

## Exkursion 2A (21.06.2017): Rutschungs- und Felssturzpotenzial am Plassen

SANDRA MELZNER (1)

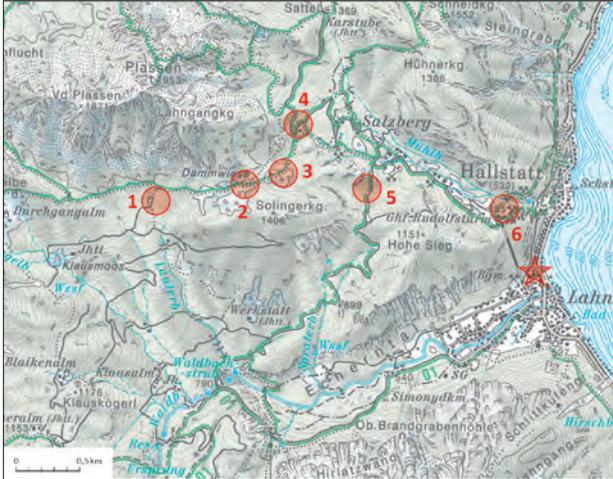


Abb. 1.  
Übersichtskarte mit Exkursionsroute und Haltepunkte.  
Roter Stern: Taxistand am Ortseingang von Hallstatt –  
Start der Exkursion.

Die Exkursion startet auf dem Parkplatz am Ortseingang von Hallstatt (roter Stern in der Übersichtskarte). Mit Kleinbussen werden die Exkursionsteilnehmer über das Echerntal, Waldbachstrub und Klausmoos zum Plassen hinaufgeführt (Fahrzeit ca. 30 Minuten). Die etwa 3,5 Stunden dauernde Exkursion (Punkte 1–6) wird zu Fuß durchgeführt.

Das Ziel der Exkursion ist es, die geologische und geotechnische Grunddisposition des Untersuchungsgebiets hinsichtlich des Auftretens unterschiedlicher gravitativer Massenbewegungstypen aufzuzeigen.

Folgende Themen werden im Zuge der Exkursion im Detail abgehandelt (vgl. auch MELZNER et al., 2017):

- Die geologischen, geotechnischen und geomorphologischen Dispositionsfaktoren;
- Tiefenstruktur und Versagensmechanismen im Randbereich der Deckplatte aus Plassenkalk;
- Räumlich-zeitlich variables Rutsch- und Felssturzpotenzial im Bereich der Südseite und Ostseite des Plassen und im Bereich der Roten Wand und des Solingerkogels;
- Rutschungspotenzial im Bereich der Ostseite des Plassen.

Die Exkursion (Abb. 1, 2) beginnt unterhalb der südexponierten Einhänge des Plassen (Haltepunkt 1) und führt dann über schmale Wanderwege und Stege über die Dammwiese zur Südseite der Lahngangkogel-Scholle (Haltepunkt 2)

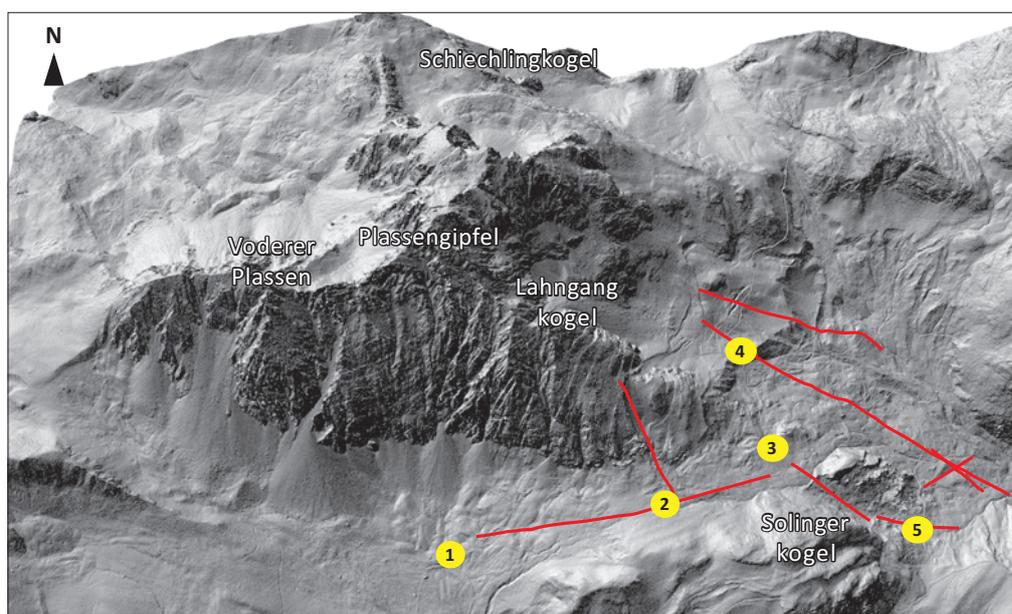


Abb. 2.  
Das Plassen-Massiv mit Exkursionspunkten (gelb) und Lage der geoelektrischen Profile (rote Linien). ALS Daten, mit 1 m Auflösung, Quelle: Amt der Oberösterreichischen Landesregierung.

