anomalie im tomographisch hergeleiteten Geschwindigkeitsfeld und weist auf eine markante, strukturell vorgezeichnete Auflockerungszone hin. Es handelt sich dabei möglicherweise um eine von NNW–SSE laufende Bruchzone, die beim Stollenbau zur Massnahme Süd und in der früheren Tongrube beobachtet werden konnte.

Zwei weitere, mit einer rinnenartigen Struktur zusammenhängende Auflockerungszonen sind in den Profilabschnitten der Stationen 490–460 und 300–280 zu beobachten.

Auf dem reflexionsseismischen Profil in Fig. 4 sind in Tiefen zwischen 20 und 60 m zahlreiche nach Westen geneigte Reflexionseinsätze zu beobachten. Sie treten in jenen Profilabschnitten am deutlichsten auf, in denen Anomalien im tomographischen Geschwindigkeitsfeld auf stark aufgelockertes Gestein hinweisen.

Die Befunde der geologischen Interpretation sind im hybridseismischen Profil der Fig. 5 vorgestellt. Neben den oben erwähnten Auflockerungszonen ist die ca. 7 m mächtige und 70 m lange, weichere Schicht in Tiefen um 60 m zwischen den Stationen 270–200 bemerkenswert. Sie ist übereinstimmend reflexionsseismisch wie auch durch eine

Fig. 1: Lageplan des seismischen Versuchsprofils

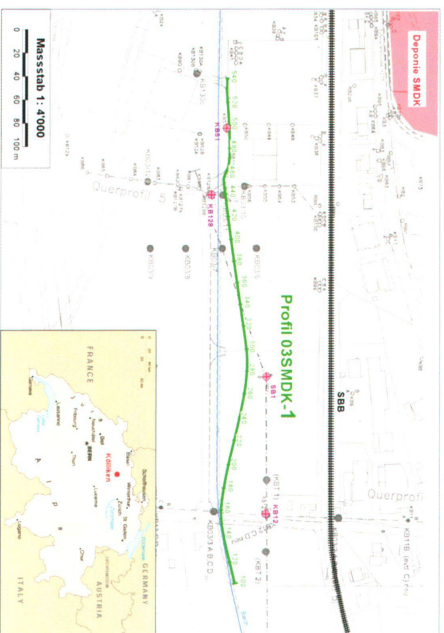


Fig. 2: Parameter der Datenerfassung - und Verarbeitung

Akquisitionparameter	
Aufbauanordnung	asymmetrical split spread
Anzahl Kanäle	216
Geophonabstand	1 m
Geophontyp	20 Hz
Geophon / Station	WAKIMPAK
Schutzabstand	2 m
Seismische Quelle	W Frei
Registriererin	W Frei
Messdatum	2.9.2003

Reflexionsseismische EDV	
1. Umformieren und Anhebung der Feldverstaerkung	2. Registrierkonfiguration und Zuordnung der topographischen Daten
3. Anhebung der Amplitude	4. Analyse der Amplituden
5. Amplitudenausgleich im Zeitbereich durch AGC (gleitendes Fenster 30 - 100 ms)	6. Bandpass Filter (20 Hz - 6 dB / 220 Hz - 24 dB)
7. Predictive Deconvolution für 50 Hz - Unterdrückung	8. CDP-gerichtete Unterdrückung der Erdbeben
9. CDP-gerichtete Unterdrückung der Erdbeben	10. NMO-Korrektur (70% stretch mute)
11. CDP-Steuerung	12. Bandpass Filter (220 Hz - 3 dB / 220 Hz - 24 dB)
13. Kontrastverstärkung	14. Kontrastverstärkung
15. Datendarstellung mit umgekehrter Polarität	

Refractionsseismische EDV (Tauchwellentomographie)	
1.3. dta	1.3. dta
2. Anhebung der Amplitude	2. Anhebung der Amplitude
3. CDP-Steuerung	3. CDP-Steuerung
4. Ableitung der Refractionsseismischen Geschwindigkeitsprofile nach der Delta-t-v-Methode	4. Ableitung der Refractionsseismischen Geschwindigkeitsprofile nach der Delta-t-v-Methode
5. Iterative Verfeinerung des Geschwindigkeits-Tiefen-Profiles mit WET-Tomographie	5. Iterative Verfeinerung des Geschwindigkeits-Tiefen-Profiles mit WET-Tomographie
6. Darstellung des kontinuierlichen Geschwindigkeitsfeldes (250 m/s - 1000 m/s)	6. Darstellung des kontinuierlichen Geschwindigkeitsfeldes (250 m/s - 1000 m/s)

