

Oberflächen-Geophysik heisst die Kunst, ohne Eingriffe ins Erdinnere zu blicken – ihre Bedeutung wächst

Mal sehen, ob Giftmüll vergraben wurde

VON MARKUS WEIDMANN

Patientin: zwanzig Jahre alt, gesellschaftlich ausgegrenzt, unauffällig. Diagnose: Säureharztumor, bis an die Oberfläche durchgebrochen. Behandlung: In einer ersten Phase muss untersucht werden, wie sich der Tumor in der Tiefe entwickelt und ausgebreitet hat. Wäre die Patientin ein Mensch, könnte dies ein Ausschnitt aus ihrem medizinischen Gutachten sein. Doch ihre Ärzte sind Erdwissenschaftler, ihr Körper ist 10000 Quadratmeter gross, und sie selbst – ist eine Säureharzdeponie.

In den siebziger Jahren wurden im Kanton Zürich auf einem speziellen Deponieareal in mehreren Gruben rund 4000 Stahlfässer vergraben. Ihr Inhalt: Säureharz, ein Abfallprodukt aus der Wiederaufbereitung von Altlötl. Anfang der achtziger Jahre trat das Harz an der Deponieoberfläche aus; es hatte sich also aus seinen stählernen Särgen befreit. Wie weit aber hatte sich der Säureharztumor in der Tiefe ausgebreitet? Diese Frage verdichtete sich zu einem Problem, das sonst nur in Seeräuberkreisen bei der Suche nach vergrabenen Schatztruhen auftaucht: Wo genau waren damals die 5 bis 10



Bis in sechs Meter Tiefe: Gerät zur elektromagnetischen Leitfähigkeitskartierung

(beispielsweise mit einer Sprengung) schwache Schallwellen erzeugt, die als unhörbarer Schrei in die Tiefe eindringen, wo sie von verschiedenen Grenzflächen wie Schichtgrenzen, Brüchen oder Falten als «Echos» zurückgeworfen werden. Durch die Aufzeichnung dieser Echos lassen sich jene Tausendstelsekunden berechnen, die die Schallwellen für ihren Weg zu den Grenzflächen und zurück benötigen; Sekundenbruchteile, die in ein möglichst realitätsnahes Abbild des Erduntergrundes umgesetzt werden. In Sigrino enthielt dieses Abbild eine Überraschung: Es zeigte, dass die Grenze zwischen Lockergestein und Fels wider Erwarten nicht flach, sondern wellenförmig ist (siehe grafische Darstellung); Sondierbohrungen zeigten später, dass diese Prognose zutrifft – mit einer maximalen Abweichung von zwei Metern.

VERDACHT In der Schweiz gibt es Abfall-Altlasten zuhauf – rund 50 000 Verdachtsstandorte, die untersucht werden müssen. Besonders geeignet dafür ist die Oberflächen-Geophysik. Auch bei der Neat kommt sie zum Einsatz.

Meter breiten und maximal 6 Meter tiefen Gruben innerhalb des 10000 Quadratmeter grossen Deponieareals angelegt worden? Und wie viele Gruben gab es überhaupt? Eine flächendeckende Untersuchung der Deponie mit Sondierbohrungen kann nicht in Frage, um das Seeräuberproblem zu lösen; denn die Bohrungen hätten nicht nur mehrere hunderttausend Franken gekostet, sie hätten unter Umständen auch «gesunde» Bereiche der Deponie verletzt. So fiel die Wahl auf eine Untersuchungsmethode, welche es zur Zeit der Seeräuber noch nicht gab: Oberflächen-Geophysik. Die unter diesem Oberbegriff zusammengefassten Verfahren sind, verglichen mit einer Bohrung, relativ billig und können Informationen über den Untergrund liefern, ohne ihn zu verletzen.

