

Geophysikalische und ingenieurgeologische Charakterisierung von zwei tiefgründigen Rutschungen in Niederösterreich

Joachim Schweigl¹, Dieter Kostial², Lukas Aigner³, Jakob Gallistl³

¹ Amt der NÖ Landesregierung, BD1-Geologischer Dienst, Landhausplatz 1, 3109 St. Pölten, ² Pöyry Austria GmbH, Kranichberggasse 4, 1120 Wien, ³ Technische Universität Wien, Forschungsgruppe Geophysik, Gußhausstrasse 27, 1040 Wien

Zusammenfassung

In der Flysch Einheit am Nordrand der Alpen gibt es immer wieder tiefgründige Rutschungen, welche eine deutlich größere Herausforderung für die öffentliche Verwaltung darstellen als flachgründige, weil die privaten Grundeigentümer kein Interesse haben diese zu untersuchen und zu sanieren. Nur wenn öffentliches Interesse vorliegt, werden solche Massenbewegungen untersucht. Am Beispiel von zwei tiefgründigen Rutschungen in Behamberg und Wilhelmsburg in Niederösterreich wird gezeigt mit welchen geophysikalischen und ingenieurgeologischen Methoden diese untersucht werden. Auch die administrativen Schritte dahinter werden aufgezeigt.

Abstract

Within the Flysch Unit at the northern border of the Alps occur deep slides which present a larger challenge for the public administration than shallow slides because the private landowners are not interested in investigations and reconstruction operations. Only if public interest exists such landslides are investigated. On the example of two deep slides in Behamberg and Wilhelmsburg in Lower Austria geophysical and engineering geological methods are presented. Also the administration procedure is shown.

Einleitung

Seit über 10 Jahren beschäftigt sich der Geologische Dienst des Landes Niederösterreich mit den beiden Rutschungen „Daxböck“ und „Schweinschwaller“ in Niederösterreich. Die Rutschung Daxböck befindet sich in Kreisbach, 3 km südwestlich vom Ortszentrum in der Stadtgemeinde Wilhelmsburg und die Rutschung Schweinschwaller in der Marktgemeinde Behamberg 1,3 km nordwestlich vom Ortszentrum (siehe Abb. 1). Beide befinden sich auf landwirtschaftlich genutzten Wiesen und Wäldern und sind nach den Grundeigentümern, beide Landwirte, benannt. Beide Landwirte kämpfen seit vielen Jahren mit den Schäden durch die beiden Rutschungen, wobei sie bisher preisgünstige Erdarbeiten mit hydraulischem Bagger und flachgründige Drainagen oder Wasserableitungen durchgeführt haben. Die landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Nutzung der betroffenen Grundstücke ist deutlich aufwendiger bis unmöglich. Beide Rutschungen wurden von der öffentlichen Verwaltung als Katastrophenschaden anerkannt, wodurch öffentliche Förderbeihilfen für die Untersuchung und Sanierung der Rutschungen gewährt werden können. Trotzdem liegen die Kosten für eine Untersuchung und Sanierung deutlich über den Wert der betroffenen Grundstücke und den landwirtschaftlichen Ertrag über einen Zeitraum von 30 Jahren. Somit haben die Grundeigentümer kein Interesse an Untersuchungen und Sanierungen von tiefgründigen Rutschungen

abgesehen von preisgünstigen Erdarbeiten und Drainagen, welche meist durch neue Bewegungen innerhalb weniger Jahre zunichte gemacht werden.

Da in beiden Fällen auch ein Bach (öffentliches Gewässer) und eine Landesstraße langfristig bedroht sind, hat die niederösterreichische Landesverwaltung gemeinsam mit der Wildbachverbauung im Laufe der Jahre geodätische Vermessungen, ingenieurgeologische Kartierungen selbst durchgeführt und Forschungsprojekte der Universität Wien und der Technischen Universität Wien gefördert. Im Sommer 2009 erfolgte bei der Rutschung Kreisbach ein Studentenpraktikum vom Institut für Geographie der Universität Wien unter der Leitung von Rainer Bell und Thomas Glade. In den letzten 1,5 Jahren wurden von Adrian Flores, Jakob Gallistl und Lukas Aigner von der Arbeitsgruppe Geophysik der TU Wien im Rahmen eines Forschungsprojektes zahlreiche geophysikalische und geotechnische Untersuchungen an den zwei Rutschungen durchgeführt (Flores et al. 2018). Baggerstürfe für geotechnische Untersuchungen wurden von der Wildbachverbauung durchgeführt, geodätische Vermessungen von der Abteilung Hydrologie und Geoinformation des Landes NÖ.

Geologie

Beide Rutschungen befinden sich im penninischen Deckensystem der Alpen, genauer in der Flysch Einheit (siehe Abb. 1). Der Untergrund beider Rutschungen wird von Gesteinen und Böden der Altenglach Formation aufgebaut. Stratigraphisch reichen die marinen Sedimente der Tiefsee vom Maastricht (Kreide) bis ins Paleozän (Alttertiär). Es handelt sich um eine Wechsellagerung von kalkigen Sandsteinen, Mergel und Tonsteinen. Diese verwittern oft zu einem rutschanfälligen Lehmboden, welcher eine Mächtigkeit bis zu 30 m erreichen kann.

