

Grundwassernachweis mittels Geoseismik

Jorin Haller, Salome Haller, Matthias Jost, Aline Zahner, Jara Zahner

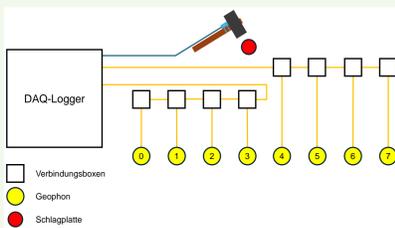
Einleitung

Das Ziel des Geoseismikprojekts war es, mithilfe von seismischen Wellen die Tiefe des Grundwasserspiegels neben dem Silsersee in Maloja nachzuweisen. Dafür wurde die academia-eigene Geoseismik-Apparatur verwendet.

Theorie und Methodik

Apparatur und Messprinzip

Mit einem Hammerschlag auf eine Metallplatte werden seismische Wellen erzeugt. Acht Geophone im Abstand von bis zu 5m zeichnen die Zeit auf, die zwischen dem Hammerschlag und dem Eintreffen des ersten Wellensignals vergeht.

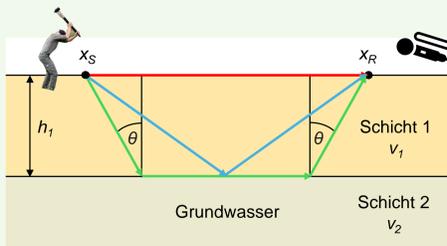


Das Messprinzip beruht darauf, dass bei zwei Schichten die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen in der oberen Schicht (v_1) kleiner ist als in der unteren (v_2).

Wellenausbreitung

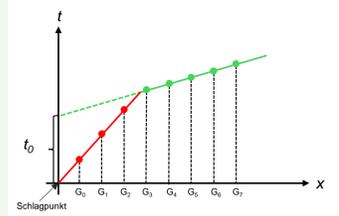
Für das Experiment sind nur die P-Wellen von Relevanz, die sich am schnellsten durch das Erdinnere fortbewegen. Dies tun sie auf drei Arten:

- **Direktschall** (rot) breitet sich direkt unter der Erdoberfläche aus.
- **Reflexionswellen** (blau) treffen auf den Schichtwechsel und werden daran reflektiert.
- **Refraktionswellen** (grün) treffen in einem kritischen Winkel auf den Schichtwechsel und bewegen sich daran entlang mit der Geschwindigkeit der zweiten Schicht, wobei sie das Signal konstant zurücksenden.



Laufzeitdiagramme

Im Gegensatz zu Reflexions- können Refraktionswellen den Direktschall überholen. Dies kann man erkennen, wenn man die Ankunftszeit der Wellensignale gegenüber dem Abstand der Geophone zum Schlagpunkt aufträgt. Man sollte mittels linearer Regression je eine Gerade durch die Ankunftszeiten des Direktschalls (rot) und der Refraktionswellen (grün) legen können.



Mithilfe der Steigungen der Geraden können die Geschwindigkeiten v_1 und v_2 und die Schichtdicke h_1 von Schicht 1 bestimmt werden.

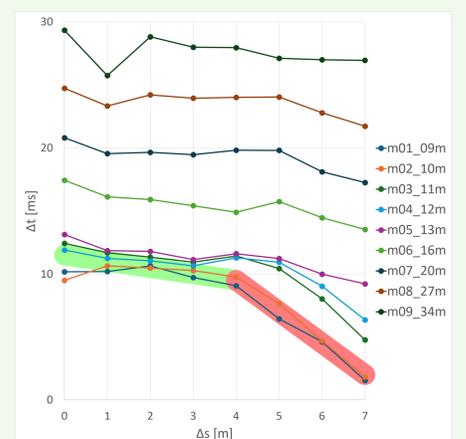
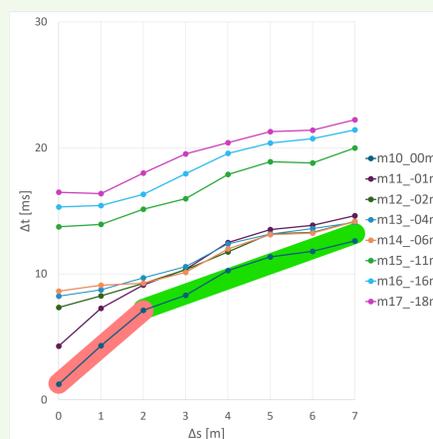
Experiment

