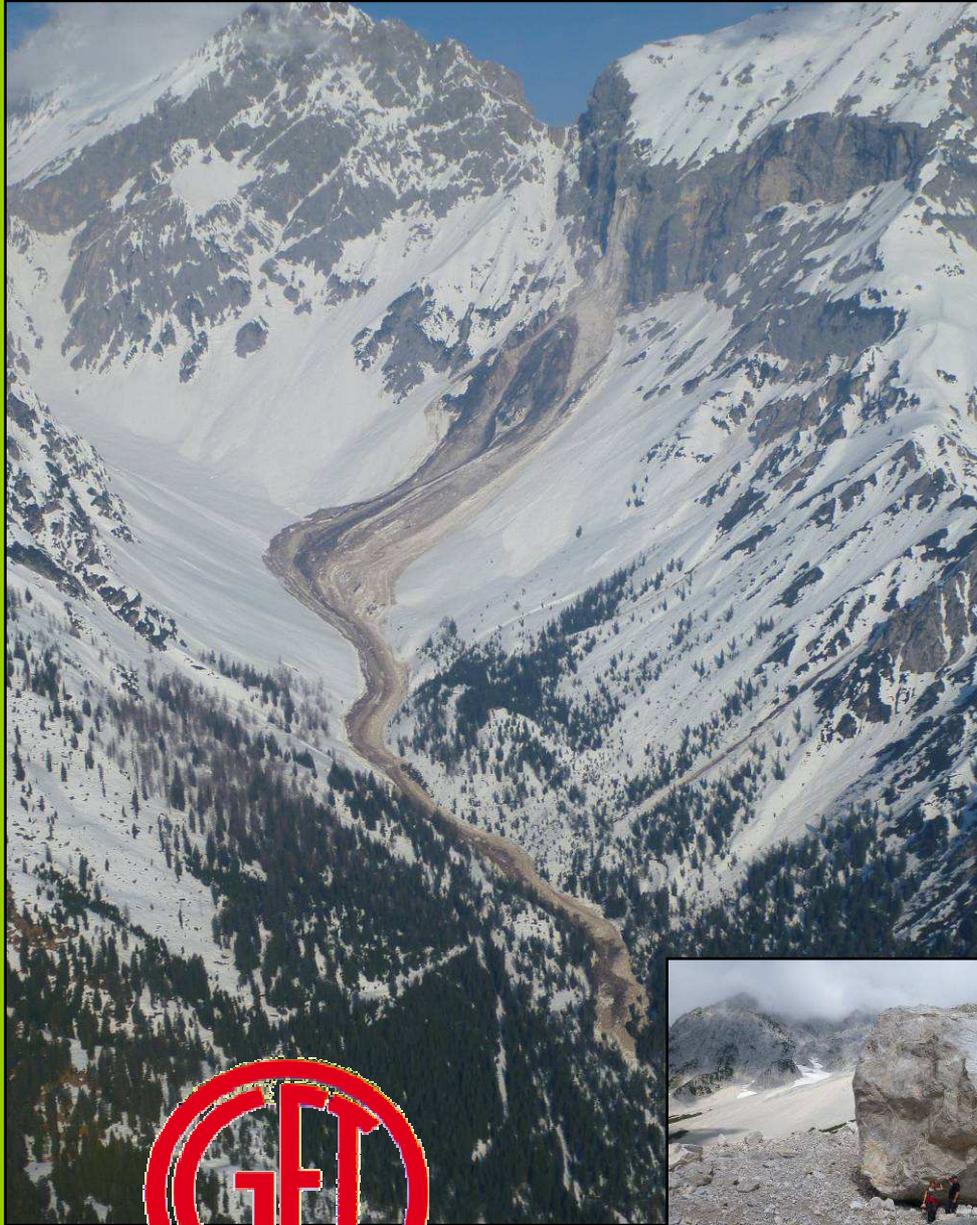


# 14. Geoforum Umhausen 18. – 19. Oktober 2012



**Geoforum**  
**Tirol**



Felssturz Alpl, Telfs  
© Mag. Petra Nittel

## Tagungsband

## Grußworte von Landeshauptmann-Stellvertreter ÖkR Anton Steixner



Sehr geehrte Tagungsteilnehmer, Referenten und Organisatoren!

Der bisherige Verlauf des Jahres 2012 hat uns in sehr nachhaltiger und teils bedrückender Weise gezeigt, dass Naturereignisse wie Blockstürze, Fels- und Bergstürze, Hangrutschungen und Muren den alpinen Siedlungsraum und die Verkehrswege in unserem Land bedrohen können.

Als für die Sicherheit vor Naturgefahren zuständiges Mitglied der Tiroler Landesregierung begrüße ich es sehr, dass auch das 14. Geoforum die Themenkreise, die das Leben in den engen Tälern des Alpenraums betreffen und prägen, in umfassender Weise thematisiert.

Die fachübergreifende Sichtweise, wie sie beim Geoforum Umhausen stets Grundsatz war und ist, kann uns entscheidend helfen unser alpin geprägtes Land lebenswert zu sichern und zu erhalten. Diese Aufgabe ist eine, die durch die Politik zu lösen ist. Die Politik kann dies aber nur, wenn verantwortungsbewusste Fachleute die Voraussetzungen für die politischen Entscheidungen schaffen. Auch die Menschen im Land müssen ihr Bewusstsein für das Leben mit den Naturgefahren schärfen. Dafür ist es besonders wichtig, dass der Kreis der Fachleute verantwortungsbewusst, besonnen und umfassend sein Wissen zur Verfügung stellt.

Das Geoforum Umhausen hat - nicht zuletzt auch Dank seiner Veranstalter - stets diese Ziele verfolgt und so entscheidend dazu beigetragen, dass die Ergebnisse umsichtiger und verantwortungsbewusster Forschung und fachliche Erfahrung den Entscheidungsträgern zur Verfügung gestellt werden und gerade auch im Krisenfall unterstützend eingesetzt werden können.

Die fachliche Vielfalt der Tagung spiegelt sich in der Referentenliste eindrucksvoll wider. Mehrfach wird die Bedeutung des Bewuchses als Schutz vor Erosion thematisiert. Dass viele Hänge Tirols langsam kriechend in Bewegung sind, ist bekannt. Bei fachgerechter und verantwortungsvoller Planung ist dies aber nicht automatisch ein Ausschlusskriterium für kleinere und größere Bauvorhaben, wie sie für eine positive Entwicklung Tirols in der Zukunft notwendig sind - man denke nur an den Ausbau der Wasserkraft oder die Benützung des alpinen Raumes als Freizeit- und Sportgebiet.

Ich freue mich, dass auch heuer wieder die interessierte Öffentlichkeit in die Tagung durch eine öffentlich und frei zugängliche Abendveranstaltung einbezogen wird. Damit ist gewährleistet, dass Fachwissen in gut verständlicher Weise und direkt der Bevölkerung nähergebracht werden kann. Auch die mediale Präsenz des Geoforums dient diesem Zweck, was sehr zu begrüßen ist.

So möchte ich abschließend den Teilnehmern und den Organisatoren eine erfolgreiche und interessante Tagung, umgeben von der eindrucksvollen Bergwelt der Ötztaler Alpen wünschen. Ich hoffe sehr, dass Sie bei der Jubiläumstagung des 15. Geoforums Umhausen 2013 wieder hier in Umhausen-Niederthai teilnehmen und so den Erfolgsweg der Veranstaltung gemeinsam fortsetzen werden.

ÖkR Anton Steixner  
(Tiroler Landeshauptmann-Stellvertreter)

### Grußworte von LA Bgm. Mag. Jakob Wolf

Sehr geehrte Tagungsteilnehmer, Referenten und Organisatoren!

Als Bürgermeister von Umhausen bin ich sehr froh, dass unsere Gemeinde heuer von Naturereignissen oder gar Naturkatastrophen weitgehend verschont geblieben ist. Eine große Mure hat den Acherbach aus den Ufern treten lassen und beträchtlichen Flurschaden angerichtet. Die Schutzbauwerke haben gehalten und so den Ort vor größeren Schäden bewahren können. Nicht jeder Ort in Tirol ist heuer – so wie Umhausen – mit einem blauen Auge davongekommen. Das eine oder andere Naturereignis in Tirol entwickelte sich heuer zur Katastrophe, sodass teils große Schäden entstanden sind und leider auch Todesopfer zu beklagen waren.



Ich bin sehr froh, dass die „Gründungsväter“ des Geoforums, Herr em. o. Univ. Prof. Dr. Helfried Mostler und unser Landesgeologe Dr. Gunther Heißel 1999 an mich herangetreten sind mit der Idee der Abhaltung einer interdisziplinären Tagung, die sich vor allem auch mit Naturgefahren und ihren Auswirkungen auf unseren von steilen Bergen und engen Tälern geprägten Lebensraum beschäftigen soll, und wir dann gemeinsam dieses Vorhaben umgesetzt haben.

Nun findet diese Tagung zum 14. Mal statt und der große Erfolg des Geoforums bestätigt die Richtigkeit der Entscheidungen von 1999 in eindrucksvoller Weise.

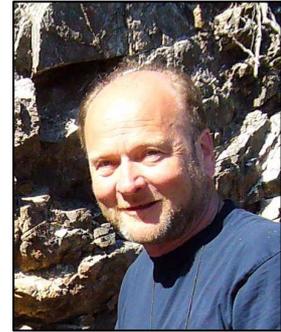
Mich beeindruckt es sehr, wie Experten der verschiedensten Fachbereiche und aus zum Teil weit entfernten Ländern hier beim Geoforum Umhausen ihr Wissen und ihre Erfahrungen austauschen, mit dem Ziel, Beides zum Nutzen und zum Wohle der im Alpenraum lebenden Bevölkerung einzusetzen. Dass im Rahmen einer öffentlichen Abendveranstaltung die Bürger Umhausens und der umliegenden Regionen an der Tagung teilhaben können, kann ich nur sehr begrüßen. Der Wetterexperte Erhard Berger und unser Landesgeologe Gunther Heißel werden heute Abend sicherlich das Interesse der Zuhörerschaft für die Probleme, die durch die Naturgefahren entstehen, wecken können.

Ich darf somit allen Teilnehmern und Teilnehmerinnen am 14. Geoforum Umhausen 2012 eine erfolgreiche und interessante Tagung wünschen und hoffen, dass Sie sich bei uns wohlfühlen. Mein Dank gilt den Organisatoren der Tagung, die auch heuer wieder mit viel Elan und Begeisterung ein sehr interessantes und vielfältiges Tagungsprogramm zusammenstellen konnten.

Somit bin ich mir auch sicher, dass wir uns beim 15. Geoforum Umhausen vom 16. bis 18. Oktober 2012 wieder sehen werden.

Mag. Jakob Wolf  
(Vizefraktionschef der Volkspartei im Tiroler Landtag und Bürgermeister der Gemeinde Umhausen)

### Grußworte von Dr. Gunther Heißel



Sehr geehrte Tagungsteilnehmerinnen und Tagungsteilnehmer, sehr geehrte Referenten!

Leider ist heuer die seit Jahren anhaltende Serie von Naturkatastrophen, die - abgesehen von teils großen materiellen Schäden und Verwüstungen - wenigstens keine Todesopfer gefordert hat, jäh zu Ende gegangen. Wir haben in erschreckender Weise erfahren müssen, dass Sekunden oder Bruchteile von Sekunden genügen, um aus dem normalen Leben in die Katastrophe gestürzt zu werden.

Unweigerlich drängen sich bei solchen Erlebnissen die Fragen auf, ob die Zukunft derartige Katastrophen vermehrt bringen wird und wie die Bevölkerung erfolgreich davor geschützt werden kann.

Dass gerade das Geoforum Umhausen als interdisziplinäre und international besetzte Fachveranstaltung auch heuer wieder erfolgreich dazu beitragen kann, realistische und praxisorientierte Wege für die Zukunft aufzuzeigen, wie unsere Berge und Täler als wertvoller Lebensraum erhalten und gestaltet werden können, erfüllt mich mit großer Freude.

Dass das Geoforum Umhausen in Fachkreisen ebenso wie in der Öffentlichkeit einen hohen Stellenwert genießt, ist den exzellenten Vortragenden, sowie den Tagungsteilnehmern und Teilnehmerinnen zu verdanken. Das Ambiente der Tagung ist ein besonders angenehmes, was sicherlich auch zum Erfolg der Veranstaltung beiträgt.

Ich möchte mich besonders bei meinem engagierten Organisationsteam bedanken, das die Abhaltung der Tagung wohl erst ermöglicht hat.

Mein besonderer Dank gilt aber auch dem Herrn Landeshauptmann-Stellvertreter Anton Steixner, der unsere Tagung durch die vergangenen Jahre mit größtem Interesse und größter Wertschätzung begleitet und das Geoforum Umhausen stets sehr unterstützt hat.

Bürgermeister Mag. Jakob Wolf steht mit seiner Gemeinde seit der ersten Tagung 1999 dem Geoforum Umhausen tatkräftig zur Seite, wofür wir ihm großen Dank schulden. Vielen herzlichen Dank auch Frau Martina Scheiber und Herrn Manfred Scheiber aus Umhausen für die großen organisatorischen Hilfestellungen.

Ich darf nun allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern, sowie allen Vortragenden ein erfolgreiches und interessantes 14. Geoforum 2012 wünschen und darf die Hoffnung ausdrücken, dass wir uns auch zum 15. Geoforum Umhausen 2013 vom 16. bis 18.10.2013 wiedersehen werden.

Dr. Gunther Heißel  
(Präsident des Vereins Geoforum Tirol)

**Kurzfassungen in Reihenfolge der Vorträge      DONNERSTAG 18. Oktober 2012**

<b>Donnerstag 18. Oktober 2012</b>	<b>09:30-10:00</b>
------------------------------------	--------------------

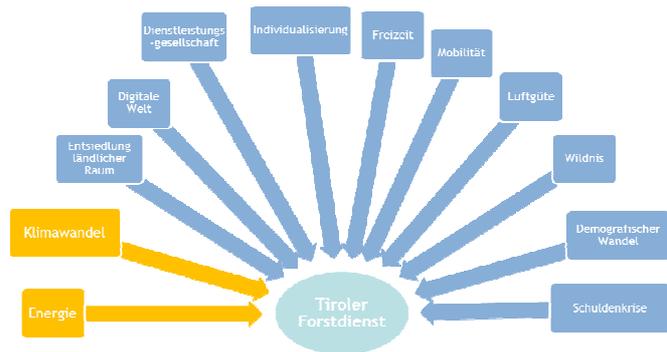
## Am Berg ist alles in Bewegung Waldstrategie 2020

Josef Fuchs,

*Amt der Tiroler Landesregierung, Landesforstdirektor*

Wald ist nicht gleich Wald, den in Tirol hat der Wald viele Funktionen, unter anderem als Einkommensquelle, Krafraum, Produktionsgrundlage, Erholungsgebiet, Baugrund, Weideland, Lebensraum, Rohstoffreserve, Arbeitsplatz, Adventure Park, Filter, Jagdrevier und Schutz vor Naturgefahren.

Unser Umfeld ändert sich ständig aufgrund von natürlichen Einflüssen wie z.B. dem Klimawandel aber auch anderen antropogenen Trends wie z.B. der Entsiedlung des ländlichen Raums, und anderen Faktoren wie Schuldenkrise, Individualisierung, Luftgüte etc. Alle diese Faktoren wirken sich auch auf den Forstdienst aus. Der Vortrag zeigt weiters sie wichtigsten und unwichtigsten Leistungen für die Bevölkerung/Naturnutzer, Waldbesitzer und Gemeinden auf. Es werden die bis 2020 gesetzten Schwerpunkte vorgestellt zu den Themen



- wirtschaft.wald
- energie.wald
- natur.wald
- erlebnis.natur
- schutz.wald

Neue Leistungen wie die Überwachung der Wildbäche und Überwachung der Schutzbauten werden vorgestellt.



Donnerstag 18. Oktober 2012

10:00-10:30

## Felssturz Alpl

Heiner Bertle<sup>1</sup>, Gunther Heißel<sup>2</sup>, Petra Nittel<sup>3</sup>

<sup>2</sup>GEOGNOS Bertle ZT GmbH, Schruns

<sup>2,3</sup>Amt der Tiroler Landesregierung, FB Landesgeologie

### Einleitung:

In der Nacht vom 22. auf 23.3.2012 hat sich unterhalb des Alplkopf-Hochwand-Gebirgsstockes wenige hundert Meter südöstlich der Alpscharte ein Felssturz ereignet. Die Absturzstelle und das Ablagerungsgebiet der Sturzmassen befinden sich auf dem Gebiet der Gemeinde Wildermieming. Auf Ersuchen der Marktgemeinde Telfs wurde die Situation durch die Landesgeologen Mag. Petra Nittel und Dr. Gunther Heißel zu Fuß und mittels Hubschrauber zwecks Beurteilung der Situation und Abklärung der Frage „Gefahr in Verzug“ erkundet.

### Befund:

Das Abbruchgebiet im Bereich der südlichen Felswände des Hauptkammes des Mieminger Gebirges wird aus Gesteinen des Wettersteinkalks aufgebaut. Der Gebirgsstock Alplkopf-Hochwand befindet sich dabei in einer Zone, in der Rifffazies dominiert und riffnahe Lagunensedimente in östliche Richtung zunehmen. Die Gesteine sind zu einer großen Antiklinale deformiert. Unweit südlich des Abbruchgebietes lagern Gesteine der Nordalpinen Raibler Schichten als nächstjüngere Schichtenfolge. Daran schließt mit einer großen Störung („Mieminger Südrandstörung“) ein großes Gebiet, das sich aus Gesteinen des Hauptdolomits aufbaut, an.

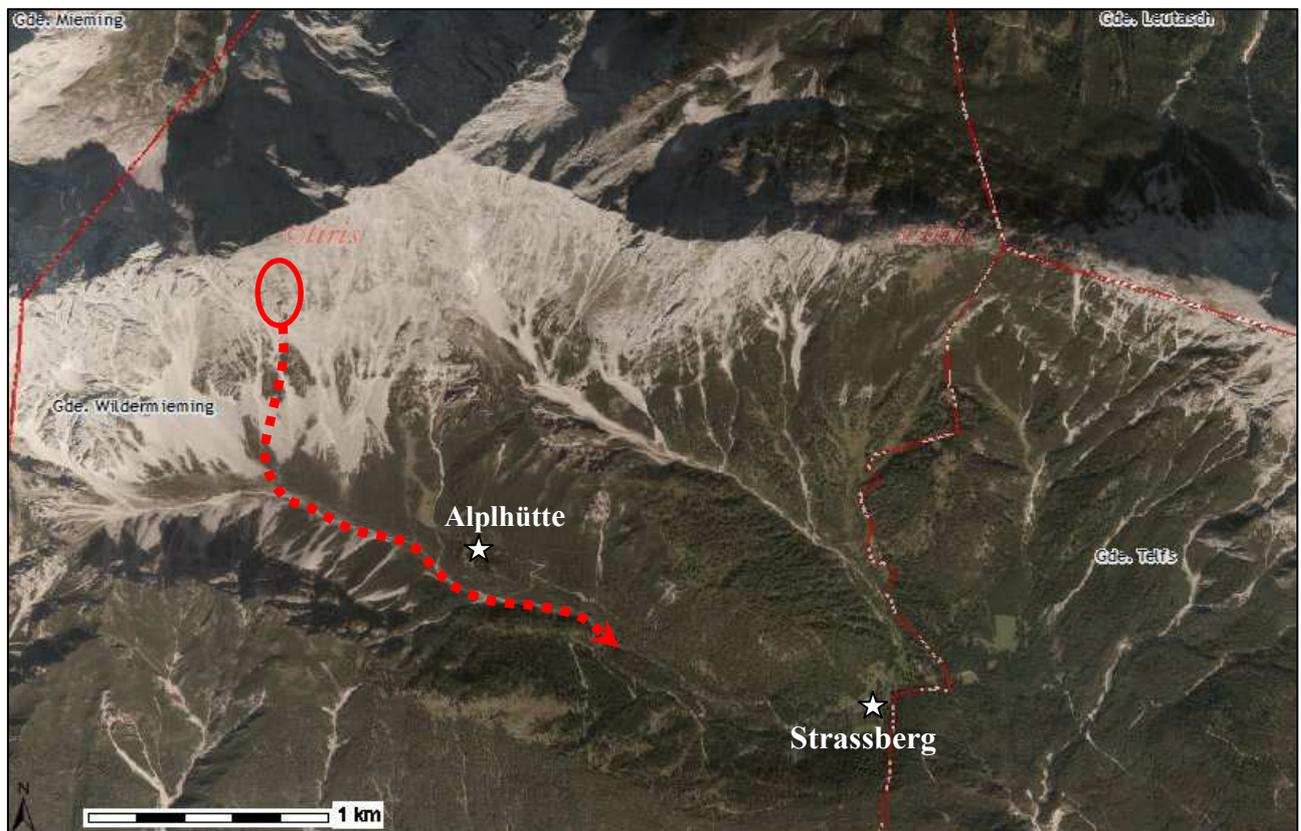
Die Gesteine des Wettersteinkalks zeigen im betreffenden Bereich deutliche Verkarstung, die entlang von Trennflächen, aber auch synsedimentär angelegt an den ursprünglichen Hohlräumen des Riffes und des Riffschuttes zu beobachten ist. Tektonisch bedingt ist von einem hoch liegenden Bergwasserspiegel auszugehen.

Die Abbruchfläche in der nahezu senkrechten, teils auch von Überhängen geprägten Wand aus Wettersteinkalk weist eine Breite von ca. 70 m auf und eine Höhe von ca. 150-200 m. Im unmittelbaren Umgebungsbereich sind – wie bereits erwähnt - überhängende Gesteinspartien vorhanden die durch deutlich offenen Klüfte vom Felsverband getrennt sind. Auch konnte festgestellt werden, dass in den beiderseits benachbarten, leicht überhängenden Bereichen deutliche Wasseraustritte aus steilstehenden Trennflächen mitten im Wandbereich vorhanden sind. Auch im Fußbereich der Steilstufe sind Wasseraustritte an bergausfallenden Trennflächen erkennbar, die auch vor dem Sturzereignis vorhanden waren. Das Festgestein aus Wettersteinkalk unmittelbar oberhalb der Abbruchstelle zeigt starke Verkarstungserscheinungen in Form von Rillen (Karren).

Die Sturzmasse hat sich auf einem unterhalb lagernden Felsvorsprung geteilt und ist ab dem Wandfuß auf die dicke Schneedecke aufgetroffen. In weiterer Folge ist die Sturzmasse als Gemisch aus Schnee, mehr oder weniger großen Gesteinstrümmern und Wasser mit sehr großer Geschwindigkeit

entlang der Tiefenrinne des Alpbaches über der Schneedecke talauswärts „geschossen“ bis weit unterhalb der Alphütte (Alphaus). Der Schnee der mächtigen Schneedecke wurde teilweise massiv abgeschürft und seitlich und an der Front mächtig abgelagert. Steine und Blöcke sind über die gesamte Sturzbahn, die eine Länge von ca. 2,5 km aufweist verteilt. In ersten Schätzungen musste davon ausgegangen werden, dass die Mächtigkeit der Sturzablagerungen fast ausnahmslos zumindest mehrere bis viele Meter beträgt. Die Gesteinstrümmer finden sich von Kies- bzw. Steingröße bis in den Größenbereich von Megablöcken.

Durch das offensichtliche rasche Abgleiten der Sturzmassen wurden sowohl das E-Werk der Alphütte, als auch seine Trinkwasserquellfassung zum Teil meterhoch verschüttet.



Das Ereignis hat durch den Aufprall ein leichtes Erdbeben ausgelöst und wurde um 23:53 Uhr des 22.03.2012 mit einer Magnitude von 1,4 nach Richter durch die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) registriert. Aus den Aufzeichnungen der ZAMG wurde geschlossen, dass die Sturzmasse mindestens in der Erstphase eine Geschwindigkeit von 400 h/km erreicht hat.

Aufgrund der Maße der Abbruchstelle und dem Vergleich mit alten Fotos wurde die Kubatur des Ereignisses mit ca. 600.000 bis 800.000 m<sup>3</sup> abgeschätzt.

Der Alpbach war zwar durch das Sturzereignis auf über 1 km Länge tief verschüttet. Zum Zeitpunkt der Ortsaugenscheines konnte er jedoch an der Spitze der Sturzzunge ungehindert austreten.

Ergänzend ist anzumerken, dass rund um die Schutzzunge der Absturzmasse und weiter talauswärts in Richtung Strassberghaus zahlreiche Blöcke aus Wettersteinkalk im Wald liegen. Ihre Übermoosung und der Baumbewuchs dazwischen signalisieren, dass diese Blöcke schon länger hier lagern.

### **Schlussfolgerungen:**

Die Untersuchungen aus der Luft und am Boden haben folgende Schlussfolgerungen herausarbeiten lassen:

Dem Ereignis des Abbruches der Felsmassen ist ein warmer Spätherbst und Frühwinter vorausgegangen, der in einen schneereichen und teils sehr kalten Hochwinter übergegangen ist. Der Untergrund war bis zur Bildung einer dauerhaften Schneedecke kaum irgendwo nennenswert gefroren. Die großen Schneehöhen haben ein Zufrieren des Untergrundes weitgehend dauerhaft verhindert. Somit ist dem Absturzereignis ein längerfristiger Ursachenzeitraum vorgelagert.

Die auslösende Ursache für das Ereignis ist in der Schneeschmelze und im Frost-Tauwechsel der dem Sturzereignis vorausgehenden Tage und Wochen zu sehen. Länger- und langfristig vorbereitet wurde das Ereignis unter anderem durch die steten Lawinenabgänge und den Oberflächenwasserabfluss aus dem Gipfelbereich, die dazu geführt haben dass sich einerseits oberhalb der Abbruchstelle mehrere Rinnen ausgebildet haben, und andererseits die Verkarstung sowohl an der Oberfläche (Rillen, bzw. Karren an der Oberfläche) als auch im Festgestein selbst dadurch verstärkt wurde, wodurch gut funktionierende und teils weit durchgreifende Wasserwege innerhalb des Gesteinsverbandes entstanden. Durch die oberflächliche Verkarstung können Wässer an den bestehenden Trennflächen leichter ins Gestein eindringen und so an den steilstehenden Trennflächen, die auch teilweise die Abbruchflächen bilden, die Reibung herabsetzen und die Auflockerung und Ablösungstendenzen des Gesteinsverbandes begünstigen.

Auch die Bereiche beiderseits der Abbruchfläche zeigen zahlreiche Wasseraustritte in der Felswand. Da diese Wasseraustritte sowohl im Sommer als auch jetzt im Frühjahr festgestellt wurden handelt es sich dabei wahrscheinlich um Austritte von Bergwasser, was auf den tektonisch bedingt hoch liegend anzunehmenden Bergwasserspiegel zurückzuführen ist. Dabei darf man sich im Bereich Alplkopf-Hochwand auf Grund der ausgeprägten Verkarstung in diesem Bereich keinen großen zusammenhängenden Bergwasserkörper (Kluft- bzw. Karstgrundwasserkörper) vorstellen, aber die Teilbergwasserkörper weisen trotzdem größere Einzugsgebiete entlang dem Mieminger Hauptkamm auf. Gegen Westen und Osten ist in der Folge auf Grund des Zurücktretens des Verkarstungsgrades wieder mit jeweils großen zusammenhängenden Bergwasserkörpern zu rechnen.

Im Nahbereich des Abbruchs finden sich neben ausgebildeten Überhängen auch deutlich geöffnete Trennflächen. Es ist daher davon auszugehen, dass weitere kleinere aber auch größere Abbruchereignisse jederzeit neuerlich möglich sind.

Obwohl der Alplbach von Anfang an ungehindert unter der Sturzzunge bzw. an deren Ende austreten konnte, war anfangs nicht auszuschließen, dass durch Abschmelzen des Schnees auf und in der Sturzmasse und durch das damit einhergehende Verstürzen und Verkippen zahlreicher Blöcke und mitgerissener Bäume im Untergrund auf Grund des Einsetzens der Schneeschmelzprozesse Verklausungen des Bachs und in weiterer Folge Murausbrüche entstehen können.

Am 19.4.2012 berichtete Di Reinhard Weiß (Oberförster der Marktgemeinde Telfs), dass das E-Werk der Alplhütte inzwischen ausgegraben und nahezu unversehrt vorgefunden werden konnte. Es war durch den Winterschnee geschützt, sodass die Sturzmassen darüber hinweg geglitten sind.

Für die weitere Entwicklung im Bereich rund um die aktuelle Abbruchzone und den potentiellen Ausbreitungsbereich allfälliger neuerlicher Sturzprozesse konnten durch die Landesgeologen für den Zeitraum der zunehmenden Schneeschmelze und für den Zeitraum nach dem weitgehenden Abschluss derselben folgende Feststellungen getroffen werden:

Aufgrund des nunmehr rauen Geländes und der fehlenden Schneebedeckung werden neuerliche Sturzmassen nur mehr eine geringere bzw. zunehmend geringe Reichweite aufweisen, bzw. direkt unter dem Absturzbereich nahe dem Wandfuß liegen bleiben (dies gilt jedoch nur für Sturzereignisse, die nicht auf eine mächtige – die Rauigkeit des Geländes außer Kraft setzende - Schneedecke auftreffen). Die Sturzbahn bzw. die Sturzmasse verhält sich aufgrund der unterlagernden Schneemassen unter dem Sturzmaterial wie ein Gletscher und bewegt sich langsam Richtung Tal. Dies führt zur Öffnung von Spalten ähnlich wie in einer Gletscherzunge und dem Herausdrücken und teils plötzlichen Verkippen von Blöcken und Steinen aus dem Schnee. Dadurch ist die Begehung der Sturzmasse im gesamten Bereich, aber auch im Randbereich außerhalb der Sturzbahn für 2012 als höchst gefährlich einzustufen. Es ist dort auch jederzeit mit Stein- und Blockschlägen zu rechnen. Der Steig der von Mieming zur Alplütte führt muss die Sturzmasse im Bereich des Steilanstiegs zur Alplütte queren. Bei Errichtung eines provisorischen Übergangs der ein Einbrechen in die Sturzmasse oder Spalten verhindert, ist dies möglich. Neuerlich Nachbrüche oder weitere Ereignisse aus dem Abbruchgebiet werden diesen Bereich aufgrund der Oberflächenrauigkeit und des fehlenden Schnees nicht mehr erreichen. Mittlerweile ist eine stegartige Behelfsbrücke hergestellt und der Weg von Mieming zur Alplütte dadurch wieder in Betrieb. Der Weg zum Judentörl ist zumindest für das Jahr 2012 weiterhin gesperrt zu halten. Die Bachwässer können ungehindert aus dem Sturzmaterial abfließen, es ist davon auszugehen, dass dies auch weiterhin der Fall sein wird. Es ist weiters davon auszugehen, dass 2012 zwar der Großteil des in der Sturzmasse eingearbeiteten Schnees schmelzen wird, nicht jedoch der gesamte Schnee. Mit 2013 wird jedoch erwartet, dass die Schneereste innerhalb der Sturzmasse so gering sein werden, dass sie für das Begehen der Sturzmasse keine Bedeutung mehr haben können. Die Beschränkungsmaßnahmen und Sicherheitsauflagen wurden von den betroffenen Gemeinden lückenlos und gewissenhaft erfüllt.

Die Auswertungen des Sturzereignisses haben das bereits vorhandene Wissen, dass ein derartiges Absturzereignis hier prinzipiell in diesem Gebiet möglich ist, bestätigt. Sein Eintreten, noch dazu zu einem Zeitpunkt, an dem der Sturz mit dem 22.03.2012, 23:53 Uhr tatsächlich stattgefunden hat, wäre jedoch niemals vorhersehbar und sein Stattfinden insgesamt als sehr unwahrscheinlich anzusehen gewesen. Die Ausbreitung der Sturzmasse entlang der Tiefenlinie des Alplbaches bis in eine Entfernung von ca. 2,5 km von der Abbruchstelle wäre ebenfalls nie vorhergesagt worden, da derartige Abbrüche zu dieser Jahreszeit generell sehr unwahrscheinlich sind. Eine Ausweisung einer allfälligen Gefahrenzone, eventuell gar eines Sperrgebietes in der Dimension der tatsächlichen Ausbreitzzone wäre als weit übertrieben angesehen worden und hätte keine Akzeptanz gefunden. Dabei muss mit heutigem Wissen gesagt werden, dass ältere Blöcke im Wald rund um die Zunge der aktuellen Sturzmasse und talabwärts derselben heute nur so ausgedeutet werden können, dass es früher ähnliche, teils größere und weiter talabwärts ausgeweitete Sturzereignisse bereits mehrfach gegeben haben muss („Stumme Zeugen“). Dies wiederum ist mit der morphologischen Ausbildung der

nach Süden und Südwesten ausgerichteten steilen Felswand des Hochwand-Alpkopfmassivs gut vereinbar.

Nicht zuletzt um weitere Erfahrungen hinsichtlich Gefahreinschätzung für die Zukunft zu erlangen, wurde seitens der Tiroler Landesgeologie Dr. Heiner Bertle beauftragt, das Ereignis zu simulieren und die Simulationsergebnisse mit dem Ist-Zustand des Sturzereignisses zu vergleichen.

#### Beitrag Dr. Bertle:

Wegen der guten Einsehbarkeit und Dokumentation des Ablaufs und der Vordringweiten hat die Landesgeologie Tirol eine Modellierung des Felssturzes beauftragt, um einerseits anhand des Istzustandes die maßgeblichen Bewegungsparameter rückrechnen zu können und andererseits die Möglichkeit von Prognosen für künftige Gefahrenzonen bei bekannten Gefügaufösungen vor dem Eintritt des Felssturzes testen zu können.

GEOGNOS Bertle ZT GmbH hat auf Grundlage einer detaillierten Geländebegehung am 13-08-2012 mit dem von der ETH Zürich und der eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL entwickelten Murensimulationsprogramm RAMSS unter Berücksichtigung der Ergebnisse von vieljährigen Steinschlag-/Felssturzsimulationen und von Lawinsimulationsmodellen den Felssturz vom 22-/23-03-2012 simuliert.

Bereits bei der Geländebegehung am 13-08-2012 wurden auf Grund der Ausbreitungsfläche und der Ablagerungshöhen der Blöcke, Steine und des Feinschutts sowie des Sturzbahnverlaufs vermutet, dass die abgestürzte Masse deutlich geringer als ursprünglich eingeschätzt ist. Zum Zeitpunkt dieser Begehung am 13-08-2012 war ein erheblicher Teil des mit der Felssturzmasse mitgerissenen Schnees bereits geschmolzen, sodass die unterliegenden Latschen, Kleinbäume und Vegetationspolster freigelegt waren. Die ursprünglich eingeschätzte Sturzmasse dürfte für die Gesamtmasse aus Felssturzmaterial und Schnee zutreffen.

In einem ersten Schritt wurde die Ausbreitungsfläche aufgetragen und in mehreren Schritten mit unterschiedlichen Überdeckungshöhen die Masse zurückgerechnet. Daraus ergibt sich, dass die Ablagerungsfläche ein Ausmaß von 240.000 m<sup>2</sup> aufweist und die wahrscheinliche Sturzmasse 152.000 m<sup>3</sup> ist.

Die Steinschlagsimulation wurde in über 150 Durchgängen mit Parametervariationen zur Prüfung der Sensivität durchgeführt, wobei einzelne Durchgänge bis zu 1 ½ Tage Rechenzeit erforderten.

Sowohl die Sturzbahn der Simulationen – bei größeren Sturzmassen wäre die Bahnbreite im unmittelbaren Fußbereich der Ausbruchsnische und im oberen Teil der Hangschutthalden wesentlich großflächiger, als sie tatsächlich vorhanden ist – als auch die Vordringweite bzw. Länge der Sturz- und Fließbahn belegen eindeutig, dass nur eine Absturzmasse von maximal 152.000 m<sup>3</sup> den angetroffenen Geländebedingungen entspricht, während größere Massen bis zur Strassberghüttenwiese oder bis in die Zimmerbergklamm vorgedrungen wären.

Die Simulationen mit 152.000 m<sup>3</sup> und mit 289.000 m<sup>3</sup> werden als Filme der Überfließhöhen und teilweise der Fließgeschwindigkeiten präsentiert.

Die spezielle Schwierigkeit für die Simulation lag in der Tatsache, dass die Sturzmasse auf eine +/- geschlossene Schneedecke auftraf und daher für die Gleit- und Fließprozesse fast ausschließlich das rheologische Verhalten des hart gepressten Schnees maßgeblich war.

Die Geländebegehungen und die Simulationen zeigen, dass sich keine generellen Aussagen über Felssturz- und Gleitmassen-Vordringweiten aus Simulationen ableiten lassen. Maßgeblich sind neben der Geländeformung, Hangneigung, Oberflächenstrukturierung, Schneebedeckung, Durchnässung und Gefrierzustand die Zerlegungseigenschaften des Felssturzes bzw. der Gleitmasse.

Bei der Festlegung von Evakuierungszonen und Gefährdungszonen sind jedoch jedenfalls auch solche Sonderfälle, wie sie beim Felssturz Alpl gegeben waren, zu berücksichtigen.

Durch den Einsatz realitätsnaher Parameter ergeben Felssturzsimulationen der Wirklichkeit entsprechende Ausbreitungsbahnen.

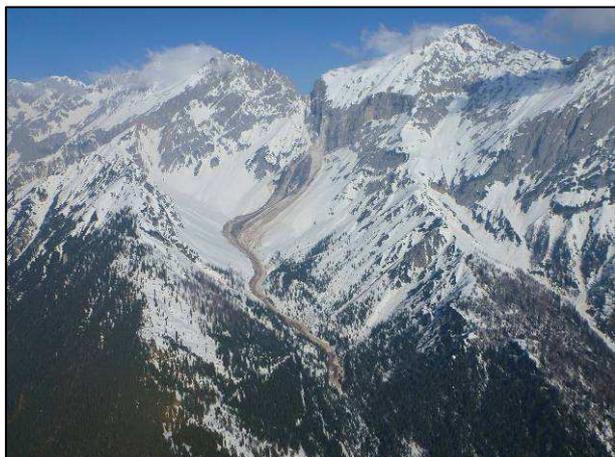
#### Diskussion der Ergebnisse:

Es zeigt sich, dass es besonders schwierig ist, Art und Weise des Eintretens und des Ablaufes derartiger Ereignisse wirklich vorhersagen zu können. Für Simulationen sind die Eingangsparameter ausschlaggebend. Da diese – wie beim vorliegenden Fall – im Vorhinein nicht wirklich repräsentativ erhoben werden können, muss man Simulationsergebnisse, die potentielle Ereignisse thematisieren, mit großer Vorsicht sehen.

Die aktuellen Simulationsergebnisse stimmen dann mit dem Ist-Zustand der Ausbreitung der Sturzmassen relativ gut überein, wenn das Absturzvolumen wesentlich kleiner ist, als ursprünglich angenommen werden musste. Für ein etwas kleineres Absturzvolumen, als anfangs angenommen, spricht, dass sich im Zuge der Schneeschmelze gezeigt hat, dass die Schuttbedeckung in der Ausbreitungszone teilweise geringer war, als ursprünglich angenommen. Die Vergleiche mit Fotos aus der Zeit vor dem Abbruch der Felsmassen lassen jedoch weiterhin Absturzvolumina von ca. 600.000 m<sup>3</sup> vermuten.

#### Zusätzliche Erkundungsmöglichkeiten:

Um zukünftig noch zielgerichtete Erkundungsmöglichkeiten zur Verfügung zu haben, wurde seitens der Landesgeologie der Auftrag zum Test eines Einsatzes durch Drohnen erteilt. Auf den Beitrag „Einsatz unbemannter Fluggeräte zur Situationsbeurteilung in alpinen Gefahrenzonen – Bericht aus der Praxis“ (Kleindienst und Ragg) wird verwiesen.



