

16. GEOFORUM UMHAUSEN

16. - 17. Oktober 2014

„Inntal - Tirols wichtigster
Porengrundwasserkörper“

© Landesgeologie Tirol



VERANSTALTUNG
im
neuen Tagungssaal Niederthai
mit
öffentlichem Abendvortrag
Eintritt frei

Donnerstag	16.10.2014		
Zeit	Name	Institution	Thema
07:40-8:30	Registrierung	im Feuerwehrgebäude Niederthai	
09:00-09:30	ERÖFFNUNG	Landeshauptmann-Stellvertreter ÖR Josef GEISLER, LA Klubobmann Bürgermeister Mag. Jakob WOLF und Präsident Verein Geoforum Tirol Dr. Gunther HEISSEL	
09:30-10:00	MÖLK Michael	Wildbach- und Lawinenverbauung	Die ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung“. Zielsetzung – Lösungskonzepte – Stand der Umsetzung
10:00-10:30	COSCIA Ilaria	Helimap System SA, Schweiz	Fast deployment heli-borne handheld LiDAR system for natural hazard mapping
10:30-11:00	PAUSE	PAUSE	PAUSE
11:00-11:30	PFURTSCHELLER Clemens	Landesfeuerwehrverband Vorarlberg, Naturgefahrenprävention und Beratung	Naturgefahrenvorsorge und Katastrophenschutz – neue Aufgaben für die Feuerwehr? – Rahmenbedingungen, Handlungsbedarf und Projekte aus Vorarlberg
11:30-12:00	ARNDT Michael, di PIETRO Paolo	Maccaferri Deutschland GmbH	Hangsicherungssysteme: neue Maßstäbe an Performance, Nachhaltigkeit und Handling – Kriterienkatalog und Zulassungen bei der Deutschen und Österreichischen Eisenbahn
12:00-12:30	FISELI Jochen	GEOTEST AG, Schweiz	Freispiegelleitung Gemeinde Klosters-Serneus – Geophysikalische Untersuchungen 2013
12:30-14:00	MITTAGSPAUSE	MITTAGSPAUSE	MITTAGSPAUSE
14:00-14:30	HENZINGER Jörg	Büro Geotechnik Henzinger	BODENERKUNDUNG, GEOTECHNISCHER BERICHT - ÖN B 1997-2, ÖN EN 1997 -2
14:30-15:00	BERTLE Heiner	Geognos Bertle, Ingenieurbüro für Geologie	Technische Normung, Parametergläubigkeit, baugelogeische Verantwortung am Beispiel von drei Auslandsprojekten
15:00-15:30	TILCH Nils, RÖMER Alexander	Geologische Bundesanstalt (GBA)	Geologische und geoelektrische Untersuchungen im Schwarzwassertal (Bezirk Reutte) zwecks Erkundung des quartären Untergrundes im Umfeld der Gips-führenden Raibler Schichten – erste Ergebnisse
15:30-16:00	WEBER Leopold	em. Univ. Prof, Ministerialrat i. R.	Gipsbergbau im Siedlungsgebiet - Erkennen und Beherrschen der Risiken
16:00-16:30	PAUSE	PAUSE	PAUSE
16:30-17:00	RIBIS Markus	geo.zt, Ingenieurbüro für Geologie	Schwermetalluntersuchungen 2013/2014 an Quellen und Gerinnen in Permafrostbereichen der Öztaler Alpen, Tirol
17:00-17:30	HAMMERL Christa	ZAMG - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Abt. Geophysik	Historische Erdbebenforschung in Tirol – „Fakes“, Neubewertungen und Vervollständigung des Erdbebenkatalogs
17:30-18:00	HEISSEL Gunther	Amt d. Tiroler Landesregierung, Landesgeologie Tirol	Der Tschirgant-Bergsturz in neuem Lichte



16.10.2014 um 19:30 öffentlicher ABENDVORTRAG

mit anschließender Diskussion

im Tagungssaal Niederthai

mit **Univ. Prof. Dr. Josef H. Reichholf** zum Thema

„Historische Klimaänderungen und unsere Zukunft“ Wie Wetter und Klima den Lauf der Geschichte beeinflussten - und was steht uns in der Zukunft bevor?

Diskussionsleitung: Mag. Markus Somersacher/SOSA Mediencoaching

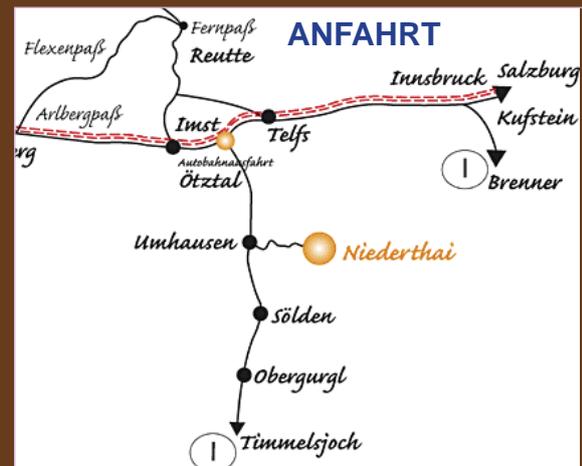
Freitag	17.10.2014		
Zeit	Name	Institution	Thema
8:30-9:00	IMRE Bernd	Bernard Ingenieure	Regenwasserversickerung nach ÖN B2506-1: Technisch korrekt aber politisch unkorrekt?
09:00-9:30	BRIELMANN Heike	Umweltbundesamt, Abt. Grundwasser	Mittlere Verweilzeiten des Grundwassers im Inntal
9:30-10:00	MOSTLER Wolfram, KOSTROUCH Christian	igm, Ingenieurbüro für Geologie; Büro für Umwelttechnik und Hydrologie	Hydrogeologie des Untergrundes im Stadtgebiet von Innsbruck
10:00-10:30	REICHHOLF Josef H.	em. Univ. Prof.; TU München/D	Milde Winter - schlecht für Natur und Menschen? Ein ökologischer Rückblick auf den Winter 2013/14
10:30-11:00	PAUSE	PAUSE	PAUSE
11:00-11:30	GWERCHER Anton	Wildbach- und Lawinenverbauung, i. R.	Breitlehnerlawine – Fertigstellung einer extremen Anbruchverbauung
11:30-12:00	SCHEIKL Manfred	Büro alpinfra consulting + engineering	Murhydraulische 1:1 Versuche zur Kalibrierung von Detektionseinrichtungen und Murausbreitungsmodellen in fossilen Murablagerungen des Salzachtals
12:00-12:30	NOGGLER Bernd	Amt d. Tiroler Landesregierung, Zivil- und Katastrophenschutz	EU Civil Protection Mission Georgia 2014 – Debris Flow Mt. Kazbegi / Caucasus
12:30-13:00	TILCH Nils, RÖMER Alexander	Geologische Bundesanstalt (GBA)	Erkundung des Untergrundes bei Weißenbach (Lechtal, Bezirk Reutte) im Umfeld der Gips-führenden Raibler Schichten mittels (aero)geophysikalischer Methoden– erste Ergebnisse

Tagungsort: TAGUNGSSAAL NIEDERTHAI
(Feuerwehrgebäude)

Tagungshotel: FALKNERHOF
6441 Umhausen - Niederthai
Tel.: +43 5255 / 55 88
Fax.: +43 5255 / 55 88 47
E-Mail.: info@falknerhof.com



INFORMATIONEN und KONTAKT:
www.geoforum-umhausen.at
info@geoforum-umhausen.at



16. Geoforum Umhausen 16. - 17. Oktober 2014



Geoforum
Tirol



„Inntal - Tirols wichtigster
Porengrundwasserkörper“

© Landesgeologie Tirol

TAGUNGSBAND

UNSEREM EHRENPRÄSIDENTEN
EM. UNIV. PROF DR. HELFRIED MOSTLER
ZUM 80. GEBURTSTAG

FESTSCHRIFT

Grußworte von Landeshauptmann-Stellvertreter ÖR Josef Geisler

Sehr geehrte Tagungsteilnehmer, Referenten und Organisatoren!

Das Jahr 2014 hat es im Vergleich zum Vorjahr bisher mit Tirol im Hinblick auf Naturereignisse und Naturkatastrophen relativ gut gemeint, auch wenn wir heuer schon mehrmals knapp an Großereignissen „vorbeigeschrammt“ sind.

Waren die ersten fünf Monate des heurigen Jahres eher zu trocken, war die folgende Witterungssituation so, dass man gefühlsmäßig nicht von einem Sommer sprechen konnte. Niederschlagsmengen waren oft bedeutend und es regnete fast täglich. Dementsprechend gab es natürlich ab Juni auch eine Serie von Steinschlägen, Blockstürzen, ja sogar Felsstürzen, von Hangrutschungen und Vermurungen.



Das heurige 16. Geoforum Umhausen widmet sich in gewohnter Weise dem Themenkreis der Naturgefahren aus allen möglichen Blickwinkeln der Wissenschaft und der Praxis. Ich begrüße es sehr, dass dem Thema des Gipskarsts wiederum breite Beachtung geschenkt wird, stellt sich doch dieses Problem als wesentlich für einige Regionen Tirols dar. Die wissenschaftliche Untersuchung historischer Erdbeben ist sehr wichtig. Das Land Tirol hat 2011 und 2012 mit seinen Erdbebenübungen TERREX unterstrichen, dass der „Gefahr aus dem Inneren der Erde“ große Bedeutung beizumessen ist.

Auch die Untersuchungen über den Tschirgant-Bergsturz, die offensichtlich auch im Zusammenhang mit Gipskarst zu sehen sind, sind richtungsweisend und von großer Bedeutung, nicht zuletzt für die Grundwässer des Inntales.

Ich empfinde es in meiner Funktion als für die Wasserressourcen in Tirol zuständiges Mitglied der Landesregierung vor allem in Anbetracht der auf uns zukommenden möglichen Klimaänderungen als sehr positiv, dass das Geoforum Umhausen vermehrt Untersuchungen und die dabei gewonnenen Ergebnisse an unseren Grundwasservorkommen in den Tälern Tirols präsentiert. Es sind dies Untersuchungen, die von unseren zuständigen Dienststellen im Amt der Landesregierung initiiert und geleitet werden. Die hydrogeologischen Untersuchungen im Hinblick auf das Schwinden des Permafrosts sehe ich als sehr wichtig im Hinblick auf örtliche Trinkwasserversorgungen in Tirol an.

Daher begrüße ich auch sehr, dass ein internationaler Fachmann zum vermuteten Klimawandel sowohl im öffentlichen Abendvortrag, als auch in einem Fachvortrag aus seiner Sicht Stellung bezieht.

Auch wenn das Geoforum Umhausen thematisch seinen Schwerpunkt in Tirol sieht, erachte ich es als sehr positiv, dass nicht nur inländische Fachleute an der Tagung teilnehmen, sondern dass auch einzelne Vorträge Erfahrungen aus dem Ausland einbringen.

Ich freue mich nun das 16. Geoforum Umhausen eröffnen zu können und möchte Ihnen, meine sehr geehrten Damen und Herren eine spannende und abwechslungsreiche Tagung wünschen und möchte mich sehr bei den Initiatoren des Geoforums und bei der kleinen Gruppe der Organisatoren dieser Tagung für ihr großes Engagement bedanken.

Ich freue mich auf ein Wiedersehen beim 17. Geoforum Umhausen 2015.

ÖR Josef Geisler
(Landeshauptmann-Stellvertreter von Tirol)

Grußworte von LA Klubobmann Bgm. Mag. Jakob Wolf

Sehr geehrte Tagungsteilnehmer, Referenten und Organisatoren!

Auch wenn niemand exakt vorhersagen kann welche Auswirkungen der prognostizierte Klimawandel für unser Leben in den engen Alpentälern wirklich haben wird, darf ich als Abgeordneter zum Tiroler Landtag und Klubobmann, aber natürlich auch als Bürgermeister feststellen, dass es meines Erachtens jedenfalls richtig, dass sich das Land Tirol so gut wie möglich auf alle Eventualfälle vorbereitet.



Das Geoforum Umhausen hat es sich seit seiner ersten Tagung im Jahr 1999 zum Ziel gesetzt auf interdisziplinäre Weise mit dazu beizutragen, dass allfälligen Auswirkungen einer Klimaänderung nicht durch Schwarzmalerei, sondern durch fundiertes Wissen und durch fundierte Strategien entgegengetreten werden kann.

So ist es sehr zu begrüßen, dass auch das heurige Themenspektrum sich den gravitativen Naturgefahren widmet. Mögliche Einflüsse zukünftiger Klimaentwicklungen können aber z. B. auch auf die Versorgung unserer Bevölkerung mit Trinkwasser gesehen werden. Deshalb ist es sehr weitsichtig, dass das Geoforum Umhausen sich verstärkt damit beschäftigt, wie allfällige zukünftige Auswirkungen auf die Grundwässer der Täler und der Gebirge Tirols einzuschätzen sind. Letztlich erfährt der Problembereich „Verminderung des Permafrostes“ im Hinblick auf die Änderungen der Eigenschaften von Quellen im Hochgebirge eine Beachtung, die weit über die allgemein bekannte und häufig betrachtete Problematik der Gefährdung alpiner Wege und Infrastrukturen hinausgeht.

Auch wenn die Tagungen des Geoforum Umhausen von Geologen ins Leben gerufen wurde war es von Anfang an ein klares Ziel die Betrachtungen der komplexen Vorgänge in der Natur und damit in unserem Lebensraum interdisziplinär durchzuführen. Dies ist eines der Erfolgsrezepte der jährlichen Veranstaltungen seit der ersten Tagung 1999.

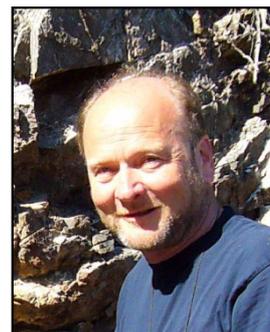
Als Bürgermeister der Gastgemeinde Umhausen freut es mich aber auch sehr, dass die Bevölkerung jährlich mit den sehr interessanten öffentlichen Abendvorträgen in die Tagung eingebunden wird. Die hohen Besucherzahlen und die Tatsache, dass manche Besucher einen weiten Weg sogar aus anderen Bezirken auf sich nehmen belegen, dass dieses Angebot zur „Integration an der Tagung“ in der Bevölkerung gerne angenommen wird.

Das Geoforum Umhausen gilt neben seinem hohen fachlichen Niveau auch als Tagung mit Herz und Flair. Dies liegt wohl auch daran, dass die Tagung im Umhauser Ortsteil Niederthai von der Gastlichkeit der Menschen gleich wie vom Ambiente des Tagungslokals, aber auch von der exzellenten Hotellerie und natürlich auch von der Einzigartigkeit der Landschaft profitiert. Es liegt aber auch an den Organisatoren der Tagung, die mit viel Engagement dafür sorgen, dass die Tagungsteilnehmer sich hier wirklich wohl fühlen.

Ich darf nun Ihnen allen auch heuer wieder ein interessantes und abwechslungsreiches Geoforum und einen schönen Aufenthalt in unserer Gemeinde wünschen und hoffe Sie möglichst alle wieder 2015 beim 17. Geoforum Umhausen begrüßen zu können.

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

Grußworte von Dr. Gunther Heißel



Sehr geehrte Tagungsteilnehmerinnen und Tagungsteilnehmer, sehr geehrte Referenten!

Zum 16. Mal findet heuer ein „Geoforum Umhausen“ statt. Auch wenn jedes Mal ein ganzes Jahr dazwischen liegt, scheint der Zeitraum zwischen unseren Tagungen immer kürzer zu werden. Ich werte dies als gutes Zeichen, denn bekanntlich vergeht die Zeit ja gefühlsmäßig rascher, wenn einen etwas „positiv erfüllt“. Ihre zahlreichen Teilnahmen, viele von Ihnen waren ja auch schon mehrfach Teilnehmer und Teilnehmerinnen an unseren Tagungen, sagen mir, dass die Geoforum-Veranstaltungen der letzten 15 Jahre erfolgreich waren, was wohl meine Zeitgefühle maßgeblich beeinflussen dürfte.

Die Themen, die die Tagungen „Geoforum Umhausen“ aufgegriffen haben waren im Sinne der Zielsetzung des Geoforums, nämlich im Sinne der Interdisziplinarität, stets vielfältig. Seit dem ersten Geoforum Umhausen 1999 haben sich dabei die Schwerpunkte unserer Themen sicherlich teilweise geändert, genauso wie auch unser Lebensraum einem ständigen Wandel unterworfen ist. Dass wir heuer sehr interessante Beiträge den Zivil- und Katastrophenschutz betreffend anbieten können, finde ich sehr gut. Die Vorträge über gravitative Massenbewegungen und ihre Auswirkungen finden so wertvolle praxisorientierte Ergänzungen.

Das Geoforum Umhausen hat es sich von Anfang an zum Ziel gesetzt verantwortungsbewusst mit den Aspekten möglicher Auswirkungen auf unseren Lebensraum durch den prognostizierten Klimawandel umzugehen. Dies wird auch - wie ich überzeugt bin - mit dem 16. Geoforum Umhausen gelingen. Unsere Referenten haben sich der Präsentation ihrer Untersuchungen gewidmet, die Themen rund um den Klimawandel behandeln, die das Spektrum der Betrachtungsweisen stark erweitern. Die Vorträge über Untersuchungen an Grundwässern - auch unter den Aspekten des Permafrosts, aber auch im Hinblick auf Karbonat- und Sulfatkarst sind hierfür gute Beispiele. Dass dabei auch noch neue Erkenntnisse über die Geologie Tirols gewonnen werden können zeigt, dass es gut ist, wenn die Wissenschaft immer wieder Konzepte, Thesen und Theorien - aus neuen Blickwinkeln betrachtet - überprüfen und adaptieren muss, bzw. dazu bereit ist dies zu tun. Auch das Wissen in den Geowissenschaften ist einem ständigen Wandel unterworfen. Endgültige „Wahrheiten“ wird es wohl nie geben. Gäbe es diese, wäre es wohl das Ende der Wissenschaften. Es ist daher nicht verwunderlich wenn mit neuen Methoden und einem unvoreingenommenen Vorgehen auch immer wieder neue Ideen und Ansichten entstehen.

Es ist mir ein Bedürfnis dieses 16. Geoforum Umhausen unserem Mitbegründer und Ehrenpräsidenten, Herrn em. Univ. Prof. Dr. Helfried Mostler anlässlich seines 80. Geburtstages im heurigen Jahr zu widmen. Ich darf mich damit auch im Namen des sehr engagierten kleinen Organisationsteams, aber sicherlich auch in Ihrem Namen sehr für die stets positiven Beiträge, Einflüsse und Sympathien bedanken, die maßgeblich zum Gelingen unserer Tagungen beigetragen haben und hoffentlich noch möglichst lange in der Zukunft beitragen werden.

Mein Dank gilt auch allen Referentinnen und Referenten der heurigen Tagung für ihre engagierten Beiträge. Nun wünsche ich Ihnen eine interessante und kurzweilige Zeit für das heurige Geoforum und hoffe Sie möglichst alle wieder in einem Jahr beim 17. Geoforum Umhausen vom 15. Bis 16. Oktober 2015 wieder hier begrüßen zu dürfen.

Dr. Gunther Heißel
(Präsident des Vereins Geoforum Tirol)

Unserem Ehrenpräsidenten, Herrn em. Univ. Prof. Dr. Helfried Mostler zum 80. Geburtstag

Dass wir mit unseren Geburtstagswünschen 8 Monate zu spät sind, liegt wohl nur am Termin unserer Tagung. Herr Professor Mostler konnte ja seinen 80er schon am 16. Jänner 2014 feiern.

Als gebürtiger Grazer war es logisch, dass Professor Mostler seinen Entschluss Geologie zu studieren auch in Graz umzusetzen begann. Sein Studium beendete er in Innsbruck 1963. Er wurde nicht nur gleich Assistent am Institut für Geologie und Paläontologie in Innsbruck sondern entwickelte seine Leidenschaft für die angewandte Geologie, die er schon in Graz entdeckt hatte, gleich weiter, indem er für ein Kraftwerksprojekt in Tirol als Gutachter tätig war. 1968 habilitierte er für Geologie und Paläontologie und entwickelte das Institut in wesentlicher Hinsicht weiter.



Professor Mostler darf ohne Übertreibung als der wohl letzte profunde Universalgeologe Österreichs bezeichnet werden. Zahllose wissenschaftliche Publikationen aus den Bereichen der Mikropaläontologie- und Mikrofaziesforschung bis zum heutigen Tag fanden weltweit Beachtung. Die Auflösung der Tektonik der Tiroler Grauwackenzone und grundlegende Erkenntnisse zum Bau der Tiroler Kalkalpen, des Drauzuges und der Südalpen zählen ebenso zu seinen Leistungen, wie die Lagerstätten- und Rohstoffforschung. Forschungsreisen ins Ausland brachten ihn u. a. in die USA, nach Australien, in den Iran, nach Mexiko und Bangladesh. 1995 wurde er zum „korrespondierenden Mitglieder der Akademie der Wissenschaften“ ernannt, was mit dem Erreichen des „wissenschaftlichen Olymps“ vergleichbar ist.

Als Gutachter im Bereich der angewandten Geologie bzw. Ingenieurgeologie konnte er sein Wissen zum Nutzen der Menschen umsetzen. So ist er heute noch unermüdlich als projektierender und allseits geschätzter Experte tätig, vor allem im Bereich des Pisten- und Seilbahnbaues, im Bereich der Rohstoffsicherung Tirols, im Kraftwerksbau. Er war Prüfgutachter im für Tirol bedeutenden UVP-Verfahren für den Bau der Unterinntaleisenbahn (BEG).

Professor Mostler hat sein reiches Wissen und seine große Erfahrung stets mit sehr viel Engagement und Enthusiasmus weitergegeben, vor allem natürlich als Lehrer von hunderten von Studenten während seiner aktiven Zeit auf der Uni. Seine mitreißende Art der Schilderung der geologischen Zusammenhänge im Rahmen von Vorlesungen und Exkursionen habe ich als einer seiner ehemaligen Studenten nicht nur immer noch in lebhafter Erinnerung, sie waren es, die mir die Freude an der Geologie gebracht und maßgeblich mein berufliches geologisches Denken geprägt haben. Professor Mostler begeistert auch heute noch im Rahmen seiner Tätigkeit als Projektgeologe die Anwesenden mit seinen packenden Schilderungen der örtlichen geologischen Zusammenhänge. Er kann zudem auf zahlreiche geologische Lehrpfade verweisen, die der Bevölkerung und den Touristen die geologischen Besonderheiten Tirols eindrucksvoll näherbringen.

Professor Mostler hat sich stets sehr eingesetzt, dass seine Studenten zwischen Studieneinde und Berufsleben bereits mit interessanten Jobs reiche praktische geologische Erfahrungen machen konnten. Seine ehemaligen Studenten haben sich längst im Berufsleben bewährt, manche sind selbst bereits pensioniert.

So ist es wohl eine logische Konsequenz gewesen, dass Herr Professor Mostler gemeinsam mit mir das Geoforum Umhausen gründen wollte und dies auch 1999 umgesetzt wurde. Wir hatten beide das Ziel vor Augen zum Wohle der Bevölkerung der Wissenschaft die Praxis beizugeben und zudem die Geologie aus einer isolierten Stellung herauszuführen und in eine interdisziplinäre Denkweise einzubetten.

Es freut mich ganz besonders, dass nicht nur das Land Salzburg Herrn Professor Mostler zweimal mit der Verleihung des Dr. Theodor Körner Preises gewürdigt hat, sondern dass das Land Tirol ihn als bisher einzigen Geologen mit dem Verdienstkreuz des Landes ausgezeichnet hat.

Herr Professor Mostler war mit Beginn des Geoforums 1999 für viele Jahre Präsident des Vereins Geoforum Tirol und ist nunmehr - als Ausdruck unserer großen Wertschätzung - unser Ehrenpräsident.