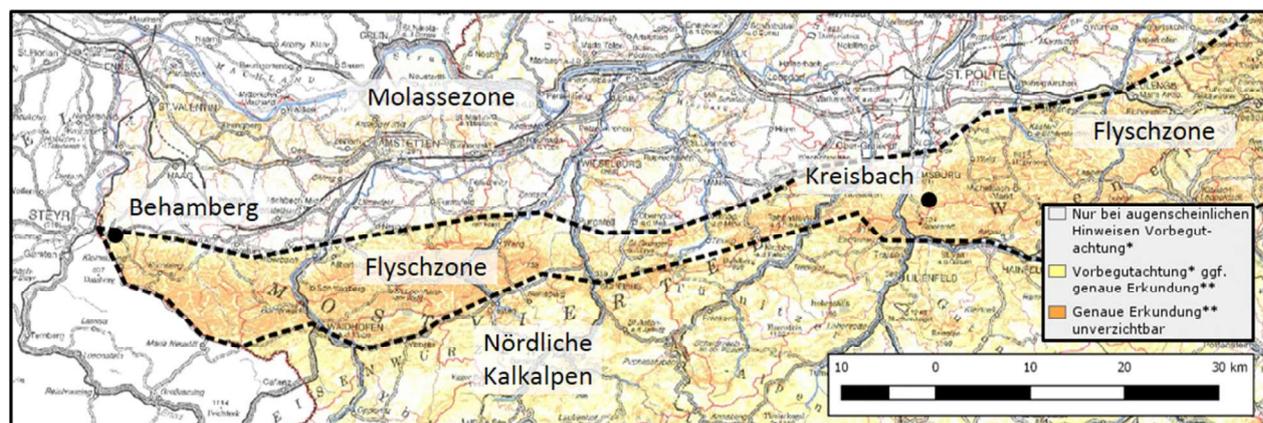


Abb. 1: Die zwei Untersuchungsgebiete in der Flyschzone (der in Niederösterreich gelegene Teil der Flyschzone ist durch die gestrichelte Linie hervorgehoben) und in der nördlich davon gelegenen Molassezone. Die Hintergrundkarte (Quelle: Land Niederösterreich, NÖ Atlas 4.0) gibt Handlungsempfehlungen bei Rutschprozessen an (siehe Legende).

Bei der Rutschung Daxböck in Wilhelmsburg konnte in den Baggerstürfen, Rammsondierungen und der Kernbohrung folgender Aufbau des Untergrundes festgestellt werden: Am Hangfuß und im unteren Teil des Hanges beträgt die Mächtigkeit vom Boden (Verwitterungsschwarte) zwischen 2,5 und 3,5 m. Darunter ist ein bis 2 m verwitterter Fels, dann frischer Fels. Im Bereich der tiefgründigen Rutschung im oberen Hang ist der Boden rund 15 m mächtig, der verwitterte Fels rund 3 m. Der Boden besteht aus Lehm, also

Schluff und Ton mit mehr oder weniger Anteil an gröberen Komponenten. In zwei, vier und fünf Metern Tiefe wurde in der Bohrung ein geringer Zutritt von unterirdischem Hangwasser beobachtet.

Bei der Rutschung Schweinschwaller in Behamberg konnte in den Baggerschürfen, Rammsondierungen und den zwei Kernbohrungen folgender Bodenaufbau festgestellt werden: Im oberen Hangbereich, also bei den Abrisskanten, beträgt die Mächtigkeit vom Boden (Verwitterungsschwarte) um die 4 m. Darunter ist gut 1 m verwitterter Fels, dann frischer Fels. Im Bereich der tiefgründigen Rutschung im oberen Hang ist der Boden zwischen 11 und 17 m mächtig, der verwitterte Fels rund 3 m. Der Boden besteht aus Lehm, also Schluff und Ton mit mehr oder weniger Anteil an gröberen Komponenten aber auch aus bis zu 3 m mächtigen Sand, Kies Lagen. In neun und sechzehn Meter Tiefe wurde in den Kernbohrungen ein geringer Zutritt von unterirdischem Hangwasser beobachtet.

Geomorphologisch besteht die Rutschung Daxböck in Kreisbach aus vier getrennten Rutschflächen I bis IV (siehe Abb. 2, 3). Der Hang zeigt im oberen Teil auf der Wiese eine mittlere Neigung von 15° nach Norden, im Wald unten eine mittlere Neigung von 25° nach Norden.