**Abb.1.** Übersicht des Sturzereignisses mit der Sturzbahn



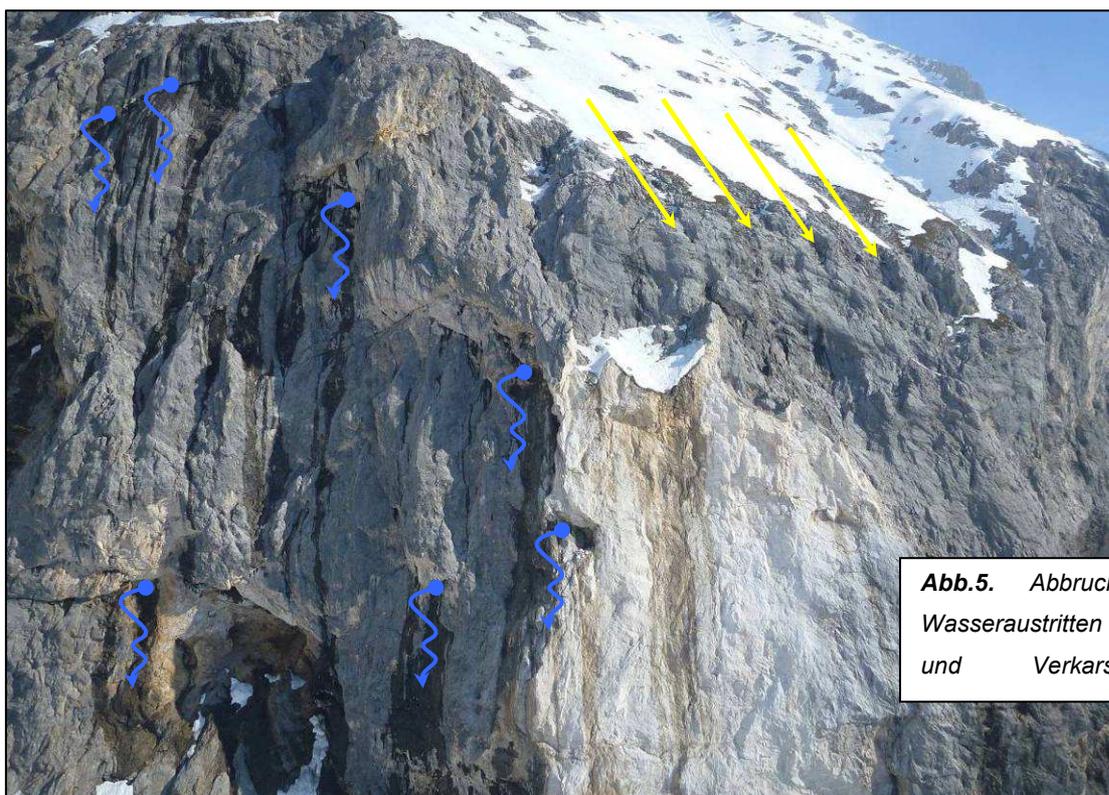
**Abb.2.** Blick auf Sturzbahn unmittelbar unterhalb der Felswand



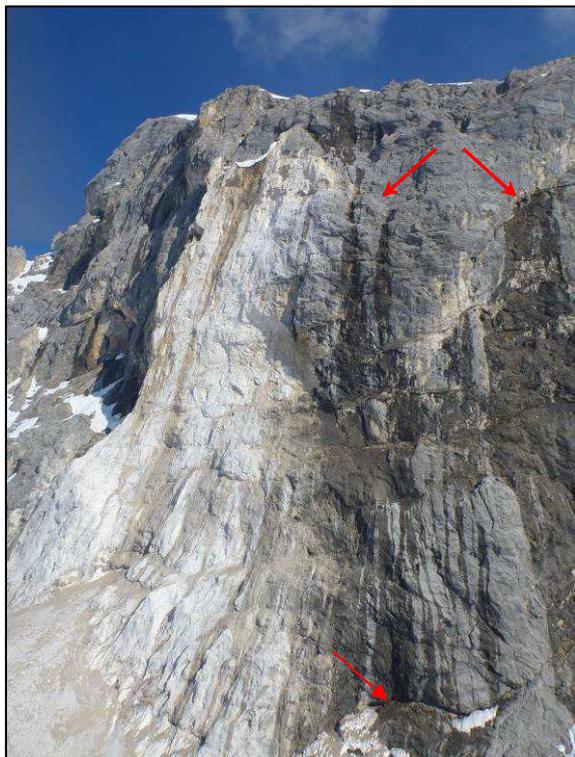
**Abb.3.** Sturzbahn im obersten Bereich mit zahlreichen mehrere  $m^3$  großen Blöcken



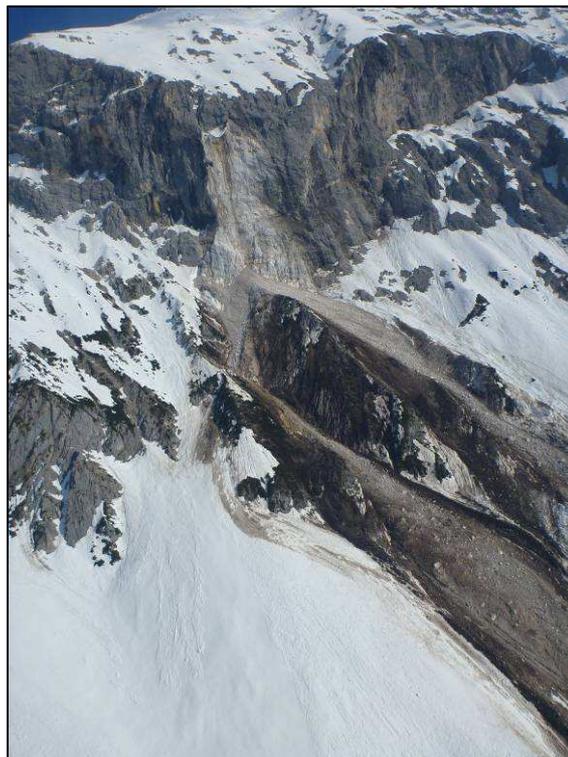
**Abb.4.** Sturzbahn unterhalb des Alphauses mit deutlichen Rutschstriemen



**Abb.5.** Abbruchstelle mit Wasseraustritten (Pfeil blau) und Verkarstungs-Rillen



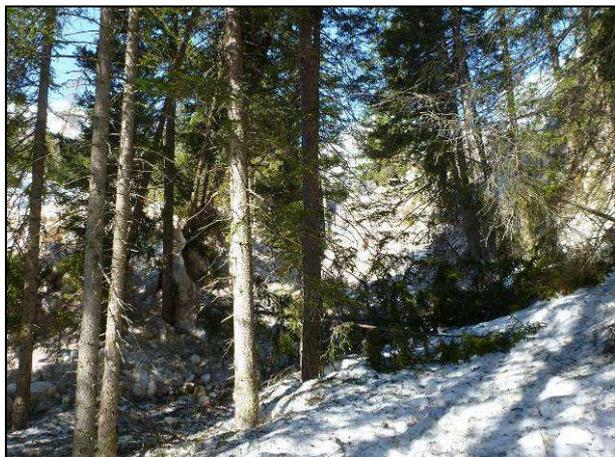
**Abb.6** (links) Abbruchbereich mit Wasseraustritten aus Trennflächen rechts des Abbruchs und am Fuß



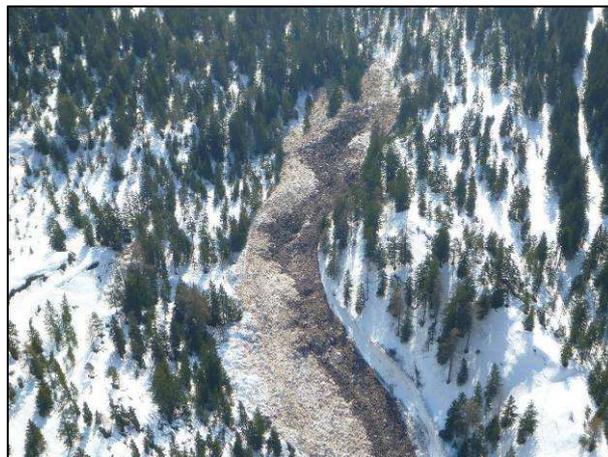
**Abb.7.** (rechts) Blick auf Abbruchstelle vom Talboden



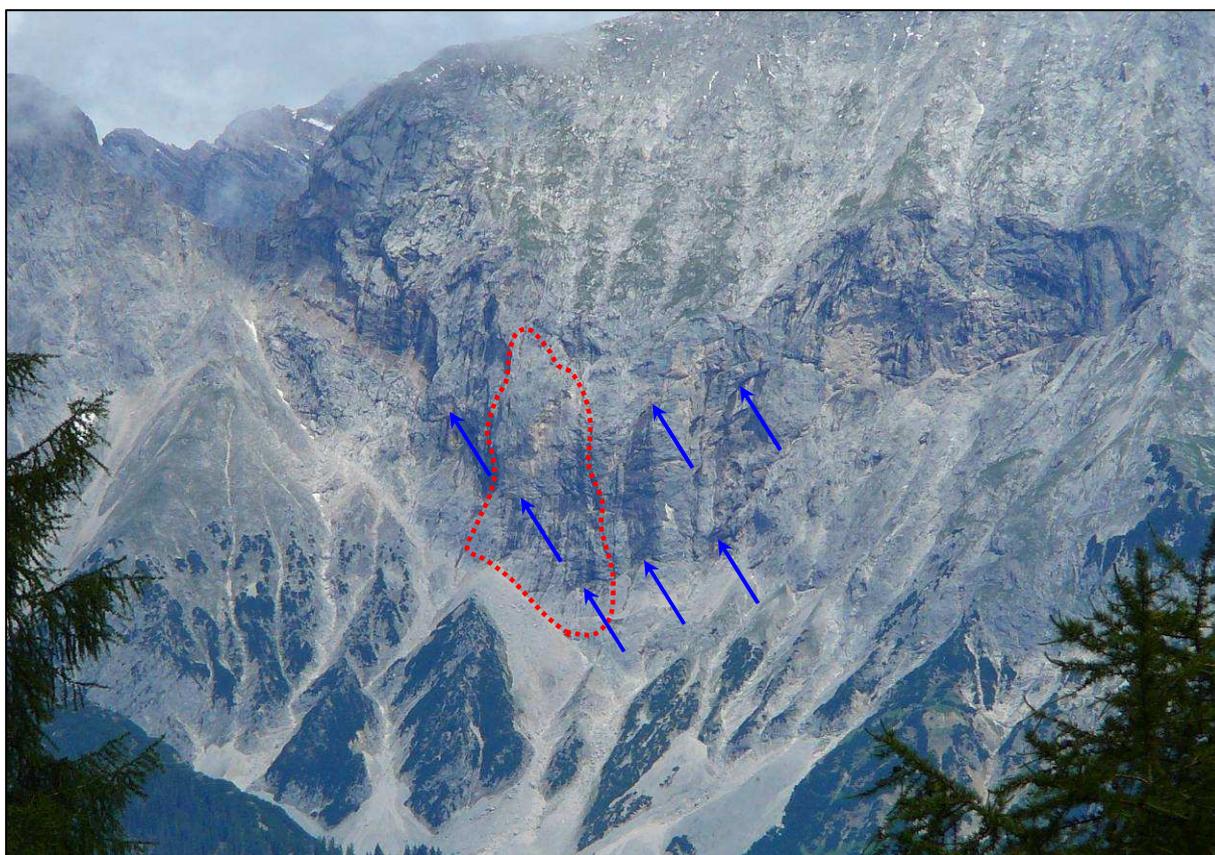
**Abb.8.** Oberer Bereich der Abbruchstelle mit Wasseraustritten aus Trennflächen und verkarsteten Bereichen. Potentiell absturzgefährdeter Bereich der durch offene Kluft getrennt ist (rot). Überhängenden Bereiche mit Wasseraustritten an steil stehenden bergausfallenden Trennflächen, die langfristig potentielle Gefährdungsbereiche darstellen (rosa).



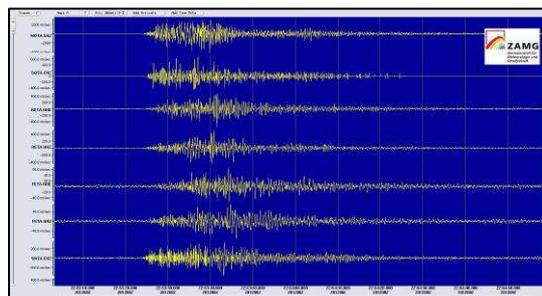
**Abb.9** Sturzmasse am Stirnbereich



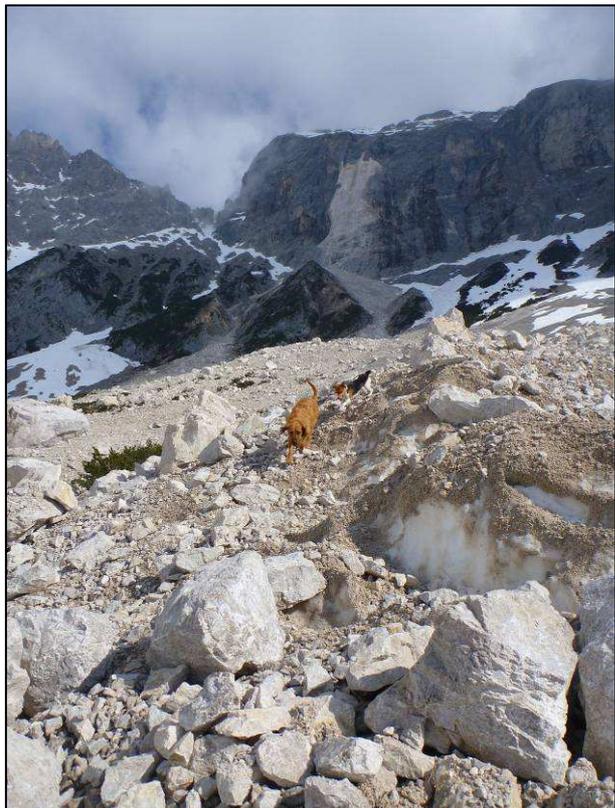
**Abb. 10.** Stirn der Sturzmasse



**Abb.11.** Abbruchgebiet vor dem Ereignis am 27.6.2007. Deutlich sichtbar die Wasseraustritte aus den Trennflächen in der Felswand und am Fuß der Felswand.



**Abb.12.** Seismogramm ZAMG



**Abb.15 a,b:** Schnee vermisch mit Sturzblöcken im obersten Abschnitt der Sturzbahn, mit bis zu hausgroßen Blöcken.



**Ab. 17:** Aufgehende Spalten in der Sturzmasse und im unterlagernden Schnee

**Abb.18.:** Blöcke und Steine die sich aus dem Schnee herausgedrückt werden.



Donnerstag 18. Oktober 2012

10:30-11:00

## Einsatz unbemannter Fluggeräte zur Situationsbeurteilung in alpinen Gefahrenzonen - Bericht aus der Praxis

Hannes Kleindienst<sup>1</sup>, Hansjörg Ragg<sup>1,2</sup> & Gerhard Neuner<sup>3</sup>

<sup>1</sup>GRID-IT GmbH, Technikerstraße 21a, 6020 Innsbruck ([www.grid-it.at](http://www.grid-it.at))

<sup>2</sup>Institut für Geographie, Universität Innsbruck, Innrain 52, 6020 Innsbruck

<sup>3</sup>twins.nrn, Häusern 15, 6070 Ampass ([www.twins.co.at](http://www.twins.co.at))

### *Abstract*

Small UAV's (unmanned aerial vehicles) are cost effective tools for the acquisition of high resolution aerial images over areas up to several square kilometers size. Depending on the area of interest, the topography and some other factors either rotary or fixed wing UAV's are preferred. The rockfall event in Spring 2012 in the Alptal (30km west of Innsbruck, Tyrol) serves as good example for the benefits of such systems in difficult terrain.

### *Einleitung*

UAV's (unmanned aerial vehicles) sind unbemannt und weitgehend autonom operierende Fluggeräte, die in der Regel mit bildgebenden Systemen (Video, Foto) oder anderen Sensoren ausgestattet werden können (Eisenbeiss&Sauerbier 2011). Insbesondere in schwer zugänglichen Gebieten oder in aufgrund noch aktiver Prozesse gefährdeten Bereichen bieten derartige Systeme die Möglichkeit, qualitativ hochwertiges Bildmaterial zu liefern, ohne dass sich Personen in Gefahr begeben müssen.

UAV's verfügen in der Regel über einen Autopiloten, der es ermöglicht, eine Flugroute vorab zu definieren und automatisch abfliegen zu lassen. Start und Landung werden manuell durchgeführt, für den eigentlichen Flug müssen lediglich die Koordinaten definiert werden, die dann nacheinander automatisch angesteuert werden.

Im Vergleich zu Befliegungen mit Hubschraubern bieten UAV's den Vorteil, deutlich kostengünstiger zu sein und eine höhere Flexibilität in Bezug auf Einsatzbedingungen und Verfügbarkeit aufzuweisen. Interessante Bereiche oder Objekte können aus wenigen Metern Distanz betrachtet und dokumentiert werden.

Der Felssturz im Alptal ist ein schönes Beispiel für die Anwendung dieser Systeme. Mit einer Ausdehnung von ca. zwei Kilometern entspricht die Fläche dem idealen Skalenbereich für den Einsatz von UAV's. Das im Jahr 2007 erfasste Laserscanning-Geländemodell bietet außerdem eine gute Grundlage für eine multitemporale Analyse.

### *Survey Bird UAV-Systeme*

Unter dem Namen „Survey Bird Solutions“ bietet die Firma GRID-IT zusammen mit Necon ZT Dienstleistungen und Beratung rund um UAV-Systeme. Mit einem Flächensystem und einem Kopter stehen zwei UAV-Systeme zur Verfügung, die sich für jeweils unterschiedliche Anwendungsgebiete eignen. Das Flugzeug, ein Nurfügler der Firma QuestUAV, kann die Vorteile einer längeren Flugzeit

und höheren Geschwindigkeit insbesondere bei der Erfassung größerer Flächen und Strecken ausspielen, benötigt aber ausreichend freien Luftraum für die Wenden sowie eine freie Fläche für Start und Landung. Der Kopter, ein Hexakopter der Firma twins.nrn, besticht durch minimale Anforderungen an Start- bzw. Landefläche sowie durch hochgenaue Manövrierbarkeit und ist damit vor allem für den Einsatz in schwierigem Gelände geeignet. Als Nachteil ist die im Vergleich zum Flächensystem geringere Flugdauer zu



nennen (20 Minuten gegenüber bis zu 1 Stunde).

**Abb. 1:** Kopter der Firma twins.nrn und Flugzeug der Firma QuestUAV im Einsatz

Beide Systeme verfügen über einen Autopiloten, einen Datenlogger („black-box“), eine Fernsteuerung sowie Datenfunk, über den alle flugrelevanten Daten an eine Bodenstation übertragen werden. Die photogrammetrisch kalibrierten Kameras werden jeweils über den Autopilot ausgelöst und liefern qualitativ hochwertige Vertikalaufnahmen. Im Flugzeug wird die Rollbewegung durch ein aktives System ausgeglichen, der Kopter verfügt über ein in zwei Achsen drehbares Kameragestell. Eine optionale Video-Übertragung ermöglicht es, die Perspektive des Fluggeräts auf einem Monitor oder mit einer Videobrille zu betrachten.

#### *Typischer Ablauf einer photogrammetrischen UAV-Befliegung*

Bevor mit der Erhebung der Luftbild-Daten begonnen wird, muss als erster Schritt das Gebiet beurteilt werden, um in Abhängigkeit der Gegebenheiten und Anforderungen das geeignete System für den Flug auszuwählen. Anschließend kann mit der Flugplanung begonnen werden, wobei hier in je nach gewähltem System (Kopter oder Flugzeug), Topographie bzw. der zu erfassenden Fläche die Flugroute sowie die Fotopunkte definiert werden. Räumliche Auflösung und Überlappung in Längs- und Querrichtung sind die Grundlage für die Definition der Flughöhe sowie den Abstand zwischen Flugstreifen bzw. Fotopunkten. Die aktuellen Windverhältnisse müssen berücksichtigt werden, so dass oft mehrere Alternativpläne vorbereitet werden. Die Flugplanung wird von einer eigen entwickelten Software GRID.flightmanager unterstützt.

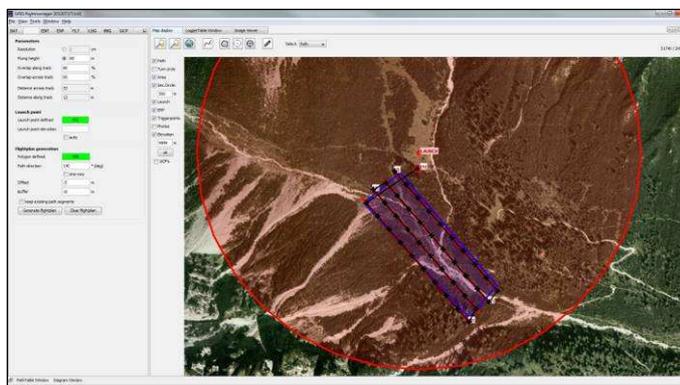
Um die Luftbilder räumlich genau referenzieren zu können, werden ausgewählte Passpunkte anhand korrigierter GPS-Messungen (z.B. APOS-RTK) erfasst und im Gelände markiert. Diese Referenzpunkte müssen später in den einzelnen Luftbildern erkennbar sein. Anschließend erfolgt der eigentliche Flug, wobei ein Gebiet je nach Situation zum Teil in mehreren Flugblöcken erfasst wird. Während des Flugs werden die wichtigsten Parameter wie Position, Höhe, Stromversorgung, etc. per Funk zur Bodenstation übertragen und dort visualisiert. Der Flug selbst verläuft weitgehend automatisch, wobei der Autopilot den vordefinierten Wegpunkten folgt und per programmierbarer Events die Kamera auslöst.



**Abb. 2:** Einmessen der „Ground Control Points“ – hier am Beispiel eines natürlichen Punktes an der Dachkante des teilweise verschütteten Generatorhauses.

Nach dem Flug werden die aufgenommenen Luftbilder sowie die Logger-Daten gesichert, um sie für die photogrammetrische Auswertung vorzubereiten. Anhand des Zeitstempels und der im Log-File aufgezeichneten Auslösepunkte kann die äußere Orientierung für jedes Bild definiert werden, da sowohl Position als auch Lage des Fluggeräts (Nick-, Roll- und Drehwinkel) protokolliert sind.

Für die photogrammetrische Analyse können verschiedene Software-Lösungen zur Anwendung kommen, z.B. ERDAS-LPS, MICMAC, TopCon Image Master oder andere. Der im GRID.flightmanager implementierte Workflow unterstützt verschiedene Formate, ist aber insbesondere auch auf die Koppelung mit



**Abb. 3:** Screenshot der Software GRID.flightmanager für die Planung und Auswertung von UAV-Bildflügen

MICMAC ausgelegt (Pierrot-Deseilligny 2012). Ergebnisse sind in der Regel digitale Oberflächenmodelle mit Auflösung

und Genauigkeit im Bereich von 10-20 cm sowie Orthofotos mit einer Bodenauflösung von 3-5 cm.

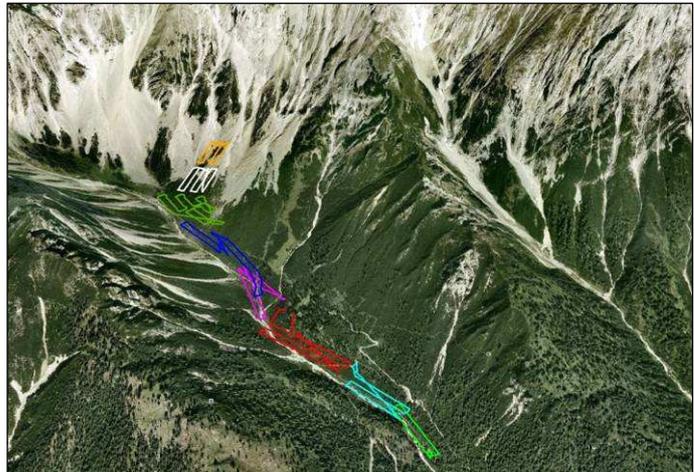
Mit diesen Daten können anschließend weiterführende Auswertungen durchgeführt werden, z.B. Veränderungsanalysen bei multitemporalen Befliegungen oder Vergleiche mit vorhandenen Laserscanning-Daten.

### *Die Projektentwicklung im Alptal*

In Zusammenarbeit mit der Landesgeologie Tirol wurde der Felssturz im Alptal mit einem Kopter befliegen. Die besonderen Herausforderungen in diesem Gebiet waren zum Teil durch die großen Höhenunterschiede, aber auch durch die Nähe zur Felswand und das teilweise enge Tal bedingt. Mit

diesen Randbedingungen kam der Kopter als Fluggerät zum Einsatz, obwohl aufgrund der langen Ausdehnung der Felssturzmasse kurzzeitig auch die Verwendung des Flächensystems diskutiert wurde.

Aufgrund der begrenzten Sichtbarkeit wurde das Gebiet in mehrere Flugblöcke unterteilt, wobei die Flughöhe jeweils der entsprechenden Geländehöhe angepasst wurde. Insgesamt wurden sechs Startpositionen ausgewählt, drei am Talboden, zwei etwas erhöht an der Talflanke und ein Punkt am Hang unterhalb des Abbruchs.



**Abb. 4:** Darstellung der Flugblöcke in GoogleEarth.

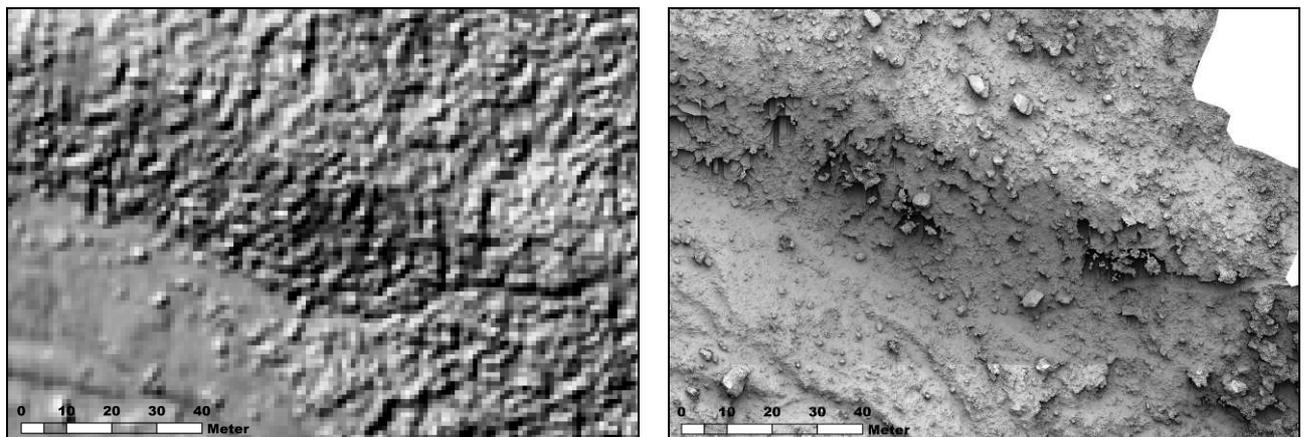
Die photogrammetrische Auswertung wurde mit MICMAC durchgeführt und erfolgte blockweise. Im Postprocessing wurden die einzelnen Blöcke zu einem umfassenden Datensatz zusammengefasst.

Als Besonderheit wurde auch die Abbruchfläche in der Felswand überlappend fotografiert, wobei die Kamera dabei horizontal ausgerichtet war und die Flugbahn aus zwei vertikalen Linien bestand (variable Flughöhe über unveränderter Position).

### Ergebnisse

Als Resultat der photogrammetrischen Auswertung entstehen zunächst detaillierte Oberflächenmodelle, die auf eine räumliche Auflösung von 10cm reduziert wurden. Die Orthofotos, die dann auf Basis dieser Höhendaten abgeleitet wurden, haben eine Bodenauflösung von 5cm.

Die unten stehende Abbildung 5 zeigt einen Vergleich der Oberflächenmodelle anhand zweier Hillshades. Die Gegenüberstellung zeigt den höheren Detaillierungsgrad der UAV-Daten gegenüber den Laserscanning-Daten, die „nur“ eine räumliche Auflösung von 1m aufweisen.



**Abb. 5:** Vergleich der Oberflächenmodelle – das linke Bild zeigt den Hillshade des Laserscanning-DOM (Stand 2007), rechts ist der aus den UAV-Daten berechnete Hillshade dargestellt.

Insbesondere sind im rechten Bild sogar einzelne Felsblöcke zu unterscheiden und zumindest in oberirdisch sichtbarem Volumen quantifizierbar.

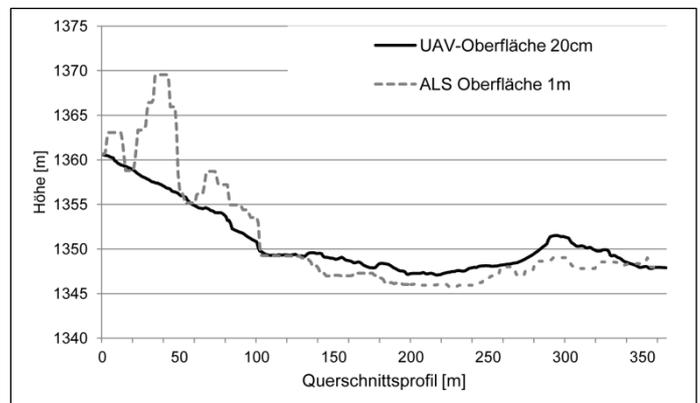
Auch der Vergleich des via TIRIS verfügbaren Orthofotos mit den neu erfassten UAV-Daten belegt einerseits den Qualitätsunterschied, andererseits aber auch die durch den Felssturz bedingten Landschaftsveränderungen. Die folgende Abbildung 6 zeigt denselben Ausschnitt vor und nach dem Felssturz. Der Wanderweg ist teilweise in beiden Bildern zu erkennen.



**Abb. 6:** Vergleich der Orthofotos – das linke Bild zeigt das Orthofoto vor dem Ereignis mit dichtem Latschenbestand (Quelle: TIRIS), rechts ist das aus den UAV-Daten abgeleitete Orthofoto dargestellt.

Ein direkter Vergleich der Gelände- bzw. Oberflächenhöhen zeigt die Veränderung der Topographie in der Auslaufzone. Bemerkenswert sind die nach dem Felssturz fehlenden Bäume, die im ursprünglichen ALS-Datensatz noch sichtbar sind, sowie das durch die Ablagerungen angehobene Relief.

Die Auswertungen sind zum Zeitpunkt der schriftlichen Zusammenfassung noch nicht abgeschlossen, weitere Ergebnisse werden im Vortrag präsentiert.



**Abb. 7:** Vergleich des Reliefs vor (ALS) und nach (UAV) dem Felssturz.

#### Ausblick

UAV's haben sich als schnell verfügbare und kostengünstige Alternativen zu regulären Flugzeug- oder Helikopter-Befliegungen etabliert, sofern die relevanten Flächen nicht viel größer als einige Quadratkilometer sind.

Das Anwendungsspektrum reicht dabei von der Erfassung geomorphologischer Prozesse, wie hier beschrieben, über die Dokumentation des Waldzustands bis hin zur Berechnung des verfügbaren Volumens in Wildbach-Retentionsbecken. Die Dokumentation von Schutzbauten, die Volumenberechnung des verbauten Materials oder die räumlich differenzierte Erfassung von Setzungen sind nur weitere Beispiele potenzieller Anwendungsgebiete.



**Abb. 8:** Forstliche Dokumentation – aus der Vogelperspektive lassen sich Schäden oft einfach erkennen.

#### *Danksagung*

Ein herzlicher Dank für die logistische Unterstützung geht an Karl Krug, den Waldaufseher und Schutzwaldmanager der Gemeinde Wildermieming.

#### *Referenzen:*

Eisenbeiss, H. & Sauerbier, M. (2011): Investigations of UAV systems and flight modes for photogrammetric applications. In: The Photogrammetric Record 26 (136): 400-421.

Pierrot-Deseilligny, M. (2012): MicMac-Apero Documentation, <http://www.micmac.ign.fr/svn/micmac/trunk/Documentation/DocMicMac/DocMicMac.pdf>, abgefragt im Okt. 2012

Donnerstag 18. Oktober 2012

11:30-12:00

## **Stabilitätsbetrachtung von Untertagebauwerken unter Berücksichtigung von Lösungsprozessen in wassersensitiven Gebirgsformationen**

Gunter Gschwandtner, Robert Galler

*Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Subsurface Engineering, Leoben*

*Viktoria WÖRGETTER BSc.*

*Paris-Lodron-Universität, Lehrstuhl Geographie und Geologie, Salzburg*

### **KURZFASSUNG**

Die Beurteilung der Langzeitstabilität sowie das Verhalten von komplexen Hohlrumbauten ist ein interdisziplinäres Aufgabengebiet, welches die Bereiche Geologie, Hydrogeologie, Vermessungswesen sowie Geotechnik und Gebirgsmechanik umfasst. Die Grundlage hierfür bieten umfangreiche Untersuchungen vor Ort sowie ein geeignetes Prüfprogramm im Labor, um ein möglichst realistisches numerisches Modell zu erstellen. Der Faktor Wasser, sei es Oberflächen- bzw. Niederschlagswasser oder Grundwasser, spielt in Abhängigkeit von den anstehenden geologischen Verhältnissen eine große Rolle für die Langzeitstabilität des Grubengebäudes. Wesentlich ist beispielsweise die chemische Sättigung des Bergwassers bedingt durch in Lösung gegangene Bestandteile anstehender Minerale. Ein nicht zu vernachlässigender Bestandteil, der in den meisten Betrachtungen bis dato unberücksichtigt blieb, ist die Austragung feinstkörniger Materialanteile, die chemisch nicht in Lösung gehen. Diese Feinstkornanteile können nach chemischer Umwandlung der wasserlöslichen Bestandteile ausgeschwemmt werden und erhöhen somit den gesamten Materialaustrag. Dieser fortschreitende Löseprozess führt zu einer Schwächung des umliegenden Gebirges und damit einhergehend zu einer Verringerung der Festigkeit; Prozesse welche in der Simulation berücksichtigt werden müssen.

### Einleitung

Die felsmechanische und sicherheitsbezogene Betrachtung von Hohlrumbauten im Infrastrukturbereich sowie im Bergbau erfordert eine interdisziplinäre Herangehensweise. Durch eine meist eingeschränkte Menge an geologischen und felsmechanischen Basisdaten und dem komplexen Langzeit-Materialverhalten des Gebirges ergeben sich Schwierigkeiten, eine zuverlässige Vorhersage hinsichtlich der Stabilität zu treffen. Dieses komplexe Verhalten resultiert aus den vorherrschenden inhomogenen und anisotropen Verhältnissen, welche durch Genese und Vorbelastungen/Tektonik entstanden sind. Die für die felsmechanische Analyse erforderlichen Fachgebiete kann man grundsätzlich in die vier Bereiche Geologie, Hydrogeologie, Vermessungswesen und Geotechnik einteilen. [Gschwandtner, 2011]

Der erste Teil dieser Arbeit stellt dar, in welcher Art und Weise Informationen aus den unterschiedlichen Fachgebieten zusammengeführt werden können, um ein verständliches

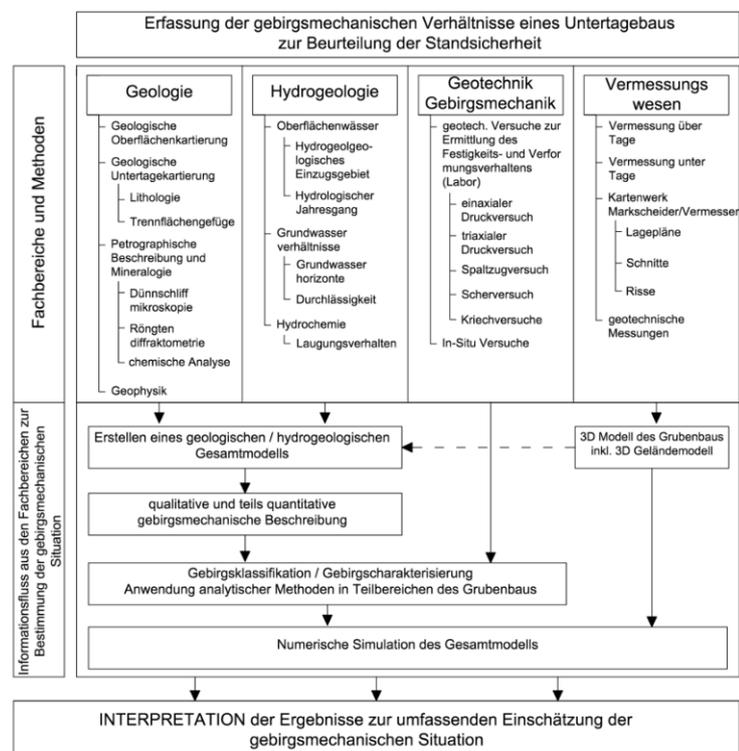
Gesamtkonzept für eine felsmechanische Auswertung zu erstellen. Es muss angemerkt werden, dass die hier vorgestellten Methoden nicht vollständig sind, da sie stark vom untersuchten Objekt abhängen. Die Art der Methoden muss für jedes Projekt adaptiert und abgestimmt werden. Eine Darstellung der erforderlichen interdisziplinären Kenntnisse hinsichtlich der technischen Durchführung und Betriebssicherheit im Bergbau wurde bereits von Dipl.-Ing. H. Weber [Weber, 2011] und em. O. Univ.-Prof. Dr. H. Wagner [Wagner, 2011] diskutiert. Die Datenerfassung sowie die Zusammenführung der Daten, um ein komplexes Modell zu erhalten, werden anhand eines aufgelassenen Gipsbergbaues erläutert.

Das Hauptaugenmerk des zweiten Teils dieser Arbeit ist der Bereich Hydrogeologie, da das Oberflächen- bzw. Niederschlagswasser oder Grundwasser, in Abhängigkeit von den anstehenden geologischen Verhältnissen eine große Rolle für die Langzeitstabilität des Grubengebäudes spielt. Dies gilt insbesondere für wassersensitive Bereiche; darunter werden Lithologien verstanden, welche wasserlösliche Bestandteile wie beispielsweise Gips enthalten.

### Untersuchungen und Methoden der einzelnen Fachbereiche

Das Ziel ist alle zur Verfügung stehenden Daten aus den unterschiedlichen Gebieten zusammenzuführen. Diese Daten bilden die Basis für ein Modell, um die felsmechanischen Prozesse sowie die Stabilität zu beschreiben. (Abb. 1) zeigt einen Überblick der vier Fachbereiche Geologie, Hydrogeologie, Geotechnik / Felsmechanik (Gebirgsmechanik) und Vermessungswesen inklusive ihrer Methoden und deren Informationspotential. Eine wichtige Grundlage für eine reibungslose interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den unterschiedlichen Bereichen ist ein gut strukturiertes Datenmanagementsystem, welches schnellen und einfachen Zugriff auf benötigte Daten für weitere Prozesse ermöglicht. Folgende Punkte zeigen eine Übersicht der verschiedenen Methoden, welche zur Untersuchung eines aufgelassenen Gipsbergbaues herangezogen wurden.

**Abb. 9** Übersicht der vier Fachbereiche und ihrer Methoden, inklusive Informationsfluss für die geotechnische Analyse eines Hohlraumbaus; [Gschwandtner, 2011]



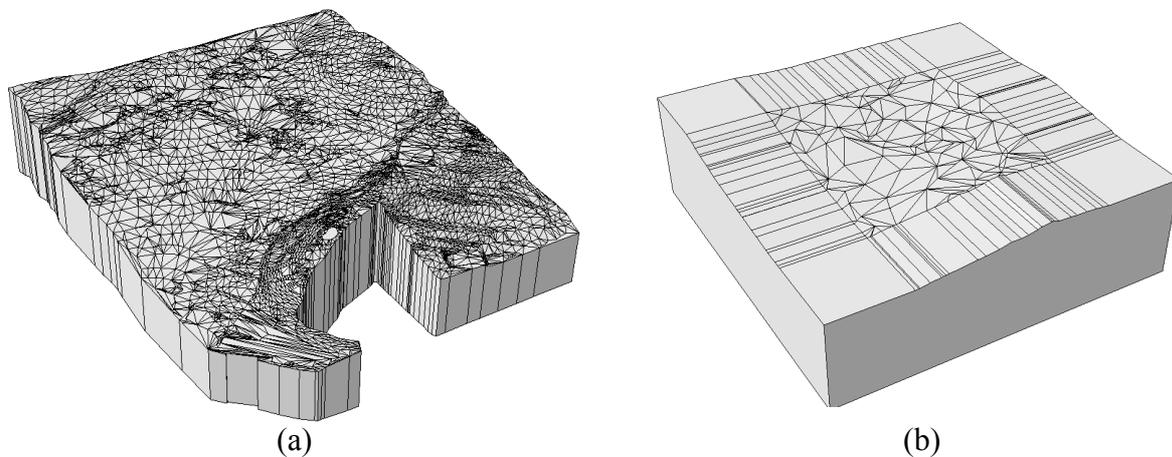
## Grubengebäude

Der aufgelassene Gipsbergbau besteht aus 2 Sohlen, welche über eine Rampe miteinander verbunden sind. Die Abmessungen der beiden Abbauhorizonte sind 160 m mal 180 m. Das Grubengebäude ist über einen Zugangsstollen mit einer Länge von rund 205 m in SW-NO Richtung befahrbar. Die obere Sohle hat eine Fläche von rund 6.000 m<sup>2</sup> bei einer Überlagerung zwischen 11 m im Eingangsbereich bis maximal ca. 27 m. Die untere Sohle ist bis auf eine Höhe von ca. 1,20 m mit Wasser gefüllt und hat eine Fläche von rund 6.200 m<sup>2</sup>.

