



Doctoral Thesis

Integrated geophysical studies of a composite landfill and its surroundings

Author(s):

Lanz, Eva Barbara

Publication Date:

1998

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001931875> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 12661

Integrated Geophysical Studies of a Composite Landfill and its Surroundings

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH
for the degree of

Doctor of Natural Sciences

presented by
Eva Barbara Lanz
Dipl. Natw. ETH
born March 15, 1967
citizen of Walterswil (BE)

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Alan G. Green, examiner
Dr. Hansruedi Maurer, co-examiner
Dr. David E. Boerner, co-examiner

1998

Zusammenfassung

Mit Hilfe geophysikalischer Methoden wurde die dreidimensionale Struktur einer Altlast (Haushalt- und Industriemüll) in der Nähe von Stetten in der Nordschweiz untersucht. Das Hauptziel der Arbeit beinhaltete die systematische Untersuchung verschiedener geophysikalischer Methoden bezüglich ihrer Anwendbarkeit, Stärken und Schwächen. Des Weiteren wurde eine präzise Lokalisierung einzelner Abfallgruben sowie die Identifizierung spezifischer Abfallarten angestrebt. Zudem wurde eine Charakterisierung der umliegenden Sedimente versucht. Folgende Neuentwicklungen waren entscheidend für das Erreichen dieser Ziele:

- Integration umfassender Gleichstromgeoelektrik-, Elektromagnetik- und Magnetik-Datensätze: Um die korrekten durchschnittlichen Leitfähigkeiten und Suszeptibilitäten des Untergrundes zu erhalten, wurde eine neuartige nicht-lineare Inversion der elektromagnetischen Daten vorgenommen.
- Aufnahme, Verarbeitung und Interpretation hochauflösender refraktionsseismischer Daten: Hierbei wurde ein neuer, robuster und flexibler Algorithmus für 2-D Refraktionstomographie eingesetzt.
- Aufnahme, Verarbeitung und Interpretation der ersten untiefen (<100 m) hochauflösenden 3-D Reflexionsseismik-Daten im nicht-marinen Bereich.
- Aufnahme, Verarbeitung und Interpretation eines der ersten 3-D Georadar-Datensätze im Grenzgebiet einer Deponie.

Die heterogene Natur der umliegenden Sedimente und die chaotische Ablagerung der Abfälle verlangten eine multidisziplinäre Vorgehensweise, d.h. die Anwendung einer einzelnen Methode konnte keines der vorgegebenen Probleme befriedigend lösen. Gleichstromgeoelektrik-, elektromagnetische und Bohrloch-Daten zeigen, dass der grösste Teil des Untersuchungsgebiets ausserhalb der Deponie aus komplexen feinkörnigen Seesedimenten mit eingelagerten Kiesvorkommen besteht. Allgemein zeichnet sich der Müll durch viel höhere elektrische Leitfähigkeiten (>35 mS/m) und magnetische Gradienten (± 100 nT/m) aus, verglichen mit den glaziolakustrinen Sedimenten (10-30 mS/m und ± 10 nT/m). Gebiete mit einem hohen Kiesanteil haben relativ geringe Leitfähigkeiten (<6 mS/m). Diese starken Kontraste erlauben die Abgrenzung der einzelnen Abfallgruben mit einer Genauigkeit von ± 4 m. Die Daten ermöglichen die Unterscheidung von zwei Gruben in der Deponie, die vorwiegend Haushaltabfälle respektive Industriemüll enthalten.

Inversion refraktionsseismischer Daten lieferte die seismischen Geschwindigkeiten der obersten 20 m. In Regionen mit ungestörten natürlichen Sedimenten liegt die Basis der oberflächennahen Tiefgeschwindigkeitsschicht zwischen 2 und 6 m. Eine Vertiefung bis ~ 7 m tritt in den Bereichen auf, welche durch Kieslinsen gebildet wurden. Die Tiefe der Deponiebasis variiert zwischen 2 und 11 m. Die Auswertung der hochauflösenden 3-D Reflexionsseismik-Daten erlauben die Charakterisierung tieferer Regionen (50-200 m). Drei verschiedene geologische Einheiten können unterschieden werden: a) Zwischen 50 und 100 m (~ 50 und 100 m Tiefe) liegt möglicherweise eine Grundmoräne, welche entweder grosse Erratiker, Zonen variierender Sediment-

kompaktion oder Kies- beziehungsweise Sandlinsen enthält; b) zwischen 100 und 200 ms (~100 und 200 m Tiefe) befinden sich hauptsächlich lakustrine Sedimente; c) unterhalb von 200 ms (~200 m) befindet sich der Molassefels.