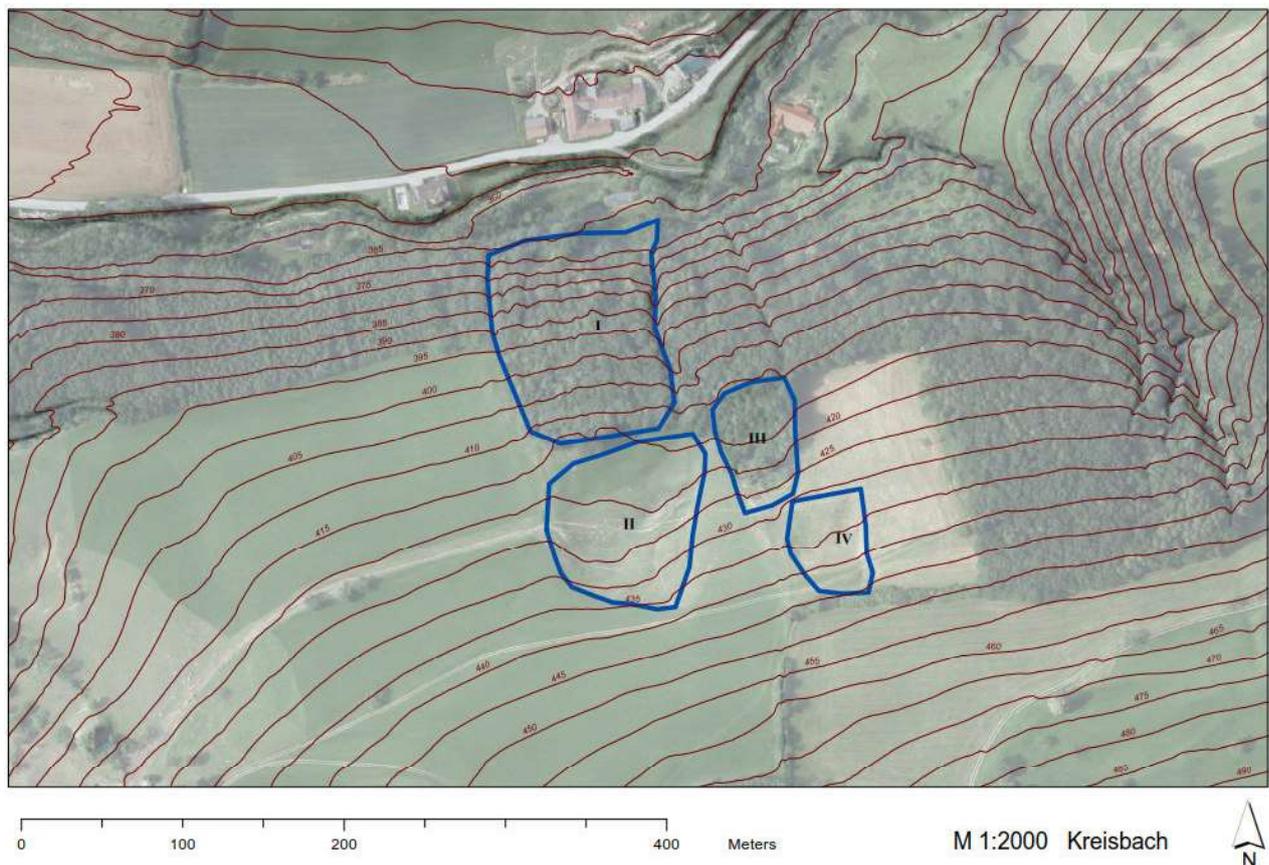


Abb. 2: Rutschung Daxböck in Wilhelmsburg mit den vier Rutschflächen



Abb. 3: Rutschung Daxböck, Rutschfläche II mit Messpfeiler 5 (vorne) und 4 (hinten)



Abb. 4: Rutschung Schweinschwaller, Rutschfläche II mit Erdstrom im unteren zentralen Teil

Geomorphologisch besteht die Rutschung Schweinschwaller aus zwei getrennten Rutschflächen, wobei die Rutschfläche II im unteren Teil einen Erdstrom bis zum Bach aufweist (siehe Abb. 4, 5). Der betroffene Hang zeigt im oberen Teil in der Wiese eine mittlere Neigung von 10° nach Süden, im unteren Teil eine mittlere Neigung von 20° .

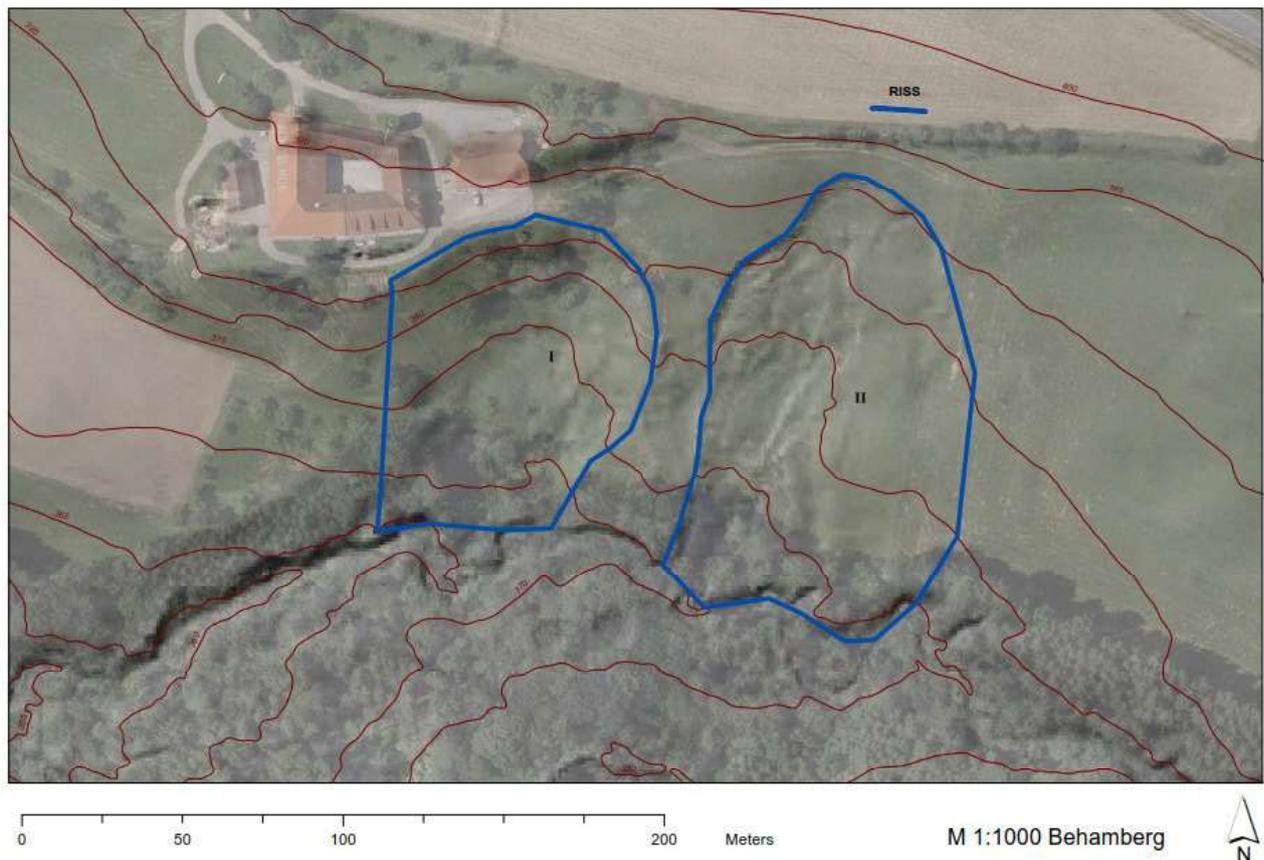


Abb. 5: Rutschung Schweinschwaller, Behamberg, mit zwei Rutschflächen und Bodenriss

Geophysikalische Untersuchungen

Rutschung „Daxböck“, Kreisbach

Bei der Rutschung in Kreisbach wurden insgesamt 6 geophysikalische Profile durchgeführt. Mit der verwendeten Seismik und Geoelektrik sollte die vertikale und laterale Erstreckung dieser Massenbewegung erkundet werden. Insbesondere die Tiefenlage der Gleithorizonte war dabei im Fokus der Fragestellung. Die Lage der geophysikalischen Profile und der geotechnischen Erkundung sind in Abb. 6 dargestellt.