(1) Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, 1030 Wien. [sandra.melzner@geologie.ac.at](mailto:sandra.melzner@geologie.ac.at)

über den Hohenfeldkogel (Haltepunkt 3), über einen Forstweg zur Nordostseite des Lahngangkogels (Haltepunkt 4) und zur Roten Wand (Haltepunkt 5). Nach dem letzten Exkursionspunkt (Haltepunkt 6) können die Exkursionsteilnehmer wahlweise mit dem Schrägaufzug nach Hallstatt hinabfahren oder mit der Exkursionsleitung zu Fuß vom Rudolfsturm in den Ortskern nach Hallstatt über einen einfach begehbaren Wanderweg absteigen.

### Haltepunkt 1: Fels- und Bergsturzpotenzial an der Südseite des Plassen

*Lokalität: Unterhalb der südexponierten Einhänge des Plassen; geografische Koordinaten: 47°33'46"N, 13°36'24"O.*

Die Exkursion beginnt unterhalb der südexponierten Einhänge des Plassen-Massivs in einem Aufschluss in mächtigem, größtenteils umgelagertem Moränenmaterial, welches zum Teil mit Schuttablagerungen vermischt ist.

Die geologischen und geotechnischen Dispositionsfaktoren im Bereich der südexponierten Einhänge des Plassen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Lithologie:** der spröde Plassenkalk liegt direkt auf dem duktilen Haselgebirge auf (MANDL et al. 2012), wodurch es zu einer starken Auflockerung und Zerlegung im Randbereich der Deckplatte kommt.
- **Trennflächengefüge:** Eine deutliche Bankung fällt steil nach Süden bzw. SSE ein, im Bereich des Vorderen Plassen weist sie eine flexurartige Wölbung auf, mit einer Scherfläche normal zum Hang orientiert; fünf sehr markante Bruchflächen fallen mittelsteil bis steil nach Nordosten und Osten, zwei Bruchflächen mittelsteil nach Westen ein; entlang dieser Flächen findet eine Vertikalbewegung statt; hoher Auflockerungsgrad und Ausbildung von Zerrgräben.

Abb. 4. (rechts) Zeitliche Veränderung der Felssturzaktivität (rote Markierung) im Bereich der südexponierten Einhänge des Plassen-Massivs, die gelbe Linie markiert einen Bereich mit hohem Felssturz- und Bergsturzpotenzial (Fotos: Sandra Melzner, GBA – GEORIOS Datenbank).

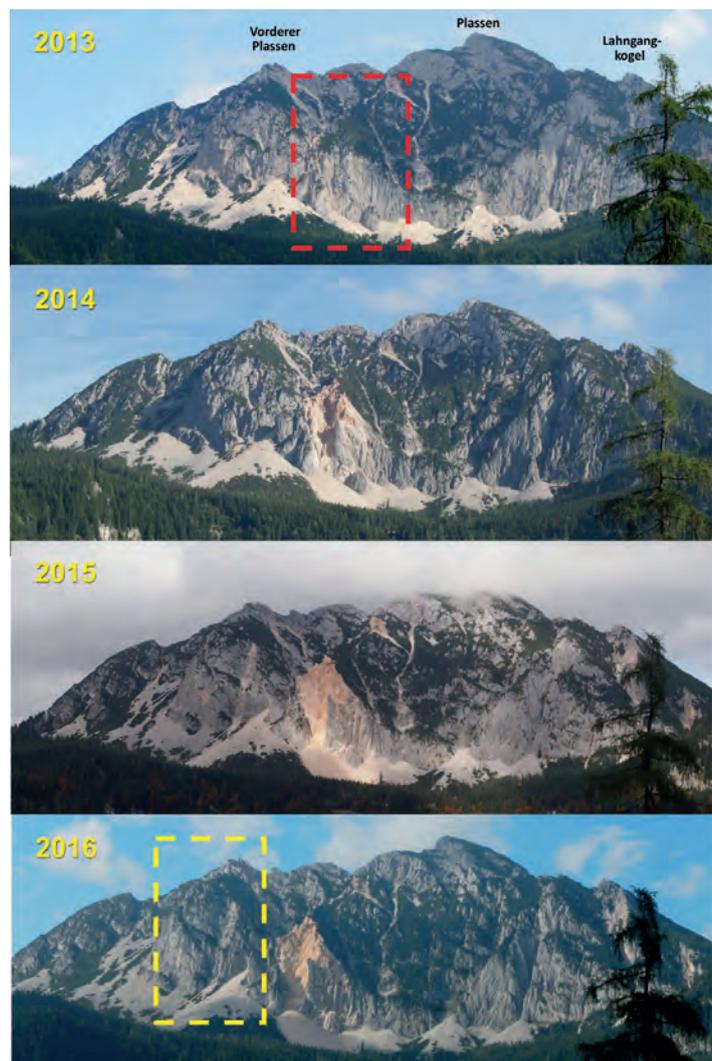
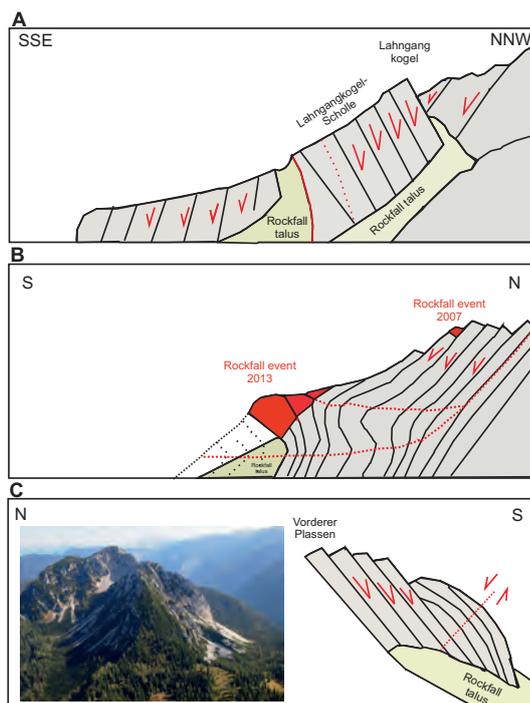


