
Geophysikalische Geländeübungen SS 2016

Gesamtübersicht

MESSSTANDORT RIEDHEIM A59/1

17. MAI - 20. MAI 2016

ANN-KATHRIN EDRICH UND ALICIA ROHNACHER

Bei Rückfragen bitte an a.edrich@web.de und alicia@rohnacher.de wenden.

Inhaltsverzeichnis

1	Geologische Übersicht	1
1.1	Hegau	1
1.2	Messstandort	2
2	Fragestellungen	4
3	Ergebnisse der Messwoche	6

1 Geologische Übersicht

1.1 Hegau

Die Region des Hegaus beschreibt nach Schreiner (2008) das Gebiet zwischen Immingen und dem Schienerberg. Kennzeichnend für die Region ist das Einfallen der Schichten nach Südosten, das durch die Entstehung des Nordalpinischen Vorlandbeckens verursacht wurde.

Im Jura war die Region des Hegaus von einem flachen Meer bedeckt. Die abgelagerten karbonatischen Sedimente sind heute im Nordwesten des Hegaus als weißer und brauner Jura zu finden. Da in der darauffolgenden Kreide mehr verwittert als abgelagert wurde sind keine Überreste dieser Zeit im Hegau zu entdecken. Vor ca. 34 Millionen Jahren hat sich im Tertiär auf dem Festland Bohnerzlehm gebildet, der auf subtropisches Klima in dieser Zeit hindeutet. (Schreiner (2008))

Meschede (2015) beschreibt die Entstehung des nordalpinischen Vorlandbeckens im Tertiär, die durch die Alpenbildung verursacht wurde. Der Hegau befindet sich am Nordrand dieses Beckens, in dem eine hohe Sedimentation stattfand (Schreiner (2008)).

Die abgelagerten Sedimente werden als Molasse bezeichnet und nach Meschede durch die wechselnde Meeressüberdeckung in vier Typen aufgeteilt. Die untere Meeresmolasse (UMM) bildete sich im mittleren Oligozän und ist heute hauptsächlich am Alpenrand zu finden. Ab dem oberen Oligozän findet vor allem im westlichen und zentralen Bereich des Beckens eine verstärkte Sedimentation von klastischem Material statt, was zu einer Verlandung dieser Regionen führt (Untere Süßwassermolasse). Das Gestein, das aus dieser Zeit im Hegau zu finden ist, bezeichnet Schreiner (2008) als Ältere Juranagelfluh. Das Material wird als sandig und mergelig beschrieben und es sind Geröllanteile des weißen Juras enthalten.

Im unteren Miozän wurde das Gebiet wieder von Meerwasser überschwemmt (Meschede (2015)). In Gesteinen aus dieser Zeit sind dadurch biologische Sedimente enthalten. Ab dem unteren/mittleren Miozän hat sich das Meer zurückgezogen und die Sedimente werden als Obere Süßwassermolasse bezeichnet. Schreiner (2008) beschreibt den Jüngeren Juranagelfluh, der aus dieser Zeit stammt, als "kalkreichen,

z.T. kalksandigen, gelbraunen Juranagelflumergerl". Im mittleren Miozän beginnt im Hegau auch die vulkanisch aktive Phase, die Geyer u. a. (2011) auf die zunehmende tektonische Beanspruchung zurückführen. Weiterhin vermuten sie einen Zusammenhang der Vulkangebiete Urach, Kaiserstuhl und Hegau, da sich unter ihnen Störungszonen überschneiden. Unter dem Hegau treffen sich die Freiburger-Bonndorfer-Bodensee-Störungszone und die Albstadt Störungszone, was einen Aufstieg von Magmen erleichtern könnte.

Die folgenden Beschreibungen lehnen an den Ausführungen von Schreiner (2008) an. Die ersten vulkanischen Ablagerungen sind Deckentuffe mit einem Alter von etwa 14 Millionen Jahren. 2-4 Millionen Jahre später schließt sich die Förderung von Basalten an. So sind z.B der Hohenstoffel und der Hohenhewen Überbleibsel von Vulkanschloten, die mit Basalt gefüllt sind. Auch der Riedheimer Basaltgang wird dieser vulkanischen Phase zugeordnet. Während die Vulkanite aus dieser Zeit sehr SiO_2 -arm sind, beträgt der SiO_2 -Anteil der Phonolithe, die vor 8-7 Millionen Jahren gefördert wurden, über 50 %. Damit kann vermutet werden, dass es sich um explosiven Vulkanismus gehandelt hat. Der Hohentwiel ist ein bekanntes Beispiel für einen ehemaligen Phonolith-Schlot.

