

# Geophysikalische Geländeübungen im urbanen Umfeld am KIT

*Andreas Barth, Ellen Gottschämmer und André Kurzmann,  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*

Profilsuche für eine neue Veranstaltung und Profilsuche im Feld – das stand am Anfang der neuen geophysikalischen Geländeübungen. Anlässlich steigender Studierendenzahlen in den Bachelorstudiengängen Geophysik und Angewandte Geowissenschaften am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) war es für das Sommersemester 2013 notwendig geworden, neue Formen und Abläufe für die Durchführung geophysikalischer Praktika im Gelände zu entwickeln. Wir entschieden uns, neben den etablierten Geländeübungen, die seit vielen Jahren erfolgreich (und mit dem Fakultätslehrpreis 2010 ausgezeichnet) als Blockkurs im Hegau nahe des Bodensees von Thomas Forbriger und Kollegen durchgeführt werden, einen neuen Kurs anzubieten. Dieser wurde speziell für die Nebenfachstudierenden der Angewandten Geowissenschaften konzipiert und sollte dem im Studienplan festgeschriebenen Arbeitsaufwand und der begrenzten Lehrkapazität Rechnung tragen.

Übergeordnete Lernziele sollten neben dem Umgang mit den Messapparaturen besonders die Verknüpfung von geophysikalischer Fragestellung und Versuchsaufbau (Wie muss eine Messung realisiert werden, um welche Untergrundeigenschaft in welchem Bereich zu untersuchen?) und der Zusammenhang zwischen Messgröße und abgeleiteter physikalischer Größe im Untergrund sein. Schnell war klar, dass die äußeren Rahmenbedingungen nur mit Messungen nahe Karlsruhe zu realisieren wären; doch wo findet man gut detektierbare und interessante Strukturen im Untergrund eines Stadtgebiets, um die Lernziele vermitteln zu können?

Zum einen wurden wir fündig im Bereich des Alten Flugplatzes Karlsruhe, der zwischen Stadtmitte und Geophysikalischem Institut liegt. Dort befanden sich bis in die 1990er Jahre Flugzeughangars und andere anthropogene Hinterlassenschaften, deren Reste mit Hilfe der Geomagnetik untersucht werden sollten. Für die Geoelektrik wählten wir einen Versickerungsversuch, der in Zusammenarbeit mit und auf dem Gelände der Bundesanstalt für Wasserbau realisiert wurde. Und schließlich wurde am südlichen

Stadtrand Hammerschlagseismik betrieben, um Schichtgrenzen unterhalb eines Segelflugplatzes zu bestimmen.

Zur fachlichen Vorbereitung der Studierenden wurde ein schon im Vorjahr aufgebautes Online-Fragesystem verwendet, auf das diese via der Lernplattform ILIAS zugreifen konnten. Eine Kombination aus Multiple-Choice-Fragen, einfachen Berechnungen, Abschätzungen und Zuordnungsfragen erlaubte von Betreuerseite eine Einschätzung der Stärken und Schwächen der Studierenden, die in der Einführungsveranstaltung mit Hilfe eines „Clicker“-Systems aufgenommen wurden. Die im Vorfeld online weniger gut beantworteten Fragestellungen konnten so erneut aufgegriffen, in Zweiergruppen diskutiert und schließlich durch Abstimmung per Fernbedienung beantwortet werden. Das Abstimmungsergebnis war sodann direkt und für alle auf der Präsentationsfolie als Balkendiagramm ersichtlich. Die Antworten waren erwartungsgemäß besser als in der Vorbereitungsumfrage und die Studierenden durch die Interaktion motiviert bei der Sache, was sicherlich eine gute Voraussetzung für die nachfolgenden Feldversuche war.