Abb. 3. (unten) Versagensmechanismen im Bereich des Plassen-Massivs.



- Verkarstungsprozesse und Hydrogeologie: vom Westen des Plassen in Richtung Osten zum Lahngangkogel nehmen die Lösungsverwitterungserscheinungen, besonders im Bereich von Zerrstrukturen und Störungen zu; Vernässungen und eine Vielzahl von kleinen Gerinnen im Bereich Dammwiese und Hohenfeldkogel.

Dominanter Versagensmechanismus ist möglicherweise ein sogenannter «flexural rock slump» (Abb. 3; KIEFFER, 1998) und translatorisches Abgleiten von Felsschollen. Eine Vielzahl von Felssturzereignissen in dem Zeitraum 2013–2016 (Abb. 4) im Bereich der Weitscharte gibt Hinweis über erhöhte Bewegungsraten (Fotomonitoring seitens der GBA seit 2016) des «rock slumps» in südlicher Richtung. Steinschlag ist überall möglich. Mittels der Simulation mit dem dreidimensionalen numerischen Code DAN3D (PREH, 2017) soll die potenzielle Reichweite größerer Felsstürze bzw. Bergstürze ermittelt werden. Dies ist in Hinblick der potenziellen (Re-)Aktivierung eines Erdstroms oder einer Rutschung in Richtung Echerntal von Relevanz.

## Haltepunkt 2: Rutschpotenzial an der Südseite des Plassen

*Lokalität: Südseite der Lahngangkogel-Scholle; geografische Koordinaten: 47°33'50"N, 13°36'56"O.*

Die geologischen und geotechnischen Dispositionsfaktoren in diesem Bereich lassen sich wie folgt zusammenfassen:

