

Multidisziplinäre Grundlagenenerhebung als Basis für die Implementierung eines Monitoringsystems am Plassen

SANDRA MELZNER (1), MICHAEL MOSER (2), DAVID OTTOWITZ (1), JÜRGEN OTTER (3),
MICHAEL LOTTER (1), KLAUS MOTSCHKA (1), ERICH IMREK (3), INGEBORG WIMMER-FREY (1),
JOACHIM ROHN (2) & ALEXANDER PREH (4)

Einleitung

Im Rahmen des Schwerpunktprogrammes Georisiken Österreich (GEORIOS) der Geologischen Bundesanstalt (GBA) wird in einem Teilprojekt die geologische Grunddisposition verschiedener tektonischer Einheiten der Ostalpen gegenüber Sturzprozessen (Steinschlag/Felssturz) untersucht. Im Fokus steht die Entwicklung von Bearbeitungsstrategien (hinsichtlich unterschiedlicher Fragestellungen und Zielsetzungen) im Bereich der präventiven Naturgefahrenforschung. Stellvertretend für die Nördlichen Kalkalpen wurde das Gemeindegebiet von Hallstatt als Pilotstudiengebiet ausgewählt. Dieses Gebiet ist durch sehr heterogene geologische und geotechnische Verhältnisse gekennzeichnet (SCHÄFFER, 1982; MANDL et al., 2012, 2017; MANDL, 2017), was sich in einer räumlich variablen hohen Anfälligkeit für unterschiedlichste Massenbewegungstypen äußert (MERKL, 1989; LOTTER, 2001; EHRET, 2002; ROHN et al., 2005; MELZNER, 2017a–c).

Eine multidisziplinäre Bearbeitungsstrategie wurde gewählt, um die geologische und geotechnische Grunddisposition am Plassen hinsichtlich des räumlich-zeitlich variablen Rutsch- und Felssturzpotenzials zu untersuchen. Die Methoden umfassten Geländekartierungen, Probennahme und Laboranalysen zwecks Bestimmung von Bodenkennwerten in aktiven Prozessbereichen, Kartierung der Lithologie und Beurteilung von Tiefenstrukturen mittels geophysikalischer Erkundungsmethoden (Aerogeophysik und Geoelektrik), Bestimmung relativer Bewegungsraten durch Präzisionsmaßbandmessungen (MOSER et al., 2014; MOSER & ROHN, 2015), Bestimmung absoluter Bewegungsraten mittels geodätischer Vermessung (OTTER, 2015; OTTER et al., 2017), Ereignisdokumentation mittels Fotomonitoring, Kartierung und Zeugenbefragung und die Un-

tersuchung/Rückrechnung der Reichweiten von Felsstürzen mittels des dreidimensionalen numerischen Codes DAN3D (PREH, 2017).

Tektonische und geologische Grunddisposition

Der Plassen liegt als spröde Deckplatte aus Plassenkalk fast zur Gänze diskordant auf einem überwiegend weichen Sockel, der im Süden und Südosten durch das Haselgebirge, Werfener Schichten und Allgäu-Formation (Allgäuschichten), im Nordwesten und Nordosten aus Hallstätter Kalk (Hellkalk, Karnium bis Norium) und Steinalmkalk (Anisium) gebildet wird (SCHÄFFER, 1982; MERKL, 1989; MANDL et al., 2012). Nördlich des Schiechlingkamms stößt der Gutensteiner Kalk im Bereich einer Abschiebung (Rötengraben-Bruch) an Dachsteinkalk. Südlich des Plassen grenzt das Haselgebirge im Bereich des Rossalm-Bruchs an Hallstätter Kalk, Gutensteiner Kalk und Dachsteinkalk (MANDL, 2017: Abb. 3).

Der Plassen hat mit 1.953 m ü. A. seine höchste Erhebung am Plassengipfel und ist durch ein sehr steiles und schroffes Relief gekennzeichnet, welches in den meisten Bereichen Hangneigungen > 50 Grad aufweist. Nördlich und östlich des Plassengipfels befinden sich flachere Bereiche in Form eines Sattels bzw. eines Hochkars mit Schutthalden.