Da Säureharz eine stark erhöhte elektrische Leitfähigkeit aufweist, entschieden sich die beigezogenen Erdwissenschaftler für eine elektromagnetische Leitfähigkeitskartierung. Das dafür benötigte Messgerät, das wie ein Hochspringerstab aussieht und wie eine Damenhandtasche umgehängt wird, erzeugt mit einem Magnetfeld im Untergrund elektrische Ströme, deren Stärke von der Leitfähigkeit des Erdreichs abhängt; diese Ströme erzeugen ihrerseits wieder ein Magnetfeld, welches vom Gerät erfasst wird. Fazit der Leitfähigkeitskartierung: Die Deponie beinhaltet 17 Gruben; davon sind 14 im Umkreis von maximal 15 Metern von Säureharz durchtränkt, von den restlichen 3 geht keine Verschmutzung aus. Aufgrund dieser Angaben konnten gezielte Sondierbohrungen durchgeführt werden; in 15 Fällen stiess man auf die Stahlfässer, in zwei weiteren Fällen auf säureharzdurchtränkte Grubenfüllungen.

Vom Kanton Zürich ins Tessin: Neat, Ceneri-Basistunnel, Sondierstollen Sigrino. Der Portalbereich des geplanten Stollens soll daraufhin untersucht werden, ob er sich für die Ablagerung von Ausbruchmaterial eignet: Wird der sehr weiche Untergrund dem Gewicht dieses Materials nachgeben, wird er sich deformieren und die benachbarte SBB-Linie durch Setzungen und Verschiebungen beschädigen?

Zur Beantwortung dieser Frage wurde ein Verfahren gewählt, das Ähnlichkeiten mit der Ultraschalluntersuchung bei Schwangerschaften aufweist: die sogenannte Reflexionsseismik. Dabei werden

ihre seismische Abbild des Untergrundes wird mit zunehmender Tiefe und geologischer Komplexität unscharf; auch enthält es keine Daten zu Gesteinszusammensetzung, Grundwasserchemismus oder Gebirgstemperatur.

Im Gegensatz dazu liefert eine Sondierbohrung ein Maximum an solchen Informationen; primär sozusagen in Form von irdischen Gewebeproben, sogenannten Bohrkernen. Die Bohrung ist für den Erdwissenschaftler das, was der Mediziner «Endoskopie unter Zuhilfenahme eines chirurgischen Eingriffes» nennt – die Untersuchung von Gelenken oder Bauchhöhlen mit röhrenförmigen optischen Systemen. Denn auch in ein Bohrloch können spezielle Sonden oder Kameras eingeführt werden, welche die chemischen und physikalischen Eigenschaften von Gestein und Grundwasser aufzeichnen. Grosser Nachteil der Sondierbohrung: Sie ist relativ teuer, und ihre Informationen sind nur für ein sehr begrenztes Umfeld des Bohrloches gültig.

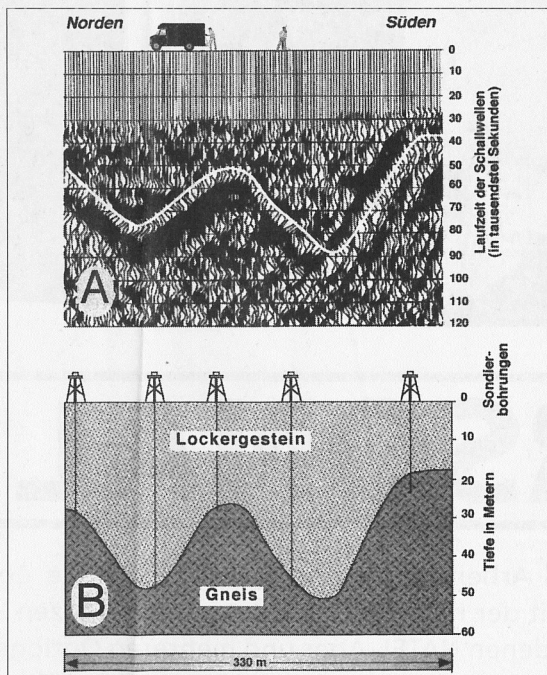
Im Endeffekt geht es aber in der Medizin wie auch in der Erdwissenschaft nicht um ein Entweder-Oder, sondern um ein Sowohl-Als-auch: Die verschiedenen Spezialisten arbeiten im Idealfall interdisziplinär zusammen, und die verschiedenen