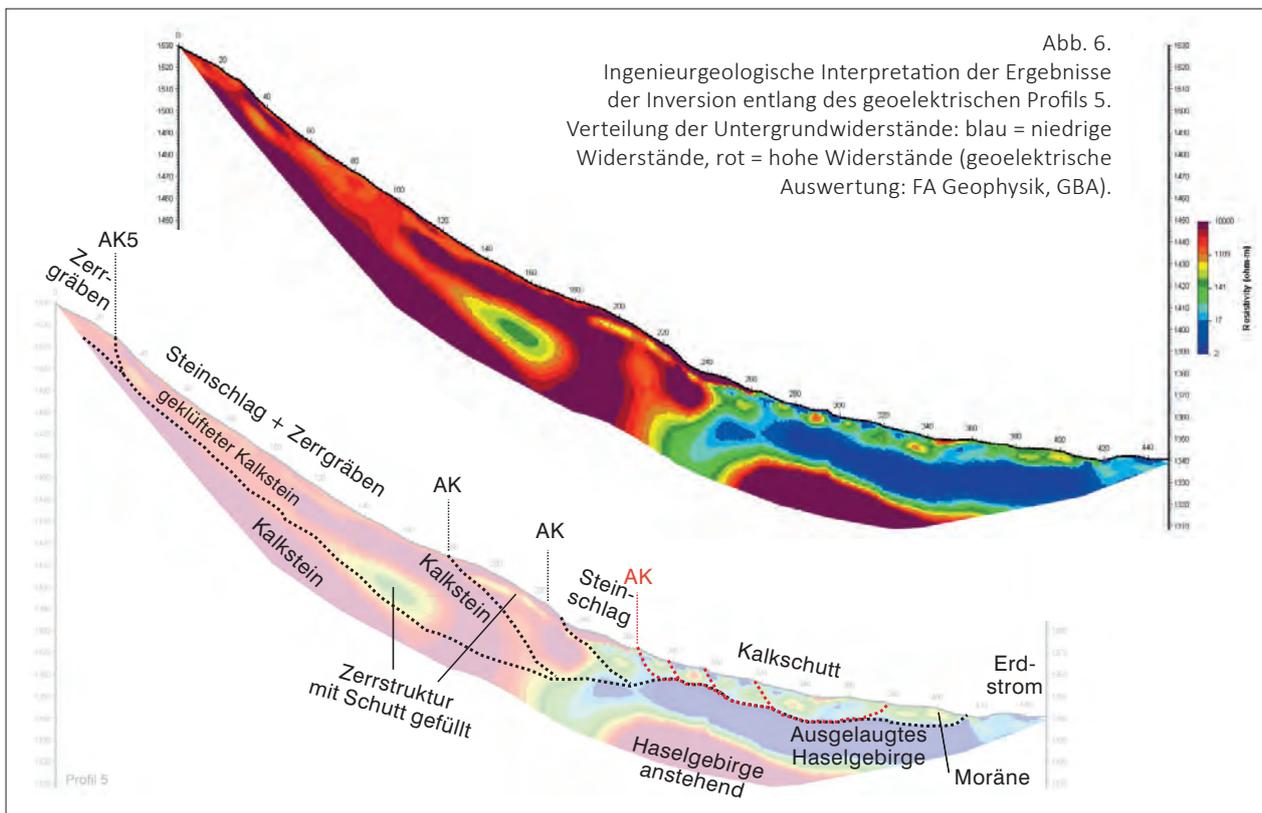
- Lithologie: der spröde Plassenkalk liegt direkt auf dem duktilen Haselgebirge auf, wodurch es zu einer starken Auflockerung und Zerlegung im Randbereich der Deckplatte kommt.
- Trennflächengefüge: Keine deutliche Bankung erkennbar, durch eine Vielzahl von Störungen ist das Gebirge kleinklüftig zerlegt. Rückwärtige Abtrennung von Felstürmen und Schollen findet durch NNE–SSW, NE–SW, NW–SE und E–W streichende Trennflächenscharen statt; N–S streichende Klüfte/Störungen weisen hohe Öffnungsweiten auf und sind als Steinschlagrinnen ausgebildet.
- Hydrogeologie: Auffallend ist die rötliche Farbe in den Felswandbereichen, aufgrund von Oxidationserscheinungen bei Kluftwasseraustritten.

Das Hangversagen findet zum einen in Form eines aufrechten, translatorischen Abfahrens der turm- und tafelförmigen Großluftkörper aus Plassenkalk am Rand der Deckplatte statt. Zum anderen scheint sich im Falle der größeren abgelösten Felsmasse (Abb. 5) ein Muschelbruch im Unterlager (Sockel) ausgebildet zu haben, da eine hangwärtige Rotationsbewegung der Großluftkörper erkennbar ist.

Relative Bewegungsraten wurden über lange Zeiträume mittels Präzisionsmaßband gemessen (MOSER et al., 2014; MOSER & ROHN, 2015) (Abb. 5): Die Messstrecke 1 zeigt im Zeitraum 1994–1998



Abb. 5. Relative Bewegungsmessung mittels Präzisionsmaßband (Punkte 1–5) und geoelektrische Tiefenerkundung (gelbe Linie) (Foto: Sandra Melzner, GBA – GEORIOS Datenbank).



eine sehr langsame Bewegungsrate von 0,4 mm/Jahr, im Zeitraum 1994–2015 erhöhte sich die Bewegungsrate auf 1,5 mm/Jahr. Die Messstrecken 2 und 3 zeigen eine annähernd lineare relative Divergenz von 12 mm/Jahr (1994–1998) und 14 mm/Jahr (1994–2014). Die Messwiederholung 2015 zeigt eine Erhöhung auf 18 mm/Jahr. Messstrecke 4 zeigt in beiden Messperioden relative Konvergenz. Dies weist auf eine Bewegung des rückwärtigen Gebirges in südöstlicher Richtung hin (MOSER et al., 2014; MOSER & ROHN, 2015).

In Abbildung 6 ist anhand eines repräsentativen Profils der Übergang von den Prozessen Driften zu Gleiten mittels Geoelektrik untersucht worden. Die Diskontinuitätsfläche der tiefgreifenden Gleitbewegung ist gut interpretierbar und liegt in einer Tiefe von maximal 20–30 m. Im unteren Bereich des Profils ist die Rotationsrutschung (Abb. 5) in Schutt und ausgelaugtem Haselgebirge deutlich erkennbar.