Die im Wesentlichen durch das mechanische System „Hart auf Weich“ (POISEL & EPPENSTEINER, 1988, 1989) (Abb. 1) verursachte plastische Deformation des Untergrundes und die laterale Driftbewegung führen zur Ausbildung markanter Bruchstrukturen in der spröden Deckplatte mit einer starken Zerlegung des Plassenkalks (Abb. 2, 3).

Die Ausbildung des Trennflächengefüges hat einen entscheidenden Einfluss auf die Prozessdisposition und den Auflockerungsgrad am Plassen-Massiv. Der Plassenkalk weist eine große Varianz

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

(2) GeoZentrum Erlangen, Lehrstuhl für Angewandte Geologie, Schlossgarten 5, 91054 Erlangen, Deutschland.

(3) Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV), Schiffamtsgasse 1–3, 1020 Wien.

(4) Technische Universität Wien, Institut für Geotechnik, Karlsplatz 13, 1040 Wien.



in der Ausbildung des Trennflächengefüges auf, von dickbankig bis gänzlich ungebankt und/oder feinklüftig zerlegt. Am Vorderen Plassen ist eine deutliche Bankung als Wechsel von dünneren und dickeren Bänken mit gleichmäßig nach Süden gerichteter Vor-Wölbung erkennbar. In Richtung Plassengipfel setzt sich diese Bankung fort, allerdings wechselt die Einfallrichtung von Süden nach Südsüdost bzw. Südost. Im Bereich der Lahngangkogel-Scholle ist der Plassenkalk vorwiegend massig ausgebildet und durch tiefgreifende

Abb. 1. (oben)

Geotechnische Eigenschaften der lithologischen Einheiten:
 A = spröder, stark geklüfteter Plassenkalk,
 B = duktiler, toniger Auslaugungshorizont des Haselgebirges,
 C = weitgehend unverwittertes Haselgebirge,
 D = tonige und sandige Werfener Schichten.

Fotos: Sandra Melzner (GBA – GEORIOS Datenbank).

Abb. 2. (unten)

Der westliche Bereich des Plassen-Massivs ist durch mehrere, dominante Bruchstrukturen zerschnitten. Auf Basis des Trennflächengefüges konnten vier geotechnische Homogenbereiche (Bereich 1–4) abgegrenzt werden.
 Foto: Sandra Melzner (GBA – GEORIOS Datenbank).



