

Versuchsaufgaben Gravimetrie

Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik

1 Bestimmung des vertikalen Schweregradienten

Zunächst soll die Höhenabhängigkeit der Schwerebeschleunigung untersucht werden. Messen sie hierzu im Treppenhaus des Physikzentrums in 5 verschiedenen Stockwerken (im Tiefkeller, dem Erdgeschoss sowie dem 1., 3. und 5. Stockwerk). Messen sie zudem die Höhe der jeweiligen Stockwerke.

1. Führen sie für die Messdaten die Gezeiten- und die Driftkorrektur durch.
2. Stellen Sie die korrigierten Schwerewerte über der Höhe dar. Führen Sie einen linearen Fit durch und bestimmen Sie hieraus den Vertikalgradienten der Schwerebeschleunigung.
3. Berechnen Sie nun aus den Schweredaten und dem Literaturwert für den Vertikalgradienten von $308 \mu\text{Gal m}^{-1}$ für jedes Stockwerk eine „gravimetrische“ Höhe und vergleichen Sie diese mit der mit dem Maßband bestimmten Höhe.
4. Schätzen Sie aus den Daten die Genauigkeit der Schweremessung (in mGal) mit dem verwendeten Gravimeter ab.

2 Abschätzung des Fehlers in der GPS-Messung

Die korrigierten Messdaten sind sehr sensitiv auf die Genauigkeit der für die Freiluft- und Bouguer-Korrektur bestimmten Höhe. Aus diesem Grund soll die Genauigkeit des verwendeten differentiellen GPS abgeschätzt werden.

- Vermessen Sie hierzu die Treppe vor der Schule gegenüber des Physikzentrums. Markieren sie hierzu auf jeder Treppenstufe einen beliebig gewählten Punkt.
- Vermessen Sie nun jeden Punkt mehrfach mit dem differentiellen GPS. Bestimmen sie zudem mit einem Zollstock die Höhe der einzelnen Treppenstufen.
- Berechnen Sie den statistischen Fehler der GPS-Messung sowie die mittlere Abweichung von der mit dem Zollstock bestimmten Höhe. Schätzen Sie mittels des Freiluftgradienten ab, welchen Einfluss der Fehler in der Höhenmessung auf die Schweremessung hat.

3 Topographische Störung eines alten Bahndamms

Topographische Strukturen wie Masseüberschüsse üben einen Einfluss auf die Schwere-
messung aus. Für einen alten Bahndamm hinter dem Physikzentrum (52.283214° N,
10.549566° E) soll diese Topographiestörung gemessen werden.

1. Messen Sie hierzu die Schwerestörung auf einem Profil entlang des Bahndamms.
Messen Sie **direkt** an der Mauer. Wählen Sie eine hinreichend kleine Schrittweite
(z.B. 7,5 m).
2. Messen Sie die Messpunkte mit dem Tachymeter sowie dem differentiellen GPS
ein (insbesondere für die höhenabhängigen Korrekturen). Messen Sie auch den
Querschnitt des Bahndamms aus. Vergleichen Sie Tachymeter- und GPS-Messung.
3. Bringen Sie die relevanten Korrekturen an und stellen Sie die korrigierten Werte
profilhaft dar.
4. Modellieren Sie den Bahndamm, indem sie entweder Gleichung (27) numerisch
integrieren oder ein Skript verwenden, das auf Gleichung (28) basiert. Vergleichen
Sie Modell und Messung.

4 Vermessung und Modellierung eines Salzstocks

In der Umgebung des Physikzentrums befindet sich im Untergrund ein Salzstock (blau
schraffierte Fläche in Abbildung 1). Da Salz eine geringere Dichte ($\rho_S \approx 2100 \text{ kg m}^{-3}$,
Telford et al., 1990) als das umgebene Gestein ($\rho_G \approx 2670 \text{ kg m}^{-3}$, Telford et al., 1990)
aufweist, kann der Salzstock gravimetrisch nachgewiesen werden.