### Haltepunkt 3: Steinschlag-/Felssturzpotenzial und Erdströme an der Ostseite des Plassen

*Lokalität: Hohenfeldkogel, geografische Koordinaten: 47°33'50"N, 13°37'09"O.*

Die geologischen und geotechnischen Dispositionsfaktoren in diesem Bereich lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Lithologie: der spröde Plassenkalk liegt direkt auf dem duktilen Haselgebirge auf, wodurch es zu einer starken Auflockerung und Zerlegung im Randbereich der Deckplatte kommt.
- Trennflächengefüge: zwischen dem Plassengipfel und dem Lahngangkogel bilden vornehmlich vier Trennflächenscharen eine Grabenstruktur aus: eine mittelsteil, hangparallel nach Osten einfallende Scherkluff (~90/60), eine steil hangeinwärts nach Westen fallende Trennflächenschar (~280/85), eine steil nach Südosten (~135/85) und eine steil nach Nordosten (~45/80) einfallende Trennflächenschar. Die orthogonal zum Hang einfallenden Trennflächen haben aufgrund ihrer Raumstellung eine bedeutende Verringerung der Zugfestigkeit innerhalb der karbonatischen Plassen-Deckplatte zur Folge, weshalb diese Trennflächen sich im Bereich der Lahngangkogel-Scholle größtenteils zu Zerrspalten und Zerrgräben mit großen Öffnungsweiten entwickelt haben.

Das Trennflächengefüge im Bereich der Wasserberg-Scholle weist auf eine deutliche Rotationsbewegung der gesamten Scholle in nordöstliche Richtung hin. Die untere Hälfte der „Wasserberg-Scholle“ (Abb. 7) ist durch einen Zerrgraben

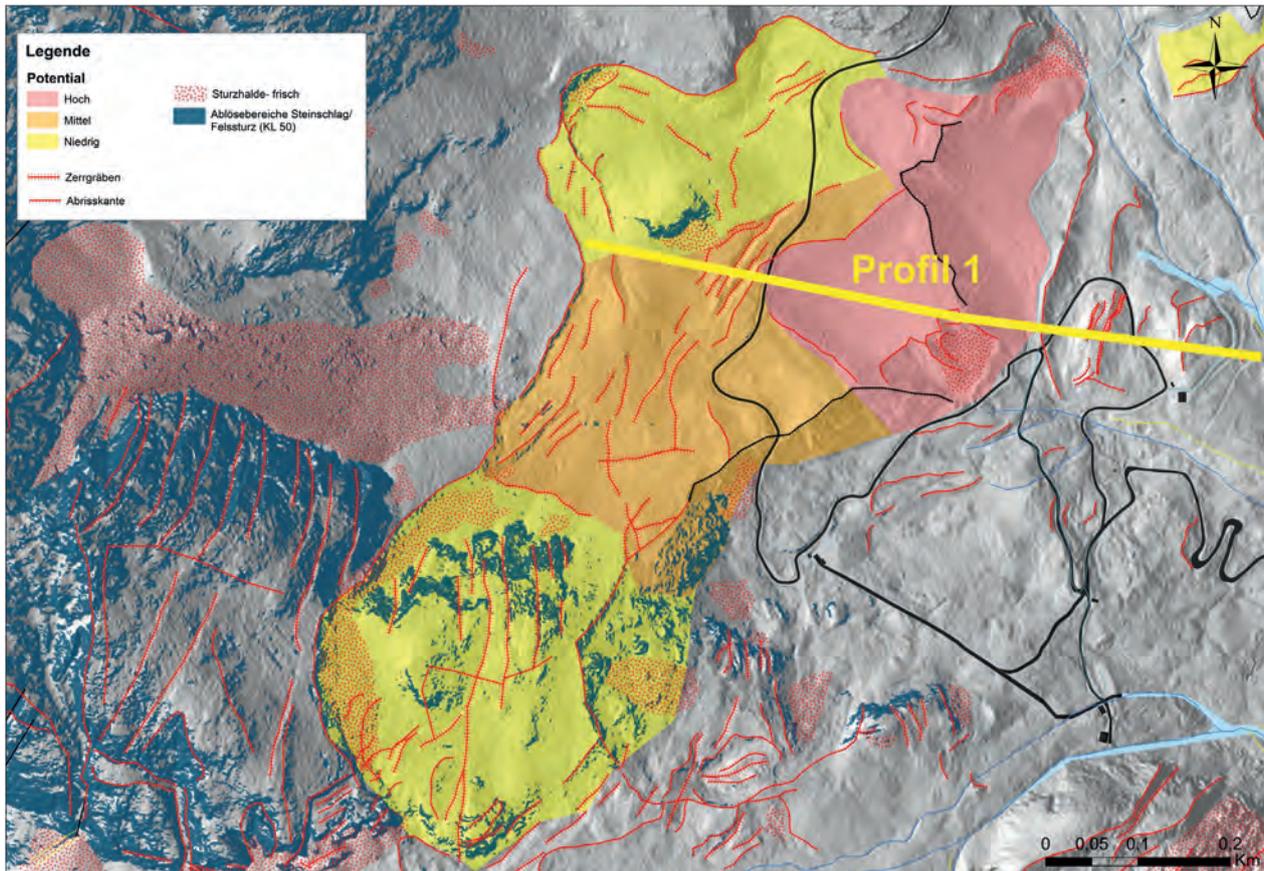


Abb. 7. Relative Einstufung (niedrig = gelb, mittel = orange, hoch = rot) des Gefahrenpotenzials durch Rutschungsprozesse im Bereich der Ostflanke des Plassen. Die gelbe Linie markiert die Lage des geoelektrischen Profils 1 (Abb. 8).

tiefgreifend zerschnitten und könnte gegebenenfalls in Zukunft eine Verbindung nach Norden bis zur Abrisskante AK 5 (Abb. 3. in MELZNER et al., 2017) darstellen. Die Frontseite der Scholle wird durch Steinschlag-/Felssturzprozesse desintegriert und das Material durch einen Erdstrom umgelagert/transportiert.