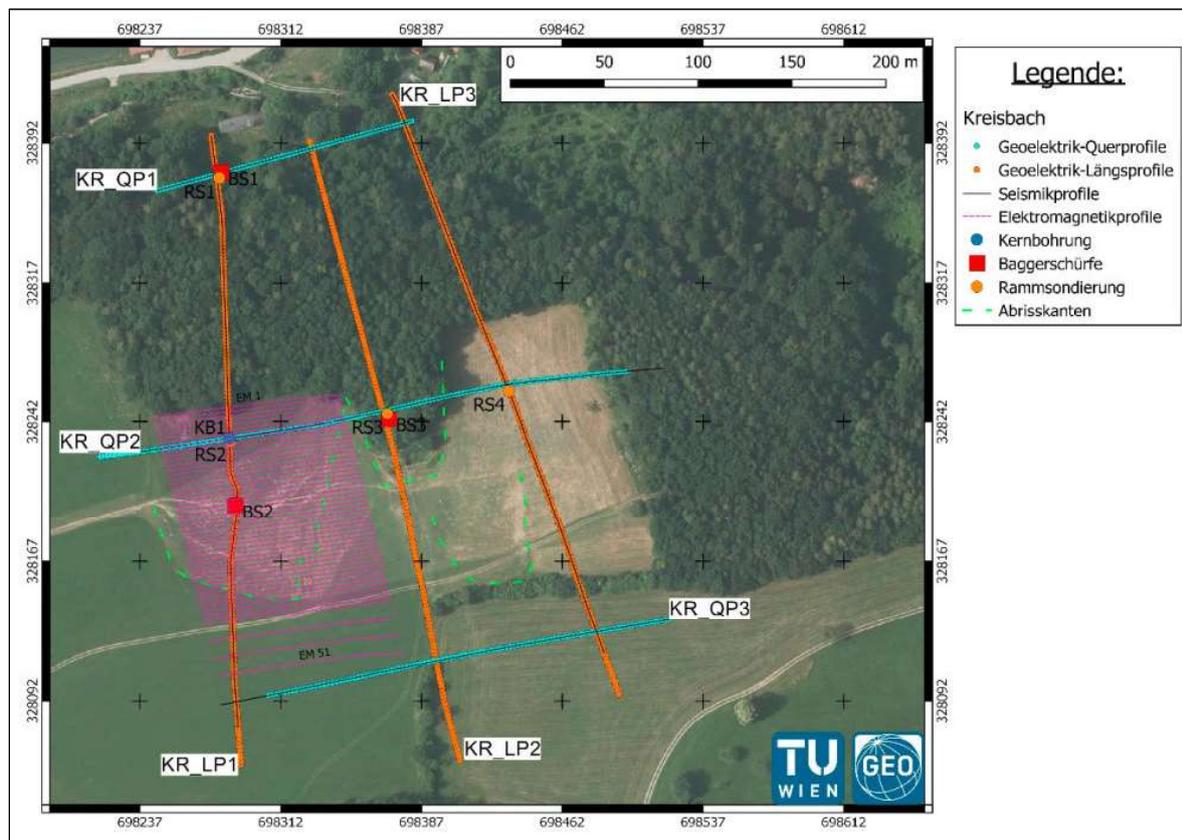


Abb. 6: Lage der geophysikalischen Profile sowie der weiteren Erkundungsmaßnahmen bei der Rutschung „Daxböck“

Dabei wurden jeweils drei Längs - und drei Querprofile mit einer Gesamtlänge von knapp 1500 m im Untersuchungsgebiet gemessen. Die Durchführung der **Seismik** erfolgte mit der Apparatur Summit Compact mit bis zu 168 gleichzeitig aktiven Kanälen. Der Geophonabstand (30 Hz) betrug 2 m, der Anregungsabstand 4 m. Die Anregung der seismischen Wellen erfolgte durchwegs mittels Hammerschlag. Ein Einsatz einer stärkeren Quelle (Vakimpak oder Kleinstsprengungen) war aufgrund der sehr guten Datenqualität nicht erforderlich. Die Eindringtiefe der Seismik lag bei über 100 m. Die refraktionsseismische Auswertung wurde im Industriesystem ProMAX® (Landmark Graphics Corp.) ausgeführt, die Tauchwellentomografie mit dem Programm Rayfract™ (Intelligent Resources Inc.).

Geoelektrische Messungen wurden mit dem Syscal Pro Switch 72 (IRIS Instruments) entlang derselben fünf Profile ausgeführt wie zuvor die Seismik. Zudem wurde ein weiteres Längsprofil vermessen. Analog zur Seismik wurde ein Elektrodenabstand von 2 m gewählt und um die Gesamtlänge der Profile abdecken zu können, wurden die Messungen auf sich überlappenden Teilstücken durchgeführt. Die geoelektrischen

Messungen erlaubten eine Erkundungstiefe von ca. 25 m. Für die Messungen wurden Stromeinspeisungen von 500 mA verwendet. Die Auswertung der gleichstromgeoelektrischen Daten sowie der IP Daten wurde mit an der TU-Wien entwickelten PythonTM-basierten Preprocessing-Routinen von Flores Orozco et al. (2018) und dem von Kemna (2000) beschriebenen Inversionsalgorithmus CRTomo durchgeführt.

