

Donnerstag 20. Oktober 2016

15:00-16:00

Multidisziplinäre Ergebnisse zum Talzus Schub Misljoch im Navistal, Tirol

¹Ing. Dr. Mag. Thomas Sausgruber, ²Dipl. Ing. Johannes Anegg

¹Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Stabstelle Geologie, Wilhelm Greilstraße 9, 6020 Innsbruck;

²Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Geoinformation, Herrengasse 1, 6020 Innsbruck

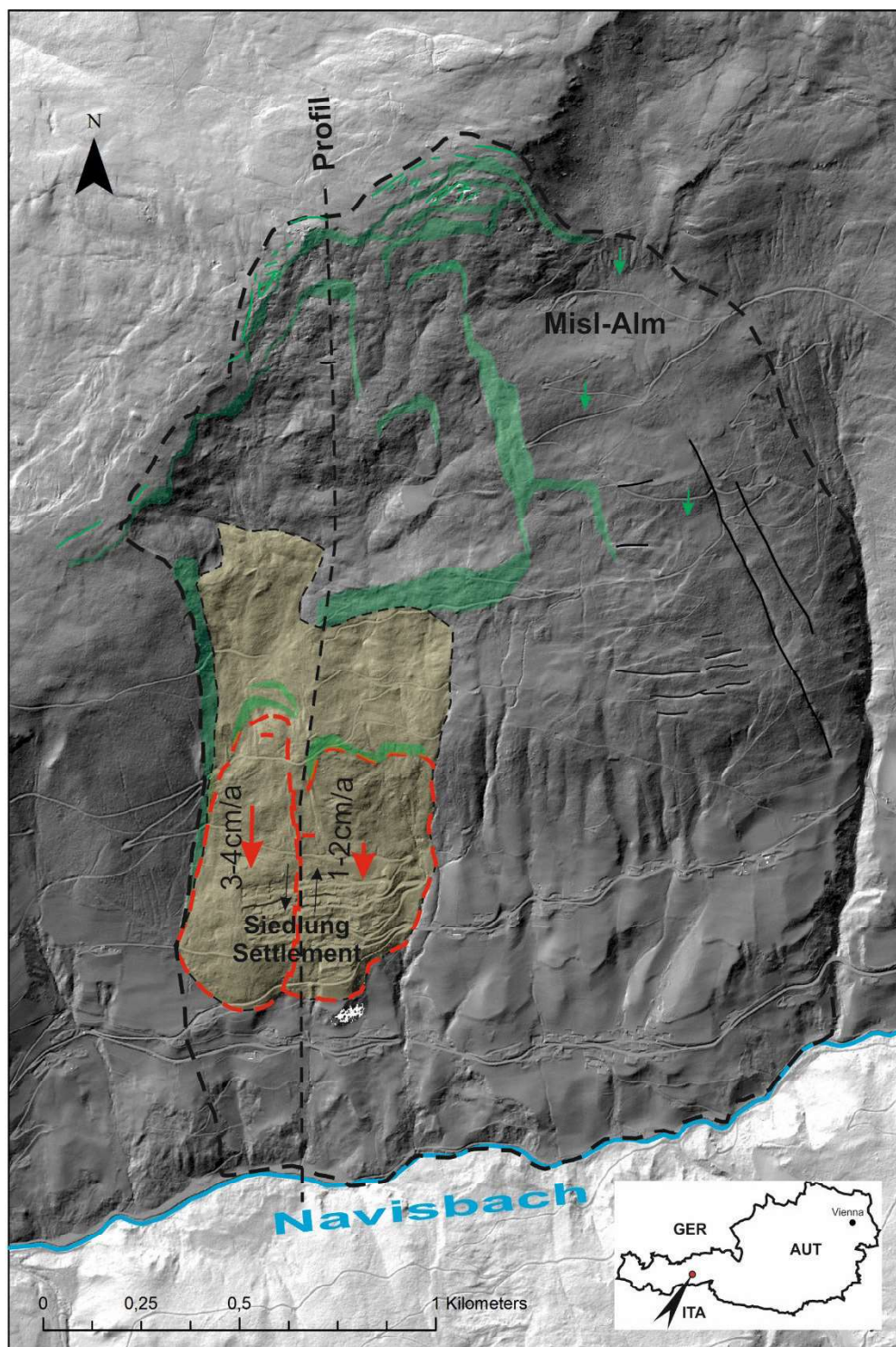
Einleitung

Ende der 70er Jahre erwarb die Gemeinde Navis in Tirol Grund und Boden eines aufgelassenen Bauernhofes (Kerschbaum). Damit sollte Gemeindegürgern die Möglichkeit zum Erwerb von Bauland geboten und der Landflucht entgegen gesteuert werden. Die Siedlungstätigkeit setzte Anfang der 80er Jahre ein. Bis Anfang der 2000er Jahre wurden 84 Häuser errichtet. Davon zeigen ein Dutzend Häuser Risse, die mehrheitlich auf Hangbewegungen zurückzuführen sind. Auf Basis von GPS-Messungen ist seit 2012 gesichert, dass sich der Hang in Bereichen mit bis zu 4 cm/Jahr bewegt. Auf Antrag der Gemeinde Navis erging der Beschluss, dass der Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung und das Amt der Tiroler Landesregierung detaillierte Erkundungen durchführen und ein Monitoring installieren und betreiben sollen, um einerseits die kausalen Zusammenhänge der Hangbewegungen erklären und darauf basierend Maßnahmen zur Reduktion dieser setzen zu können. Die im Jahr 2015 begonnenen Maßnahmen sind Teil, eines für 10 Jahre ausgelegten Sanierungskonzepts, welches die Wohnbarkeit der Kerschbaumsiedlung für die Zukunft sicherstellen soll.