Im Quartär fand bis zum Pleistozän hauptsächlich Abtragung statt. Die darauf folgenden Ablagerungen ergeben sich aus der Vergletscherung in den Eiszeiten. So sind Sedimente zu finden, die durch Moränenbildung entstanden sind.

1.2 Messstandort

Der Messstandort Riedheim A59/1 liegt knapp 3 km südlich des Hohenstoffels. Vor Ort befindet sich ein Aufschluss des Riedheimer Basaltgangs, der nach Schreiner (2008) zu der Nord-Süd verlaufenden Kette von Basalteruptionen gehört. Er schätzt das Alter dieser Eruptionen auf ungefähr 10 Millionen Jahre. Für den Hohenstoffel wird ein Alter von 12.5 Millionen Jahren angegeben.

Weiterhin beschreibt Schreiner (2008) die Zusammensetzung des Basalts. Durch den geringen SiO_2 -Anteil wird das Gestein den Melilith-Nepheliniten zugeordnet, bei denen Feldspäte durch so genannte Felspatvertreter ersetzt sind. Der Olivinegehalt, der für den Basalt bestimmt wird, beträgt 22%.

Im Aufschluss ist jedoch zu erkennen, dass der Basalt schon stark verwittert ist. Wall, Kontny und Vahle (2004) geben an, dass sich der Aufschluss in der Mitte seiner horizontalen Ausdehnung befindet. Dort ist der Basaltgang 16 m breit und mindestens 5 m hoch. Insgesamt wird dem Riedheimer Basaltgang eine Länge von 450 m zugeordnet und Wall, Kontny und Vahle (2004) vermuten, dass seine vertikale

Ausdehnung 200 m beträgt.

Nördlich des Aufschlusses ist der Gang von jüngerem Juranagelfluh umgeben (*Geologische Karte von Baden-Württemberg : Bundesrepublik Deutschland* (1995)). Südlich davon kann mit der Geologischen Karte als umgebendes Gestein Geschiebemergel angegeben werden. Geschiebemergel ist ein typisches Sediment von Moränen, sodass vermutet wird, dass das Gestein in der Würmeiszeit des Quartärs entstanden ist. (Schreiner (2008)).

2 Fragestellungen

Im Rahmen der Geophysikalischen Geländeübungen werden am Messstandort A59/1 Riedheim vier verschiedene geophysikalische Messverfahren angewendet. Durch den Aufschluss in der Nähe des Messgebiets konnte vermutet werden, dass sich ein Basaltgang am Messstandort befindet.

Mit allen durchgeführten Methoden sollte die Lage des Basaltgangs bestimmt werden.

Mit der Magnetik werden die einzelnen Komponenten des Magnetfelds am Standort gemessen. Dieses ergibt sich aus der Überlagerung des Erdmagnetfelds und des Magnetfeld, dass durch die Anomalie verursacht wird. Mit dieser Methode wurde die folgende Frage auf 4 unterschiedlichen Profilen (B,C,D,K) untersucht:

- Welche Geometrie besitzt der Basaltgang und was ist die magnetische Suszeptibilität des Basalts?

Mit der Geoelektrik kann der scheinbar spezifische Widerstand des Untergrunds gemessen werden. Daraus lässt sich mit Modellierungsprogrammen der tatsächliche spezifische Widerstand bestimmen. Vor allem sollte die Frage:

- Welcher spezifische Widerstand kann dem Basalt und dem umgebenden Gestein zugeordnet werden und in welcher Tiefe befindet sich die Anomalie?

beantwortet werden. Dazu wurde auf den Profilen B, D, P und Q verschiedene Messungen durchgeführt.