Wir dürfen Ihnen, lieber Ehrenpräsident nun viel Gesundheit und Energie wünschen, damit Sie Ihre beruflichen Pläne und ehrgeizigen fachlichen Zielsetzungen weiter verfolgen und umsetzen können. Uns darf ich wünschen, dass das Geoforum noch viele Jahre auf Sie und Ihre Tatkraft zählen kann.

Dr. Gunther Heißel
(Präsident Verein Geoforum Tirol)



Die ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung“. Zielsetzung – Lösungskonzepte – Stand der Umsetzung

Michael Mölk¹, Rainer Braunstingl², Florian Rudolf-Miklau³

¹ Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung, Geologische Stelle; ² Land Salzburg, Abteilung 6 - Landesgeologischer Dienst; ³ BM f Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung IV/5

Zusammenfassung

Das Österreichische Raumentwicklungskonzept „ÖREK“ ist ein strategisches und umfassendes Steuerungsinstrument für die Raumordnung und Raumentwicklung in Österreich.

Im Rahmen der ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung“ sollen in Kooperation von Expertenvertretern der Länder mit angewandten und wissenschaftlichen Fachleuten Handlungsempfehlungen für den Umgang mit gravitativen Naturgefahren – konkret mit seichtgründigen Rutschungen und Steinschlagprozessen – in der Raumordnung erarbeitet werden. Durch die Partnerschaft wurde ein umfassender Materialienband ausgearbeitet, in dem neben den Positionen der beteiligten Fachbereiche (Recht, Raumordnung, Fachplanungen, Geologen) der Stand der Technik für die Erstellung von Gefahrenhinweiskarten bzw. Gefahrenkarten für die Prozessgruppen Steinschlag/Felssturz und seichtgründige Rutschungen in verschiedenen Maßstabsebenen beschrieben wird (vgl. [1] ÖROK 2014).

Einleitung - Zielsetzung

Im Unterschied zum Umgang mit anderen Naturgefahren wie Hochwasser, Lawinen- oder Wildbachprozessen hat sich in Österreich beim Umgang mit dieser Art von Naturgefahren in der Raumordnung weder in technischer noch in organisatorischer Hinsicht ein bundesweit systematisches System des Risikomanagements etabliert. Aus verschiedenen Initiativen der Länder wurden jedoch in den vergangenen Jahren verschiedene methodische Ansätze und Verfahren entwickelt, die zum Ziel hatten, die potentiellen Auswirkungen dieser Naturgefahrenprozesse für den siedlungstechnisch relevanten Raum planlich darzustellen, um der Raumordnung der Länder Grundlagen für nachhaltige raumordnerische Entscheidungen zur Verfügung zu stellen.

Im Rahmen der ÖREK-Partnerschaft sollen somit für den operativen Bereich beispielsweise gemeinsame Planungsgrundlagen, harmonisierte Methoden der Gefahrenanalyse und Gefahrenbewertung, einheitliche Schutzziele und Schutzkonzepte sowie Kriterien für die Priorisierung von Schutzleistungen (einheitliches Sicherheitsniveaus) für gravitative Naturgefahren erarbeitet werden.

Die ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement“ wurde vom Lebensministerium (BMLFUW) als Leadpartner initiiert und stieß unter den zahlreichen Akteuren aus Fach- und Raumplanung sofort auf großes Interesse.

Sieben Bundesländer, darunter auch Niederösterreich, zahlreiche Institutionen des Bundes (Geologische Bundesanstalt, Bundesamt für Wald, Wildbach- und Lawinenverbauung), der Länder (Geologie, Forst, Wasser) sowie namhafte Experten aus Wissenschaft und Praxis konnten zur Mitwirkung gewonnen werden. Im Sinne der strategischen Konzeption einer ÖREK-Partnerschaft ist es weiters gelungen, Vertreter aus Fachplanung und Raumplanung in ausgewogener Anzahl am Prozess zu beteiligen. Essentiell für den Erfolg der Partnerschaft ist insbesondere die Beteiligung von Vertretern der unmittelbar vom Risikomanagement betroffenen Gemeinden, was u. a. durch die Mitwirkung von zwei Bürgermeistern von alpinen Gemeinden sichergestellt wurde.

Bestehende Gefahrenhinweiskarten für gravitative Naturgefahren einzelner Bundesländer

Vorarlberg: Der Gefahrenzonenplan der Wildbach- und Lawinenverbauung in Vorarlberg ist ein flächenhaftes Gutachten über die Gefährdung durch Wildbäche, Lawinen und Erosion und ermöglicht eine Gefahrendarstellung für Naturgefahren durch Steinschlag und Rutschungen. Er soll als Planungsgrundlage für Schutzmaßnahmen und zur Abschätzung der Dringlichkeit von Schutzmaßnahmen durch die WLV dienen und die Förderungswürdigkeit solcher Vorhaben belegen. Weiters stellt der Gefahrenzonenplan eine Grundlage für die Raumplanung und das Bau- und das Sicherheitswesen dar. Im Gefahrenzonenplan wird für die Prozessgruppen „Rutschung“ und „Steinschlag“ folgende Unterscheidung getroffen:

Brauner Hinweisbereich: Hinweis, dass Gefahr besteht und die Möglichkeit eines Auftretens von Rutschungen vorhanden ist. Die Auswirkungen können durch Maßnahmen an einem zu errichtenden Gebäude (Typ Wohnhaus) mit vertretbarem Aufwand beherrscht werden.

Brauner Hinweisbereich intensiv: Nach derzeitigem Wissensstand ist die Errichtung von (Wohn-) Gebäuden, mit vertretbarem Aufwand und ohne hohes Gefährdungsrisiko nicht möglich. Seitens der WLV in Vorarlberg wurde zudem, zur Ausweisung der Hinweisbereiche Rutschung bzw. Rutschung intensiv, ein Kriterienkatalog erstellt.

Oberösterreich: Die Gefahrenhinweiskarte für Oberösterreich wird im Rahmen des zweistufigen Projektes "Geogenes Baugrundrisiko" erstellt und beinhaltet Hinweiskartierungen zu potenziellen geogenen Risiken wie Rutschungen, Gleitungen, Setzungen im Bereich der Hauptsiedlungsräume. Diese Hinweiskartierung soll auf kommunaler Ebene vor allem der konkreten Bewertung behördlicher Fragestellungen für die Widmungs- und Bauverfahren zur Verfügung stehen. Somit werden bekannte und erkennbare Anfälligkeit betreffend der angesprochenen Bewegungstypen und Empfehlungen für den Umgang mit den ausgewiesenen Flächen im Bau- und Widmungsverfahren gegeben.

Niederösterreich:

Die Gefahrenhinweiskarte für Niederösterreich weist potentiell gefährdete Gebiete aus und implementiert einen etwaigen weiteren Handlungsbedarf für eine genauere Gefahrenerkundung. Die Möglichkeit einer Gefahr wird im Maßstab 1:25.000 dargestellt und dient in Kombination mit lokalen Untersuchungen der örtlichen Raumplanung und insbesondere der Flächenwidmung.

Kärnten

Die Gefahrenhinweiskarte für Kärnten zeigt die räumliche Verteilung naturgefahrensensibler Räume in denen Rutschungen und Steinschläge auftreten können. Als naturgefahrensensible Gebiete gelten Bereiche, in denen die naturräumlichen Voraussetzungen oder Beobachtungen bzw. Folgen von Naturereignissen auf ein Gefährdungspotential hinweisen. Die Anbruchgebiete werden hinsichtlich ihrer Anfälligkeit klassifiziert und dargestellt (Dispositionskarte mit 3 Klassen). Der mögliche Wirkungsraum „seichter“ Rutschungen, die in den hoch anfälligen Gebieten ihren Ausgang nehmen, werden mit einer ARC-GIS gestützten Modellierung ermittelt. Es wird hierbei keine Aussage über Intensität und Eintrittswahrscheinlichkeit getroffen.

Lösungsansätze

Als Ergebnis werden/wurden im Rahmen von interdisziplinären Arbeitsgruppen aus rechtlicher, fach- und raumplanerischer Sicht die Grundlagen für das Risikomanagement erarbeitet und in der für die Zielgruppe angemessenen Form in Standards, Strategiepapieren und Leitfäden festgelegt. Am Ende der Partnerschaft wird der Vorschlag von Empfehlungen an die Österreichische Raumordnungskonferenz zur Einleitung eines Umsetzungsprozesses stehen.

Seitens der verschiedenen Expertengruppen der ÖREK-Partnerschaft wurden einerseits bestehende Ansätze einzelner Länder gesammelt und analysiert und andererseits eine wissenschaftliche Aufbereitung verfügbarer Lösungsansätze durchgeführt. Dabei wurden die nach dem Stand der Technik und des Wissens bestehenden Methoden für die Erhebung und Bewertung der Disposition von potentiellen Anbruch- (seichtgründige Rutschungen) bzw. Ablösebereichen (Steinschlag) und Abgrenzung von Wirkungsbereichen bzw. Prozessintensitäten der gegenständlichen Naturgefahrenprozesse gesammelt und evaluiert. Eine Top-Down Vorgangsweise in Abhängigkeit von der jeweiligen raumplanerischen Ebene wurde als notwendig erachtet.

Aufgrund der seitens der Raumordnungsinstrumente vorgegebenen Aussageschärfe wurden gemäß dem „top-down“-Ansatz folgende Maßstabsebenen mit den jeweils zugehörigen Raumplanungsinstrumenten verknüpft und für die entsprechende Planungsebene wurden von den beteiligten Experten geeignete Methoden evaluiert und beschrieben.

Eingangsdaten

Die Wahl der „geeigneten“ Verfahren hängt neben dem Zielmaßstab maßgeblich von der Qualität der verfügbaren Eingangsdaten (Ereignischroniken, Geologie, Topographie etc.) ab.

Bearbeitungs-ebene	Aussagekraft	Kartentyp	Darstellungs Maßstab	DHM Auflösung*)
Regional Überörtliche Raumplanungs- konzepte	Erkennen von pot. gefährdeten Bereichen	Dispositionskarte mit grober Abschätzung des Wirkungsraumes	1:50 000 - 1:25.000	≤ 1 m
Lokal (Gemeinde) Raumplanungs-	Erkennen von Handlungsbedarf	Gefahrenhinweis- karten	1:25.000 - 1:5.000	≤ 1 m

konzept der Gemeinde	aufgrund Gefährdung, Ableitung von Handlungsempfehlungen			
Detail (konkrete Widmungsfläche) Flächenwidmung	Detaillierte Gefährdungsbeurteilung, Feststellung von Nutzbarkeit und Baulandeignung, Bemessung von Schutzmaßnahmen	Gefährdungskarte, Nachweis der Baulandeignung und Risikobewertung	< 1:5.000	≤ 1 m

Tab. 1: Zielmaßstäbe und Anforderungen an die topographischen Eingangsdaten

*) Aufgrund der österreichweit flächenhaft verfügbaren hochauflösenden Geländemodelle wird die Verwendung von möglichst hochauflösenden Geländemodellen empfohlen. V. a. bei der Ausweisung von Steinschlagdispositionen aus Neigungsmodellen könne so auch kleinräumige Felsaufschlüsse identifiziert werden.

Für die drei Bearbeitungsebenen wurden folgende Mindestanforderungen an die Eingangsdaten definiert:

Sturzprozesse

Überörtliche Raumordnung – Regionalstudie (M=1:25.000 – 50.000)

- Topographische Karten (Maßstab $\geq 1:50.000$)
- Landnutzung (dkm ...)
- Geologische Karten (Maßstab $\geq 1:50.000$)
- Digitales Geländemodell mit Auflösung von ≤ 1 m
- Neigungskarten zur Identifikation von Felsbereichen (Neigung $\geq 45^\circ$)
- Ereignischroniken soweit vorhanden

Entwicklungskonzept der Gemeinden – kommunal, lokale Maßstabsebene (M=1:10.000 – 25.000)

- Topographische Karten (Maßstab $\geq 1:25.000$)
- Landnutzung (dkm ...)
- Geologische Karten (Maßstab $\geq 1:50.000$)
- Digitales Geländemodell mit Auflösung von ≤ 1 m
- Neigungskarten zur Identifikation von Felsbereichen (Neigung $\geq 45^\circ$)
- Ereignischroniken soweit vorhanden

Flächenwidmungsplan – Detailgutachten (M=1:1.000 – 5.000)

- Topographische Karten (Maßstab $\geq 1:5.000$)
- Landnutzung (dkm ...)

- Geologische Karten (Maßstab $\geq 1:5.000$)
- Digitales Geländemodell mit Auflösung von ≤ 1 m
- Neigungskarten zur Identifikation von Felsbereichen (Neigung $\geq 45^\circ$)
- Ereignischroniken
- Detailerhebungen:
 - Geologische und geomorphologische Aufnahmen
 - Ingenieurgeologische Kartierung der Felsbereiche
 - Ansprache von Kluffkörpergrößen (statistische Erfassung von Kluffabständen)
 - Ansprache von Blockgrößen in den Halden (statistische Verfahren zur Erfassung von Blockgrößen: Flächenzählverfahren, Linienzählverfahren, Fotossieving ...)
 - Parametererhebung (Rauigkeit, Dämpfung etc.) für Detailmodellierung (flächig für 3D Modelle, im Profil für 2D-Modelle)

Seichtgründige Rutschungen

Kriterium der Kräftegleichgewichte

- treibende Kräfte
- rückhaltende (entgegenwirkende) Kräfte

Auswahlkriterium der Parameterkarten:

- Gebietsgröße, Zweck und Auflösung
- Gebietsbeschaffenheit (welche Parameter sind aus geologischer, geomorphologischer, hydro(geo)logischer oder Landnutzungs-bezogener Sicht sinnvoll?)
- Modelltechnisch (welche Parameter sind modelltechnisch sinnvoll bzw. erlaubt? Vorsicht vor Scheinkorrelationen)

Qualitätskriterium der Parameterkarten

- Geologische Karte (liegt 1:50.000, 1:75.000 und oft auch nur 1:200.000 vor)
- Bodenkarte (liegt nur 1:25.000 vor)
- Hanggeometrie (ALS)
- Vegetation (ALS \Leftrightarrow DKM \Leftrightarrow BEV)
- Standortfeuchte (ALS)
- Landnutzung (ALS \Leftrightarrow DKM \Leftrightarrow BEV)
- Auswahl der Zellengröße abhängig von Qualität der Parameterkarten (z.B. bei 25 m Auflösung dürfen nur Parameterkarten aus dem ALS herangezogen werden)

Methodenempfehlungen, Ergebnisdarstellungen

Steinschlag

Regionale Ebene

Für die Prozessgruppe Sturzprozesse (Steinschlag und Felssturz) ist für die regionale Maßstabsebene lediglich eine grobe Abschätzung der potentiellen Reichweiten über einen Pauschalgefällsansatz vorgesehen. Die potentiellen Ablösebereiche werden über eine Dispositionsanalyse erhoben. Dabei wird angepasst an den „groben“ Zielmaßstab lediglich eine Neigungskarte aus dem hochauflösenden digitalen Geländemodell aus Laserscanningdaten erstellt, die alle Flächen, die steiler als 45° sind ausweist und als potentielle Ablösebereiche klassifiziert.

Nach der Ausscheidung von Felsaufschlüssen über die Hangneigung, können mittels Reichweitenabschätzung potentielle Überschneidungen der ermittelten Wirkungsbereiche mit vorhandenen oder geplanten Nutzungen ausgewiesen werden. Dies wird auf Basis des Pauschalwinkelansatzes „Geometrisches Gefälle“ durchgeführt. Falls keine Kenntnis von gebietsspezifischen Reichweiten (keine kartierten Schutthalden oder Einzelblöcke, Chronikdaten unverifiziert) vorhanden ist, sollte als konservativer Ansatz (worst case) ein

Geometrisches Gefälle von $\leq 30^\circ$

gewählt werden.

Die folgenden Werte sind aus diversen internationalen Studien, bei denen empirische Daten zu Reichweiten von Sturzprozessen ausgewertet wurden: 31° ([11] HSÜ, 1975), 33° bis 42° für „kleinere“ Felsstürze ([10] MOSER, 1986), 32,5° – 33,5° auf mit Gras bewachsenen Sturzbahnen ([12] GRUNDER, 1984), 28,5° - 40,5° ([9] ONOFRI & CANADIAN, 1979), $\geq 32^\circ$ ([13] DOMAAS, 1985), $\geq 29,5^\circ$ ([7] EVANS UND HUNGR, 1993).

Eine Anpassung des Geometrischen Gefälles nach oben kann nur erfolgen, wenn gebietsspezifische Kenntnisse hinsichtlich dokumentierter Sturzprozessereignisse für das Bearbeitungsgebiet vorliegen. Dabei ist besonderes Augenmerk darauf zu richten, durch welche Prozesse die vorliegenden Blöcke auch durch andere Prozesse in ihre gegenwärtige Position gelangt sein könnte (Lawinen oder Wildbachprozesse, glaziale Prozesse etc.)

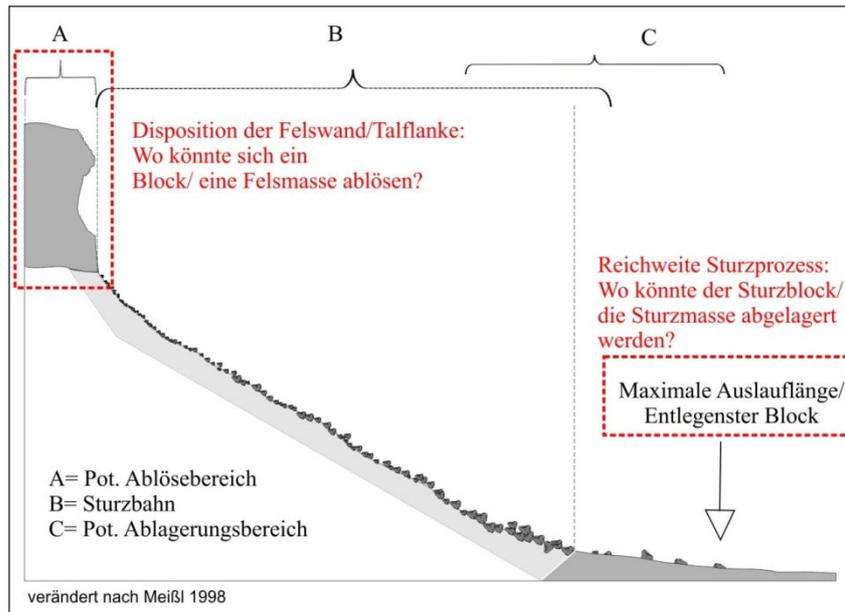


Abb. 1: Die Verknüpfung der Dispositionsanalyse der Felsaufschlüsse mit der Simulation der Kinematik und Reichweite des Sturzprozesses ist ein wichtiges Element der Gefahrenbewertung von Sturzprozessen (Quelle Grafik: Melzner & Preh 2012)

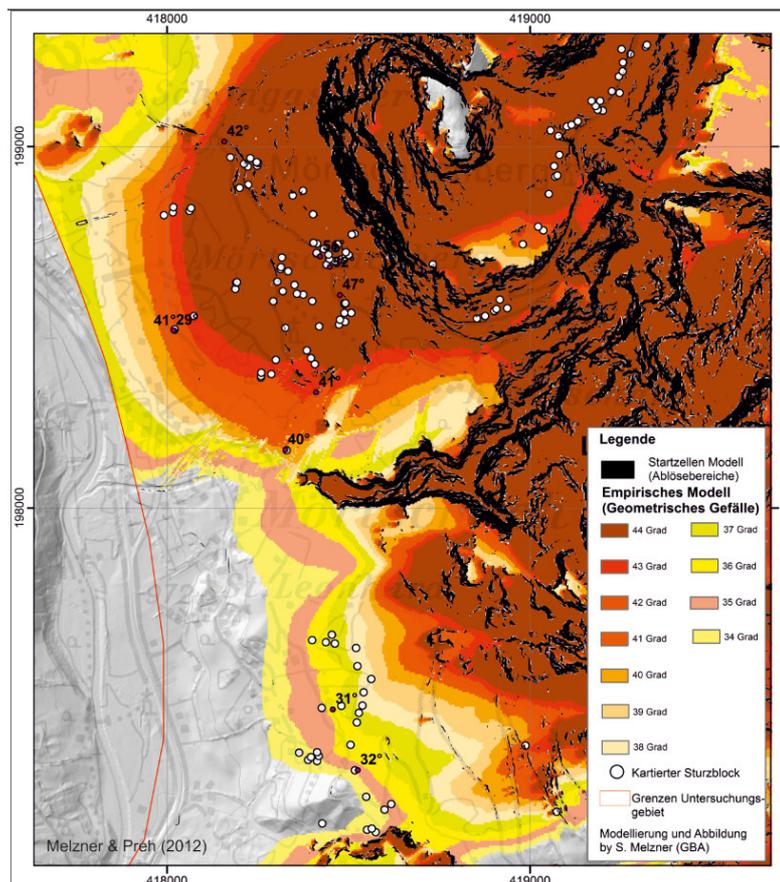


Abb. 2: Steinschlag-Reichweitenkarte eines sehr gut dokumentierten Bereiches, Darstellung der steinschlagdisponierten Flächen (schwarz) und verschiedenen Pauschalgefälle-Reichweiten. Darstellung der dokumentierten „stummen Zeugen“ in Form von Sturzblöcken (weiße Kreise) Quelle: Geol. B.-A., S. Melzner, Materialienband zur ÖREK-Partnerschaft "Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumordnung"

Ergebnisse

Die Qualität der Ausgangsdaten dieser Projektphase erlaubt lediglich Kartenprodukte, die als Hinweiskarten für die Planung weiterer Bearbeitungen mit einem höheren Detaillierungsgrad dienen können (Dispositionskarte mit grober Abschätzung des Wirkungsraumes).

Mit den aufgrund der sehr groben Eingangsdaten erforderlichen konservativen Ansätzen entstehen entsprechend konservative Hinweisbereiche, die deutlich größere Flächen umfassen, als in der Realität vermutlich gegeben sind. Um jedoch die von den Sturzprozessen möglicherweise betroffenen Flächen mit hoher Wahrscheinlichkeit innerhalb des Hinweisbereiches zu halten, ist dieser pessimistische Zugang erforderlich. Daraus ergibt sich, dass in dieser Maßstabsebene erarbeitete Karten nur einen Hinweischarakter haben und ohne detailliertere Analysen nur bedingt in der Raumordnung verwendbar sind. Aus den Ergebnissen kann allenfalls abgeleitet werden, ob für Flächen vor der Aufnahme in das Entwicklungskonzept der Gemeinden weitere Untersuchungen zum Gefahrenprozess „Sturzprozesse“ erforderlich sind.

Kommunale Ebene (Gefahrenhinweiskarten Raumplanungskonzept der Gemeinden)

In dieser Maßstabsebene werden die in der Regionalstudie (überörtliche Raumordnung) ausgewiesenen Gefährdungsbereiche hinsichtlich der tatsächlich bestehenden Gefährdung (ob, wo und in welchem Ausmaß) durch Sturzprozesse untersucht.

Dies erfordert einerseits eine lithologisch-strukturgeologische, ingenieurgeologische Bewertung der Herkunftsbereiche, ferner muss bereits eine prozessbasierte Kartierung durchgeführt werden, da Pauschalwinkelmethoden in diesem Zielmaßstab keine ausreichend verlässlichen Ergebnisse für die Ausweisung von Reichweiten liefern können. Obwohl bereits eine höhere Bearbeitungstiefe als in der regionalen Maßstabsebene gegeben ist, ist eine detaillierte flächenhafte Bearbeitung hinsichtlich des nötigen Kartierungsaufwands nicht zielführend und bei schwer zugänglichen Felsaufschlüssen auch nicht möglich. Auf Basis der punktuellen Erhebungen von Herkunfts-, Transport- und Ablagerungsbereich müssen diese auf die Fläche extrapoliert werden. Die resultierenden Karten dienen als standortbeschreibende Faktoren- und Parameterkarten für die Reichweitenmodellierung. Diese erfolgt in einem weiteren Schritt in Form von physikalischen 2D oder 3D Steinschlagmodellierungen.