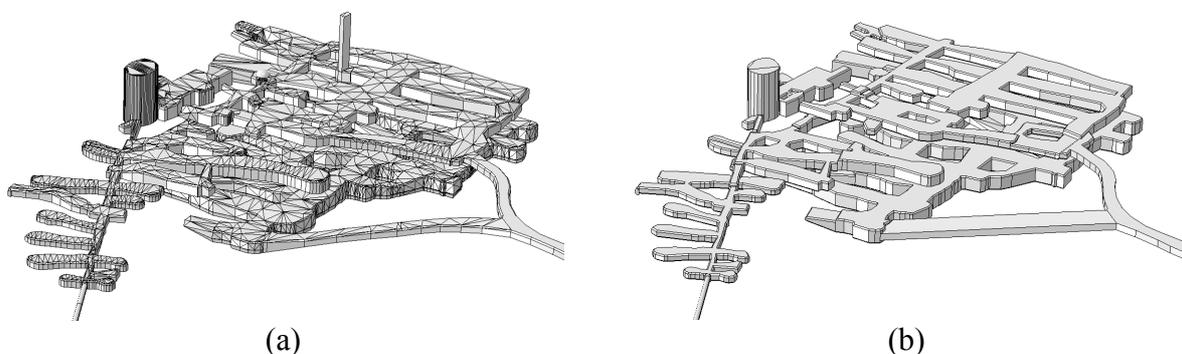
## Vermessung

Die Erstellung eines detaillierten Kartenwerkes bildet die Grundlage für die nachfolgenden Untersuchungen. Hierfür muss ein geometrisch korrektes, vollständiges und eindeutiges Modell des Hohlraums sowie der Geländeoberfläche im Einflussbereich des Bergbaues erstellt werden. [MinroG, 2011] [Marscheideverordnung, 2001]

Das hier verwendete 3-dimensionale Geländemodell und das Modell für das Grubengebäude wurden mit Hilfe von Geo-Informationssystemen (GIS) sowie alten Bergbaukarten erstellt. Da diese Informationen nicht ausreichend für eine Detaildarstellung waren, wurde eine weitere 3-dimensionale Vermessung durchgeführt. (Abb. 2a) und (Abb. 3a) zeigen das 3-dimensionale Gelände- und Untertagemodell.



**Abb. 10** 3D Oberflächenmodell; (a) Vermessungsmodell; (b) überarbeitetes Modell



**Abb. 11** 3D Untertagemodell; (a) Vermessungsmodell; (b) überarbeitetes Modell

Zur besseren Implementierung der Daten in ein Simulationsprogramm wurde die Geometrie bearbeitet (Abb. 2b) (Abb. 3b) um eine fehlerfreie Vernetzung zu gewährleisten. Tabelle (Tab 1.) zeigt die

Verringerung der Einzelflächen im Modell. Die Bearbeitung bewirkte eine Änderung im Volumen (2%) und der Oberfläche (1%), weist jedoch bessere Eigenschaften für die Vernetzung auf. Mit der Modellbearbeitung konnten die fehlerhaften Elemente um den Faktor 100 verringert werden.

**Tab. 1** Vergleich zwischen dem Modell aus der Vermessung und dem überarbeiteten Modell der Simulation

Modell:	Oberflächenelemente des Vermessungsmodells	Oberflächenelemente des überarbeiteten Modells
Oberfläche	9.667	333
Hohlraumbau	10.165	7.731

## **Geologie**

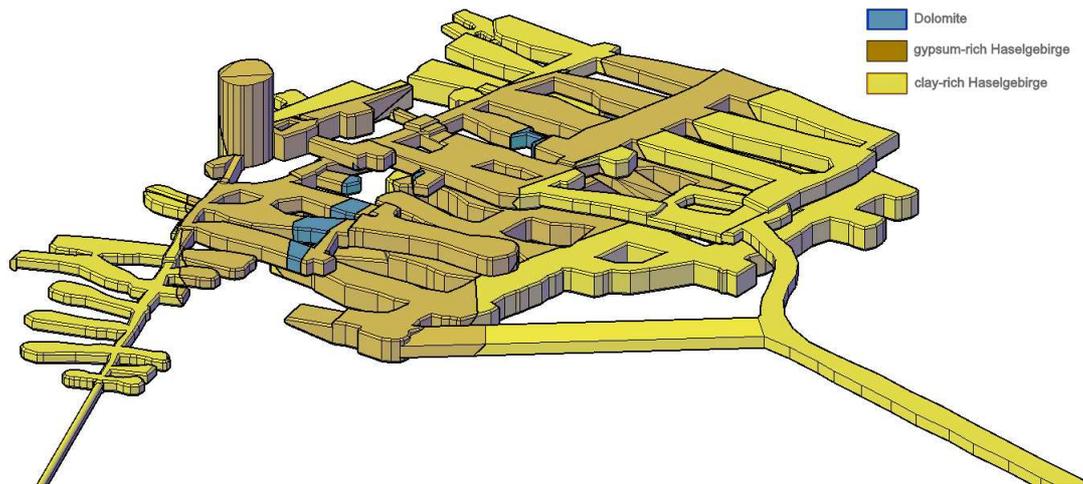
Die Erstellung eines geologischen Modells ist ein wichtiger Beitrag zum Design jeglicher Untertagebauten. Geologische Strukturen inklusive der Geländeoberfläche und Untertagekarten müssen im Detail betrachtet werden. [Prinz, 2006] [Meschede, 2001] [Eisbacher, 1996] Die Arbeiten beinhalten eine Dokumentation von:

- vorherrschenden Lithologien,
- unter- und obertage Strukturen hinsichtlich geometrischer Daten, Grenzflächen, Klüften, Schichtflächen, Schieferungsflächen, Linearen, usw.
- Eigenschaften von Störzonen.

Im Fall des aufgelassenen Gipsbergwerkes können drei verschiedene Lithologien unterschieden werden. Der quantitativ häufigste Anteil in der Mine ist tonig-mergeliger Gips inklusive Konglomeraten („Haselgebirge“). Es wird zwischen gipsreichem und tonreichem „Haselgebirge“ unterschieden. Der Unterschied kann nur über eine chemische und mineralogische Analyse festgestellt werden. Zu diesem Zweck können folgende Tests verwendet werden [Matthes, 2000] [Tucker, 2001] [Gschwandtner, 2012]:

- Dünnschliffmikroskopie,
- Röntgendiffraktometrie,
- chemische Analyse,
- thermogravimetrische Analyse.

Des Weiteren finden sich linsenförmige Einlagerungen von schwarzgrauem Dolomit mit dunklen Tonschieferlagen. Mittels dieser Daten, die vor Ort und im Labor ermittelt wurden, kombiniert mit den Vermessungsdaten, können entsprechende Karten sowie ein geologisches 3-dimensionales Modell erstellt werden. Abbildung (Abb. 4) zeigt das 3-dimensionale Modell mit implementierter Geologie.



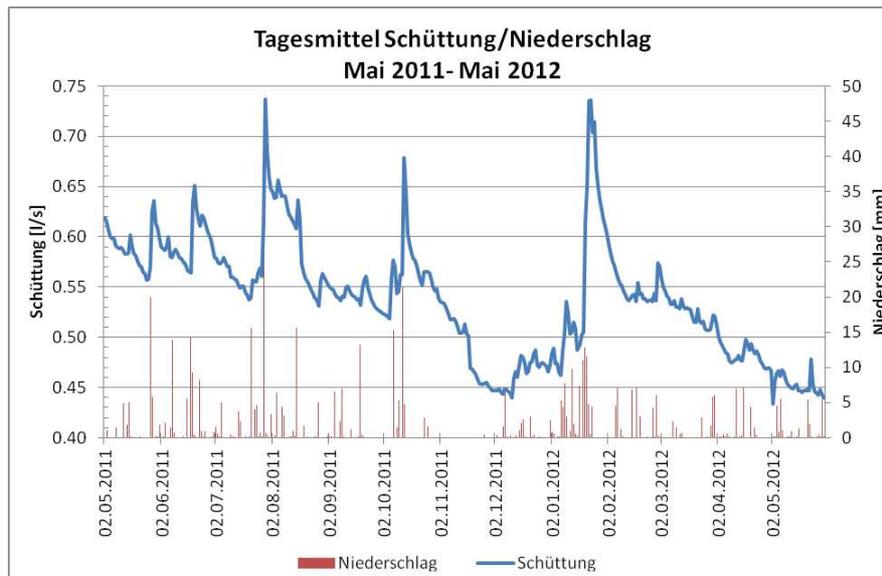
**Abb. 12** 3D- numerisches Modell inklusive Geologie [Gschwandtner, 2012]

### **Hydrogeologie**

Abhängig von den vorhandenen geographischen und geologischen Bedingungen beeinflusst ein Hohlraumbau die hydrogeologischen Bedingungen in seinem Umfeld. Wasser, sei es Oberflächen- bzw. Niederschlagswasser oder Grundwasser, spielt in Abhängigkeit von den anstehenden geologischen Verhältnissen eine große Rolle für die Langzeitstabilität. Dies gilt insbesondere für wassersensitive Gebirgsbereiche, welche wasserlösliche und besonders stark verkarstungsfähige Bestandteile wie beispielsweise Gips oder Salze enthalten. Ein weiterer Punkt ist die Unterscheidung zwischen einer permanenten (langzeitlichen) bzw. temporären Beeinflussung der Grundwassers durch den Hohlraum bzw. der Wasserhaltung.

Die Geschwindigkeit der durch das Wasser verursachten Löseprozesse ist von mehreren hydrogeologischen Faktoren abhängig. Wesentlich ist die chemische Sättigung des Bergwassers bedingt durch die in Lösung gegangenen Bestandteile der anstehenden Minerale. Der fortschreitende Löseprozess führt im Weiteren zu einer Schwächung des umliegenden Gebirges und damit einhergehend zu einer Verringerung der Festigkeit.

Einer der wichtigsten Faktoren ist die Verweilzeit des Wassers im Boden / Gebirge in der Nähe des Hohlraums. Hierfür wurden die Schüttmengen aus zwei Messstellen im Untertagebauwerk mit den Niederschlags- und Temperaturdaten der nächstgelegenen Niederschlagsmessstelle in Beziehung gesetzt, um die Verweilzeiten der abfließenden Bergwässer abzuschätzen. Mit diesen Messdaten konnte eine Jahresganglinie (Abb. 5) erstellt werden. Diese zeigt die durchschnittliche Verweildauer des Wassers in welcher ein Großteil der Lösungsprozesse stattfindet. Die Messungen zeigen Durchgangszeiten der Niederschläge von rund 2-3 Tagen. Das Schüttungsminima liegt für den Zeitraum Mai 2011 bis Mai 2012 für den Gesamtabfluss bei 0,44 l/s im Tagesmittel. Die maximalen Abflussmengen liegen bei 0,76 l/s für den Gesamtabfluss. Der arithmetische Mittelwert des Gesamtabflusses liegt bei 0,54 l/s.

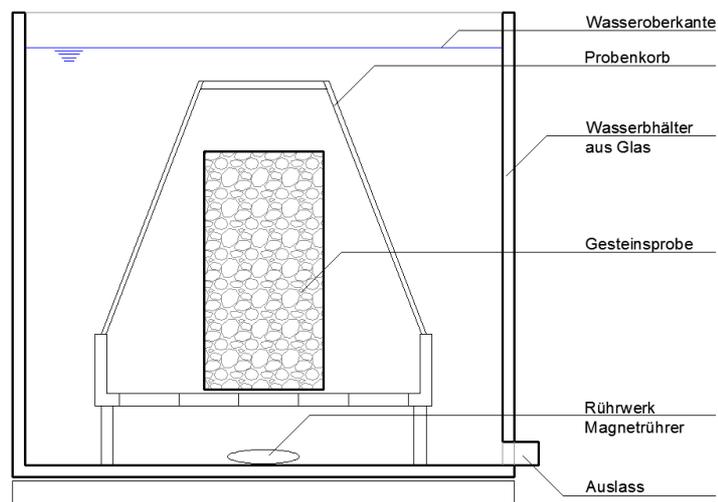


**Abb. 13** Jahresganglinie

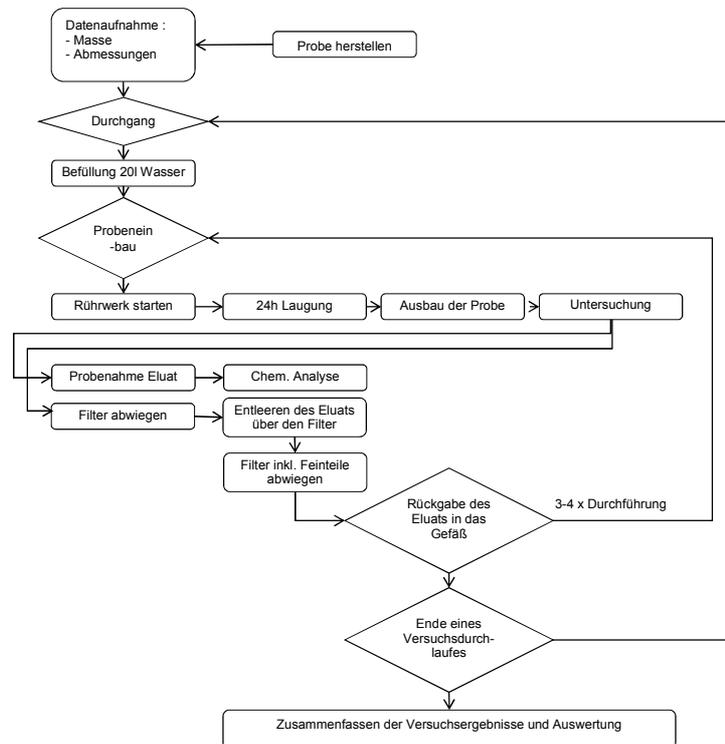
Mit Hilfe von chemischen Analysen in Verbindung mit Erkenntnissen über das Verhältnis kurzfristiger und damit korrosiver Wässer zu langfristigen gesättigten Wässern kann eine Rückrechnung der Lösungs- und Fällungsreaktionen mit dem hydrochemischen Modellierungsprogramm PhreeqC in Bezug auf die leicht löslichen Minerale durchgeführt werden. Eine Auskunft über die Verweildauer im Untergrund und das Einzugsgebiet bietet die Isotopenuntersuchung. Auf Grund einer auftretenden Trockenperiode von mehreren Wochen kann angenommen werden, dass in diesem Zeitraum die kurzfristigen Niederschläge komplett abgefließen sind, die Quellschüttungen ausschließlich aus einem weitläufigeren Grundwasserkörper gespeist werden und die hier zirkulierenden Wässer entsprechend lange Verweilzeiten aufweisen. Aus dem Jahresgang in Verbindung mit den Niederschlags- und Temperaturdaten kann auch die Einzugsgebietsfläche mit erhoben werden.

Ein nicht zu vernachlässigender Anteil, der in den meisten Betrachtungen bis dato unberücksichtigt blieb, wird bedingt durch die Austragung feinstkörniger Materialanteile, die chemisch nicht in Lösung gehen. Diese Feinstkornanteile können nach chemischer Umwandlung der wasserlöslichen Bestandteile ausgeschwemmt werden und erhöhen somit den gesamten Materialaustrag. Am Lehrstuhl für Subsurface Engineering der Montanuniversität Leoben wird eine neue Versuchsmethodik angewendet, um diese Fragestellungen zu untersuchen. Bei diesem sogenannten Elutionsversuch handelt es sich um eine Apparatur (Abb. 6) zur Simulation der Umströmung einer Gesteinsprobe.

**Abb. 14** Versuchsaufbau des Elutionsversuchs

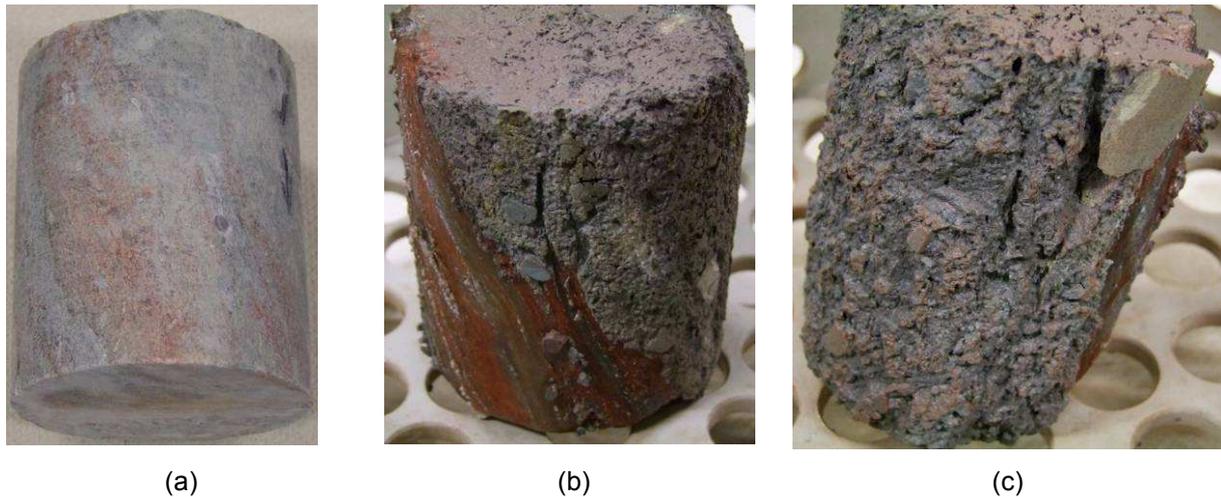


Die Bohrkernproben wurden in ein Glasgefäß eingebaut, in welchem sich ein Magnetrührer befindet, der zentral unter der Probe platziert ist. Dies gewährleistet eine allseitige Umspülung der Probe. Für diesen Versuchsaufbau wurden ca. 20 l Wasser verwendet. Nach einer gewählten Verweilzeit von ca. einem Tag wurde eine Eluatprobe gezogen. Diese Eluatprobe wurde zur Vorbereitung für die chemische Analyse filtriert. Anschließend wurde der Bohrkern behutsam aus dem Gefäß entfernt und das restliche Eluat durch den sich am Glasgefäß befindlichen Auslass über einen Filter abgelassen. Anschließend wurde das gefilterte Eluat wieder in das Gefäß eingebracht. Dieser Vorgang wurde 3-4 mal wiederholt, dies entspricht der zuvor festgestellten Verweildauer des Wassers im Gebirge von 3-4 Tagen. Anschließend konnte der Versuch mit „frischem“ Wasser erneut durchgeführt. Der Versuchsdurchlauf ist in der folgenden Abbildung (Abb. 7) dargestellt:



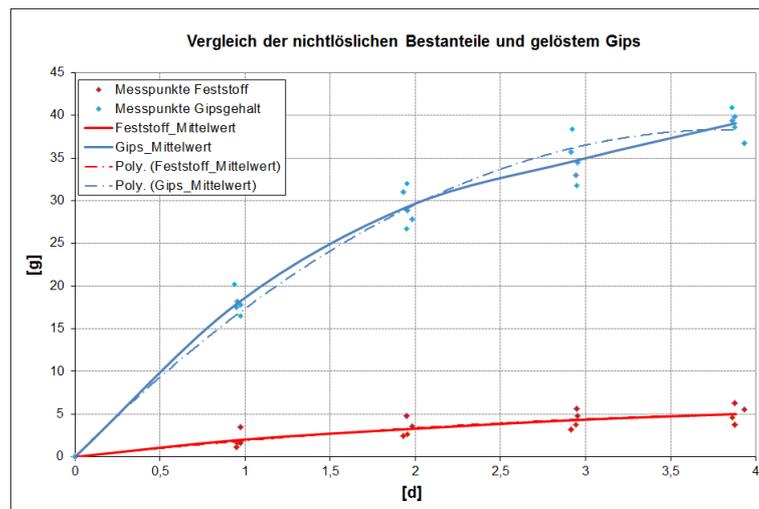
**Abb. 15** Versuchsablauf / Flow-Chart des Elutionsversuchs

Der Calciumgehalt wurde nach FAAS DIN EN ISO 7980 und der Sulfatgehalt mittels Ionenchromatographie im Labor des Institutes für nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik an der Montanuniversität Leoben ermittelt. Die Masse der getrockneten Filterpapiere wurde zur Bestimmung der nicht löslichen Bestandteile gemessen. Die Abbildung (Abb. 8) zeigt einen der Probekörper zu Beginn, nach 2 Wochen Wasserlagerung und nach 6 Wochen Wasserlagerung.



**Abb. 16** Probekörper; (a) Original, (b) nach 2 Wochen und (c) nach 6 Wochen, Elution

Die Auswertung der chemischen Analysen und der nichtlöslichen Feinanteile ist in Abbildung (Abb. 9) dargestellt. Die max. Lösungsmenge von 38 g Gips nach ca. 3,8 Tagen und der max. Bestandteil der nichtlöslichen Feinanteile im Eluat von 5,2 g nach ca. 5 Tagen beziehen sich auf eine Wassermenge von 20 Litern.



**Abb. 17** Lösungsmenge Gips und unlösliche Feinanteile in Abhängigkeit der Verweildauer

Während des Versuchsdurchlaufes konnte augenscheinlich sowie in der Handhabung der Proben eine Verringerung der Festigkeit des Gesteinskörpers auf Grund des Laugungsfortschrittes festgestellt werden. Eine Verifizierung dieser Annahme konnte aus versuchstechnischen Gründen noch nicht durchgeführt werden, da die Proben bereits während der Probenapplizierung größtenteils zerstört wurden.

### Geotechnik und Felsmechanik

Die geotechnischen Untersuchungen dienen zur Sammlung und Interpretation von geotechnischen Parametern, welche für die Bestimmung des Materialverhaltens notwendig sind. Für das hier besprochene Projekt wurden 28 einaxiale Druckversuche, 17 triaxiale Druckversuche, 51 Spaltzugversuche durchgeführt; Kriech- / Langzeitversuche befinden sich noch in Vorbereitung. Zur

Auswahl der Proben wurde an der oberen Sohle ein "Probenraster" von rund 20-30 m verwendet, um eine gleichmäßige Probenahme zu gewährleisten. Pro Position wurden vier Bohrkern entnommen, welche für die geotechnische und geologische / mineralogische Untersuchung verwendet wurden.

Für eine erste Abschätzung der Stabilität des Untertagebergwerkes können qualitative und quantitative felsmechanische Beschreibungen sowie analytische Verfahren verwendet werden. Häufige Verfahren sind zum Beispiel: RQD nach Deere [Deere, 1964], RMR nach Bieniawski [Bieniawski, 1993], RMR nach Laubscher [Laubscher, 1990], Q-System nach Barton [Barton, 2002] und GSI nach Hoek [Hoek, 2002]. Die analytischen Verfahren beinhalten eine Berechnung der Festenstabilität und der Spannungen am Hohlraumrand. Diese Prozeduren werden in der vorliegenden Arbeit nicht im Detail beschrieben.

### Numerische Simulation

Die bisher häufigste Herangehensweise ist die Untersuchung der felsmechanischen Situation auf Basis von zweidimensionalen bzw. einfachen 3-dimensionalen Modellen. In vielen Fällen werden die 3-dimensionalen Modelle hochgradig vereinfacht. Die meisten Untertagebauten im Bereich des Bergbaues weisen komplexe geometrische und geologische Strukturen auf. In solchen Fällen ist ein zweidimensionaler bzw. stark vereinfachter 3-dimensionaler Ansatz aufgrund der Spannungsumlagerung um den Hohlraum, unzureichend. Um komplexe Strukturen realitätsnah zu untersuchen, wurde ein dreidimensionales numerisches Modell erstellt. Die Simulation wurde mit der Software ABAQUS 6.10 von Simulia durchgeführt. Die geometrischen Modelle welche für die Berechnung herangezogen wurden, sind in den Abbildungen (Abb. 2b) (Abb. 3b) und (Abb.4) dargestellt. Die Freiheitsgrade des Modells wurden in horizontaler Richtung an den seitlichen Kanten und in vertikaler Richtung an der Unterseite gesperrt. Die Entfernung zwischen Grubengebäude und Randfläche beträgt zwischen 98 m und 136 m in horizontaler Richtung und 88 m in vertikaler Richtung. Dies liegt im Bereich der erforderlichen Abstände von 4-5 Durchmessern zu den Seiten und 2-3 Durchmessern zur Basis. [Meißner, 1996]

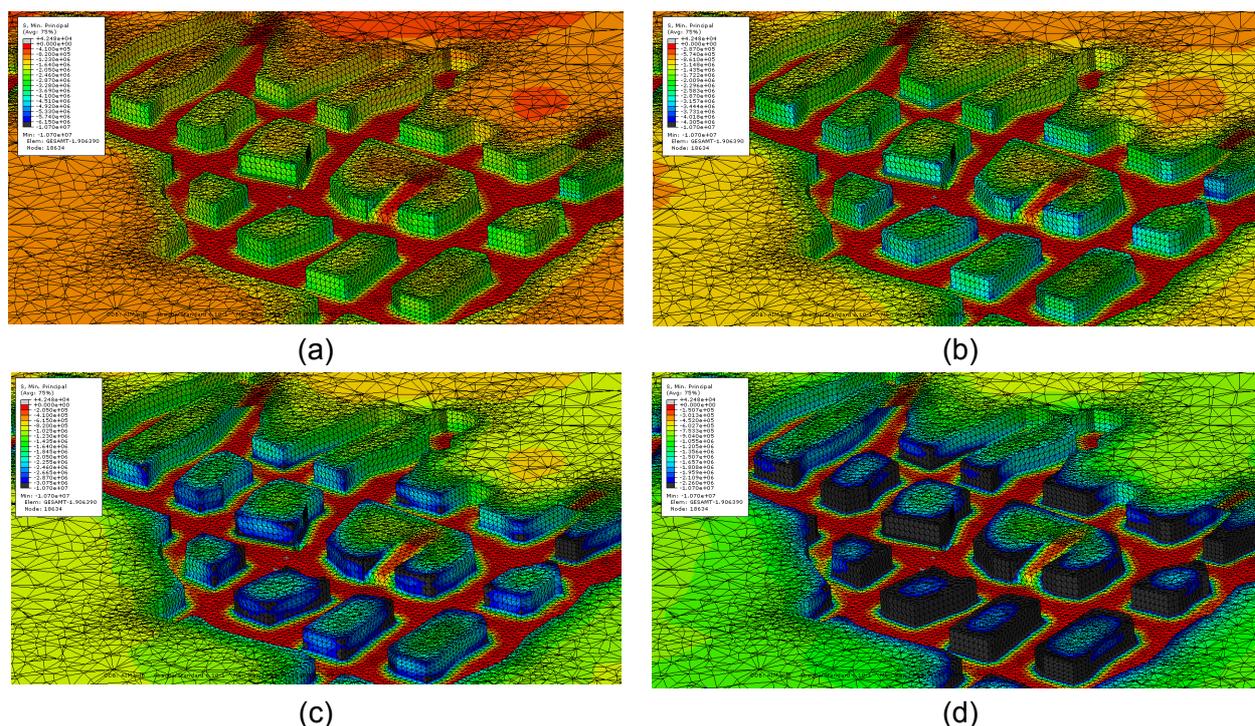
Die ersten Berechnungsmodelle bestehen aus 3,5 Millionen Tetraederelementen mit linearer Ansatzfunktion. Die Elementlänge beträgt um den Hohlraum 0,4 m und im Randbereich zwischen 5 m und 10 m. Modelle mit einer Elementanzahl von > 8 Millionen Elemente befinden sich derzeit in der Ausarbeitung. Die Belastung wurde über eine Gravitation bei  $9.81 \text{ m/s}^2$  induziert.

Tabelle (Tab. 2) zeigt die Minimal-, Maximal-, Mittelwerte und den Median aus den geotechnischen Versuchen. Auf Grund der starken Inhomogenität des Haselgebirges weisen die Ergebnisse eine sehr hohe Bandbreite auf. Die Versuchsergebnisse zeigen weiters einen sehr hohen Elastizitätsmodul des Haselgebirges. Dies kann durch die mehr oder weniger duktilen Eigenschaften des Gebirges und dem geringen elastischen Anteil erklärt werden.

**Tab. 2** Materialparameter von Dolomit und Haselgebirge, Min-, Max-, Mittelwerte aus den geomechanischen Versuchen

		Dolomit				Haselgebirge			
		MIN	MAX	Mittel	Median	MIN	MAX	Mittel	Median
Dichte	g/cm <sup>3</sup>	2,16	2,71	2,40	2,33	2,21	2,51	2,30	2,29
E-Modul	GPa	8,12	87,90	55,87	53,60	4,44	44,64	14,84	10,16
V-Modul	GPa	1,46	88,70	50,13	40,60	0,22	39,53	9,09	2,52
UCS	MPa	2,85	78,58	34,04	21,9	1,00	19,14	5,06	3,57
Reibungswinkel	°	25,22	47,60	35,22	30,59	20,78	30,11	26,30	27,00
Kohäsion	MPa	3,36	15,10	7,57	4,21	1,37	6,30	2,89	2,31
SPZ	MPa	0,33	3,17	1,51	1,31	0,16	1,91	0,52	0,43

Die Primärspannung beträgt, bei der größeren Überlagerung von 27 m (östlicher Bereich) 647 kN/m<sup>2</sup>. Auf Grund der größeren Steifigkeit des Dolomits kommt es zu Spannungsspitzen im Ausmaß von ca. 1082 kN/m<sup>2</sup> bis maximal 2158 kN/m<sup>2</sup>. Es zeigt sich, dass bei einer mittleren Druckfestigkeit von 5,06 MPa keine Überbeanspruchung der Festen auftritt. Die Festigkeitsparameter wurden anschließend in 5-10% Schritten verringert. Abbildung (Abb. 10) zeigt die sukzessive Vergrößerung der überbeanspruchten Bereiche bei einer Festigkeitsverringering von bis zu 60 %. Unter Ansatz einer einaxialen Druckfestigkeit von ca. 2,50 MPa zeigt die elastische Berechnung analog zu den analytischen Ansätzen eine Überbeanspruchung von zwei Festen der unteren Sohle.



**Abb. 18** Hauptspannungsverteilung in den Festen der zweiten Sohle; die „schwarzen“ Elemente weisen eine Überbeanspruchung auf; (a) 100 % Festigkeit; (b) 70% Festigkeit;(c) 50% Festigkeit; (d) 40% Festigkeit;

### ZUSAMMENFASSUNG / Schlussfolgerung

Heutzutage stehen viele verschiedene Verfahren zur Erstellung eines 3D Modells für die Fachbereiche der Geologie, Hydrogeologie, Geotechnik / Felsmechanik und Vermessungswesen zur Verfügung. Der

Lehrstuhl für Subsurface Engineering an der Montanuniversität Leoben ist bestrebt, die Daten, Informationen und das Fachwissen aus diesen Gebieten sowie die numerischen Verfahren im Bereich der Geotechnik zu vereinen.

Das Ziel ist die Langzeitstabilität komplexer Strukturen untertage besser abschätzen zu können. Es hat sich gezeigt, dass vor der numerischen Simulation die Detaillierung und der Umfang der erforderlichen Informationen zwischen den einzelnen Fachgebieten genau festgelegt und ein stetiger Datenaustausch stattfinden muss. Dies beinhaltet die Fragestellung, in welchem Ausmaß die Komplexität der Geometrie die Stabilität sowie die Spannungs- und Verschiebungsverteilung beeinflusst und zu welchem Grad dies vernachlässigbar ist.

Der Einfluss von Gruben- und Oberflächenwässern insbesondere in wassersensitiven Gebieten darf bei der Betrachtung der Langzeitstabilität nicht vernachlässigt werden. Der Fortschritt des Laugungsprozesses führt zu einer langsamen, aber stetigen Verringerung der Festigkeitseigenschaften des anstehenden Gebirges. Es wird derzeit versucht, diesen Vorgang in ein FE-Programm zu implementieren, um aus den Ergebnissen mögliche Schwächezonen abzuleiten und frühzeitig Sicherungs- und Stabilisierungsmaßnahmen einleiten zu können.

Abschließend wird darauf hingewiesen, dass qualitative und quantitative gebirgsmechanische Beschreibungen, analytische Berechnungen und numerische Simulationen auch bei Einsatz der heute zur Verfügung stehenden Programme nur Näherungslösungen des Ist-Zustandes sein können. Ein fundiertes Wissen sowie Erfahrung in diesen Bereichen sind für die Interpretation der Ergebnisse unumgänglich.

## LITERATUR

- Barton, N.R. (2002): *Some New Q-Value Correlation to Assist In Site Characterisation and Tunnel Design*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol. 39, No. 2, S. 185–216.
- Bieniawski, Z.T. (1993): *Classification of Rock Masses for Engineering: The RMR System and Further Trends*. Comprehensive Rock Engineering, Vol. 3, Rock Testing and Site Characterisation, John A. Hudson, Pergamon, ISBN 0-08-042066-0, S. 553 – 573.
- Deere, D.U. (1964): *Technical Description of Rock Cores for Engineering Purposes*. Rock Mechanics and Engineering Geology; Vol. 1 No.1, S. 17 – 22.
- Eisbacher, G. (1996): *Einführung in die Tektonik*. Spektrum Akademischer Verlag, 2. Auflage.
- Gschwandtner G., Galler R. (2012): *Stability analysis of complex underground structures - from data acquisition to 3D numerical simulation*. AIMS 2012 - 7th International Symposium Rockbolting and Rock Mechanics in Mining. VGE Verlag GmbH. Essen. S.75-87.
- Gschwandtner G., Galler R. (2011): *Einige Gedanken zur gebirgsmechanischen Beurteilung von Untertagebauten*. BHM 156, S. 1-5.
- Hoek, E. (2002): *A Brief History of the Development of the Hoek-Brown Failure Criterion*. Rocscience, Manual of RocLab Version 1.0.
- Laubscher, D.H. (1990): *A Geotechnical Classification System for the Rating of the Rock Mass in Mine Design*. Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, Vol. 90, No. 10, S. 257–273.
- Markscheideverordnung (2001): *Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit über Vermessungen beim Bergbau, das Bergbauartenwerk und die Erfassung von Bodenbewegungen 2001*, Fassung vom 01.10.2011, [www.ris.bka.gv.at](http://www.ris.bka.gv.at)
- Matthes, S. (2000): *Mineralogie: Eine Einführung in die spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde*. Springer-Verlag Berlin und Heidelberg, 6. Auflage.

- Meißner H. (1996): *Empfehlungen des Arbeitskreis 1.6 der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik: „Numerik in der Geotechnik“*  
*Abschnitt 2. Geotechnik 19 (Nr.2), S. 99-108.*
- MinroG (2011): *Bundesgesetz über mineralische Rohstoffe, über die Änderung des ArbeitnehmerInnenschutzgesetzes und des Arbeitsinspektionsgesetzes 1993 in der Fassung der Mineralrohstoffgesetznovelle 2001.* Fassung vom 01.10.2011.  
[www.ris.bka.gv.at](http://www.ris.bka.gv.at)
- Meschede, M. (2001): *Methoden der Strukturgeologie.* Spektrum Akademischer Verlag.
- Prinz, H., Strauß, R. (2006): *Abriss der Ingenieurgeologie.* Spektrum Akademischer Verlag, 4. Auflage.
- Schuscha, E. (2004): *Das Beeinträchtigungspotential bei österreichischen Erzbergbauen – Analyse, Bewertung und Sicherheitsleistung.* BHM 149, S. 433 – 438.
- Siefert, M. (2009): *Verfahren zur qualitativen und quantitativen Beschreibung des Gebirges, 2.Teil: Quantitative Gebirgsbeschreibung.* BHM 154, S. 426 – 440.
- Tucker, M. (2001): *Methoden der Sedimentologie,* Spektrum Akademischer Verlag.
- Wagner, H. (2011): *Beitrag zur Veröffentlichung von H. Weber: Betriebstechnisches und gebirgsmechanisches Sicherheitsmanagement im Bergbau.* BHM 156, S. 320 – 324.
- Weber, H. (2011): *Betriebstechnisches und gebirgsmechanisches Sicherheitsmanagement im Bergbau.* BHM 156, S. 313 – 319.

Donnerstag 18. Oktober 2012

12:00-12:30

## Frühjahr 2012, Stützmauern überleben schneereichen Winter nicht – Fallbeispiele

Jörg Henzinger, Christoph Henzinger

*Geotechnik Henzinger*

Der Winter 2011/2012 hat in vielen Teilen Tirols mächtige Schneeablagerungen hinterlassen. Örtlich wurden Schneehöhen mit einer Jährlichkeit von 30-50 Jahren gemessen. Die Schneeschmelze und die Niederschläge im Frühjahr erzeugten im Untergrund hohe Hangwasserspiegel und Schichtwasserabflüsse. Einige Stützmauern haben dieser Belastung nicht standgehalten und haben sich stark verformt oder sind gebrochen. Anhand von 3 Fallbeispielen wird die örtliche Situation und die Sanierung dargestellt.

### Stützmauer Siedlung Hart, Zillertal

Eine Steinschlichtung, an einer Geländekante situiert, hat dem Hangwasserdruck nicht standgehalten. Die Verformungen der schweren Blocksteinmauer waren so groß, dass unterliegende Objekte dadurch gefährdet waren. Vor der Errichtung eines Steinschlagschutzes in Form einer Netzbarriere mussten die unterliegenden Wohnhäuser evakuiert werden. Die Sanierung sieht die Errichtung einer Stahlbetonwinkelmauer auf einem verankerten Fundament vor. Zur Herstellung der Stützmauer entsprechend dem Stand der Technik ist eine talseitige Anschüttung notwendig.

### Böschungssicherung Haus Nagl, Ranggen

Eine Stahlbetonwinkelstützmauer in steilem Gelände sicherte die Aufschüttung, auf der zum Teil das Objekt Nagl am Einhang zum Lehnbach gegründet war. Die ungünstigen Hangwasserverhältnisse Anfang März erzeugten in der Winkelstützmauer so große Verformungen, dass das talseitige Hauseck des Objektes frei stand und Kippgefahr für das Objekt bestand. Durch die Errichtung eines verankerten Spritzbetonpfeilers unter dem Hauseck und die Sicherung der Böschung mit Hilfe von Holzankerwänden konnte ein standsicherer Zustand wieder erzeugt werden.

### Mauer Schwimmbad Mutters

In der Folge des Mauerbruchereignisses Hauptmautstelle Schönberg wurden viele geneigte Mauern bzw. deren Standsicherheit überprüft. So auch bei der Mauer unterhalb des Schwimmbades Mutters. Diese Mauer wies eine starke Neigung zur Talseite und Rissbildungen auf. Durch eine flächige Vernagelung der Stützmauer und der Errichtung einer Vorsatzschale mittels Blocksteinmauerwerk konnte die erforderliche Standsicherheit wieder erreicht werden.

Donnerstag 18. Oktober 2012

14:00-14:30

## Hochauflösende Seismik in der Hydrogeologie - ein gelungenes Beispiel aus dem Vorarlberger Rheintal

Rufus Bertle<sup>1</sup>, Walter Frei<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ZT Büro GEOGNOS Bertle GmbH, A-6780 Schruns

<sup>2</sup>GeoExpert AG, Seismische Untersuchungen, CH-8424 Embrach / Schweiz

### Aufgabenstellung

Im Rahmen einer Gesamtmodellstudie der hydrogeologischen Verhältnisse im Vorarlberger Rheintal wurden im Auftrag der Abteilung Wasserwirtschaft (VIId) des Amtes der Vorarlberger Landesregierung auf dem Gebiet der Stadt Bregenz und der Gemeinden Lauterach und Wolfurt mit dem hybridseismischen Verfahren die Untergrundstrukturen bis Tiefen von rund 400 m kartiert.

Die Messkampagne wurde vom

- a) Land Vorarlberg,
- b) den Illwerken VKW AG,
- c) und aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) finanziert.

Das Augenmerk der Untersuchung richtet sich primär auf die Bestimmung des Verlaufs und der Tiefenlage der Felsoberfläche sowie auf die Kartierung der Ablagerungsstrukturen der Bregenzerach-Schwemmfächer. Nach Möglichkeit sind zudem hydrogeologisch relevante Störungszonen im Felsuntergrund aufzuzeigen.

Das Erkundungsprogramm umfasst 5 seismische Profile mit einer Gesamtlänge von über 8.5 km (s. Situationsplan Abb. 1 unten).

## **2 DIE FELDARBEITEN ZUR DATENERFASSUNG**

### **Die seismische Energiequelle**

Die seismischen Profile liegen durchwegs in bebauten Gebieten und z. T. entlang stark befahrener Strassen.

Auf Grund der allgemeinen stark störenden Bodenunruhe, besonders entlang der Arlbergstrasse als Hauptverkehrsader (Profil 1 in Abb. 4) kam der Art der seismischen Quelle für die angestrebte Erkundungstiefe von 400 m eine besondere Aufmerksamkeit zu.