Durch die Laufzeitmessung von elastischen Wellen in der Seismik können deren Geschwindigkeiten in den Schichten bestimmt werden. Zusätzlich ist eine Aussage über die Tiefe der Schichten möglich. Für Messungen am Basaltgang (Profil A und D) stellte sich folgende Frage:

- Mit welcher Geschwindigkeit breiten sich elastische Wellen im Basalt aus und in welcher Tiefe befindet sich die Anomalie?

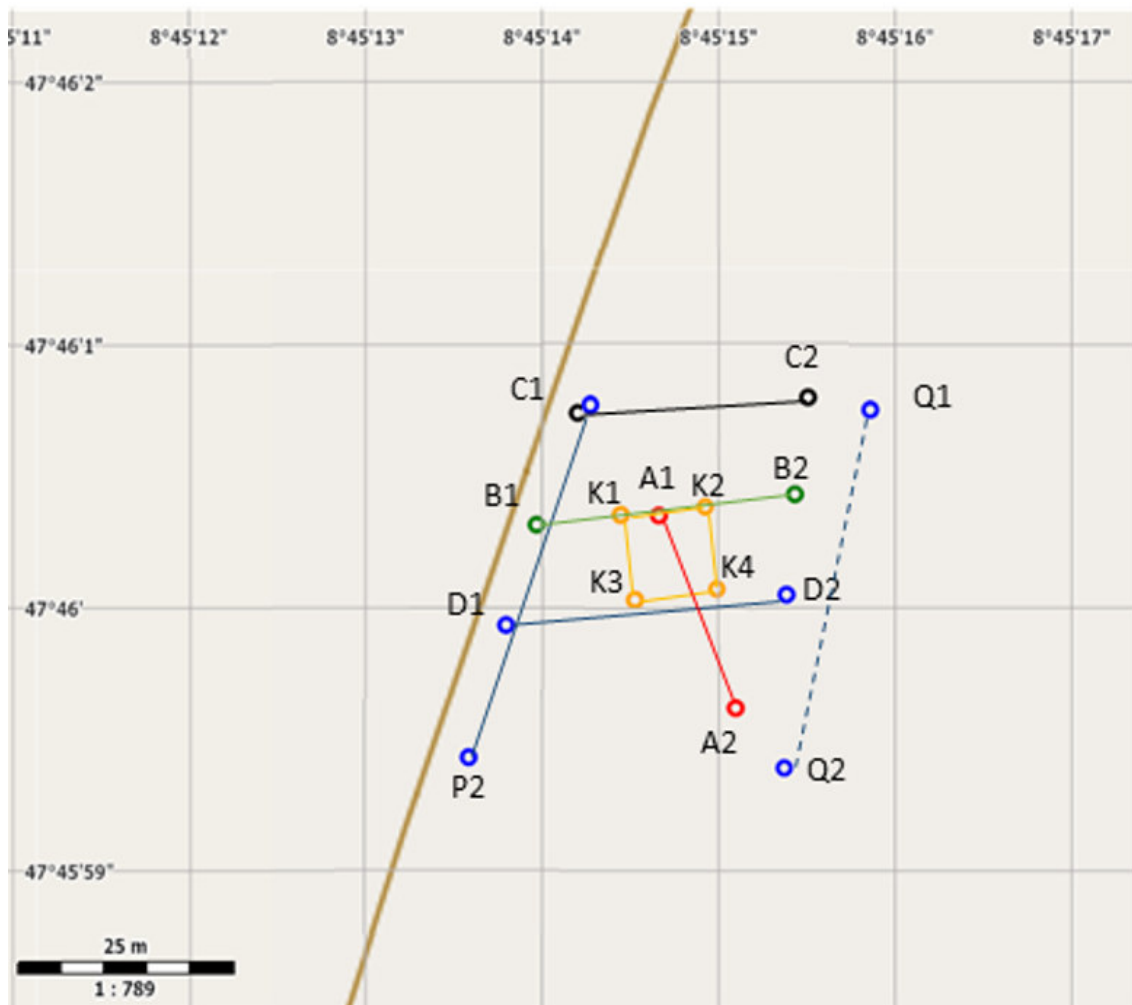


Abbildung 2.1: Lage der Profile im Messgebiet A59/1 Riedheim während der Messwoche im Mai 2016

Mit gravimetrischen Messungen werden Masseninhomogenitäten im Untergrund gemessen. Die Frage

- Welche Dichte kann dem umgebenden Gestein und der Anomalie zugeordnet werden und in welcher Tiefe ist der Basaltgang anzutreffen?

wurde durch Messungen auf dem D-Profil untersucht. Zusätzlich sollte herausgefunden werden, ob es sich bei der Anomalie um einen horizontalen, zylindrischen Gang oder eine Spaltenintrusion handelt.