Geomorphologie

Die Südflanke des Misljochs weist von der Gratregion bis zum Navisbach einen Höhenunterschied von etwa 1.000 m auf. Die mittlere Hangneigung ist 23°. Bei diesem Hang zeigt eine Reihe von geomorphologischen Strukturen dem Fachkundigen an, dass der Hang tiefgründig bewegt ist. Im Oberhang ist das Gelände treppenartig abgesehen. Es sind Nackentäler und Zerspalten ausgebildet (Abbildung 2). Beim taleinwärts gelegenen Teil der Großhangbewegung baucht der untere Hang konvex aus, sodass der Navisbach hier nach Süden abgedrängt wird und den Talraum verengt. Weiteres fällt, insbesondere im westlichen Teil der Großhangbewegung der konkav geformte Oberhang auf, was als Zeichen des Massenverlagerungsprozesses vom Kopf zum Fuß des Hanges zu interpretieren ist. Große, ganze Talflanken erfassende Hangbewegungen mit den beschriebenen Merkmalen wurden von Stini 1941 als *Talzus Schub* bezeichnet.

Der Mittelhang zeichnet sich durch ein unregelmäßig geformtes buckliges Gelände aus. Im Oberflächenmodell, berechnet aus den ALS-Daten des Amtes der Tiroler Landesregierung, sind hier mindestens zwei in der Art von Gletscherzungen geformte Kriechkörper erkennbar (Abbildung 1).



- | | | | |
|-----|--|-------|--|
| --- | Begrenzung Großhangbewegung
Boundary of landslide | ■ | Aktiver Schuttstrom
Active earth-slide |
| ■ | Alte Großanbrüche
Old sarps | - - - | Teilkörper, Lobes |
| — | Nackentäler
Trenches | — | Zerrspalten - alt/aktiv
Tension cracks - old/active |

Abb.1: DHM mit den geomorphologischen Hauptstrukturen zum Talzuschub Misljoch

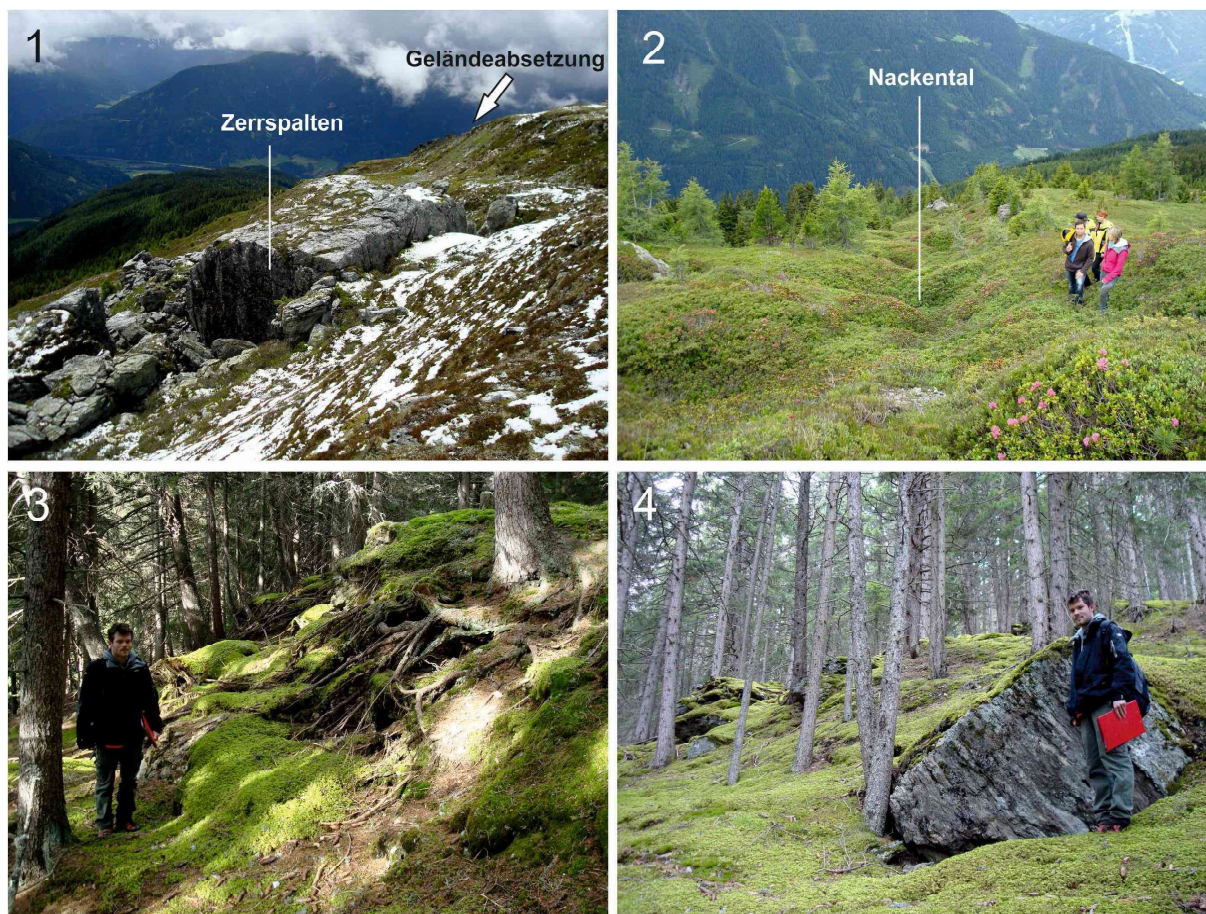


Abb.2: 1) Zerrspalten und Geländeabsetzung 2) Nackental 3) Riss und gespannte Wurzeln 4) Schuttstrom

Geologische und tektonische Verhältnisse

Das Gebiet der Großhangbewegung Misljoch liegt am Nordrand des Tauernfensters und wird im Wesentlichen aus zwei großtektonischen Einheiten aufgebaut:

- a) den penninischen Bündner Schieferen und
- b) dem ostalpinen Innsbrucker Quarzphyllit.

Dabei nehmen die unteren 2/3 des Hanges vom Navisbach (1.100 m.ü.A.) bis 1.700 m.ü.A. die Bündner Schiefer ein, oberhalb davon bis zum Grat der Innsbrucker Quarzphyllit. Der Kontakt zwischen Bündner Schiefer und Innsbrucker Quarzphyllit ist eine bedeutsame Überschiebung. In den Gratregionen des Misljochs selbst lagern im tektonischen Kontakt noch diverse Gesteine des Tarntaler Deckenkomplexes (Abbildung 3).