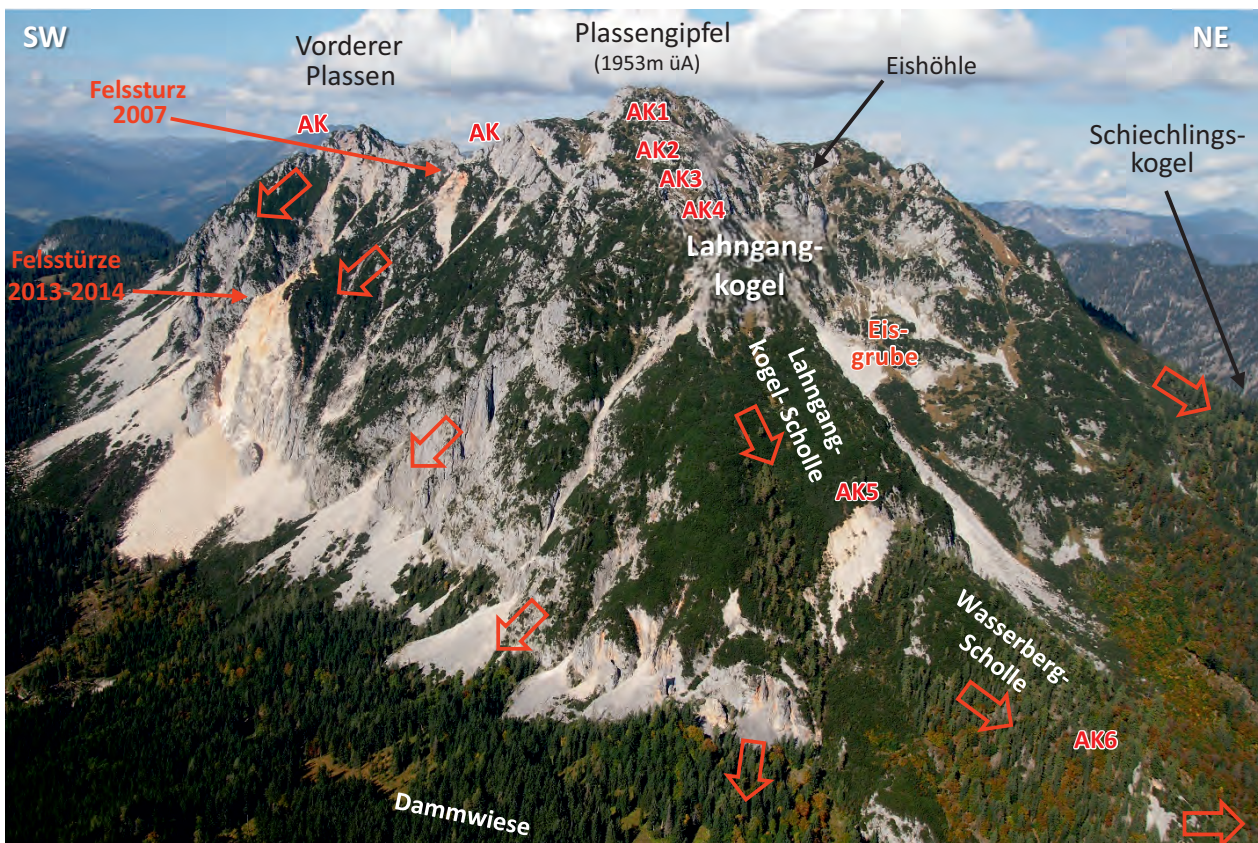
hangeinwärts fallende Zerrspalten/-gräben zerschnitten. Im Bereich der „Eishöhle“ (Abb. 3) ist die Bankung stark verfaultet und eine Bankungsfuge ist gravitativ zu einer Zerröffnung erweitert. Etwas nördlich vom Plassengipfel ist die Bankung weniger deutlich ausgebildet und weist eine größere Spannbreite in der Orientierung auf: die Einfallswinkel schwanken zwischen 15 und 60 Grad mit Einfallen in nordwestlicher bzw. nordöstlicher Richtung (zwischen 290 und 30 Grad). Im Norden des Massivs beträgt das Einfallen der Bankung zwischen 30 und 60 Grad in östlicher bis südöstlicher Richtung. Auf der nordöstlichen Seite des Plassen fällt die Bankung mittelsteil bis steil (50–80 Grad) nach Westen bzw. Osten ein.

Ein weiterer, den Gebirgsverband schwächender Faktor ist die korrosive Erweiterung von Kluftsystemen oder Zerrspalten durch eintretende Niederschlagswässer. Eine Vielzahl von Dolinen/Karren konnten sich in den stark geklüfteten Bereichen nördlich des Plassengipfels und im Bereich der südöstlich der Lahngangkogel-Scholle gelegenen Störungen ausbilden. Einschaltungen von tonigen Kluftfüllungen, besonders entlang von Störungsflächen, schwächen den Gebirgsverband des Plassenkalks zusätzlich.

Versagensmechanismen

In den südexponierten Einhängen des Plassen liegt der Plassenkalk direkt auf dem Haselgebirge (Abb. 2) auf, wodurch es zu hohen Zugspannungen an der Basis des Plassenkalks und dessen starker Zerlegung v.a. im Randbereich der Deckplatte kommt (Prozess „Driften“). Dies äußert sich in mächtigen Sturzhalden und Schutt-/Schwemmkegeln. Letztere sind besonders im Bereich des Ausstreichens dominanter Bruchstrukturen (z.B. „Weitscharte“ und „Griesputzer Graben“) ausgebildet. Einzelne, größere Sturzblöcke weisen jedoch bedeutend weitere Reichweiten auf, die über die Begrenzung der Sturzhalden hinausgehen. Die Raumlage des Trennflächengefüges im Verschnitt mit der Hangoberfläche führt zur Ausbildung unterschiedlicher Versagensmechanismen (für Details siehe MELZNER, 2017c): Die Südseite der Lahngangkogel-Scholle (Bereich 1 in Abbildung 2) ist im Randbereich stark durch Bergzerreißungsprozesse aufgelockert. Das Versagen findet zum einen in Form eines aufrechten, translatorischen Abfahrens der turm- und tafelförmigen

Abb. 3. Versagensmechanismen im Bereich der süd- und ostexponierten Einhänge des Plassen-Massivs. Foto: Sandra Melzner (GBA – GEORIOS Datenbank).