1. Führen Sie hierzu eine gravimetrische Messung entlang des in Abbildung 2 darge-
stellten Profils durch. Nehmen Sie zudem die GPS-Koordinaten jedes Messpunktes
auf. Die Schrittweite des Profils sollte in etwa 150 m betragen.
2. Führen Sie alle (relevanten) Korrekturen durch. Stellen Sie alle Korrekturen einzeln
in einem gemeinsamen Plot dar. Welche Korrektur hat den größten Einfluss?
3. Vergleichen Sie die korrigierten mit den unkorrigierten Schweredaten. Wie groß ist
der Einfluss der Korrekturen auf die Daten?
4. Erstellen Sie nun, ausgehend von Gleichung (14) im Skript, ein einfaches Inver-
sionsprogramm. Sie können sich hierbei an der Anleitung zur Modellierung des
Salzstocks (Kapitel 2 im Anhang) orientieren.
5. Mit Ihrem fertigen Programm sollten Sie nun durch parametrische Inversion ver-
schiedene Parameter aus ihren Messdaten ableiten können. Lassen Sie sich für jede
der folgenden Parameterkombinationen die χ^2 -Abweichung ausgeben. Stellen Sie
diese als Farbplot graphisch dar und markieren Sie das Minimum, also das optimale
Modell.

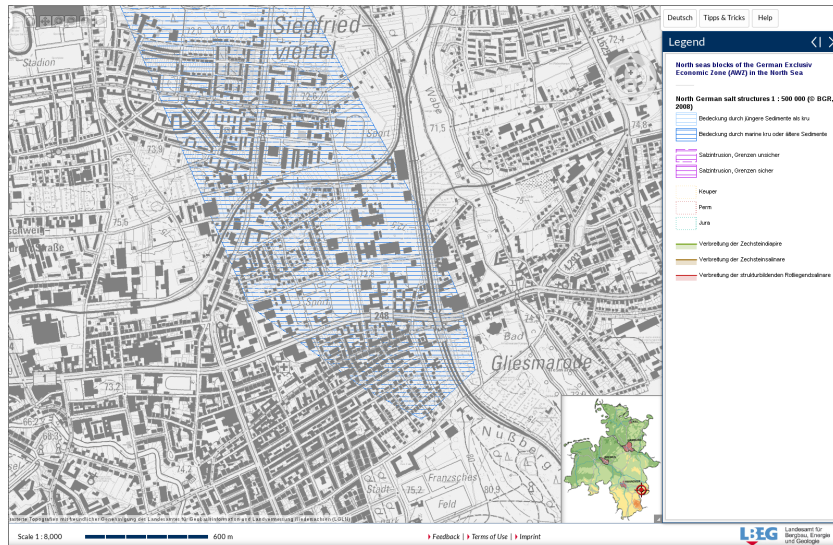


Abbildung 1: Lage des Salzstocks im Untergrund des Physikzentrums (blau schraffierte Fläche).

- Wählen Sie den Mittelpunkt x_M des Salzstocks so, dass er mit dem Minimum ihrer Messdaten zusammenfällt. Lesen Sie zudem aus der Abbildung 1 die Breite $2 \Delta x$ des Salzstocks ab, sodass sich der Salzstock entlang Ihres Profils im Bereich $x_M \pm \Delta x$ erstreckt.
 - Variieren Sie die Tiefe T der Oberkante des Salzstocks im Bereich von $100 \text{ m} \leq T \leq 300 \text{ m}$ mit einer Schrittweite von $dT = 10 \text{ m}$ sowie die Salzdichte ρ im Bereich von $2000 \text{ kg m}^{-3} \leq \rho \leq 3000 \text{ kg m}^{-3}$ mit einer Schrittweite von $d\rho = 50 \text{ kg m}^{-3}$.
 - Setzen Sie die Tiefe auf einen festen Wert von $T = 200 \text{ m}$ und variieren sie stattdessen die Breite Δx des Salzstocks im Bereich von $100 \text{ m} \leq \Delta x \leq 500 \text{ m}$ mit einer Schrittweite von $d\Delta x = 25 \text{ m}$ gemeinsam mit der Dichte.
 - Setzen Sie die Dichte des Salzstocks auf den festen Wert $\rho = 2350 \text{ kg m}^{-3}$ und variieren Sie die Tiefe der Oberkante und die Breite des Salzstocks.
6. Stellen Sie Ihre Messdaten gemeinsam mit dem optimalen Modell dar. Diskutieren Sie die Übereinstimmung von Modell und Messdaten. Wie gut lassen sich die einzelnen freien Parameter (T , ρ , Δx) aus Ihren Messdaten bestimmen?

