



Doctoral Thesis

Entwicklung und Erprobung einer Multi-Methoden Sonde zur Erkundung von Altlasten

Author(s):

Wotschke, Peter

Publication Date:

2004

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004904554> →

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](#).

Entwicklung und Erprobung einer Multi-Methoden Sonde zur Erkundung von Altlasten

Abhandlung, vorgelegt dem
Department Bau, Umwelt und Geomatik der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

zur Erlangung des Titels eines

DOCTOR SCIENTIAE TECHNICARUM

Dr. sc. techn.

eingereicht von

Dipl.-Ing.(TU) Peter Wotschke
geboren am 16. Oktober 1974
von Deutschland

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. Sarah Springman, Referentin
Prof. Dr. Ulrich Förstner, Co-Referent
Dr. Rita Hermanns Stengele, Co-Referentin

Zürich 2004

Abstract

With the beginning of the industrialisation in the early 20th century, industrial plants and factories were established on the outskirts of the cities. Due to noisy and dirty production processes, the local authorities tried to avoid industrial settlements in residential areas and in city centres. Until this day, this strategy has not changed in principle - but putting it into action has become more difficult.

Today, one is confronted with such a comprehensive urban expansion, that the cities grow beyond the early industry areas. The great area consumption motivates considerations to re-use abandoned or inactive industrial sites. Some of these centrally located sites have become attractive real estates for urban living and working.

However, reutilisation and reintegration of such urban brownfields are very often hampered by the unsolved question of a potential contamination. It is not the actual contamination but the lack of knowledge about it, that turns an investment into an unpredictable risk. There is a saying in business management (UBS 2004) that is also valid here:

„The only risk that is too high to accept is the unknown risk.“

It was the aim of this work to develop and to test a tool for the investigation of potentially contaminated land. Using this tool, it should be possible to describe the situation of an industry area more reliably than today. Moreover, the application of the new tool should not be more time consuming or expensive than in the case for standard methods.

This led to an integrated approach which uses existing investigation methods and mobilises potential opportunities that had not been fully exploited until now. Various reconnaissance methods have been combined in order to be able to draw a reliable and detailed picture of the underground situation of the site.

A borehole device has been developed, which has the working title „NTEA-probe“, where NTEA is a German acronym that stands for „Neue Technologie zur Erkundung von Altlasten“ (New Technology for Exploration of Contaminated Sites).

The NTEA-probe unites geotechnical, geophysics and geochemical elements: Electrical Resistivity Tomography (ERT) and Ground Penetrating Radar (GPR) measurements can be carried out within a drilled and cased borehole. The withdrawal of small samples of pore gas and its analysis on Volatile Organic Compounds (VOCs) is possible from within the borehole. The operation and use ability is presented in this work.

Field experiments showed that the usage of ERT from the surface creates a fast reconnaissance image of the subsurface. The image turned out to be a good basis for a model of the underground conditions in first approximation.

Time and cost-intensive drilling can be located optimally, based on the ERT reconnaissance investigation. Further, the experiments showed that it is possible to create a considerably more detailed image of the resistivity conditions using borehole supported ERT compared to solely surface ERT. In particular deeper objects were detected more accurately. From the conductivity conditions it is possible to conclude, among other things, the geological stratification of the underground. The ERT survey was operated in the same borehole as the GPR survey without hindering each other. A combined ERT and GPR survey in the very same borehole has not been possible in the past.

In the context of this work a brownfield site in Zurich-Oerlikon was investigated. The site did not show any contamination. This was confirmed with soil samples from drilling cores. The operatability of the geochemical analytical unit of the NTEA-probe was therefore evaluated in laboratory tests.

Laboratory tests showed that the microchip sensors that were integrated into the NTEA-probe are suitable to detect and quantify representatively selected pollutants. The substances n-octane, perchlorethylene, toluene and trichloroethylene were detected and quantified down to levels below the Swiss legal limits. The measurements are highly reproducible.

All tests in field and laboratory have shown that the NTEA-probe works in principle. The control of the probe as well as the extraction and evaluation of the data was carried out smoothly.

Therefore, the NTEA-probe turned out to be a practicable solution to make a valuable contribution in clearing up the uncertainty about the levels of contamination at a brownfield site. With the choice of the used sensor for gaseous pollutants, the application of the probe is restricted to the examination of pore air for the time being. The NTEA-probe can contribute to a technical basis to quantify the risk of investment and support the reutilisation of brownfield sites in the future.

Zusammenfassung

Als man mit Beginn der Industrialisierung im frühen 20. Jahrhundert die Entstehung und Ansiedelung von Industriebetrieben ermöglichte, war man bemüht, diese lärm- und schmutzintensiven Arbeitsstätten im Umfeld, und nicht im Zentrum der Städte zu plazieren. An dieser Strategie hat sich bis heute grundsätzlich nicht viel geändert, doch ihre Umsetzung ist schwieriger geworden.

Heute sieht man sich mit einer so umfassenden Expansion der Städte konfrontiert, dass diese über die frühen Industrieareale hinaus wachsen. Der grosse Flächenverbrauch motiviert Überlegungen, Industrieareale, auf denen nicht mehr produziert wird und die daher brachliegen, als urbane Lebens- und Arbeitsräume umzunutzen.