3 Ergebnisse der Messwoche

Im folgenden sollen nun die Ergebnisse der vier Messmethoden und die jeweiligen Fragestellungen kurz wiederholt werden und anschließend ein Gesamtfazit des Informationsgewinns getroffen werden. Die Einzelheiten können den entsprechenden Protokollen der Gruppe von Alicia Rohnacher und Ann-Kathrin Edrich entnommen werden. Alle im Folgenden genannten Profile sind in der Lageskizze in Abbildung 2.1 dargestellt.

Die erste Untersuchung wurde mit der Magnetik durchgeführt. Ziel dieser Messung war die Lokalisierung des Basaltgangs im Untergrund und seine Ausdehnung und seinen Verlauf abzuschätzen. Dafür wurden drei Profile B (zwischen B1-B2), C (zwischen C1-C2) und D (zwischen D1-D2) angelegt, die mit verschiedenen Magnetometern untersucht wurden. Die Geräte messen entweder die Totalintensität, den vertikalen Gradienten oder die Vertikalkomponente des resultierenden Magnetfeldes, das sich aus Erdmagnetfeld und Magnetfeld der Anomalie ergibt. Aus den Messungen kann geschlossen werden, dass der Basaltgang von Nordwesten nach Südosten verläuft. Die deutlich erhöhte Totalintensität der Anomalie des südlichen Profils gegenüber dem nördlichen Profil ist ein Hinweis darauf, dass er im Süden näher an der Oberfläche liegt als im Norden. Es wurde ein Modell für die Ergebnisse von Profil B und C vorgestellt, nach dem der Basaltgang einen Streichwinkel von 5° mit der Nordrichtung einschließt und einen Neigungswinkel von 88° besitzt. Die Tiefe der Unterkante wurde auf 59 m festgesetzt, die Breite auf etwa 7 m und eine magnetische Suszeptibilität von $\kappa = 0.007$ angenommen. Der Unterschied zwischen den Modellen für Profil B und C liegt hauptsächlich in der angenommenen Tiefe der Oberkante von 2.1 m bei Profil B und 5.1 m bei Profil C. Dies stützt auch den Schluss, der oben bereits anhand der Totalintensität gezogen wurde. Die Kartierung einer 100 m^2 großen Fläche (zwischen K1-K4) über dem Basaltgang zeigt, dass der Basaltgang an dieser Stelle einen leichten Knick macht, was aber zu keiner deutlichen Richtungsänderung führt.

Bei der Geoelektrik wurde erneut nach der genauen Lage des Basaltgangs gesucht, sowie die Geometrie und der spezifische Widerstand der Anomalie untersucht. Es wurde ein Teil des Profils B (zwischen B1-B2), das auch in der Magnetik verwendet