Die Geophonreihe wurde neben dem Silsersee aufgestellt. Die gelben Kreuze markieren Start- und Endpunkt der Geophonreihe. Die Geophone wurden in einem Abstand von 1m aufgestellt. Die Schlagplatte wurde entlang der roten Linie verschoben, um Laufzeitdiagramme für verschiedene Distanzen erstellen zu können. Damit sollten die Strukturen besser erfasst und ein aussagekräftiger Datensatz erstellt werden können.



Das Geophon G_0 wurde als Nullpunkt definiert. In Richtung Strasse wurde der Abstand positiv, in Richtung See negativ gemessen. Pro Schlagpunkt wurden fünf Schläge durchgeführt. Die Ankunftszeiten der Wellen wurden mit einem Python-Programm bestimmt und bei der Auswertung gemittelt. Die Mittelwerte wurden anschliessend in Laufzeitdiagrammen dargestellt.

Auswertung



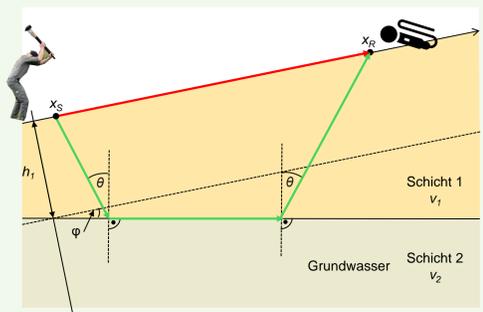
In zwei Diagrammen wurden die Laufzeitdiagramme der Schlagpunkte in Richtung See (links) und in Richtung Strasse (rechts) dargestellt. Es wurde von Auge bestimmt, welche Geophone die Signale des Direktschalls und welche diejenigen der Refraktionswelle aufgezeichnet hatten. Anschliessend wurden Geraden hindurchgefittet. In den Diagrammen sind exemplarisch die Geraden bei den unteren Laufzeitdiagramm als dicke Linien manuell eingezeichnet, bei denen sowohl Signale des Direktschalls (rot) als auch der Refraktionswelle (hellgrün und dunkelgrün) aufgezeichnet wurden. Es fällt auf, dass die Steigungsmasse der grünen Geraden unterschiedlich gross sind. Aus den Steigungsmassen wurden v_1 und v_2 bestimmt. Die berechneten Geschwindigkeiten v_2 der Schlagpunkte in Richtung See respektive in Richtung Strasse stimmten jedoch nicht überein.

Resultate

Aufgrund der unterschiedlichen Steigungsmasse der Refraktionswelle konnte darauf geschlossen werden, dass die obere Schicht im Vergleich zur unteren geneigt ist.

Mit der entsprechenden Theorie konnten Geschwindigkeiten $v_1 = 348.6$ m/s und $v_2 = 1421.2$ m/s, ein Neigungswinkel φ von ungefähr 5.9° und eine Grundwasserspiegeltiefe h_1 von ungefähr 1m bei Geophon 0 bestimmt werden.

Die Geschwindigkeitswerte sprechen dafür, dass es sich beim Untergrund vermutlich um Sand oder Lehm handelt, der in der unteren Schicht mit Grundwasser gesättigt ist. Dies stimmt mit den Bodeneigenschaften überein, die im Feld vorgefunden wurden. Jedoch wurde keine Fehlerrechnung durchgeführt und somit sind die Resultate nicht statistisch abgesichert.



Fazit

Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass die Messung und die Auswertung an sich gut geklappt haben. Die berechneten Geschwindigkeiten der Schichten und die dazugehörigen Materialien entsprachen den Erwartungen. Mithilfe der Schweizer Online Karten (map.geo.admin.ch) lässt sich feststellen, dass das Gelände vom See in Richtung Strasse leicht ansteigt, was den berechneten positiven Winkel erklären würde.

Für Folgeprojekte wäre es interessant, wenn eine professionelle Geoseismik-Apparatur mit mehr Geophonen zur Verfügung stehen würde.