Untersuchungsmethoden werden so kombiniert, dass sie sich mit ihren Vorteilen optimal ergänzen. So kann mit der Reflexionsseismik relativ billig eine Voruntersuchung durchgeführt und damit der Einsatz der Sondierbohrung (Ort, Richtung, Tiefe, Wahl des Bohrgerätes) optimiert werden; mit der Bohrung werden die seismisch erfassten Schichtgrenzen und Strukturen identifiziert, anschliessend die in der Bohrung ermittelten Schichtgrenzen aufgrund der Seismik lateral verfolgt und zwischen verschiedenen Bohrungen verbunden.

Schonend und preisgünstig

Diese technologische Symbiose von Reflexionsseismik und Bohrung ist eine der wertvollsten und erfolgreichsten Untersuchungsmethoden, die die moderne Erdwissenschaft kennt – würden die Erdölfirmen das braune Blut der Erde ausschliesslich mit den teuren Bohrungen suchen, dann wäre Benzin wohl unbezahlbar. Auch die Neat hat diese Symbiose angewandt und von ihr profitiert: In den achtziger Jahren konnte sie ihr Bohrprogramm mit Reflexionsseismik optimieren und dadurch – zig Millionen Franken einsparen.

Die Kombination von Oberflächen-geophysikalischen Verfahren und Sondierbohrungen könnte auch in Zukunft einen wesentlichen Beitrag leisten. Dann nämlich, wenn es darum geht, zwecks Aufarbeitung in unser Bewusstsein zurückzuführen, was einst ins geologische Unterbewusstsein verdrängt wurde: Altlasten wie die Säureharzfässer im Kanton Zürich – meist eng begrenzte Schadstoffherde im Untergrund, welche Gewässer, Boden und Luft verunreinigen oder verunreinigen könnten. In der Schweiz gibt es nach neuesten Erkenntnissen des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (Buwal) schätzungsweise 50000 Standorte, in denen sich möglicherweise Altlasten finden; rund 15000 dieser sogenannten Verdachtsstandorte erfordern umfangreichere Abklärungen – 15000 unauffällige, gesellschaftlich ausgegrenzte Patientinnen, die schonend und preisgünstig auf gültige Tumoren untersucht werden müssen.



Reflexionsseismische Untersuchung im Bereich des Neat-Sondierstollens Sigrino: **A)** Das sogenannte reflexionsseismische Profil ist eine Darstellung der Laufzeiten, welche die Schallwellen für ihren Weg durch den Untergrund benötigen. **B)** Bereits in diesem Profil ist eine klare Trennfläche zwischen zwei sehr unterschiedlichen Gesteinstypen sichtbar (durch eine feine weisse Linie verdeutlicht). Nach einer EDV-Aufarbeitung wird der Tiefenverlauf der Trennfläche sichtbar, welche von den Erdwissenschaftlern als Grenze zwischen Fels (Gneis) und Lockergestein interpretiert wird (B, geologischer Tiefenschnitt).