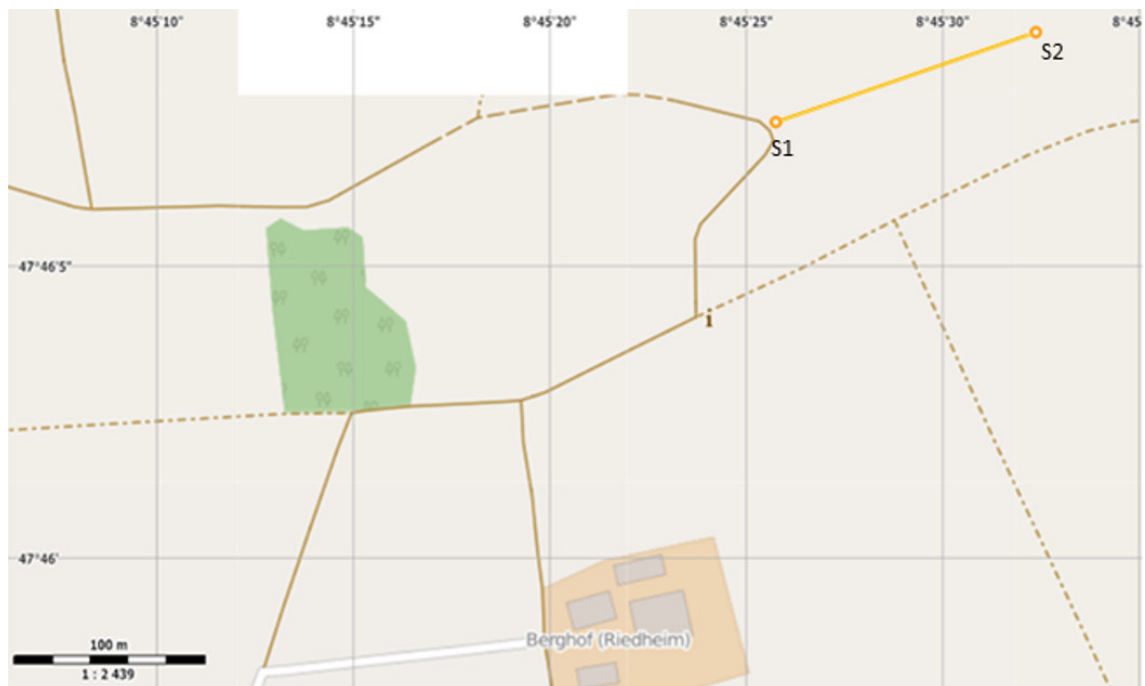


Abbildung 3.1: Lage des Profils S im Messgebiet A59/1 Riedheim während der Messwoche im Mai 2016

wurde, vermessen. Außerdem wurden zwei neue Profile angelegt, Profil P (zwischen P1-P2) und Q (zwischen Q1-Q2). Weiterhin wurde eine Tomographie bei dem Profil DT durchgeführt. Es konnte ermittelt werden, dass der Basaltgang näher als 3 m unterhalb der Erdoberfläche sein muss, was zu den Ergebnissen der anderen drei Versuche passt. Die Breite wurde auf maximal 10-11 m bestimmt und stimmt damit ebenso mit den Ergebnissen der anderen Versuche überein. Der Basaltgang reicht tiefer als 9.84 m, was sich auch mit dem Modell der Magnetik ergeben hat. Bei der Seismik konnte die Unterkante des Basaltgangs ebenfalls nicht gesehen werden, was jedoch, wie im entsprechenden Protokoll erklärt, nicht daran liegen muss, dass der Basaltgang so tief reicht. Beispielsweise könnte es sein, dass die Voraussetzungen für die Refraktionsseismik an der Grenzschicht zwischen der Unterkante des Basaltgangs und der darunterliegenden Schicht nicht mehr erfüllt sind. Der schräge Verlauf des Basaltgangs konnte auch mit der Geoelektrik festgestellt werden, da die relativen Profilkordinaten bei denen der Basaltgang lokalisiert wurde, von Profil B und DT unterschiedlich sind. Für den spezifische Widerstand des Basalts gilt $\rho > 68 \Omega\text{m}$.

Mit der Seismik wurden drei Profile vermessen. Profil 1 (zwischen D1-D2) entspricht in etwa Profil D der Magnetik, Profil 2 (zwischen A1-A2) verläuft auf dem Basaltgang und Profil 3 (zwischen S1-S2) ist unabhängig vom Basaltgang. Bei Profil 3 wurde der Untergrund an einer anderen Stelle des Messgebiets untersucht. Die Lage von Profil 3 ist in Abbildung 3.1 dargestellt. Da dieses Ergebnis aber keine Informa-