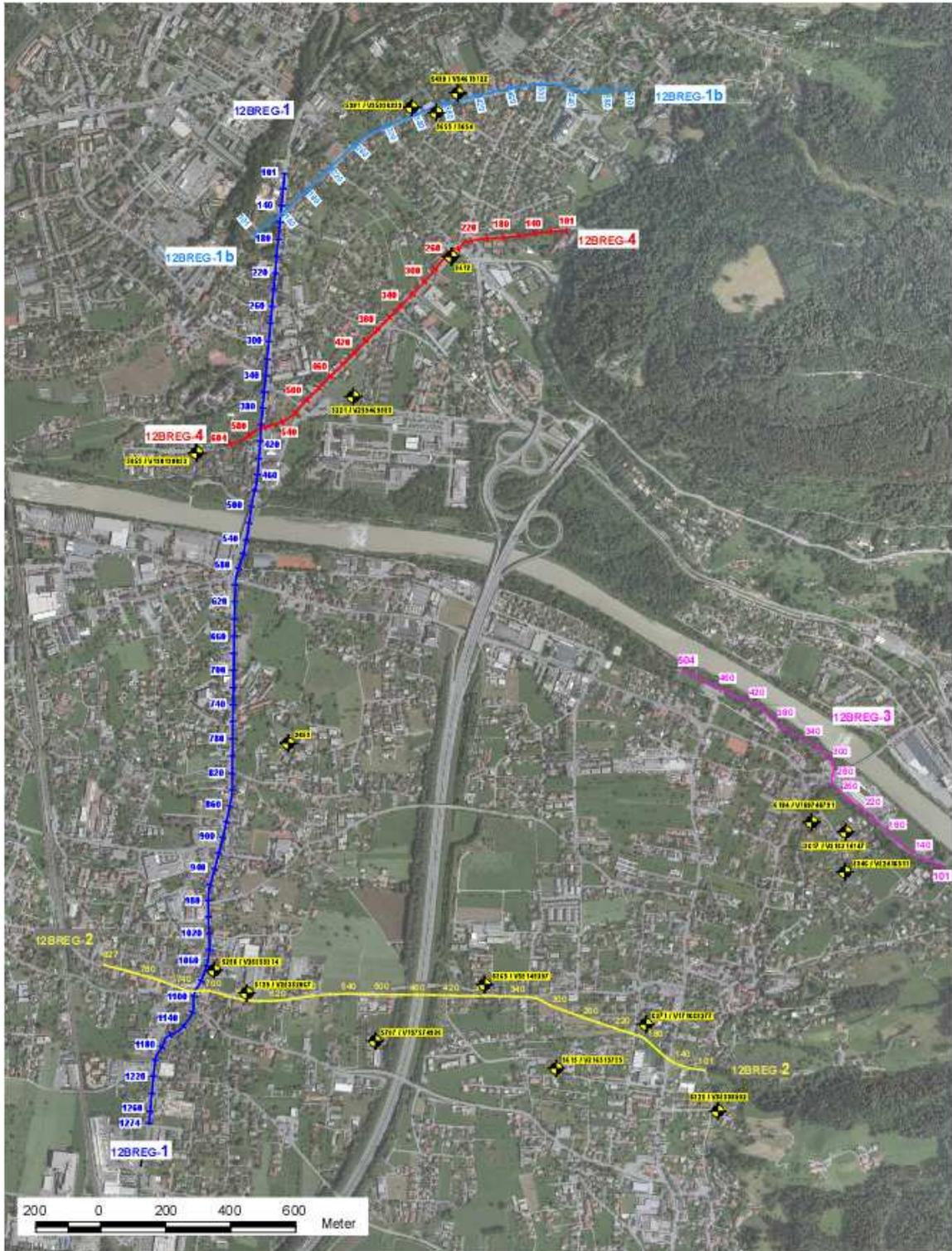
Die Ergebnisse der ersten beiden Messtage mit einem größeren Fallgewicht als seismische Quelle (s. Abb. 2) ergaben jedoch die Gewissheit, dass diese Art der Energieanregung ausreicht.

### Die Geophonauslage

Da auch Felstiefen von weniger als 100 m zu erwarten waren, war es angezeigt, dass im Interesse einer optimalen Auflösung in diesem obersten Tiefenbereich die Abstände zwischen den Geophonstationen nicht größer als 2.5 m gewählt wurden.

Für eine möglichst hohe Erkundungstiefe des bei der hybriden Seismik in Kombination mit hochauflösender Reflexionsseismik angewandte refraktionsseismische Verfahren der Tauchwellentomographie ist eine entsprechend lange Geophonauslage erforderlich. Methodisch bedingt muss diese rund vier Mal größer als die gewünschte Erkundungstiefe betragen.

Die eingesetzte Messapparatur verfügt über 360 Kanäle, was einer aktiven Auslage von rund 900 m (360 x 2.5 m), d.h. einer theoretischen Erkundungstiefe von > 200 m (900 m / 4), entspricht. Beim kontinuierlichen Profilschiessen (*roll-along*) wird das Verfahren der variablen asymmetrischen *split spread* Auslage angewandt. Dabei wird über die ganze Länge der stationären 800 m langen Auslage in vorerst 10 m Abständen angeregt. Ab Mitte der Auslage werden die Anregungsabstände auf 20 m verdoppelt. Danach wird die gesamte Auslage um die Hälfte ihrer Länge, d.h. um 400 m, in Arbeitsrichtung verschoben. Die Quelle wird ans - nunmehr neue - rückwärtige Ende Auslage verschoben, von wo sie nun in 20 m Abständen, zwischen den im ersten Zyklus ausgelassenen Punkten wieder aktiv wird. Dieses Vorgehen des sukzessiven Verschiebens der Auslage um die Hälfte ihrer Länge gewährleistet einen Datensatz mit einer lückenlosen Überdeckung des Untergrunds mit refraktionstomographischen Aufzeichnungen über die größtmöglichen Sender-Empfänger Abstände.



 Amt der Vorarlberger Landesregierung Wasserwirtschaft	Geophysikalische Erkundung der Bregenzerach - Schwemmfächer		 EUROPÄISCHER FONDS FÜR REGIONALE ENTWICKLUNG
	Lageplan der seismischen Profile und der Standorte relevanter Bohrungen		
 GeoExpert ag Seismische Untersuchungen Oberfeldgasse 9 CH-8514 Amlikon-Blisegg Tel. +41 71 652 60 70; Fax +41 71 652 60 71 info@geoexpert.ch; www.geoexpert.ch	erstellt von	Datum	Beilage A zum Bericht vom 30.03.2012
	L. Keller, Ph. Corboz & W. Frei	März 2012	

**Abb. 1:** Lageplan der seismischen Profile auf dem Gebiet der Stadt Bregenz und der Gemeinden Lauterach und Wolfurt



**Abb. 2:** Fallgewicht im Einsatz auf der stark befahrenen Arlbergstrasse: Ein 360 kg schwerer Stempel schlägt aus 4 m Höhe in freiem Fall auf eine Hartgummiplatte.



Entgegen den Erwartungen hatte die durch den starken Verkehr verursachte Bodenunruhe nicht die im befürchteten Ausmaß eingetretene Qualitätseinbusse zur Folge. Bei den Registrierarbeiten wurde jeweils darauf geachtet, dass diese während der Vorbeifahrt von Lastwagen und Bussen kurzzeitig unterbrochen wurden. Zudem wurden während der Spitzenverkehrszeiten nach Möglichkeit Arbeiten mit dem Umbau und dem Auslegen des Messdispositivs, also keine eigentlichen Registrierarbeiten, durchgeführt.

**Abb. 3:** Geophonauslage bei einer der zahlreichen Einfahrten zu Vorplätzen, Garagen und Quartierstrassen.

Eine große Herausforderung bei innerstädtischen seismischen Erkundungen sind die zahlreichen größeren Park- und Vorplätze vor Wohnhäusern und Gewerbebauten, auf denen wegen der häufigen Zu- und Wegfahrten von Autos größere Lücken in der Geophonauslage in Kauf genommen werden müssen, was die Datendichte und folglich auch den Informationsgehalt eines seismischen Profils beeinträchtigt.

### 3 Zusammenfassung der seismischen Registrierparameter

Auslagetyp	variabel asymmetrische stationäre Aufstellung
Länge aktive Geophonauslage	bis 900 m
Anzahl aktiver Kanäle	bis 360
Empfängerabstände	2.5 m
Anzahl Geophone pro Station	1
Geophontyp	10 Hz
Anregungsabstand	7.5 - 10.0 m
Fallgewichte der Typen Höhe; und beschleunigter Fall	<b>FFWD-GX</b> (freier Fall eines 360 kg Stempels aus 4 m <b>BISON EWG III</b> (mit vorgespannten Gummibändern eines 250 kg Stempels aus 60 cm Höhe)
Messapparatur	SmartSystem (360 Kanäle & 24 bit A/D Wandlung) <input type="checkbox"/> <a href="http://www.seismicinstruments.com">www.seismicinstruments.com</a>
Abtastrate	0.5 Millisekunden
Horchzeit	1'000 Millisekunden
Hochpassfilter (2-Pol)	8 Hz
Tiefpassfilter	anti-alias

### 4 Die geologische Interpretation

Die von GeoExpert AG übermittelten hybridseismischen Profile wurden anhand von Felsaufschlüssen und verfügbaren Bohrdaten unter Berücksichtigung der quartären Talentwicklung interpretiert. Die Talverfüllung des Rheintales seit dem Ende der letzten Eiszeit ist durch die komplexe Interaktion von Schüttungen des Rheines in den Urbodensee mit den seitlichen Flusszubringern (wie z.B. der Bregenzerach) charakterisiert. Zusätzlich sind die Ablagerungen des Rhein-Illgletschers zu berücksichtigen, die vermutlich im Untergrund des Bereiches Kennelbach – Herzenmoos / Bregenz noch erhalten sind.

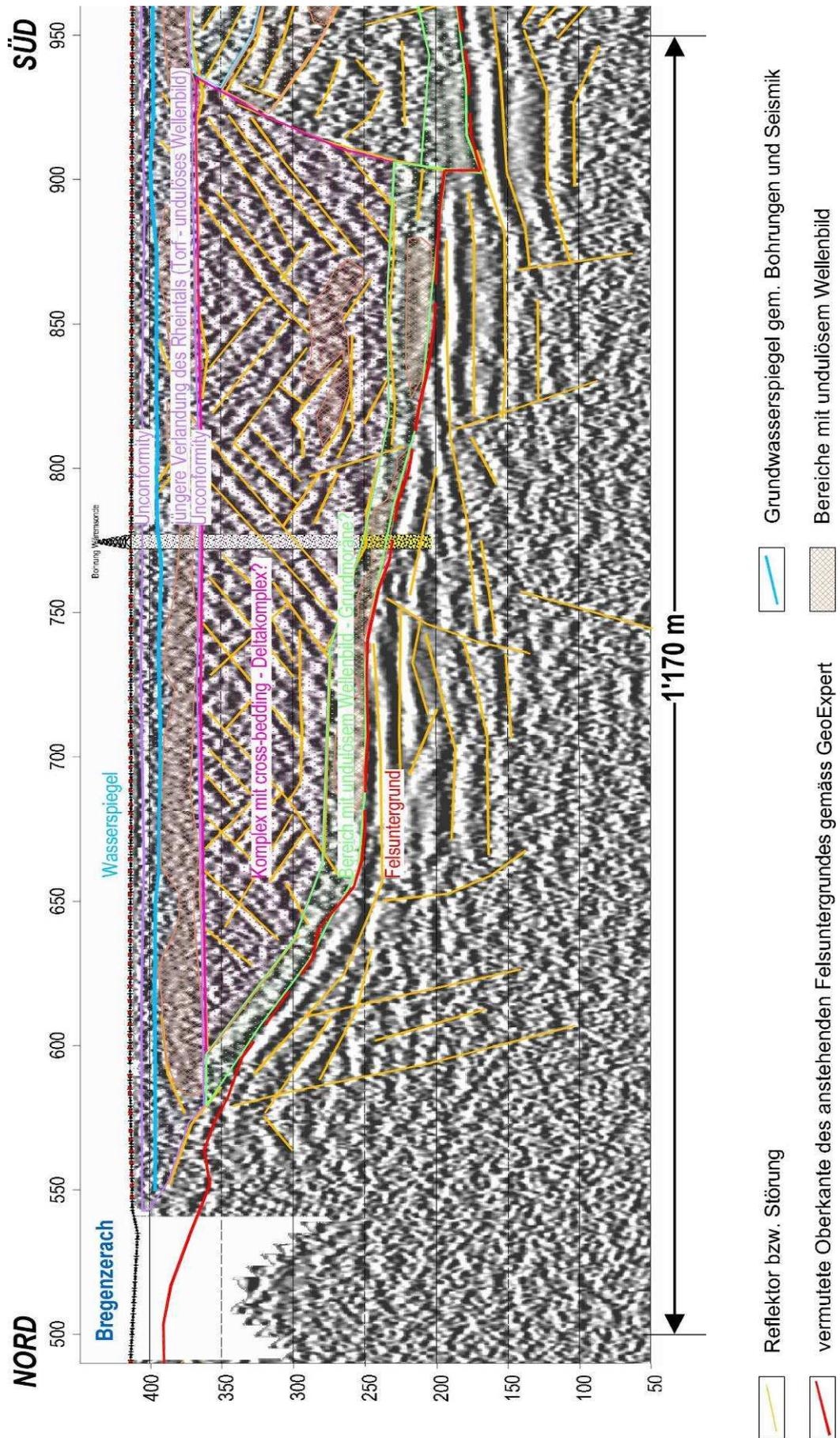
Die Interaktion der 3 fluviatilen Systeme Bodensee – Rhein-Schüttung – Bregenzerach-Schüttung zeichnet sich in den hybridseismischen Profilen durch verschiedene Reflektoren ab und kann daher im sequenz-stratigraphischen Sinne interpretiert werden. Während in der klassischen Sequenzstratigraphie Meeresspiegelschwankungen zur Ausbildung unterschiedlicher Sedimente führen, sind die Ablagerungsbedingungen im Raume Wolfurt – Lauterach – Bregenz – Hard durch die geographische Lage und die Wasserspiegelhöhe des Bodensees bzw. der verschiedenen Flüsse

bestimmt. Einerseits zeichnen sich Schüttungen in den Bodensee durch den Rhein vor allem durch feinkörnige Ablagerungen aus, während die Schüttungen der Bregenzerach durch ihre Grobkörnigkeit gekennzeichnet sind. Je nach Intensität der Wasserführung und der Richtung des Flusses können feinkörnige Ablagerungen des Rheines im Bodensee durch die Bregenzerach abgetragen und weiter in den Bodensee verfrachtet und andererseits bei längerer Niederwasserführung in der Bregenzerach verstärkt feinkörnige Sedimente durch den Rhein im Mündungsbereich der Bregenzerach abgelagert worden sein.

Diese Wechsellagerung zeichnet sich in den hybridseismischen Profilen einerseits durch verschiedene Delta-Schüttungen und andererseits durch verschiedene Erosionshorizonte (bzw. seismischen Diskordanzen) ab. Diese quartären Ablagerungen stehen in starkem Kontrast zur Oberfläche des anstehenden Felsuntergrundes (sofern dieser nicht tiefgründig verwittert ist). Daher kann die Lage der Felsoberfläche aus der Kombination der Wellengeschwindigkeiten und der Reflektionsdichte relativ genau festgelegt werden.

Schwierigkeiten treten in jenen Bereichen auf, in denen der anstehende Felsuntergrund durch feinkörnige dichte Moränenablagerungen (eventuell auch Riss-Eiszeit ?) direkt überlagert wird.

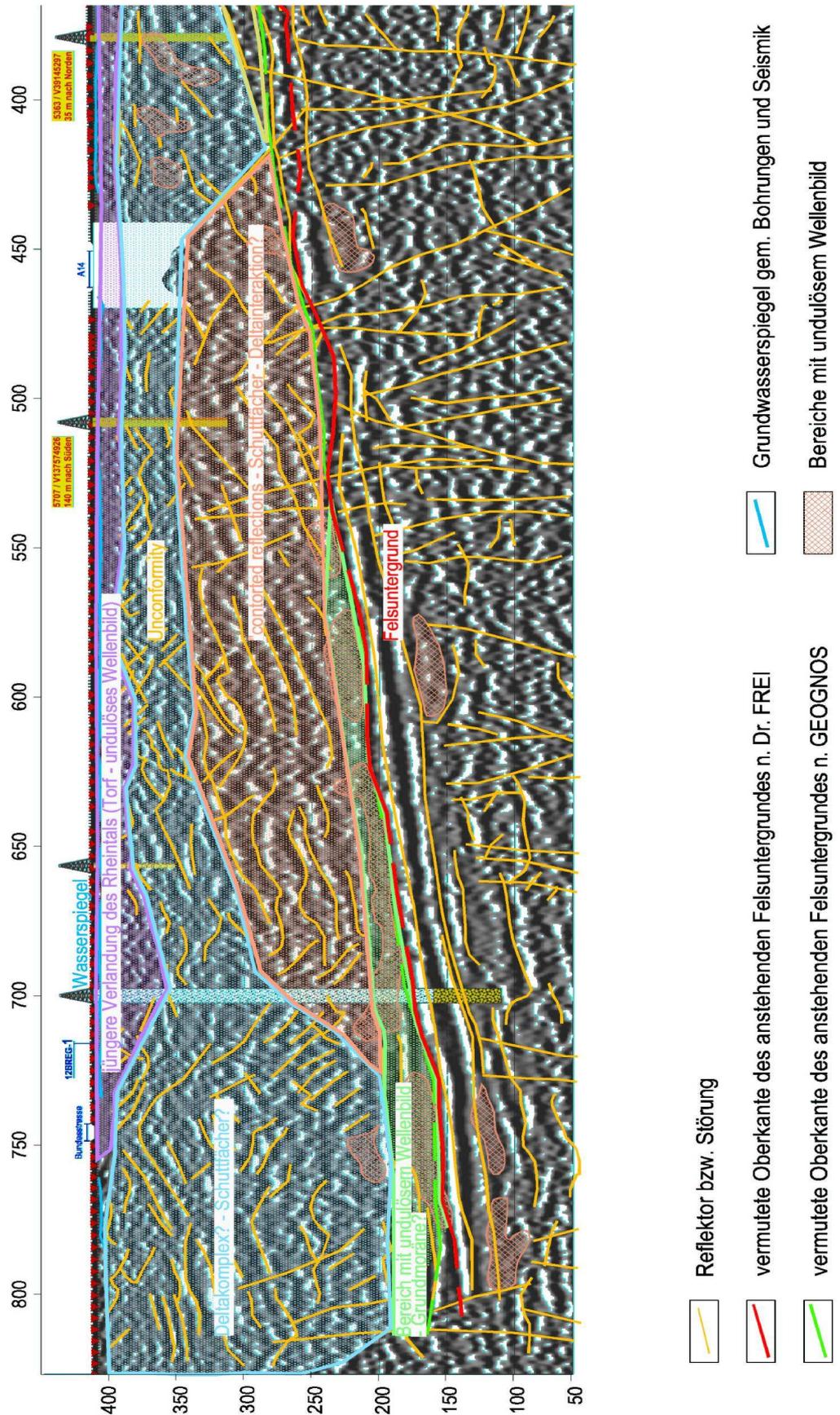
In hydrogeologischer Hinsicht weisen die Schüttungen der Bregenzerach auf Grund des größeren mittleren Korndurchmessers eine gegenüber den eher feinkörnigen Ablagerungen des Rheins erhöhte hydraulische Durchlässigkeit auf.



**Abb. 4:** Seismisches Profil 1 von der Bregenzerach Richtung Süden. Bei der Tiefbohrung schneidet dieses Profil bei Station 775 das W-E Profil 2 in Abb. 5 auf der nächsten Seite.

OST

WEST



**Abb. 5:** 1.3 km langer Profilabschnitt des seismischen Profils 2. Der Schnittpunkt mit dem N-S Profil 1 liegt nahe der Tiefbohrung bei Station 700.

Die Auswertung der hybridseismischen Profile in Kombination mit den vorhandenen Oberflächen- und Untergundaufschlüssen zeigt:

- die Felsoberfläche unter der quartären Verfüllung weist im Bereich Herzenmoos in Rinnenlängsachse eine Sattelstruktur auf, von der der Felsuntergrund gegen S und N mehr oder weniger steil abfällt. Der Scheitel des anstehenden des anstehenden Felsuntergrundes in diesem Bereich liegt auf ca. m 390 ü.M. Daher ist der Wasserdurchfluss von der Bregenzerach in Richtung Herzenmoos und weiter in Richtung des Bodensees im Vergleich zum Hauptgrundwasserstrom der Bregenzerach nur von untergeordneter, aber nicht von vernachlässigbarer Bedeutung.
- Vom Schluchtausgang der Bregenzerach im Bereich Kennelbach – Wolfurt fällt die Oberfläche des anstehenden Felsuntergrundes steil in einer Bogenform linksufrig des Achbachbettes gegen W ab und liegt im Bereich von Wolfurt mehr als 200 m unter der Geländeoberfläche.
- Die seit langem bekannten parallel zum Talrand des Rheintales verlaufenden Störungen zeichnen sich durch Störungsbündel in den seismischen Profilen ab. An wenigen Stellen pausen sich diese Störungen eventuell in die quartäre Talverfüllung durch.
- In allen seismischen Profilen zeichnet sich der Grundwasserspiegel durch einen markanten Reflektionshorizont ab.
- Bereiche mit undulösem Wellenbild in den hybridseismischen Profilen sind einerseits auf Auslöschungseffekte durch flach liegende Tunnel bzw. homogene Lockergesteinskörper unter einem markanten Reflektor (z.B. Oberkante Grundmoräne) und andererseits vermutlich auf wassergefüllte Linsen und Kanäle mit geringem Internkontrast zurückzuführen.

Mit der angewandten Messmethode des hybridseismischen Verfahrens in Kombination mit den Kenntnissen über die glaziale und postglaziale Talbildung und Talverfüllung sowie die Auswertung von Bohrungen, Wasserstandsmessungen und Aufschlusskartierungen konnte ein Untergrundrelief und eine Wasserträgerstruktur erarbeitet werden, das in hohem Ausmaß mit Durchflussmessungen und langjährigen Ergiebigkeitsmessungen übereinstimmt.

Donnerstag 18. Oktober 2012

14:30-15:00

## In situ Messung chlorierter Kohlenwasserstoffe im Wasser

Xantippe Boutsiadou<sup>1</sup>, Roberto Costa<sup>2</sup>, Daniel Hunkeler<sup>3</sup>, Heinz Surbeck<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Centre d'Hydrogéologie et Géothermie, Univ. de Neuchâtel, Suisse

<sup>4</sup>Nucfilm GmbH, Fineta 46, CH-1792 Cordast, Schweiz

### Abstract

Chlorinated hydrocarbons like trichlorethene and tetrachlorethene have been used in large quantities as degreasing agents. Spent solvents have found their way to soils and groundwater. To assess the extent and severity of these contaminations, water samples from boreholes have to be brought back to the lab to be analyzed by gas chromatography. This procedure is very labor-intensive and too expensive for time series with short intervals, e.g. hours.

We present an instrument that allows for the field measurement of the sum of chlorinated hydrocarbons at concentrations down to 20 mg/liter.

The water to be analyzed passed on one side of a semipermeable membrane. The other side of the membrane makes part of a closed gas circuit coupled to a photoionisation-detector.

This instrument not only allows for the field measurement of batch samples but also can be used to measure continuously with a temporal resolution on the order of 1 hour.

### Zusammenfassung

Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW) wie Trichlorethen (TRI, TCE) und Tetrachlorethen (PER, PCE) wurden früher in großen Mengen in der chemischen Reinigung und zum Entfetten aller Art eingesetzt. Dabei gelangten erhebliche Mengen in den Boden und ins Grundwasser.

Bei der Untersuchung dieser Altlasten-Standorte werden Grundwasserproben genommen und im Labor mittels Gaschromatographie analysiert. Dieses Vorgehen ist sehr arbeitsintensiv und erlaubt schon wegen der Analysekosten kaum Zeitreihen mit kurzen Intervallen.

Wir stellen hier eine Apparatur vor, die es erlaubt im Feld CKWs im Wasser mit einer Nachweisgrenze von ca. 20 mg/Liter (Summe TRI und PER) zu bestimmen.

Das zu analysierende Wasser wird auf der einen Seite einer gasdurchlässigen, aber wasserdichten Membran durchgeleitet. Die andere Seite ist Teil eines geschlossenen Gaskreislaufs in dem sich ein Photoionisations-Detektor (PID) befindet.

Die Apparatur erlaubt es, sowohl Einzelproben zu messen als auch kontinuierlich die CKW Konzentration im abgepumpten Wasser zu bestimmen. Die Zeitauflösung beträgt dabei ca. 1h.

### Einleitung

Wenn sich Wasser im Kontakt mit einem Gas, z.B. Luft befindet stellt sich nach einiger Zeit ein stationärer Zustand zwischen der Konzentration der im Wasser gelösten Gase oder Flüssigkeiten und der Konzentration in der Gasphase ein. Das Verhältnis der Konzentration in der Gasphase zur

Konzentration in der Wasserphase ist der dimensionslose Henry-Koeffizient. Für CO<sub>2</sub> und eine Temperatur von 10 C zum Beispiel liegt der Henry-Koeffizient nahe bei 1, das heißt, dass die Konzentration in Vol% in der Gasphase etwa der Konzentration in Vol% in der Wasserphase entspricht.

Da die Henry-Koeffizienten und ihre Temperaturabhängigkeit für die meisten Gase und im Wasser löslichen Flüssigkeiten gut bekannt sind, lässt sich aus der Konzentrationsmessung in der Gasphase die Konzentration in der Wasserphase berechnen.

Es ist wesentlich einfacher, die Konzentration in der Gasphase als in der Wasserphase zu messen. Das wird seit langer Zeit für die Messung der Radonkonzentration im Wasser genutzt (Gockel 1914). Für Einzelproben genügen einfache "bubblers", z.B. Gaswaschflaschen, bei denen die Luft eines geschlossenen Messkreislafs mehrmals durch die Wasserprobe gepumpt wird.

Für kontinuierliche Messungen wird das gepumpte Wasser entweder direkt mit dem Gaskreislauf in Kontakt gebracht, oder die Kopplung Gas/Wasser erfolgt über eine semipermeable Membran, die für Gase, aber nicht für Wasser durchlässig ist.

Beispiele für die direkte Kopplung ohne Membran sind die Wasserstrahlpumpe (Surbeck 1993) oder Vorrichtungen in denen der Luftkreislauf in Kontakt mit versprühtem Wasser steht (RadAqua, Durrige, Billerica, MA , USA).

Als semipermeable Membranen werden zum Beispiel Schläuche aus porösem Polypropylen (PP) eingesetzt (Surbeck 1996). Die hydrophobe Oberfläche verhindert, dass, bei nicht zu hohen Drücken Wasser durch die Poren dringt. Besonders große Austauschflächen lassen sich mit Bündeln von Kapillaren erreichen (z.B. MiniModule, Separation Products Division, Hoechst Celanese Corporation, Charlotte, NC, USA).

Als nicht poröse Membranen können dünnwandige Silikonschläuche (Hofmann et al. 2011) oder Bündel von Silikonkapillaren (PermSelect, MedArray Inc., USA) verwendet werden.

Ein guter Überblick über die verschiedenen Gas/Wasser-Tauscher und insbesondere über die damit erreichbaren Zeitaufösungen bei kontinuierlichen Radonmessungen findet sich bei Schubert et al. 2012.

Die Gas/Wasser-Tauscher lassen sich nicht nur für Radon, sondern für irgendwelche im Wasser gelöste Gase oder volatile im Wasser gelöste Flüssigkeiten einsetzen. Voraussetzungen sind nur, dass der Henry-Koeffizient nicht zu klein ist und dass feldtaugliche Sensoren für diese Gase existieren (für CO<sub>2</sub> : Savoy et al. 2011).

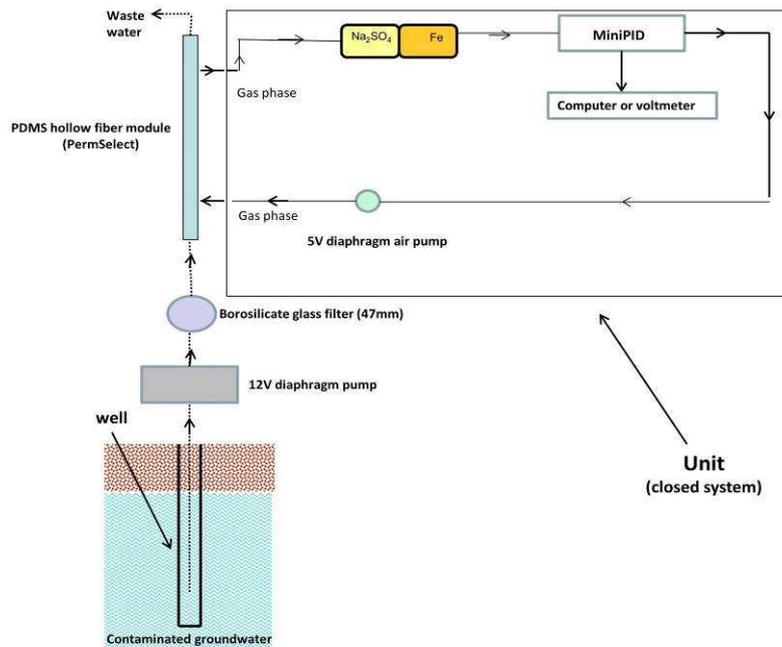
Im Rahmen einer Dissertation an der Universität Neuenburg (Schweiz) wurde der Transport chlorierter Kohlenwasserstoffe durch diese Membranen untersucht (Boutsiadou 2012). Die Resultate zeigten, dass es möglich ist, mit einem an ein kompaktes Kapillarmodul gekoppelten Photoionisations-Detektor chlorierte Kohlenwasserstoffe in situ bei einer Nachweisgrenze von 20 mg/Liter zu detektieren.

### **Messapparatur und Resultate**

Figur 1 zeigt den Aufbau der Apparatur und Fig.2 den Einsatz im Feld. Das zu analysierende Wasser wird mit 50 ml/min durch das Gas/Wasser Austauschmodul (PermSelect PDMSXA-10, MedArray Inc., USA) geleitet. Im Gaskreislauf wird mit 6 ml/min gepumpt. Als Detektor dient ein PID (MiniPID 3-pin ppb, Ionscience). Die Photonenenergie der Lampe dieses PID liegt mit 10.6 eV genügend hoch, um

sowohl TRI, PER und deren Zersetzungsprodukte, inklusive Vinylchlorid (VC) zu ionisieren. Vor dem Eintritt in den Detektor wird das Gas zur Trocknung durch eine  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -Kartusche und zur Adsorption von  $\text{H}_2\text{S}$  durch eine Zelle mit Eisenfeilspänen geleitet.

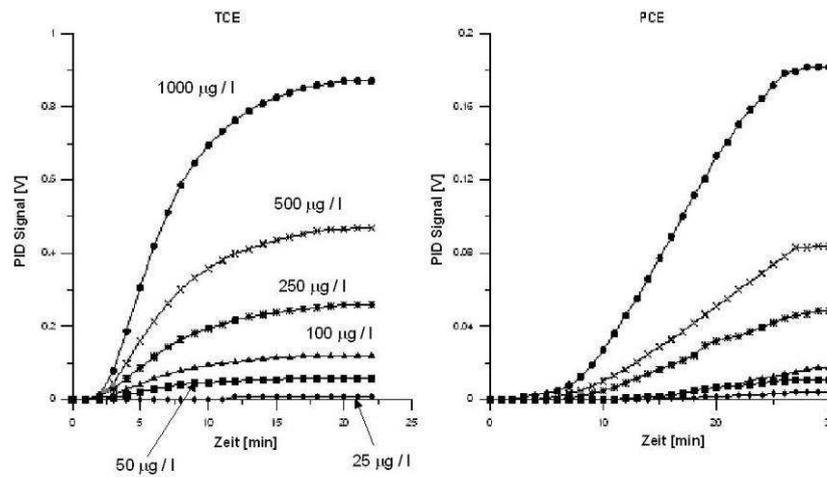
Trotz der sehr kleinen Durchflüsse und einer Austauschfläche von nur  $10 \text{ cm}^2$  wird ein stationärer Zustand nach 20 bis 30 Minuten erreicht (Fig. 3).



**Fig.1** : Aufbau der Messapparatur für die *in situ* Detektion von chlorierten Kohlenwasserstoffen.



**Fig. 2** : Feldeinsatz des Prototypen zur *in situ* Detektion von chlorierten Kohlenwasserstoffen.



**Fig. 3 :** Resultate der Messung von Trichloethen (TCE) und Tetrachlorethen (PCE) Eichlösungen mit dem Gerät in Fig. 2

## Diskussion

Bereits mit diesem Prototypen, der mit sehr kleinen Durchflüssen und einer Austauschfläche von nur 10 cm<sup>2</sup> arbeitet, konnten chlorierte Kohlenwasserstoffe im Feld bis hinunter auf 20 mg/l nachgewiesen werden. Da die Messwerte nach 20 bis 30 Minuten stabil sind, ist eine Zeitauflösung von ca. 1 h bei kontinuierlichen Messungen zu erreichen.

Bei größeren Durchflüssen und größeren Austauschflächen ließen sich die Zeitauflösung und auch die Nachweisgrenze deutlich verbessern. Aufgrund der Erfahrungen mit den Gas/Wasser Tauschern bei den kontinuierlichen Radonmessungen wären für eine gute Zeitauflösung die Methoden mit direktem Gas/Wasser Kontakt besonders geeignet (Wasserstrahlpumpe : Surbeck 1993, RadAqua : Schubert et al. 2012).

Die Ionisierung der verschiedenen hier untersuchten chlorierten Kohlenwasserstoffe hängt nur wenig von der Art des Moleküls ab. Das heißt, dass mit dem PID allein nicht zwischen TRI und PER unterschieden werden kann. Die unterschiedlichen Diffusionsgeschwindigkeiten durch die Silikonmembran könnte aber möglicherweise erlauben, TRI und PER zu unterscheiden. Wie in Fig. 3 zu sehen ist, diffundiert Trichlorethen wesentlich schneller als Tetrachlorethen durch die Membrane.

## Verdankung

Die Autoren möchten dem Schweizer Bundesamt für Umwelt für die finanzielle Unterstützung dieses Projektes danken.

## Referenzen

Xanthippe Boutsiadou (2012), Development of a system for in situ determination of chlorinated hydrocarbons in groundwater. PhD thesis, University of Neuchatel, Switzerland

Gockel, A. (1914), Die Radioaktivität von Boden und Quellen, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, Germany

Harald Hofmann, Benjamin S. Gilfedder and Ian Cartwright (2011),

A Novel Method Using a Silicone Diffusion Membrane for Continuous  $^{222}\text{Rn}$  Measurements for the Quantification of Groundwater Discharge to Streams and Rivers. Environ. Sci. Technol., 2011, 45 (20), pp 8915–8921

Savoy, L., Surbeck, H. and Hunkler, D. (2011). Radon and  $\text{CO}_2$  as natural tracers to investigate the recharge dynamics of karst aquifers. Journal of Hydrology 406(3-4): 148-157.

Michael Schubert, Albrecht Paschke, Denise Bednorz, Walter Bürkin and Thomas Stieglitz (2012).

Kinetics of the Water/Air Phase Transition of Radon and Its Implication on Detection of Radon-in-Water Concentrations: Practical Assessment of Different On-Site Radon Extraction Methods.

Environ. Sci. Technol., Article ASAP, DOI: 10.1021/es3019463; Publication Date (Web): July 26, 2012

Surbeck, H.(1993), Radon monitoring in soils and water.

Nucl.Tracks Radiat.Meas. 22, 1-4, p. 463-468

Surbeck, H.(1996), A radon-in-water monitor based on fast gas transfer membranes,

In : Proc. Int. Conf on Technologically Enhanced Natural Radioactivity, 16-19 Sept. 1996, Szczyrk, Poland.

Da diese Proceedings schwer zu finden sind, gibt es zu dieser Publikation folgenden link :  
<http://www.nucfilm.com/ustron.pdf>

Donnerstag 18. Oktober 2012

15:00-15:30

## Quantifying a Paraglacial Rockslope Response

Andrew Kos<sup>1,2</sup>, Tazio Strozzi<sup>3</sup>, Florian Amann<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Institute for Geotechnical Engineering, ETH Zurich, Switzerland*

<sup>2</sup>*Terrarsense Switzerland AG, Werdenberg, Switzerland (terrarsense@rsnweb.ch)*

<sup>3</sup>*Gamma Remote Sensing AG, Gümlingen, Switzerland*

<sup>4</sup>*Geological Institute, ETH Zurich, Switzerland*

Unzählige alpine Täler unterliegen seit dem Ende der Kleinen Eiszeit erhöhten Gletscherrückzugsraten. Prozesse, welche mit dem Wandel von glazialen zu nicht-glazialen Bedingungen einhergehen, haben einen Einfluss auf die Stabilität der Talflanken. Traditionell wurde der Versagenszeitpunkt von Bergstützen, die im Zusammenhang mit paraglazialen Prozessen gesehen wurden, mit verschiedenen Datierungsmethoden untersucht. In dieser Präsentation fokussieren wir auf die Quantifizierung der Reaktion einer Talflanke in Folge eines raschen Gletscherrückzuges, der rezent an der Gletscherzunge des Grossen Aletschgletschers stattfindet.

Numerous alpine valleys have been undergoing elevated rates of deglaciation since the end of the Little Ice Age. Processes associated with the transition from glacial to non-glacial conditions influence the stability of rock slopes. Traditionally, rock slope failures thought to be associated with paraglacial processes have been studied by establishing the timing of failure through the application of various dating techniques. In this presentation we focus on the quantification of the rock slope response to rapid deglaciation currently taking place at the terminus of the greater Aletsch glacier in Switzerland.

Donnerstag 18. Oktober 2012

16:00-16:30

## Feuer unterm Dach – Sind Waldbrände für Murgänge im Halltal verantwortlich?

Oliver Sass, Rudolf Sailer

*Institut für Geographie und Raumforschung, Karl-Franzens-Universität Graz*

*Institut für Geographie, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck*

### **Abstract:**

Wildfires in 1909 and 1946 widely destroyed the dwarf pine vegetation of the Bettelwurf south slope and of further slopes in Tyrol. Many of the affected sites are still bare of vegetation today which leads to heightened vulnerability towards secondary hazards like rockfall, avalanches and debris flows. At the Bettelwurf, it is assumed that intensified debris accumulation after the fire, together with enhanced runoff concentration, significantly contributed to the occurrence (or at least to the extent) of debris flows in 2008, more than 60 years after the fire.

Waldbrände sind in Österreich eine bislang relativ wenig beachtete Naturgefahr. Feuer spielt für den Bergwald verglichen mit Windwurf und Schädlingsbefall momentan nur eine geringe Rolle, die Gesamtschäden pendeln um ca. 100 Hektar pro Jahr. Die aktuelle Klimaerwärmung könnte jedoch die Feueranfälligkeit erheblich steigern, was sich bereits in den warmen und trockenen Sommern der Jahre 2003 und 2006 angedeutet hat. Eine erhöhte Feuerfrequenz stellt insbesondere für den alpinen Raum ein Risiko dar, da die Vegetation im Vergleich zu anderen Ökozonen keine bzw. kaum Resilienz gegenüber Feuer aufweist. Die Auswirkungen solcher Feuer sind daher oft noch nach Jahrzehnten im Landschaftsbild zu sehen. Eine vollständige Entwaldung nach einem Waldbrand führt oft zu einem erheblich erhöhten Potenzial für sekundäre Naturgefahren.

Trotz der eher geringen Brandhäufigkeit sind von Feuer geschädigte Flächen in Tirol überraschend weit verbreitet. Spektakuläre Beispiele sind die Hänge von Brunnstein und Arnspitze um Scharnitz sowie die Bettelwurf-Platten über dem Halltal. Auf diesen Flächen haben Waldbrände in den 1940er Jahren die vorherrschende Latschenvegetation komplett vernichtet. Durch Verglühen und nachfolgende Abspülung des organikreichen Bodens sind nahezu kahle Felsflächen entstanden. Deren Wiederbesiedlung wird durch verstärkte geomorphologische Prozesse wie Steinschlag, Lawinen und Murgänge extrem erschwert. Vergleichende Untersuchungen der Vegetationssukzession auf Brandhängen um Innsbruck haben ergeben, dass die Regenerationszeiten bei Jahrzehnten bis Jahrhunderten liegen können. Besonders ungünstig wirkt es sich dabei aus, wenn sehr reine Kalksteine betroffen sind und das Schichtfallen mit der Hangneigung weitgehend übereinstimmt.

Der Südhang des Bettelwurfs wurde in den Jahren 1909 und 1946 von schweren Wald- und Latschenbränden mit einer Gesamtausdehnung von ca. 150 Hektar heimgesucht. Der ursprünglich nahezu vollständig mit Latschen bewachsene Hang wird seitdem teils von grasigen Schrofen, teils von nackten Felsflächen ("Bettelwurfplatten") eingenommen, eine nennenswerte Regeneration hat bislang

nicht stattgefunden. Im Sommer 2008 kam es zu starker Murenaktivität aus den Schutthalden unter dem Hang; Murenloben drangen durch bislang intakten Latschenbestand bis zum Halltalbach vor und verursachten erhebliche Kosten zur Sicherung der Straße und zum Abtransport der Schuttmassen.

Die ca. acht Murgänge wurden mit einer Methodenkombination aus Airborne- und Terrestrial Laser Scanning (ALS/TLS) quantifiziert. Die bewegten Volumina lagen bei bis zu 10.000 m<sup>3</sup> pro Murgang. Es stellt sich die Frage, ob die vorausgegangenen Waldbrände für die Entstehung oder die erreichte Größe der Ereignisse mit verantwortlich waren. Auch wenn eine endgültige Beweisführung nicht möglich ist, gibt es mehrere Indizien, die für diese Theorie sprechen: (1) Weder aus Sicht der geschädigten Vegetation noch aus geomorphologischer Sicht gibt es Hinweise, dass ähnliche Murgänge im Verlauf der letzten Jahrhunderte den Halltalbach erreicht haben, es handelte sich also zumindest um ein Jahrhundertereignis. (2) In einer der Schutthalden unter dem Bettelwurf-Südhang konnte anhand eines aufgeschlossenen holzkohleführenden Horizonts die gesamte Schuttdeposition seit dem Feuer auf etwa 6.000 m<sup>3</sup> abgeschätzt werden. Dies ähnelt in auffälliger Weise dem nun mobilisierten Schuttvolumen pro Murgang. (3) Eine grobe Abschätzung der hydrologischen Eigenschaften des kahlen Hanges im Vergleich zu der vorher bestehenden Tangelrendzina unter Latschenvegetation zeigt deutlich, dass Menge und Konzentration des Oberflächenabflusses erheblich zugenommen haben müssen.