Die Analyse der berechneten absoluten Bewegungsraten im Bereich der südöstlichen Seite des Plassen zeigt (Abb. 1 in Otter et al., 2017), dass der Festpunkt (115-96) am Plassengipfel im Zeitraum 1961 bis 2015 signifikante Lageänderungen aufweist: 0,3 m in südöstliche bzw. südliche Richtung verschoben, mit einer vertikalen Abwärtsbewegung größer 0,6 m. Der Festpunkt am Lahn-gangkogel (42007-11) weist bedeutend größere Bewegungsraten von bis zu 1 m in nordöstliche Richtung auf, mit einer vertikalen Abwärtsbewegung größer 2 m für den Zeitraum 1955 bis 1978. Es ist auffällig, dass die Bewegungsrate von diesem Festpunkt durch eine vorwiegend horizon-

tale Bewegung in nordöstliche Richtung geprägt ist. Eine Vermessung dieses Festpunktes im Jahr 2015 war nicht mehr möglich, da die Punktstabilisierung in der Zwischenzeit verloren ging. Von 1978 bis 1985 wurden Messungen an drei zusätzlichen Punkten (42007-98, 42007-97 und 42007-96) durchgeführt. Punkt 42007-98 zeigt für diesen Zeitraum eine Bewegung nach Südosten mit einem vertikalen Versatz von 0,3 m nach unten. Die anderen beiden Punkte (42007-97 und 42007-96) im Bereich der Wasserberg-Scholle bewegen sich nach Nordosten, mit einer vertikalen Abwärtsbewegung von 0,2 m.

#### Haltepunkt 4: Rutschpotenzial an der Ostseite des Plassen

*Lokalität: Unterhalb „Eisgrube“ (östlich Plassengipfel), geografische Koordinaten: 47°34'06"N, 13°37'14"O.*

Die Abrisskante AK 6 (Abb. 3 in MELZNER et al., 2017) setzt sich nach Norden im Auslaugungshorizont des Haselgebirges fort und stellt die oberste Begrenzung eines großräumigen, instabilen Hangbereiches dar (Abb. 7, 8). Zentrales Element in diesem Bereich sind zwei bereits abgelöste Felschollen, die zusammen mit der darüber lie-

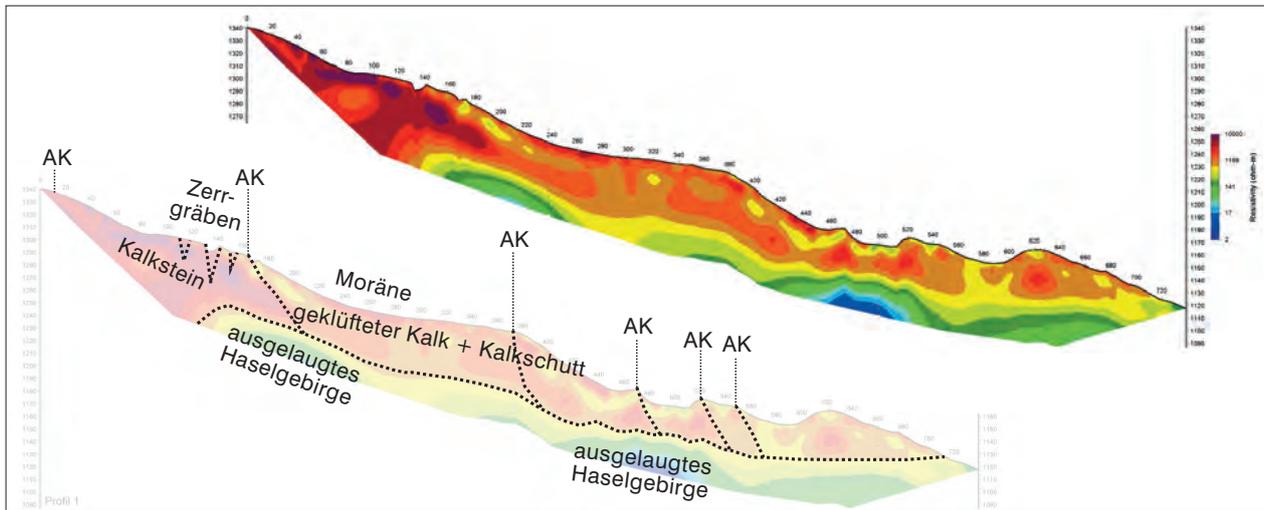


Abb. 8. Ingenieurgeologische Interpretation der Ergebnisse der Inversion entlang des geoelektrischen Profils 1. Modell des spezifischen elektrischen Widerstandes: blau = niedriger spezifischer elektrischer Widerstand, rot = hoher spezifischer elektrischer Widerstand (geoelektrische Auswertung: FA Geophysik, GBA).