tionen über den Basaltgang liefert, soll an dieser Stelle nicht weiter auf das Ergebnis dieser Messung eingegangen werden. Die Auswertung von Profil 1, die von Marius Sulzer und Hendrik Büker vorgenommen wurde, liefert über den Basaltgang kaum Informationen. Durch die Analyse von Profil 2 kann die Schichtgeschwindigkeit des Basalts mit $v \approx 1140 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ angegeben werden. Dieser Wert liegt deutlich unterhalb der Literaturwerte (Bourbié, Coussy und Zinszner (1987)). Allerdings konnte durch eine Grabung ein Handstück des unterliegenden Gesteins gewonnen werden, dessen Dichte mit der von Basalt übereinstimmt. Daher liegt es nahe, dass die große Differenz zwischen den Messergebnissen und der Literatur durch Fehler oder durch unterschiedliche Annahmen für die Literaturwerte zustande kommt. Wie in der Magnetik konnte eine Neigung des Basaltgangs festgestellt werden. Dabei sind die Schichttiefen $d = 0.58 \text{ m}$ und $d' = 0.86 \text{ m}$, was deutlich weiter an der Oberfläche ist, als bei den Modellannahmen der Magnetik. Ein weiterer eklatanter Unterschied zu den Ergebnissen der Magnetik ist die Richtung der Neigung. Mit der Seismik erhält man ermittelt werden, dass der Basaltgang in südliche Richtung abfällt. Das Profil D schneidet Profil 2 etwa auf halber Höhe, aber auch ein Ansteigen von A1 bis zum Schnittpunkt der beiden Profile und dann erneutes starkes Absinken des Basaltgangs bis zu A2 konnte nicht festgestellt werden. Dieser starke Kontrast könnte natürlich durch Fehler bei mindestens einer Messung entstanden sein, oder auch ein Hinweis darauf, dass die Modellannahmen bei der Magnetik in dieser Form nicht haltbar sind. Eventuell müsste dieser Sachverhalt mit weiteren Messungen untersucht werden. Bei der Auswertung von Profil 2 wurde weiterhin das Verfahren der Verzögerungszeiten angewendet um die Topographie auf dem Basaltgang zu bestimmen. Das Abfallen in Richtung Süden zeigte sich auch hier, wobei die Tiefe d' nicht erreicht werden konnte, weil die letzten Profilkordinaten nicht in das Verfahren einfließen konnten. Es zeigt sich, dass der Basaltgang zu Beginn stark absinkt, dann eine Weile auf dieser Tiefe bleibt und dann erneut sinkt. Es gibt keine ausgeprägte Topographie auf dem Basaltgang. Lediglich bei Profilkordinate 8 wirkt es, als wäre dort eine große Mulde vorhanden. Aus Gründen, die in dem entsprechenden Protokoll näher erläutert werden, könnte an dieser Stelle eine kleinräumige Vertiefung sein, die durch das Verfahren wirkt, als wäre es eine großräumige Änderung der Topographie. Mit der Gravimetrie wurde versucht die Lage des Basaltgangs zu bestätigen, die Dichte des Basalts und des umliegenden Gesteins zu bestimmen und eine Aussage zu treffen, ob es sich um eine Spaltenintrusion mit großer vertikaler Ausdehnung oder um einen horizontalen Basaltgang handelt. Die Messung wurde auf Profil D durchgeführt. Zusätzlich konnte die Dichte eines Basaltfragments bestimmt werden, für die $2.96 \pm 0.04 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ angegeben werden. Es wurden drei Modelle für eine zylindri-

sche Anomalie erstellt, die horizontal verläuft. Sie unterscheiden sich unter anderem durch die angenommene Dichtedifferenz zwischen dem Basalt und dem umliegenden Material(Geschiebemergel). Bei Modell 1 wurde $\Delta\rho = 860 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ angenommen und bei Modell 2 und 3 $\Delta\rho = 700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Für die verschiedenen Modelle resultieren unterschiedliche Radien $R_1 \approx 4.9 \text{ m}$, $R_2 \approx 5.4 \text{ m}$ und $R_3 \approx 5 \text{ m}$. Der doppelte Radius entspricht der Breite des Basaltgangs, was relativ gut zu der Modellannahme aus der Magnetik passt. Es ergeben sich auch verschiedene Tiefen d der Oberkanten des Basaltgangs $d_1 \approx 3.13 \text{ m}$, $d_2 \approx 2.60 \text{ m}$ und $d_3 \approx 1.92 \text{ m}$. Diese Werte sind deutlich größer als die, die mit der Seismik ermittelt wurden. Dafür passen sie aber relativ gut zu den Modellannahmen in der Magnetik.