Ergebnisse

Aufgrund der relativ groben Eingangsdaten aus grobgerasterten flächigen Geländebegehungen ergibt sich das Erfordernis von tendenziell ungünstigen Parametervariationen für die prozessbasierten Modellrechnungen hinsichtlich der Reichweitenabschätzung.

Detailebene (Gefährdungskarte/Widmung)

In der Maßstabsebene des Flächenwidmungsplans wird anhand der Ergebnisse die in der kommunalen Maßstabsebene erarbeitet wurden entschieden, in welchen Bereichen detailliertere Bearbeitungen notwendig/sinnvoll sind. Die Erhebungen werden in großem Maßstab ($\geq 1:5000$) flächendeckend für die ausgewiesenen Bereiche durchgeführt, da für diesen Zielmaßstab ein hoher Detaillierungsgrad für eine Abschätzung der Reichweiten und der dabei auftretenden Energien und Sprunghöhen angestrebt wird. Diese Reichweitenabschätzung erfolgt mit physikalischen 2D oder 3D Trajektorienmodellen. Beim Einsatz

von 2D Modellen werden für die Bildung einer Summenlinie Bemessungsprofile mit ausreichend geringen Abständen zu modellieren.

Qualität und Auflösung der Ausgangsdaten weisen einen hohe Detaillierungs- und Vertrauensgrad auf und können neben einer Reichweitenabschätzung (Summenlinie) beispielsweise zur Abschätzung von Art und Dimensionierung von Schutzbauten verwendet werden.

Grundsätzlich sind für Reichweitenmodellierungen physikalischen 2D oder 3D Trajektorien-Modellen einzusetzen.

Ergebnisse

Der hohe Detaillierungsgrad der Eingangsdaten, die flächigen Geländebegehungen und der Einsatz von für diese Maßstabsebene geeigneten Modellen in Kombination mit der Möglichkeit der Validierung der Ergebnisse aus den Geländeerhebungen ergibt einen relativ hohen Vertrauensgrad hinsichtlich der Reichweitenabschätzung der Sturzprozesse.

Daraus können Gefahrenpotentialkarten mit einem relativ hohen Vertrauensgrad abgeleitet werden.

Aus den Ergebnissen kann abgeleitet werden, ob Flächen in Hinblick auf künftige Sturzprozesse in den Flächenwidmungsplan aufgenommen werden können. Weitere Untersuchungen zum Gefahrenprozess „Sturzprozesse“ sind in der Regel nicht erforderlich. Werden trotz einer bestehenden Gefährdung mittleren Ausmaßes Flächen gewidmet wird dringend empfohlen, erforderliche Schutzmaßnahmen für die geplante Widmungsart in Art und Umfang vorzugeben und die dafür erforderlichen Flächen freizuhalten. Flächen mit hohem Gefährdungspotential sollten jedenfalls von einer Widmung ausgeschlossen werden.

Rutschungen

Allgemeines

Sollen Ergebnisse hoher Qualität überörtlich (regional)/kommunal erzielt werden ist der Einsatz von statistischen Methoden und eine gute Prozessdatenlage erforderlich.

Statistische Methoden

Die Verwendung von statistischen Methoden wird nur bei guter Datenlage und eher homogenen Gebieten empfohlen! Von einer gute Datenlage kann man sprechen, wenn die Punktzahl (Ereignisdokumentation) $n > z.B. 50$ und bei Verfügbarkeit einer großen Anzahl von Punkten mit hoher Datenqualität (Verortungsgenauigkeit, Repräsentativität...)

Empfehlungen für statistische Methoden:

- Nicht- lineare Modelle sollten bevorzugt werden, weil reale Zusammenhänge nicht-linear sind
- Es sollten Modelle bevorzugt werden, die Parameterkombinationen berücksichtigen (multivariate Methoden, Maschinelles Lernen,...), da es mit diesen Modellen möglich ist, komplexe und versteckte Zusammenhänge zwischen dem Naturrauminventar und dem Auftreten von seichtgründigen Rutschungen zu erkennen.

Heuristische Methode

Die Verwendung von heuristischen Methoden wird bei schlechter Datenlage empfohlen! Heuristische oder indexbasierte Methoden sollten bis zu einer Datenqualität von z. B. einer Punktzahl $n < z.B. 50$ oder einer großen Anzahl von Punkten mit geringer Datenqualität eingesetzt bzw. gegenüber statistischen Methoden bevorzugt werden.

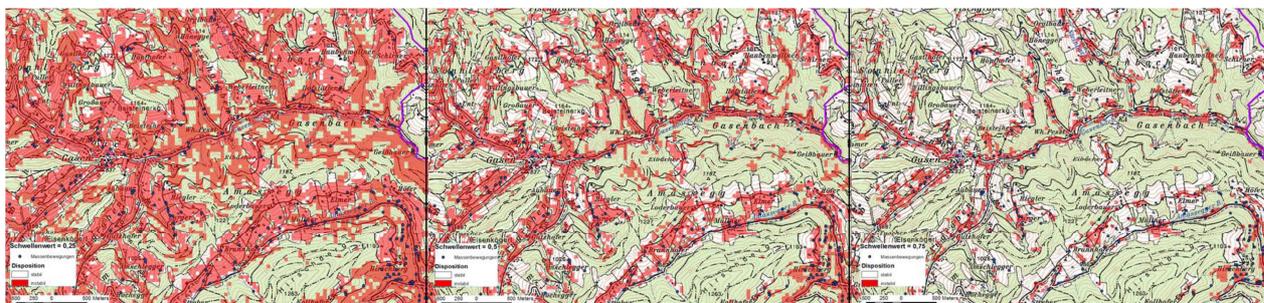


Abb. 3: Rutschungs-Dispositionskarten eines sehr gut dokumentierten Bereiches, Darstellung der rutschungsdisponierten Flächen mit unterschiedlichen Schwellenwerten und damit divergierender Erkenntnisrate. links: Schwellenwert=0,25 (pessimistisch) mit Erkenntnisrate 96%, Mitte Schwellenwert =0,5 mit Erkenntnisrate 83,7 %, rechts: Schwellenwert 0,75 (optimistisch) mit Erkenntnisrate 56,4 %. Quelle: [1] ÖROK Materialienband zur ÖREK-Partnerschaft "Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumordnung"

Hinsichtlich der Entscheidung, ob heuristische oder statistische Methoden zu favorisieren sind, ist die verfügbare Qualität der Prozess- und Parameterdaten ein wichtiges Kriterium, da eine statistische Modellierung nur bei „guter Datenlage“ durchgeführt werden soll. Die Datenlage ist jedoch sehr vielschichtig und nur bedingt quantitativ erfassbar, sodass die Verwendung der Datenlage als Kriterium erschwert wird. Deshalb ist oft eine gesonderte Beurteilung der Datenlage der Parameterkarten und jener der Prozessdaten hilfreich.

Ergebnisvalidierung

Mittels Validierung ist eine Aussage über die Güte der finalen Rutschungsdispositionskarte möglich. Eine Dispositionskarte ohne Validierung ist daher für raumplanerische Zwecke bzw. als Grundlage für Handlungsempfehlungen gar nicht bis nur bedingt brauchbar, weshalb eine Validierung (sofern eine ausreichende Anzahl an Prozessdaten zur Verfügung steht) unbedingt durchgeführt werden muss. Bei statistischen Verfahren ist es hierbei wichtig, dass die Validierung mit Validierungsdaten (bzw. Testdaten), die nicht zur Modellierung der Dispositionskarte verwendet worden sind, durchgeführt wird.

Es existieren verschiedene Validierungsmethoden mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen durch folgende Betrachtungsweisen:

- nur Prozesspixel (instabiler Bereich)
- Pixel mit und ohne Prozessdaten (instabiler & stabiler Bereich)

Grenzwerte für die Zulässigkeit von Widmungen im Wirkungsbereich von Sturzprozessen

Im Rahmen der ÖREK-Partnerschaft wurden Grenzwerte festgelegt, die in Hinblick auf akzeptable Todesfallwahrscheinlichkeiten (aus [2] Österr. Ges. f. Geomechanik 2014) bzw. Lastgrenzwerte regeln, unter welchen Kriterien Widmungen wirtschaftlich sinnvoll und zulässig sind.

Kategorie Schutzgut	Sicherheitsgrenzen	Maximal akzeptabler Sicherheitsgrenzwert
Personen	Das durchschnittliche Todesfallrisiko für Personen im Freien ist auf ein akzeptables Ausmaß zu reduzieren. Dieses liegt unter der durchschnittlichen Todesfallwahrscheinlichkeit für die Altersklasse mit der geringsten Sterblichkeitsrate in Österreich.	Maximal akzeptable Todesfallwahrscheinlichkeit: $\leq 1 \times 10^{-5}$ ¹
Gebäude	Gebäude sind so widerstandsfähig, dass keine Gefährdung für Personen und andere Sachwerte in ihrem Inneren besteht. Die verbleibenden Personen- und Sachrisiken sind für die Risikoträger tragbar.	Grenzwert für die charakteristische Energieeinwirkung aus Steinschlagprozessen:
Kulturelles Erbe	Kulturgüter werden so vor Naturgefahren geschützt, dass ihr kultureller Wert dauerhaft erhalten bleibt.	$T_{99} \leq 100 \text{ kJ}^2$
	Grenze des Steinschlaggefährdungsbereichs	Ausrollgrenze der beobachteten, dokumentierten oder modellierten Steinschlagereignisse
Verkehr	Die Wahrscheinlichkeit, in Österreich im Straßenverkehr getötet zu werden, beträgt für 2012 pro Einwohner	$6,27 \times 10^{-5}$ [Getötete/EW]
Umwelt	Für die Umwelt formuliert ÖREK kein gesondertes Sicherheitsniveau für Steinschlaggefahren.	-

Tab. 2: Maximal akzeptable Sicherheitsgrenzwerte für Schutzgüter unter Steinschlaggefahr

Analog zu den Sicherheitsgrenzen der Raumplanung gelten Sicherheitsgrenzwerte für das einzelne Bauvorhaben. Die Sicherheitsgrenzwerte entsprechen jenen Grenzeinwirkungen, für die ein Gebäude mit einem (dem Wert und der Nutzung) verhältnismäßigen Aufwand durch bautechnische Maßnahmen gerade noch geschützt werden kann.

¹ Dieser Grenzwert ist der Empfehlung der Österr. Ges. f. Geomechanik: Empfehlung für das Schutzziel bei gravitativen Naturgefahren in Österreich 2014 (in Druck) [2] entnommen

² Die charakteristische Energieeinwirkung T_{99} entspricht gem. ONR 24810 dem 99% Perzentil der im Rahmen einer Steinschlagsimulation ermittelten Energieeinwirkungen.

Als **technischer Lastfall-Grenzwert** für Steinschlaggefahren wird das **Einwirkungskriterium „Energie“** angewendet. Als Grenzwert für die charakteristische Energieeinwirkung aus Steinschlagprozessen wird gem. [1] festgelegt:

$$T_{99} \leq 100 \text{ kJ}$$

Die charakteristische Energieeinwirkung T_{99} entspricht gemäß ONR 24810 dem 99% Perzentil der im Rahmen einer Steinschlagsimulation ermittelten Energieeinwirkungen. Einwirkungen dieser Intensität können mit vertretbarem Aufwand durch bauliche Maßnahmen gerade noch aufgenommen werden (z. B. durch eine Stahlbetonwand mit einer Stärke von 30-50 cm, Vermeidung von Fassadenöffnungen etc., vgl. auch [3] Egli 2005).

Das **Einwirkungskriterium „Sprunghöhe“** ist insofern relevant, als darauf Bedacht genommen werden muss, dass die gemäß ONR 24810 relevanten Bemessungswerte der Energie auf einer gegebenen Wirkhöhe (entspricht dem Bemessungswert der Sprunghöhe gemäß [4] ONR 24810) ansetzen und dies bei der Bemessung der Objektschutzmaßnahmen entsprechend zu berücksichtigen ist. Zudem ist darauf zu achten, dass innerhalb der Wirkungshöhe der Einwirkung keine ungeschützten Fassadenöffnungen bestehen oder vorgesehen sind.

Darstellungen von Steinschlaggefahren (Gefahrenkarten)

Die flächenhafte Darstellung der potentiellen Wirkungsbereiche von gravitativen Naturgefahren erfolgt in Gefahrenkarten oder Gefahrenzonenplänen auf Grundlage eines Bemessungsereignisses. Zur Abgrenzung der Hinweisbereiche entsprechend der Intensität und Häufigkeit sind die Sicherheitsgrenzwerte (Einwirkungskriterien) gemäß Tab. 2 anzuwenden. Folgende farbliche Codierung der Hinweisbereiche wird vorgeschlagen:

-  Hinweisbereich Steinschlag intensiv: Widmung in Hinblick auf Sturzprozess- oder Rutschungsgefährdung nicht möglich; Einwirkung über akzeptablem Sicherheitsgrenzwert
-  Hinweisbereich Steinschlag: Widmung in Hinblick auf Sturzprozess- oder Rutschungsgefährdung nur mit Einschränkungen möglich; Einwirkung unter dem Grenzwert
-  Keine Sturzprozess-Gefährdung erkennbar: Widmung in Hinblick auf eine allfällige Sturzprozess-Gefährdung möglich

Abb. 4: Legendenvorschlag für die Darstellung des Wirkungsraumes auf Basis von Modellierungen (Detailebene/Flächenwidmung)

Grundlage für die Bewertung der Baulandeignung auf Basis von Sicherheitsgrenzen ist das Bemessungsereignis. Die Sicherheitsgrenzen leiten sich aus dem angestrebten (normierten) Sicherheitsniveau ab und beschreiben die Einwirkung des für die Sicherheitsplanung maßgeblichen Steinschlagprozesses hinsichtlich seiner Eintrittswahrscheinlichkeit (Frequenz) und Intensität (Magnitude). Die in diesem Abschnitt vorgeschlagenen Sicherheitsgrenzen für Steinschlaggefahren sind im Geltungsbereich der Bestimmungen der Raumordnungsgesetze anwendbar.

Die zulässige Sicherheitsgrenze für die Festlegung der Baulandeignung in der Raumordnung ist überschritten, wenn die ständige Benützung der betrachteten Fläche (Parzelle) für Siedlungs- und

Verkehrszwecke wegen der voraussichtlichen Schadenswirkung des Bemessungsereignisses oder der Häufigkeit der Gefährdung nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich ist. Das angestrebte (normierte) Sicherheitsniveau kann mit regulären Maßnahmen der Raumplanung und der Bautechnik nicht erreicht werden, die Fläche ist im Regelfall von einer Nutzung frei zu halten.

Unterhalb der zulässigen Sicherheitsgrenze ist die ständige Benützung der Fläche (Parzelle) für Siedlungs- oder Verkehrszwecke infolge dieser Gefährdung beeinträchtigt, das angestrebte (normierte) Sicherheitsniveau kann durch reguläre Maßnahmen der Raumplanung und der Bautechnik erreicht werden.

Außerhalb der Gefährdungsbereiche besteht keine Beeinträchtigung durch Steinschlag und sind daher keine beim

besonderen Maßnahmen der Raumplanung und der Bautechnik erforderlich.

Sofern an der prozesszugewandten Seite der geplanten Nutzung ausreichend Raum für technische Steinschlagschutzmaßnahmen besteht, ist die Widmung von Flächen, für die die zulässige Sicherheitsgrenze überschritten ist, dann zulässig, wenn vor der Widmung die Herstellung technische Steinschlagschutzes gemäß dem Stand der Technik (ONR 24810) realisiert wird und die verbleibende Restgefährdung nach Fertigstellung unter der zulässigen Sicherheitsgrenze liegt. Die Überwachung und Instandhaltung dieser Schutzbauwerke ist für die gesamte Nutzungsdauer der Flächen rechtlich und technisch sicherzustellen.

Darstellungen von Rutschungsgefahren (Gefahrenkarten) vgl. [1] ÖROK 2014

Die Analyseergebnisse sind als Hinweissbereiche zu interpretieren, mit welcher Wahrscheinlichkeit Flächen von Rutschungen über die Anrissbereiche (Materialtransport und Ablagerung) hinaus voraussichtlich betroffen sind. Vorgeschlagen wird eine schraffierte Darstellung des Wirkungsraumes in derselben Farbe (Wahrscheinlichkeit) wie der Anrissbereich. Da in dieser Maßstabsebene mit erheblichen Ergebnisunschärfen zu rechnen ist, aber auch um die leichtere Interpretierbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wird vorgeschlagen, auf eine weitere Differenzierung nach Wahrscheinlichkeiten für unterschiedliche Reichweiten zu verzichten.

	Wirkungsraum Gefährdung durch Rutschungen zu erwarten
	Wirkungsraum Gefährdung durch Rutschungen nicht auszuschließen
	Gefährdung nicht zu erwarten

Abb. 5: Legendenvorschlag für die Darstellung des Wirkungsraumes in Ergänzung der Gefahr auf Basis der Rutschungsdisposition

Zur Erzielung befriedigender Ergebnisse bzw. auch zu deren Absicherung sind vergleichbare, gut dokumentierte Ereignisse wesentlich (Modell-Kalibrierung, Ergebnisplausibilisierung). Die Adaption (und Intensivierung) der bestehenden Ereignisdokumentation als iterativer Prozess im Rahmen der Dispositions- und Wirkungsraumanalysen (Informationen aus Felderhebungen etc.) ist ein wesentlicher Schritt in Richtung verbesserter Ergebnisqualitäten.

Das Rutschungs-Dispositions-karten erst seit wenigen Jahren in größerem Umfang erstellt werden, gibt es noch wenige Ansätze, die auf dieser Basis die Reichweiten bzw. Prozessräume flächig abschätzen. Die

bestehenden Ansätze sind außerdem oft nicht verfügbar, weshalb die Entwicklung, Adaptierung und Erprobung entsprechender Modelle mit Fokus auf die ÖREK-Ziele empfohlen wird. Dabei ist es wichtig, für die jeweiligen Modelle und Prozesse (z. B. Hangmure) Parameter abzuleiten, die für eine erste grobe Abschätzung der Reichweite herangezogen werden können. Dies kann durch eine entsprechend große Anzahl an Rückrechnungen von relevanten Fallstudien erfolgen (Forschungsbedarf).

Bei detaillierten Modellanwendungen (Detailmaßstab) bestehen erhebliche Unsicherheiten bei der Abschätzung des Staudruckes auf Bauwerke (dynamische Beanspruchung). Die bestehenden Modellansätze sind in dieser Hinsicht noch nicht ausreichend durch den Vergleich mit physikalischen Modellen (Laborversuche ...) verifiziert und die Berechnungsergebnisse können dadurch deutlich von der realen Bauwerksbeanspruchung abweichen. Dies ist bei der Widmung von gefährdeten Bereichen und Bauauflagen zu berücksichtigen.

Ausblick

Der Materialienband mit der Zusammenfassenden Darstellung der Ergebnisse der einzelnen Fachbereiche (Fachplanungen, Raumplaner, Geologen) befand sich bis Herbst 2014 in einem öffentlichen Reviewprozess, bei dem Rückmeldungen von betroffenen Personenkreisen und Organisationen gesammelt wurden. Bis Ende des Jahres sollen relevante Rückmeldungen eingearbeitet werden. Derzeit wird eine Empfehlung für den Umgang mit gravitativen Naturgefahren in der Raumordnung als Kondensat und zusammenfassendes Ergebnis aus dem Projekt erarbeitet. Darin sollen in möglichst knappen und stringenten Formulierungen Empfehlungen für die in der Raumordnung mit gravitativen Naturgefahren konfrontierten Behörden und Experten gegeben werden. Das Projekt „ÖREK Partnerschaft: Gravitative Naturgefahren in der Raumordnung“ soll im ersten Quartal 2015 abgeschlossen werden.

Literatur

- [1] ÖREK –Partnerschaft „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung“ (2014) Materialienband – ÖROK Wien 2014, In Vorbereitung
- [2] ÖSTERREICHISCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOTECHNIK GEOMECHANIK (2014): Empfehlung: Schutzziel (akzeptierte Todesfallwahrscheinlichkeit) bei gravitativen Naturgefahren in Österreich (in Druck)
- [3] EGLI, T. (2005): Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren. Wegleitung kantonale Gebäudeversicherung, St. Gallen, 2005.
- [4] ONR 24810 (2013): Technischer Steinschlagschutz. Austrian Standard Institute, Wien 2013
- [5] SUDA J. & RUDOLF-MIKLAU F. (Hrsg.) (2012): Bauen und Naturgefahren. Handbuch für konstruktiven Gebäudeschutz. Springer-Verlag Wien 2012
- [6] RUDOLF-MIKLAU, F. (2009): Naturgefahren-Management in Österreich. Lexis Nexis ORAC, Wien.
- [7] EVANS S.G. & HUNGR O. (1993): The assessment of rockfall hazard at the base of talus slopes. In: Canadian Geotechnical Journal 30, 620-636.
- [8] WYLLIE D. C. (2006): Risk management of rock fall hazards. – Sea to Sky Geotechnique, Conference Proceedings, 25-32, Vancouver.

- [9] ONOFRI, R.; CANADIAN, C. (1979): Indagine sui limiti di massima invasione dei blocchi rocciosi franati durante il sisma del Friuli 1976. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Cluet, Triest
- [10] MOSER, M. (1986): Unveröffentlichtes Skriptum zur Ingenieurgeologie II Böschungen und Hangbewegungen. In: Lehrstuhl für Angewandte Geologie, Universität Erlangen
- [11] HSÜ, K. (1975): Catastrophic debris streams (Sturzstrom) generated by rockfall. In: Geological Society of American Bulletin 86, 129–140
- [12] GRUNDER, M.(1984): Ein Beitrag zur Beurteilung von Naturgefahren im Hinblick auf die Erstellung von mittel maßstäbigen Gefahrenhinweiskarten. In: Geographica Bernensia H. 23
- [13] DOMAAS, P.(1985): Rekkevidden av steinsprang. In: NGI Report

Donnerstag 16. Oktober 2014

10:00-10:30

Quick Deployment of a Heliborne Handheld LiDAR system for Natural Hazard Mapping

Julien Vallet

Helimap Society SA, Schweiz

Abstract

Classical nadir setup for photogrammetry or airborne LiDAR reaches its limits when covering steep slopes or complex terrain. The resolution and accuracy of data are heterogeneous. The development of a helicopter-based handheld LiDAR/photo system started in 1998 at EPFL to permit avalanche mapping. This system which is now in production since 2005, allows oblique or vertical mapping and about 300 various projects were flown. The accuracy level of the data is about 10 cm at the ground level even in cliff or steep slopes. During those numerous projects, several focused on natural hazards mitigation or studies. The unrivalled flexibility of the system permitted to map inaccessible areas, either in space or time.

Keywords: LiDAR, helicopter-based, Photogrammetry, natural hazard, risk mitigation, complex terrain

1. Introduction

Airborne laser scanning is now a recognized technique to provide accurate 3D data of our environment. This technique released in the mid 1990's proved quickly its great performance for high resolution mapping of remote areas. The combination with digital photogrammetry compensated the drawbacks of the laser technique for thematic classification of land cover (using orthoimage) or accurate linear objects modeling. In both cases, the sensors are fixed to the aircraft and look downward ("nadir"). This conventional configuration suits well for smooth terrain or large area mapping but it reaches its limits when facing to complex terrain with steep slopes or cliffs. In a conventional way, the slope involves a non uniform scale of imagery and thus a non uniform mapping accuracy (e.g. Kraus 1998). Regarding the LiDAR, the slope acts on the footprint size of the laser beam and on its incidence angle. Thus, the bigger is footprint, the more uncertain is the distance measurement due to averaging effect inside the footprint. Moreover, all the planimetric errors induce altimetric errors while the slope increases (Favey, 2001).