Die genannten Gesteinseinheiten sind im Großen und Kleinen verfaltet. Wichtige Faltenachsen streichen in etwa WSW-NNE bis W-E. Der Scheitel einer großen Antiklinale liegt im Bereich des Navisbaches. Das generelle Einfallen der Hauptschieferung am Südabhang des Misljochs ist somit mittelsteil nach NW bis N gerichtet. Unterhalb der Gratregion ist durch Sekundärfaltung bedingt, lokal auch ein Südeinfallen der Schieferung vorhanden. Letzteres hat, wie noch ausgeführt werden soll, für die Anlage der Massenbewegung Relevanz. Weitere in Zusammenhang für die Anlage der Hangbewegung bedeutsame Flächen stellen WSW-ENE bis SW-NE verlaufende steile Flächen der Miskopfstörung, N-S-streichende und E-W-streichende steile Klüfte dar (Pichler 2015).

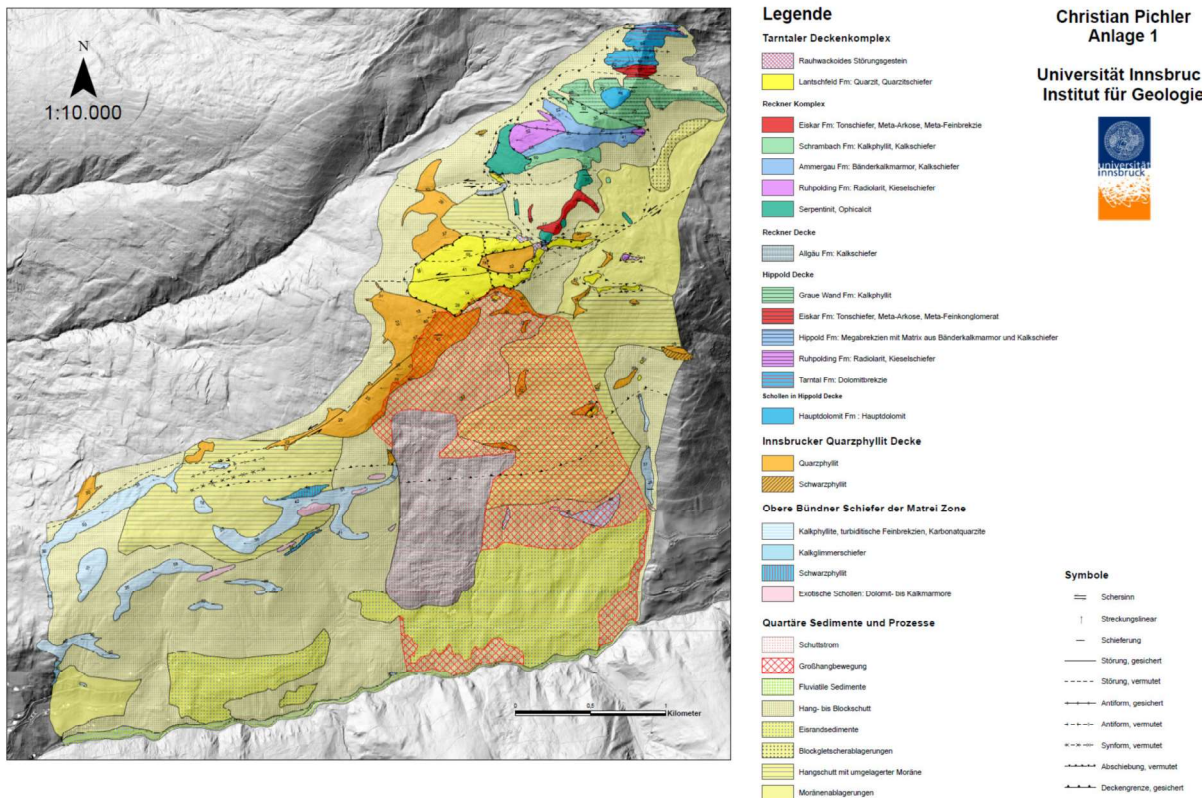


Abb.3: Geologisch-strukturelle Karte Misljoch Südhang (Pichler 2015)

Monitoring

Wie bei allen zu erkundenden Massenbewegungen trägt das Monitoring wesentlich und entscheidend zum Prozessverständnis bei, erfüllt aber auch wichtige Aufgaben der Beweissicherung und ermöglicht die Effektivität von Maßnahmen quantitativ zu überprüfen.

Das Monitoring der Hangflanke Misljoch besteht aus folgenden Teilen (Abbildung 4):

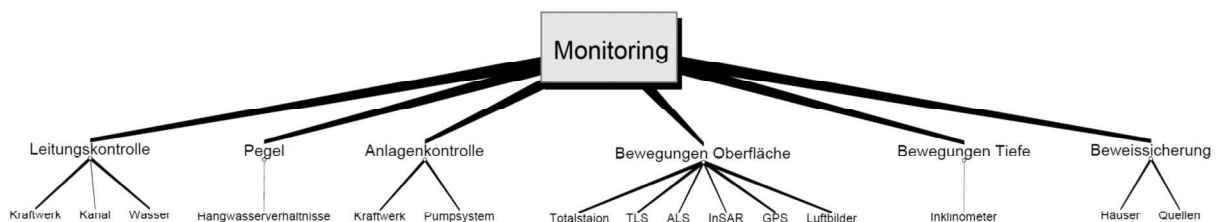


Abb.4: Monitoring Großhangbewegung Misljoch

Kernstück für die Erfassung der Bewegungen an der Oberfläche ist ein geodätisches 3D-Monitoring. Von einer Messstation am Gegenhang aus werden über eine Entfernung von 1.200 m bis 2.800 m achtzig mit Glasprismen bestückte Messpunkte stündlich mit einem Präzisionstachymeter gemessen. Die Ergebnisse zeigen die Veränderung der Lage und Höhe sämtlicher anvisierter und gemessener Punkte zu den vorhergehenden Messungen. Die dabei erreichte Genauigkeit liegt im Bereich der Siedlung bei +/- 2 mm in der Lage und +/- 5 mm in der Höhe (3 Sigma). Für die weit entfernten Ziele im Oberhang ist die Genauigkeit weniger gut.