## Geomagnetik

Der Alte Flugplatz im Stadtgebiet Karlsruhe wurde im 20. Jahrhundert für den zivilen und militärischen Flugverkehr genutzt und war im Laufe dieser Zeit unterschiedlich be-



Abb. 1: Geomagnetikmessung auf dem Alten Flugplatz Karlsruhe



Abb. 2: Refraktionsseismik auf dem Segelflugplatz Rheinstetten

baut. Auf Luftaufnahmen aus der Zeit des 2. Weltkriegs erkennt man außerdem deutliche Einschlagkrater. Heute ist das Gelände größtenteils Naturschutzgebiet. Die Fragestellungen, mit denen sich die Studierenden bei den geomagnetischen Messungen in der Geländeübung beschäftigten, zielte also auf die Suche nach Resten der historischen Bebauung und anderer zivilisatorischer Fremdkörper (Abb. 1). Handelt es sich um magnetische Materialien, können diese als Anomalie im geomagnetischen Hintergrundfeld dargestellt werden.

Für die Messungen waren mehrere Protonenpräzessionsmagnetometer, ein Fluxgatemagnetometer sowie ein Fluxgate-Gradiometer mit einem Basisabstand von einem Meter vorhanden. Außerdem wurden den Studierenden historische Luftaufnahmen aus unterschiedlichen Zeiten sowie eine Vegetationskarte zur Verfügung gestellt. Die Studierenden der ersten Übungsgruppe entschieden dann im Gelände, welche Gebiete sie am ersten Messtag genauer untersuchen wollten. Die Messergebnisse wurden noch im Gelände grafisch dargestellt und diskutiert und dienen als Grundlage für die Messungen weiterer Übungsgruppen an den folgenden Tagen.

Die Teilnehmer führten verschiedene Profilmessungen mit den Protonenpräzessions- und dem Fluxgatemagnetometer durch und entschieden sich, mit dem Fluxgate-Gradiometer eine Kartierung auszuführen, bei der in fünf Messtagen eine Fläche von 1 ha vermessen wurde. Diese Kartierung, die anschließend von allen Übungsgruppen gemeinsam interpretiert wurde, erlaubte zum einen einen Überblick über ein größeres Gebiet. Die Studierenden lernten hierbei aber auch, wie wichtig eine genaue Dokumentation der Lage der Messpunkte ist, und dass es – trotz größter Sorgfalt – zu Einflüssen der messenden Person auf die Ergebnisse kommen kann: So zeigte eine Teilkartierung systematisch höhere Werte in der Gradientenmessung als alle

anderen Abschnitte. Bei einem Vergleich dieser Messergebnisse mit denen der Profilmessungen konnten die Studierenden außerdem erkennen, dass sich mit dem empfindlichen Gradiometer auch schon kleine, sehr oberflächennahe Anomalien darstellen lassen, während diese mit den einfachen Messgeräten teilweise nicht erkannt wurden.

Die Messergebnisse wurden von den Studierenden als Überreste der letzten Bebauung aus der Zeit der Benutzung des Flugplatzes durch die US-Streitkräfte interpretiert, die das Gelände nach 1945 nutzten. Entlang eines Wegs wurde eine sehr schmal lokalisierte (vermutlich oberflächennahe) Anomalie gefunden, die jedoch nicht ausgegraben und auch nicht mit der historischen Bebauung in Zusammenhang gebracht werden konnte. Diese Stelle soll bei den Messungen im

nächsten Jahr genauer untersucht werden.

### Seismik

Auf dem Gelände des Segelflugplatzes Rheinstetten bei Karlsruhe wurde der oberflächennahe Untergrund mittels Refraktionsseismik untersucht (Abb. 2). Die Geologie in diesem Bereich besteht im Wesentlichen aus fluviatilen Sedimenten des Quartärs. Die für die Refraktionsseismik relevanten Kontraste in der Ausbreitungsgeschwindigkeit der P-Welle sind durch unterschiedliche Wassersättigungen der Flusssedimente gegeben, weshalb sich die Methode besonders gut zur Bestimmung der Tiefe des Grundwasserspiegels eignet. Im Seismikversuch wurden Vertikalgeophone eingesetzt, welche die durch einen Hammerschlag ausgelösten seismischen Wellen in Form von Bodenschwing- bzw. Partikelgeschwindigkeiten aufzeichnen. Im Rahmen des Versuches ist jedoch die Laufzeit der P-Welle im Untergrund als eigentliche Messgröße relevant.