gen Großluftkörper statt. Zum anderen scheint sich im Falle der abgelösten Felsmasse (MELZNER, 2017c: Abb. 5) ein Rotationsanbruch im Unterlager (Sockel) ausgebildet zu haben, da eine hangwärtige Rotationsbewegung der auflagernden Großluftkörper erkennbar ist. Die Sturzhalden in diesem Bereich sind vergleichsweise geringmächtig ausgebildet. Die Bankung im Bereich 2 (Abb. 2) erstreckt sich vom Graben unterhalb des Plassengipfels bis zu der Hauptabbrisskante am Lahngangkogel („Griesputzer Graben“), fällt steil nach SSE ein und weist teilweise geöffnete Bankungsfugen aufgrund einer gravitativ bedingten Auflockerung auf. Dominanter Versagensmechanismus ist hier das translatorische Abgleiten von Felsschollen. Felsstürze und Steinschläge finden vorwiegend im Bereich der Gräben bzw. Rinnen statt. Der gesamte Hangbereich zwischen dem Vorderen Plassen und dem Plassengipfel (Bereich 3 in Abb. 2) scheint abgesackt zu sein. Dies äußert sich in einer deutlich (gestuften) Abrisskante (mit Felssturzereignis 2007), einem hohen Auflockerungsgrad (Zerrgräben) im oberen Hangbereich und Vorwölbung des Felswandfußes (mit aktuellen Felsstürzen 2013–2016) (Abb. 3; siehe auch Abbildungen 3 und 4 in MELZNER, 2017c). Aufgrund des morphologischen Erscheinungsbildes und der kartierten Strukturen könnte es sich hier um einen sogenannten «flexural rock slump» nach KIEFFER

(1998) handeln. Als weiterer möglicher zugrundeliegender Versagensmechanismus ist der mit dem «ruck slumping» verwandte Mechanismus „kink band slumping“ („Knickbandsackung“, MELZNER, 2017c: Abb. 4) anzuführen, allerdings ist die dafür typische S-förmige Verformung der Felslamellen im unteren Hangbereich nicht aufgeschlossen. Es scheinen sich jedoch zwei Bruchflächen ausgebildet zu haben und das lamellenartige Einsinken entlang der Bankung in den weichen Untergrund sprechen für diesen Versagenstyp.

Der Vordere Plassen (Bereich 4 in Abbildung 2) ist durch eine markante, flexurartige Wölbung der Bankung in Richtung Süden gekennzeichnet. Im Bereich der stärksten Wölbung hat sich normal zur Hangoberfläche eine Scherfläche ausgebildet, die Ausdruck des bruchhaften Versagens des betreffenden Bereichs ist.

In südöstlicher Richtung ist der Plassen vom Gipfel (1.953 m) bis in eine Höhe von ca. 1.390 m ü. A. von sechs vorwiegend Nordost–Südwest streichenden Abrisskanten durchzogen (AK1–6 in Abbildung 3). Zwischen Plassengipfel und Lahngangkogel bilden vornehmlich vier Trennflächenscharen eine Grabenstruktur aus (MELZNER, 2017c: Abb. 6). Der gesamte Grabenbereich ist durch einen hohen Auflockerungsgrad gekennzeichnet. Dies äußert sich in diversen (frischen) Ausbruchnischen und der Ausbildung einer mäch-



Abb. 4. Dominante Trennflächen und Zerrstrukturen im Bereich der südostexponierten Einhänge des Plassen-Massivs. Fotos: Sandra Melzner (GBA – GEORIOS Datenbank).

tigen Sturzhalde innerhalb der sogenannten „Eisgrube“ und dem darunterliegenden Hangbereich (Abb. 3, 4). Auf der „Lahngangkogel-Scholle“ und der darunterliegenden „Wasserberg-Scholle“ haben sich zudem eine Vielzahl von nordost-südwest streichenden Extensionsstrukturen und zwei nach Süden exponierte Abrisskanten ausgebildet. Diese orthogonal zum Hang einfallenden Trennflächen (Abb. 4) 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. Auf 1.490 m ü. A. bildet Abrisskante AK5 (Abb. 3, 4) den kinematischen Übergangsbereich vom Driften zum Gleiten (vgl. auch MELZNER, 2017c: Abb. 6). Etwa 10 m oberhalb dieser Abrisskante hat sich bereits eine weitere initiale Abrisskante ausgebildet (Abb. 4), die zum Teil frische Steinschlagabbrüche aufweist. In diesem Bereich findet ein Überkippen der saiger stehenden Trennflächen statt, weshalb sie wahrscheinlich als Gleitflächen mitbenutzt werden können.