Fig. 3: Refractions-tomographisch abgeleitetes Geschwindigkeitsfeld

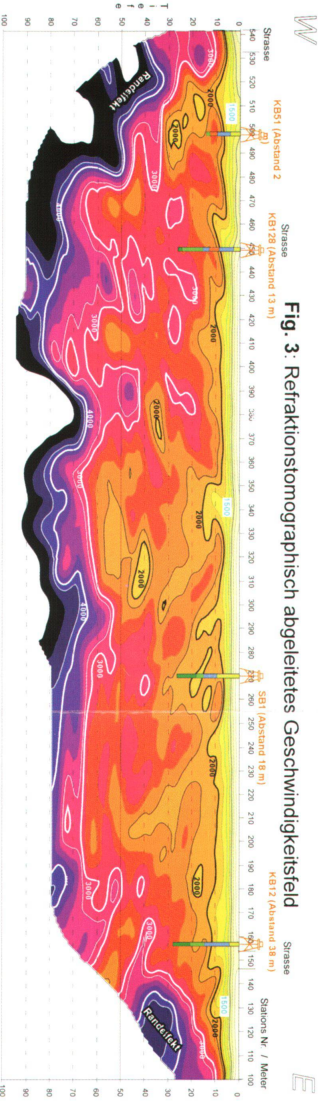


Fig. 4: Reflexionsseismisches Tiefenprofil

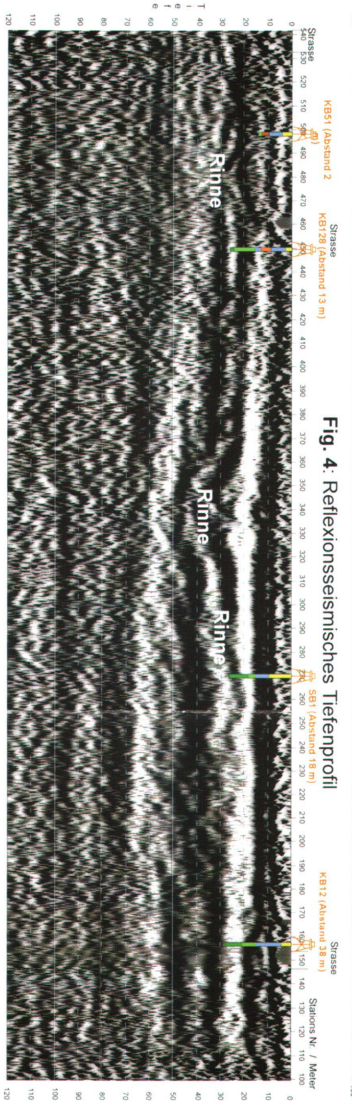
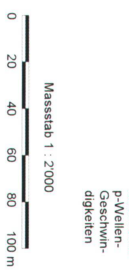
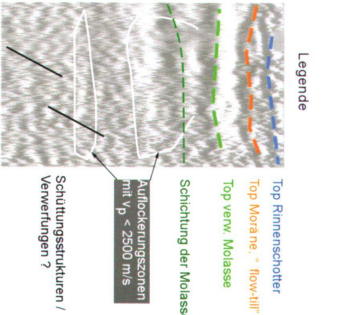
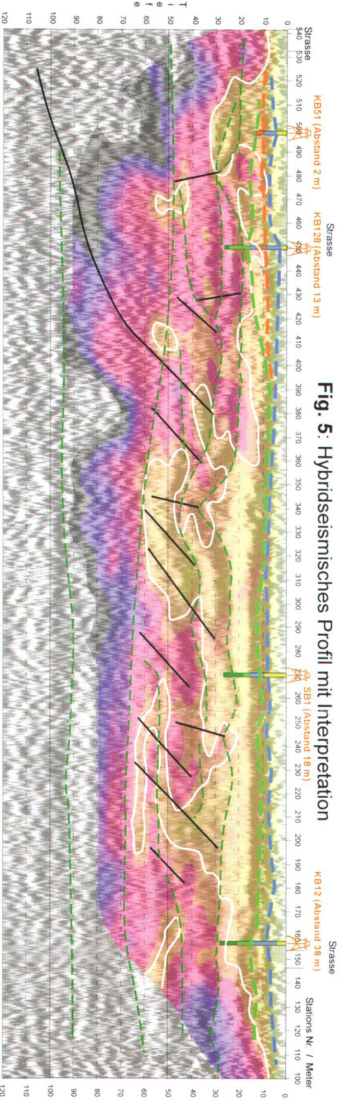


Fig. 5: Hybridseismisches Profil mit Interpretation



Geschwindigkeitsinversion im refraktions-tomographischen Geschwindigkeitsfeld dokumentiert.

Die Aussagen seismischer Erkundungen werden durch die Korrelation mit Sondierbohrungen aufgewertet. So lassen sich die Existenz und Mächtigkeit des in den Bohrungen KB12 und SB1 angetroffenen Rinnenschotters kontinuierlich verfolgen:

Der starke Doppelreflektor zwischen 5 und 12 m Tiefe zwischen dem östlichen Ende des Profils und der Station 390 bezeichnet die Obergrenze des Rinnenschotters und der verwitterten Molasse. Der Verlauf der Molasseoberkante in westlicher Richtung lässt sich ab Station 390 entlang des schwach ausgebildeten Reflektors bis zur Bohrung KB128 verfolgen. Die Molasseoberkante liegt hier in 19 m Tiefe unter einer Lockergesteinsfolge bestehend aus künstlichen Auffüllungen, Rinnenschottern und glazialen Ablagerungen. Der in der Bohrung KB51 wieder vorhandene Rinnenschotter ist ab Station 470 in westlicher Richtung, wenn auch nicht sehr deutlich, durch die Reflexionsseismik aufgezeigt.

### **3 Schlussfolgerung**

Die Kombination reflexionsseismischer und tauchwellentomographischer Auswertungsverfahren eignet sich zur Kartierung von Auflockerungszonen und mittelgradig komplexer tektonisch-geologischer Strukturen. Die Genauigkeit, mit der die Ausdehnung und Tiefenlage des Rinnenschotters bestimmt werden können, hängt vom Grad der Verzahnung des Schotters mit den dicht gelagerten Glazialablagerungen ab. Die Kalibration und Korrelation mit stratigraphischen Angaben aus Sondierbohrungen ist entscheidend für die vollständige Verwertung aller in den seismischen Daten vorhandenen Informationen.

### **Literaturverzeichnis**

Frei, W. & Keller, L. 2000: Hybride Seismik – eine verbesserte Methode zur Verwertung des Aussagepotentials seismischer Daten. Bull. angew. Geol., Vol 5/2, Dezember 2000, S. 229–236.