Da auch die gegenüberliegende Talflanke, wo die Messstation steht, von aktiven Hangbewegungen erfasst ist, wird die Lage des Tachymeters laufend überwacht. Diese Standsicherheitskontrolle wird mittels eines GNSS (Global Navigation Satellite System) Systems realisiert. Unter Verwendung einer bestehenden

Referenzstation im nahegelegenen Ort Matriei und der Installation eines weiteren GNSS Empfängers in der Messstation wird die Position des Tachymeters mittels differentieller Verfahren unabhängig überprüft und für die korrekte Berechnung der Bewegung in der Kerschbaumsiedlung berücksichtigt.

Der gesamte Datenfluss des geodätischen Monitorings von der Auslösung der Messung bis zum Versand des wöchentlichen/monatlichen Berichts über Email läuft vollkommen automatisiert ab. Zusätzlich kann über ein Webportal auf die Messdaten in Echtzeit zugegriffen werden.

Zur Erfassung der Bewegungstiefen wurden hauptsächlich Kernbohrungen zu Inklinometern mit einer Tiefe von 60 m ausgebaut. Diese haben die Aufgabe Bewegungen innerhalb des Schuttstroms zu lokalisieren. Für die unterlagernde und tieferreichende Felsgleitung steht ein Inklinometer mit 120 m Ausbautiefe zur Verfügung. Die insgesamt 9 Inklinometer werden manuell in vierteljährlichen Abständen gemessen und ausgewertet. Seit Herbst 2015 ist eines davon als Ketteninklinometer ausgebaut und erlaubt so eine kontinuierliche Messung der Hangverschiebungen.

Die Hang- und Sickerwässer werden mit 64 Pegeln, die Teufen bis 70 m aufweisen, messtechnisch erfasst. Die meisten davon sind mit Datenlogger, die in regelmäßigen Zeitabständen ausgelesen werden ausgestattet. Die Daten können als Pegelwasserkurven zusammen mit anderen Messgrößen über ein Webportal eingesehen werden.

Wenig oberhalb der Kerschbaumsiedlung betreibt der Hydrographische Dienst des Amtes der Tiroler Landesregierung eine Messstation. Sie liefert neben den Messwerten des Niederschlags, der Temperatur und der Schneehöhe auch die Abflussdaten von seichtgründigen Drainagen, die mittlere Hangabschnitte oberhalb der Siedlung entwässern. Letztere repräsentieren quasi den Zwischenabfluss.

In Ergänzung zu den obigen Messeinrichtungen ist noch der Einsatz eines terrestrischen Lasersanner ein- bis zweimal pro Jahr vorgesehen.

In den Bereich des Monitoring fallen auch Kontrollmessungen zur Leitungskontrolle, Quellmessungen und Messungen v.a. von Rissen an Häusern. Die beiden letzten genannten Messungen sind Teil eines Beweissicherungsprogrammes.

Untergrunderkundungen, Untersuchungen

Nachdem durch GPS-Messungen die Aktivität der Hangbewegung eindeutig nachgewiesen werden konnte und außer Zweifel stand, dass die Schäden, vornehmlich Risse an etlichen Häusern, auf Hangbewegungen zurück zu führen waren, wurde die Hangbewegung im Rahmen eines Vorprojekts im Zeitraum von 2012 bis 2014 eingehend untersucht (Abbildung 5). Basierend auf einer geomorphologischen und ingenieurgeologischen Kartierung kamen eine kombinierte Refraktions- und Reflexionsseismik, Geoelektrik, Kernbohrungen und Hammerschlagbohrungen, aber auch einfach herzustellende Schürfe zum Einsatz. Ergänzt wurde dieses Programm durch Bohrlochgeophysik und Bohrlochversuche wie SPT-Versuche, Versickerungs- und Pumpversuche. Die Kernbohrungen wurden zu Inklinometern und Pegeln ausgebaut. Die aus Kernbohrungen und Schürfen gewonnenen Proben wurden im Labor auf verschiedene Fragestellungen im Wesentlichen aber auf ihre geotechnischen Eigenschaften hin untersucht. Zur Abklärung der hydraulischen Leifähigkeit des Untergrunds kamen aufwändige Pegelpumpversuche und ein Probefeld mit Brunnen, welches über ein dreiviertel Jahr betrieben wurde, zur Ausführung.

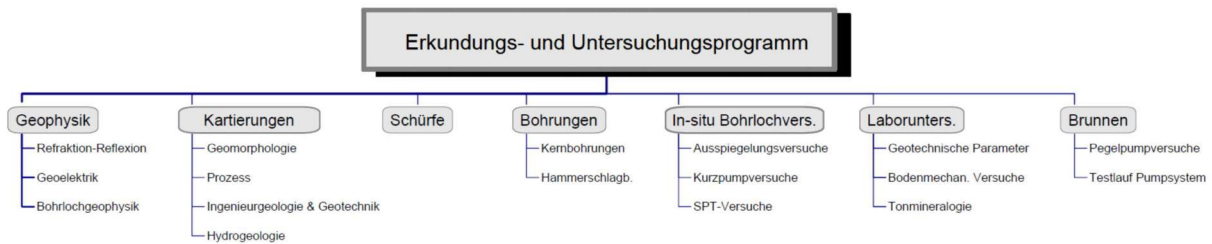


Abb.5: Übersicht Erkundungs- und Untersuchungsprogramm Großhangbewegung Misljoch

Analyse und Ergebnisse zur Großhangbewegung

Ingenieurgeologische – geomechanische Modellvorstellungen zur Felsgleitung

Die Großhangbewegung Misljoch stellt eine tiefgreifende Felsgleitung, der im mittleren und westlichen Hangabschnitt von 1.315 m.ü.A. bis 1.800 m.ü.A. ein ca. 40 m mächtiger Schuttstrom aufliegt, dar. Die Bewegungen setzen am Grat an. Begünstigt wird das Versagen im Oberhang durch lokal nach Süden einfallende Schieferungsflächen, tektonische steilstehende Flächen der Miskopfstörung und hangparallele steile Talklüfte (Pichler 2015). Die N-S verlaufenden steilen Klüfte haben die Bewegung nach Süden begünstigt. Die Massenbewegung wird durch diese Flächen lateral abgegrenzt. Geländesteilstufen im Oberhang (Abbildung 2-1), welche einen Höhenversatz bis zu 60 m aufweisen, stellen nichts anderes dar, als den Ausbiss von Versagensflächen. Abbildung 6 zeigt die beschriebene Modellvorstellung von der Gratregion bis zum Navisbach in einem relativ einfach gehaltenen Schnitt. Zum Beispiel wurden die Gleitflächen als ebene Flächen angenommen, um Parameterstudien zur Stabilität der Felsbewegung mittels einfacher Starrkörperanalysen durchzuführen.