Ergebnisse: Die Darstellung der Daten und Tiefenmodelle erfolgte im Programmpaket Surfer® (Golden Software Inc.). Dabei wurde für jedes Profil jeweils ein seismischer und geoelektrischer Ergebnisschnitt dargestellt. Abb. 7 zeigt dabei das Resultat des Profils K-LP01

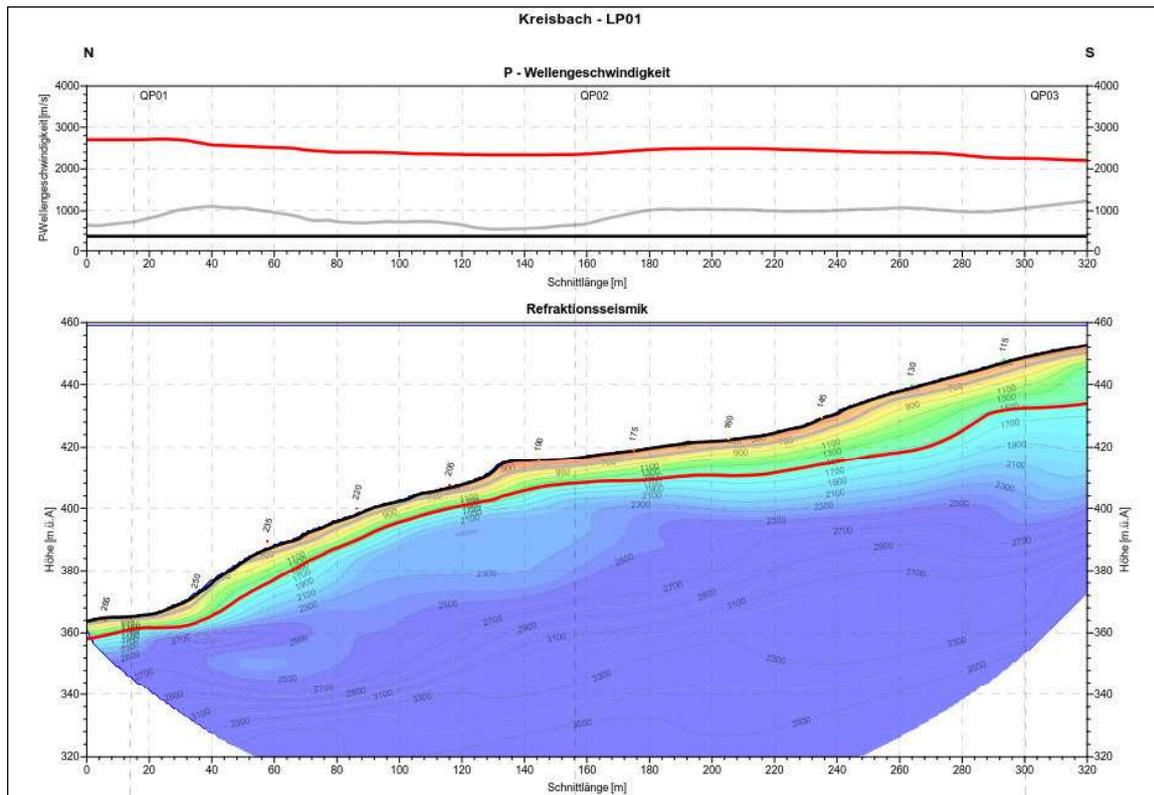


Abb. 7: Seismischer 2D Schnitt entlang des Profils K-LP01

Bei diesem seismischen Schnitt (Abb.7) stellt die rote Linie die Unterseite der Rutschung dar. Ab hier kommt es zu deutlich höheren Geschwindigkeiten (> 2500 m/s), was auf Festgestein in Form von Sand-/Tonstein zurückzuführen ist. Somit kann die rote Linie auch als unterster Gleithorizont angesehen werden, der in einer Tiefe zwischen 7 – 20 m entlang des Profils auftritt. Darüber konnten seismisch zwei Schichten unterschieden werden, die beide aufgrund der niedrigeren Geschwindigkeiten aus sehr locker gelagerten Sedimenten bestehen dürften.

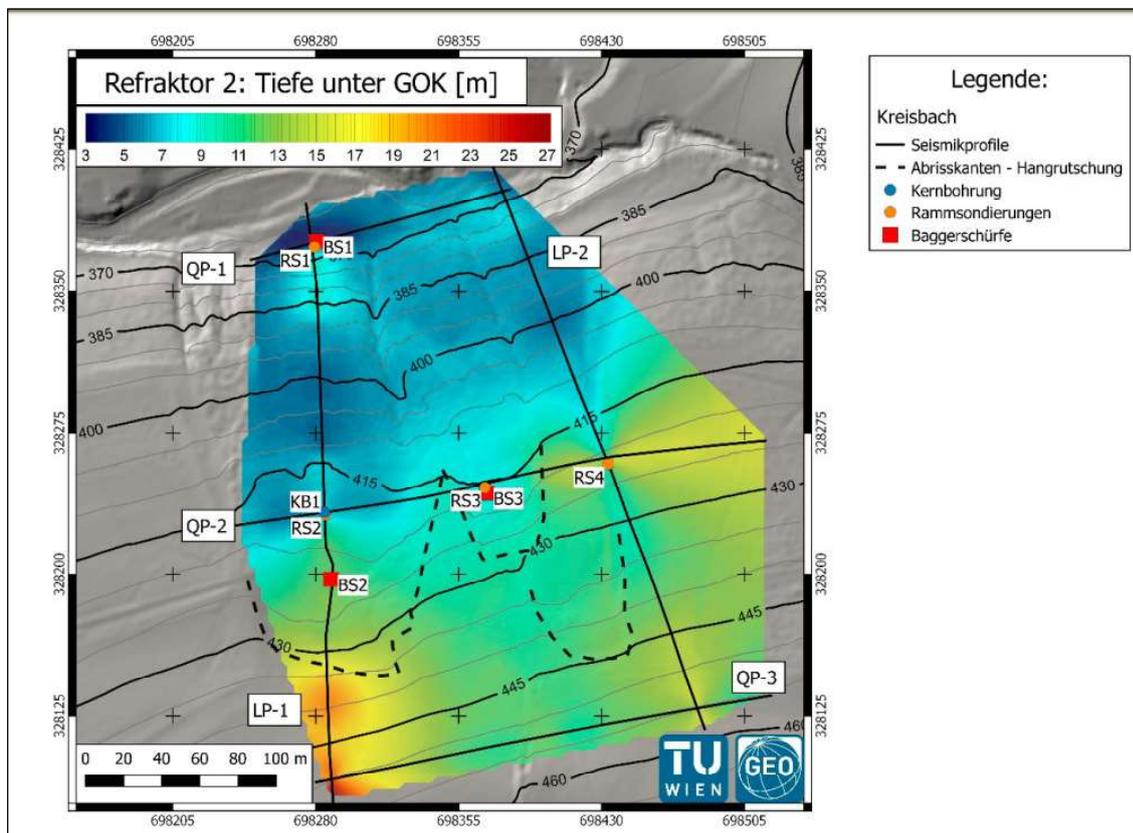


Abb. 8: Karte der interpolierten Tiefe unter GOK des zweiten Refraktors auf Basis der einzelnen Messprofile.