Es ist jedoch festzuhalten, dass der noch wesentlich schadensträchtigere Murgang von 2010, der die Halltalstraße unterhalb des Bettelwurfs für mehrere Wochen blockiert hat, seinen Ursprung nicht in den brandgeschädigten Hangbereichen hatte. Dies zeigt deutlich, dass Murgänge im steilen, von großen Schuttakkumulationen geprägten Halltal zum natürlichen Prozessgeschehen gehören, dass sie jedoch punktuell durch Vegetationszerstörung noch verstärkt werden können.

Es bestehen noch erhebliche Wissenslücken hinsichtlich der von Feuer besonders betroffenen Waldgesellschaften, der Regenerationszeit nach schweren Bränden, und des Wechselspiels zwischen klimatischen Rahmenbedingungen und anthropogenen Auslösern. Mit Blick in die Zukunft lässt sich jedoch festhalten, dass die Disposition für Waldbrände mit einer größeren Häufigkeit sommerlicher Trockenperioden zunehmen wird, auch wenn die tatsächliche Brandhäufigkeit und Brandfläche durch bessere Aufklärung, Frühwarnung und Brandbekämpfung möglicherweise weiter sinken wird. Aufgrund der gravierend negativen Folgen für die Schutzfunktion des Waldes sind jedoch weitere Forschungsaktivitäten und frühzeitliche waldbauliche Gegenmaßnahmen notwendig.

Donnerstag 18. Oktober 2012

16:30-17:00

## Einwirkungen von Hangmuren auf Gebäude – Nachmodellierung und Prognose

*Dr. Bernard Loup*

*Bundesamt für Umwelt, CH-3003 Bern*

### Abstract

Due to sudden initiation, widespread character, limited forecasting possibilities and often high velocities, hillslope debris flows may represent a major threat for populations and goods. The impact forces exerted on constructions are poorly known; hazard assessment and planning of countermeasures remain therefore bound with relatively large uncertainties. Nineteen well-documented hillslope debris flow events have been studied and the pressures reconstructed using back-calculation and numerical simulation. The results show an overall correlation between the back-calculated impact pressures and the simulated ones, especially for values in the lower pressure range ( $< 50 \text{ kN/m}^2$ ); the results diverge for larger values. Several events could not be properly reproduced: this is mainly due to uncertainties regarding process type, evolution of the flow and inaccuracy of input data. Better understanding of the process itself as well as better references for calibration and parameterization of the simulations are still needed for use in everyday practice. The development of a national database on hillslope debris flow will be initiated in this perspective.

### Einleitung

Gemäss der Ereignisanalyse des Hochwassers 2005 haben die Starkniederschläge im August 2005 in der Schweiz rund 5000 flachgründige Rutschungen und Hangmuren ausgelöst (Raetzo und Rickli 2007, Rickli et al. 2008). Vergleichbare Zahlen sind aus den Ereignissen der Jahre 1997, 2002, 2007 und 2008 dokumentiert (Rickli 2001, Rickli et al. 2004, Bezzola und Ruf, 2009). Obwohl bei diesen Prozessen meistens nur relativ geringe Materialmengen verlagert werden, stellen sie durch ihr plötzliches Auftreten, die beschränkte Prognosemöglichkeit und den oft raschen Materialabfluss in Form von Hangmuren ein erhebliches Gefährdungspotenzial dar. Die Einwirkung auf Gebäude kann zur totalen Zerstörung führen und schlimmstenfalls Todesopfer verursachen. Die Gebäudebeanspruchung aufgrund von Hangmuren bleibt weitgehend unklar. Will man bestehende oder zukünftige Bauten wirkungsvoll schützen und bauliche Massnahmen korrekt bemessen, sind möglichst verlässliche Angaben zu den zu erwartenden Einwirkungen notwendig.

Gestützt auf diese Fragestellung hat das BAFU 2008 zwei Projekte eingeleitet (Auftragnehmer: Egli Engineering, St- Gallen, und WSL - Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF). Das erste Projekt hat eine Ermittlung der Druckeinwirkungen von Hangmuren für neunzehn gut dokumentierte Fallbeispiele mittels statischen Rückrechnungen und Nachmodellierung vorgenommen (Egli Eng. 2011). Das zweite

Projekt hat sich mit den numerischen und experimentellen Grundlagen für die Berechnung von Hangmuren befasst; dabei konnte auch das Simulationsprogramm *RAMMS:Hillslope Debris Flow* weiterentwickelt werden (Bartelt et al. 2011).

Die wichtigsten Resultate werden hier vorgestellt. Die Grenzen der bisher durchgeführten Arbeiten werden auch kritisch aufgezeigt. Für Ergänzungen zur Methodik, Resultaten und Folgerungen wird auch auf Loup et al. (2012) verwiesen.

### Methodik am Fallbeispiel Alpnachstad

#### *Ereignis*

Am 21. August 2005 wurden in Alpnachstad zwei Wohnhäuser von mehreren Hangmuren getroffen (Abb. 1). Das zu untersuchende Haus verfügt hangseitig über eine Schutzmauer, welche beim Ereignis Schäden in Form von Rissen erlitt. Das Wohnhaus liegt am Fuss einer steilen Weide, aus es sich insgesamt sechs Hangmuren lösten, wovon zwei das Gebäude trafen. Die Anrissstiefen betragen ca. 0.5 m. Die Schutzmauer wurde dabei ca. 2 m hoch eingestaut.



**Abb. 1:** Mehrere Hangmuren treffen auf Wohnhäuser in Alpnachstad

#### *Gebäudestatik / baustatische Rückrechnung*

Beim Gebäude handelt es sich um ein zweistöckiges Wohnhaus in Hanglage, wobei Unter- und Erdgeschoss hangseitig unter Terrain liegen. Die Rückwand ist in Beton ausgeführt und dient als Schutzmauer. Beim Ereignis traten an dieser Wand Risse auf. Um diese Risse zu verursachen war ein Druck von 7 – 30 kN/m<sup>2</sup> notwendig.

#### *Numerische Simulation*

Für die Berechnung wurden folgende Randbedingungen gewählt:

Model <sup>1)</sup>	Anrisstiefe [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	$\mu$	$\xi$ [m/s <sup>2</sup> ]
standard Voellmy	0.5	71	0.4	150
extended Voellmy	0.5	71	0.4	100

1) Modellierungsansatz

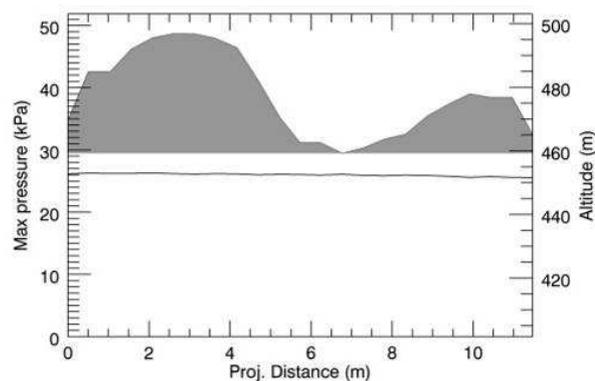
$\mu$  : Coulomb-Reibungskoeffizient /  $\xi$  : Turbulenz-Reibungskoeffizient

Die folgenden Resultate wurden erzielt (s. auch Abb. 2 und 3):

Methode	max. Druck [kN/m <sup>2</sup> ]	max. Fliesstiefe [m]	max. Geschwindigkeit [m/s]
standard Voellmy	9 - 13	0.4	2.5
extended Voellmy	47	0.25	4.8
Baustat. Rückrechnung	7 - 30	--	--



**Abb. 2:** Maximale Druckverteilung der Hangmure in Alpnachstad (extended Voellmy)



**Abb. 3:** Werteverteilung im Profil (punktierter Linie in Abb. 2) durch die maximale Druckverteilung der Hangmure in Alpnachstad (extended Voellmy)

### Fazit

Die Modellierung mit *standard Voellmy* liefert Resultate von 9 bis 13 kN/m<sup>2</sup>. Diese liegen im unteren Bereich der vom Gebäudestatiker angesehenen Bandbreite (7 - 30 kN/m<sup>2</sup>) und sind daher plausibel. Das Resultat von *extended Voellmy* (47 kN/m<sup>2</sup>) übertrifft diesen Wert klar. Hätte die Hangmure tatsächlich den berechneten Druck auf die Mauer ausgeübt, wären die Schäden grösser gewesen. Deshalb erscheinen die mit *extended Voellmy* berechneten Werte als nicht plausibel.

## Ergebnisse im Überblick

Insgesamt können aus den behandelten Fallbeispielen folgende Resultate und Schlüsse gezogen werden:

### *Allgemein*

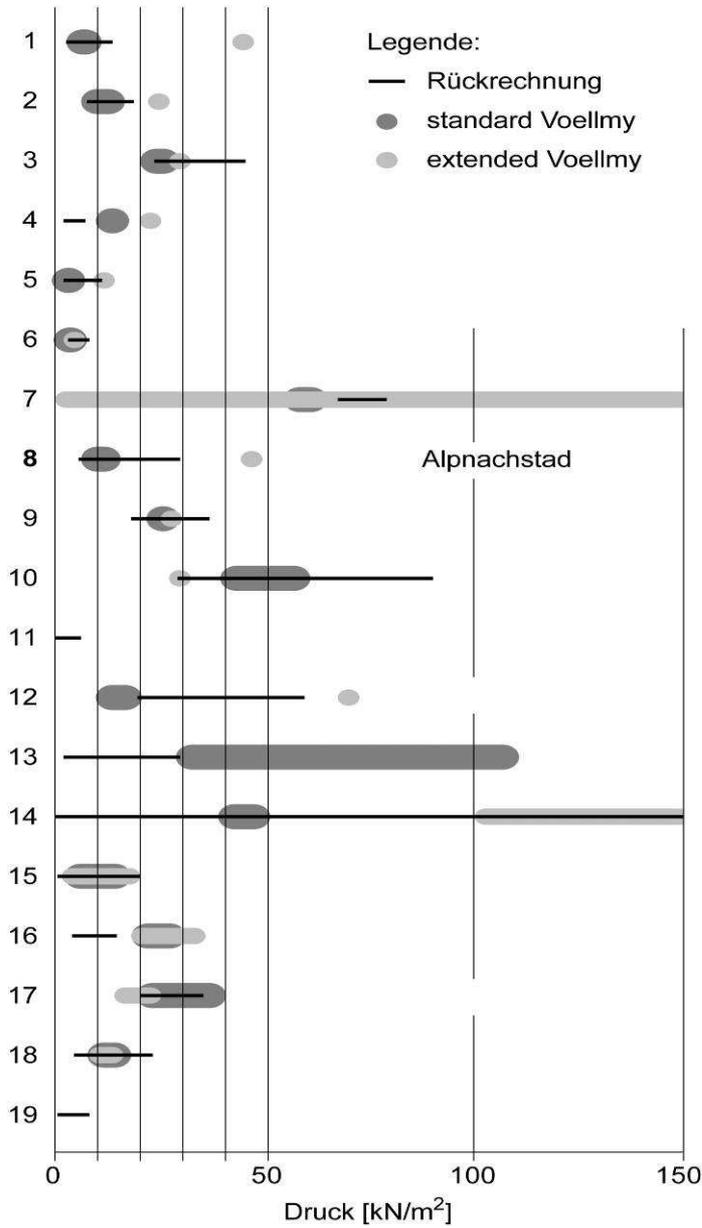
- Die Methoden (baustatische Rückrechnung / numerische Simulation mittels RAMMS) sind generell einsatzfähig.
- Die Resultate (Druckeinwirkungen) der Rückrechnung und der Nachmodellierung stimmen nur teilweise überein. Die Korrelation wird mit zunehmenden Drücken immer schlechter (Abb. 4).
- Weitere Erfahrungen sind notwendig (andere Fallbeispiele studieren).
- Die Anfangsbedingungen und die physikalischen Prozesse (inkl. Übergänge u. Abläufe) benötigen ein besseres Verständnis.

### *Baustatische Rückrechnung*

- Eine Methodik, mit den dazugehörigen Randbedingungen, Aussagen und Einschränkungen, konnte entwickelt werden.
- Damit ein Ereignis anhand Gebäudeschäden mit einer gewissen Zuverlässigkeit nachgerechnet werden kann, müssen minimale Daten und Grundlagen vorhanden sein.
- Eine baustatische Rückrechnung ist möglich, wenn eine ausführliche Dokumentation zur Bauweise, Statik usw. zur Verfügung steht. Das Vorhandensein von Architektur- und Ingenieurplänen ist optimal.
- Je nach Qualität der Datengrundlage kann die Bandbreite der ermittelten Drücke bis  $\pm 50\%$  betragen.

### *Numerische Simulation*

- Die modellierten Geschwindigkeiten (und somit die Drücke), Fliesstiefe, Fließwege, Reichweite sind nicht immer realistisch.
- Die Simulationen sind nur bedingt möglich und nicht immer nachvollziehbar.
- Nicht alle Ereignisse konnten nachmodelliert werden.
- Der Einsatz bei Prognosen (z.B. bei der Gefahrenbeurteilung oder bei der Dimensionierung von Schutzbauten und Objektschutzmassnahmen) ist somit einer sehr vorsichtiger und kritischer Vorgehensweise unterstellt.
- Sehr gute und verlässliche Input-Daten über Anrissmächtigkeit, Volumen, erwartete Prozessart, Geländeverhältnisse (DTM) usw. sind notwendig. Gut überlegte Annahmen über die Disposition, die Szenarien und die Prozessabläufe sind somit gefragt.
- Die Modellresultate brauchen eine sehr sorgfältige Kalibrierung / Plausibilisierung (z.B. im Erfassungsgebiet durch stumme Zeugen oder dank angrenzenden Gebieten mit vergleichbaren Verhältnissen), sowie eine Interpretation.
- Die Unsicherheiten sind klar aufzuzeigen und bei der Umsetzung zu berücksichtigen.



**Abb. 4:** Vergleich der ermittelten Druckeinwirkungen für die neunzehn studierten Fallbeispiele (baustatische Rückrechnung, Nachmodellierung mit standard bzw. extended Voellmy-Ansätzen).

## Schlussfolgerungen

Die als Auslöser der beiden BAFU-Projekte gestellten Fragen sind nur teilweise beantwortet. Es hat sich gezeigt, dass eine zuverlässige Nachmodellierung von Ereignissen eine ziemlich schwierige Aufgabe sein kann. Umso mehr erscheint die Prognose der Prozesse – mit den möglichen Ablagerungsmustern (betroffene Fläche, Fliesstiefe, Geschwindigkeit) – sowie der zu erwartenden Einwirkungen mit grossen Unsicherheiten behaftet. Bei der Gefahrenbeurteilung (Bestimmung der Intensitäten und der Gefährdung), der Risikoanalyse oder noch bei der Massnahmenplanung (z.B. Bemessung von Flächenschutz- oder Objektschutzmassnahmen) ist die höchstmögliche Qualität bei der Modellierung gefragt. Um weitere Fortschritte in diese Richtung zu machen, sind ergänzende Erkenntnisse und Grundlagen notwendig. So fehlen zum Beispiel die notwendigen Anhaltspunkte und Referenzen:

- zur Wahl des geeigneten Simulationsansatzes (je nach erwarteter Prozessart, Prozessübergängen, Fließverhältnissen, Auslauflänge usw.);
- zur Parametrisierung der Simulation, wie rheologische Kenngrössen;
- oder noch zur Kalibrierung und Plausibilisierung der Simulationen (Referenzfälle).

Um zu versuchen, diese Lücke zu schliessen, wird das BAFU ein Folgeprojekt starten, mit dem Ziel die Referenzgrundlage durch Zusammenzuführung, Ergänzung und Anwachsen der bestehenden Datenbanken zu verbessern.

## Referenzen

- Bartelt P., Buehler Y., Christen M., Deubelbeiss Y., Graf C., McArdeil B. W. (2011): RAMMS - A modelling system for debris flows in research and practice - User Manuel v.1.01 / Hillslope debris flow. – 91 S., WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Birmensdorf.
- Bezzola G. R., Ruf W. (eds.) (2009). Ereignisanalyse Hochwasser August 2007. Analyse der Meteo- und Abflussvorhersagen; vertiefte Analyse der Hochwasserregulierung der Jurarandgewässer. – Umwelt-Wissen 0927, 209 S., Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Egli Engineering (2011). Die Einwirkung von Hangmuren auf Gebäude - Analyse, Dokumentation und Interpretation von Schadenfällen. – Auftrag des Bundesamts für Umwelt. Interner Bericht, unveröffentlicht.
- Loup B., Egli Th., Stucki M., Bartelt P., McArdeil B. W., Baumann R. (2012): Impact pressures of hillslope debris flows - back-calculation and simulation (RAMMS). – Interpreavent 2012, Conf. proc., Vol. 1: 225-235, Grenoble.
- Raetzo H., Rickli C. (2007). Rutschungen. – In: Bezzola G. R., Hegg C. (eds.) (2007): Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 1 – Prozesse, Schäden und erste Einordnung, Umwelt-Wissen 0707, 195-209, Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Bern.
- Rickli C. (2001). Vegetationswirkungen und Rutschungen – Untersuchung zum Einfluss der Vegetation auf oberflächennahe Rutschprozesse anhand der Unwetterereignisse in Sachseln OW am 15. August 1997. – 97 S., Eidg. Forschungsanstalt WSL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern.
- Rickli C., Bucher H., Böll A., Raetzo H. (2004). Untersuchungen zu oberflächennahen Rutschungen des Jahres 2002 im Napfgebiet und in der Region Appenzell. – Bull. angew. Geol. 9/1: 37–49.
- Rickli C., Raetzo H., McArdeil B. W., Presler J. (2008). – In: Bezzola G. R., Hegg C. (eds.) (2008): Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 2 – Analyse von Prozessen, Massnahmen und Gefahregrundlagen, Umwelt-Wissen 0825, 97-116, Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Bern.

Donnerstag 18. Oktober 2012

17:00-17:30

## Erfahrungen der Erdbebenübungsreihe TERREX 2010-2012 aus Sicht des Landes Tirol

Bernd Noggler

*Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. Zivil und Katastrophenschutz*

### Das Übungsszenario / die Ausgangslage

*Montag, den 21. Mai 2012 in den frühen Morgenstunden wurde der Raum Reutte/Füssen von einem Erdbeben der Stärke 6,3 nach Richter erschüttert. Wenig später wurde im Raum Kufstein/Kiefersfelden ein Erdbeben der Stärke 6,2 registriert. Eine erste Opfer- und Schadensbilanz ergab insgesamt 60 Tote, 200 Verletzte, 55 eingestürzte und 120 stark beschädigte Häuser. Zahlreiche Verkehrsverbindungen waren unterbrochen, wichtige Infrastruktureinrichtungen beschädigt. Auch die Stromversorgung war teilweise ausgefallen.*

Mit dieser Meldung hat die Terrex2012 begonnen. Seit 2001 werden jährlich Landesübungen (gemeinsame Katastrophenschutz Übung) durchgeführt. Das Land Tirol (Abt. Zivil- und Katastrophenschutz), das [Militärkommando Tirol](#)  sowie die [Sicherheitsdirektion Tirol](#)  (seit September 2012: Landespolizeidirektion) übernehmen dabei abwechselnd die Koordination der Übung.

Zwischen 2010 und 2012 befassten sich die Landesübungen mit dem Thema „**Erdbeben und Folgeschäden**“ (*Geogene Rahmenbedingungen*).

- Die Gefahr durch und das Verhalten nach Erdbeben sollte wieder in das Bewusstsein der Bevölkerung gelangen. Tirol ist erdbebengefährdet, das letzte starke Beben liegt aber schon viele Jahrzehnte zurück. Auch den Blaulichtorganisationen und mit ihren Verantwortlichen und Freiwilligen mussten sich mit der Thematik Erdbeben über zwei Jahre beschäftigen. Die Beben in Norditalien vor und nach der Terrex2012 in Tirol, haben die Auswirkungen von Beben wieder in das Interesse der Öffentlichkeit gebracht.
- Erdbeben können auch weitere Massenbewegungen auslösen. Lawinen, Hangrutschungen, Steinschläge können, je nach Jahreszeit und Witterungseinfluss durch beben ausgelöst werden. All das wurde im Rahmen eines zweitägigen Workshops 2010 sowie einer sogenannten „Table-top-Exercise“ 2011 zunächst theoretisch behandelt und letztlich im Mai 2012 auch praktisch geübt.

Die Landesübung "Erdbeben Terrex2012" im Mai 2012 kann als größte, je in Tirol stattgefundene Landesübung bezeichnet werden. Etwa 2.000 Hilfskräfte mit fast 300 Fahrzeugen, Booten und etwa 8 Hubschrauber waren bei dieser Übung mit dabei. Beübt wurden weiters:

- Die Zusammenarbeit zwischen Blaulichtorganisationen im Einsatzgebiet wurde v.a. 2012 beübt. Zahlreiche Blaulicht Organisationen aus Tirol, benachbarten Bundesländern sowie Bayern mussten zusammen arbeiten. Ein weiterer Übungsteil war auch das Zusammenspielen von militärischen Kräften mit Zivilen und der Polizei.
- Bei Katastrophen sind auch Privatunternehmen wichtige Partner. Bei der Terrex 2012 waren der Tiroler Stromnetzbetreiber TIWAG-Netz AG sowie die Fa. Spar AG eingebunden.
- Die Organisation und der Austausch von Informationen zwischen örtlichen Einsatzleitungen, Gemeinde, Bezirks- und Landesebenen konnten über drei Tage beübt werden. Hier wurden neben klassischen Informationsschienen wie Mail, Telefon, Digitalfunk auch neue Medien wie „Facebook“ und [Geo-Picture](#) erfolgreich getestet.
- Über das Aktivieren von Nachbarschaftshilfe über bilaterale Verträge wurden die Kontakte zu Bayern und Graubünden erneuert, die Aktivierung des „[European Civil Protection Mechanism](#)“ hat für die Landeseinsatzleitung einen zusätzlichen internationalen Partner mit in die Übung gebracht. In Zusammenarbeit mit dem BM.I wurde speziell 2012 auch der sogenannte Host-Nation-Support erstmal beübt.

**ABENDVORTRAG**

  
**Geoforum  
Tirol**  
präsentiert:



# **GEOLOGISCHE NATURGEFAHREN**

*Schicksal oder Hochmut?*



Dr. Gunther Heißel  
Landesgeologie Tirol

Ein Fachdiskurs  
mit Mag. Erhard Berger  
und Dr. Gunther Heißel



Mag. Erhard Berger  
Meteorologe

**Donnerstag, 18.10.2012**

**Beginn: 18:30 Uhr**

**Feuerwehrhaus Niederthai**

**Eintritt frei!**

Eine Veranstaltung im Rahmen des 14. Geoforums Umhausen 2012.

## ERDOX Einsatzmöglichkeiten für Hangsicherung

Thomas Budin

Katzenberger Beton- und Fertigteilwerk

Betonform GmbH- Industriezone Nr. 3 – I-39030 Gais (BZ), Tel. +39 0474 504180, [www.betonform.it](http://www.betonform.it), [info@betonform.it](mailto:info@betonform.it)

Unser Beitrag beschäftigt sich mit dem System "ERDOX" und sollte einen kurzen Überblick über die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten dieses innovativen Systems in den Bereichen Hangsicherung und Erosion Schutz bzw. Geschiebesperren geben:



### Erdox Neve

Einsatz als  
Lawinenverbauung



Cogne Valle D'Aosta Italien



Honningsvag Norwegen

### Erdox Terra

Einsatz im  
Straßenbau, im  
Hangverbau



Massese Parma Italien



Sylvenoire Cogne Aosta Italien



Schönbachgraben Tirol Österreich



Gummer Provinz Bozen Italien

### Erdox Junior

Einsatz im  
Bachverbau,  
Geschiebesperre



Portovenere La Spezia Italien



Fermo Marche Italien

Freitag 19. Oktober 2012

09:00-09:30

## Prozessanalyse und Disposition tiefgreifender gravitativer Massenbewegungen zwischen Allgäuer Hauptkamm und Lechtal (ÖK 114 Holzgau)

- Ergebnisse der Landesaufnahme der GBA und des vom Land Tirol geförderten Projekts  
„Beschleunigte Kartierung Holzgau“ -

Alfred Gruber<sup>1)</sup>, Michael Lotter<sup>1)</sup>, Katrin Büsel<sup>2)</sup>, Johann Gruber<sup>2)</sup> & Susanne Brandstätter<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, 1030 Wien

[alfred.gruber@geologie.ac.at](mailto:alfred.gruber@geologie.ac.at), [michael.lotter@geologie.ac.at](mailto:michael.lotter@geologie.ac.at)

<sup>2)</sup> Auswärtige Mitarbeiter der Geologischen Bundesanstalt

Die Erstellung der geologischen Karte ÖK 114 Holzgau im Rahmen der geologischen Landesaufnahme an der Geologischen Bundesanstalt steht kurz vor dem Abschluss. Den Grundstein dafür legte in den 1990er Jahren die Arbeitsgruppe Prof. Henrich (Universität Kiel). In den letzten Jahren konnte an der GBA unter der Leitung von Alfred Gruber, dank der finanziellen Unterstützung des Landes Tirol, mit den auswärtigen Mitarbeitern Katrin Büsel, Susanne Brandstätter und Johann Gruber die gezielte Über- und Neubearbeitung des vorliegenden Kartenmanuskripts massiv vorangetrieben werden. Dies erfolgte nach modernen struktur- und quartärgeologischen Gesichtspunkten ebenso wie durch die Mitarbeit von Michael Lotter unter Einbezug ingenieurgeologischer Aspekte.

Ein Schwerpunktthema ist dabei die systematische Erhebung und Klassifikation großflächiger und tiefgreifender gravitativer Massenbewegungen, die einen Landschafts-prägenden Charakter haben. Ein weiteres Arbeitsziel ist deren darstellerische Umsetzung auf dem geologischen Kartenblatt im Hinblick auf eine generalisierte, prozessorientierte Legende. Begleitend dazu erfolgt eine ausführliche Beschreibung der Massenbewegungen i. W. unter geomechanischen Gesichtspunkten sowie deren Bezug zur Geologie und Tektonik im Erläuterungsheft.

Der österreichische Anteil des Kartenblatts ÖK 114 (ca. 1/3 der Fläche ist bayerischer Anteil) liegt vollständig in den Nördlichen Kalkalpen. Er umfasst die marinen, karbonatisch-siliziklastischen Schichtfolgen der Allgäu- und Lechtal-Decke (Trias bis Kreide) sowie einen schmalen Streifen Inntal-Decke (Hauptdolomit und Muttekopf-Gosau) am südlichen Blattrand. In der liegenden Allgäu-Decke beginnt die Abfolge mit dem Hauptdolomit (Obertrias) und reicht bis zu den Schichten der Tannheim- und Losenstein-Formation (höhere Unterkreide). In der hangenden Lechtal-Decke beginnt die Abfolge bereits mit der Rauwacke-führenden Reichenhall-Formation (Untertrias) und reicht bis in die Lechtaler Kreideschiefer (Unterkreide). Erwähnenswert ist hier unter geotechnischen Gesichtspunkten die Dolinen- bzw. Erdfall-Problematik in der Gips-führenden Nordalpinen Raibler Schichten. Typisch für beide Decken ist neben dem flächenmäßig dominanten Hauptdolomit (mit Seefelder Schichten) die große Verbreitung mächtiger jurassischer Kalk-/Mergelfolgen sowie von Kieselgesteinen (Allgäu-Formation, Radiolarit, Ammergau-Formation).

Mitten durch das Kartenblatt zieht der geschwungene Verlauf der Deckengrenze zwischen Allgäu-Decke (im Nordwesten) und Lechtal-Decke (im Südosten), wobei die Allgäu-Decke mit Halbfenstern (Hornbacher Halbfenster) weit nach Osten ausgreift. Charakteristisch für die Lechtal-Decke sind km-große, Nord-vergente Faltenstrukturen wie etwa die Holzgau-Lermoos-Synklinale. Die Allgäu-Decke zeigt einen wesentlich engeren NW-vergenten Faltenbau (eolpine Deformation) und eine insgesamt stärkere tektonische Verformung ihrer Gesteine. Die dominante Störungszone ist die überwiegend nach SE einfallende Deckengrenze Allgäu-/Lechtal-Decke, die lokal durch sekundäre Auf- bzw. Über- und Seitenverschiebungen versetzt wird. Dabei geht die Deckengrenze vielfach mit breiter Zerschering und Kataklasierung der störungsnahen Gesteine einher. Die engen Scharen NW-SE (dextral) und SW-NE (sinistral) streichender Seitenverschiebungen zeigen Versatzbeträge von 10er- bis 100er-Metern.

Aus der strukturellen, lithologischen und morphologischen Disposition lassen sich für die Entwicklung der großflächigen und tiefgreifenden gravitativen Massenbewegungen generell folgende, miteinander zu kombinierende Schlüsse ableiten:

- Ein vorzugsweises Auftreten ist an das Vorkommen mechanisch relativ inkompetenter, mergelig-toniger Schichten gebunden (Nordalpine Raibler Schichten, Seefelder Schichten, Kössen-Fm., Schattwalder Schichten, mittlere Schichtfolge der Allgäu-Fm., Tannheim-Fm., Lech-Fm./Kreideschiefer).
- Der in der stratigraphischen Abfolge, aber auch faziell lateral bedingte lithologische Wechsel relativ kompetenter, dickbankiger karbonatischer Gesteine (Oberrhätalkalk) mit inkompetenten, dünnbankigen klastischen Sedimenten (Kössen-Fm.) stellt eine „klassische“ Vorzugs-Disposition dar.
- Die strukturellen Gegebenheiten entlang und im Umfeld der Grenze Allgäu-/Lechtal-Decke (gehäufte Verbreitung diverser Störungen und Störungsgesteine, hoher Durchtrennungsgrad des Gebirges) wie auch steile Schichtlagerungen durch Verfaltung fördern die Entwicklung von Hanginstabilitäten.
- Das glazial übersteilte Relief sowie die spät- bis postglaziale fluviatile Erosion haben die grundsätzlichen morphologischen Voraussetzungen für die Entwicklung der Hanginstabilitäten (Felsstürze, Felsgleitungen, Rutschungen, Hakenwurf/Toppling, Bergzerreißen/Sackungen) geschaffen. Dabei ist ein Großteil der Prozesse rezent abgeklungen oder postglazial in einem relativ initialen Stadium verblieben. Eine Ausnahme stellt die Region Vilsalptal/Tannheim dar, wo teils erhebliche rezente Aktivitäten zu verzeichnen sind.

Insgesamt wurden auf dem Kartenblatt etwa 2 Dutzend größere Massenbewegungen im Ausmaß von mehreren Hektar bis ca. 1 km<sup>2</sup> Fläche erfasst, von denen etwa die Hälfte genauer untersucht worden sind.

Eine Häufung von Hanginstabilitäten tritt im Hornbachtal, im Schwarzwassertal und insbesondere in und im Umfeld des Vilsalptales auf. Zumeist handelt es sich um Felsgleitungen, untergeordnet um Rutschungen (mit Lockermaterialcharakter im stark zerlegten bzw. verwitterten Gestein), um

Felsstürze (teils sehr großvolumig und möglicherweise bereits in Bergsturz-Dimension) oder um steil „abgesackte“ Felspartien. Einige Lokalitäten zeigen „lediglich“ ein mehr oder weniger initiales Stadium der Bergzerreißung mit teilweise möglichen Folgerungen über das relative Alter der Aktivität. Aus jüngerer Zeit stammen der Bergsturz mit Sturzstrom-ähnlichen Ablagerungen im Bärghacht/Vilsalptal (1797) sowie der Felssturz mit anschließendem Schuttstrom am Rappenschrofen (2005, knapp nördlich außerhalb des Kartenblatts). Aktuell ist die Steinschlagproblematik einschließlich der Gefahr kleinerer Felsstürze von der Blässe am Vilsalpsee in den Schlagzeilen.

Auf einige Fallbeispiele wird abschließend kurz eingegangen:

- Die flächenmäßig größte Massenbewegung auf dem Kartenblatt - Brünstwald im Bernhardstal - ist ein herausragendes Beispiel einer komplexen Hanginstabilität in Form eines mehrere 10er-Meter mächtigen Hakenwurfs (Toppling), verbunden mit ausgeprägten Bergzerreiungs- und Sackungsstrukturen. Die Entwicklung dieser Massenbewegung ist an spezielle lithologische (laterale Verzahnung Oberrhätalk - Kössen-Fm., stratigraphisch hangende Allgäu-Fm.) und strukturelle Gegebenheiten (steil bis senkrecht stehende Schichtung und eng durchschlagende „Zerhackung“ der Schichtfolge durch steilstehende Seitenverschiebungen) gebunden. Zudem liegt eine morphologische Exposition an deren Stirn wie auch seitlich eingreifend durch glazial und erosiv geformte Steilhänge vor.
- Die Massenbewegung Petersbergalpe im Hornbachtal stellt eine vermutlich zweiphasige Felsgleitung dar. Das mechanisch versagende, schwache Unterlager der Kössen-Fm. im Unterhang dürfte zum Abgleiten bis Abstürzen der aufliegenden Oberrhätalk-Felswand geführt haben. Unmittelbar dadurch ist das steile und vermutlich relativ schnelle Nachgleiten des Oberhangs von teilweise im stark aufgelockerten Verband verbliebenen Schichten der Allgäu-Fm. ausgelöst worden. In der markanten Ausbruchsnische ist das strukturell vorgegebene Muster erkennbar: Überschiebungen der nahe darüber liegenden Deckengrenze und steil einfallende bis vertikale Seitenverschiebungen.
- Im Vilsalptal ist generell eine hohe Dichte an großflächigen Massenbewegungen erkennbar. Deren Ursache liegt in der starken tektonischen Prägung (Decken-/Schuppengrenzen, Faltenscharniere, breite Störungszonen) und teilweise auch in dominierenden Vorkommen mechanisch relativ inkompetenter Schichtfolgen wie z.B. der Tannheim-Fm.

Freitag 19. Oktober 2012

09:30-10:00

## Ingenieurgeologische Aspekte beim Forschungsprojekt Morexperts - Permafrost

Carsten Bannwart  
*Geoconsult Salzburg*

### **Abstract**

Das Kitzsteinhorn, Salzburg, stellt auf Grund der örtlichen Infrastruktur, den geologischen Gegebenheiten und des Vorkommens von Permafrost ein ideales Umfeld für das Forschungsprojekt MOREXPART, „Entwicklung eines Expertensystems zur Überwachung gefährlicher Felswände“ [6] dar. Durch den Klimawandel und den damit verbundenen Veränderungen der Gletscher und der Permafrostverteilung, treten zunehmend Massenbewegungen in Form von Steinschlägen und Felsstürzen auf [1][2]. Im Rahmen der Vorarbeiten wurden im Bereich unterhalb der Gipfelstation und des benachbarten Magnetköpfls sowie des von der Gipfelstation nach außen führenden Panoramastollens ingenieurgeologische Geländeaufnahmen vorgenommen. Sie dienten als Grundlage zur Festlegung weiterer Untersuchungen und Instrumentierungen sowie für Steinschlagmodellierungen. Im Gelände wurden das Potential für Steinschlagprozesse sowie die Oberflächenbeschaffenheit und Geländeform erfasst und die Initialprozesse, wie Gleiten, Fallen und Kippen bestimmt. Die Ergebnisse der folgenden 3D- Steinschlagmodellierung ergaben eine gute Übereinstimmung mit den auf Orthophotos sichtbaren Ablagerungen auf dem darunter liegenden Gletscher im Runout Bereich. Allerdings übertraf ein größeres Felssturzereignis im Sommer 2012 in seiner Dimension sehr deutlich die Ergebnisse der Modellierung. Die Ursache für die Abweichungen gilt es in naher Zukunft zu untersuchen um realistische Einschätzungen betreffend gravitativer Sturzprozesse machen zu können. Zudem wird das MOREXPART-Team die Ursachen für den Felssturz näher untersuchen.

### Einleitung

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel, reagieren besonders Hochgebirgsregionen hinsichtlich Massenbewegungen, die durch Permafrost- und Gletscherveränderungen forciert werden, äußerst sensitiv [7][8]. Im Rahmen des interdisziplinären Projektes MOREXPART, „Entwicklung eines Expertensystems zur Überwachung gefährlicher Felswände“ [6], arbeiten Unternehmen aus Wirtschaft und Forschung seit Sommer 2010 eng zusammen. Ziel ist es, Ereignisse wie Steinschläge und Felsstürze zukünftig besser einschätzen zu können.

Im Zuge der Erhebung der geologischen Grundlagen für das Forschungsprojekt wurden ingenieurgeologische Kartierungen im Umfeld der Gipfelstation am Kitzsteinhorn im Panoramastollen, im Nordabhang und am benachbarten Magnetköpfl durchgeführt. Basierend auf den Ergebnissen wurde das weitere Untersuchungsprogramm festgelegt. Vom Stollen aus wurden 2 und im Gelände 3 Kernbohrungen sowie geophysikalische Untersuchungen mittels Georadar und elektrische

Leitfähigkeitsmessungen durchgeführt. Die Bohrungen wurden mit Temperaturmesssonden zur Beobachtung der jahreszeitlichen Temperaturschwankungen ausgestattet. Zudem werden die Temperaturen entlang von mehreren oberflächennahen Profillinien ständig gemessen. Wetterdaten werden vor Ort an einer Wetterstation aufgezeichnet.

Die Morphologie wurde mittels Laserscanner vermessen und ein digitales Geländemodell angefertigt. Zur Beobachtung etwaiger Veränderungen werden jährlich, bzw. nach nennenswerten Steinschlag-Felssturzereignissen Laserscan-Messungen durchgeführt. Die Messungen werden laufend in einem Monitoringprogramm fortgeführt.

Zur Abschätzung der Steinschlaggefährdung wurden für den Nordabhang Steinschlagmodellierungen durchgeführt. Dabei wurde sowohl eine 2D-Modellierung als auch eine 3D-Modellierung durchgeführt, deren Ergebnisse miteinander als auch mit den Geländebefunden verglichen wurden.

### Untersuchungsgebiet

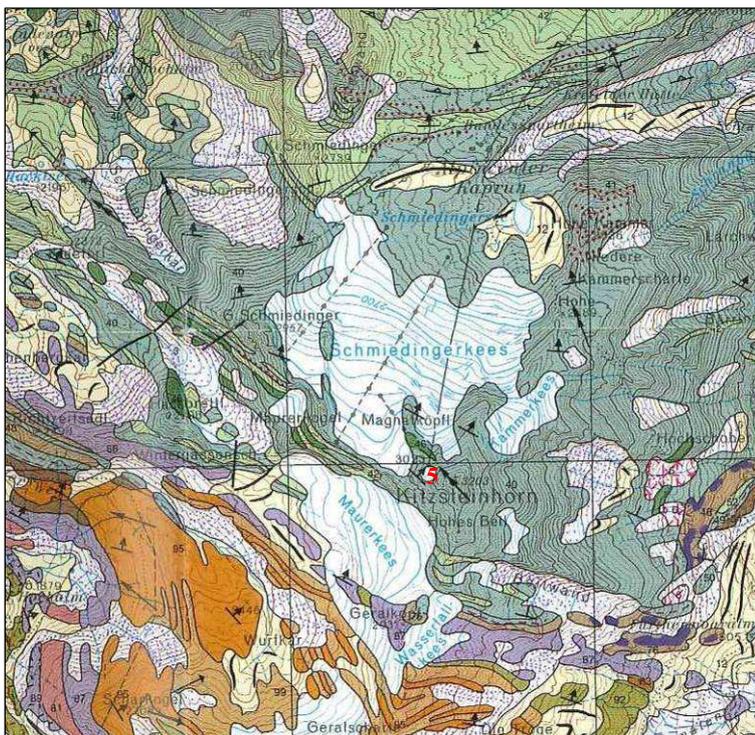
Das Kitzsteinhorn (3203 m) befindet sich im südlichen Teil des Bundeslandes Salzburg, Österreich, ca. 10 km südwestlich von Kaprun. Die Gipfelstation der Kapruner Bergbahnen ist ca. 200 Höhenmeter unterhalb des Gipfels situiert (

Abb. 20). Das Untersuchungsgebiet liegt in den Zentralalpen und gehört dem Gebirgszug der Hohen Tauern an. Es ist aus Gesteinen der Bündnerschiefergruppe aufgebaut und gehört hier der Glocknerdecke, im speziellen der Glocknerfazies an.