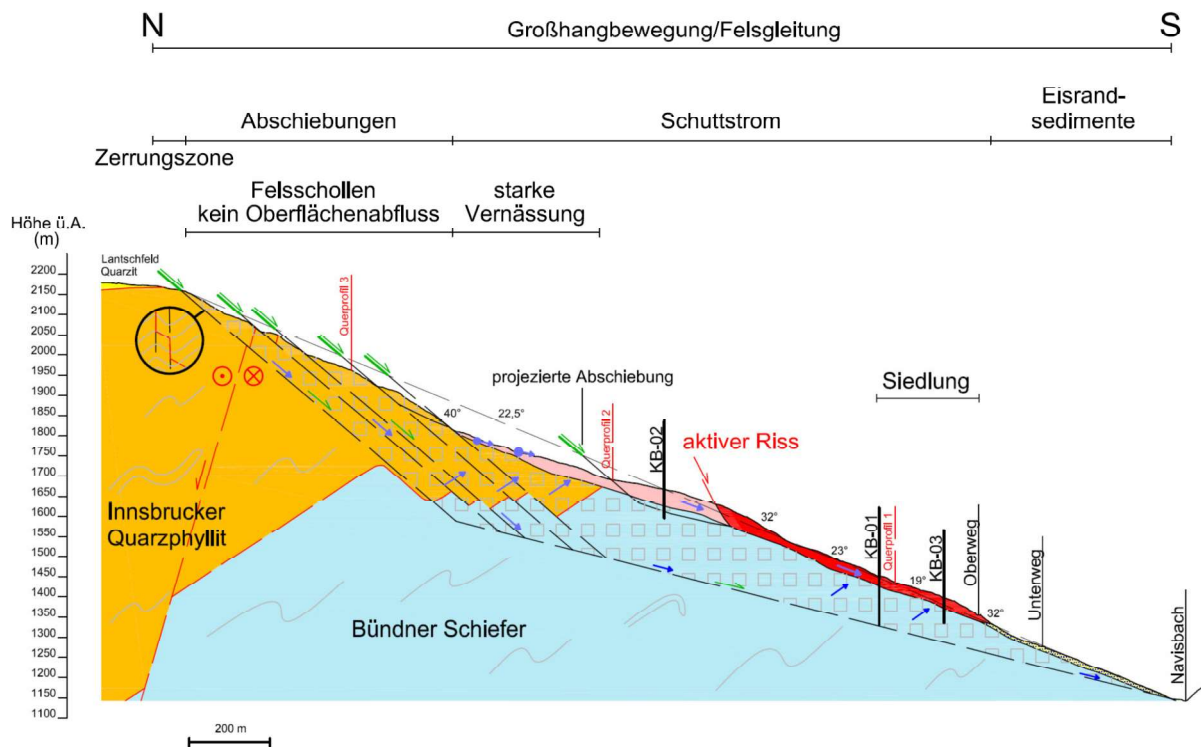


Abb. 6: Ingenieurgeologischer Schnitt durch die Großhangbewegung Misljoch (Pichler 2015)

Im ursächlichen Zusammenhang mit der Großhangbewegung stehen neben dem Trennflächengefüge auch die geomechanisch zu betrachtenden weichen Bündner Schiefer im Liegenden des Innsbrucker

Quarzphyllits. Obwohl der Unterschied in den Gesteinsfestigkeiten nicht besonders groß ist, führt dies doch zu einer Situation „Hart auf Weich“. Numerische Berechnungen mittels des Programms UDEC (Universal Distinct Element Code) haben gezeigt, dass durch die Nachgiebigkeit des weichen Sockels das Zugversagen im Oberhang forciert wird bzw. sehr ausgeprägt ist (Abbildung 7). Die Festigkeitsparameter zu Gestein und Trennflächen für die Modellierung wurden aus der Geländekartierung abgeleitet.

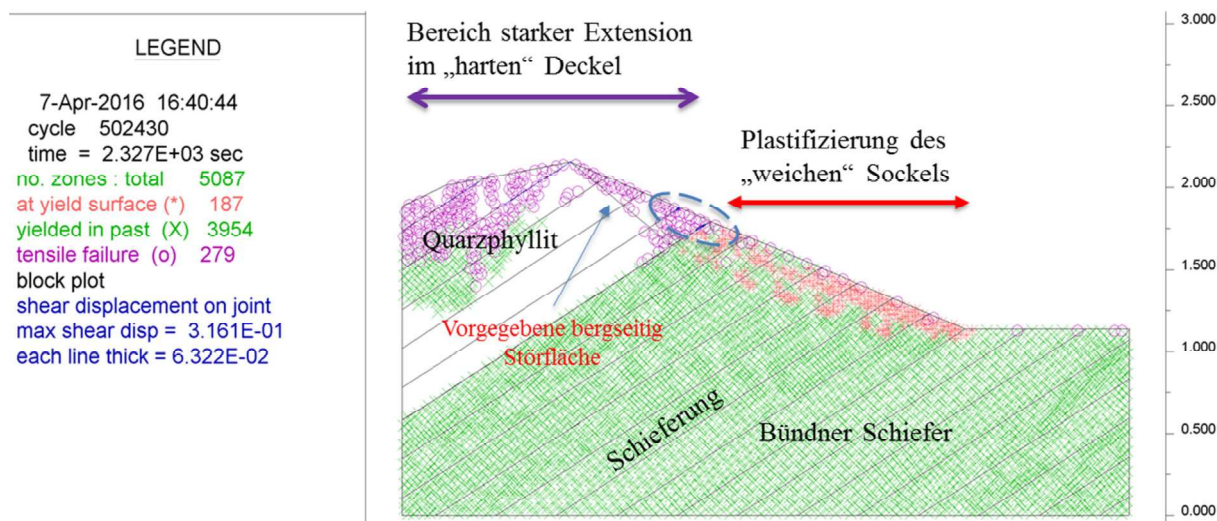


Abb. 7: Berechnung des Hangversagens mittels des numerischen Programms UDEC

Genese, Zusammensetzung, Hydrogeologie, Bewegungsbild und Geomechanik des Schuttstromareals

Im Mittel- und westlichen Teil des Hanges lagert der tiefgründigen Felsgleitung ein Lockergesteinskörper/Schuttstrom mit einer Mächtigkeit von 40 m auf. Dieser ist aus Teilschollen der Felsgleitung hervorgegangen. Er ist das Produkt des progressiven Zerrgleiten und der Verwitterung von Felsschollen. Ab und an, jedoch mengenmäßig untergeordnet, fanden sich in den obersten 10 m auch eingearbeitete quartäre Ablagerungen, die ursprünglich in geringer Mächtigkeit auf dem Festgestein lagerten.