On flat areas, for a given planimetric/altimetric accuracy of 20/10cm, the altimetry decreases to ~25cm for 45° slopes and can be significantly more for cliff or vertical areas (Vallet, 2002). Moreover, the vertical configuration does not permit to map overhangs or caves. An oblique acquisition allows getting more homogenous laser and image data because the aiming axis is close to the surface normal and then any slope is considered as flat.

The second drawback of a fixed system is generally the complexity of the system setup or the availability of the carrier if the system is permanently mounted, which prevents from using it in an emergency way at reasonable cost.

The market of small area and high accuracy mapping did not seem to hit sensor providers and no commercial system permitting fast setup and oblique mapping is sold.

It is in this spirit that a handheld helicopter based mapping system, combining photogrammetry and LiDAR is born. (Skaloud et al., 2005).

The purpose of this paper is first to present this original and unique concept and its mapping performance. As originally designed for avalanche monitoring in the Alps, we will show through several experiences the real potential of such light and flexible system in the field of natural hazards mitigation, monitoring and disaster management.

2. System description

2.1. Context

The development of Helimap System started in 1998 in the photogrammetric and geodesy laboratories of Swiss Federal Institute of Technology of Lausanne (EPFL), in collaboration with the Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research (WSL-SLF), to measure snow volume on avalanche sites (Vallet, 2002).

Needs were a high mapping accuracy (~10cm) in complex terrain, a fast deployment to react in real time with weather condition and an affordable cost for small surfaces (< 2'000 ha).

The project initiated with photogrammetry based on simple handheld camera and enhanced with Direct Georeferencing (DG) sensors, a digital camera and a laser scanner. Since 2005, the system is operated by Helimap System SA and is still evolving with sensor technology. Among 300 flights, about the half were realized for mountain areas and natural hazard purpose.

2.2. System Description

The system concept is based on 5 key points:

- The high flexibility of the helicopter which permits to rove easily in the most complex terrain
- A constant accuracy and information density whatever the slope: the accuracy distribution for conventional nadir flight is highly heterogeneous in steep slopes especially at the bottom of the slope. The only way to prevent this phenomenon is to look the slope obliquely, perpendicular to the surface. Operating the system as "handheld" provides a full freedom of motion and rotation to fit to the slope (Fig. 1). Thus the system can be used either in vertical or oblique configuration. (Fig. 2).

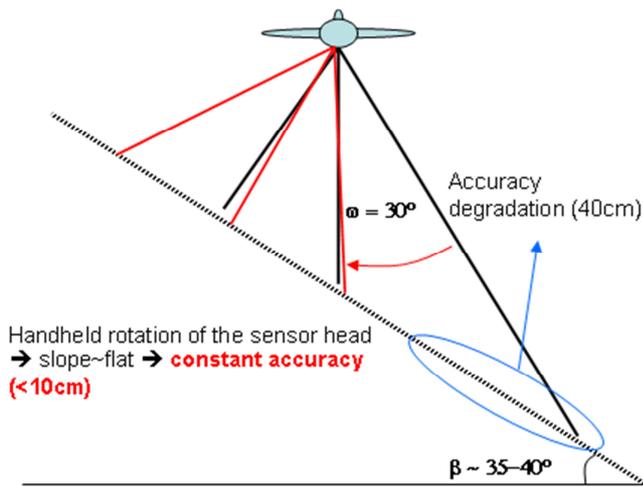


Fig. 1: Basic concept of the system: handheld sensor head to fit to the average slope. ω represents roll and β the slope.



Fig. 2: Vertical (nadir) and oblique configuration

- To allow inaccessible area mapping. Thanks to DG techniques (GPS-IMU), it is possible to have a mapping accuracy better than 10cm without any Ground control points (GCP) in the field.
- Time flexibility and fast deployment. Independent from helicopter type, the system can be operational in few hours.
- To provide fast delivery results: Thanks to LiDAR, Digital Terrain Model (DTM) extraction is highly automated. The first results are available few hours after the flight.

2.3. Components

To meet the needs, the system is designed with a modular assembly that integrates 4 sensors into a unique rigid bloc: a digital camera of 50 MPix with a Field of View (FOV) of 57°, a carrier phase dual frequency GNSS receiver, an inertial measurement unit (IMU) and a Riegl laser scanner with a measurement rate of 10'000 to 150'000 points/sec. The maximum range of the scanner is about 700 m and the FOV is similar to the camera (60°). The setup time is less than one hour on most helicopters.



Fig. 3: Components and system assembly

2.4. Mapping accuracy

The absolute mapping accuracy of LiDAR data with such system can be derived from all error sources (position, orientation, distance measurements) (Schenk, 2001). The figure 4 shows the evolution of planimetric and altimetric accuracy with flight height, for a theoretical flat terrain.

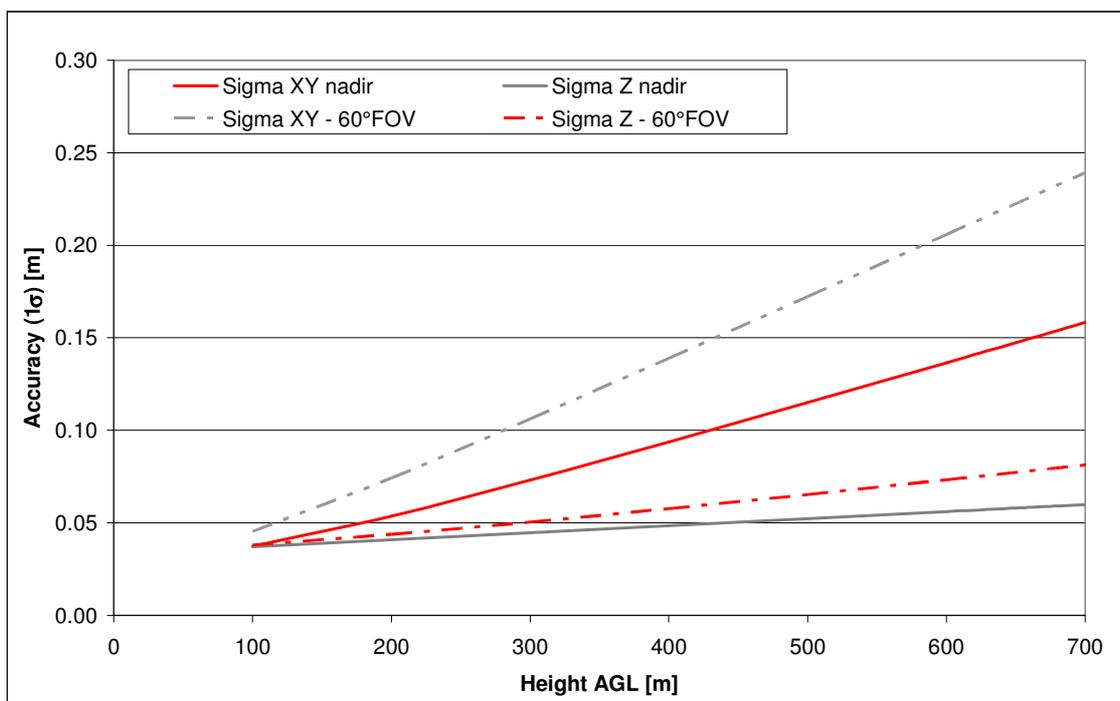


Fig. 4: Horizontal (XY) and vertical (Z) accuracy on flat terrain vs. flight height. The mapping accuracy is given at the nadir of the sensor and the edge of the FOV.

This theoretical chart has been confirmed with ground control measurements and internal analysis within the point cloud. At a flight height of ~300m, the absolute and relative accuracy of Helimap System is shown on the figure 5 (Skaloud et al. 2005).

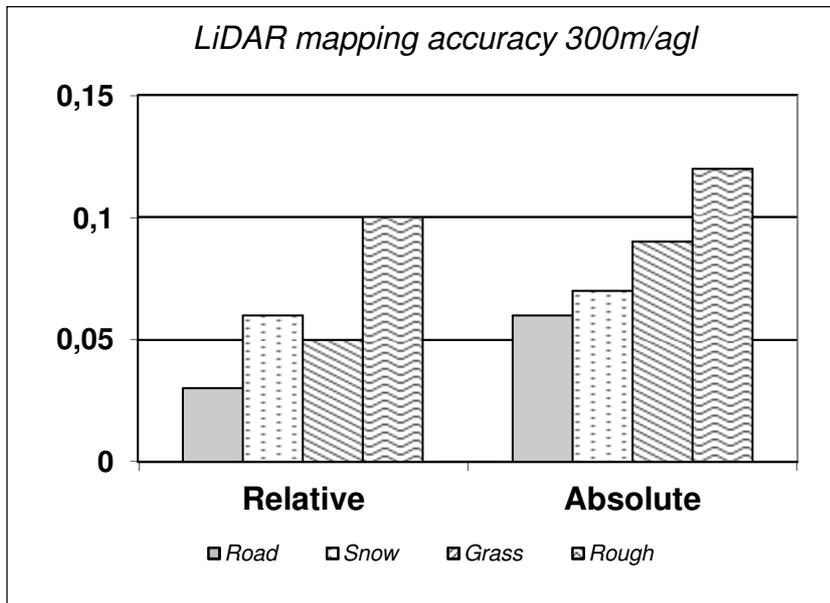


Fig. 5: Absolute and relative altimetric mapping accuracy of point cloud in function of ground roughness.

3. Natural hazard experiences

Initially designed for snow volume measurements in avalanche slopes, the application panel of Helimap System strongly widened during the last 5 years especially for corridor and infrastructure projects. Nevertheless, the heli-handheld setup of the system is a unique advantage for mountain mapping.

Complex terrain is often the cradle of natural hazards such as landslide, rock fall, debris flow, floods or other phenomena such as permafrost and glacier melting.

The high and homogenous resolution / accuracy of the data issued from this system generate 3D DTM with a global accuracy of ~10cm. In the field of natural hazards, the numerous experiences lead those last years can be classified according to:

- Surface evolution: Time series, monitoring, volumetric measurements, change detection...: Here, it concerns essentially the follow-up of a phenomenon. It can be used to record it as historic event, to model it or to generate alarms;
- Morphologic and trajectory analysis: this class includes the phenomenon studies and modeling for risk mitigation and prevention;
- Post disaster inventory: After a disaster, it is very important to take a geo-referenced snapshot of the extent of the damages. It can be used by insurances, for feeding event database or to manage land use.

3.1. Evolution / Volumetric measurements

The acquisition of datasets for different epochs allows comparing the surface of a given area. Then, volume or height maps can be derived from it. In the topic of the avalanches and snow melting simulation (SLF-Davos, ETHZ), the volume of snow/ice has been measured with an error lower than 5% (Gruber et al. 2000, Sovilla et al. 2006), while the residual error between 2 epochs on area without changing was below 10cm (figure 6) for slopes of 35 to 45°.

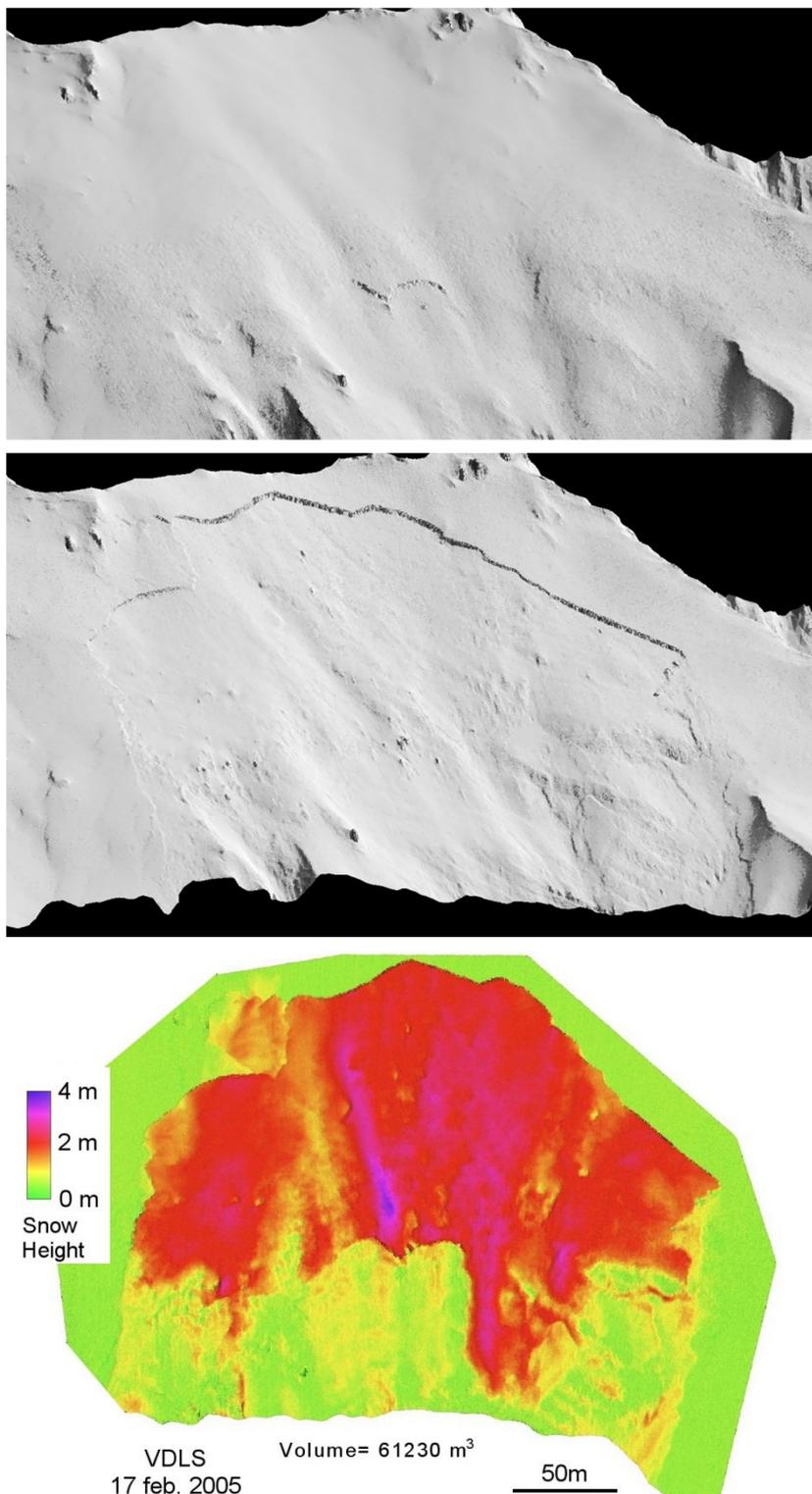


Fig. 6: Snow volume measurement on avalanche sites. Surface before and after avalanche. Height difference distribution map of the snow slab.

Global warming and climate is responsible for glacier and frozen soil (permafrost) melting. In the Alps many studies are driven to follow glacier coverage (figure 7) and to monitor permafrost areas which can be sources of debris-flow or huge rock falls such as in Monte Rosa east face (Fischer et al. 2011). Quick deployment and fast processing permit to get several 3D dataset per year.

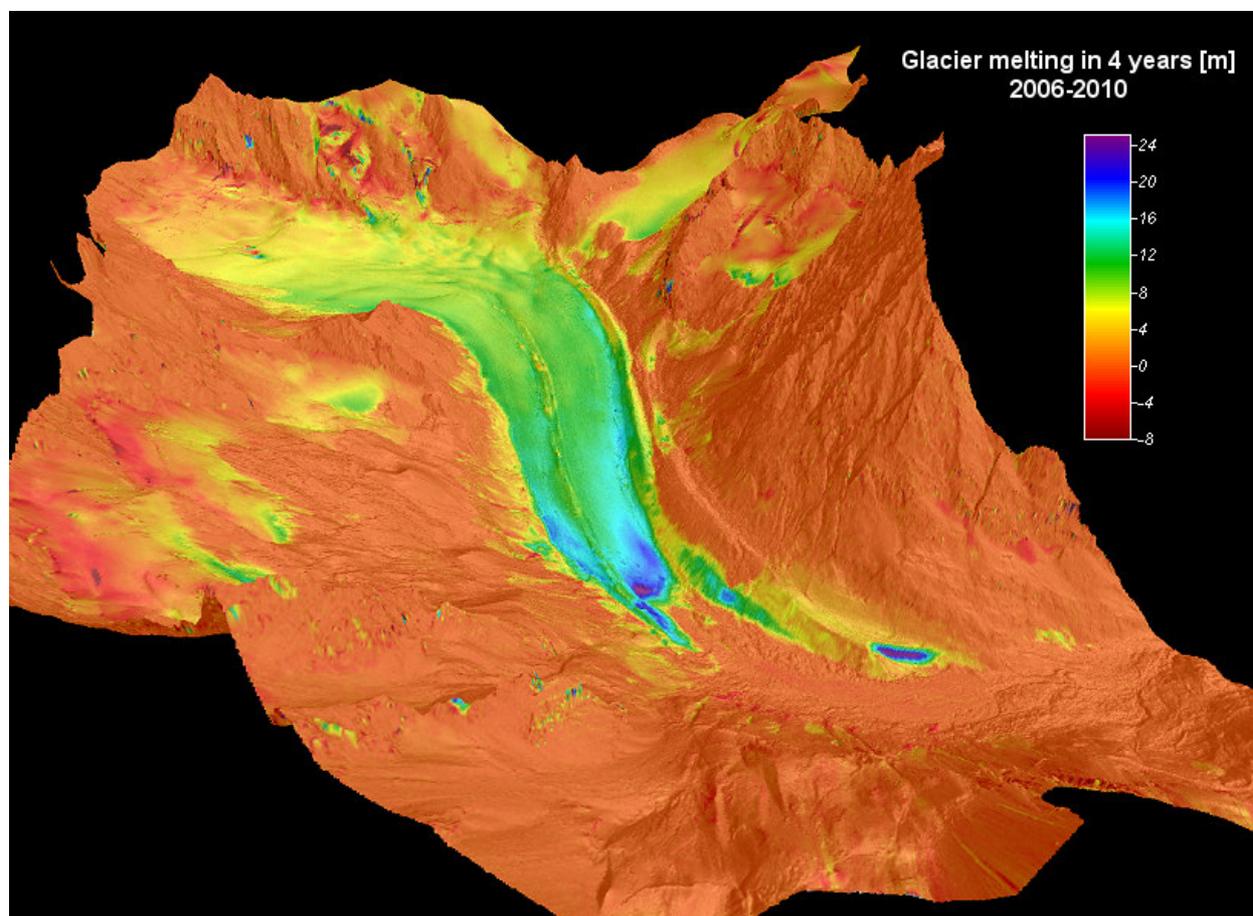


Fig. 7: Melting of the Haut Glacier d'Arolla (Swiss Alps) between 2006 and 2010. The average depth loss is about 10m. At the same time, settlements are visible in non glacier area. This is probably due to permafrost melting.

3.2. 3D modeling for hazard studies

The high density of LiDAR point cloud makes visible tiny local details that were invisible with classical photogrammetry. This aspect is especially important when studying phenomena in areas with vegetation. The figure 8 depicts the landslide of Avignonet (France) (Knieb et al. 2009). The high point density makes possible the rendering of typical « waves » of landslide.

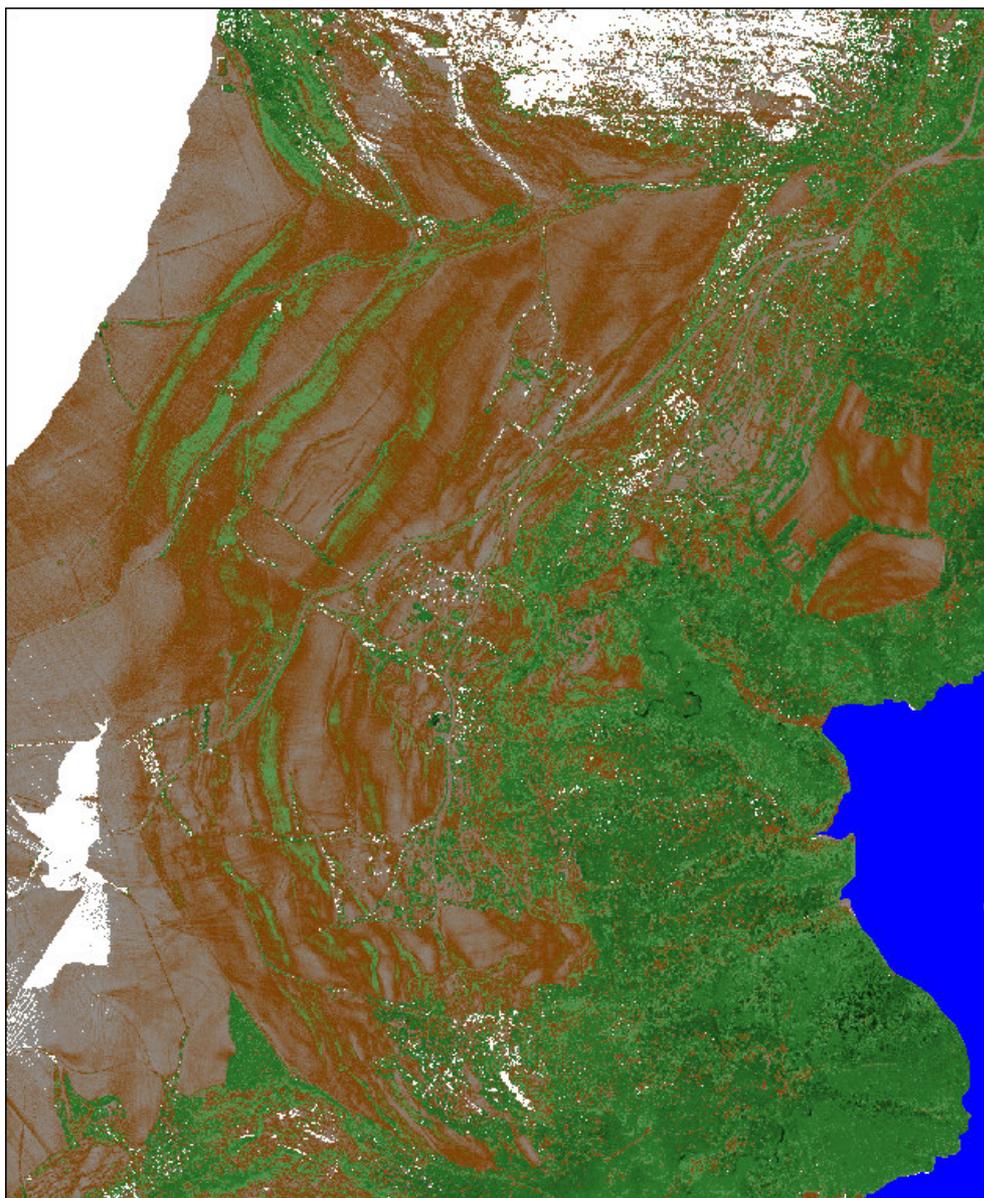


Fig. 8: Landslide of Avignonet (Trièves). The figure illustrates the local height variability computed by neighborhood analysis. This technique shows micro-relief. The green and brown waves characterize the crumpling.

Geologists also require accurate and dense data in cliffs. When the cliff is small and accessible, the acquisition can be done by terrestrial laser scanning but where the bottom is not accessible or the cliff too high, oblique airborne is the only solution.

The first case shown on figure 9 is the modeling of a rock fall in Vercors (France). A flake of about 30x30m fell. The LiDAR data acquisition was made before and after. The exact volume of the flake and its deposition where measured. This is used for rock fall trajectory studies so as to place mitigation devices (nets, walls...). Figure 10 shows a 3D textured model of a cliff dominating a road. The definition of the overhangs area permits to take them into account for the rock fall modeling. The use of imagery to texture 3D model allows identifying tiny details such as bands, cracks, unstable blocs...