5 Messung der lokalen Schwerestörungen

Neben der profilhaften Messung soll nun auch die flächenhafte Verteilung der Schwerestörungen in der Umgebung des Physikzentrums untersucht werden.

-
1. Messen Sie weitere Profile (in Rücksprache mit der betreuenden Person) analog zur Messung im vorherigen Aufgabenteil. Führen Sie die entsprechenden Korrekturen durch.
 2. Stellen Sie die Position der Messpunkte (gemeinsam mit den Messpunkten aus Aufgabe 3) auf einer Karte dar.
 3. Erstellen Sie nun eine Karte der Schwerestörung in der Umgebung des Physikzentrums: Interpolieren Sie hierzu in einem geeigneten Bereich zwischen den Messdaten aus dieser und der vorhergegangenen Aufgabe. Stellen Sie das Ergebnis graphisch dar.
 4. Diskutieren Sie Ihr Ergebnis. Spiegelt sich der Salzstock auch in dieser kartenhaften Darstellung wider?

Hinweise

- Die Schwerewerte werden wie in der angehängten Anleitung zur Bedienung des Gravimeters (Kapitel 1 im Anhang) beschrieben in Form von Counts aus dem Gravimeter abgelesen. Zur Umrechnung der Counts in eine Schwerebeschleunigung steht Ihnen ein Python-Skript (wahlweise auch Matlab) zur Verfügung.
- Alle Schwerewerte sollen auf ein gemeinsames Referenzniveau bezogen werden:
 - Nehmen Sie hierzu auf den Kreuzungspunkten der Profile jeweils Werte mit dem differentiellen GPS und dem Gravimeter auf.
 - Beziehen Sie alle Höhenangaben relativ zum ersten Messpunkt auf Profil 1. Recherchieren Sie für diesen Referenzpunkt die Höhe ü. NN, z.B. mithilfe des NIBIS-Kartenservers¹ und berechnen Sie die Höhe ü. NN für alle anderen Punkte.
 - Auch die Schweredaten müssen auf ein gemeinsames Niveau bezogen werden sollen. Verwenden Sie hierzu die korrigierten Schweredaten an den Kreuzungspunkten.
- Messen Sie zu Beginn und zum Ende eines Messtages die Schwere im Keller des Physikzentrums. Aus den beiden Werten kann die Driftkorrektur nach Gleichung (20) des Skripts für den Messtag berechnet werden.
- Geben Sie die Koordinaten im UTM-System an. Für die Umrechnung von geographischen Koordinaten steht Ihnen ein entsprechendes Skript zur Verfügung.
- Alle Auswertungen können mit dem Computer durchgeführt werden. Hierzu kann beispielsweise ein Tabellenkalkulationsprogramm (z.B. Excel, LibreOffice Calc) oder eine geeignete Programmiersprache (z.B. Matlab, Python) verwendet werden.

¹<https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>

-
- Bei der Abgabe müssen alle Daten in geeigneter Form mitabgegeben werden. Für die Profile (Aufgabe 3 und 4) steht im Anhang ein Messprotokoll zur Verfügung, das ausgedruckt und ausgefüllt werden sollte. Die Messprotokolle sind als Original sowie in digitaler Form (in Rücksprache mit der betreuenden Person) abzugeben.
 - Bei der Erstellung des Protokolls sind die folgenden Punkte zu beachten:
 - Das Protokoll sollte ein Inhaltsverzeichnis beinhalten.
 - Alle Abkürzungen müssen erklärt werden, zudem müssen alle wesentlichen Gleichungen angegeben werden. Die verwendeten Größen und die entsprechenden Symbole müssen eingeführt werden.
 - Auf Karten muss eine Skala und ein Nordpfeil eingezeichnet werden. In Plots müssen die Fehler in Form von Fehlerbalken dargestellt werden.
 - Alle Auswertungsschritte müssen nachvollziehbar und hinreichend ausführlich aufgeführt werden.

Literatur

Telford, W. M., Geldart, L. P., und Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics*. Cambridge University Press, 2. Auflage.