Bei den Proben aus den Gleitzonen im Schuttstrom ergaben die Analysen nach ÖNORM B 4400-1:2010 gemischtkörnige Böden (Kies-Schluffgemische) mit einem Feinkornanteil von 15 bis 23% (Abbildung 8-2). In der Masse schwimmen auch Gesteinsblöcke mit mehreren Kubikmeter Größe (Abbildung 2-4). Der Plastizitätsindex I_p der Proben, zwischen 2 und 11%, weist auf eine geringe bis mittlere Bildsamkeit hin. Der natürliche Wassergehalt dieser Proben, w_n zwischen 12 und 16 %, liegt durchwegs unter der Ausrollgrenze ($w_p = 17$ bis 23 %).

In Anlehnung an die Klassifikation von Cruden und Varnes 1996, Hungr et al. 2014 und diversen deutschsprachigen Publikationen (Rohn et al. 1989, Bunza et al. 1976, Laatsch und Grottenthaler 1972) wurde für diese langgezogenen, eher grobkörnigen Kriechmassen die Bezeichnung *Schuttstrom* gewählt. Als maßgeblich für die Entstehung des Schuttstroms sind auch die strukturellen hydrogeologischen Untergrundverhältnisse zu sehen: Im mit offenen Rissen durchzogenen und aufgelockerten Oberhang sickert Wasser aus Niederschlag und Schneeschmelze tiefgründig ein. Ein guter Teil davon kommt im Mittelhang, wo die Überschiebung Innsbrucker Quarzphyllit/Bündner Schiefer austreicht wieder an die Oberfläche bzw. rinnt als Sickerwasser in geringen Tiefen ab (Abbildung 6). Dies führt so zur Durchströmung der Schuttstrommasse, welche die Bewegung, aber auch die Prozesse der Verwitterung

forciert. Der Rest verbleibt in der aufgelockerten Felsgleitung und kommt erst im unteren Hangabschnitt zum Vorschein. Somit kann der Deckengrenze zumindest eine teilweise stauende Funktion attestiert werden. Das Vorhandensein von gletscherähnlichen Schuttzungen im Westteil der Großhangbewegung und das Fehlen solcher im Ostteil hängen vermutlich mit einer Muldenstruktur im geologischen Untergrund zusammen. Die Mulde, bei der auch die Deckengrenze mitverfaltet ist (Abbildung 6), hat die Funktion einer überlaufenden Badewanne und führt so zum Austritt von großen Wassermengen im Mittelhang. Da die Mulde nach Osten abtaucht, geht dieser Effekt von West nach Ost zunehmend mehr verloren.

Das Material der Schuttströme ist von engstehenden Scherbahnen durchzogen und plattige Komponenten sind in Scherrichtung eingeregelt (Abbildung 8-1). Weiteres ist aus den Kernbohrungen bekannt, dass der Bodenaufbau der Schuttstrommasse sehr inhomogen ist und die Wasserflüsse in den einzelnen Schuttzungen sehr unregelmäßig, lateral wie auch vertikal, verteilt sind. Die Bohrungen haben auch ergeben, dass sowohl im Schuttstrom als auch in der unterlagernden Felsgleitmasse Wasser bis zu 2,5 bar gespannt sein kann. Im Schuttstrom korrelieren diese Wasserzutritte bereichsweise mit den in den Inklinometern lokalisierten Bewegungszonen.

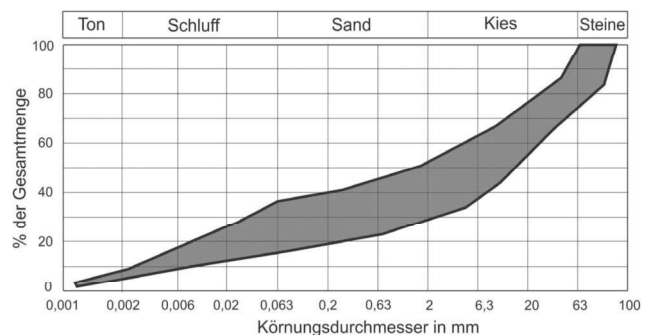
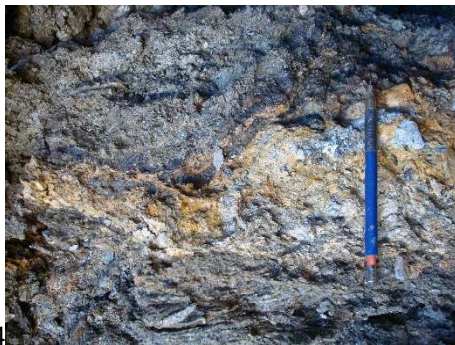


Abb.8: 1) Schuttstrommasse 2) Bandbreite an Kornsummenkurven aus den Gleitzonen der Schuttstrommasse (Hofmann 2014)