Hierbei handelt es sich um Kalkglimmerschiefer, Prasinite, Amphibolite, Phyllite und Serpentine [3]. Der Gipfelaufbau besteht aus grauem bis gelb-braunem, geschiefertem Kalkglimmerschiefer, der oft oberflächlich stark verwittert ist (Bratschenbildung). Im Bereich unterhalb der Gipfelstation (

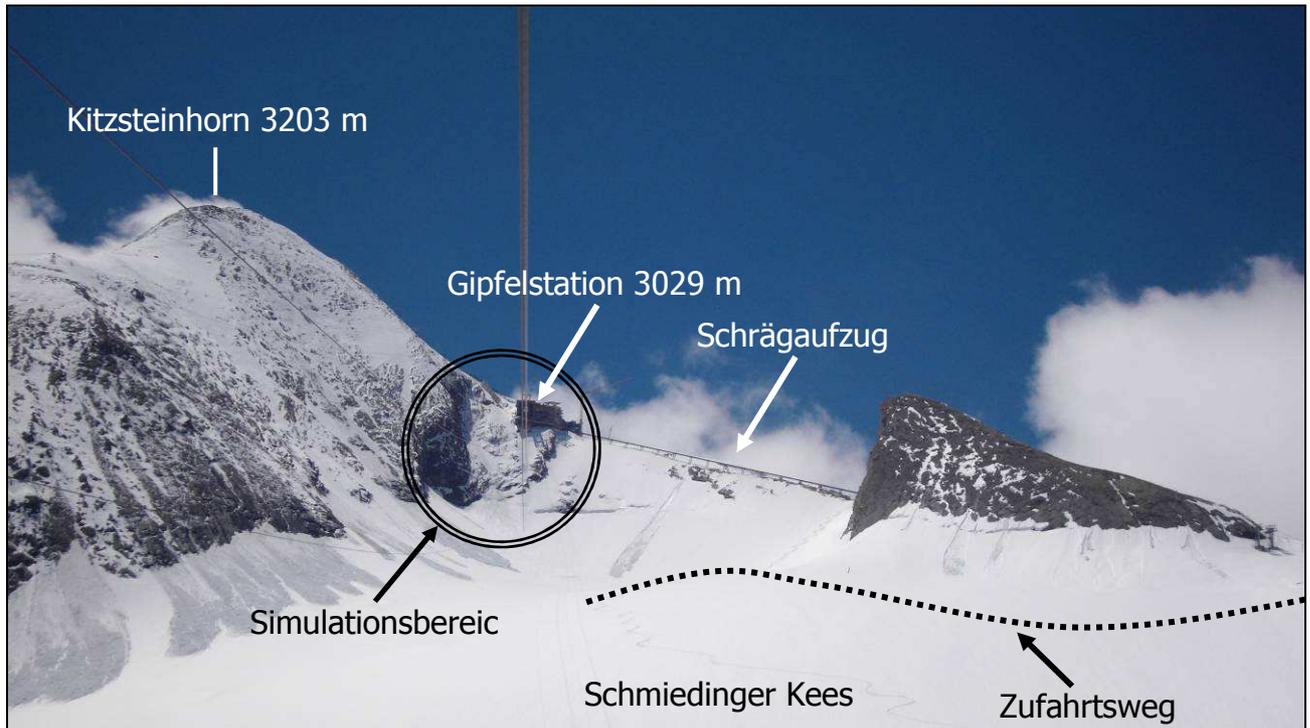
Abb. 20) tritt aufgrund der Höhenlage und der nördlichen Exposition der Wand Permafrost auf. Im

Wand



unteren Abschnitt geht die in einen Gletscher, den Schmiedinger Kees über.

**Abb. 19:**  
Untersuchungsgebiet,  
Ausschnitt aus der  
Geologischen Karte von  
Österreich 1:50 000, Blatt 153  
Großglockner, GBA [1]  
Geologische Einheiten:  
(1) Kalkglimmerschiefer,  
(2) Prasinit, (3) Serpentin,  
(4) Moräne, (5) Gletscher



**Abb. 20:** Ansicht Untersuchungsgebiet, Kitzsteinhorn, Salzburg

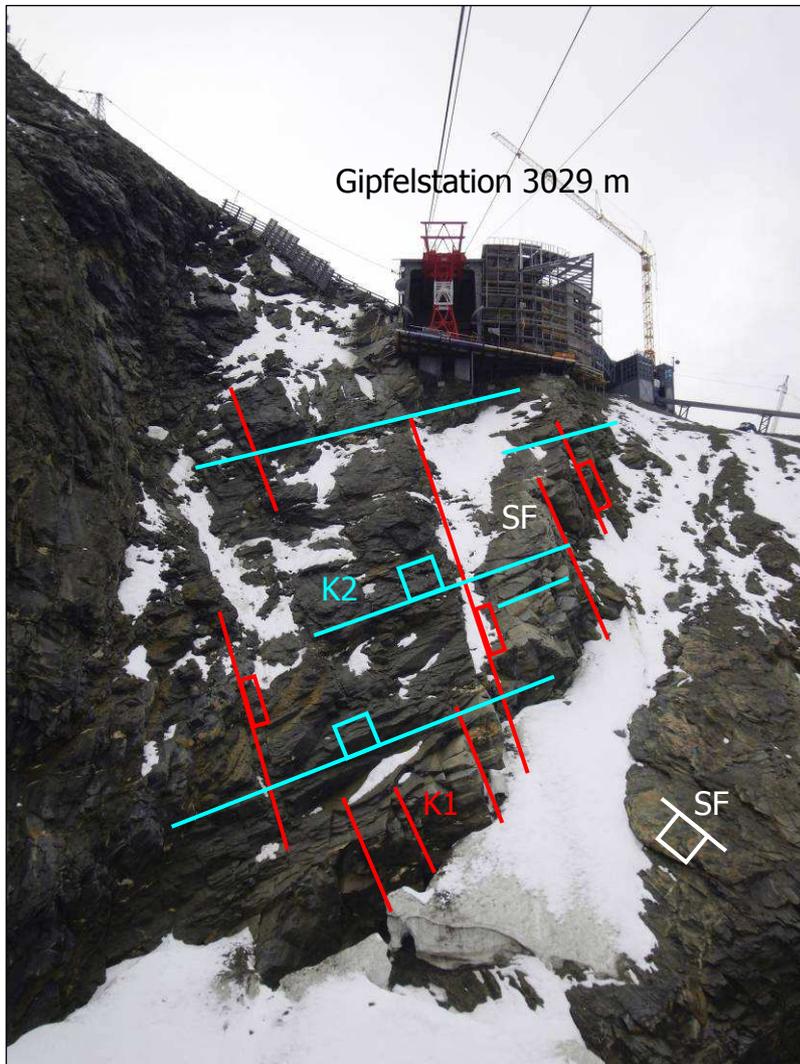
### **Kartierergebnisse:**

Im Panoramastollen, dem sogenannten Hanna-Stollen war Kalkglimmerschiefer aufgeschlossen, der bereichsweise Calcit- oder Quarz-führende Kluffüllungen zeigte. Im mittleren Abschnitt des Stollens quert eine etwa Nord-Süd streichende Störungsschar mit einem sehr steilen Einfallen in westlicher Richtung. 4 Kluffscharen (K1 bis K4) sowie eine schieferungsparallele Klüftung sind ausgebildet. Die Kluffabstände sind vorwiegend weitständig bis kompakt ( $d > 0,6$  m). Untergeordnet kommen auch mittelständige Kluffabstände ( $d = 0,2-0,6$  m) vor. Im Bereich einer Störung war das bindige Störungsmaterial vereist. Aufgrund weiterer Beobachtungen und der geringen Felsüberlagerung von etwa 7 m sowie einer Ausrichtung nach Süden stellt die Eisbildung eine jahreszeitliche Erscheinung dar, die nicht mit Permafrost in Verbindung steht.

Im Bereich der Felswand unterhalb der Gipfelstation liegen ähnliche geologische Verhältnisse wie im Stollen vor. Es überwiegt der Kalkglimmerschiefer, in den ein mehrere Meter breites Serpentinband schieferungsparallel eingeschuppt ist.

Im Bereich unterhalb der Gipfelstation fällt die Schieferung mit  $30-40^\circ$  in Richtung N-NNE, zum Gletscher hin, ein. Die Hauptkluffscharen (K1, K2) sind steil,  $\pm$  orthogonal zur Schieferungsfläche orientiert und bilden kubische und rhombische Kluffkörper (Abb. 21). Untergeordnet treten die Kluffscharen K3, die mittelsteil bis flach nach S-SSE einfällt und K4, die steil nach NW einfällt, auf. Die Schieferung bildet zusammen mit K1 und K2 meist kubische bis rhombische, oft auch dünn- bis dicktafelige Kluffkörper mit Kubaturen im  $\text{dm}^3$  bis  $\text{m}^3$  Bereich. Die oben beschriebenen Kluffsysteme gliedern sich in zwei Generationen [4][5]. Einerseits eine ältere Kluffgeneration, die entweder mit

Quarz oder Calcit verfüllt und meist nach K2 orientiert ist. Andererseits eine rezente Klufftgeneration, die teils geschlossen, oft jedoch von wenigen mm bis zu maximal 20 cm geöffnet ist. Diese jüngeren Klüfte sind in allen Klufftorientierungen (K1-K4) anzutreffen.



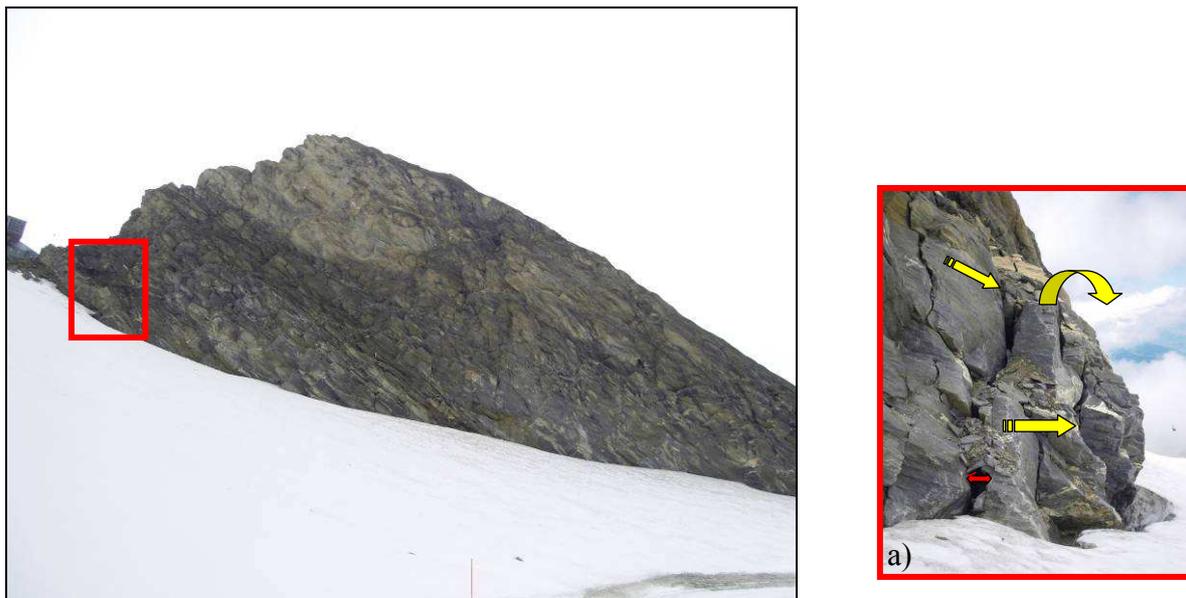
**Abb. 21:** Schematische Darstellung der Haupttrennflächensets SF, K1 und K2

Das Magnetköpfl (2957 m) stellt einen Vorgipfel des Kitzsteinhorns (3203 m) dar. Es ist aus Kalkglimmerschiefer und vereinzelt, geringmächtigen Marmorbändern aufgebaut.

Das Gebirge weist eine deutliche Schieferung (SF) auf, die meist flach Richtung NNE-NE einfällt. Des Weiteren treten vier Klufftscharen auf. K1 streicht wandparallel und fällt steil nach W, selten steil nach E ein. K2 fällt mittelsteil bis steil nach SW ein und K3 fällt ebenfalls mittelsteil bis steil nach S-SE ein. Zudem tritt K4 auf, die steil nach NW einfällt.

Speziell K1 und teilweise auch K4, bilden steilstehende Großklüfte aus, die bis zu 20 cm geöffnet sind. Diese Klüfte in Verbindung mit den anderen Klufftscharen K2 und K3 bilden meist kubische Klufftkörper.

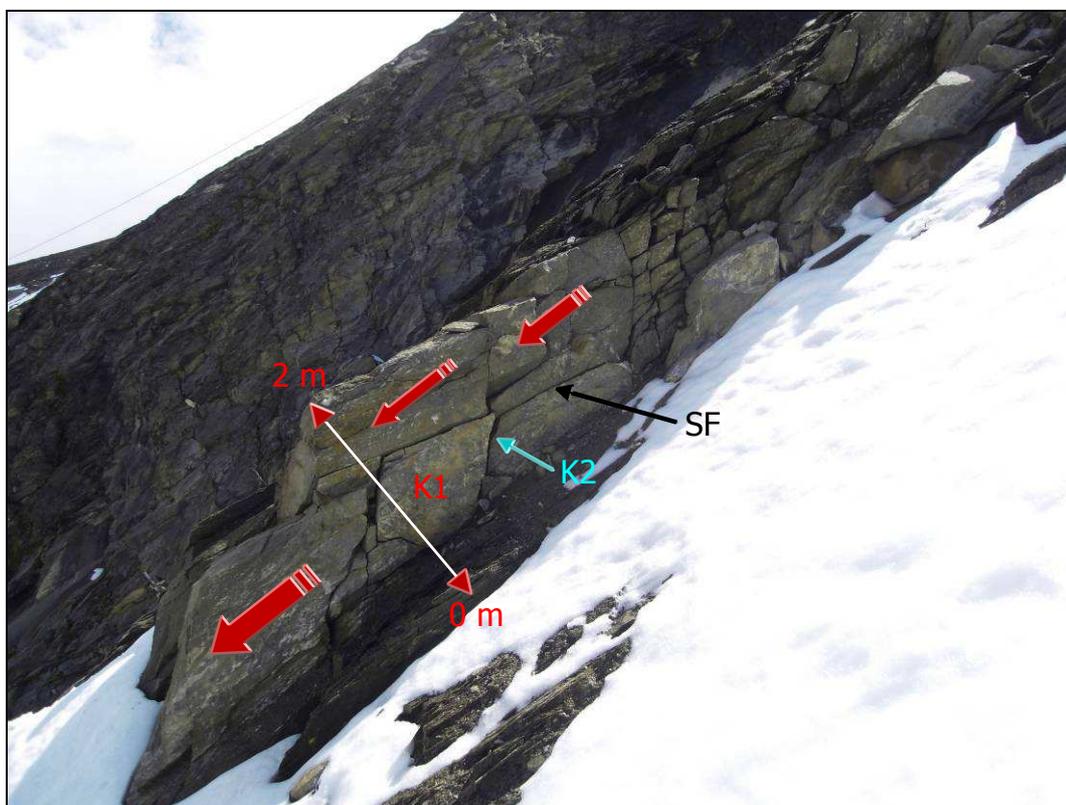
Durch den starken Rückgang des Gletschers im Umfeld des Magnetköpfls haben die Wände ihr natürliches Widerlager verloren und sind im Basisbereich stark übersteilt. Diese Übersteilung führt in Verbindung mit den Klufftstrukturen zu vermehrten Steinschlag und Felssturzereignissen. Es treten Toppling (Abb. 22), Sackungen und teilweise Blockgleiten auf.



**Abb. 22:** Überblicksfoto der Ostwand des Magnetköpfls, mit a) Toppling und Sackungsstrukturen am Wandfuß

### Steinschlaguntersuchung

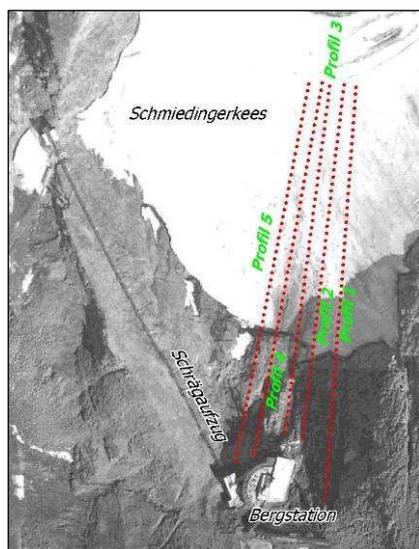
Aus den steilen Gipfelwänden insbesondere auch der Nordwand unterhalb der Gipfelstation kommt es immer wieder zu Steinschlägen und Blockstürzen, welches durch stille Zeugen (Felsblöcke) auf dem darunterliegenden Gletscher dokumentiert ist. Aufgrund der Orientierung der Trennflächen und der rhombischen Kluffkörper kommt es entweder zu Blockgleiten (Abb. 23) auf den hangauswärts gerichteten Schieferungsflächen oder zum Abrollen von Blöcken aus Geröllansammlungen.



**Abb. 23:** Blockgleiten entlang der Schieferungsflächen SF

Zur Untersuchung des Steinschlagpotentials wurden 2D-Steinschlagmodellierungen mit dem Programm Rockfall 7.1 durchgeführt. Hierbei handelt es sich um ein zweidimensionales Steinschlagsimulationsprogramm, das auf Bewegungsgesetzen beruht und speziell für die Bemessung und Platzierung von Steinschlagschutzbauwerken entwickelt wurde [8]. Für die Simulation wurden fünf repräsentative Profile (Abb. 24) im Bereich unterhalb der Gipfelstation festgelegt. Die Auswertung erfolgte unter der Verwendung eines Digitalen Geländemodells mit einem Raster 1m x 1m und der Geländedaten aus der Kartierung.

Bei der Modellierung wurden Sprunghöhen bis zu 14m und Energien bis 150kJ ermittelt.



**Abb. 24** Lage der 5 Profilsuren für die 2D Modellierung

Die Steinschlagsimulationen der 5 Profile zeigten in Abhängigkeit von den Eingangsparametern sehr unterschiedliche Ergebnisse (

Tabelle 1). Je größer die mittlere Masse, bzw. das Blockvolumen war, desto höhere Energien wurden erreicht. Die maximalen Sprunghöhen waren zum einen stark von der maximalen Energie der Blöcke (Abb. 26), zum anderen aber auch vom Relief des jeweiligen Profils abhängig. So zeigte Profil 4 auf Grund einer Geländestufe fast gleich große Sprunghöhen wie die Profile 1 und 2, obwohl die Energie um ein Vielfaches geringer war. Der Blockdurchgang steht in engem Zusammenhang mit der Geländeoberfläche. In Profil 3 war auf Grund der homogenen Oberflächeneigenschaften und des hohen Gletscher (Eis) Anteiles ein Blockdurchgang von 99 % (

Tabelle 1) zu erkennen. Wohingegen Profil 4 eine heterogene Oberfläche (Hangschutt, Fels, Firn, Gletscher) zeigt und einen Blockdurchgang von nur 31 % aufwies. Beispielhaft sind die Steinschlagtrajektorien, die maximale Energie sowie die maximale Sprunghöhe für Profil 1 (Abb. 25 u. Abb. 26) angegeben.

		Profil 1	Profil 2	Profil3	Profil 4	Profil 5
max. Energie	[kJ]	150	140	22	8,7	4,5
max. Sprunghöhe	[m]	14	12	2,25	9,3	5,8
Blockdurchgang	[%]	73	75	99	31	80

**Tabelle 1:** Ergebnisse der 2D Simulation

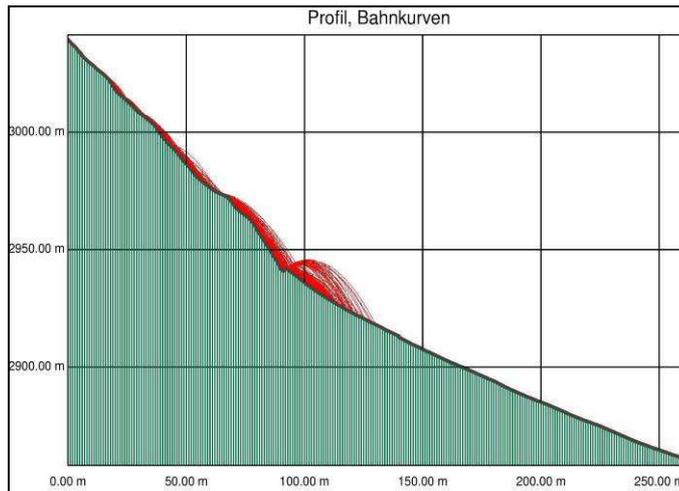


Abb. 25: 2D Steinschlagtrajektorien von Profil 1

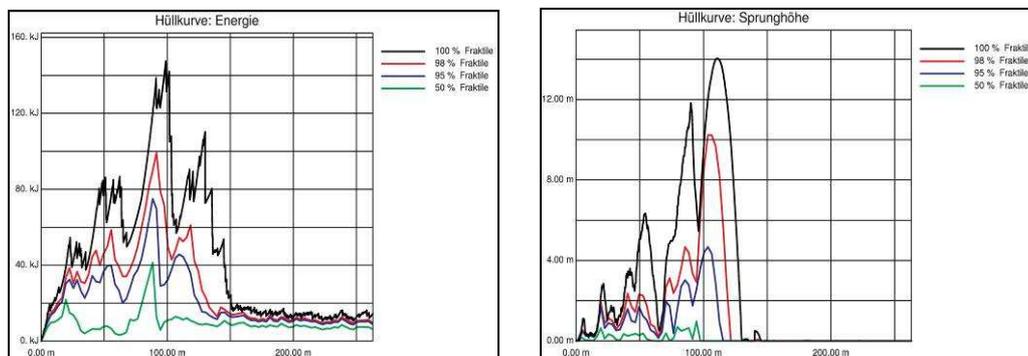
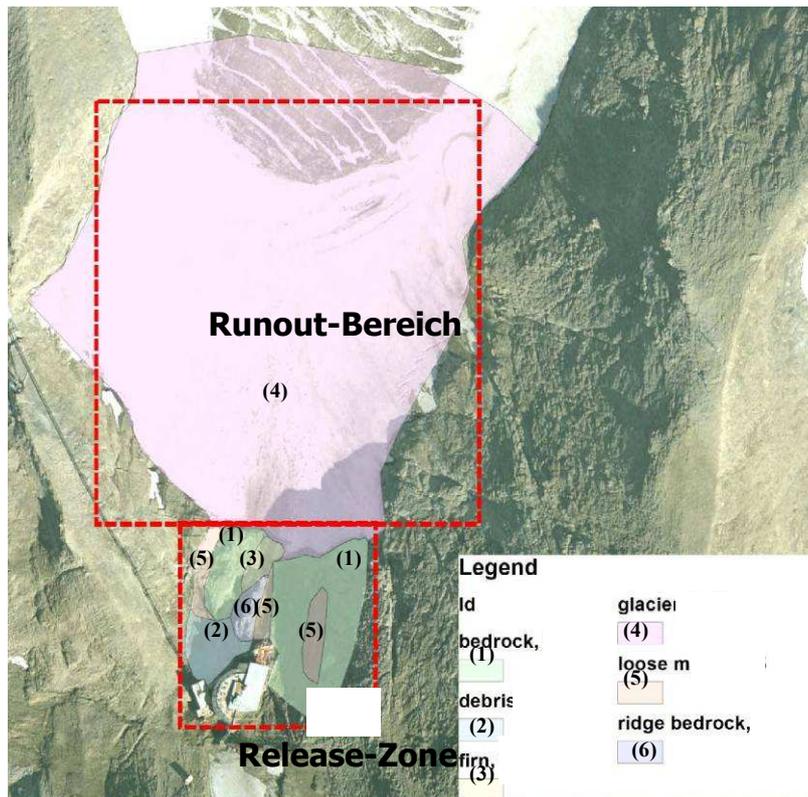


Abb. 26: Max. Energie und max. Sprunghöhe der Blöcke in Profil 1

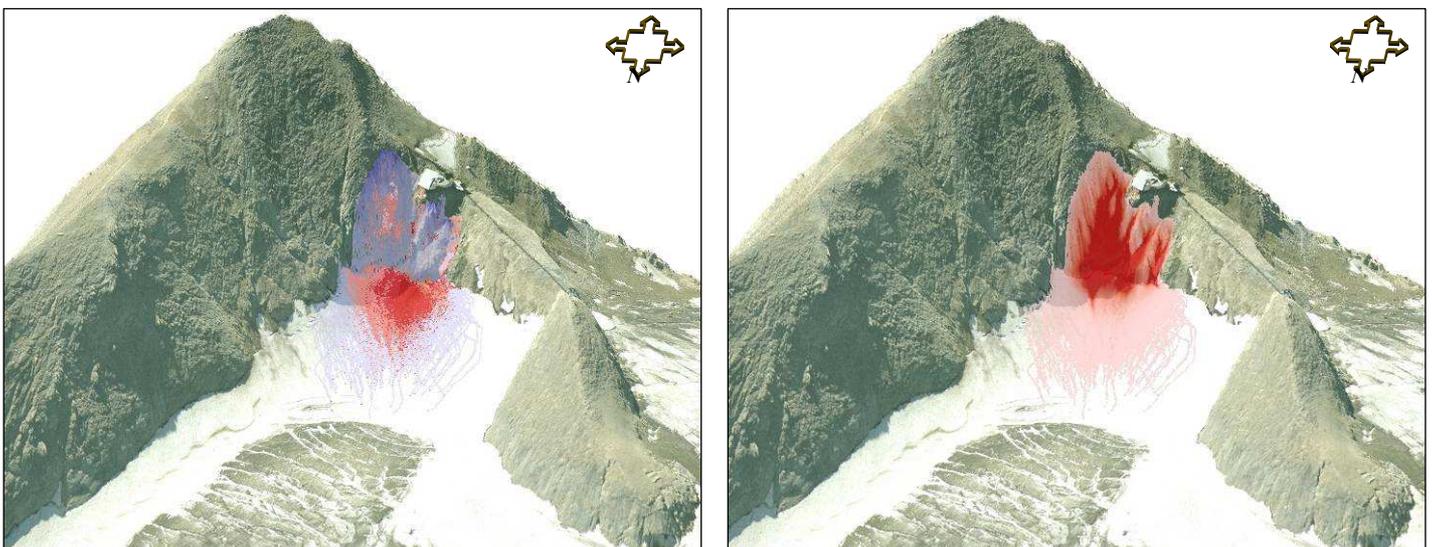
Zur Untersuchung und Abgrenzung des Prozessraumes für den Steinschlag wurde eine dreidimensionale Modellierung mit dem Programm Rockyfor3D 4.1 ausgeführt.

Das Untersuchungsgebiet wurde anhand von Orthophotos und des Geländebefunds in eine Release-Zone und einen Runout-Bereich unterteilt. Die Release-Zone wurde weiterhin in 8 Polygone (Abb. 27), die jeweils einen Homogenitätsbereich repräsentierten, aufgeteilt. Den Runout-Bereich, der als neuntes Polygon (Abb. 27, (4)) festgelegt wurde, stellte der Gletscher dar. Die Polygone wurden georeferenziert (GIS) und die Lage anhand morphologischer Auffälligkeiten (Steilstufen oder die Hangneigung) mit dem DGM Raster Datensatz abgeglichen. Das Modell war hochauflösend mit 10.000 Zellen mit einer Fläche von jeweils 1 m<sup>2</sup> gestaltet. Bei 50 Simulationsdurchgängen mit einer Gesamtblockanzahl von ca. 500.000 ergab sich die in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** und **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellte Ausbreitung des Sturzmaterials in der Runout-Zone.



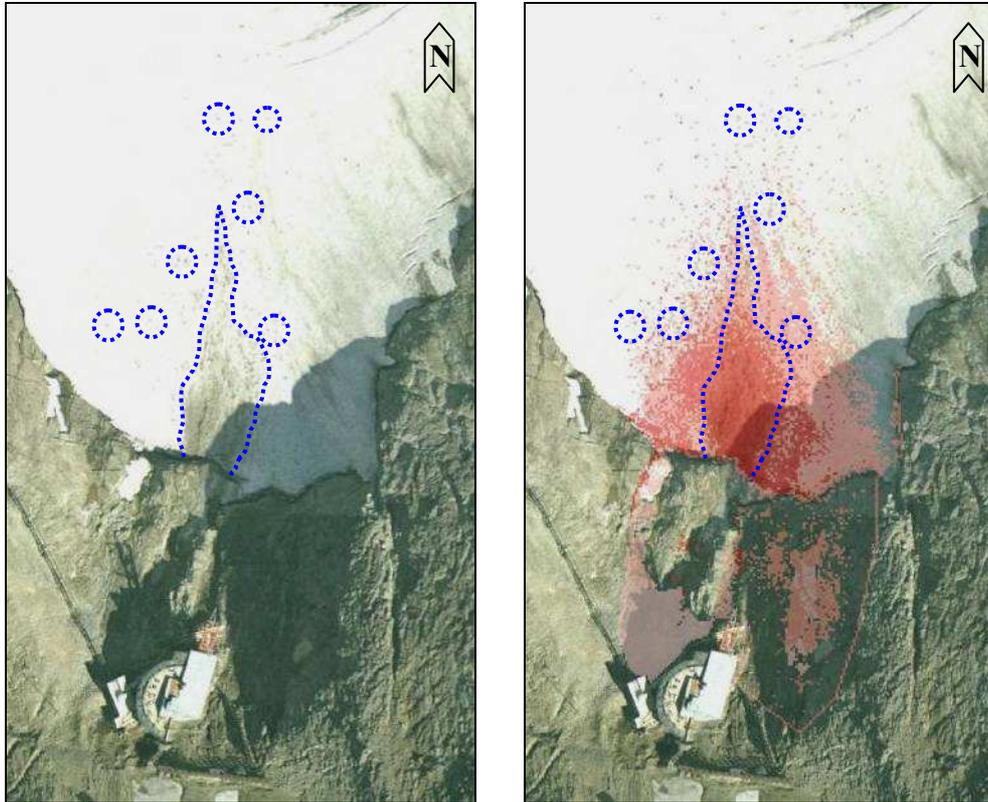
**Abb. 27:** Release-Zone und Runout-Bereich mit Darstellung der Polygone

Es zeigte sich, dass Blöcke, die sich aus Wandbereichen oder Steilstufen lösen, die größten Reichweiten erlangten (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) und wenige Meter nach Beginn der Bewegung maximale Geschwindigkeiten von bis zu 70 m/s erreichten. Wohingegen Blöcke aus flacheren Bereichen oder Schutthalden verhältnismäßig bald zum Liegen kamen. Zusätzlich ließ sich deutlich erkennen, dass sich die Sturzbahnen der Blöcke in Rinnensystemen konzentrieren (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) und hier, mit Ausnahme des Ablagerungsbereichs Gletscher und den Wandverflachungen, die meisten Blöcke und das größte Materialvolumen abgelagert werden. Die maximalen Energien von über 1100 kJ wurden gegen Ende der Steinschlagtrajektorien, bzw. unterhalb von Geländestufen erreicht.



**Abb. 10:** 3D Darstellung der Auslaufweiten (violett) und Ablagerungsbereiche (rot) **Abb. 28:** 3D Darstellung der Konzentration der Sturzbahnen in Rinnensystemen

Der Vergleich der 3D-Modellierung mit einem Orthophoto von 2009 [7] zeigt, dass die Einzelblöcke auf dem Gletscher innerhalb der Blockverbreitung der Modellierung (Abb. 29) auftreten. Für die höchste Konzentration des Blockwerks trifft dies ebenfalls zu.



**Abb. 29:** Vergleich des tatsächlichen (links) und des modellierten (rechts) Ablagerungsraumes auf dem Gletscher anhand eines Orthophotos (2009 [7])

Jedoch trat im August 2012 ein großes Felssturzereignis ein, welches in seiner Dimension die modellierten Blockgrößen bei weitem übertraf.

Am 18.8.2012 gegen 15 Uhr lösten sich etwa 70 m unterhalb der Gipfelstation etwa 300-500m<sup>3</sup> (Abb. 30) Felsmaterial. Die maximale Blockgröße betrug 5 x 5 x 4 = 100m<sup>3</sup> (Abb. 31) Volumen. Die Blöcke kamen im oberen Abschnitt des Schmiedinger Kees zum Liegen. Vorausgegangen wäre eine längere Warmwetterperiode ohne nennenswerte Niederschläge. Die Ablösefläche stellte eine Eisfläche (Abb. 32) im Permafrost dar.



**Abb. 30:** Ablösebereich des Felssturzes



**Abb. 31:** Sturzbahn und Runout Bereich des Felssturzes



**Abb. 32:** Detail Ablösebereich des Felssturzes

#### Schlussbemerkung

Die Ergebnisse der Modellierungen, insbesondere der 3D Modellierung haben, bezogen auf einen kurzen Beobachtungszeitraum, durchaus realistische Verteilungen des Sturzmaterials im Ablagerungsraum geliefert, die mit bisherigen Geländebefunden übereinstimmen. Der kürzlich aufgetretene Felssturz macht in seiner Dimension deutlich, dass der Eingangsparameter Blockgröße nach herkömmlichen Betrachtungen viel zu gering für den Ablösebereich im Permafrost eingestuft wurde. Als Konsequenz wird der Geländebefund überprüft und eine Modellierung des

Felssturzereignisses durchgeführt werden. Es ist beabsichtigt, das ingenieurgeologische Modell entsprechend zu erweitern, um die Dimension von Felsstürzen in Permafrostgebieten besser abschätzen zu können. Das interdisziplinäre Team MOREXPERSITS wird nach Hinweisen in den Daten des Monitorings forschen, die dem Felssturzereignis vorangegangen sind. Ziel ist es, aus den Daten Trends zu erkennen, aus denen sich die Stabilität von Felswänden ableiten lässt, um Felsstürze voraussagen zu können.

## Referenzen

- [1] Gruber, S. und Haeberli, W.: Permafrost in steep bedrock slopes and its temperature-related destabilization following climate change. *Journal of Geophysical Research* 112, F02S13, doi:10.1029/2006JF000547, 2007
- [2] Gruber S., Hoelzle, M. und Haeberli, W.: Permafrost thaw and destabilization of Alpine rock walls in the hot summer of 2003. *Geophysical Research Letters* 31, L13504, doi:10.1029/2004GL020051, 2004
- [3] Cornelius, H. P. und Clar, E.: Geologische Bundesanstalt: Erläuterungen zur geologischen Karte des Glocknergebietes, Wien
- [4] Daneck, T.: Platznahme und mechanisches Verhalten von Ganggesteinen im Grundgebirge des Südschwarzwaldes - Strukturelle Merkmale und Auswirkungen auf angewandtingenieurgeologische Fragestellungen, Mitteilungen aus dem geologischen Institut der eidgenössischen technischen Hochschule und der Universität Zürich, Neue Folge, Nr. 296
- [5] Herbst, P.: Bericht über geologische Aufnahmen im Tauernfenster (Bereich Sportgastein – Weißenbachtal auf Blatt 155 Markt Hofgastein), 1997
- [6] Keuschnig, M., Hartmeyer, I., Otto, J.C. und Schrott, L.: A new permafrost and mass movement monitoring test site in the Eastern Alps – Concept and first results of the MOREXPERSITS project. *Managing Alpine Future II - Inspire and drive sustainable mountain regions. Proceedings of the Innsbruck Conference, November 21-23, 2011. (= IGF-Forschungsberichte 4). Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften: Wien. (2011)*
- [7] SAGIS. Salzburger Geographisches Informationssystem – Amt der Salzburger Landesregierung, Orthophotos (2003, 2009) and DGM (1 m, ALS).
- [8] Spang, C., Romunde, B., Waldecker, J. und Ganser, H.: Entwurf und Bemessung von Steinschlagschutzzäunen mit Rockfall 7.1 / Fels- und Hangsicherung Müden II, aus Marschallinger/Wanker, Geomonitoring, FE-Modellierung, Sturzprozesse und Massenbewegungen, Beiträge zur COG-Fachtagung, S. 92-108 Salzburg, 2008

Freitag 19. Oktober 2012

10:30-11:00

## Über die Planung von NÖT-Vortrieben in den pleistozänen Dünensanden von Tel Aviv

Marcus Scholz

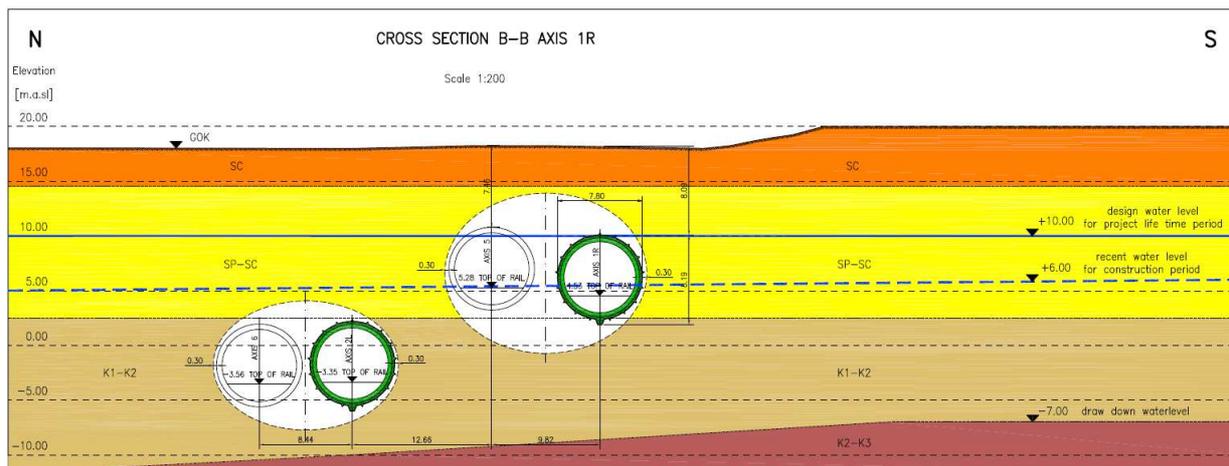
*Ingenieurbüro Müller + Hereth GmbH, Laufener Straße 16, D-83395 Freilassing,*

*Tel.: 08654-601145, Fax: 08654-601133, e-mail: m.scholz@mueller-hereth.com*

### **Kurzfassung:**

Im Zuge der Stadtentwicklung von Tel Aviv wird derzeit die Red Line als erste Stadtbahnlinie geplant. Etwa 12 km der 23 km langen Strecke werden unterirdisch verlaufen, wobei 8,5 km Tunnelstrecke mittels Schildmaschinen aufzufahren sind und 3,5 km bergmännisch im Sinne der NÖT erstellt werden. Die bergmännisch aufzufahrenden Abschnitte umfassen sowohl eingleisige Streckentunnel als auch Weichenkavernen. Die Überlagerung über Firste variiert je nach Lage der Gradienten und Geometrie der Tunnel zwischen 4 m und 20 m. Die Tunnel liegen in den pleistozänen Dünensanden der Kurkar-Formation. Die Dünensande sind bereichsweise lose und bereichsweise unterschiedlich stark verkittet. Der Grundwasserspiegel liegt etwa 10 m unter GOK, so dass die NÖT-Tunnel je nach Verlauf der Gradienten teilweise bzw. vollständig im Grundwasser liegen. Sand und Wasser sind für NÖT-Vortriebe eine große Herausforderung. Daher wurden verschiedene Methoden der Wasserhaltung - wie Druckluft, Vereisung, Injektion und Absenkung des Grundwasserspiegels - erörtert. Letztlich wurde für die Genehmigungsphase und für die Ausschreibung eine Grundwasserabsenkung mittels Brunnen gewählt. Für die Genehmigungsplanung und für die Ausschreibungsplanung war es notwendig, die Wasserhaltungsmaßnahmen zu dimensionieren. Dies erfolgte auf Basis empirisch-analytischer Formeln. Da jedoch bekanntermaßen Unsicherheiten in diesen Formeln enthalten sind und bisher keine Erfahrungen im Baugrund von Tel Aviv vorliegen, wurde der Rechengang für einzelne Vergleichsabschnitte an 3D-Modellierungen mittels MODFLOW kalibriert.

Der Beitrag soll das Projekt und die auf die geologischen Rahmenbedingungen abgestimmte NÖT-Planung vorstellen.



**Abb.:** Geologischer Schnitt im Bereich der Weichenkavernen.

Da sich das Projekt derzeit in der Ausschreibungsphase befindet, muss auf die Veröffentlichung der Langfassung verzichtet werden.

Freitag 19. Oktober 2012

11:30-12:00

## Geologische Erkundungen für einen Eisenbahnbau in der Provinz Jammu & Kashmir, Indien

Bernd Imre, *Thomas Preuth*

*Bernard Ingenieure ZT GmbH, Bahnhofstrasse 19, 6060 Hall i.T.*

[bernd.imre@bernard-ing.com](mailto:bernd.imre@bernard-ing.com), [thomas.preuth@bernard-ing.com](mailto:thomas.preuth@bernard-ing.com)

Dem Büro Bernard Ingenieure ZT GmbH, mit seinem Hauptsitz in Hall in Tirol, wurde nach erfolgreichem Bieterwettbewerb im Februar 2012 von IRCON International Limited, der Indian Railway Construction Company, die Planung, Ausschreibung und Bauaufsicht eines etwa 15 km langen Abschnitts, innerhalb des Udhampur-Srinagar-Baramulla New Broad Gauge Railway Line Project, übertragen.