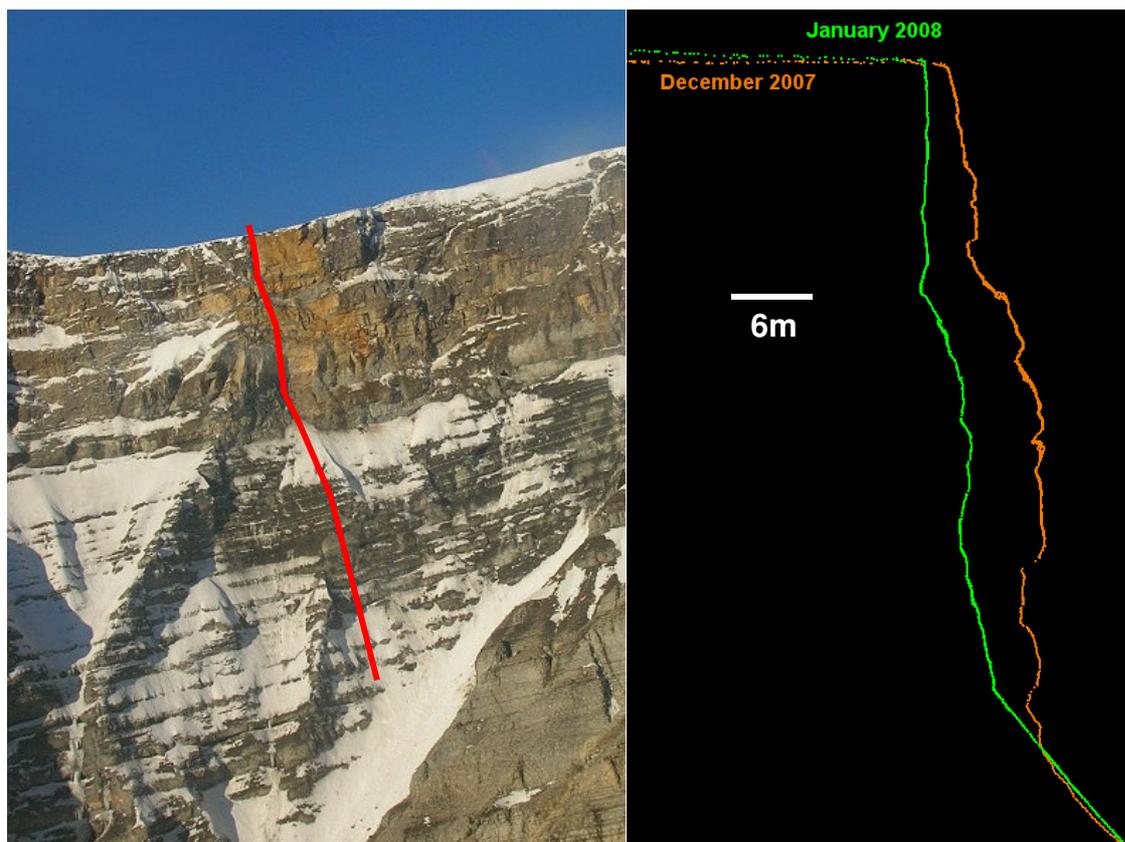


Fig 9: Fall a rock flake in Chamousset (Vercors). The motion of the flake was monitored in real-time. Airborne LiDAR acquisition was made before and after the fall to map the extent of the starting and deposition area. The section on the left shows the thickness of the fallen flake.

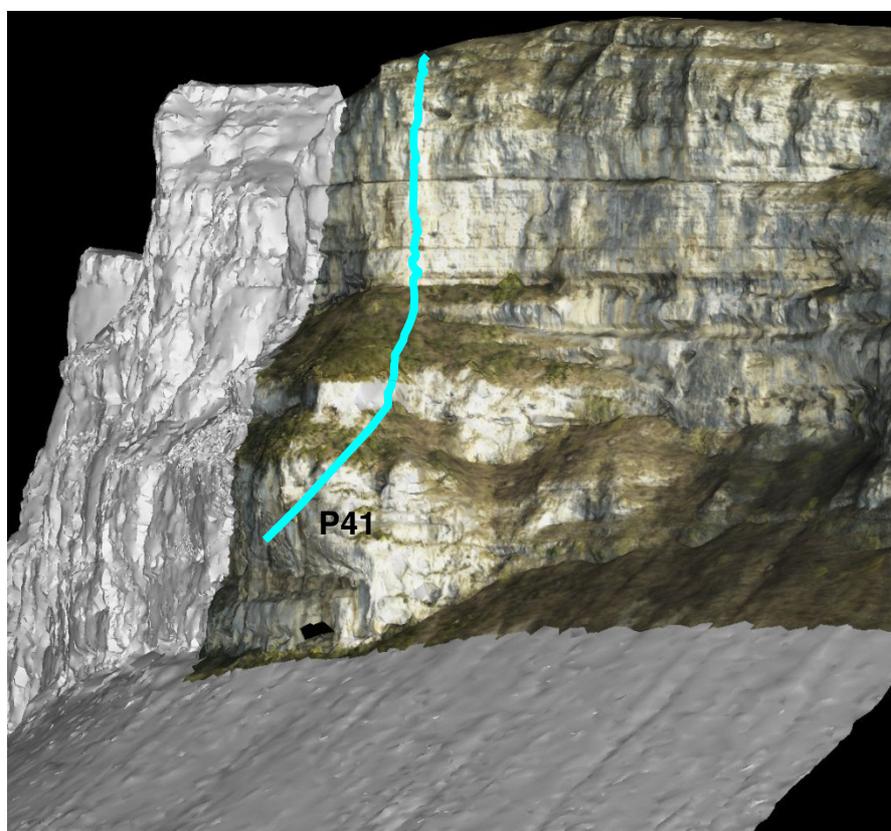


Fig. 10: 3D model of overhanging cliff for rockfall trajectory prediction in Tenay (FR). Profiles are defined on the DTM to run trajectory simulation.

3.3. *Post disaster inventory*

The flexibility of the system setup makes it usable in a very short time notice. Right after an event, it is possible to map the extension of the disaster and make the inventory of the damage.

Those data can be useful at different steps: First, most of the time, we have a poor quality of the extension of past events and databases are filled with witness memory which is often inaccurate. Secondly, it permits to quantify the event (volume of debris, flood surface...). This helps in simulation of phenomenon by giving real calibration values. Thus, the numerical model used to assist the land use management in terms of risk and mitigation device can be improved.

Third, those data can be used by insurances and public administrations to estimate the damages for compensations.

The following example shows the results of a LiDAR-photogrammetric data acquisition one day after the catastrophe of the Grossbach in June 2007. A big storm provoked a debris flow in a small creek which spread in an inhabited area. In less than 30 min, all the data were acquired and one day after, DTM and Orthophoto were available. Figure 11 shows the extent of water/debris runoff in the village and the erosion/deposition in the river banks.

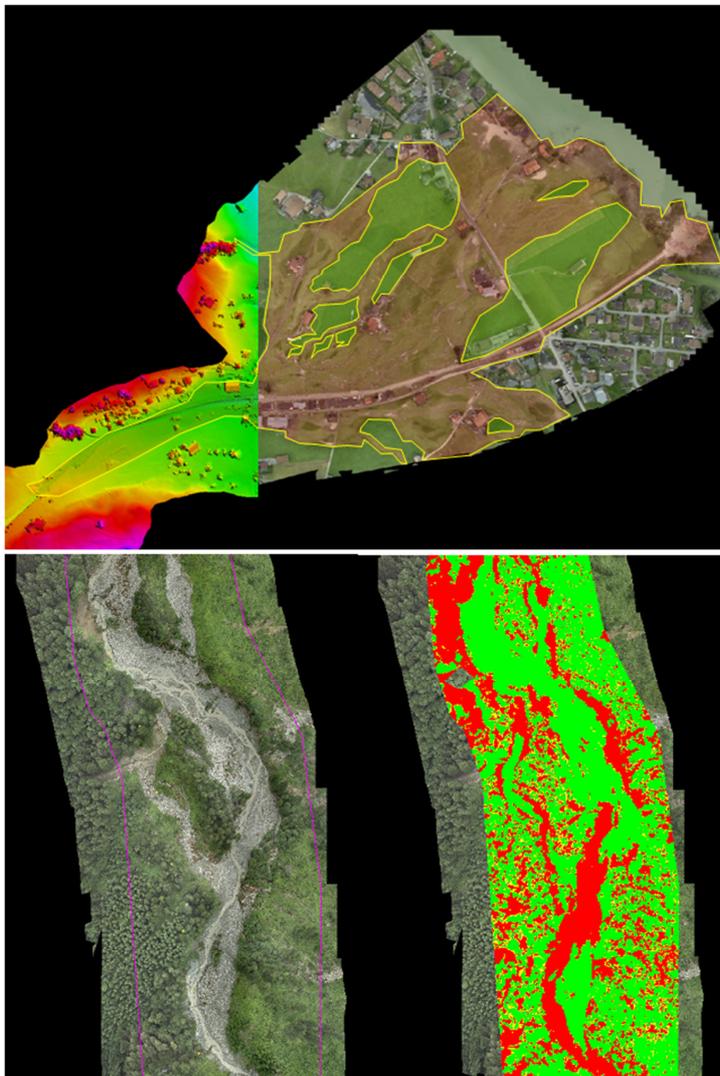


Fig. 11: One day after the event, a fast acquisition showed extension of the runoff (red) and illustrate the soil motion (erosion (red), deposit (green)).

4. Conclusions

The ability of an airborne mapping system to perform oblique data capture is relevant for complex terrain. This allows getting homogenous data all over the territory.

Through more than five years of oblique mapping in the field of natural hazards, the concept Helimap System has been validated for many applications.

The combined mapping accuracy (X,Y,Z) at the ground level is in the range of 10cm in all topographic situation. The combination with imagery brings the best symbiosis between both techniques. The LiDAR provides the "mass" data and photogrammetry completes it with high resolution orthoimage (pixel <10cm) and specific measurements.

The use of helicopter combined to the handheld operation of system guarantee a high flexibility either in time and space. At a time where everything tends to automate, this system shows that simple and manual things can be more efficient.

Références

- Favey E. (2001): Investigation and improvement of Airborne Laser Scanning technique for monitoring surface elevation changes of glaciers. Ph-D Thesis - Eidgenössische Technische Hochschule Zürich ETHZ.
- Fischer L., Eisenbeiss H., Kääb A., Huggel C., Haerberli W.(2011): Monitoring topographic changes in a periglacial high-mountain face using high-resolution DTMs, Monte Rosa East Face, Italian Alps, DOI: 10.1002/ppp.717
- Gruber, U, Vallet, J. (2000): Avalanche mass balance measurements at Vallée de la Sionne. Annals of glaciology Vol. 32. International Glaciology Society.
- Knieb U., Bievre G., Jongmans J., Pathier E., Schwartz S., Villemin T. (2009): Combined geophysical and remote sensing investigations to study the kinematics of two clayey landslides in the Trièves area (French Alps). EGU General Assembly 2009, Autriche.
- Kraus K., Waldhäusl P. (1998): Manuel de photogrammétrie, Principes et procédés fondamentaux, Edition Hermès.
- Schenk, T. (2001): Modeling and analyzing systematic errors in airborne laser scanners. Technical Notes in Photogrammetry, vol 19. The Ohio State University, Columbus, USA, p. 46.
- Skaloud J. and Schwarz K. P. (2000): Accurate Orientation for Airborne Mapping Systems. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, pages 393-402.
- Skaloud J., Vallet J., Keller K., Vessyere G. and Kölbl O. (2005): Helimap System®: Rapid large scale mapping using handheld LiDAR/GPS/INS/CCD sensors on helicopters. ION GNSS 2005 Congress. Long Beach CA.
- Sovilla, B.; Burlando, P.; Bartelt, P. (2006): Field experiments and numerical modeling of mass entrainment in snow avalanches. J. Geophys. Res. 111, F03007, doi: 10.1029/2005JF000391: 16 p.
- Vallet J. (2002) : Saisie de la couverture neigeuse de sites avalancheux par des techniques aéroportées. Thèse EPFL N° 2610.

Donnerstag 16. Oktober 2014

11:00-11:30

Naturgefahrenvorsorge und Katastrophenschutz – neue Aufgaben für die Feuerwehr? – Rahmenbedingungen, Handlungsbedarf und Projekte aus Vorarlberg

Clemens Pfurtscheller
Landesfeuerwehrverband Vorarlberg

Abstract

Integral risk management of natural hazards includes prevention and intervention to save lives and prevent material losses. In Austria, the voluntary fire departments are primarily in charge of intervention and emergency in case of natural hazards events. Due to changed basic conditions – e.g. an increase of technical emergencies and losses triggered by natural hazards probably triggered by climate change – emergency services have to develop concepts for the successful defence of future high impact events. In corresponding national and international strategies, the development of private preventive measures is claimed. The physical mitigation of structures of private households and companies, the enhancement of risk awareness of the population and the communication of possible residual risks should be intensified, due to the fact that scarce public funds cannot guarantee 100 per cent mitigation. Moreover, the strategic combination of prevention and intervention provides new opportunities for further development, ideas and synergies in risk and disaster management.

1. Einleitung

Das Konzept des integralen Schutzes gegen Naturgefahren sieht die Bereiche der Vorsorge und der Bewältigung vor, um Leben zu schützen und Werte zu bewahren. Die Freiwilligen Feuerwehren sind fast ausschließlich in der Bekämpfung von bereits eingetretenen Ereignissen und Katastrophen tätig. Aufgrund der sich ändernden Rahmenbedingungen (z.B. Zunahme an technischen Einsätzen und Schäden durch Naturgefahren, Klimawandel), müssen sich auch die Einsatzorganisationen anpassen und nachhaltige Konzepte für die erfolgreiche Abarbeitung von Großereignissen entwickeln. In den einschlägigen strategischen Dokumenten aus Forschung und Verwaltung auf nationaler und internationaler Ebene wird zusehends die Intensivierung und Weiterentwicklung von Vorsorgemaßnahmen gefordert. Dies betrifft vor allem den Bereich des privaten und betrieblichen Objektschutzes, die Steigerung des Risikobewusstseins bei Bevölkerung und Unternehmen und die Kommunikation von möglichen Restrisiken, da 100 Prozent Schutz gegen Naturgefahren weder technisch noch wirtschaftlich möglich ist. Präventive Handlungen erzeugen bei richtiger Anwendung oftmals eine Verringerung von möglichen Schäden, v.a. bei Privathaushalten (Cammerer 2009, Kreibich et al. 2009, Kreibich et al. 2011a und b, Bubeck et al. 2012). Darüber hinaus findet eine übergeordnete Vernetzung der Bereiche der Vorsorge und der Bewältigung meist nicht statt, obwohl gerade hier großes Entwicklungspotential und Synergien für alle Akteure im Risiko- und Katastrophenmanagement vorliegen. Der vorliegende Beitrag skizziert die aktuellen Rahmenbedingungen und notwendigen Handlungsbedarf für die Prävention und Eigenvorsorge im Risiko-

und Katastrophenmanagement und beschreibt die Schnittstellen der möglichen Verbindung der Bereiche der Vorsorge und der Bewältigung mittels konkreten Projekten im Bundesland Vorarlberg.

2. Ausgangssituation und Bedarf

2.1. Zunahme von Ereignissen und Schäden

Seit mehreren Dekaden kann eine Zunahme von extremen Wettererscheinungen auf globaler und lokaler Ebene festgestellt werden (siehe u.a. IPCC 2013). Vermehrt auftretende Naturereignisse haben in den letzten Jahren zu einer Zunahme an Schäden im Siedlungsraum geführt, wobei eine Zunahme von meteorologischen (Hochwasser, Sturm, Trockenheit, Hagel, usw.) aber auch gravitativen Ereignissen (Rutschungen, Felsstürze, Lawinen, usw.) verzeichnet werden konnte. Gleichzeitig vermehren sich die Sachwerte im Dauersiedlungsraum seit vielen Jahren kontinuierlich, sei dies Privat-, Firmen-, Gemeinde- oder Landesvermögen. Die Häufung sowohl der extremen Naturereignisse und die Akkumulation von Werten führt zu einer Zunahme an direkten (z.B. Schäden an Gebäuden) und indirekten ökonomischen Schäden (Betriebsunterbrechungen, Umsatzeinbußen). Somit ist auch in Zukunft mit einem ähnlichen hohen Niveau an Schäden zu rechnen, die von Privatpersonen, Unternehmen, Gemeinden, den Ländern, dem Bund und der Versicherungswirtschaft getragen werden müssen. Der Klimawandel wird die Situation sehr wahrscheinlich verschärfen. Dies führt zu einem gesteigerten Bedarf an Maßnahmen im Bereich der Naturgefahrenabwehr und Prävention.

2.2. Sinkende Eigenvorsorge und Eigenverantwortung

In den letzten Jahren ist ein Trend zur sinkenden Eigenverantwortung von privaten Haushalten und Unternehmen zu verzeichnen (BOKU 2014). Dies ist unter anderem zurückzuführen auf „seltene“ Ereignisse und die schnelle „Vergessenskurve“ von Ereignissen, oft fehlendem Prozessverständnis (bei privaten Haushalten und Technikern), mangelndes Bewusstsein über die möglichen Risiken und der Lösungen und einer möglichen Schuldigensuche bei Ereignissen. Darüber hinaus ersetzt der Katastrophenfonds meist einen großen Anteil der Schäden – die Haushalte haben daher keinen großen Anreiz Selbstschutz zu betreiben und damit auch Schäden zu minimieren (moral hazard, charity hazard). Das zusätzliche Spendenaufkommen und allfällige Versicherungsleistungen verstärken diesen Trend. Schließlich wird der Schutz vor Naturgefahren auch vor allem als staatliche Aufgabe wahrgenommen und dementsprechend eingefordert.

2.3. Grenzen des Schutzes seitens der öffentlichen Hand

100% Schutz vor Naturgefahren ist weder technisch möglich, noch wirtschaftlich vertretbar. Hier werden die Grenzen der öffentlichen Schutzleistungen sichtbar (ÖWAV 2014). Daher ist immer bzw. meistens ein Restrisiko vorhanden, das von Hauseigentümern und Unternehmern getragen werden muss, selbst wenn dies oft nicht bekannt ist. Um dieses Restrisiko weiter zu senken, sind daher Maßnahmen der Eigenvorsorge und Prävention notwendig. Die Zumutbarkeit solcher Maßnahmen für die Betroffenen ist zu definieren und Ihnen das Restrisiko als auch mögliche Maßnahmen zu kommunizieren. Dies ist allerdings nur durch eine breite Akzeptanz und Verständnis für das Restrisiko der Bevölkerung und der Unternehmen zu erreichen.

2.4. Einsätze der Feuerwehren in Vorarlberg 2008 bis 2013

Aufgrund der Einsatzdaten der Feuerwehren Vorarlbergs ist davon auszugehen, dass etwa 27% der Einsatzstunden durch Naturgefahren ausgelöst wurden (insgesamt ca. 120.700 Einsatzstunden), wobei die Zuordnung zu einzelnen Prozessen meist nicht immer klar durchgeführt werden kann (Abbildung 1).

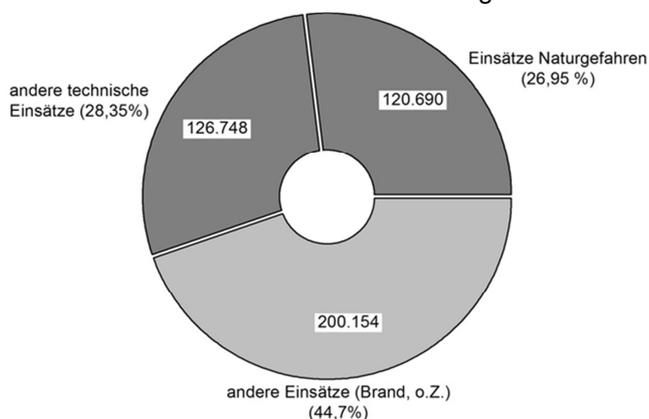


Abb. 1: Übersicht Einsatzstunden Technische Einsätze, Einsätze Naturgefahren und andere Einsätze der Feuerwehren Vorarlbergs 2008 bis Juli 2013.

Ca. 61% der Naturgefareneinsätze werden durch Hochwasser und Starkniederschläge ausgelöst. Auch hier ist eine exakte Prozesszuordnung schwierig. Es ist jedoch davon auszugehen, dass ein Großteil dieser Einsatzstunden durch langanhaltende Niederschläge bzw. Überflutungen zu Stande kommen. Knapp 28% der Einsatzstunden von Naturgefahren werden durch Sturm- und Unwetter ausgelöst. Andere Naturgefahren und Prozesse wie Lawinen und Rutschungen spielen eher eine untergeordnete Rolle (Abbildung 2).

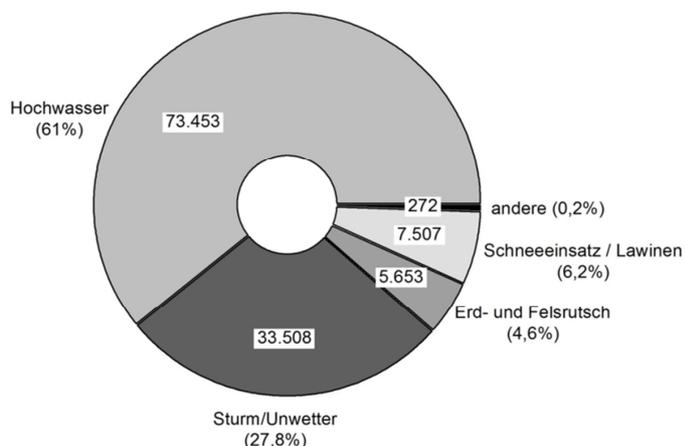


Abb. 2: Übersicht Einsatzstunden Naturgefahren der Feuerwehren Vorarlbergs 2008 bis Juli 2013.

Zieht man die zeitliche Entwicklung der Anzahl der Einsätze der Vorarlberger Feuerwehren in Betracht, so fällt eine starke Schwankung der durch Naturgefahren hervorgerufenen Einsätze auf. Insbesondere 2013 wurden überdurchschnittlich viele Einsätze durch Naturgefahren induziert, obwohl nur die Hälfte des Jahres in die Analyse der Daten einbezogen wurde. Die Entwicklung ist aufgrund der kurzen Datenreihe nicht zu prognostizieren. Insgesamt ist aber davon auszugehen, dass die Anzahl der Einsätze, als auch die Einsatzstunden durch Naturgefahren im Steigen begriffen ist. Dieses Faktum wird auch immer wieder

von langjährigen Einsatzkräften genannt, obwohl hier auch die (subjektive) Wahrnehmung und zunehmende mediale Berichterstattung eine große Rolle spielen dürften.

2.5. Bedarf an Maßnahmen der Prävention und Naturgefahrenabwehr

Umfangreiche Dokumente und Studien benennen und belegen notwendige Maßnahmen für eine erfolgreiche Katastrophenbekämpfung (u.a. IPCC 2007 und 2013, Amt der Vorarlberger Landesregierung 2005, Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen 2010, AdaptAlp 2011 und Balas et al. 2014). Im Wesentlichen werden die folgenden Maßnahmen angesprochen:

- aktive und gezielte Abwehr im Ereignisfall
- präventive Maßnahmen (bautechnische Maßnahmen, Privatschutz, Aufklärung, Schulungen, usw.)
- gezielte Risikokommunikation
- Ereignisanalysen und -dokumentation
- Nutzung der vorhandenen Synergien (Forschung, Landes- und Bundesstellen, Einsatzorganisationen, usw.)

Diese Punkte sind vor, während und nach einem Ereignis für eine effiziente, effektive und professionelle Bewältigung von Naturgefahren und -katastrophen zu beachten.