Erst durch mehrjährige Messreihen der Oberflächenpunkte und der Inklinometer konnte Licht in das Bewegungsbild und die Mechanik der Großhangbewegung gebracht werden. Die Oberflächenpunkte, die von der Totalstation aus gemessen werden, zeigen, dass sich Teile des Hanges unterschiedlich schnell bewegen. So bewegt sich die westliche Schuttzunge mit etwa 3 bis 4 cm pro Jahr doppelt so schnell wie die östliche mit 1 bis 2 cm pro Jahr. Die Schuttzungen unterscheiden sich aber auch in der Bewegungstiefe: Bei der Westlichen liegt die Scherzone am Übergang der Schuttstrommasse zur Felsgleitung in ca. 37 m Tiefe. In der östlichen verläuft die Scherzone in der Schuttstrommasse selbst in ca. 16 m Tiefe. Aufgrund des geradlinigen Verlaufs der Verschiebungen in den Inklinometern oberhalb der scharf definierten Gleitflächen lässt sich erkennen, dass die Bewegung derzeit *en block* erfolgt. Betrachtet man aber das Material der Schuttstrommassen, so fällt auf, dass dieses von einer Vielzahl von Scherflächen durchzogen wird (Abbildung 8-1). D.h., im Laufe der Entstehungszeit der Schuttströme wurde das Material vollkommen durchbewegt. Die bisher gemessenen Bewegungsraten der Schuttzungen von weniger als 0,1 mm/d entsprechen jedenfalls dem, was allgemein (s. Planat, Norwegian Geotechnical Institute oder International Union of Geological Sciences Working Group on Landslides) als Kriechen ($v \leq 1\text{mm/d}$) bezeichnet wird.

Infolge des relativ trockenen Sommers und Herbst 2015 war es möglich, die Bewegungen der Schuttungen von denen der tiefgreifenden Felsgleitung zu trennen. Die trockene Witterung führte dazu, dass die Felsgleitung Ende Juni 2015 zum Stillstand kam. Die Schuttungen kamen verzögert erst Anfang Jänner 2016 zum Stillstand. Von Jänner bis April 2016 war die gesamte Großhangbewegung in Ruhe (Abbildung 9). Mit Einsetzen der Schneeschmelze im April/Mai setzten die Bewegungen dann wieder ein, jedoch in der umgekehrten Reihenfolge: zuerst die Felsgleitung und nachfolgend die Schuttungen. Dieses Bewegungsverhalten spiegelt die Füllung bzw. die Entleerung der Wasserreservoirs in der Felsgleitung und die der Schuttströme wieder. Ferner ergaben die Messdaten, dass sich die Felsgleitung mit einer Geschwindigkeit von ca. 1 cm/a talwärts bewegt. Nach Abzug dieser Geschwindigkeit verbleibt eine Nettobewegung von 2 bis 3 cm/a für die westliche Schuttzunge und etwa 0,5 bis 1 cm/a für die östliche. Unter Berücksichtigung der morphologischen Ausbildung des Schuttstromareals, i.e. langgezogene Zungen mit steiler Stirn, ist davon auszugehen, dass die Kriechbewegungen in der beschriebenen Art und Weise schon Jahrtausende anhalten und kein schnelles Abfließen, wie man das beispielsweise bei den feinkörnig aufgebauten Erdströmen aus den Flyschregionen kennt, jemals stattgefunden hat. Wäre letzteres passiert, würde der Hang heute anders aussehen.

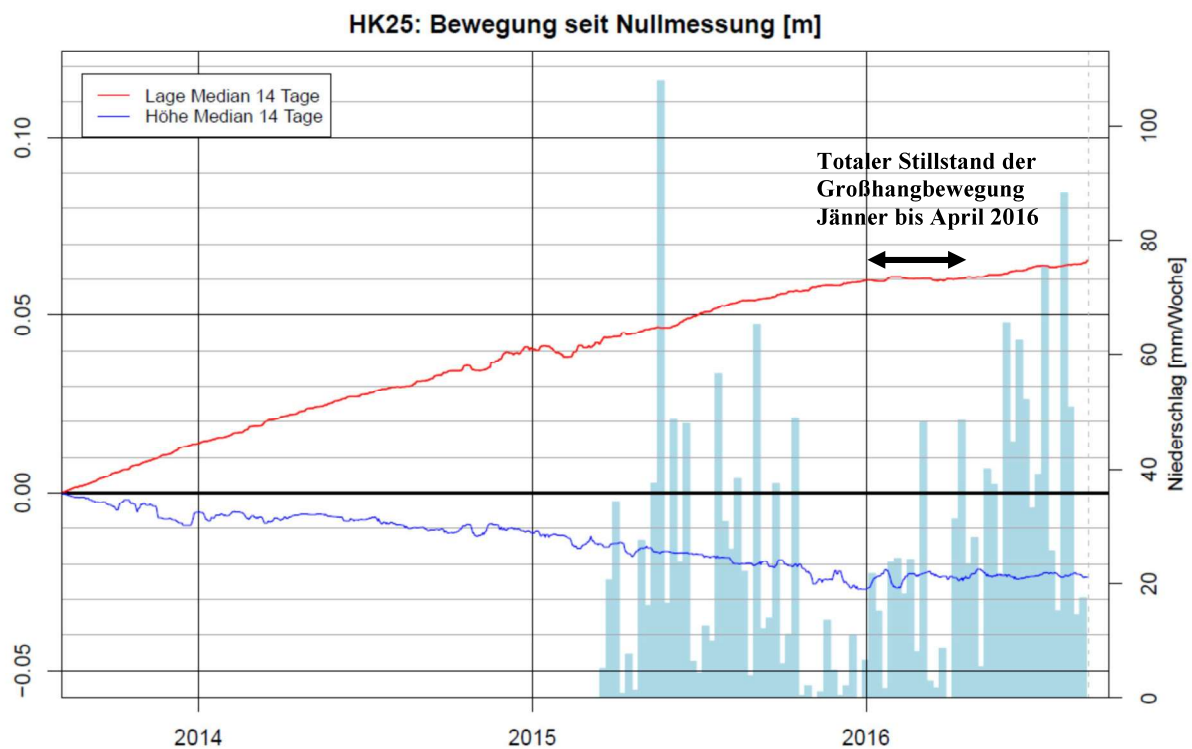


Abb. 9: Zeit-Verschiebungsgraph für den Punkt HK25 auf der westlichen Schuttzunge in der Kerschaumsiedlung

Maßnahmen

Basierend auf den Modellvorstellungen der Felsgleitung und zum Schuttstrom wurde ein Maßnahmenkonzept ausgearbeitet. Dieses ist primär darauf ausgelegt, mittels Tiefbrunnen den Schuttstrom zu entwässern, im Besonderen aber lokal vorhandene Porenwasserüberdrücke in den Scherzonen des Schuttstroms und gespanntes Wasser in der Felsgleitung abzubauen. Das Maßnahmenkonzept enthält u.a. auch noch die Drainagierung von stark vernässten Hangbereichen im westlichen Mittelabschnitt, den Bau und das Betreiben eines Kraftwerks zur Deckung des

Energieverbrauchs für die Tiefbrunnen und forstliche Maßnahmen zur Verbesserung der Interzeption. Das installierte Monitoring erfüllt hier die wichtige Aufgabe, die Effektivität der Maßnahmen quantitativ zu bewerten.