Das Trennflächengefüge im Bereich der Wasserberg-Scholle weist auf eine Rotationsbewegung der gesamten Scholle in nordöstlicher Richtung hin. Die untere Hälfte der „Wasserberg-Scholle“ ist durch einen Zerrgraben tiefgreifend zerschnitt-

ten, der in Zukunft eine Verbindung nach Norden bis zur Abrisskante AK5 darstellen könnte. Die Abrisskante AK6 setzt sich nach Norden außerhalb der Plassenkalk-Deckplatte im Auslaugungshorizont des Haselgebirges fort und stellt die oberste Begrenzung eines großräumigen, instabilen Hangbereichs dar (MELZNER, 2017c: Abb. 7, 8).

Die nordöstlichen bzw. nordwestlichen Einhänge des Plassen-Massiv weisen mächtige Sturzhalden auf (Abb. 5), die im Bereich der Schiechlingalm in eine Blockgletscherablagerung übergehen (Abb. 5a) bzw. sich im Bereich der Schreieralm mit mächtigen Moränenablagerungen vermischen (Abb. 5b).

Der nach Norden Richtung Schiechlingkogel abfallende Rücken ist durch jeweils zwei antithetische Brüche nach Südost und zwei Abrisskanten nach Nordwest zerlegt. Morphologisch sehr markant ist ein breiter Zerrgraben, der sich in einer N-S verlaufenden Störung ausgebildet hat. Er bildet zugleich eine Abrisskante für eine Felsscholle, die sich in westsüdwestlicher Richtung vom Gebirge abtrennt und durch Zerreißen und Felsstürze desintegriert wird.

Aktivität und Gefahrenpotenziale

Diverse Steinschlag- und Felssturzereignisse im Bereich der südexponierten Einhänge des Plassen geben Hinweise auf (rezente) Felsbewegungen: im Bereich des „Flexural rock slumps“ (Bereich 3 in Abbildung 2) löste sich im Juni 2007 bei der dortigen Abrisskante ein Felssturz. Im vorgewölbten Stirnbereich wurden im Zeitraum Dezember 2013 bis September 2016 mindestens 28 größere Steinschlag- und Felssturzereignisse dokumentiert (MELZNER, 2017c: Abb. 3). Dieser Hangbereich ist des Weiteren von Steinschlagrinnen durchzogen,

Abb. 5. Sturzprozesse lieferten das Material für einen Blockgletscher (A; rote Umrandung) im Bereich der nordost-exponierten Einhänge (abgelöste Felsschollen) und für Moränenwälle/-ablagerungen (B; rote Umrandung) in den nordwestexponierten Einhängen des Plassen Massivs. Fotos: Sandra Melzner (GBA – GEORIOS Datenbank).



die frisches Sturzmaterial enthalten. Die aufgelockerte Felsmasse hat eine Kubatur von $> 1 \text{ Mio. m}^3$, was bei einem gesamthaften Abbruch einen Sturzprozess in der Größenordnung und der Mobilität eines Bergsturzes auslösen würde. Die starke Wölbung der Schichtung, die deutlich ausgebildete, steil orthogonal zur Schichtung stehende Scherklüft und der aktive Steinschlag an der Front geben Hinweise darauf, dass eine größere Masse unterhalb des Vorderen Plassen (Bereich 4 in Abbildung 2) spontan versagen könnte. Die potenzielle Sturzmasse hätte eine etwas größere Kubatur als der zuvor beschriebene Bereich 3, was also ebenfalls einem Bergsturz entsprechen würde. Seitens der GBA wurde aufgrund des hohen Felssturz-/Bergsturzpotenzials am Gegenhang ein Foto-Monitoring installiert, damit die Sturzaktivität permanent aufgezeichnet wird.