Die Flächenkarte des Refraktors (Abb. 8) zeigt, dass die größten Felstiefen, die den größten Mächtigkeiten der Rutschmasse entsprechen, am südwestlichen Rand des Messgebiets anzutreffen sind. Tendenziell ist auch eine Abnahme der Werte mit fallender Geländehöhe zu beobachten, wobei es aber am südlichen Ende von K-LP01 und K-LP02 zu lokalen Erhöhungen der Lockermaterialbedeckung kommt.

Rutschung Schweinschwaller in Behamberg:

Bei dieser Rutschung wurden 5 geophysikalische Profile durchgeführt, deren Lage in Abbildung 9 dargestellt ist. Insgesamt wurden in diesem Fall knapp über 1000 lfm erkundet. Auch hier war die vertikale und laterale Abgrenzung des Rutschkörpers die wesentliche Fragestellung.

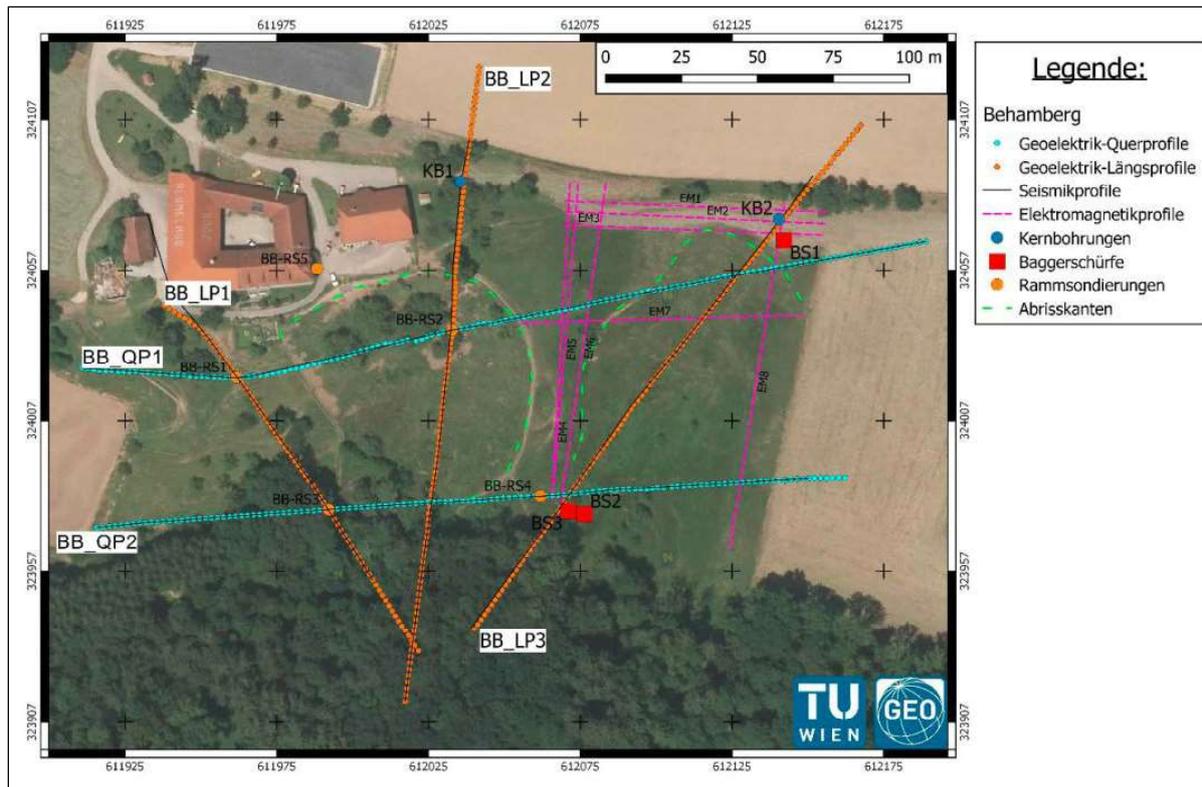


Abb. 9: Lage der geophysikalischen Profile sowie der weiteren Erkundungsmaßnahmen bei der Rutschung Schweinschwaller

Dabei wurden dieselben seismischen und geoelektrischen Parameter sowohl für die Messung als auch für die Auswertung wie bei der Rutschung „Daxböck“ Kreisbach angewandt.

Der exemplarische Ergebnisschnitt des Profils B-LP02 (Abb. 10) zeigt wiederum eine gute Abgrenzung der Rutschmasse seitens der Seismik an. Der zweite Refraktor (rote Linie) entspricht der Unterkante der Massenbewegung, da die darunter auftretenden höheren Geschwindigkeiten auf Festgestein schließen lassen. Bei den darüber auftretenden Bereichen sind sehr niedrige seismische Geschwindigkeiten anzutreffen, was auf äußerst locker gelagerte Sedimente zurückzuführen ist. Die größten Mächtigkeiten bis rund 10 m sind dabei am nördlichen Profilrand zu finden. Bei der Geoelektrik ist vor allem eine zonale Unterscheidung von schlecht leitfähigem in der nördlichen zu besser leitfähigem Material in der südlichen Profilhälfte hervorzuheben.