Gerade im Bereich Naturgefahrenprävention und Eigenvorsorge sind die einschlägigen Normen, Gesetze und der „Stand der Technik“ zu beachten, die teilweise auch entsprechende Schutzziele festlegen bzw. beinhalten (siehe u.a. Rudolf-Miklau 2009, Suda & Rudolf-Miklau 2012 und BOKU 2014). Fest steht, dass schon mit einfachsten technischen Mitteln, Schäden verringert und teilweise sogar verhindert werden können, da diese schnell eingesetzt werden können. Notwendig ist hier allerdings auch eine gezielte Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung und bei Unternehmen.



Abb. 3: Einfachste technische Maßnahmen – hier Sandsäcke, Wasserpumpe für den Hausgebrauch und Wirtschaftsgarnitur – können bereits Schaden im Ereignisfall Hochwasser oder Starkregen verhindern, Erlernen des Umgangs, die Wahrnehmung von Warnungen und Beschaffung vorausgesetzt.

3. Konkreter Handlungsbedarf und Projekte

3.1. Handlungsbedarf

Die Anpassungsstrategie Österreichs an den Klimawandel (Lebensministerium 2012 a und b) betont die Wichtigkeit der Eigenvorsorge und nennt insbesondere:

- Wichtigkeit der Öffentlichkeitsarbeit zum Thema Klimawandel, Sensibilisierung des Themas Klimawandel und Bauen / Wohnen, Einführung von Baustandards, die den Klimawandel beachten
- Forcierung des Gefahren- und Risikobewusstseins, sowie der Eigenvorsorge in der Bevölkerung und Entwicklung von Beratungsmodellen
- Entwicklung eines „one-stop-shop“ für Anliegen der Bevölkerung zum Thema Klimawandelanpassung im Bereich „Schutz vor Naturgefahren“
- Forcierung der Risikovorsorge unter Einbeziehung geeigneter Risikotransfermechanismen (Risikopartnerschaften), Stärkung des Bewusstseins über die Notwendigkeit der versicherungsgestützten Eigenvorsorge
- Forcierung technischer Objektschutzmaßnahmen (permanent und temporär) als Beitrag zur Eigenvorsorge
- Weiterverfolgung des Vorsorge-Prinzips im Rahmen der Anpassung an den Klimawandel: Forcierung der Flächenvorsorge, Eigenvorsorge und Verhaltensvorsorge
- Forcierung des Wissens-, Erfahrungs- und Datentransfers
- Forcierung der Bewusstseinsbildung, der Möglichkeiten des Selbstschutzes und weitergehender Lern- und Schulungsprozesse

Im Katastrophenschutz werden folgende Punkte und Handlungsbedarf genannt (BABS 2009, ÖWAV 2014 und Lebensministerium 2012 a und b):

- Verfolgung der Prämisse des integralen Naturgefahren- und Risikomanagements
- Miteinbeziehung des Klimawandels in das Risiko- und Katastrophenmanagement
- Die Gefahrensituation (Restrisiko) sowie das Verhalten im Katastrophenfall sind den potenziell Betroffenen verständlich zu vermitteln / Verbesserung der Risikokommunikation im Bereich der Katastrophenvorsorge
- Förderung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit (Staaten-Bundesländer-Gemeinden-Kooperation)
- Koordinierung des Katastrophenschutzes, „Gemeinsames am Strang ziehen“
- Plattform der Einsatzorganisationen, verbesserte Kommunikation und Rollenverteilung
- Erweiterung des Ausbildungsangebotes im Bereich des Katastrophenmanagements
- Konzentration von Forschungsaktivitäten mit Bezug zum Katastrophenmanagement

Eine zentrale Stelle bzw. Institution die oben genannten Felder aus einer integralen Perspektive bearbeiten und die mit verschiedenen Institutionen (z.B. Umweltbundesamt, Ingenieurbüros, NGOs, etc.), zuständigen Landes- und Bundesstellen und anderen Organisationen kooperiert und Synergien nutzt, besteht derzeit in ganz Österreich nicht, wobei die Gründung solcher Institutionen von Seiten der EU und der Vereinten Nationen gefordert und vom Bund angestrebt wird (Europäische Kommission 2011, World Bank und United Nations 2010, Rechnungshof 2002 und Lebensministerium 2012 a und b).

3.2. Aktuelle Projekte

Mit Gründung der Stelle „Naturgefahrenprävention und Beratung“ am Landesfeuerwehrverband Vorarlberg können die möglichen Maßnahmen des Eigenschutzes und der Handlungsbedarf im Katastrophenschutz aufgegriffen und Impulse in diesen thematischen Feldern gesetzt werden (siehe 3.1). Im Folgenden werden einige aktuelle Projekte kurz vorgestellt.

3.2.1. Projekt VOICE - Stärkung der Freiwilligenarbeit im Katastrophenschutz

Das Projekt VOICE – Voluntary work in disaster management - Challenges for adaptation to climate change gefördert vom Klimafonds (ACRP) – untersucht die Freiwilligenarbeit im Katastrophenschutz und versucht den möglichen zukünftigen Herausforderungen zu begegnen. Hier sind Überalterung der Gesellschaft, ländliche Migration, der Klimawandel und sinkende Bereitschaft zum freiwilligen Engagement zu nennen. Es geht daher primär um die Stärkung der Freiwilligenarbeit im Katastrophenschutz um die Einsatzorganisationen auf zukünftige Großereignisse vorzubereiten.

Auf Basis von Workshops in Vorarlberg und in der Steiermark mit allen handelnden Akteuren, Erhebungen von möglichen Kosten und Nutzen der Freiwilligenarbeit und einer Analyse der aktuellen Rahmenbedingungen werden Handlungsempfehlungen formuliert, die im Herbst 2014 auf nationaler Ebene an die Politik kommuniziert werden (Balas et al. 2014). Das Projekt hat auch neue Formen der Freiwilligenarbeit (etwa informelle, spontane Helfer und Helferinnen und Team Österreich) aufgegriffen und analysiert. Die Aktion „Generation 60+“ des Landesfeuerwehrverbandes Vorarlberg – die aktive Miteinbindung von älteren Feuerwehrmitgliedern – wurde als ein best-practice-Beispiel ausgewählt. Weitere Informationen (etwa Projektberichte, Handlungsempfehlungen und Inhalte der Workshops) sind auf www.zukunft-katastrophenhelfer.at zu finden.

3.2.2. Bedarfsanalyse für die Feuerwehren für Naturgefahren, Pilotstudie Gemeinde Au

Die Beschaffung von Feuerwehr- und Katastrophengerät ist mit hohen Kosten für die öffentliche Hand (Gemeinden, Länder und Katastrophenfonds) verbunden. In Zeiten knapper öffentlicher Mittel ist daher ein effizienter Einsatz dieser Gelder notwendig. Gerade bei Naturgefahren sind Investitionsentscheidungen für Großgeräte schwierig und beruhen meist auf Erfahrungswerten. Zudem sind leistungs- und einsatzfähige Geräte für den Katastropheneinsatz teuer in der Anschaffung (Abbildung 4). Daher sind objektive Beschaffungskriterien für solche Gerätschaften notwendig.



Abb. 4: Tauchpumpe mit Hydraulikantrieb mit einer Leistung von ca. 10.000 Liter pro Minute mit geländegängigem Raupenstapler für den Katastropheneinsatz.

Auf Basis einer Pilotstudie in der Gemeinde Au (Bregenzerwald) werden solche Kriterien entwickelt. Kriterien für objektive Beschaffung sind etwa die durchschnittlichen Pro-Kopf-Ausgaben für die öffentliche Sicherheit und Katastrophenschutz auf Gemeindeebene oder Benchmarking von erfolgreich abgewehrten Ereignissen wie etwa dem Hochwasser 2005. Als Grundvoraussetzung dienen die Definition von Schutzziele und eine Risikoanalyse der potentiellen Gefährdungslagen im Gemeindegebiet. Als Basis für die Analyse der Risiken wurden Kartierungen und Erhebungen der Gefahrenzonenpläne durchgeführt, die mittels eines Workshops mit der Gemeindeeinsatzleitung weiter präzisiert wurden. Diese Ergebnisse wurden durch die Experten der Wildbach- und Lawinerverbauung, Gebietsbauleitung Bregenz, der Abteilung Wasserwirtschaft des Amtes der Vorarlberger Landesregierung und der Landesgeologie validiert, um einen Konsens der möglichen Gefährdungen zu erreichen. Darauf aufbauend werden detaillierte Maßnahmenpläne für die definierten Risiken ausgearbeitet. Es zeigte sich, dass kleinere Ereignisse / Risiken gut abgearbeitet werden können, die Einsatzkräfte kommen vor allem durch Großereignisse an technische und personelle Grenzen. Einer der Hauptwirkungen des Projekts war, dass alleine schon die intensive Beschäftigung der Einsatzkräfte und Gemeindeeinsatzleitung mit dem Thema, schon zu einem Zusatznutzen geführt hat.



Abb. 5: Ergebnis der Gefahren- und Risikokartierung von Lawinen und geologischen Massenbewegungen in Zusammenarbeit mit der Gemeindeeinsatzleitung.

3.2.3. Übungsanlage für Hochwasser und Starkregeneinsätze

Aufgrund der Zunahme von Starkregenereignissen und Hochwassereinsätzen und dass ca. 60% aller technischen Naturgefareneinsätze auf die Einwirkung von Wasser zurückzuführen sind (siehe Abbildung 2), befindet sich eine Übungsanlage für derartige Einsätze in Planung. Die Anlage soll aber nicht nur zur gezielten Schulung von Mannschaften und Führungsfunktionen der Feuerwehr dienen, sondern wird auch von anderen Einsatzorganisationen genutzt werden können (z.B. Bundesheer, Wasserrettung). Die Übungsanlage sieht mehrere Übungsstationen vor – etwa Wildbach mit Verklauung, Dammsicherung, Personenrettung und Fahrzeugsicherung in Fließgewässern. Zudem ist ein „Katastrophenhaus“ in Planung, das auch private und betriebliche Objektschutzmaßnahmen umsetzen soll. Dieses Gebäude soll geflutet werden können, um spezielle Szenarien, wie etwa Menschenrettung aus einem überfluteten Gebäude, Verschließung von Gebäudeöffnungen oder präventive Maßnahmen des Eigenschutzes durch

Privatpersonen nachzustellen und realitätsnah zu beüben. Ein weiterer Einsatzbereich den die Übungsanlage bieten soll, ist der Gewässerschutz, vor allem der Umgang mit Kontaminationen von Gewässern mit chemischen Stoffen oder Öl.

Die Anlage wird in Kooperation mit einer HTL, den Einsatzorganisationen und anderen Bedarfsträgern (etwa Gewässergenossenschaften, WLW, Wasserwirtschaft, Rheinbauleitung) konzipiert und umgesetzt werden. In weiterer Folge sollen auch Kurse für Privatpersonen, Interessierte und Unternehmen angeboten werden, um vor allem den Eigenschutz und mögliche Objektschutzmaßnahmen zu forcieren.

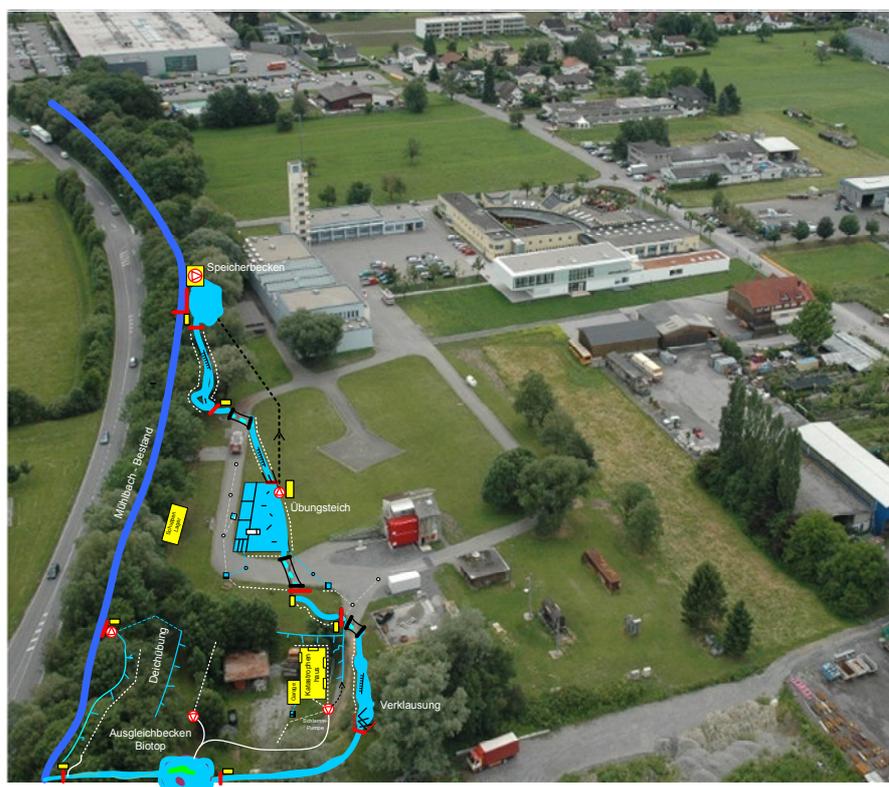


Abb. 6: Erster Entwurf für eine Starkregen- und Hochwasserübungsanlage am Gelände des Landesfeuerverbandes Vorarlberg mit verschiedenen Übungsszenarien, Quelle: R. Matt.

3.2.4. Naturgefahrenprävention in der Schule

Das Thema Eigenschutz und Eigenvorsorge muss aktiv nach außen kommuniziert werden, um ein breites Verständnis dafür in der Öffentlichkeit und zukünftige Entscheider und Bauherren zu erreichen. Mittels zweier Diplomarbeiten am Institut für Geographie der Universität Innsbruck in Zusammenarbeit mit dem Landesfeuerwehrverband Vorarlberg sollen Unterrichtsmaterialien ausgearbeitet werden, die zielgruppenorientiert die Bereiche der möglichen Risiken und der präventiven Möglichkeiten im Rahmen der Privathaushalten zur Verfügung stehenden Mittel kommunizieren. Der Fokus wird auf folgende Thema gelegt: mögliche Risiken und Gefährdungen durch Naturereignisse, Informationsbeschaffung, Warnsignale und präventives Handeln. Das Modul Naturgefahren wird dabei im Schulunterricht vorbereitet, um anschließend einen Tag im Gelände zu verbringen, an dem die Schüler und –innen mögliche Gefährdungen selbst erkennen und kartographisch festhalten. Auf Basis dieser Risiken werden am zweiten Exkursionstag mögliche Eigenschutzmittel am Gelände des Landesfeuerwehrverbandes konkret beübt. Um eine möglichst realistische Situation hervorzurufen, wird die integrierte Rettungs- und Feuerwehrleistung als auch Einsatzfahrzeuge in die Übung miteinbezogen werden. Die Exkursionsgruppe

wird dann den Umgang mit Sandsäcken, Tauchpumpen und anderen einfachen technischen Mitteln erlernen. Die erarbeiteten Materialien werden als „Präventionskoffer“ unentgeltlich allen Vorarlberger Schulen zur Verfügung gestellt und können damit jederzeit in der Schule angewandt werden.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Obwohl in den letzten Jahrzehnten im Alpenraum und in Österreich ein hohes Niveau an Sicherheit erreicht worden ist, haben zahlreiche Großereignisse zu außerordentlich hohen Schäden und Leid in der Bevölkerung geführt. Verdichtete Bauweise und damit gesteigerte Vermögenswerte, vergessenes Wissen über mögliche Gefährdungen, abnehmende Eigenverantwortung, zunehmende technische Einsätze der Feuerwehren und der Klimawandel zeigen jedoch die zukünftigen Herausforderungen an das Risiko- und Katastrophenmanagement deutlich auf.

Während in den letzten Jahrzehnten der Fokus sehr erfolgreich auf technische Schutzmaßnahmen gesetzt wurde, sind die Bereiche der Verhaltensvorsorge, Bewusstseinsbildung und des privaten Objektschutzes erst seit den letzten Großereignissen wieder in den Vordergrund gerückt. Dies nicht nur durch die begrenzten öffentlichen Mittel, sondern auch durch Studien in diesen Feld, die den Nutzen der privaten Vorsorge und des Objektschutzes darstellen (etwa Cammerer 2009, Kreibich et al. 2009, Kreibich et al. 2011a und b, Bubeck et al. 2012) aber auch gleichzeitig aufzeigen, dass Behörden und Einsatzorganisationen aufgerufen sind, hier aktiv Informationen und Konzepte zur Verfügung zu stellen (siehe etwa Jachs, 2013). Dies ist eng mit der möglichen Einbindung der Bevölkerung im Katastrophenschutz verbunden. Gerade Partizipationsprozesse, Kommunikationsmaßnahmen und Öffentlichkeitsarbeit werden auch die zukünftigen Felder sein, die Risiko- und Katastrophenmanager zu bedienen haben. Schließlich müssen auch mögliche Restrisiken aufgezeigt und kommuniziert werden, die trotz des allgemein hohen Schutzniveaus bestehen bleiben. Nach wie vor bleibt die Forderung der Experten nach einem Pflichtversicherungsmodell in Österreich bestehen. Dies ist allerdings auf nationaler politischer Ebene derzeit nicht umsetzbar. Falls ein derartiges System in Österreich zur Anwendung kommen sollte, wird auch die Eigenvorsorge und private Objektschutzmaßnahmen zur Pflicht werden (müssen).

Insgesamt hat der Beitrag aufgezeigt, dass gerade die strategische Verbindung der Bereiche der Vorsorge (Prävention) mit der Intervention (Einsatz) großen Nutzen in sich birgt. Bis dato werden diese Bereiche meist getrennt und mono-disziplinär betrachtet. Deshalb sind integrale und interdisziplinäre Ansätze und Lösungen gefragt, um den Lebens- und Wirtschaftsraum Alpen nachhaltig vor Naturgefahren zu schützen.

5. Literaturverzeichnis

- AdaptAlp (2011): Risikomanagement und Risikoprävention, Schlussbericht WP6. – online http://www.adaptalp.org/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=85m, 33p.
- Amt der Vorarlberger Landesregierung (2005): Das Starkregen- und Hochwasserereignis des August 2005 in Vorarlberg. – online, <http://www.vorarlberg.at/pdf/naturereignisdokumentatio.pdf>., 58p., Bregenz.
- BABS (Bundesamt für Bevölkerungsschutz) (2009): Klimawandel und Bevölkerungsschutz. – online, <http://www.bevoelkerungsschutz.admin.ch/internet/bs/de/home/dienstleistungen/infomatbabs/infomatbs.parsys.59832.downloadList.17909.DownloadFile.tmp/0388019dklimawandelundbevoelkerungsschutzweb.pdf>, 32 p., Bern.
- Balas, M., Fordinal, I., Glas, N., Liehr, C., Pfuerscheller, C., Seebauer, S. (2014): Freiwilligenarbeit im Katastrophenschutz – Handlungsempfehlungen für einen langfristig funktionsfähigen Katastrophenschutz. – online, http://wegcwww.uni-graz.at/publ/users/ses/voice/VOICE_Handlungsempfehlungen_DRAFT_27-05-2014.pdf, Wien.
- BOKU (Universität für Bodenkultur) (2014): Stand der Technik im Naturgefahreningenieurwesen. – Tagungsband, Schriftenreihe des Departments Nr. 23, Department für Bautechnik und Naturgefahren, 138 p., Wien.
- Bubeck, P., Botzen, W. J. W., Kreibich, H., Aerts, J. C. J. H. (2012): Long - term development and effectiveness of private flood mitigation measures: an analysis for the German part of the river Rhine. – Natural Hazards and Earth System Sciences (NHES), vol. 12/11, p. 3507 - 3518.
- Cammerer, H. (2009): Minderung von Hochwasserschäden durch Frühwarnung und Eigenvorsorge – Eine statistische Analyse von Befragungen in Privathaushalten in Deutschland und Österreich. – 115 p., Universität Würzburg, Würzburg.
- Europäische Kommission (2011): Stellungnahme des Ausschusses der Regionen: „Auf dem Weg zu einer verstärkten europäischen Katastrophenabwehr. – Amtsblatt der Europäischen Union, C192, online, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2011:192:0015:0019:DE:PDF>, 5 p., Brüssel.
- IPCC (2007): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. - In: IPCC: Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen, Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Vierten Sachstandsbericht, online, <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/IPCC2007-WG1.pdf>.
- IPCC (2013): IPCC press release. – online, http://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/ar5/press_release_ar5_wgi_en.pdf.
- Jachs, S. (2013): Safety 2.0. – In: Zivilschutz aktuell, 4, p. 20-21, Wien.
- Kreibich, H., Schwarze, R., Christenberger, S. (2009): Nutzen und Kosten privater Hochwasservorsorge. – In: Thieken, A., Seifert, I., Merz, B. (eds.): Hochwasserschäden – Erfassung, Abschätzung und Vermeidung, 300 p., München.
- Kreibich, H., Christenberger, S., Schwarze, R. (2011a): Economic motivation of households to undertake private precautionary measures against floods. – Natural Hazards and Earth System Sciences (NHES), vol. 11/3, p. 309-321.
- Kreibich, H., Seifert, I., Thieken, A. H., Lindquist, E., Wagner, K., Merz, B. (2011b): Recent changes in flood preparedness of private households and businesses in Germany. – Regional Environmental Change, vol.11/1, p. 59-71.

- Lebensministerium (2012a): Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel – Teil 1 Kontext. – online, http://www.bmlfuw.gv.at/umwelt/klimaschutz/klimapolitik_national/anpassungsstrategie/strategie-kontext.html, 142 p., Wien.
- Lebensministerium (2012b) Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel – Teil 2 Aktionsplan, online, http://www.bmlfuw.gv.at/umwelt/klimaschutz/klimapolitik_national/anpassungsstrategie/strategie-kontext.html, 442 p., Wien.
- Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV) 2014: ÖWAV-Positionspapier Strategie 2013+ Schutz vor Hochwasser und Muren. – online, http://www.oewav.at/Page.aspx_param_target_is_159248.v.aspx, 12 p., Wien.
- Rechnungshof (2002): Nachtrag zum Tätigkeitsbericht des Rechnungshofes Verwaltungsjahr 2000. – http://www.rechnungshof.gv.at/fileadmin/downloads/2002/berichte/berichte_bund/Bund_2002_1.pdf, 215 p., Wien.
- Rudolf-Miklau, F. (2009): Naturgefahren-Management in Österreich – Vorsorge – Bewältigung – Information. – 252 p., Wien.
- Suda, J., Rudolf-Miklau, F. (2012): Nauen und Naturgefahren – Handbuch für konstruktiven Gebäudeschutz. – 510 p., Wien.
- World Bank und United Nations (2010): Natural Hazards, UnNatural Disasters – The Economics of Effective Prevention. – online, <http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/onu/760-eng.pdf> 276 p., Washington.
- Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (2010): Naturgefahren und Prävention. – online, [http://vkf.ch/getmedia/ce1cc5de-f5a6-4f67-b5f8-3fd26e8400fa/Broschure ESP 2013 V0-0.pdf](http://vkf.ch/getmedia/ce1cc5de-f5a6-4f67-b5f8-3fd26e8400fa/Broschure_ESP_2013_V0-0.pdf), 12 p, Bern.

Donnerstag 16. Oktober 2014

11:30-12:00

Hangsicherungssysteme: neue Maßstäbe an Performance, Nachhaltigkeit und Handling – Kriterienkatalog und Zulassungen bei der Deutschen und Österreichischen Eisenbahn

Michael Arndt, Paolo di Pietro
MACCAFERRI DEUTSCHLAND GmbH

Einleitung und Überblick

Im Sommer 2014 hat das Eisenbahnbundesamt eine EBA Zulassung für ein alternatives Hangvernetzungssystem erteilt. Somit haben die an der Bemessung, Planung, Vergabe und Ausführung beteiligten Fachexperten erstmals die Möglichkeit, zwischen alternativen zugelassenen Konzepten zu wählen und eine Festlegung an den konkreten Projektanforderungen zu orientieren und nicht mehr flächendeckend ein singuläres Lösungskonzept verwenden zu müssen.