Im Bereich der Südseite der Lahngangkogel-Scholle (Bereich 1 in Abbildung 2) treten rezente Steinschlag- und (flachgründige) Rutschungsprozesse auf der tiefgreifenden Fels-/Schuttrutschung auf. Relative Bewegungsmessungen (MOSER et al., 2014; MOSER & ROHN, 2015) zeigen eine relative Divergenz der abgelösten Felstürme mit mehr als 1 cm pro Jahr. Ein Abschnitt zeigt hingegen in beiden Messperioden relative Konvergenz, was auf eine schnellere Bewegung des rückwärtigen Gebirges („Nachrücken“) in südöstlicher Richtung hinweist (Details in MELZNER, 2017c).

Im Bereich der Ostflanke des Plassen ereignete sich im Mai 1978 an der Roten Wand (MELZNER, 2017c: Abb. 9) ein Felssturz, der die Forststraße verschüttet hat. Im Jahr 1981 haben sich an fünf Tagen (Mai bis Oktober) weitere Felsstürze dort ereignet. Am Lahngangkogel ereignete sich im Zeitraum Oktober 1984 bis Mai 1985 (Abb. 3) ein sehr großer Felssturz in die „Eisgrube“. Interessanterweise lösten sich kurze Zeit später ein weiterer, sehr großer Felssturz an der Roten Wand, was einen Rückschluss auf eine zusammenhängende Aktivität des gesamten Hangbereichs geben könnte. Absolute Bewegungsmessungen mittels geodätischer Festpunktvermessung zeigen, dass die Bewegungen der Festpunkte am Plassen/Lahngangkogel und der Wasserberg-Scholle teilweise bis mehrere Meter in den entsprechenden Messzeiträumen (OTTER et al., 2017; MELZNER, 2017c) betragen. Die räumliche Ausrichtung der „Wasserberg-Scholle“ und einer (rezenten) Abrisskante im darunterliegenden Bereich kennzeichnen

eine Bewegungsrichtung nach Nordosten, was hinsichtlich einer Abschätzung eines potenziellen Geschiebeeintrags in den Mühlbach relevant sein könnte.

Die Abrisskante AK5 (Abb. 3; MELZNER, 2017c: Abb. 6–8) setzt sich nach Norden im Auslauungshorizont des Haselgebirges fort und stellt die oberste Begrenzung eines großräumigen, instabilen Hangbereiches dar. Zentrales Element in diesem Bereich sind zwei bereits abgelöste Felsschollen, die (zusammen mit der darüber liegenden Ostflanke des Plassen) auf den darunterliegenden Hangbereich schieben. Weitere disponierende Faktoren stellen die Auflast der mächtigen Sturzakkumulation und die geomorphologische Form des Hangbereiches (hervorspringender „Sporn“, MELZNER, 2017c: Abb. 7) dar. Diese drei Faktoren führen zur Ausbildung einer Vielzahl von Abrisskanten, Zerrspalten und Zerrgräben unterschiedlichster Entwicklungsstadien und zum Absacken ganzer Hangbereiche, die als Rutschungspotenzial zur Verfügung stehen könnten.

Fazit

Die südexponierten Einhänge des Plassen weisen ein hohes Felssturz- bis Bergsturzpotenzial und die ostexponierten Einhänge ein großes Rutschungspotenzial auf. Eine relativ hohe Steinschlagaktivität ist quasi im gesamten Plassen-Massiv vorhanden. Auf Basis der erarbeiteten Ergebnisse hinsichtlich potenziell instabiler Bereiche könnte ein punktuell implementiertes Monitoringsystem an neuralgischen Punkten implementiert werden, das kontinuierlich Daten aufzeichnet und automatisch verschickt. Für ein Monitoring mittels einer Terrestrial Laserscan Vermessung wäre die Einrichtung eines übergeordneten Bezugssystems sehr zu empfehlen. Hierzu ist eine detaillierte Planung von Scan- und Reflektorstandpunkten unter Berücksichtigung geodätischer Aspekte einer Netzplanung (Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Geometrie, Messmittel, Sichtverbindung) notwendig, um signifikante geometrische Veränderungen (Bewegungsraten, Kubaturen) langfristig detektieren zu können (SCHILLER & MELZNER, 2017). Auswirkungen eines potenziellen Großereignisses im Bereich der südexponierten Einhänge auf die darunterliegenden Fließ- und Gleitprozesse könnten mittels einer weiteren DAN3D-Berechnung ermittelt werden.