Wird angenommen, dass die Anomalie durch eine Spaltenintrusion entstanden ist, dann können weiter Modelle bestimmt werden. Über die vertikale Ausdehnung der Anomalie lässt sich keine genaue Aussage treffen, aber ein westliches Einfallen der Anomalie erscheint wahrscheinlich. Durch das Problem der Mehrdeutigkeit kann die Frage, ob es sich um eine Spaltenintrusion oder einen Gang handelt, nicht eindeutig beantwortet werden.

Insgesamt gilt für alle angewendeten geophysikalischen Methoden, dass das Problem der Mehrdeutigkeit überall vorhanden ist. Deshalb wird das Prinzip von Ockhams Rasiermesser angewendet, welches u.a. besagt, dass das einfachste Modell, dass die Daten gut erklärt zu bevorzugen ist (Möller (o.D.)). Außerdem ist ein Fazit der Auswertung, dass mit allen Methoden der Basaltgang lokalisiert werden konnte. Natürlich eignet sich nicht jede Methode für jede Fragestellung, aber die Kombination verschiedener Messmethoden führt, wie hier geschehen, zu einem breit gefächerten Spektrum an Informationen. In vielen Fällen haben die Methoden die Aussagen der anderen Methoden unterstützt, wobei es natürlich auch zu eklatanten Unterschieden kommen kann, wie bei dem Tiefenverlauf des Basaltgangs. Aber auch solche Widersprüche können einen Informationsgewinn enthalten, wenn dadurch Fehler oder falsche Modellannahmen aufgedeckt werden können oder sich neue Impulse für weitere Fragestellungen ergeben.

Für weitere Messungen in dem Messgebiet wäre es interessant den tatsächlichen Tiefenverlauf des Basaltgangs zu bestimmen und eventuell auch die Frage zu klären, ob hier tatsächlich eine Spaltenintrusion vorliegt.

Literatur

- Bourbié, T., O. Coussy und B. Zinszner (1987). *Acoustics of porous media*. Institut Français du Pétrole publications. Paris: Éd. Technip.
- Geologische Karte von Baden-Württemberg : Bundesrepublik Deutschland* (1995). Freiburg i. Br.
- Geyer, O. F. [u. a., Hrsg. (2011). *Geologie von Baden-Württemberg*. 5., völlig neu bearb. Aufl. Stuttgart: Schweizerbart.
- Meschede, M. (2015). *Geologie Deutschlands : Ein prozessorientierter Ansatz*. SpringerLink : Bücher. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Möller, P. »Ockhams Rasiermesser«. Stand 19.06.2016. URL: <http://www.philolex.de/ockhrasi.htm>..
- Schreiner, A. (2008). *Hegau und westlicher Bodensee*. 3. bericht. Aufl. Sammlung geologischer Führer ; Bd. 62. Berlin: Borntraeger. ISBN: 978-3-443-15083-9.
- Wall, H. de, A. Kontny und C. Vahle (2004). »Magnetic susceptibility zonation of the melilititic Riedheim dyke (Hegau volcanic field, Germany): evidence for multiple magma pulses?« In: *Journal of volcanology and geothermal research* 131.1, S. 143–163.

Geophysikalische Geländeübungen

Jahr: 2016

Messgebiet/Standort: A59/1 Riedheim

Erklärung zu den schriftlichen Berichten, bestehend aus einer Gesamtübersicht und jeweils einem Protokoll zu den Versuchen Magnetik, Gravimetrie, Geoelektrik und Seismik.

Ich versichere wahrheitsgemäß, die Arbeit selbstständig angefertigt, alle benutzten Hilfsmittel vollständig und genau angegeben und alles kenntlich gemacht zu haben, was aus Arbeiten anderer unverändert oder mit Abänderungen entnommen wurde.

Alicia Rohnacher, 1805798, 19.08.06.16 A. Rohnacher
Name, Matrikelnummer, Datum, Unterschrift

Ann-kathrin Edrich, 1785471, 19.06.16, A. Edrich
Name, Matrikelnummer, Datum, Unterschrift