Mit der neu erteilten EBA Zulassung tritt nun ein Hersteller auf den Plan, der neben dem zugelassenen Hangvernetzungssystem die gesamte Bandbreite der Schutzmaßnahmen im Steinschlagschutzbereich abdecken kann. Das Portfolio umfasst neben den modularen Vernetzungssystemen mit abgestuften Zugkraftaufnahmepotentialen von 35, 50, 70, 110, 160, 210, 230, 250 kN/m auch nach ETAG 027 geprüfte CE zertifizierte Steinschlagschutzbarrieren in den Energieklassen 500, 750, 1.000, 1.500, 2.000, 3.000, 5.000, 8.600 kJ, Murgang-Barrieren sowie Steinschlagschutzdämme einer stahlgeflecht-basierten Bewehrte Erde Struktur als probate Maßnahme bei höheren Energiepotentialen.

Österreich hat im vergangenen Jahr mit der Veröffentlichung der neuen Ö-Norm ONR 24810:2013 die Messlatte für den Einsatz von technischen Steinschlagmaßnahmen über die Anforderungen der ETAG 027 hinaus weiter verschärft. Die zuständigen Gremien der Österreichischen Bundesbahnen ÖBB haben in der Folge auf der Basis der ONR einen eigenen Kriterienkatalog entwickelt, der neben der Performance nun auch Anforderungen an das Handling und die Nachhaltigkeit formuliert.

Insbesondere der Teilaspekt der Nachhaltigkeit und somit letztlich die Frage des optimalen Korrosionsschutzes spielt in Deutschland bislang im Bereich der Steinschlagschutzlösungen erstaunlicherweise (noch) eine untergeordnete Rolle.

Im Gegensatz zu den Skandinavischen Ländern, in denen ein Großteil der Infrastruktur in Küstennähe verläuft und Steinschlagmaßnahmen somit durch die unmittelbare Nähe zur See erhöhten Korrosionsansprüchen unterliegen, werden Hangvernetzungssysteme derzeit in Deutschland und den zentraleuropäischen Märkten vorwiegend in einfachen verzinkten Stahldrahtvarianten ausgeführt.

Während das Thema der Korrosionsbeständigkeit auch in Deutschland im Bereich des Gabionenbaus zunehmend Eingang gefunden hat und hier mittlerweile Salzsprühnebeltestnachweise von über 3.000 Std gefordert werden, ist das erhebliche Steigerungspotential der Lebensdauer im Bereich der Felssicherungssysteme in Deutschland bislang in der Tat nicht ausreichend thematisiert worden.

Durch neue Entwicklungen im Bereich der organischen Beschichtungstechniken ist inzwischen die gesamte Bandbreite der Vernetzungssysteme mit erhöhtem Korrosionsschutz verfügbar. Prüfberichte eines deutschen akkreditierten Instituts belegen, dass auch nach einer Prüfdauer von über 6.000 Std keinerlei Korrosion nachweisbar ist. Darüber hinaus liefert die im April 2014 veröffentlichte Neufassung der ONR EN 10223-3 im Anhang A klare Hinweise auf die zu erwartenden Lebensdauern für verschiedene Umgebungsbedingungen C2-CX in Abhängigkeit von der verwendeten Beschichtung und konstatiert für organische Beschichtungen einen Zeitraum von bis zu 120 Jahren.

Im Gegensatz zu einer einheitlichen Standardproduktlösung, die für die gesamte Hangsicherung einen Netztyp festlegt, der sich an der Maximalanforderung orientiert, kann durch das modulare Vernetzungssystem ein erhebliches Einsparungspotential erzielt werden, dass in Teilen in den erhöhten Korrosionsschutz re-investiert werden kann.

Im Ergebnis ist somit ein deutlich korrosionsstabileres und somit nachhaltigeres Hangsicherungssystem realisierbar, dass in der Kombination der Faktoren im Großteil der Anwendungsfälle ohne Mehrkosten realisierbar sein dürfte.

Der folgende Beitrag wird im Wesentlichen die unterschiedlichen Anforderungen in Deutschland und Österreich gegenüberstellen und auf Anwendungsbereiche der gesamten Bandbreite der verfügbaren Steinschlagschutzmaßnahmen und die Details des Korrosionsschutzes eingehen.

Österreichs führende Rolle als Impulsgeber für die internationale Weiterentwicklung von Steinschlagschutzlösungen – Die ONR 24810:2013

Österreich ist nicht das einzige Land, das auf einem erheblichen Teil seines Territoriums von hohen Bergen umgeben ist. Die Schweiz, Teile Deutschlands aber natürlich auch Norwegen haben ebenfalls über viele Generationen Erfahrungen mit den Naturgefahren und deren technischer Beherrschung sammeln können.

Allerdings ist es gerade Österreich, das die im Rahmen der ETAG 027 auf europäischer Ebene festgelegten Anforderungen an technische Steinschlagschutzlösungen mit der Erarbeitung der ONR 24810:2013 „Technischer Steinschlagschutz – Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandsetzung“ konsequent weiterentwickelt hat.

Die WLV (Wildbach und Lawinverbau) fasst in einer themenbezogenen Veröffentlichung im Heft 171-2013 „Risikomanagement für Infrastrukturen“ die wesentlichen Inhalte der Norm wie folgt zusammen:

„Es werden Verfahrensweisen für die Erhebung der Eingangsparameter für die Ermittlung der maßgeblichen Einwirkungen mit den hierfür anzusetzenden Teilsicherheitsbeiwerten definiert.



Auf der Widerstandsseite werden die anzusetzenden Abminderungsfaktoren der Bauwerkswiderstände für die zu führenden Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise beschrieben.

Im Normenwerk wird neben Primärsicherungen (Verhinderung der Ablösung von Steinschlagprozessen) und Sekundärmaßnahmen in der Sturzbahn (Auffangnetze, Galerien, Steinschlagschutzdämme) auch auf die Überwachung und Instandhaltung mit den jeweils anzusetzenden Inspektionsintervallen Bezug genommen.“



die.wildbach
lebensministerium.at

ONR 24810

WLV-Richtlinie für den Eignungsnachweis und risikobezogene Zusatzkriterien für Steinschlagschutznetze
Stand 1.1.2013

Technischer Steinschlagschutz — Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung

Technischer Schutz gegen Felssturz — Terms and definitions, effects of actions, design, monitoring and maintenance
Protection technique contre les chutes de pierre — Termes et définitions, effets, calcul des structures, surveillance et maintenance

Zusammengestellt

Schadensfolgeklasse CC	Merkmale	Beispiele
CC 1	Geringe Folgen für Menschenleben und kleine oder vernachlässigbare wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Landwirtschaftliche Gebäude ohne regelmäßigen Personenverkehr, wie Scheunen, Gewächshäuser
CC 2	Mittlere Folgen für Menschenleben, beträchtliche wirtschaftlich, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Wohn- und Bürogebäude, öffentliche Gebäude mit mittleren Versagensfolgen, wie Bürogebäude
CC 3	Hohe Folgen für Menschenleben oder sehr große wirtschaftliche oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Tribünen, öffentliche Gebäude mit hohen Versagensfolgen, wie Konzerthallen

Ausgabedatum: 2013-01-15

Während die ETAG 027 auf europäischer Ebene Mindestanforderungen festlegt, die eine Vergleichbarkeit der unterschiedlichen am Markt angebotenen Produkte bezüglich deren Produkteigenschaften und Produktleistungsparameter ermöglichen soll, umfassen die Festlegungen der ONR 24810:2013 einen deutlichen weiteren Bereich und stellen gewissermaßen eine nahezu allumfassende Gesamtbetrachtung der potentiellen Einflussfaktoren dar, die für eine korrekte Bemessung und Konzeptauswahl herangezogen werden müssen.

Aber welche Bedeutung hat das Regelwerk für die Weiterentwicklung von Steinschlagschutzlösungen?

Die Formulierung von Anforderungen in Bereichen die bislang von der ETAG 027 unberücksichtigt geblieben sind, offenbart Verbesserungspotentiale in Produktdetails der jeweiligen Hersteller, die den Prozess der Produktweiterentwicklung durch Anpassungen des Produktdesigns oder der verwendeten Werkstoffe bereits beschritten haben. Dies umfasst neben der bei den flexiblen Steinschlagschutzbarrieren viel diskutierten Fragestellung des zulässigen Randspaltes zwischen Netz und

Stütze bei Randfeldern und Reihenunterbrechungen vgl. 6.2.7.6 der Norm aber auch die für alle eingesetzten Komponenten zu beantwortende Frage der Lebensdauer und damit insbesondere den Themenbereich Korrosionsschutz.

Das Regelwerk entfaltet allerdings erst mit der Umsetzung in aktuellen Ausschreibungen oder dem Eingang in generelle Standardanforderungen seine Wirkung. In diesem Zusammenhang spielt die ÖBB (Österreichische Bundesbahnen) eine herausgehobene Rolle.

Umsetzungsdruck der Auftraggeberseite: der Kriterienkatalog der ÖBB

Bereits im Verlauf der Erarbeitung der ONR 24810:2013 also noch vor deren abschließenden Veröffentlichung hat die ÖBB in Anlehnung an die wesentlichen Inhalte des Normentwurfes unter dem Titel: „Kriterienkatalog der ÖBB-Infrastruktur AG über die Eignung von Steinschlagschutznetzen sowie von Schutznetz-Sonderkonstruktionen“ einen eigenen Kriterienkatalog herausgegeben, der sich rasch zu einer bindenden Voraussetzung für die Bewertung und Vergabe von Aufträgen im Wirkungsbereich der ÖBB entwickelte. Somit hat die ÖBB hier als maßgeblicher Auftraggeber eine Pionierrolle übernommen, die Anforderungen schnell und flächendeckend umzusetzen.

Kriterienkatalog v 1.0.2
Steinschlagschutznetze/Schutznetz-Sonderkonstruktionen



Kriterienkatalog der ÖBB-Infrastruktur AG über die Eignung von Steinschlagschutznetzen sowie von Schutznetz-Sonderkonstruktionen

Erstellungsdatum: 2012-03-30

Version: 1.0.2

Während ein einzelnes Planungsbüro bei der Bewertung der Sicherungsmaßnahmen im konkreten Einzelfall außerhalb des ÖBB Wirkungskreises einen gewissen Ermessensspielraum hat, welche der in der Norm aufgeführten Anforderungen es in welcher Ausprägung für die Formulierung der Ausschreibung heranziehen möchte, legt der Kriterienkatalog der ÖBB hier klare Mindestanforderungen fest. Auch bei den im Kriterienkatalog aufgeführten Zusatzanforderungen werden Festlegungen getroffen, die in Teilen sogar weit über die Anforderungen der Norm hinaus gehen. Dies betrifft unter anderem die Forderungen nach einem absoluten zulässigen Randspalt-Maß im Gegensatz zu den prozentualen Vorgaben der Norm aber auch eine längere Lebensdauererwartung.

13 Kriterienkatalog Eignung Steinschlagschutznetze zum Schutz von Objekten der Schadensfolgeklasse CC3

Darüber hinausgehend werden auf Grund der für Bahnstrecken maßgeblichen hohen Schadensfolgeklasse CC3 gemäß ON EN 1990 für beaufschlagte Netzreihen folgende Nachweise gefordert:

1. Restnutzhöhe $\geq 50\%$ (Restnutzhöhenklasse A ist zwingend erforderlich)
2. Kein Bruch des Primärnetzes, der Trag- oder Bodenseile oder Abspannungen oder deren Teilquerschnitte (Litzen). Einzeldrähte sofern es sich nicht um komplette Litzen handelt, dürfen brechen.
3. Keine Bildung von seitlichen Netzöffnungen nach dem Lastfall mit maximalem Horizontalabstand Stütze/Netz $\geq 0,2\text{m}$. Für den Fall dass sich dauerhafte seitliche Öffnungen zwischen Netz und Randstütze $\geq 0,2\text{m}$ ausschließlich im Randfeld ergeben, muss eine Verlängerung der Netzreihe oder eine Abdeckung durch Schleppnetze angeboten werden. Ihre Eignung ist mittels 1:1 Versuchen nachzuweisen.
4. Keine Bildung von Öffnungen zwischen Primärnetz und oberem Tragsseil mit einem Vertikalabstand $\geq 0,2\text{ m}$ auf dem Niveau unterhalb der Restnutzhöhe nach dem Lastfall. Für den Fall, dass sich dauerhafte Öffnungen zwischen Netz und oberem Tragsseil ergeben, muss eine Abdeckung durch Schleppnetze angeboten werden. Ihre Eignung ist mittels 1:1 Versuchen nachzuweisen.
5. Keine Bildung von Öffnungen zwischen Primärnetz, dem unteren Tragsseil sowie dem Untergrund mit einem Vertikalabstand $\geq 0,2\text{ m}$. Für den Fall, dass sich dauerhafte Öffnungen zwischen Netz, dem unteren Tragsseil sowie dem Untergrund ergeben, muss eine Abdeckung durch Sacknetze angeboten werden. Ihre Eignung ist mittels 1:1 Versuchen nachzuweisen.
6. Nahtseile, Befestigung des Primärnetzes an den Tragsseilen: Ein Bruch der Verbindung ist nicht zulässig.

Diese Anforderungen 1 bis 6 können durch einen Nachweis der Eignung über eine Europäische Technische Zulassung gem. ETAG 027 oder durch gleichwertige 1:1 Versuche gemäß Kapitel 3.2 erfolgen.

Die ÖBB in ihrer Rolle als Multiplikator beschleunigt hier maßgeblich die Umsetzungsgeschwindigkeit und somit auch den Innovationsdruck auf die Hersteller in Richtung der Entwicklung nachhaltiger Steinschlagschutzsysteme mit besserer Performance und optimiertem Korrosionsschutz.

Alternative Strategie Zulassung: das Konzept der Deutschen Bahn

Die Deutsche Bahn setzt bei der Eignungsfeststellung von Produkten für Anwendungen der Bahn auf die Strategie von Zulassungen. Nahezu alle eingesetzten Produkte, darunter auch ein Großteil der Geokunststoffe müssen sich dem regelmäßig wiederkehrenden Prozess einer HPQ (Herstellerbezogener Produktqualifikation) unterziehen.

Die herstellerbezogene Produktqualifikation (HPQ) ist Teil der Qualitätspolitik der Deutschen Bahn AG und besteht aus einer Betriebsbewertung und der Untersuchung von Produkten in externen durch die Bahn akkreditierten Prüflabors. Eine HPQ hat eine Gültigkeitsdauer abhängig vom Produkt von 1-2 Jahren.

Für den Bereich der Hangvernetzungen ist das Eisenbahnbundesamt EBA zuständig. Voraussetzung für die Erteilung einer EBA Zulassung sind umfangreiche Prüfungen in einem durch die Bahn akkreditierten Prüflabor, eine umfangreiche Dokumentation und Systembeschreibung sowie die detaillierte Erläuterung der zugrundeliegenden Bemessungssoftware, die vor Freigabe von einem externen Gutachter geprüft wird. Die EBA Zulassung ist nach Erteilung für 5 Jahre gültig.

 **Eisenbahn-Bundesamt**

Zentrale

Betreff: Zulassung für das Böschungsstabilisierungssystem Steelgrid HR 30

Bezug:

Anlagen:

1. Übereinstimmungskennzeichen des EBA	5. Installationsdetails 01
2. Technische Daten	6. Installationsdetails 02
3. Ankerplatte	7. Nachweis/Bemessung des Geflechtes
4. Laplink Nr. 7	

Sehr geehrte Damen und Herren,

mit o. g. Schreiben beantragten Sie die Zulassung für das Böschungsstabilisierungssystem Steelgrid HR 30 für den Einsatz bei den Eisenbahnen des Bundes.

Hierzu ergeht folgender

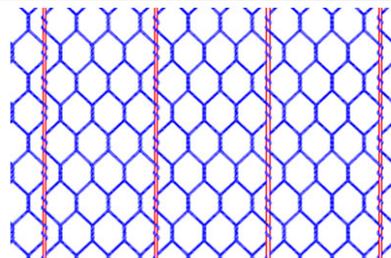
Bescheid:

I. Ich erteile die Zulassung zur Betriebsprobung für das Böschungsstabilisierungssystem Steelgrid HR 30 für den Einsatz bei den Eisenbahnen des Bundes.

Die Zulassung ist befristet bis zum 31.05.2019.

Diese Zulassung hat 13 Seiten und 7 Anlagen und darf nur vollständig verwendet werden.

Die Zulassung umfasst nicht die Prüfung und Bewertung von Umweltschutzbelangen.







Im Gegensatz zu Österreich wo ein Hersteller nach erfolgter Weiterentwicklung der Produkte und entsprechender Vorlage der Prüfberichte den Nachweis der Erfüllung des Kriterienkatalogs verhältnismäßig schnell führen kann und dann unmittelbar bei aktuellen Ausschreibungen Berücksichtigung findet, führt in Deutschland der Weg in ein Projekt der Deutschen Bahn ohne entsprechende Zulassung nur über die sogenannte Zulassung im Einzelfall - ZiE. Die ZiE ist allerdings so aufwendig und zeitintensiv, dass eine Berücksichtigung bei einer konkreten Ausschreibung schon allein aus Zeitgründen in aller Regel aussichtslos ist.

Zudem sind die Fachexperten beim Eisenbahnbundesamt aufgrund der Fülle an Anträgen auf EBA Zulassungen sehr stark belastet. Um dennoch die hohe fachliche Qualität bei der Bearbeitung der Anträge sicherzustellen, entstehen so längere Bearbeitungsdauern - oder genauer: Vorlaufzeiten bis zur Bearbeitung - ohne Verschulden der handelnden Fachexperten.

Kommt jetzt Bewegung in den Markt der Steinschlagschutzlösungen? Aktueller Status

Als einer der führenden Hersteller von Steinschlagschutzlösungen erfüllt MACCAFERRI den Kriterienkatalog der ÖBB und hat für das Hangvernetzungssystem STEELGRID HR die EBA Zulassung erhalten.

Kempfert + Partner Geotechnik



Beratende Ingenieure

Kempfert Geotechnik GmbH
Höfbergstraße 28 a
97082 Würzburg

Fon: 0939 79693-0
Fax: 0939 79693-20
Mail: wko@kp-geo.de

Geschäftsführer
Dr.-Ing. Marc Raithel

Registergericht
Amtsgericht Würzburg
HRB 15090

Ust.-Id.Nr.: DE211884108

Arbeitspunkte

- Erkunden
- Beraten
- Planen
- Überwachen
- Prüfen
- Messen

Standorte

- Konstanz
- Würzburg
- Hamburg

Partner

- Dr.-Ing. U. Bamber
- Ulrich Prof. Dr. G. H. Ing.
- U.-G. Kempfert

Gutachterliche Stellungnahme

(Bericht Nr. 1)

Bewertung des Nachweisverfahrens zur Bemessung des Maschensystems Maccaferri Steelgrid HR 30

bearbeitet im Auftrag

Eisenbahn-Bundesamt
Zentrale Bonn / Büro München
Arnulfstr. 9/11
80335 München

über

MACCAFERRI Deutschland GmbH
Kurfürstendamm 226
10719 Berlin

Die erforderlichen Prüfungen wurden auf einer 3m x 3m großen Prüfeinrichtung des Labors der TU Cottbus unter Federführung des von der Deutschen Bahn akkreditierten Gutachters Prof.-Dr. Wichter erfolgreich durchgeführt.

Chair for Soil Mechanics and
Ground Engineering / Geotechnics

Prof. Dr.-Ing. L. Wichter

BTU Cottbus - P.O. Box 10 13 44 - D-03013 Cottbus

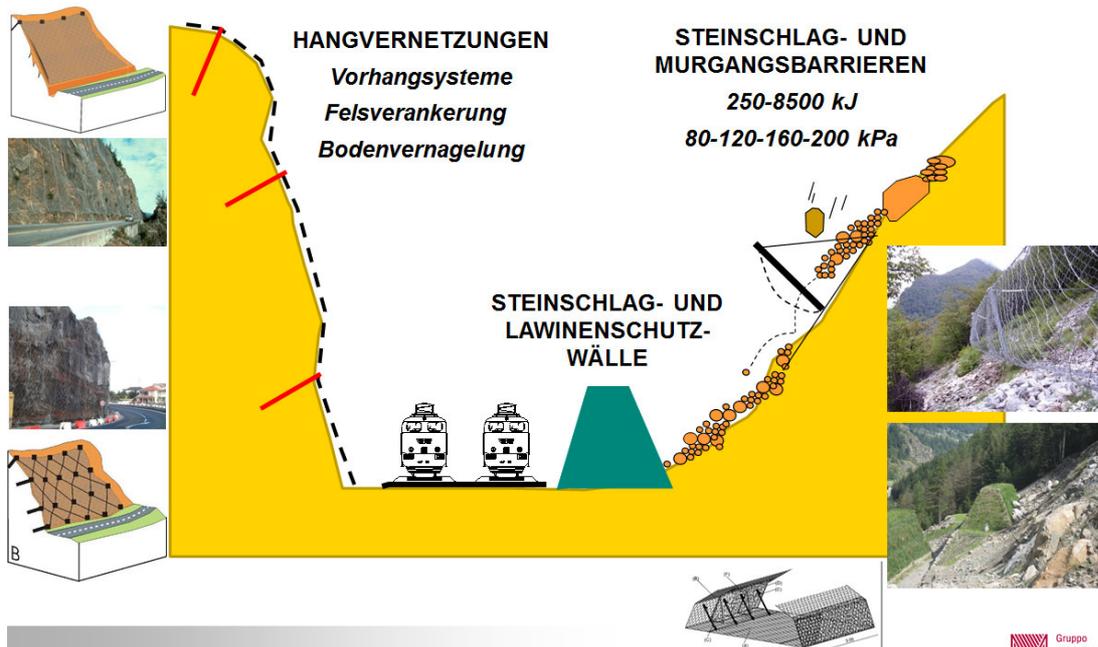


Berlin

Tensile Testing on Wire Mesh with Longitudinal Ropes;
MAC.RO.SYSTEM - STEELGRID HR 30

Die Bemessungssoftware MacRo1 wurde durch das Ingenieurbüro Prof. Dr. Kempfert & Partner aus Würzburg unter Leitung von Herrn Dr. Raithel evaluiert.

Die gesamte Bandbreite an Hangsicherungskonzepten von der Vernetzung über flexible Barrieren bis hin zu Steinschlagschuttdämmen wird abgedeckt.



Fangnetz-Struktur (Funktionsmodul)

Halte-Struktur (Stützen)

Verbindungskomponenten (Seile, Schakel, Klemmen...)

Bremselemente

FALLSTUDIE

Dichte: 19 kN/m³
Reibungswinkel: 35° (Mohr-Coulomb)
Kohäsion: 0 kPa (Mohr-Coulomb)
Poissanzahl: 0.30
Elastizitätsmodul: 75-90-110 MPa

Volumen: 6 m³
Masse: 15.000 kg
Geschwindigkeit: 20 m/s
Energie: 3.000 kJ

Verankerung (ACHTUNG: nicht Teil des ETAG-Kits)

Impact time: 0.00, 0.05, 0.10 e 0.15 sec

Elastizitätsmodul [kPa]	Einschlag Bergseite [m]	Abrutschen Talseite [m]
75000	0.74	0.17
90000	0.71	0.07
110000	0.62	0.17

Im Bereich des Korrosionsschutzes bestätigt die ON EN 10233-3 für die polymerummantelten Stahldrahtgeflechte eine Lebensdauer auch unter aggressiven Umgebungsbedingungen C₃-C_X von 120 Jahren die weit über die Forderungen der ONR 24810:2013 hinausgeht.