Dank

Stefan Pfeiler, Stefanie Gruber, Birgit Jochum, Ingrid Schattauer und Edmund Winkler (alle GBA); Norbert Maier (ObF); Wolfgang Gasperl, Michael Schiffer und Stefan Janu (alle WLV), Norbert Maier (ÖbF), Salinen AG, Klaus Reisenauer (Bewohner Hallstatt), Gerhard Schäffer (ehemaliger GBA-Mitarbeiter), Hans Jörgen Urstöger und Karl Wirobal (Museum Hallstatt), Fritz Idam (Bewohner von Hallstatt) und Thomas Untersberger (ehemals Saline AG).

Literatur

- EHRET, D. (2002): Geotechnische Untersuchungen und GIS-gestützte Erfassung der Massenbewegungen zwischen Hallstatt und Plassen. – Unveröffentlichte Diplomarbeit, 136 S., Erlangen.
- KIEFFER, D.S. (1998): Rock slumping: A Compound Failure Mode of Jointed Hard Rock Slopes. – PhD thesis, Berkeley.
- LOTTER, M. (2001): Geotechnische und kinematische Untersuchungen an instabilen Felshängen im alpinen Raum. – Unveröffentlichte Dissertation, 324 S., Erlangen.
- MANDL, G.W. (2017): Vom Traunstein zum Dachstein – Geologie im Querschnitt. – Tagungsband zur Arbeitstagung der GBA 2017, 22–28, Wien.
- MANDL, G.W., BRANDNER, R. & GRUBER, A. (2017): Zur Abgrenzung und Definition der Kalkalpinen Deckensysteme (Ostalpen, Österreich). – Tagungsband zur Arbeitstagung der GBA 2017, 254–255, Wien.
- 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. (2017a): Steinschlag- und Felssturzdistribution im Dachsteinkalk – Versagensmechanismen und Reichweiten. – Tagungsband zur Arbeitstagung der GBA 2017, 126–131, Wien.
- MELZNER, S. (2017b): Ereignis- und Schadenskataster von Sturzprozessen (Steinschlag/Felssturz) in der Gemeinde Hallstatt. – Tagungsband zur Arbeitstagung der GBA 2017, 289–290, Wien.
- MELZNER, S. (2017c) Exkursion 2A (21.06.2017): Rutschungs- und Felssturzpotezial am Plassen. – Tagungsband zur Arbeitstagung der GBA 2017, 318–325, Wien.
- MERKL, M. (1989): Geologische und ingenieurgeologische Untersuchungen im Wildbacheinzugsgebiet des Hallstätter Mühlbaches (Oberösterreich). – Unveröffentlichte Diplomarbeit, 95 S., Erlangen.
- 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 1987–2014. – Unveröffentlichter Bericht, Erlangen.
- OTTER, J. (2015): Gravitative Massenbewegungen im Bereich Hallstatt – die Grundlagenvermessung als Werkzeug der Gefahrenprävention. – BEV Leistungsbericht, Wien.
- OTTER, J., IMREK, E. & MELZNER, S. (2017): Geodätische Grundlagenvermessung als Werkzeug in der Naturgefahrenanalyse. – Tagungsband zur Arbeitstagung der GBA 2017, 147–152, Wien.
- POISEL, R. & EPPENSTEINER, E. (1988): Gang und Gehwerk einer Massenbewegung Teil 1: Geomechanik des Systems „Hart auf Weich“. – Felsbau, **6/4**, 189–194, Essen.
- POISEL, R. & EPPENSTEINER, E. (1989): Gang und Gehwerk einer Massenbewegung Teil 2: Geomechanik des Systems „Hart auf Weich“. – Felsbau, **7/1**, 16–20, Essen.
- PREH, A. (2017): Analysis and prediction of the runout of rock slides and rock avalanches. – Tagungsband zur Arbeitstagung der GBA 2017, 257–258, Wien.
- ROHN, J., EHRET, E., MOSER, M. & CZURDA, K. (2005): Prehistoric and recent mass movements of the World Cultural Heritage Site Hallstatt, Austria. – *Environmental Geology*, **47/5**, 702–715, Heidelberg.
- SCHÄFFER, G. (1982): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 96 Bad Ischl. – Geologische Bundesanstalt, Wien.
- SCHILLER, G. & MELZNER, S. (2017): Terrestrial Laser Scanning in den Geowissenschaften – Chancen und Herausforderungen. – Tagungsband zur Arbeitstagung der GBA 2017, 219–221, Wien.