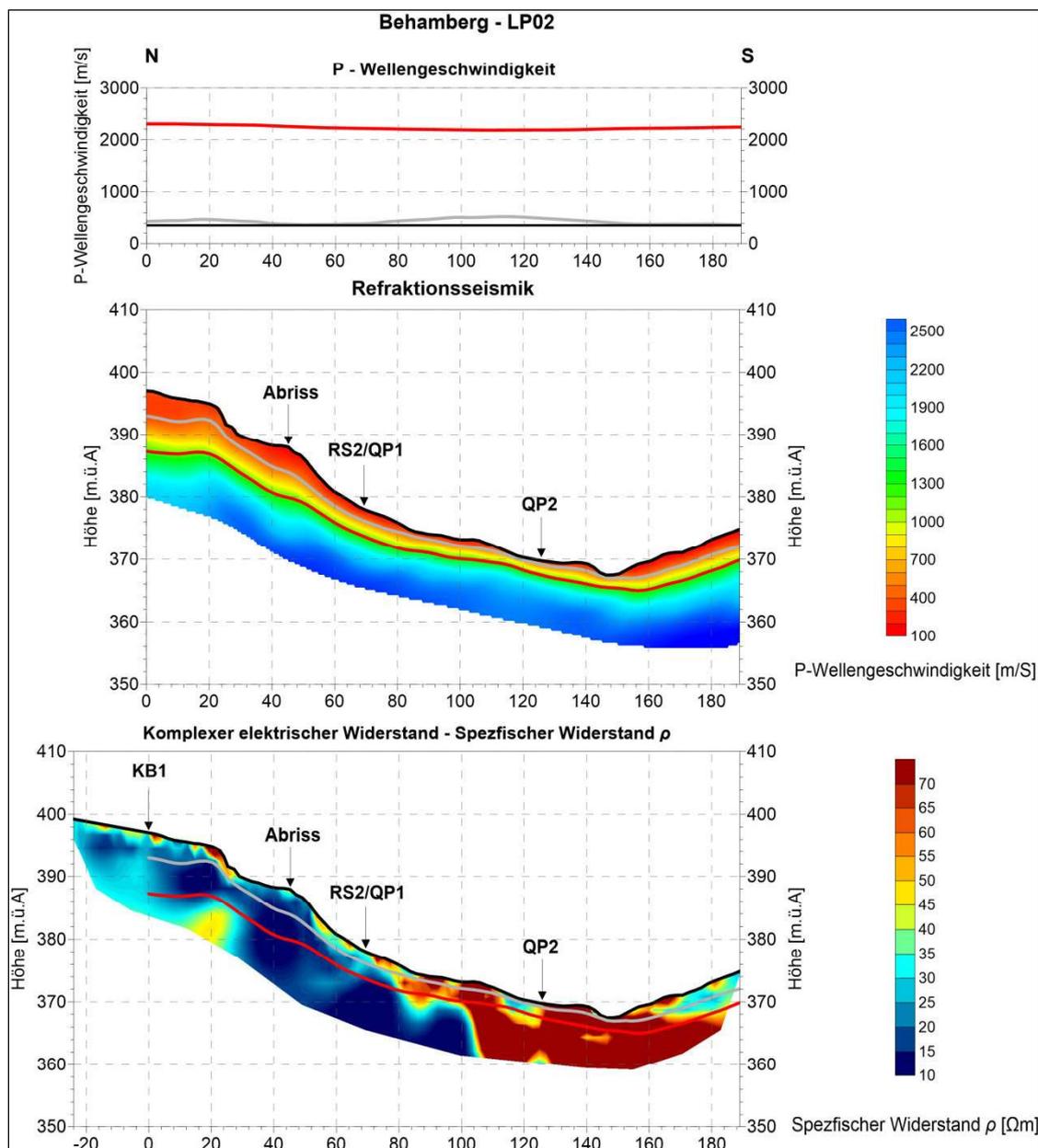


Abb. 10: Geophysikalischer 2D Schnitt entlang von Profil LP02; oben Seismik unten Geoelektrik

Geodätische Vermessungen

Bei der Rutschung Daxböck in Wilhelmsburg wurden von der Abteilung Hydrologie und Geoinformation des Landes NÖ zwischen 13.02.2008 und 29.03.2017 insgesamt 16 geodätische Vermessungen an siebzehn Punkten in der Rutschung und fünf Punkten außerhalb der Rutschung durchgeführt. Die Messungen wurden von der Landesverwaltung durchgeführt, da der Kreisbach (öffentliches Gewässer), zwei Wohnhäuser, ein unbewohntes Haus und die Landesstraße gefährdet sind.

Die meisten Messpunkte in der Rutschung haben sich im Beobachtungszeitraum deutlich bewegt. Im Bereich von Messpfeiler PF7 am Waldrand im Bereich der Rutschfläche I nahe der Abrisskante waren die Bewegungen so stark, dass dieser beim Hochwasser Ende Juni 2009 abrutschte und ab Mai 2010 nicht mehr messbar war und durch ein Eisenrohr mit Kappe (ER29) ersetzt wurde. Allein der Pfeiler PF7 hat

sich vom 13.02.2008 bis 08.04.2009 bergab 8 cm bewegt, im Zuge vom Hochwasser Juni 2009 dann um 170 cm. D.h. zunächst war die Bewegungsrate 4 cm pro Jahr, dann 170 cm in 2 Wochen. Ab Mai 2010 war Bewegungsrate beim Ersatzpunkt ER29 bei 3 cm pro Jahr, also ungefähr gleich hoch wie vorher. Die Punkte PF5 (am Rand von Rutschfläche II), PF10 und 60 (beide beim unbewohnten Haus in Rutschfläche I am Hangfuß) haben sich im Beobachtungszeitraum nicht bewegt.

Im Durchschnitt haben sich viele Messpunkte 2,5 cm pro Jahr bewegt, insgesamt 21 cm in neun Jahren (die Rutschung bei PF7 im Juni 2009 ist hier nicht berücksichtigt). Der Messpunkt EM21 im Zentrum der Rutschfläche II hat die größte Bewegungsrate mit 5,5 cm/Jahr bzw. insgesamt 49,4 cm.

Bei der Rutschung Behamberg wurden bisher keine geodätischen Bewegungsmessungen durchgeführt.

Schlussfolgerungen

Aus den oben genannten Untersuchungen lässt sich die Rutschung Daxböck in Wilhelmsburg in vier getrennte Rutschflächen unterteilen (Abb. 2) und die Rutschung Schweinschwaller in Behamberg in zwei getrennte Rutschflächen (Abb. 5) mit einem Erdstrom in unterem zentralen Teil von Rutschfläche II.