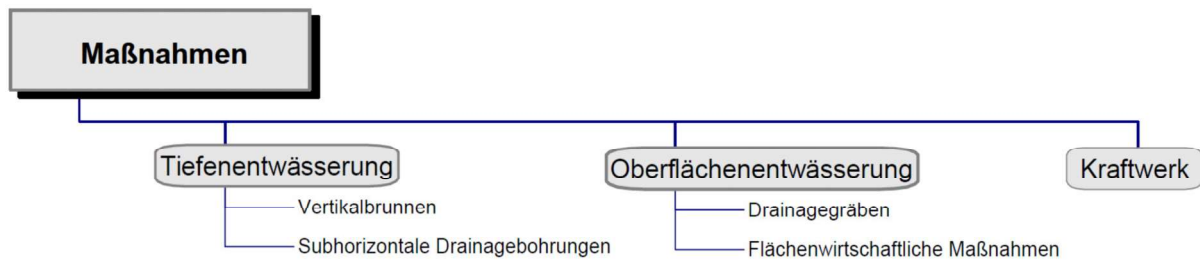


Abb. 10: Maßnahmenübersicht

Vorläufiges Resümee

Mit den seit 2012 durchgeführten Untergrunderkundungen und Untersuchungen konnten Modellvorstellungen für die Großhangbewegung Misljoch entwickelt werden, die eine effektive Maßnahmensetzung ermöglichen. Durch die systematisch betriebenen Beobachtungen besteht heute kein Zweifel mehr, dass nicht nur der Schuttstrom bewegt ist sondern auch die tiefgründige Felsgleitmasse. Weiteres wurde deutlich, dass Schäden an den Häusern aufgrund der tiefen und *En-block*-Bewegungscharakteristik der Schuttzungen nur am Übergang unterschiedlich schnell bewegter Bereiche, wie dies zwischen dem östlichen und westlichen Teil der Siedlung der Fall ist und in Bereichen, wo die Bewegungsvektoren divergieren, entstehen konnten. Ziel der bereits zum Teil umgesetzten Maßnahmen ist es daher, die Scherbewegungen zwischen den beiden Schuttzungen zu minimieren oder zu stoppen, indem die Geschwindigkeit der Schuttzunge West verringert und an die Geschwindigkeit der östlichen angeglichen wird. Maßnahmen, die zu einer Stabilisierung des ganzen Hanges führen, scheiden aufgrund des Tiefgangs und der Größe aus. Die Bewegung des Talzuschubs hat aber kaum nennenswerte Auswirkungen, da sich keine Häuser an den randlichen Bewegungszonen befinden. Einzig die den Talzuschub querenden Straßen erleiden hiedurch Schäden.

Die Tiefbrunnen sind Anfang Jänner des heurigen Jahres vollständig in Betrieb gegangen. Seit dem maßgeblichen Wasserinput aus der Schneeschmelze im Frühsommer zeigen die Vermessungsergebnisse wieder ein Einsetzen der Bewegungen nach dem Stillstand der Massenbewegung im Winter. Jedoch sind die Geschwindigkeiten für die Schuttzungen deutlich wahrnehmbar langsamer. Die Bewegungsraten liegen, je nach Gebiet derzeit bei weniger als 0,5 bis 1 cm/a. Es ist anzunehmen, dass sich dieser positive Trend weiterhin fortsetzen wird. Wie sich die Bewegungsraten im Detail weiter entwickeln werden, bleibt aber noch abzuwarten und wird je nach den jahreszeitlichen Niederschlags- und Schneemengen unterschiedlich sein. Die Abklärung dessen bedarf jedenfalls einer langjährigen Fortführung des Monitorings.

Für die Bewohner der Siedlung Kerschbaum haben diese Ergebnisse aber durchwegs schon etwas Beruhigendes: Auch wenn sich der Hang weiterhin bewegen wird, ist die Bewohnbarkeit der Siedlung in fast allen Bereichen gegeben, eine vielleicht einmal im Raum gestandene Aufgabe der Siedlung wird nicht notwendig werden.

Zitate-Referenzen

- Bunza, G.; Karl, J.; Mangelsdorf J. (1976) Geologisch-morphologische Grundlagen der Wildbachkunde. Schriftenreihe d. Bayer. Landesstelle f. Gewässererk., 11, München.
- Cruden, D.M.; Varnes D. J. (1996) Landslide Types and Processes. In: Turner A.K. and Schuster R.L. (eds.): Landslides: Investigation and mitigation. Special report 247. Washington D.C.: National Academic Press, 36-45.
- Hofmann, R. (2014): Berichte über Bodenphysikalische Laboratoriumsuntersuchungen. GZ La 144/13, La 167/14, La 179/14
- Hungr, O.; Leroueil, S.; Picarelli, L. (2014) The Varnes classification of landslide types, an update. Landslides, 11, 167-194.
- Laatsch, W.; Grottenthaler, W. (1972) Typen der Massenbewegung in den Alpen und ihre Klassifikation. Forstwiss. Clb., 91 Jg., 6, 303-339.
- Pichler, C. (2015) Ingenieur- und allgemeine Geologie der Großhangbewegung Misljoch (Navistal, Tirol) Masterarbeit: Leopold-Franzens Universität, Innsbruck.
- Rohn J.; Czurda, K. A.; Moser, M.; (1989)Schuttströme als Sonderfälle alpiner Hangbewegungen. Tagungsband, 7, Nat. Tag. Ing. Geol., Bensheim, 93-98.
- Stini, J. (1941): Unsere Täler wachsen zu. *Geol. Bauwes.* 13/1, 72-7