IRCON ([www.ircon.org](http://www.ircon.org)) ist eine international tätige Firma zur Entwicklung von Infrastrukturprojekten aller Art mit dem Staat Indien als 100% Eigentümer. Sie kann daher entfernt mit Eisenbahnerichtungs-gesellschaften wie der HL-AG oder der BEG in Österreich verglichen werden.

Diese Eisenbahnstrecke verbindet den Norden der Provinz Jammu & Kashmir mit dem Süden ( Abb. 33 und

Abb. 34). Weiters wird sie die erste Eisenbahnverbindung zwischen Indien und dem indischen Teil von Kashmir darstellen.

Neben dem Flugzeug ist derzeit die einzige, prinzipiell ganzjährig offene, Hauptverkehrsverbindung der National Highway NH1-A vom Udhampur nach Srinagar (

Abb. 33 und

Abb. 34). Der Abschnitt der NH1-A im Projektgebiet zählt jedoch zu den gefährlichsten Strassen in Indien. Sie ist aufgrund enormer Steinschlagaktivität, häufiger Muren, Rutschungen und Lawinen mehrmals im Jahr für Tage blockiert. Zudem ist sie beim aktuellen Verkehrsaufkommen vollkommen überlastet. Eine Fahrt von Udhampur nach Srinagar (ca. 300 km) stellt zurzeit eine Tagesreise dar.

Dementsprechend ist dieses Eisenbahnprojekt von hoher sozialer, wirtschaftlicher, aber auch strategisch-politischer Bedeutung.

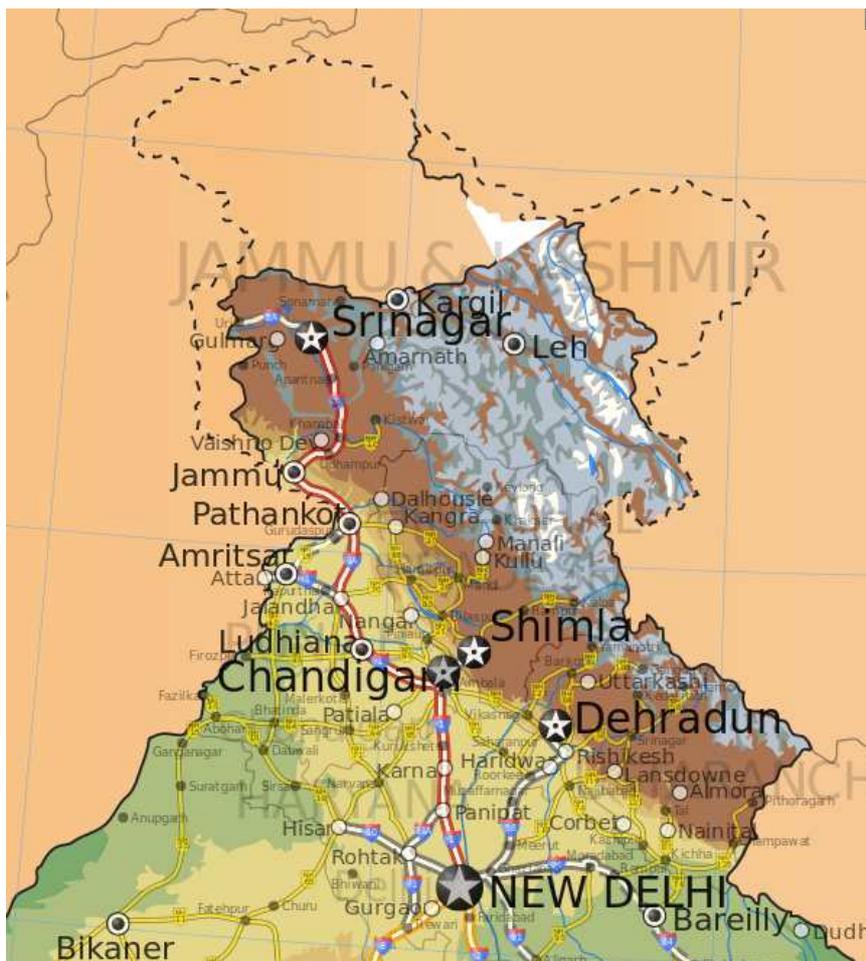
Die gegenständliche Eisenbahnlinie quert auf dem Weg nach Srinagar im Bereich des 2.832 m hohen Jawahar (Banihal) Passes, den Pir Panjal Range, eine Gebirgskette des Inneren Himalayas, mittels des zurzeit längsten Eisenbahntunnels in Indien (Planer: Geoconsult). Innerhalb des beauftragten Planungsloses verläuft die Eisenbahnstrecke auf einer Höhe von etwa 1450 bis 1550 m ü.M. Aufgrund der starken Hebungsraten des Himalayas sind im Projektgebiet enge V-Täler, mit steilen Flanken und

hoher Reliefenergie vorherrschend. Dementsprechend beinhaltet das beauftragte Planungslos nur etwa 2 km Freistrecke, 3 Brücken dafür jedoch ca. 12 km Tunnelstrecke.

Der gegenständliche Vortrag berichtet über die geologischen Erkundungen, hauptsächlich der geologischen Kartierungen entlang der Trasse im Zuge der Detailplanungs- und Ausschreibungsphase.



**Abb. 33:** Topographische Karte von Indien mit dem aktuellen Netz der National Highways. Rot umrandeter Ausschnitt – siehe **Abb. 34.** (This file is licensed under the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 license, [www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org))



**Abb. 34:** Detailausschnitt der topographischen Karte von Indien mit dem aktuellen Netz der National Highways. (This file is licensed under the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 license, [www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org)).

Freitag 19. Oktober 2012

13:00-13:30

## Erkundungen und Verhaltensbeurteilungen einer tiefgründigen Massenbewegung im Kaunertal

Michael Holzmann, Bernhard Hofer

*TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG, Eduard Wallnöfer Platz 2, 6020 Innsbruck*

### Allgemeines

Das Kaunertalkraftwerk wurde in den Jahren 1961 bis 1964 errichtet. Mit einer Höhe von 153 m und einem Schüttvolumen von 7,1 Mio. m<sup>3</sup> ist der Staudamm Gepatsch, der höchste Schüttdamm Österreichs. Das durch den Staudamm generierte Stauvolumen beträgt ca. 138 Mio. m<sup>3</sup>. Die aus dem hinteren Kaunertal, dem Radurschltal, dem Pitztal und dem östlichen Kaunertal in den Speicher geleiteten Wasserfrachten betragen 320 Mio. m<sup>3</sup>/a und werden über eine Fallhöhe von 900 m im Krafthaus in Prutz abgearbeitet. Das Stauziel des Speichers liegt auf 1767 mMh, das Absenkeziel befindet sich auf 1665 mMh.

### Geologie des Speicherraumes Gepatsch

Der Speicher Gepatsch liegt im südwestlichen Bereich des Ötztal-Kristallinkomplexes (ÖKK). Lithologisch stehen hauptsächlich Paragneise, Orthogneise und Amphibolite an. Der ÖKK zeigt eine deutliche polymetamorphe Entwicklung, wobei nach bisherigen Untersuchungen mindestens drei Metamorphosen unterschieden werden können. Die geologischen Strukturen des N - S verlaufenden Kaunertals, sind von etwa E - W streichenden lithologischen Haupteinheiten und einem derart orientierten Großfaltenbau geprägt. Neben Großfalten mit Wellenlängen und Amplituden im km - Maßstabsbereich treten Kleinfalten im Zehnermeter bis Meterbereich sowie Kleinstfalten auf. Die Paragesteine werden zusammenfassend als Schiefergneise bezeichnet, als Orthogneise werden Augen - und Flasergneise und Muskovit - Granitgneise differenziert. Die Lockergesteinsüberlagerung wird von faziell unterschiedlich zuzuordnenden Lockergesteinen gebildet überlagert. Die Schiefergneise im Speicher werden im Norden und Süden durch Orthogneise begrenzt.

### Tiefgründige Massenbewegungen entlang des Speicherraumes

Bereits vor Baubeginn des Kaunertalkraftwerks war aus Kartierungen bekannt, dass sich die Hänge des Speicherbeckens (Schiefergneis) durch spät - und postglaziale Prozesse überformten, was die Planer dazu veranlasste, die zu Beginn als morphologisch geeignete Sperrenstelle am Jägerhaus fallen zulassen und weiter nach Norden in den kompetenten Augengneis zu rücken (Abb. 1).

Die durch die Staubewirtschaftung des Speichers Gepatsch tangierten tiefgründigen Massenbewegungen (MB) sind (Abb. 1):

#### Hochmais - Atemkopf

Durch den Ersteinstau im Juli 1964 traten im Bereich Hochmais Hangbewegungen einer Teilscholle auf. Die durch den Einstau induzierten Verschiebungen betragen in der Ersteinstauphase (1964 bis

1966) mehrere Meter. Ab dem Jahr 1967 sind die Bewegungsraten auf wenige Zentimeter pro Jahr abgeklungen.

### Nasserein

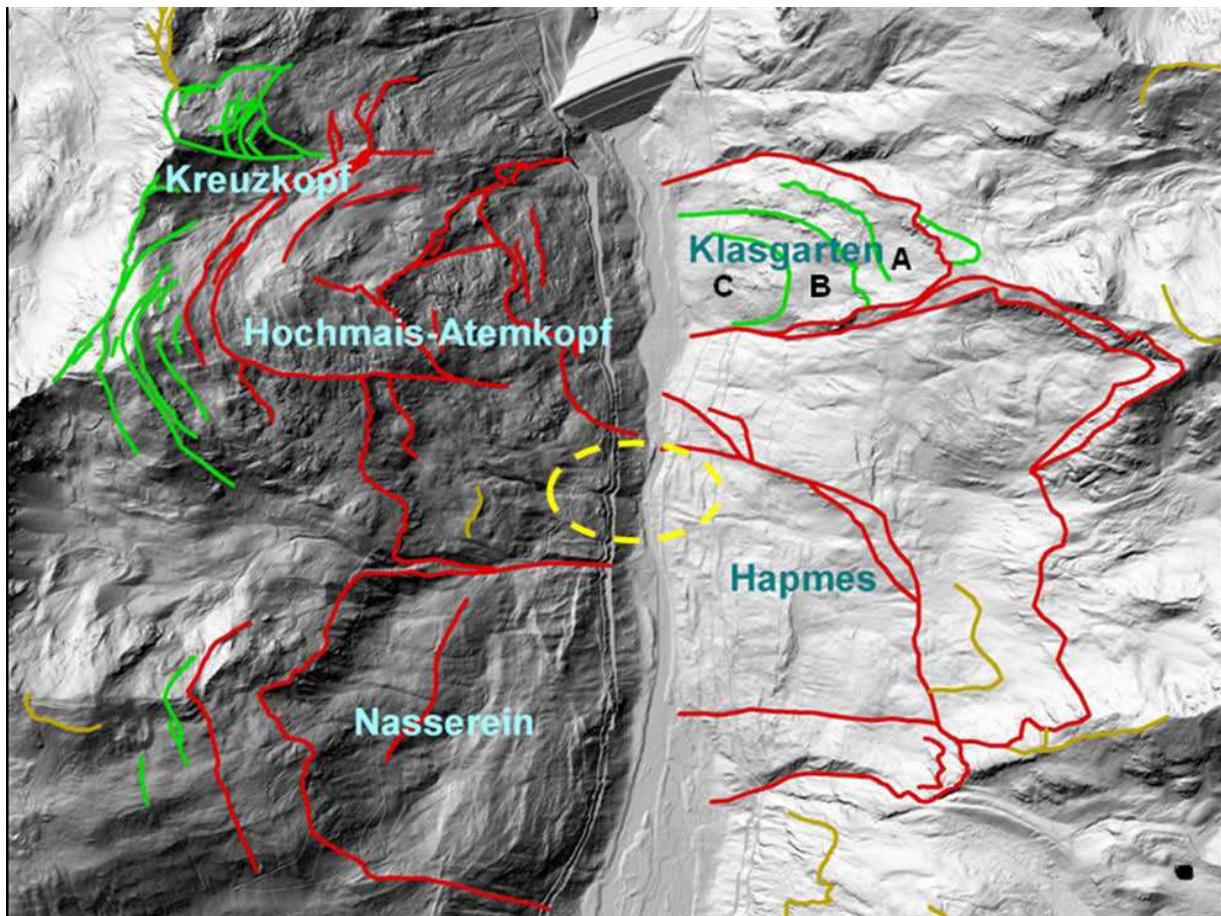
Der südlich an Hochmais-Atemkopf angrenzende Nassereinhang hat sich während der Ersteinstauphase im Jahre 1965 in einem geringen Maß bewegt. Die Bewegungen werden auf Sättigungssetzungen der stark aufgelockerten Masse im Hangfußbereich zurückgeführt (Laufer 1971). Die erhöhten Verschiebungsbeträge nahmen bereits nach wenigen Monaten wieder auf das Maß von wenigen mm/a ab.

### Klasgarten

Der Bereich Klasgarten wurde durch die Ersteinstauphase nicht beeinflusst. Es sind keine durch den Stau induzierten Verformungen dokumentiert. Messungen an Hangpunkten und Nivellements zeigen einen linearen Verschiebungsverlauf von wenigen cm über das Betriebsjahr.

### Hapmes

Bei der südöstlich liegenden Massenbewegung Hapmes kam es zu keinen stauinduzierten Hangbewegungen (Laufer, 1971). Die Verformungsrate der MB Hapmes ist speicherunabhängig und beträgt nur wenige mm/a.



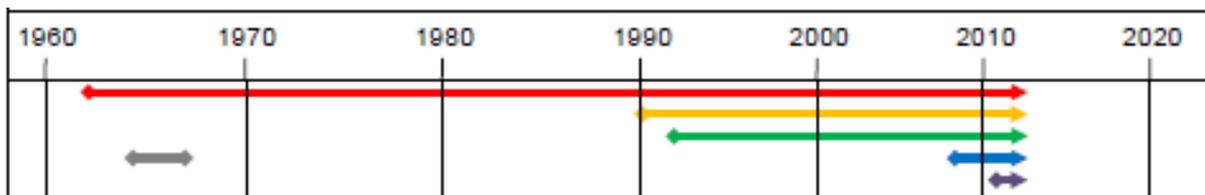
**Abb.1:** Massenbewegungen Speicher Gepatsch; rot... aktiv, grün...inaktiv, gelb...ursprünglich geplante Sperrenstelle Jägerhaus; Teilschollensystem Klasgarten: A (aktiv), B (inaktiv), C (inaktiv); Quelle: AlpS.

## Massenbewegung Klagarten

### Allgemeines zur MB Klagarten

Die MB Klagarten liegt, orographisch rechts im Norden des Speicherraums, zur Gänze im Paragneis und ist geomorphologisch durch eine Hauptabrisnische mit einer Versatzweite von mindestens 100 m bis 150 m sowie mindestens 2 Teilschollen mit sekundären Abrisskanten gekennzeichnet (Abb. 1). Die Schieferung zeigt im Bereich Klagarten, wie im gesamten Speicherraum, generelles E-W-Streichen, welche durch die starke Verfaltung stark variieren kann. Die Schieferung ist deutlich bis sehr deutlich ausgeprägt mit stellenweise konzentriertem Glimmeranteil entlang der Schieferungsflächen. Als Trennflächen treten dominant N - S bis NW - SE streichende steil bis subvertikal fallende Klüfte und Spalten auf. Das Volumen der MB Klagarten wurde bei einer Länge von 1160 m, einer Breite von 700 m und einer maximalen Mächtigkeit von 140 m, auf ca. 55 Mio. m<sup>3</sup> abgeschätzt. Die geomorphologische Oberflächensituation innerhalb der Massenbewegung ist durch intensive Auflockerung (Fragmentierung), Spaltenbildung und Verkippung der engständig geschieferten, glimmerreichen Schiefergneise und daraus hervorgehender Bildung von Blockschutt - / Felssturzaflagerungen gekennzeichnet. Entsprechend der Nomenklatur der Wp/Wli (1993) kann die Massenbewegung als „sehr langsame Rotationsgleitung im Fels“ bezeichnet werden. Die MB Klagarten besteht wie alle MB im Speicherbereich aus mehreren Teilschollen, von denen die als Teilscholle A bezeichnete aktiv ist. Die weiteren Schollen B und C liegen auf der Scholle A auf. Die südliche Begrenzung ist geomorphologisch deutlich ausgeprägt und verläuft im Graben westlich des Pfeifensteins. Die Nordbegrenzung verläuft südlich des Inneren Geilbaches.

In den Aufzeichnungen sind keine der Ersteinstauphase zuzuschreibenden initialen Verschiebungen nachgewiesen. Seit dem Bau des Kaunertalkraftwerks werden die Speicherhänge kontinuierlich vermessen bzw. wird das geologisch / geotechnische Bild durch zusätzliche Kartierungen und Erkundungen fortlaufend verdichtet und detailliert (Abb. 2).



**Abb. 2:** Timeline Monitoring und durchgeführte Erkundungen im Bereich Klagarten; rot...periodische Nivellement und trigonometrische Messungen, grau...Bohrungen 60er Jahre, orange...kontinuierliche Messungen mittels automatischem Servotheodoliten, grün...Inklinometer KG1, blau...Erkundungen 2009 bis 2011, violett...Sondierstollen Klagarten.

### Verformungsmessungen Klagarten

Die Speicherhänge werden seit Mitte der 60er Jahre trigonometrisch, sowie mittels Präzisions - Nivellement vermessen. Nivellementmessungen entlang der Uferstraße finden 2 - mal pro Jahr statt. Die Messpfeiler an den Talhängen werden entweder mehrmals täglich, halbjährlich oder fünfjährlich vermessen.

### Nivellementmessungen entlang der Uferstraße

Aus den Präzisions - Nivellementmessungen entlang der Uferstraße Ost kann die Nord - und Südabgrenzung der MB Klasgarten, als Ergänzung zu den Erkenntnissen aus der Kartierung, sehr gut bestimmt werden. Die Setzungsrate entlang der Uferstraße West zeigt einen konstanten Verlauf und beträgt im Betriebsjahr ca. 12 - 13 mm. Die Setzungen der MB werden von den staubedingten reversiblen Hebungen und Setzungen der Uferstraße überlagert.

### **Verformungsmessungen Klasgarten**

Die Speicherhänge werden seit Mitte der 60er Jahre trigonometrisch, sowie mittels Präzisions - Nivellement vermessen. Nivellementmessungen entlang der Uferstraße finden 2 - mal pro Jahr statt. Die Messpfeiler an den Talhängen werden entweder mehrmals täglich, halbjährlich oder fünfjährlich vermessen.

### Nivellementmessungen entlang der Uferstraße

Aus den Präzisions - Nivellementmessungen entlang der Uferstraße Ost kann die Nord - und Südabgrenzung der MB Klasgarten, als Ergänzung zu den Erkenntnissen aus der Kartierung, sehr gut bestimmt werden. Die Setzungsrate entlang der Uferstraße West zeigt einen konstanten Verlauf und beträgt im Betriebsjahr ca. 12 - 13 mm. Die Setzungen der MB werden von den staubedingten reversiblen Hebungen und Setzungen der Uferstraße überlagert.

### Trigonometrische Messungen

Das Triangulierungsnetz wird seit den 60er Jahren fortlaufend ergänzt. Die Messpunkte sind auf einer Höhe zwischen 1710 und 2137 m<sub>Mh</sub> installiert. Die Bewegungsvektoren zeigen mit zunehmender Höhe einen steileren Fallwinkel an, was mechanisch auf eine Rotationsgleitung hinweist. Die mittleren Verformungsraten betragen 1,4 bis 3,5 cm/a wobei Aktivitäten von 2 bis 3 cm/a dominieren.

### Totalstation am Staudamm Gepatsch

Seit dem Jahre 1990 ist ein automatischer Servotheodolit auf der Dammkrone installiert, welcher fünfständig ausgewählte Punkte (Messpfeiler) an den Hängen Klasgarten und Hochmais bzw. am Staudamm vermisst.

### **Erkundungen Bereich Klasgarten**

#### Aufschlüsse und Erkundungen bis 2009

In den 60er Jahren wurde im Bereich der MB Klasgarten auf Höhe der Uferstraße die Bohrung B3 abgeteuft. Aus Pegelbeobachtungen und Spülverlusten beim Bohren wurde eine hohe hydraulische Durchlässigkeit innerhalb der MB abgeleitet, was mit dem festgestellten hohen Zerlegungsgrad in der MB korreliert.

Im Jahr 1992 wurde in mittlerer Höhe der MB eine Bohrung abgeteuft und als Inklinometer ausgebaut (Bezeichnung KG1). Die Wasserdurchlässigkeit ist im mittleren Höhentel der MB ebenfalls hoch; es wurde kein zusammenhängender Bergwasserspiegel festgestellt (Tentschert, 1998).

### Aufschlüsse und Erkundungen im Zuge Ausbau Kraftwerk Kaunertal

Die lithologischen, geomorphologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im hinteren Kaunertal wurden in mehrjähriger Geländearbeit, ergänzend zu den vorliegenden **Kartierungen** aus dem Bau und Geländearbeiten im Betriebszeitraum, nochmals detailliert kartiert. Der strukturgeologische Datenpool und die Kenntnisse zur Morphologie (z.B. Scarps) konnten durch diese zusätzlichen Kartierungsarbeiten sowie **Laserscans**auswertungen (LiDAR) erweitert werden.

Von der Geländeoberkante aus wurden in den Jahren 2009 bis 2011 drei **Erkundungsbohrungen** mit Teufen zwischen 100 m und 168 m ausgeführt. Bevor die Bohrungen als Inklinometer bzw. kombinierte Inklinometer - / Grundwassermessstellen ausgebaut wurden, sind Bohrlochversuche (ABI / OBI, HPT, etc.) durchgeführt worden. Aus den Bohrungen ist bekannt, dass der Zerlegungsgrad des Gebirges innerhalb der MB zwischen mäßig aufgelockert bis aufgelockert variiert. Als geeigneter Parameter zur Bestimmung der basalen Bewegungszone zwischen den Teilschollen und dem kompetenten Grundgebirge hat sich der RQD - Wert herausgestellt. Die RQD - Werte im Schiefergneisgebirge unterhalb der MB sind im Vergleich zu den RQD - Werten in der MB größer und variieren weniger stark. Die Mächtigkeit der Kakiritzonen

Wesentliche Erkenntnisse hinsichtlich Geometrie, internem Bau und geomechanisch - hydrogeologische Gebirgsverhältnisse liegen durch den im Zeitraum Februar bis August 2011 aufgefahrene, 690 m langen **Sondierstollen Klasgarten** (SKG) vor. Die Trassierung des SKG basiert auf den Erkenntnissen der vorangegangenen Erkundungskampagne sowie der Auswertung von Verformungsmessungen und lehnt sich an den Verlauf des Sondierstollens 1 (Hochmaisscholle) an (Abb. 3). Der SKG und die darin abgeteuften Horizontal- und Vertikalbohrungen haben mehrfach verschiedene Kluftsysteme und Störungszonen sowie die basale Bewegungszone der MB Klasgarten durchörtert, und weisen auf eine geometrisch komplexe Hangdeformationsstruktur hin. Die erkundeten Gebirgsverhältnisse zeigen, dass es sich bei der Basis der Massenbewegung um eine bis zu mehrere Meter mächtige Deformationszone handelt, welche in ihrem Zerlegungsgrad stark variiert. Es liegen sandig-kiesige Kakirite und Fault Gouges sowie spröde Bruchzonen vor. Dazwischen treten weniger deformierte Gesteinsabschnitte auf, welche z.T. einige Meter Mächtigkeit aufweisen. Im Nordbereich bilden die zahlreichen steil bis mittelsteil südfallenden Störungszonen mehrere Schwächezonen, entlang welcher die derzeitige Deformation akkumuliert. Die Geometrie wird strukturell durch die spröden Störzonen stark beeinflusst. Die basale Geometrie wird neben Störungen durch Schieferungsflächen und/oder schieferungsparallelen Lagenbau beeinflusst. Deutlich lässt sich der Einfluss der duktilen Strukturen auf die basale Geometrie im Bereich Stationierung 512 bis 543 m („Kernbereich Massenbewegung“) durch Umbiegen der Schieferung von S-fallend nach N-fallend zeigen wodurch abgeleitet wird, dass die MB Klasgarten aufgrund der duktilen Strukturen keine einfache Wannenstruktur aufweist.

Die Grundwassersituation wurde durch die in den Bohrungen durchgeführten Versuche (HPT) sowie Wasserstandsmessungen aufgeschlossen. Kontinuierliche Pegelmessungen in Messstellen zeigen, dass der Wasserstand in der MB den Schwankungen der Stauhöhe ohne ausgeprägte Zeitverzögerung folgt, was auf eine hohe hydraulische Durchlässigkeit der Massenbewegung deutet. Erst bei sehr geringen Stauhöhen entkoppelt sich das Grundwasser vom Einfluss des Stauspiegels und es stellt sich der natürliche Bergwasserspiegel ein. Die Deformationszonen der Teilschollen B und C haben keine wasserstauende Wirkung. Die Art der Wasserzutritte im Sondierstollen zeigt, dass die

Hauptzirkulation des Wassers vorwiegend an Schichtgrenzen (Moräne – Schiefergneis) sowie tektonischen und gravitativ bedingten Deformationszonen stattfindet. Packertests in einer Bohrung aus dem Herbst 2011 zeigen im Vergleich mit den Packertests aus einer Bohrung im unmittelbaren Nahbereich welche ein Jahr zuvor abgeteuft wurden, dass durch den Bau des Sondierstollens der Grundwasserspiegel als Folge der Drainagewirkung des Stollens abgesenkt wurde.

Neben dem Zweck der Erkundung wird der Sondierstollen künftig mit Monitoring-Equipment ausgestattet um den Speicherhang, ergänzend zu den bereits installierten Systemen, permanent z.B. mittels Extensometer überwachen zu können.

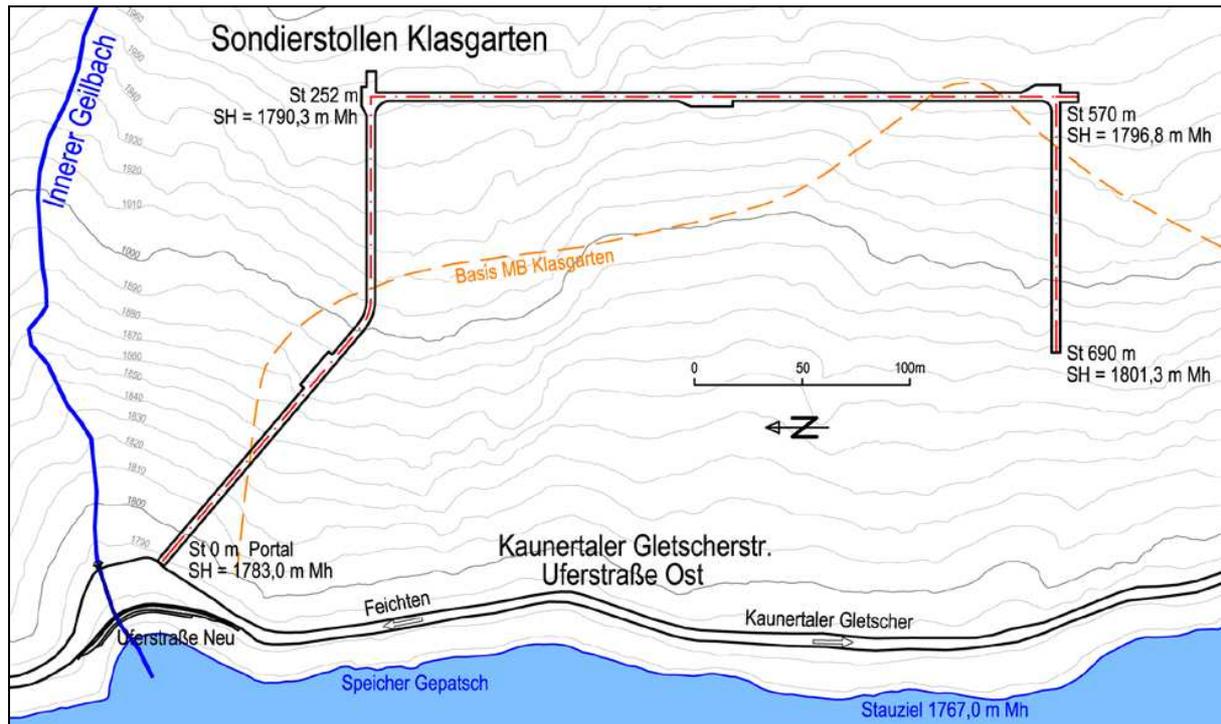


Abb. 3: Trasse Sondierstollen Klasgarten; orange...Grenze der MB Klasgarten auf Stollenniveau,

### Zusammenfassung

Seit dem Bau des Kaunertalkraftwerks hat sich der Erkenntnisstand zur MB Klasgarten fortlaufend erweitert. Durch die zusätzlichen Aufschlüsse aus der jüngeren Bohrkampagne, den Kartierungen und dem Bau des Sondierstollen Klasgarten konnten sowohl die geologisch/hydrogeologischen als auch die geometrisch-kinematischen Modelle bestätigt und ergänzt werden. Aus den jahrzehntelangen Messreihen ist bekannt, dass die Bewegungen der MB Klasgarten unabhängig von der Speicherbewirtschaftung sind und Verformungsraten von ca. 2 bis 3 cm pro Jahr aufweisen. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass die MB Klasgarten eine interne Gliederung in aufgelockerte bis stark aufgelockerte Teilschollen aufweist und in den Kontaktbereichen teilweise Zonen aus kakiritischen Gesteinen entstanden sind. Es ist ersichtlich, dass die Verortung der einzelnen Bewegungszonen durch Vernetzung des strukturellen Inventars beeinflusst wurde. Künftig werden periodische und kontinuierliche Messungen im Sondierstollen Klasgarten den Kenntnisstand weiter vertiefen.

### **Literatur**

Tentschert (1998): Das Sackungsverhalten der Sackungshänge im Speicher Gepatsch (Tirol, Österreich), Felsbau 16, Nr.3.

Lauffer (1971) et al.: Der Auftrieb als Ursache von Hangbewegungen bei der Füllung des Gepatschspeichers, Österreichische Ingenieur-Zeitschrift, Sonderdruck aus Heft 4, Jg.14.

Wp/Wli Unesco Working Party on World Landslide Inventory (1993): Multilingual Landslide Glossary, The Canadian Geotechnical Society, BiTech PublishersLtd., Richmond, Canada.

Freitag 19. Oktober 2012

13:30-14:00

## Monitoring von Massenbewegungen in Niederösterreich

Michael Bertagnoli, Joachim Schweigl, Wolfgang Widauer, Heidemarie Zöchling  
*Amt der NÖ Landesregierung, BD1 – Geologischer Dienst, Landhausplatz 1, 3100 St. Pölten*  
*Amt der NÖ Landesregierung, BD3 – Hydrologie und Geoinformation, Landhausplatz 1, 3100 St. Pölten*  
*Firma Sommer GmbH & Co KG, Büro St.Pölten*

### Zusammenfassung

Der geologische Landesdienst in Niederösterreich ist immer wieder mit Massenbewegungen konfrontiert, die aus wirtschaftlichen, technischen Gründen gar nicht oder erst in ein paar Jahren saniert werden können. In solchen Fällen sind Überwachungsmaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung, d.h. Hausbewohner, Verkehrsteilnehmer etc., notwendig.

Der Bogen spannt sich von einfachen, preisgünstigen Kontrolleinrichtungen über technisch ausgefeilte Präzisionsmessungen bis hin zu vollautomatischen, teuren Einrichtungen mit Fernabfrage.

Im Einzelnen sind und waren folgende Einrichtungen für Massenbewegungen in verschiedenen Lokalitäten in Niederösterreich in Verwendung:

- Einfache Beobachtungseinrichtungen wie z.B. Glasspione, Rissmonitore, Drahtseilextensometer, Metallspione, Fluchtstangen, Messungen mit Stahlmaßband
- Konventionelle terrestrische Präzisionsmessungen mit Tachymeter, GPS-Geräten, Inklinometer, Laserscanner
- Präzisionsmessungen mit vollautomatischen Tachymeter (Georoboter) mit Fernabfrage
- Elektronische 2-D- und 3-D-Extensometer mit Onlinedatenübertragung sowie Fernabfrage
- Spezielle Geophone für Steinschlag oder Felssturz.

Die verschiedenen Kontrolleinrichtungen werden anhand von Erfahrungsberichten und Praxisbeispielen in Dürnstein, Gresten, Hohe Wand, Scharndorf, Scheibbs, Spitz und Waidhofen/Ybbs eingehend erläutert.

### Abstract

The geological survey of Lower Austria has to deal often with landslides where a reconstruction is not possible for economic, technical reasons or lasts more years. In such cases monitoring measurements for the protection of the population, inhabitants, road users ecc. are necessary.

The field ranges from simple, cheap control stations to technically complicated accurate measurements and fully automatic, expensive instruments with remote control.

In Lower Austria were and are used the following monitoring instruments for landslides:

-Simple monitoring systems like glass spies, plastic crack meters, wire extensometers, metal spies, direction poles, measurements with steel rule

- conventional terrestrial accurate measurements with tachymeter, GPS instruments, inclinometers, laserscanner
- electronic 2-D- and 3-D-extensometers (crackmeters) with online data transfer and remote control
- special geophones for rock falls.

## 1. Einleitung:

In Niederösterreich treten immer wieder Massenbewegungen auf, die nicht sofort oder gar nicht saniert werden können, aber schützenswürdige Objekte gefährden. Solche Schutzobjekte können Wohnhäuser, öffentliche Einrichtungen oder Infrastrukturen, wie Straßen oder Wasserleitungen sein. Vor allem um Personen rechtzeitig in Sicherheit zu bringen, werden bis zu einer endgültigen Sanierung oder einer anderen Lösung Monitoring Systeme installiert und verwendet. Diese werden in den nun folgenden Kapiteln beschrieben. Dabei geht es nicht um eine perfekte, technische Abhandlung der Funktionsweise der verschiedenen Apparate und Einrichtungen, sondern um die Anwendung, die Vor- und Nachteile und die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten für die zuständigen Behörden, Zivilschutzorganisationen und Sachverständigen.

Im Prinzip geht es bei allen Monitoring Systemen darum Bewegungen einer Massenbewegung aufzuzeichnen und bei Überschreitung eines vorher festgelegten Grenzwertes Alarm auszulösen, der mögliche betroffene Personen schnellst möglich in Sicherheit bringt und die Einsatzkräfte schnellst möglich herbeiholt.

## 2. Einfache Beobachtungseinrichtungen:

Diese Methoden eignen sich besonders bei Katastropheneinsätzen, da sie einfach anzuwenden sind. Zudem sind sie billig und leicht zu installieren.

2.1 Glasspione: Einfache und preisgünstige Methode. Man nimmt ein Stück Glas, legt es über einen Spalt, Riss, Kluft in einer Mauer oder im Fels, fixiert es mit Gips oder Zement. Falls das Glas nach einer gewissen Zeit zerbricht, weiß man, dass sich der Untergrund bewegt hat. Man kann keine Bewegung messen, aber das Zerbrechen des Glases selbst als Grenzwert festlegen und Sicherheitsmaßnahmen vorschreiben. Die Richtung der Bewegung kann man nur indirekt an der Rissanordnung nachvollziehen. Eingesetzt wurden die Glasspione in Niederösterreich vor allem bei Rissen in Mauern von Gebäuden, speziell Wohnhäusern.

2.2 Fluchtstangen: Bei jeder Art von Rutschung, Setzung oder Muren, wo es zu schnellen und deutlichen Bewegungen über 10 cm kommt, ist das Einschlagen oder Anbringen von Holzpflocken oder -stangen in Falllinie der Bewegung und mit ca. gleicher Höhe eine einfache, schnelle und kostengünstige Methode. Die Betroffenen, die Feuerwehrleute können selbst nach kurzer Anleitung Bewegungen erkennen. Allerdings ist diese Methode allein eine sehr grobe und ungenaue Methode, vor allem kann man keine Grenzwerte festlegen. Genauer wird sie erst in Kombination mit dem Stahlmaßband. Die Richtung der Bewegung kann man mit Fluchtstangen allgemein gut ausmachen. In Niederösterreich oft eingesetzt bei Rutschungen, z.B. in der Ortschaft Kilb im Jahr 2009.

2.3 Stahlmaßband: Dieses Maßband besteht aus Stahl und besitzt eine Messstrecke zu 30 oder 50 m. 50 m ist die idealere Länge. Die einzelnen Messpunkte sollten am Beginn der Messungen nicht

weiter als 20 oder 30 m liegen, damit noch genügend Reserve für die Messungen bleibt, vor allem wenn die Messungen mehrere Jahre dauern. Auf Fluchtstangen, Holzpflocken, Bäumen, Mauern werden Stahlnägel eingeschlagen. Dann wird von zwei Personen, idealerweise immer von denselben, jeweils der Abstand zwischen mindestens 2 Punkten gemessen, indem das Maßband ordentlich gespannt und an den zwei Punkten angehalten wird. Von den Messpunkten sollten mindestens zwei Punkte außerhalb der sichtbaren Massenbewegung liegen. Bei der Stahlbandmessung müssen nicht immer Stahlnägel oder Schrauben als Punkte gesetzt werden, sondern man kann auch an deutlich wieder erkennbaren Kanten oder Linien mit Bleistift messen. Wichtig ist, dass diese Punkte, Linien witterungsbeständig sind und dass immer am selben Punkt abgemessen wird. Die Messgenauigkeit ist  $\pm 5$  mm. Je weiter entfernt zwei Punkte liegen, desto ungenauer wird die Messung. Daher sollten zwei Punkte idealerweise nicht über 30 m auseinanderliegen. Mit dieser Methode kann man Grenzwerte festlegen. Für die Feststellung der Bewegungsrichtung muss man Messpunkte in verschiedene Richtungen positionieren. Diese Methode wird in Niederösterreich sehr oft verwendet, vor allem bei Rutschungen und Erdströmen, z.B. Erdstrom in Waidhofen an der Ybbs.

2.4 Rissmonitore (Kunststoffissurometer): Dienen ausschließlich der Kontrolle von langsamen Bewegungen bis 2 cm in mehrere Richtungen. Die Messgenauigkeit liegt dafür mit 0,1 mm sehr hoch. Verwendet werden diese preisgünstigen Objekte bei Rissen, Spalten in Hausmauern und am Fels, wo sicher ist, dass die Bewegung sehr langsam abläuft. Die 2 cm lassen sich gut als Grenzwert festlegen und stellen für z.B. Hausmauern sicher ein kritisches Maß für die statische Tragfähigkeit dar. In Niederösterreich vor allem bei Rutschungen und Setzungen verwendet, z.B. bei Wohnhäusern in Scharndorf oder Gresten.



**Abb.1:** Risse in Wohnhaus in Scharndorf, Kunststoffissurometer

2.5 Metallspione: Besonders bei drohendem Steinschlag, Felssturz oder Bergstürzen werden gerne an den Klüften auf beiden Seiten Metallspione angebracht. Meist wird links und rechts ein Loch gebohrt, ein gebogener Torstahlstab eingesetzt, mit Zement oder Kleber fixiert und nach dem Trocknen in der Mitte mit einer Metallsäge durchtrennt. Der Abstand wird mit einer Schubleere oder einem Maßband in regelmäßigen Abständen gemessen. Mit der Schubleere liegt die Messgenauigkeit bei  $\pm 1$  mm, beim Maßband bei  $\pm 2$  mm. Man kann gut einen Grenzwert setzen und Bewegungen von mehreren Millimetern bis mehreren Metern messen. Die Methode ist einfach und billig. In Niederösterreich ist sie

an zahlreichen Felsböschungen ober Landesstraßen in der Hohen Wand, in Drosendorf, in Winzendorf und in Waidhofen/Ybbs im Einsatz.



**Abb.2:** Metallspion, Amtmann, Waidhofen/Ybbs

*Metallspion, Hohe Wand, Draschgrat*

2.6 Drahtseilextensometer: Eine einfache und kostengünstige Methode für diverse Massenbewegungen. Man fixiert einen Draht an einem Punkt, der in Bewegung ist. Dann misst man die Länge des gespannten Drahtes mit einem Maßband an einem definierten zweiten Punkt, wobei man dahinter mehrere Meter Draht übrig lässt. Bewegt sich der eine Punkt, so wird der Draht bei der Messung am Referenzpunkt länger oder kürzer sein. Die Messgenauigkeit liegt bei +/- 5 mm. Auch Grenzwerte lassen sich festlegen. Eine Spezialanwendung, entwickelt vom CNR in Padova (Italien) ist die Anwendung von Drahtseilextensometer im Zusammenhang mit Inklinometerrohren. Nachdem bekanntlich bei Gesamtbewegungen von über 70 mm Inklinometerrohre so verbogen oder durchgeschert werden, dass keine Messung mit der Inklinometersonde mehr möglich ist, kann mit einem am Rohr unten befestigten Draht und einem Referenzpunkt am Schacht die Änderung der Drahtlänge und damit die weitere Bewegung erfasst werden.

### 3. Konventionelle, präzise Bewegungsmessungen:

Diese Methoden sind aufwendig, teuer und erfordern bei der Bedienung und Auswertung ein entsprechendes Fachwissen. Sie erfordern bereits einen Fachmann, sprich einen Vermesser.