Es war die Aufgabe der Studierenden, die Hammer-

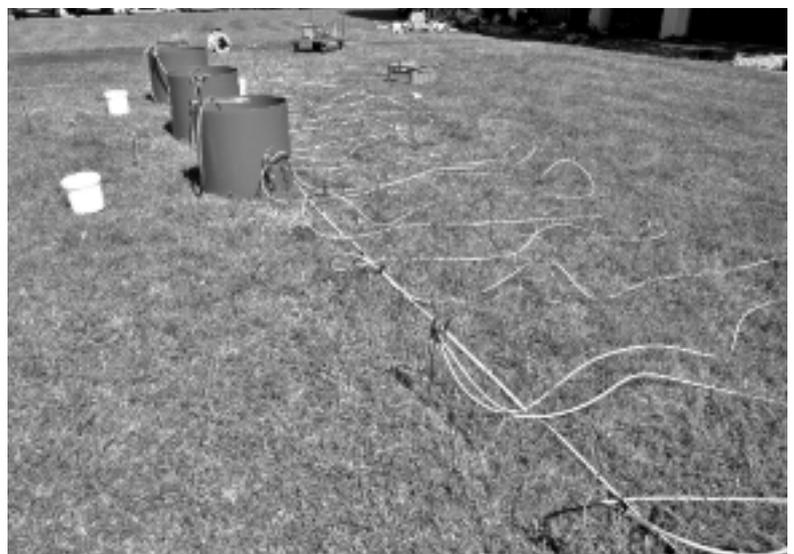


Abb. 3: Geoelektrik an der Bundesanstalt für Wasserbau

schlagseismik durchzuführen und die gemessenen Daten geophysikalisch auszuwerten sowie geologisch sinnvoll zu interpretieren. Hierbei wurde ein Gesamtprofil mit einer Länge von ca. 250 m gleichmäßig auf die fünf Übungsgruppen aufgeteilt, so dass die Ergebnisse aller Gruppen bei der Interpretation mit einbezogen werden konnten. Im Gelände nutzten die Studierenden die gegebenen Randbedingungen der verwendeten seismischen Quelle sowie des geplanten Zielhorizonts in einigen Metern Tiefe zur Messkonfiguration, um dabei im Seismogramm sowohl die direkte als auch die refraktierte P-Welle hinreichend gut auflösen zu können. Die seismischen Aufzeichnungen wurden bereits im Feld per Laptop grafisch dargestellt, so dass die hohe Empfindlichkeit der Geophone über die Visualisierung des Hintergrundrauschens und durch Erzeugung künstlicher Störsignale veranschaulicht werden konnte. Anhand einer Testmessung verschafften sich die Studierenden einen ersten Eindruck über die Qualität der Messdaten und die darin auftretenden Wellenarten, insbesondere P-Welle und Oberflächenwelle. Aufgrund der anstehenden Lockersedimente wiesen die Daten ein relativ schlechtes Nutz-/Stör-Verhältnis auf, was die Notwendigkeit der Stapelung für eine robuste Bestimmung von P-Wellen-Laufzeiten verdeutlichte.

Unter der verallgemeinerten Annahme eines 1-Schicht-Falles mit einer geneigten Grenzfläche führten die Studierenden die Refraktionsseismik nach dem Hin- und Rückschussprinzip durch. In der geophysikalischen Auswertung ermittelten sie typische Ausbreitungsgeschwindigkeiten für trockene bis wasser-teilgesättigte Lockersedimente in der oberflächennahen Schicht und voll-gesättigte Sedimente im darunterliegenden Halbraum. Die Berechnungen ergaben eine nahezu horizontal verlaufende Grenzfläche in ca. 7 m Tiefe. Da die Studierenden keine derart kontrastreiche geologische Wechsellagerung erwarteten, kamen sie zu dem plausiblen Schluss, dass es sich um den Grundwasserspiegel handeln müsse.