Geophysikalisch kann der zweite Refraktor der refraktionsseismischen Erkundung für beide Messgebiete als Unterkante der Rutschung angesehen werden und zeigt den Kontakt zum mechanisch festen Unterbau an. Die Lage dieses Horizonts lässt sich im Allgemeinen in den geoelektrischen Sektionen verfolgen, diese weisen jedoch auf eine heterogene Zusammensetzung der Materialien in der Rutschmasse hin.

Vorhandene wasserführende Schichten oder Gleithorizonte konnten aus den geophysikalischen Erkundungen nicht mit ausreichender Sicherheit abgeleitet werden. Dieser Umstand lässt sich durch die räumliche Ausdehnung dieser wasserführenden Schichten, die sehr gering sein kann (Auflösbarkeit) und dem fehlenden Kontrast (Tongehalt dominiert die elektrischen Eigenschaften) erklären.

Rutschung Daxböck, Wilhelmsburg: Rutschfläche I im Wald ist flachgründig, 128 m lang, 100 breit, zeigt eine Tiefe zwischen 2,5 und 9 m, durchschnittlich 4 m tief, womit sich eine Fläche von 12.800 m² und eine bewegte Kubatur von rund 51.000 m³ ergibt. Rutschfläche II in der Wiese ist tiefgründig, 98 m lang, 94 m breit, zeigt eine Tiefe von rund 15 bis 20 m, durchschnittlich 15 m tief, womit sich eine Fläche von 9.212 m² und eine bewegte Kubatur von 138.000 m³ ergibt. Rutschfläche III im Wald oben ist tiefgründig, 22 m breit und 54 m lang, zeigt eine Tiefe von 7 bis 13 m, durchschnittlich 8 m, womit sich eine Fläche von 1.200 m² ergibt und eine bewegte Kubatur von 9.500 m³. Rutschfläche IV in der Wiese ist tiefgründig, 58 m lang und 48 m breit, zwischen 13 und 17 m tief, durchschnittlich 14 m, womit sich eine Fläche von 2.700 m² und eine bewegte Kubatur von rund 39.000 m³ ergeben. Die Schürfe und Rammsondierungen haben gezeigt, dass es in den tiefgründigen Rutschungen auch in rund 2 und 5 m Tiefe Gleithorizonte mit geringen Zufluss von unterirdischen Hangwasser gibt.

Rutschung Schweinschwaller in Behamberg: Die Rutschfläche I im Westen direkt unterhalb der Abrisskante und dem Bauernhof ist flachgründig, da hier ja ein beträchtlicher Teil schon zum Bach hin abgerutscht ist und dort erodiert wurde. Sie ist von der Abrisskante bis zum Bach 100 m lang und 83 m breit, 2 bis 7 m tief, durchschnittlich 5 m, womit sich eine Fläche von 8.300 m² und eine bewegte Kubatur von rund 41.000 m³ ergeben. Die Rutschfläche II im Osten ist tiefgründig, insgesamt 145 m lang und 81 m breit, zwischen 5 und 20 m tief, durchschnittlich 10 m, womit sich eine Fläche von 11.700 m² und eine bewegte Kubatur von 117.000 m³ ergeben. Der Erdstrom im unteren, zentralen Bereich dieser

Rutschfläche nimmt eine Länge von 80 m und eine Breite von 20 m und eine durchschnittliche Tiefe von 2,5 m. Er ist in obiger Kubatur enthalten. Die Schürfe und Rammsondierungen haben gezeigt, dass es in den tiefgründigen Rutschungen auch in rund 2, 9, 12 und 17 m Tiefe Gleithorizonte mit geringen Zufluss von unterirdischen Hangwasser gibt.

Laut Klassifikation vom Schweizer Bundesamt für Umwelt (Lateltin, 1997) und von Cruden und Varnes (1996) gilt eine Rutschung mit einer Bewegungsrate von 0 bis 2 cm pro Jahr als substabil bzw. sehr langsam, bei einer Bewegungsrate von 2 bis 10 cm pro Jahr als wenig aktiv bzw. langsam. Aufgrund der eigenen Erfahrung und dieser Klassifikation ist der Großteil der Rutschung Daxböck in der KG Kreisbach als eine sehr langsame bis langsame Rutschung einzustufen, wenn die Bewegungsrate ungefähr gleich bleibt wie in den letzten neun Jahren (d.h. eine durchschnittliche Bewegung von max. 2,5 cm pro Jahr). Lediglich die flachgründige Rutschfläche II zeigte für einen Teilbereich bei außergewöhnlich hohen, andauernden Niederschlägen mittlere Bewegungsraten. Für die Rutschung Behamberg ist ein ähnliches Bewegungsmuster anzunehmen. Lediglich der Erdstrom in der Rutschfläche II weist hohe Bewegungsraten auf.

Langfristig sind in bei beiden Rutschungen der jeweilige unterhalb liegende Bach gefährdet, die jeweilige Landesstraße und die angrenzenden Wohnhäuser. Aufgrund der langsamen Bewegungsraten sollte den betroffenen Anrainern und Behörden genügend Zeit bleiben um einen sich anbahnenden Katastrophenschaden zu erkennen und darauf angemessen zu reagieren.

Literaturverzeichnis

Lateltin, O., (1997): Naturgefahren, Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Bundesamt für Umwelt, Wald und Naturgefahren: 42 S., Bern.

Cruden, D.M., Varnes, D.J., (1996): Landslide Types and Processes, Special Report, Transportation Research Board, National Academy of Science, 247: 36-75.

Flores Orozco, A., Gallistl, J., Bücker, M. und Williams K.H., (2018): Decay curve analysis for data error quantification in time-domain induced polarization imaging. Geophysics, 83(2), E75-E86.

Flores Orozco, A., Gallistl, J., Aigner, L., Bücker, M., Chwatal, W., (2018): GeoCHART, Geophysikalische Charakterisierung von tonigen Hangrutschungen. Bericht Technische Universität Wien, 124 S., Wien.

Kemna, A., (2000): Tomographic inversion of complex resistivity: Theory and application: Dissertation, Universität Bochum.