EMIL ZOPFI
Digitalk

Good news aus Kalifornien: Dass dort eine Cyber High School online gegangen ist, ist selbst der hiesigen Computerpresse eine Nachricht wert. «Alles wird über Internet abgewickelt: Lektionen, Prüfungen und Gespräche. Die Studiengebühren betragen 4200 Dollar.» Nachdem trendbewusste Manager längst vom virtuellen Unternehmen schwärmen, welches ohne realen Geschäftssitz mit minimaler Investition zum schnellen Erfolg führt, soll die telematische Vernetzung endlich auch im pädagogischen Sektor Schule machen. «The University is real, the campus is virtual!» verkündet die Walden University in Minneapolis in einem Inserat in «Wired», dem Szeneblatt der Cybersmarten. Ebenso süffig preist The New School in New York ihr Programm an: «Schalte deinen Computer ein, und du bekommst eine ganze Universität.» An der benachbarten Dalton School liefern die Studenten ihre Diplomarbeiten bereits als Web pages auf dem Internet ab. Wer sich jetzt noch in den überfüllten Hörsaal quetscht, ist selber schuld. Pestalozzi kommt 250 Jahre nach seiner Geburt via Telefondose ins Haus.

Pestalozzi virtuell

Schon Seymour Papert, Schüler des Schweizer Pädagogen Jean Piaget und Schöpfer der LOGO-Lernphilosophie, hatte an der Schwelle des PC-Zeitalters prophezeit: Die traditionelle Schule, die mit grossem Aufwand und hohen Kosten bloss bescheidene Lernerfolge erzielt, hat keine Zukunft mehr. Und hatte vorgerechnet, dass vorerst durch eine Erhöhung der Klassenbestände um einen oder zwei Schüler eine angemessene Ausstattung mit Computern finanziert werden könnte. Später würden die Bildungskosten sogar sinken, dank effizienterem Lernen am Bildschirm. Mittlerweile kommt in den USA auf jeden dritten Menschen ein Personalcomputer, mehr als in jedem andern Land der Welt, Millionen potentieller Universitäten stehen also in Büros, Wohnungen und Klassenzimmern herum. Doch von einer Bildungseuphorie kann keine Rede sein, von den frohen Botschaften der Computerpresse abgesehen. Zufälligerweise wehte ich zu Beginn des Schuljahres in Kalifornien, dem Eldorado der Siliziumtechnologie, und las einen bitteren Kommentar zum Zustand der öffentlichen Schulen im Staat. Die durchschnittliche Klassengrösse ist mit 30 Schülern die grösste der USA, die wichtigste Forderung der Lehrerschaft sind kleinere Klassen. Bei den Bildungsausgaben steht Kalifornien auf dem 40. Rang der 50 Bundesstaaten, von einer zeitgemässen Ausstattung mit Computern kann bei der prekären Finanzlage gar keine Rede sein. Die Pädagogen wären bereits mit zeitgemässen Lesebüchern zufrieden. Denn in der sprachlichen Kompetenz liegen gemäss Tests die Kids im konservativen Sonnenstaat landesweit auf dem letzten Rang. Wo bei auch bessere Bücher den 160000 Kindern nichts nutzen, welche aus Angst vor Gewalt und Kriminalität den Schulweg gar nicht mehr unter die Füsse nehmen. Dass gerade diese sich dann zu Hause auf den Datenhighway schalten und am Bildschirm den versäumten Unterricht nacharbeiten, ist nicht anzunehmen. Auf dem virtuellen Campus surfen wohl eher jene, die sich an teuren Privatschulen bereits eine solide Bildungsbasis erworben und den neuesten PC im eigenen Studio stehen haben.

Dass sich Computer zum Erwerben und Trainieren von Wissen eignen, ist unbestritten. Doch wenn sich gleichzeitig die Schule als soziale Veranstaltung verabschiedet, können die Folgen nur verheerend sein. Während sich ein Teil der Gesellschaft weltweit vernetzt, zerfallen die realen Beziehungen, bei deren Entwicklung die Schule eine wichtige Rolle spielt. «Die Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit verschiedener Bevölkerungsschichten werden mittels Informationstechnik ausgeglichen», hatte der deutsche Pädagoge Klaus Haefner den Personalcomputer als Instrument zur Lösung der «Neuen Bildungstests» gepriesen. Im computerbildendsten Teil der Welt ist dieser Wunsch vorderhand noch virtuell geblieben.