baren Versagensszenarien sind mit einer relativen Gefährdungsabstufung (niedrig-mittel-hoch) dargestellt (Abb. 7). Diese Szenarien sind durchaus realistisch, wenn man bedenkt, dass historische Ereignisse mit größeren Schutt-/Erdströmen den Bergbau in früherer Zeit lahmgelegt haben.

genden Ostflanke des Plassen auf den darunterliegenden Bereich „schieben“. Weitere disponierende Faktoren stellen die Auflast der mächtigen Sturzakkumulation und die geomorphologische Form des hervorspringenden „Sporns“ im Bereich der Abrisskante (AK 7) eines vormaligen Rutscherignisses dar. Dies führt zur Ausbildung einer Vielzahl von Abrisskanten, Zerrspalten und Zerrgräben unterschiedlichster Entwicklungsstadien und zum „Absacken“ ganzer Hangbereiche. Die denk-

**Haltepunkt 5: Felssturz-/Erdstrompotenzial im Bereich der Roten Wand und Solingerkogel**

Graben zwischen Solingerkogel und Rote Wand, geografische Koordinaten: 47°33'42"N, 13°37'41"O.

Größere Felsstürze können durch undrainierte Belastung der feinklastischen weichen Gesteine Fließprozesse wie Erdströme im ausgelaugten Haselgebirge auslösen. So wurde im Jahr 1982

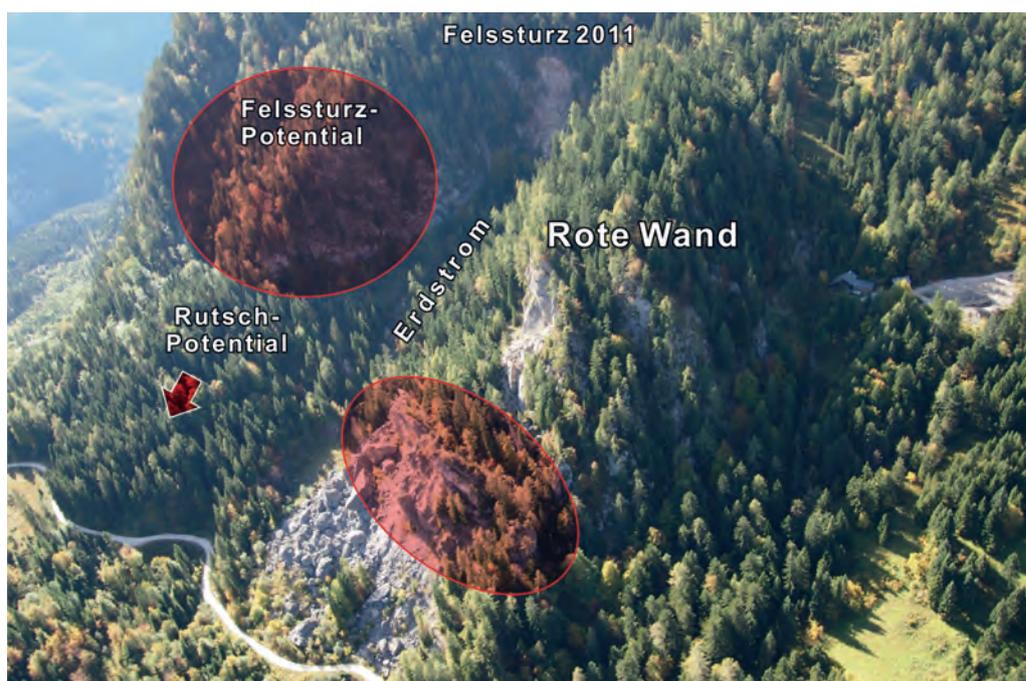


Abb. 9. Felssturzgebiet an der Roten Wand und Felssturz- und Rutschpotenzial an der talwärtigen Seite des Solingerkogels (Fotos: Sandra Melzner, GBA – GEORIOS Datenbank).



Abb. 10.

Ein Felssturz hat durch undrainierte Belastung des feinklastischen Untergrundes im Ablagerungsbereich einen Erdstrom im Graben zwischen Steinbergkogel und Solingerkogel ausgelöst (Fotos: Sandra Melzner, GBA – GEORIOS Datenbank).



Abschnitt der Roten Wand. Ob diese Felsstürze Erdströme auslösen könnten, die Gebäude und Infrastrukturen im Salzberg Hochtal und in Hallstatt potenziell bedrohen würden, ist schwer zu sagen.

die Ortschaft Bad Goisern akut durch einen Erdstrom (8.000.000 m<sup>3</sup>) bedroht, der durch einen 30.000 m<sup>3</sup> Felssturz ausgelöst wurde (SCHÄFFER, 1983).