Dieser Umnutzung steht häufig die ungeklärte Frage nach vorhandenen Altlasten im Wege. Nicht die tatsächliche Altlastsituation, sondern das fehlende Wissen über Art und Umfang einer möglichen Verunreinigung und damit verbundener Kosten verhindert die Umnutzung. Es gilt auch hier die betriebswirtschaftliche Grundweisheit (UBS 2004):

„Ein Risiko ist nur dann zu gross, wenn man es nicht kennt.“

Das Ziel dieser Arbeit war es, ein Instrument zur Erkundung von Altlasten zu entwickeln und zu erproben, mit dem es möglich ist, die Altlastsituation eines Industrieareals verlässlicher, als es heute üblich ist, zu erfassen. Zudem sollte die Anwendung des Hilfsmittels keinen grösseren Zeit- und Kostenaufwand bedeuten, als es bei Standardmethoden der Fall ist.

Der Weg zu diesem Ziel führte über einen integrativen Ansatz, der auf bereits vorhandene Erkundungsmethoden zurückgreift und bisher nicht ausgeschöpfte Potentiale mobilisiert. Leitmotiv des Lösungsansatzes dieser Arbeit war daher die Kombination von Erkundungsmethoden, um ein verlässliches und detailliertes Bild von der Altlastsituation des Standortes zeichnen zu können.

Das Ergebnis dieser Überlegungen ist eine Bohrlochsonde, die den Arbeitstitel „NTEA-Sonde“ trägt. NTEA steht dabei für „Neue Technologie zur Erkundung von Altlasten“.

Die NTEA-Sonde vereinigt in sich Elemente der Geotechnik, der Geophysik und der Geochemie: Basierend auf Bohrungen können aus dem Bohrloch heraus Messungen der Gleichstromgeoelektrik und des Bodenradars durchgeführt werden. Ebenso ist die Entnahme von Kleinstmengen an Bodengas und deren Analyse auf flüchtige Kohlenwasserstoffe möglich. Die Funktionsweise und Einsatzfähigkeit wird in der Arbeit dargestellt.

Im Rahmen von Feldversuchen konnte gezeigt werden, dass mit Hilfe der Oberflächengeoelektrik eine schnelle Übersichtserkundung durchgeführt werden kann, die in erster Näherung ein gutes Abbild der Untergrundverhältnisse darstellt. Auf Basis dieser Untersuchung können die Standpunkte für zeit- und kostenintensive Bohrungen optimiert gewählt werden. Weiter konnte gezeigt werden, dass eine bohrlochunterstützte Gleichstromgeoelektrik im Vergleich zur reinen Oberflächengeoelektrik deutlich detailliertere Darstellungen der Leitfähigkeitsverhältnisse ermöglicht. Aus den Leitfähigkeitsverhältnissen konnte unter anderem auf die geologische Schichtung des Untergrundes geschlossen werden. Vor allem tiefer liegende Schichten konnten auf diese Weise besser erfasst werden. Diese Untersuchungen wurden realisiert, ohne den Einsatz eines Bodenradar, auch aus dem Bohrloch heraus, zu behindern. Die Anwendung von Gleichstromgeoelektrik und Bodenradar in ein und demselben Bohrloch ist in der Vergangenheit nicht möglich gewesen.

Der im Rahmen dieser Arbeit untersuchte Standort in Zürich-Oerlikon wies keine Kontamination auf. Dies wurde anhand von Bodenproben aus Bohrkernen bestätigt. Die Aussagen über die Einsetzbarkeit der Analytikeinheit der NTEA-Sonde stützen sich daher auf Laborversuche.

In Laborversuchen konnte gezeigt werden, dass die in die NTEA-Sonde integrierten Mikrochipsensoren für die Bestimmung und Quantifizierung von repräsentativ ausgewählten Schadstoffen geeignet sind. Die Stoffe n-Octan, Perchlorethylen, Toluol und Trichlorethylen können bis unter den in der Schweizerischen Altlasten-Verordnung festgeschriebenen Grenzwert nachgewiesen und quantifiziert werden. Die Messungen sind in hohem Masse reproduzierbar.

Die Gesamtheit der Versuche in Feld und Labor hat gezeigt, dass die NTEA-Sonde funktionsfähig ist. Die Steuerung der Sonde sowie die Gewinnung und Auswertung der Daten wurden reibungslos durchgeführt.

Die NTEA-Sonde stellt somit einen praktikablen Lösungsansatz dar, um bei der Aufklärung ungewisser Altlastensituation auf Industriearealen einen wertvollen Beitrag zu leisten. Mit der Wahl des verwendeten Sensors für gasförmige Schadstoffe ist der Einsatz der Sonde vorerst auf die Untersuchung der Bodenluft beschränkt. Sie kann künftig ein Beitrag für die technische Grundlage sein, das Altlastenrisiko zu quantifizieren, um industrielle Brachflächen einer Umnutzung zuführen zu können.