3-D Georadarmessungen lieferten detailliertere Informationen über die oberflächennahen Schichten und den Deponiekörper. Unterbrochene Schichtung innerhalb der Seesedimente sind bis in eine Tiefe von ~5 m, typische Strukturen innerhalb der Kieslinsen bis in eine Tiefe von ~10 m sichtbar. Innerhalb der Deponie limitieren die hohen Leitfähigkeiten die Anwendung des Georadars. Aufgrund des durchmischten Abfalls ist das aufgezeichnete Georadarmuster chaotisch. Nur wenige unterscheidbare Reflexionshyperbeln, möglicherweise von einzelnen oder mehreren Fässern herrührend, sind sichtbar.

Trotz Aufnahme und Analyse verschiedenster geophysikalischer Datensätze besteht zwischen 20 und 50 m Tiefe eine Informationslücke: Die angewendeten elektrischen und elektromagnetischen Verfahren haben eine zu geringe Eindringtiefe, und der Informationsgehalt der refraktionsseismischen Messungen beschränkt sich auf die obersten 20 m. Andererseits liefert die Reflexionsseismik erst ab ~50 m Tiefe zuverlässige Resultate. Position und Geometrie der Abfallgruben sowie die Strukturen der umliegenden Sedimente konnten jedoch durch die kombinierte Interpretation der verschiedenen Datensätze eindeutig bestimmt werden.

Abstract

Geophysical methods have been used to investigate the three-dimensional structure of a composite landfill near the town of Stetten in northern Switzerland. The applicability, benefits and limitations of various geophysical methods for characterizing the type and geometry of the host surficial sediments, locating individual waste pits within the composite landfill, and delineating the exact position of certain types of waste have been explored. Results of early test measurements demonstrated the need for several new approaches, including:

- the integration of comprehensive electrical resistivity, electromagnetic and magnetic data sets. To obtain accurate estimates of ground conductivity in the waste pit and to extract susceptibility values, non-linear inversions of the EM-31 data were performed;
- the acquisition, processing and interpretation of a high-resolution seismic refraction data set. A new robust and flexible 2-D refraction tomography algorithm was employed for the interpretation;
- the acquisition, processing and interpretation of the first comprehensive engineering-scale 3-D seismic reflection data set on land; and
- the acquisition of one of the first 3-D georadar data sets across a landfill boundary and its subsequent processing and interpretation.

The heterogeneous nature of the host sediments and the variable composition of the waste demanded that a multidisciplinary approach be adopted. Electrical resistivity, electromagnetic (EM) and limited borehole data showed that most of the study area outside of the landfill comprised complex fine-grained clay-rich sand units and minor gravel deposits. In general, the waste was distinguished by much higher electrical conductivities and magnetic gradients (>35 mS/m and $>\pm 100$ nT/m, respectively) than the dominant glaciolacustrine sediments (10 - 30 mS/m and ± 10 nT/m, respectively). This high contrast together with a dense measurement grid allowed the boundaries of individual waste pits to be determined with an accuracy of ± 4 m. These data also allowed the pits containing predominantly household and industrial refuse to be distinguished. Areas with a high gravel content had relatively low conductivities (<6 mS/m).

Seismic velocity information from the top 20 m of the subsurface was obtained via a seismic refraction experiment. In regions of undisturbed natural sediments, the base of the near-surface low-velocity layer was situated between 2 and 6 m, deepening to ~ 7 m in regions underlain by small gravel lenses or channels. The landfill reached a maximum depth of ~ 11 m. Reflecting their origin as excavated gravel pits, the lower boundaries of the waste deposits undulate, with depths as shallow as 2 m. Images derived from a small 3-D high-resolution seismic reflection survey allowed deeper regions to be characterized. Three distinct geological environments were distinguished: (i) between 50 and 100 ms was a region of probable till deposits enclosing either large glacial erratics, zones of variable sediment compaction, or gravel/sand channels and lenses, (ii)

from 100 to 200 ms were dominantly lacustrine sediments, and (iii) below 200 ms was bedrock.

More detailed information about the very near-surface layers and the waste site was obtained from the 3-D georadar data. Discontinuous layering within the lacustrine sediments was visible down to ~5 m depth, and typical structures within the gravel lenses were seen extending to ~10 m. Across the waste pits, the high conductivities often precluded the application of georadar. Since the waste was unsorted, the georadar response pattern was chaotic. Only a few distinct diffraction hyperbolae, perhaps originating from isolated or clusters of chemical storage drums, were visible.

An information gap between 20 and 50 m depth remains, despite the extensive acquisition and analyses of different geophysical data sets. The electrical resistivity and electromagnetic methods used provided insufficient depth penetration and reliable information from the seismic refraction survey was limited to the top 20 m. Seismic reflection gave useful results only below ~50 m depth. However, combined interpretation of the different data sets has elucidated the location and geometry of the waste pits and structures of the surrounding sediments.