Im Bereich der Roten Wand ereignete sich im Mai 1978 ein Felssturz, der die Forststraße verschüttet hat. Im Jahr 1981 haben sich an fünf Tagen (Mai bis Oktober) weitere Felsstürze in diesem Bereich ereignet. Im Bereich des Lahngangkogels ereignete sich im Zeitraum Oktober 1984 bis Mai 1985 (Abb. 3) ein sehr großes, mehrphasiges Felssturzereignis in die Eisgrube. Interessanterweise löste sich kurze Zeit später ein weiterer, sehr großer Felssturz an der Roten Wand, was einen Rückschluss auf eine damals erhöhte Aktivität des gesamten Hangbereiches geben könnte. Im Zerreißungsfeld der Roten Wand wurden relative maximale Bewegungsraten von bis zu 33 mm/Jahr festgestellt (MOSER et al., 2014; MOSER & ROHN, 2015).

Im Jahr 2011 ereignete sich zwischen dem Solingerkogel und Steinbergkogel ein Felssturz (Abb. 9, 10), der einen Erdstrom ausgelöst hat. Vermutlich hatte zuvor eine Rutschung den Felswandfuß weggerissen und der Felssturz wurde dadurch ausgelöst. Der Erdstrom hat damals lediglich den Forstweg (Abb. 9) erreicht. In diesem Bereich besteht weiteres Felssturzpotenzial.

Felssturz- und Rutschpotenzial besteht im Bereich der talseitigen Flanke des Solingerkogels oberhalb der Forststraße bzw. auch im nördlichen

#### **Haltepunkt 6: Panorama auf Plassen und Hallstatt/Hallstätter See**

*Lokalität: Rudolfsturm, geografische Koordinaten: 47°33'41"N, 13°38'31"O.*

Aussicht auf das gesamte Hochtal mit Plassen-Ostseite, auf Hallstatt und den Hallstätter See.

#### **Dank**

Herzlichen Dank für die fruchtbare Zusammenarbeit an die Kolleginnen und Kollegen Michael Lotter, David Ottowitz, Stefan Pfeiler, Stefanie Gruber, Birgit Jochum, Ingrid Schattauer, Robert Supper, Klaus Motschka, Martin Heidovitsch, Edmund Winkler, Gerhard W. Mandl, Ingeborg Wimmer-Frey (alle GBA); Jürgen Otter und Erich Imrek (BEV), Michael Moser und Joachim Rohn (Universität Erlangen), Alexander Preh (TU Wien) und Gerhard Schäffer (ehemaliger Mitarbeiter der GBA). Des Weiteren sei der Wildbach- und Lawinerverbauung (Wolfgang Gasperl, Michael Schiffer und Stefan Janu), den Österreichischen Bundesforsten (Norbert Meier) und dem Museum Hallstatt (Hans-Jörgen Urstöger und Karl Wirobal) für die Unterstützung des Projektes gedankt. Ein ganz besonders herzlicher Dank gilt Klaus Reisenauer, Stefan Janu sowie den Bewohnerinnen und Bewohnern von Hallstatt für die interessanten Gespräche über das Untersuchungsgebiet.

## Literatur

- KIEFFER, D.S. (1998): Rock slumping: A Compound Failure Mode of Jointed Hard Rock Slopes. – PhD thesis, 408 p., San Francisco.
- MANDL, G.W., HUSEN VAN, D. & LOBITZER, H. (2012): Erläuterungen zur Geologischen Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 96 Bad Ischl. – 215 S., Geologische Bundesanstalt, Wien.
- MELZNER, S., MOSER, M., OTTOWITZ, D., OTTER, J., LOTTER, M., MOTSCHKA, K., IMREK, E., WIMMER-FREY, I., ROHN, J. & PREH, A. (2017): Multidisziplinäre Grundlagenerhebung als Basis für die Implementierung eines Monitoringsystems am Plassen. – Tagungsband zur Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 2017, 140–146, Wien.
- MOSER, M. & ROHN, J. (2015): Zur Kinematik Rotes Kögele-Steinbergkogel-Dammwiese. Auswertung der Präzisionsmaßbandstrecken 2014–2015. – Unveröffentlichter Bericht, Erlangen.
- MOSER, M., ROHN, J. & LOTTER, M. (2014): Zur Kinematik Rotes Kögele-Steinbergkogel-Dammwiese. Auswertung der Präzisionsmaßbandstrecken 2007–2014. – Unveröffentlichter Bericht, Erlangen.
- OTTER, J., IMREK, E. & MELZNER, S. (2017): Geodätische Grundlagenvermessung als Werkzeug in der Naturgefahrenanalyse. – Tagungsband zur Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 2017, 147–152, Wien.
- PREH, A. (2017): Analysis and prediction of the runout of rock slides and rock avalanches. – Tagungsband zur Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 2017, 257–258, Wien.
- SCHÄFFER, G. (1983): Die aktuelle Massenbewegung Stambach-Zwerchwand/Bad Goisern. – Tagungsband der Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1983, Gmunden, Salzkammergut, O.Ö., 26. bis 30. September 1983, 28–29, Wien.