Neben der eigentlichen Auswertung war eine Betrachtung der Fehlerquellen im Messaufbau, während der Messung und in der Auswertung ein wichtiger Aspekt des Seismikversuches. Die gruppenübergreifende Betrachtung der mitunter deutlich abweichenden Ergebnisse zeigte den Studierenden den Einfluss von Messfehlern auf. Insbesondere die Trennung der direkten und refraktierten P-Welle in den Seismogrammen ist von Subjektivität geprägt, was maßgeblich zu unterschiedlichen Tiefenberechnungen führt. Für das kommende Jahr ist geplant, sowohl Kreuzprofile zur besseren Erkennung lateraler Effekte als auch ergänzend eine andere seismische Quelle einzusetzen.

### Geoelektrik

Um die oberflächennahen Versickerungseigenschaften von Wasser zu untersuchen, wurden auf dem Gelände der Bundesanstalt für Wasserbau in Karlsruhe drei offene Behälter mit jeweils 60 cm Durchmesser aufgestellt, in welche im Rahmen des Versuchs Wasser eingelassen wer-

den konnte (Abb. 3). Durch die Erhöhung der ionischen Leitfähigkeit ist die Geoelektrik eine ideale Methode, um Fluidbewegungen im Untergrund zu beobachten. Die verwendeten Methoden der Wenner-Kartierung und geoelektrischen Tomographie sollten den Studierenden die Möglichkeit geben, die Ausbreitung des Wassers im Untergrund räumlich und zeitlich zu verfolgen. Außerdem sollten neben der manuellen Durchführung auch die Vorzüge einer professionellen Tomographieapparatur demonstriert werden.

Vor Ort wurde es den einzelnen Übungsgruppen selbst überlassen, wie die einzelnen Profile gelegt und welche Sondenabstände gewählt wurden. Es galt dabei zu beachten, welche sensitiven Tiefen und Ausrichtungen bereits an anderen Versuchstagen untersucht worden waren, um später die Teilergebnisse kombinieren zu können. So wurden verschiedene Geometrien realisiert, die von 30 cm bis zu 3 m Eindringtiefe reichten. Die Wennerkartierungen wurden jeweils vor und nach dem Einlassen des Wassers auf demselben Profil durchgeführt, um die Veränderung gegenüber der Nullmessung interpretieren zu können.

Die gemessene Größe ist bei der Gleichstromgeoelektrik der Potenzialunterschied des Spannungsfelds, aus dem zusammen mit der eingespeisten Stromstärke der scheinbare spezifische Widerstand berechnet werden kann. Wie bei allen Potenzialmethoden ist dies eine integrale Größe, die durch verschiedene Untergrundmodelle des spezifischen Widerstands erklärt werden kann. Diese Modellbildung wurde für die Tomographie rechnergestützt durchgeführt, so dass am Ende ein zweidimensionales Bild der Verteilung des spezifischen Widerstands im Untergrund und somit gut und weniger gut leitende Bereiche erkennbar waren. Es zeigte sich, dass sich in etwa 2 m Tiefe eine Schicht befindet, die eine geringere Durchlässigkeit aufweist, so dass eingelassenes Wasser zur Seite abgeführt wird und selbst am Folgetag noch deutlich zugeordnet werden kann. Die geowissenschaftliche Interpretation der Studierenden reichte für diese Schicht von erhöhten Tongehalten der sedimentären Auflage bis zu anthropogenen Strukturen, die bei der Bebauung und eventuellen Aufschüttung des Geländes entstanden sind. Angeregt wurde auch andere geophysikalische Methoden anzuwenden, um hier eine genauere Bestimmung zu ermöglichen.

42 Studierende nahmen letzten Endes an den geophysikalischen Geländeübungen im Juni 2013 teil. Neben den Messungen im Feld fanden Auswertetutorien im Poolraum des Geophysikalischen Instituts statt, während derer sowohl die Daten diskutiert als auch die wichtigste Software eingeführt wurde. Mit den hier erlernten Werkzeugen konnten sodann Versuchsprotokolle angefertigt werden. Alles in allem waren die Studierenden mit dem Ablauf der Veranstaltung sehr zufrieden und würdigten die anspruchsvollen, aber lehrreichen Versuche. So hoffen wir, dass sich auch nächstes Jahr wieder viele Studierende am KIT motiviert auf Profilsuche im urbanen Umfeld Karlsruhes begeben.