3.1 Tachymeter: Der Tachymeter ist ein Theodolith mit elektronischer Distanzmessung. Er besitzt folgendes Messverfahren: Aus Winkel und Distanzmessung werden Polarkoordinaten gerechnet.

Der Tachymeter ermöglicht Punktbestimmungen mit Millimetergenauigkeit (+/- 5 mm). Es werden definierte Einzelpunkte sehr präzise beobachtet. Die Polarpunktbestimmung erfolgt durch die Messung von positionierten Reflektoren oder reflektorlos. Die reflektorlose Messung ist etwas ungenauer als mit Reflektor. Die Genauigkeit ist im Wesentlichen von der Länge der gemessenen Distanz und dem Reflektor oder Zielmarke selbst, bzw. der Oberfläche des gemessenen Objektes bei der reflektorlosen Messung, abhängig. Faktoren die die Distanzmessung beeinflussen, wie Luftdruck oder Temperatur, werden bei der Messung berücksichtigt.

Vorteile: Die Punkte sind eindeutig definiert und reproduzierbar. Kleinste Bewegungen werden erfasst. Eine dauerhafte automatische Überwachung mit Messreihen in definierten Zeitabständen ist möglich. Dadurch ist auch eine automatische Alarmierung bei Überschreitung bestimmter Grenzwerte

gewährleistet. Durch die reflektorlose Messmethode muss ein Gefahrenbereich nicht betreten werden bzw. das Anbringen von Zielmarken und Reflektoren im schwierigen Gelände ist nicht unbedingt erforderlich. Eine Messung ist auch im Wald oder unwegsamem Gelände, da lediglich eine Sichtverbindung zum Einzelpunkt notwendig ist, möglich.

Nachteile: Das Objekt wird nur durch wenige repräsentative Punkte erfasst. Der Aufwand pro Punkt ist sehr hoch. Sämtliche Punkte müssen fix stabilisiert werden. Das Errichten von Messpfeilern und das Anbringen von Zielmarken sind sehr zeit- und kostenintensiv. Die besten Messpunkte sind Betonpfeiler, die schwer zerstört oder verschoben werden können. Die Auswertung des Messnetzes und der beobachteten Einzelpunkte erfolgt mittels Netzausgleich. Die Interpretation der Ergebnisse der einzelnen Messepochen kann nur durch Fachleute erfolgen. Diese Methode wird in Niederösterreich viel bei Rutschungen, z.B. in Gresten, Scheibbs oder Scharndorf, verwendet.



**Abb.3:** Tachymeter



*Rutschung in Gresten, Betonpfeiler als Messpunkte*

### 3.2 GNSS (*Global Navigation Satellite System*)-Messungen:

Das derzeit verwendete System ist das GPS (*Global Positioning System*) der USA.

Das GNSS benutzt folgendes Messverfahren: Die Position des Einzelpunktes wird mittels Laufzeitmessung von Satellitensignalen bestimmt. Zum Erreichen der Zentimetergenauigkeit in Echtzeit wird die Messmethode RTK (*Real-Time-Kinematic*) verwendet. Bei der RTK-Messung werden eine Referenzstation und ein Roverempfänger (*mobiles GPS-Gerät*) gleichzeitig verwendet.

Die Genauigkeit der empfangenen GPS-Signale ist durch verschiedenen Faktoren (z.B. Störung des Signals in Ionosphäre oder Troposphäre, usw.) beeinflusst. Um trotzdem einen hohen Grad an Genauigkeit zu erreichen wird eine Referenzstation mit einer bekannten Position verwendet. Die Referenzstation misst die Abweichung zwischen der Ist- und Sollposition. Diese daraus ermittelten Korrekturdaten werden an den Rover (mobiles GPS-Gerät vor Ort) übermittelt und damit wird eine genaue Positionierung im Zentimeterbereich ermöglicht (+/- 2 cm).

Diese Korrekturdaten können durch eine eigene Referenzstation (fix stationiertes Gerät auf einem bekannten Punkt) erzeugt oder mittels Korrekturdienst (z.B. APOS) empfangen werden. Dazu wird eine Datenverbindung zwischen Referenz und Rover üblicherweise über Mobilfunk aufgebaut. Dies setzt eine entsprechende Netzabdeckung für GSM voraus. Für kurze Distanzen können auch Funkmodems zur Datenübertragung eingesetzt werden.

Vorteile: rasche Einzelpunkterfassung – 3D Koordinaten in Echtzeit vor Ort, hohe Flexibilität durch das geringe Gewicht des Messgerätes und der Mobilität.

Nachteile: frei „Sicht“ zu den Satelliten um das Signal störungsfrei zu empfangen (keine Abschattungen durch Bäume, Felswände oder enge Täler) ein eventueller Gefahrenbereich muss betreten werden.

In Niederösterreich vor allem bei Rutschungen eingesetzt, z.B. Waidhofen an der Ybbs, Scheibbs, Wilhelmsburg.



**Abb. 4:** GPS Vermessung, Rutschung in Scheibbs



*Betonpfeiler als Messpunkt, Gresten*

### 3.3 Terrestrischer Laserscanner:

Messprinzip: Der terrestrische Laserscanner misst mittels Laserstrahl die Entfernung und die Richtung zum betroffenen Objekt. Aus der gemessenen Distanz und der Ausrichtung des Messstrahls werden lokale 3D Koordinaten errechnet. Laserscanner sind auf eine fixe Entfernung fokussiert. Das bedeutet, dass die Querschnittsfläche des Messstrahles (Spotgröße) entfernungsabhängig ist und mit der Entfernung größer wird.

Die Qualität der Messung ist im Wesentlichen von folgenden Faktoren abhängig: Abstand zum Objekt, Auftreffwinkel der Messstrahls an der Oberfläche, Oberflächenbeschaffenheit (Streuung der Reflexion), Objektgröße und Punktdichte.

Die Genauigkeit hängt von den oben genannten Faktoren ab und kann je nach Objekt zwischen Zentimeter und Dezimeter variieren.

Das Ergebnis der einzelnen Scans ist eine 3D Punktwolke in einem lokalen Koordinatensystem. Pro Gerätestandpunkt entstehen unabhängige 3D Punktwolken die mit hoher Genauigkeit verknüpft werden können.

Zusätzlich zur Distanz wird auch die Intensität des reflektierten Messstrahls erfasst. Das ermöglicht die Verwendung von Verknüpfungspunkten in Form von Reflektoren oder Folien. Anhand dieser Verknüpfungspunkte werden die lokalen 3D Koordinaten der einzelnen Scans zu einem Koordinatensystem zusammengefasst.

Mit bestimmten Algorithmen können die Punktwolken auch rechnerisch verknüpft werden. Für diese Methode sind genügend Überlappungsbereiche der einzelnen Scanpositionen erforderlich.

Aus der 3D Punktwolke werden Folgeprodukte, wie Geländemodelle, Schnitte, Flächen und Volumina, abgeleitet. Die Genauigkeit dieser Punkte liegt bei einigen Zentimetern.

Vorteile: rasche Erfassung von Millionen von Punkten und eine genaue Abbildung der Oberfläche. Mögliche Gefahrenbereiche müssen nicht betreten werden.

Nachteile: Die Auswertung ist sehr zeit- und rechenintensiv. Es werden alle Elemente (z.B. ein einzelner Baum vor einer Felswand) im Scanbereich erfasst, diese müssen mittels speziellen Filtermethoden wieder entfernt werden. Hinter dem Baum entsteht ein Scanschatten, in diesem Bereich ist die Oberfläche lückenhaft.

In Niederösterreich wurde der Laserscanner bei Felswänden und Rutschungen eingesetzt, z.B. in Wilhelmsburg, Waidhofen/Ybbs, Spitz an der Donau, Dürnstein oder Scheibbs. Die Daten sind für den Geologen schwer interpretierbar.



**Abb.5:** Laserscanner, Erdstrom in Waidhofen/Ybbs

#### 3.4 Inklinometer:

Inklinometer werden fast nur im Lockermaterial bei Rutsch- und Gleitprozessen eingesetzt. Es handelt sich um sehr präzise, teure Messinstrumente, welche in der Lage sind die Tiefe von einem oder mehreren Gleithorizonten anzugeben. Zunächst muss eine Bohrung idealerweise mehrere Meter unterhalb des am tiefsten geschätzten Gleithorizontes abgeteuft werden. In diese Bohrung muss dann ein Inklinometerrohr aus Kunststoff oder Aluminium mit einem Schacht und Schutzdeckel eingebaut werden. Pro Rutschung sollten mindestens 3 Inklinometer in der Rutschfläche eingebaut werden. Die Inklinometersonde ist eine Neigungssonde, welche im Inklinometerrohr mit Führungsnuten in Abständen von 1 bzw. 0,5 m in zwei zueinander senkrechten Richtungen den Neigungswinkel bestimmt. Daraus können dann die Horizontalabweichungen berechnet werden. Der Bohrlochkopf muss terrestrisch eingemessen werden um die absolute Deformation ermitteln zu können. Diese Methode ist sehr aufwendig und kostspielig und wird daher selten angewandt. Zudem ist eine Messung ab einer Gesamtbewegung von über 70 mm nicht mehr möglich, weil das Rohr so verbogen oder abgesichert ist, dass die Sonde nicht mehr eingeführt werden kann. Hier hilft das vorher erwähnte Drahtextensometer noch für einige Zeit, wobei man bei mehreren Gleithorizonten nicht mehr sagen kann welcher sich nun bewegt und die Verkürzung des Drahtes verursacht. Zudem dann der Draht bereits nach wenigen Zentimetern Bewegung reißen. Die Messgenauigkeit von einem Inklinometer ist sehr hoch, +/- 5 mm auf einer Länge (Tiefe) von 25 m. Inklinometer werden in Niederösterreich z.B. beim City Tunnel in Waidhofen an der Ybbs und in Scharndorf eingesetzt.



**Abb.6.:** Inklinometersonde mit Kabelrolle und Gerät

Inklinometerrohr

#### 4. Vollautomatische Bewegungsmessungen:

Bewegungsmessungen, die im Prinzip rund um die Uhr ein Schutzobjekt überwachen können. Sie sind sehr teuer und aufwendig.

##### 4.1 Vollautomatischer Tachymeter (Georoboter)

Es handelt sich um einen Präzisionstachymeter (siehe oben), der vollautomatisch minimal alle 30 Minuten jeden von mehreren Punkten in einer Felswand oder Rutschung misst. Falls der eingestellte Grenzwert überschritten wird, dann wird Alarm ausgelöst. Im ehemaligen Steinbruch in Spitz an der Donau misst er 32 Punkte in knapp einer halben Stunde. Am Anfang im Jahre 2009 wurde mit einem Intervall von einer halben Stunde gemessen, nach einem halben Jahr mit einem Intervall von 1 Stunde und seit heuer mit einem Intervall von 2 Stunden, da sich bisher kein einziger Punkt in der Felswand bewegt hat. Die Schwankung der Messungen pro Punkt im Tages- und Jahresverlauf beträgt aufgrund von Staub, Dunst, Nebel, Regen, Temperatur, Schneefall und Sonneneinstrahlung +/- 10 mm. Die Messgenauigkeit liegt im Millimeterbereich. Ein bis zwei Mal pro Jahr fällt das Messgerät für einige Stunden aus. Die Messdaten werden über GSM Verbindung auf einen Server übertragen und sind im Internet abrufbar. Das Bedienungsprogramm ist nicht benutzerfreundlich. Die gesamte Anlage wird zweimal pro Jahr überprüft und gewartet, der Tachymeter alle zwei Jahre.

Die Anlage wird von einer Spezialfirma betreut und gewartet. Sie ist sehr kostspielig und empfindlich. Für eventuelle Stromausfälle wurden Akkumulatoren eingebaut. Für die zeitgerechte Erkennung von Felsbewegungen und eine dauerhafte Überwachung ist der Georoboter neben den elektronischen Fissurometern die einzige sinnvolle Alternative. Z.B. bei einer Baustelle oder in einem Steinbruch, wo man im Gefahrenbereich arbeiten muss. Die Daten selbst sind für den Geologen leicht interpretierbar. Beim Felssturz Dürnstein wird in der Zeit des Felsabtrages (bis Ende 2012) zur Frühwarnung für die tätigen Arbeitnehmer sowie des Bahnbetriebes ein Monitoring-System und Alarmsystem, basierend auf dem Einsatz von 2 Totalstationen der Marke Leica TM30, welche mittels Monitoring-Software Leica GeoMoS von einem PC aus gesteuert wird, eingesetzt. Zusätzlich sind ein Temperatursensor und eine Webcam installiert. Durch den Einsatz von zwei Totalstationen wird eine Genauigkeitssteigerung als auch eine Steigerung der zeitlichen Auflösung erreicht.

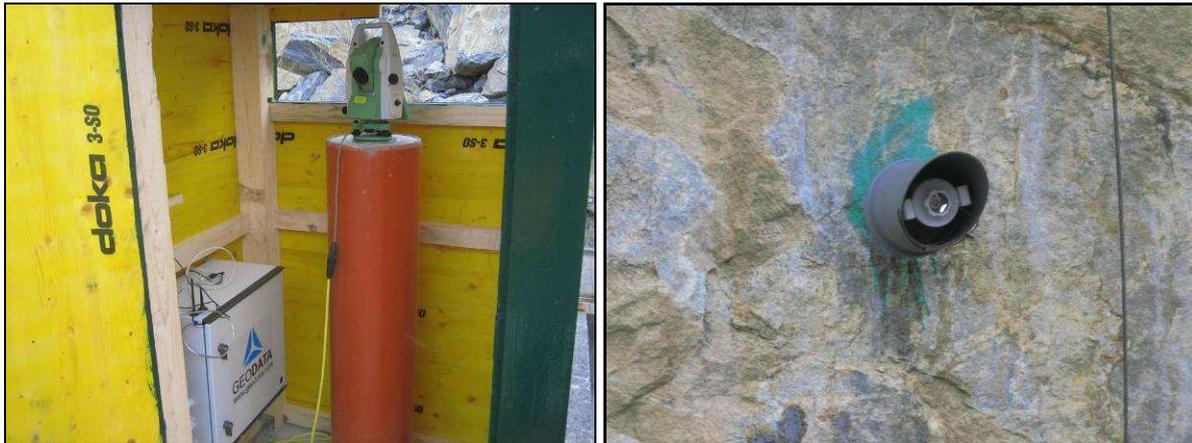
Mit den Messgeräten werden zwei Punktgruppen überwacht:

Punktgruppe 1: Signalisierung mittels Reflektoren 30 Punkte Genauigkeit 1,5 mm

Punktgruppe 2: nichtsignalisierte Punkte der Felsoberfläche: 800 Punkte Genauigkeit bis zu 2 mm

Die hohe Genauigkeit bei den nichtsignalisierten Punkten kann nur bei optimalen Wetterbedingungen (Kein Starkregen, Nebel etc.) sowie Orientierung der der Totalstation zu den zu messenden Felsflächen (möglichst keine schleifenden Schnitte zwischen Messtrahl und Felsfläche) erreicht werden.

Vorteil der Totalstation ist eine hohe Messgenauigkeit, bei Installation einer stromnetzunabhängigen Notstromversorgung geringe Fehlalarmraten, große Felsbereiche rasch überwachbar.



**Abb.7:** Hütte mit vollautomatischen Tachymeter

Reflektor in der Felswand

#### 4.2 Elektronische 2-D und 3-D Fissurometer (Extensometer):

Elektronische Fissurometer dienen zur automatischen Messung der Änderung von Kluftweiten an Felsformationen oder Gebäudeteilen. Zweidimensionale Fissurometer messen die Kluftweite zwischen zwei parallelen Flächen als Parallel-Fissurometer oder zwischen zwei senkrecht zueinander stehenden Flächen als Normal-Fissurometer. Dreidimensionale Fissurometer erfassen Verschiebungen über die drei Vektoren  $x,y,z$ . Es sind Messbereiche bis zu 300 mm möglich. Um thermische bedingte Bewegungen zu verifizieren, sollte eine Lufttemperatur-Messung vorgesehen werden. Die Montage solcher automatischer Messeinrichtungen ist relativ einfach. Ein in einem Rohr geführtes Messgestänge wird über die zu überwachende Kluft mit je einem in einer Bohrung verankerten Gelenkkopf montiert. Auf einer Seite befindet sich der elektronische Wegaufnehmer. Dieser ist meist mit einem Linearpotentiometer mit Schleifer versehen, d.h. durch eine Längenänderung ändert sich proportional der Widerstandswert. Durch eine angelegte Spannung oder eines fixen Stromwertes kann der geänderte Spannungs- oder Stromwert am Schleiferkontakt abgenommen werden und an eine dahinter befindliche Datenerfassung übertragen werden. Die Übermittlung kann per Kabel oder per Funkdatenübertragung erfolgen. Eine Kabelanbindung an die Datenerfassung hat den Nachteil, dass sie durch Steinschlag und Blitzschlag gefährdet ist und bei größeren Kabellängen zu Messungenauigkeiten führt. Eine zwar in der Anschaffung etwas Kosten intensivere Funkdatenübertragung ist im Betrieb wesentlich sicherer und auf Dauer gesehen auch billiger. Die Energieversorgung erfolgt über einen Akku, welcher durch eine Solarquelle tagsüber mit Energie gepuffert wird. Bei beiden Varianten ist durch die Übertragung an eine Datenerfassung, sprich Datenlogger (Datensammler), die Möglichkeit gegeben die Daten per DFÜ (Datenfernübertragung)

abzurufen. Hier kann man wiederum zwischen zwei Systemen unterscheiden. Einmal kann man die erfassten Daten per Telefonmodem, analog oder digital, mit der entsprechenden Software von der Erfassungsstation abfragen und mittels einer Visualisierungssoftware graphisch darstellen. Wobei hierbei eine Datenaktualisierung nur bei jeder Datenfernabfrage erfolgt. Dies setzt voraus; dass bei jeder Systemänderung am Computersystem auch die entsprechenden Softwareupdates der Abfrage- und Visualisierungsprogramme erfolgen müssen. Daher hat sich in den letzten Jahren die Onlinedatenübertragung per Datenpaket basierenden GPRS-Modem etabliert. Nicht nur aus den Grund das die Kosten im Betrieb wesentlich günstiger sind als bei einer Datenabfrage per Modem, sondern auch deswegen, dass die Daten im Minutenintervall an einen Server übertragen werden und somit online zur Verfügung stehen. Somit ist möglich per Browser jederzeit Einsicht auf die Daten zu haben.



**Abb.8:** Fissurometer mit Kabelanbindung

Fissurometer mit Funkübertragung

#### 4.3 Geophone:

Felsgleitungen, Steinschlagereignisse, Murenabgänge etc. verursachen im Untergrund Erschütterungen, die mit triaxialen Geophonen in elektro-magnetische Signale umgewandelt werden. Diese Signale werden in einer Aufzeichnungseinheit graphisch als Schwingungen sowie numerisch als Schwinggeschwindigkeit mit den dazugehörigen Frequenzen in den drei Koordinatenrichtungen dargestellt. Die Messungen erfolgen kontinuierlich wobei erst bei Überschreitung eines zuvor festgelegten Schwellenwertes (= Triggerwert) die Datenaufzeichnung erfolgt.

In Spitz an der Donau wurde im Zeitraum 2007 bis 2009 neben Fissurometern sowie Alarmzaun, auch ein Erschütterungsmesssystem zur Detektion von Felsbewegungen sowie als Grundlage eines Alarmsystems zur Sperre der angrenzenden und gefährdeten Infrastruktureinrichtungen (Bahn, Straße, Fuß- und Radweg) installiert. Das von den ÖBB aufgrund einer Expertise der ILF Ingenieure geforderte System bestand aus an 3 Stellen aufgestellten dreiaxialen Schwingungsaufnehmern sowie einer Aufzeichnungs- und Steuereinheit. Die Geophone wurden auf Betonsockeln, die bis in den festen Fels eingebunden waren, aufgestellt. Die Geophone waren durch in Schutzrohren verlegte Datenleitungen mit dem Aufzeichnungsgerät verbunden. Die Stromversorgung erfolgte über das Stromnetz.

In einer Testphase wurden sämtliche Erschütterungen ohne Vorgabe einer Triggerschwelle aufgezeichnet. In dieser Zeit wurden sehr viele Ereignisse aufgezeichnet, obwohl kein sichtbarer größerer Steinschlag oder gar ein Felssturz stattfanden. Die zahlreichen Ereignisse konnten nicht einem Steinschlag oder Felssturz zugeordnet werden und beanspruchten die Speicherkapazitäten des Datensammlers sehr. Mit der Überlegung, dass bei einem eintretenden Felssturzereignis höhere Erschütterungen auftreten werden, wurde mit Vorgabe eines Triggerwertes (nur alle Erschütterungen > als Triggerwert wurden aufgezeichnet), die Anzahl der Messereignisse durch Herausfilterung der meisten nicht relevanten Messdaten deutlich reduziert. Die Daten konnten über ein Modem fernabgefragt werden. Für kleinere Steinschläge mit Blockgrößen unter 10 m<sup>3</sup> war und sind sowieso der Schutzdamm und Steinschlagschutzzaun vorhanden.

Die in dem Messzeitraum aufgezeichneten Messdaten wurden auch von namhaften Geophysikern gesichtet und konnte kein Messergebnis eindeutig einem Steinschlagereignis oder einer Felsbewegung zugeordnet werden.

Die Geophone wurden in das Alarmsystem eingebunden, wobei ab einem definierten Alarmwert automatisch die Landeswarnzentrale, die örtliche Polizei sowie die zuständige Bezirkshauptmannschaft Krems/Donau per Telenot und SMS benachrichtigt wurden. Gleichzeitig wurde die installierte Ampelanlage auf Rot gestellt.

Durch die Geophone wurden pro Jahr mehrmals Alarme ausgelöst. Die Alarme erwiesen sich stets als Fehlalarme, hervorgerufen durch Erschütterung durch Gewitter, Wild, sowie Stromschwankungen, etc.

Nach 2-maligem Totalschaden durch Blitzschlag wurden die Geophone nicht mehr ersetzt und aus dem Monitoring- und Alarmsystem genommen.

Kurzfristig wurden auch beim Felssturz Dürnstein Geophone zur Vorwarnung während der Sanierungsarbeiten eingesetzt. Diese wurden aufgrund der fehlenden Aussagekraft der erhaltenen Erschütterungswerte nicht in das dort installierte Alarmsystem eingebunden.

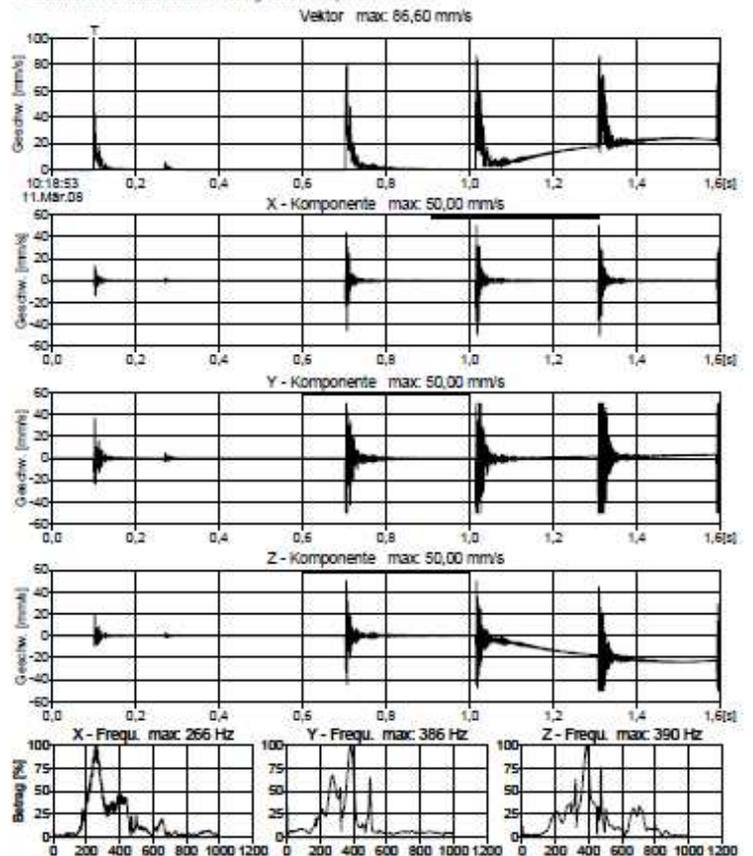
Fazit: Der Einsatz von Geophonen zum Monitoring von Steinschlag- und Felsstürzen erwies sich aufgrund der hohen Fehlerquote, des hohen Interpretationsbedarfes, des großen Reparatur- und Kostenaufwandes, der Störanfälligkeit bei Gewittern usw. bisher in Niederösterreich als nicht zielführend.



```

Projekt Name : MY FIRST VIBRAS
Kunden Name :

Baustellename : Building site
Messstellename : Sensor 1
Messstellennr. : 1 / Mt. ID: 251
Geofonversion : Geofon Typ 3; Frq.:*-315Hz
Ereignisnummer : 696 / Sprengen
Mess-Trigg Bar.: 50,00 mm/s / 10,00 mm/s
Messbereichsüberschreitung der Komp. X Y Z
Trigger: 11.03.08 10:18:53
Max. V : 86,60 mm/s
Max. X : 50,00 mm/s 266 Hz
Max. Y : 50,00 mm/s 386 Hz
Max. Z : 50,00 mm/s 390 Hz
..VI311696.hed
    
```



Beispiel für eine Messung während der  
Beräumung von Felswänden im  
Steinbruch Spitz

Freitag 19. Oktober 2012

14:00-14:30

## Problematik Flächenversiegelung – ein Konzept zur Bewertung, Quantifizierung und Kompensation negativer Auswirkungen

K. Klebinder<sup>1</sup>, B. Kohl<sup>1</sup>, G. Markart<sup>1</sup>, B. Sotier<sup>1</sup>, M. Pittracher<sup>2</sup>, L. Stepanek<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Institut für Naturgefahren, Rennweg 1, 6020 Innsbruck

<sup>2</sup> Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Gebietsbauleitung Mittleres Inntal, Liebeneggstraße 11, 6020 Innsbruck

Zahlreiche Katastrophenereignisse der letzten Jahre, unter anderem jene im August 2005 in Westösterreich haben gezeigt, dass die Mehrwassermengen von Oberflächenabflüssen aus versiegelten Flächen einen wesentlichen und nicht zu unterschätzenden Faktor im Abflussverhalten von Wildbächen und ihren Vorflutern darstellen können. (BMLFUW, 2009). Während aus unbebautem Gelände in der Regel nur ein geringer Teil der Niederschlagsmenge oberflächlich abfließt und im Vorfluter abflusswirksam wird, tritt der Abfluss aus versiegelten Flächen infolge reduzierter Infiltrationsleistung verstärkt und durch die Reduktion der Oberflächenrauigkeit beschleunigt auf, was neben der ungünstigen Beeinflussung des Gesamtwasserhaushaltes eine Verschärfung der Hochwassersituation mit sich bringen kann (Sieker und Sieker, 2003).

Der Flächenverbrauch und somit die Versiegelung des Bodens beschränkt sich dabei nicht ausschließlich auf die Gebiete des Dauersiedlungsraumes, sondern betrifft durch verstärkte Nutzung hochalpiner Lagen (Schipisten- oder Forstwegebau, Verkehrs- und Siedlungsflächen) auch zunehmend Flächen innerhalb der Einzugsgebiete von Wildbächen. Neben der verstärkten Beaufschlagung der Vorfluter durch eine erhöhte Abflussspende steigt die allgemeine Gefährdung durch Wildbachprozesse wie Feststofftransport, Muren und Massenbewegungen.

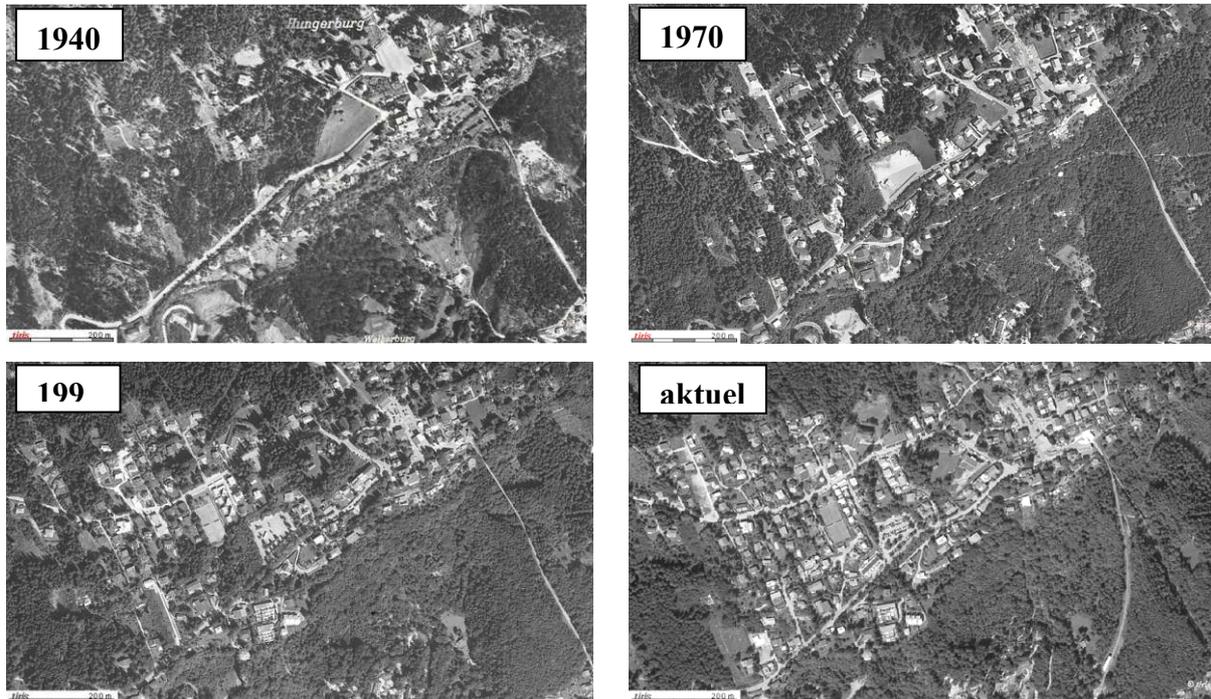


**Abbildung 1:** Beispiele von Flächenversiegelung in Wildbacheinzugsgebieten

Zwischen 1950 und 2007 erhöhte sich in Österreich die durchschnittliche Siedlungsfläche pro Kopf von 200 auf 520 m<sup>2</sup>, dies entspricht einer Steigerung von 160%, während im gleichen Zeitraum die Bevölkerung lediglich um 20% stieg (Europäische Kommission, 2011). In den letzten drei Jahren (2008-2011) stieg der Flächenverbrauch mit einer Zunahme von 5,2% weiter stark an, täglich werden

10 Hektar für Siedlungs- und Verkehrsflächen (inkl. Sportflächen, Abbauflächen usw. sogar 24 ha/Tag) verbraucht (Umweltbundesamt, online).

Abbildung 2 zeigt die Entwicklung im Bereich des Innsbrucker Stadtteils Hungerburg. Oberflächenwässer aus diesem Bereich entwässern in mehrere Vorfluter, welche unmittelbare Relevanz für das Innsbrucker Stadtgebiet aufweisen. Auffallend ist neben der Siedlungsentwicklung zwischen 1970/74 und 1999 auch die starke Erweiterung in den letzten zehn Jahren.



**Abbildung 2:** Entwicklung der Versiegelung oberhalb Innsbrucks

Quelle: TIRIS Luftbildatlas

Um der Problematik der Flächenversiegelung (zumindest in geowissenschaftlicher Hinsicht) zu begegnen, wurde am Institut für Naturgefahren gemeinsam mit dem Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Gebietsbauleitung Mittleres Inntal, ein Konzept zur Bearbeitung der Fragestellung erarbeitet (Klebinder et al, 2007, Klebinder et al., 2011).

### **Naturräumliche Aspekte bereits in der Raumplanung berücksichtigen**

Bereits im Vorfeld von Versiegelungen sollte im Flächenwidmungsverfahren oder bei der Erstellung der örtlichen Entwicklungskonzepte die Eignung von Flächen für Baulandzwecke hinsichtlich ihres Abflussverhaltens abgeklärt werden. Hydrologisch aufnahmefähige Einheiten sollten bevorzugt freigehalten werden, in geotechnisch kritischen Bereichen sind anthropogene Eingriffe kritisch zu beurteilen. Auch notwendige Kompensationsmaßnahmen können bereits vor Beginn von Bauverfahren auf deren Machbarkeit geprüft werden.

### **Beurteilung und Quantifizierung der Auswirkungen von Versiegelungen**

Um den Mehranfall an Oberflächenabfluss durch Versiegelungen abzuschätzen, wurde ein Bewertungshandbuch (Abbildung 3) erstellt, das dem Sachbearbeiter die Beurteilung der aktuellen Oberflächenabflussdisposition eines Standortes ermöglicht. Die Einschätzung beruht dabei auf einer Begutachtung des Vegetation/Landnutzung – Boden Komplexes unter realistisch guten Voraussetzungen.



Abbildung 3: Beispiel aus dem Bewertungshandbuch

Auf regionaler Hinweisebene wurde für den gesamten Bezirk Innsbruck-Land sowie für das Stadtgebiet von Innsbruck eine Karte der Verschlechterungspotentiale erstellt. Diese Arbeitsgrundlage basiert auf einer Bewertung bestehender Datengrundlagen zur Vegetation/Landnutzung und zum Boden.

Zur Quantifizierung der Abflusssituation bzw. Verschlechterung gegenüber dem Ausgangszustand wurde ein einfach zu bedienendes N/A - Modell erstellt (Abbildung 4). Das Berechnungswerkzeug erlaubt auch die Berücksichtigung von Kompensationsmaßnahmen (Versickerung, Retention, gedrosselte Ableitung).

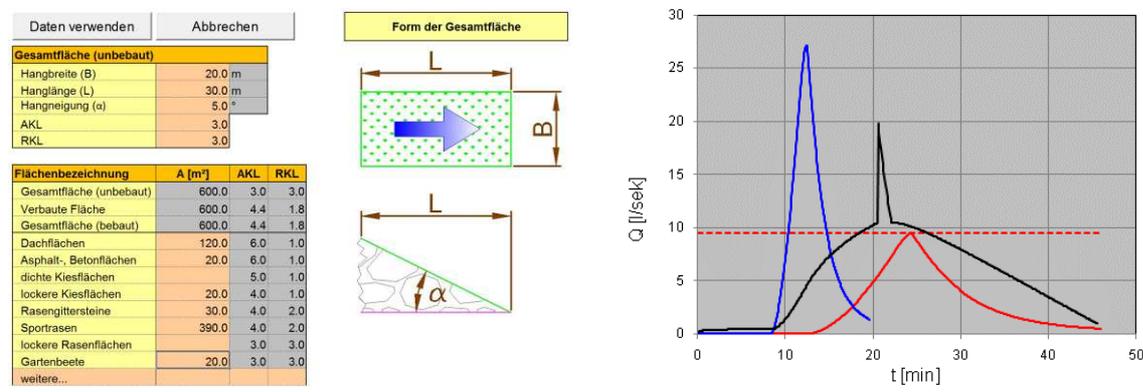


Abbildung 4: Abflussreaktion der ursprünglichen (rot) und der bebauten Fläche (blau). Die schwarze Kurve zeigt die Abflussreaktion der bebauten Fläche inkl. der Effekte von Maßnahmen (Retention in Kombination mit gedrosselter Ableitung)

### Angepasste Kompensationsmaßnahmen

Gerade in Wildbacheinzugsgebieten ist im Falle von seltenen Ereignissen (z.B. HQ 150), die an die Kapazitätsgrenzen der jeweiligen Wildbachgerinne und Vorfluter reichen bzw. diese überschreiten, durch zusätzliche Abflüsse aus versiegelten Flächen mit einer Erhöhung des Gefahrenpotentials zu rechnen.

Bei der Konzeption von Kompensationsmaßnahmen sind grundlegende Überlegungen anzustellen:

- Kompensationsmaßnahmen sind so zu dimensionieren, dass negative Auswirkungen auf das Wildbachgerinne, den Vorfluter und den Unterliegerbereich verhindert werden (Abflussneutralität).
- Die Dimensionierung von erforderlichen Kompensationsmaßnahmen ist auf seltene Niederschlagsereignisse unter Berücksichtigung lokaler Bemessungswerte auszulegen.
- Maßnahmen sind nur dann zweckmäßig, wenn dabei keine negativen Nebeneffekte ausgelöst werden (z.B. durch punktuelle Versickerung in rutschungsgefährdeten Gebieten).
- Einzelmaßnahmen sollten nicht isoliert betrachtet werden, sondern im gesamten System (Summeneffekte).

BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Hrg. (2009): Hochwasser Paznaun 2005. Wald-Abfluss-Potentiale. Bericht der Wildbach- und Lawinenverbauung, Wien.

Europäische Kommission (2011): Report on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects. Technical Report - 2011 – 050, April 2011.

Klebinder K., W. Bitterlich; B. Kohl; M. Schiffer; H. Pirkl und G. Markart (2007): Wege zur Quantifizierung der Auswirkung von Versiegelungen auf den Abfluss bei konvektiven Starkregen für Siedlungsräume des oberösterreichischen Salzkammergutes. Wildbach- und Lawinenverbau - Zeitschrift für Wildbach-, Erosions- und Steinschlagschutz, Jg. 71, H. 156, S. 164 – 173.

Klebinder K., Kohl B., Markart G., Sotier B. (2011): Problematik Flächenversiegelung – Möglichkeiten zur Bewertung, Quantifizierung und Steuerung. Mitteilungsblatt für die Mitglieder des Vereins für Ingenieurbilogie, Heft Nr. 3/2011, 21. Jahrgang.

Sieker, F. und H. Sieker (2003): Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten. Grundlagen und Anwendungsbeispiele. Expertverlag.

Umweltbundesamt (online): Versiegelung nimmt zu. <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/raumordnung/flaechen-inanspruch/> (23.05.2012)

Danksagung:

*Unser großer Dank gilt dem Landeshauptmann-Stellvertreter von Tirol, Herrn Ök. – Rat Anton Steixner für die Unterstützung des 14. Geoforums Umhausen 2012 und für seine große Wertschätzung unserer jährlichen Tagungen.*

*Auch wollen wir- wie alle Jahre bisher schon - dem Bürgermeister der Gemeinde Umhausen, Herrn Landtagsabgeordneten Mag. Jakob Wolf unseren großen Dank für die Unterstützung durch ihn und die Gemeinde Umhausen aussprechen. In all den Jahren ist eine wirklich partnerschaftliche Zusammenarbeit entstanden, die es uns ermöglicht die Tagungen erfolgreich abwickeln zu können.*

*Herrn Manfred Scheiber, Umhausen ist es zu verdanken, dass wir heuer so schöne Plakate für die Durchführung des öffentlichen Abendvortrages am 18.10.2012 bekommen haben.*

*Wir möchten insbesondere auch Frau Martina Scheiber/Gemeindeamt Umhausen sehr für ihre umsichtige Hilfe und Unterstützung bei der Organisation der Tagung danken.*

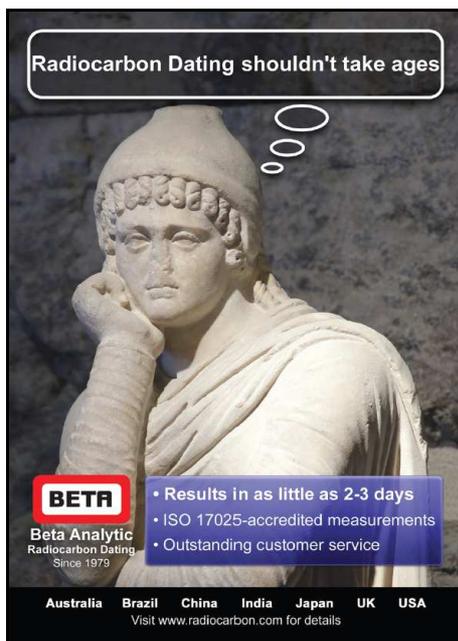
*Der Dank gilt natürlich auch dem kleinen, aber sehr effizienten Organisationsteam der Tagung.*

*Verein Geoforum Tirol*

*20. Oktober 2012*



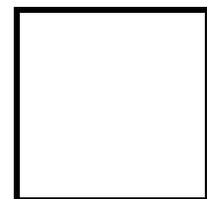
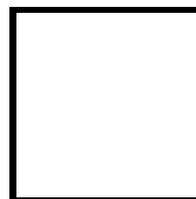
Hoch-Tief-Bau-Imst Ges.m.b.H.

An advertisement for Beta Analytic Radiocarbon Dating. It features a photograph of a classical stone bust of a man's head, resting his chin on his hand. A thought bubble above the bust contains the text 'Radiocarbon Dating shouldn't take ages'. At the bottom left is the 'BETA' logo and 'Beta Analytic Radiocarbon Dating Since 1979'. A blue box on the right lists: 'Results in as little as 2-3 days', 'ISO 17025-accredited measurements', and 'Outstanding customer service'. At the bottom, it lists countries: 'Australia Brazil China India Japan UK USA' and the website 'Visit www.radiocarbon.com for details'.

**Raiffeisenbank  
Vorderes Oetztal**



**ERWIN  
FRICK**



**Gestaltende Architekten**

**erwinfrick.at**

**tiroler  
wasser  
kraft**