EUROPEAN STANDARD
EN 10223-3
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

December 2013

ICS 77.140.65 Supersedes EN 10223-3:1997

Deutsche Fassung

**Stahldraht und Drahterzeugnisse für Zäune und Drahtgeflechte -
Teil 3: Stahldrahtgeflecht mit sechseckigen Maschen für
bauwirtschaftliche Zwecke**

Steel wire and wire products for fencing and netting - Part 3: Hexagonal steel wire mesh products for civil engineering purposes
Fils et produits treillis en acier pour clôtures et grillages - Partie 3: Produits en grille à mailles hexagonales en acier pour applications industrielles

Dieser Europäische Norm-Entwurf wird den CEN-Mitgliedern zur formellen Abstimmung vorgelegt. Er wurde vom Technischen Komitee EC105/TC 106 erstellt.
Wenn aus diesem Norm-Entwurf eine Europäische Norm wird, sind die CEN-Mitglieder gehalten, die CEN-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.
Diese Norm-Entwürfe sind die Eigentum der CEN. Wenn sie in andere Sprachen übersetzt werden, ist die CEN für die Genauigkeit der Übersetzung nicht verantwortlich.
CEN Rep. den 1 Tisch
Die E und I sind
War vorge

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

ÖNORM EN 10223-3: 2014
DIN EN 10223-3:2014

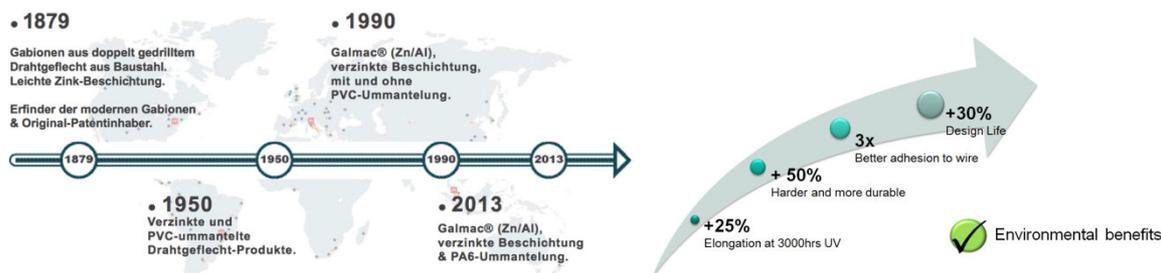
NEUE THEMEN

Tabelle A.1 — Beschreibung der Umgebung am Einsatzort und Anforderungen an Beschichtung/Überzug des Drahtes

Umgebungslevel am Einsatzort ^a (nach EN ISO 9223:2012, Tabelle 4)	Beschichtungs- material aus Kunststoff	Überzug	Klasse ^b (EN 10244-2)	Angemessene Gebrauchs- dauer des Erzeugnisses (Jahr)
Geringe Aggressivität: (C2) Trockene Bedingungen Gemäßigte Klimazone, atmosphärische Umgebung mit geringer Luftverunreinigung, z. B.: ländliche Gebiete, kleine Städte (über 100 m über dem Meeresspiegel), Trockene oder kalte Klimazone, atmosphärische Umgebung mit kurzzeitiger Feuchtigkeit, z. B.: Wüsten, subarktische Gebiete.	—	Zink	A	25
	—	Zn95%/Al5%- Legierung	A	> 50
Mittlere Aggressivität: (C3) Trockene Bedingungen	—	Zink	A	10
	—	Zn95%/Al5%- Legierung	A	25
Gemäßigte Klimazone, atmosphärische Umgebung mit mäßiger Luftverunreinigung oder mit geringer Beeinflussung durch Chloride, z. B.: Stadtgebiete, Küstenbereiche mit geringen Ablagerungen von Chloriden, z. B.: subtropische und tropische Klimazone, Atmosphäre mit geringer Verunreinigung.	—	Zn90%/Al10%- Legierung	A	> 50
	Polyvinylchlorid (PVC)	Zn95%/Al5%- Legierung	A	> 120
	Polyamid (PA6)	E	E	120
	Polyvinylchlorid (PVC)	Zn90%/Al10%- Legierung	A	> 120
	Polyamid (PA6)	E	E	> 120
	Polyamid (PA6)	E	E	> 120

Eine neue Generation mit einer Polymerummantelung aus PA6 bestätigt weitere deutliche Verbesserungen des Korrosionsschutzes (3 x bessere Adhesion, Dehnung nach UV Beanspruchung 25% verbessert, 50 % härtere Oberfläche, 30 % höhere Ergebnis beim beschleunigten Alterungstest = längere Lebensdauer)

Zeitstrahl Beschichtungsgenerationen



Die einzelnen Lösungskonzepte und die Details zu den Produkteigenschaften werden im Folienvortrag weiter ausgeführt.

Donnerstag 16. Oktober 2014

12:00-12:30

Freispiegelleitung Gemeinde Klosters – Serneus Geophysikalische Untersuchung 2013

Jochen Fiseli, Albin Kretz, Felix Rüegg
GEOTEST AG, Zürich

Einleitung

Eine bestehende Kanalisation in der Gemeinde Klosters soll durch eine neue, 1230 m lange Leitung ersetzt werden. Diese soll mittels einer gesteuerten Horizontalbohrung mit einem Durchmesser von ca. 40 cm als Freispiegelleitung mit ca. 3 % Gefälle erstellt werden.

Der Projektperimeter der geplanten Kanalisationsleitung befindet sich im unteren Teil des vom Talbach geschütteten Mur- und Bachschuttfächers zum Fluss Landquart. Die geplante Leitung verläuft auf der gesamten Strecke im Lockergestein. Der mächtige Talbachschuttfächer besteht aus überwiegend kristallinen Komponenten mit mässig bis stark sandigem, siltigem Kies und Steinen sowie Blöcken bis ca. 1 m³. Dazwischen sind feinkörnige, siltige und sandige Schichten eingelagert.

Zur Projektierung der Horizontalbohrung sind detaillierte Kenntnisse über die Art und den Schichtaufbau des Untergrundes notwendig. Insbesondere Blöcke mit einem Durchmesser in der Grössenordnung des Bohrlochdurchmessers (ca. 40 cm) können die Bohrarbeiten erschweren oder sogar verunmöglichen. Des Weiteren muss das Bohrwerkzeug auf die zu erwartenden Eigenschaften des Untergrundes angepasst werden. Genaue Kenntnisse über den räumlichen Schichtaufbau des Untergrundes erlauben es, die Linienführung zu optimieren und ausführungstechnische Risiken abzuschätzen. Schichten mit einer hohen Lagerungsdichte sind dabei zu bevorzugen. Deshalb soll abgeklärt werden, ob im Bereich der gerichteten Bohrung für die geplante Freispiegelleitung mit einzelnen Blockschuttlagen, Blockeinschaltungen oder sehr feinkörnigen und locker gelagerten Lagen gerechnet werden muss. Ziel ist es diese Lagen bis in eine Tiefe von ca. 30 m unter der Geländeoberkante aufzufinden und darzustellen, so dass ungünstige geologische Verhältnisse für die Bohrung möglichst genau bestimmt werden können.

Für die Projektierung und Realisierung einer gesteuerten Horizontalbohrung im Lockergestein sind neben den hydrogeologischen Verhältnissen insbesondere folgende Punkte relevant:

Art des Lockergesteins:

Die Standfestigkeit des Untergrundes resp. des Bohrlochs hat einen wesentlichen Einfluss auf die Realisierbarkeit einer gesteuerten Horizontalbohrung. Die Standfestigkeit wird einerseits durch die Zusammensetzung und andererseits durch die Lagerungsdichte resp. Konsistenz des Lockergesteins bestimmt. Dicht gelagerte Kiessande und hartes Moränenmaterial sind daher als günstig einzustufen, während Sand-, Silt- und Tonlagen problematisch sind.

Blöcke:

Werden Grossblöcke schräg angebohrt, so kann dies zu einer Ablenkung des Bohrkopfs führen und die Richtung der Bohrung muss korrigiert werden. Blöcke mit einem Durchmesser im Bereich des Bohrlochdurchmessers (ca. 40 – 70 cm) können aus der Firste des Bohrloches ausbrechen und das Bohrloch blockieren. Sie müssen dann erneut durchbohrt werden, was zu einem erheblichen Mehraufwand bei den Bohrarbeiten führen kann.

Räumlicher Schichtaufbau:

Der räumliche Schichtaufbau bestimmt das Auftreten und die Häufigkeit von möglichen Problemzonen. Durch die Kenntnis über den räumlichen Aufbau des Untergrundes kann die Linienführung optimiert werden und es können die ausführungstechnischen Risiken abgeschätzt werden. Aus diesem Grund sollte der Schichtaufbau möglichst genau bekannt sein.

Vorgehenskonzept

Wegen der möglichen Beeinflussungen durch die Rhätische-Bahnlinie (RhB) und Werkleitungen waren die Aussagekraft der geophysikalischen Messungen und die Interpretationsgenauigkeit nicht eindeutig vorhersehbar. Es wurde daher ein schrittweises Vorgehen mit einzelnen Untersuchungsphasen gewählt. Die einzelnen Untersuchungsphasen wurden in Absprache mit der Bauherrschaft und dem projektierenden Ingenieur schrittweise ausgelöst.

In einer ersten Phase wurden alle verfügbaren Grundlagen aus Archiven beschafft und ausgewertet. Anhand dieser Daten wurde ein grobes geologisches Modell erarbeitet. Basierend auf diesem Modell wurden die weiteren Untersuchungen optimiert und deren Kosten beziffert.

Phase 2: Test geophysikalische Untersuchungen und erste Kernbohrungen

Aufgrund der Eigenschaften der Lockergesteinsschichten sind Kontraste in der Wellengeschwindigkeit resp. beim spezifischen elektrischen Widerstand unter Umständen nur sehr schwer erkennbar. Aus diesem Grund wurden die Möglichkeiten der Seismik, Geoelektrik und Crosshole-Tomographie auf einem Testabschnitt ausgelotet. Dadurch konnte abgeklärt werden ob sich zwischen den Methoden Synergien ergeben und welche Methode im jeweiligen Projektabschnitt am besten geeignet ist.

Dazu wurden zuerst seismische und geoelektrische Profile mit jeweils einer Länge von ca. 240 m aufgenommen und ausgewertet. Gleichzeitig wurden 2 Rotationskernbohrungen mit einer Tiefe von 24 m in einem Abstand von ca. 25 m ausgeführt. Zwischen den Bohrungen wurde der Untergrund mittels Crosshole-Tomographie durchleuchtet. Anhand der Resultate des Testabschnittes wurde das Untersuchungskonzept inkl. der genauen Kosten für die Untersuchungsphase 3 erarbeitet.

Phase 3: Kernbohrungen und geophysikalische Untersuchungen

Die Resultate der Untersuchungsphase 2 zeigten, dass für die vorliegende Fragestellung vor allem der refraktionstomographische Teil der hochauflösenden Hybridseismik sowie die Crosshole-Tomographie am besten geeignet ist. Die Anwendung von Geoelektrik erwies sich aufgrund der Randbedingungen (RhB-Linie, Leitungen, etc.) als nicht zuverlässig. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde im gesamten Abschnitt ein seismisches Längenprofil aufgenommen. Zusätzlich wurden insgesamt 6 Querprofile erhoben, um die räumlichen geologischen Verhältnisse besser erfassen zu können. Dadurch können bei

eventuell auftretenden geologischen Hindernissen im geplanten Projektperimeter verschiedene horizontale Ausweichvarianten für die gerichtete Bohrung aufgezeigt werden.

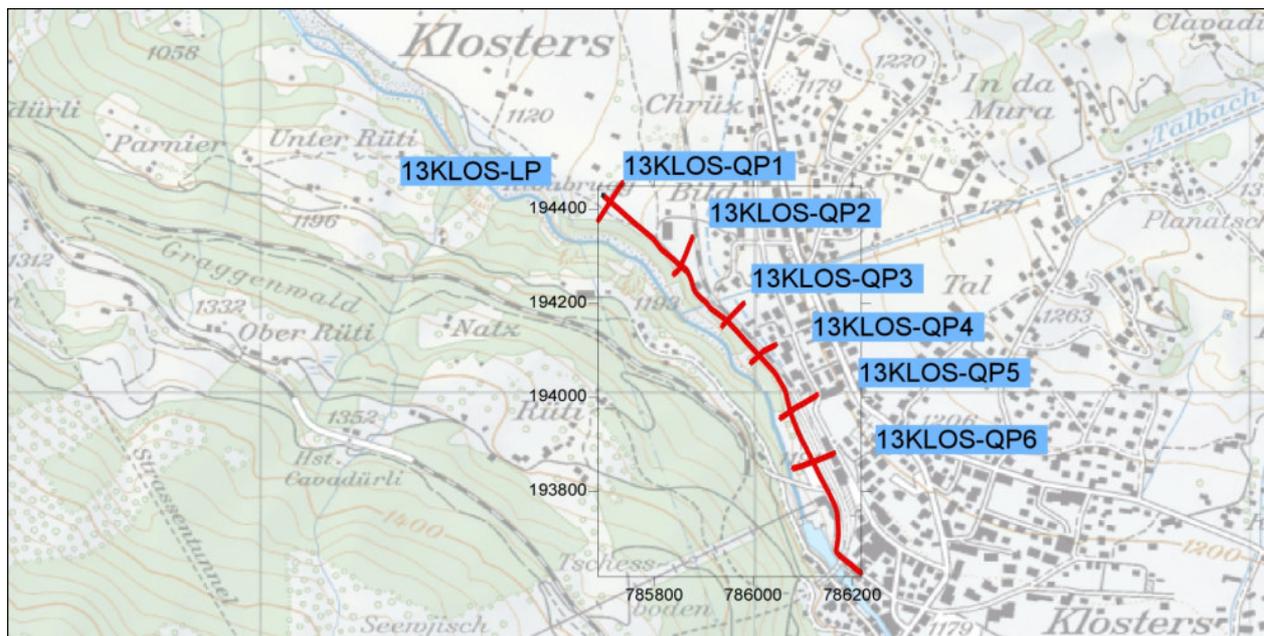


Abb. 1: Übersicht über die hybridseismischen Profile entlang der geplanten Freispiegelleitung. (Kartengrundlage des Geoportals der kantonalen Verwaltung, Graubünden).

Da die Seismik im Siedlungsgebiet durch Fundamente und Leitungen beeinflusst wird, wurden im östlichen Abschnitt bis zum geplanten Zielschacht der Freispiegelleitung 3 Crosshole-Tomographie-Messungen durchgeführt. Dazu wurden 4 Kernbohrungen bis auf das Niveau der Freispiegelleitung (15 – 25 m Tiefe) abgeteuft, mit 3" PVC-Rohren ausgebaut und mit Zement-Bentonit hinterfüllt.

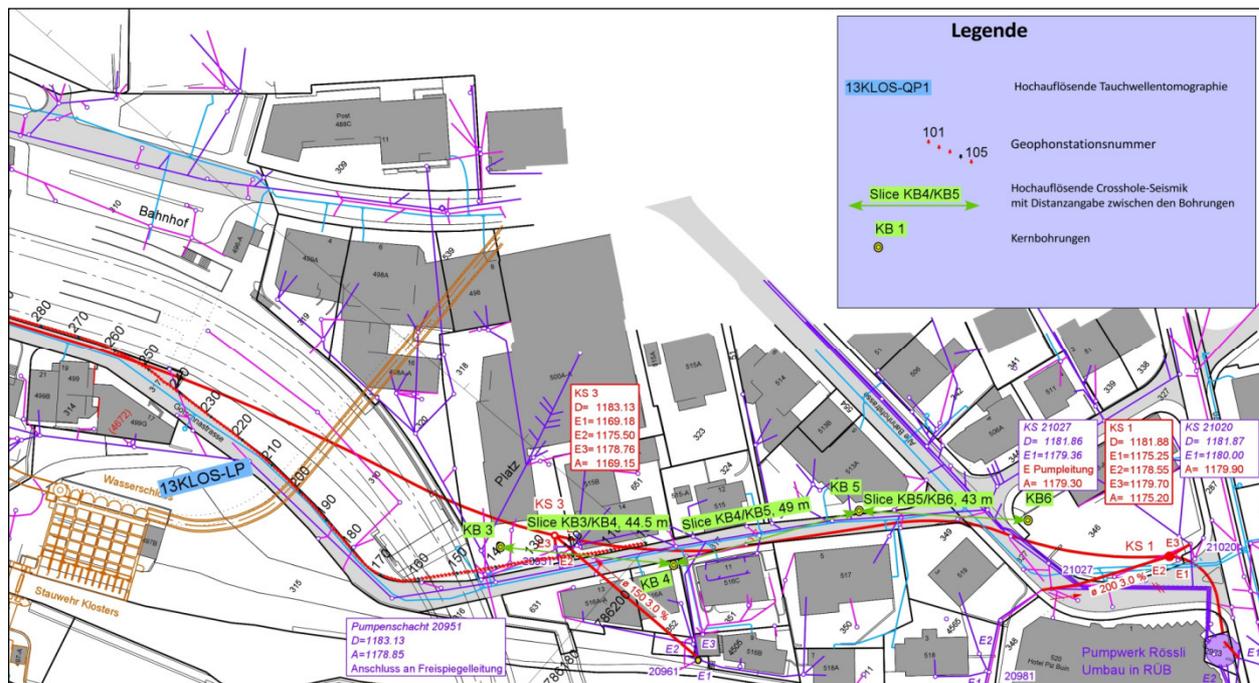


Abb. 2: Übersicht über die Lage der Crosshole-Tomographie-Messungen im Bereich des Dorfes.

Hybridseismik

In der reflexionsseismischen Sektion des Längsprofils ist der strukturelle Aufbau des geologischen Schichtenbaus angezeigt. Die seismischen Geschwindigkeiten des überlagerten refraktionstomographischen Geschwindigkeitsfeldes sind als das direkte Mass für die Gesteinsfestigkeit zu verstehen, verhalten sich sozusagen direkt proportional zur Gesteinsfestigkeit und werden in einem 2D farbcodierten Geschwindigkeitsfeld dargestellt. Die aus der hybridseismischen Sektion gewonnenen Erkenntnisse beschränken sich im Ablagerungsmilieu vor allem auf die Darstellung der Lagerungsdichte der Lockergesteine.

Die Grenze zwischen den meist homogen abgelagerten Lockergesteinen und den zu erwartenden einzelnen eingeschalteten, aufgelockerten (Block-)Schuttlinsen ist mit gestrichelten Linien eingezeichnet. Die Stärke der Geschwindigkeitsinversionen variiert nur teilweise so stark, dass eine klare Ausscheidung verschiedener Lockergesteinsausprägungen rein aus der hybridseismischen Sektion möglich ist (Abb. 3). Dies hängt vor allem mit den vorgefundenen geringen Schallhärtekontrasten der einzelnen oberflächennahen Lockergesteinsschichten zusammen.

Insgesamt lässt sich die Zuverlässigkeit betreffend des Verlaufs und der Tiefenlage der im Lockergestein aufgefundenen Geschwindigkeitsinversionen rein unter Betrachtung der Ausbreitungsgeschwindigkeiten im refraktionstomographischen Geschwindigkeitsfeld sowie der reflexionsseismischen Sektion nur schwierig beurteilen. Deshalb wurde zur Sicherung der Aussagekräftigkeit verstärkt der Verlauf der lokalen refraktionstomographischen Wellenstrahlendichte herbeigezogen.

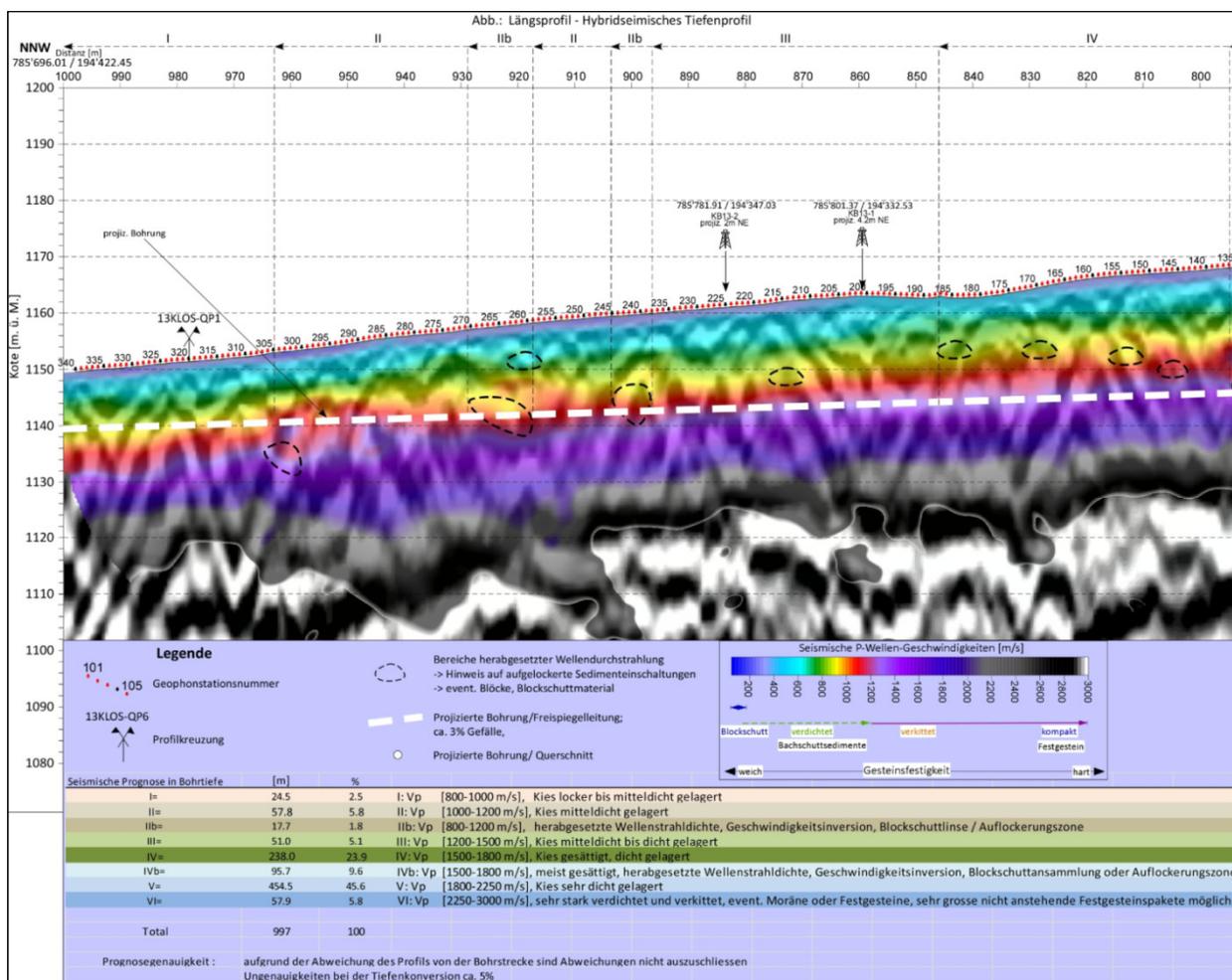


Abb. 3: Hybridseismische Sektion eines Profilausschnitts des Längsprofils.

Die lokale refraktionstomographische Wellenstrahldichte

Die lokale refraktionstomographische Wellenstrahldichte ist das Maß für die Anzahl der Wellenstrahlen pro Einheitsfläche. Sie stellt die Intensität der Schallwellenbündelung an akustischen Grenzflächen dar und wird pro Quadratmeter gemessen. Hartes Gestein, mit hohen Ausbreitungsgeschwindigkeiten, bindet in einer Art Anziehungskraft Kopf-Schallwellen an sich. Dies wird deutlich durch die Tatsache, dass Kopf-Schallwellen zwischen zwei Punkten stets den zeitlich kürzesten Weg wählen und nicht unbedingt den räumlich kürzesten. Sie ist ein wichtiges Hilfsmittel zur Abschätzung der Größe des Schallhärtekontrastes und somit zur Identifizierung und Festlegung des Verlaufs von geologischen Schichtgrenzen. Die lokale refraktionstomographische Wellenstrahldichte ermöglicht so eine genauere Analyse des horizontalen- und vertikalen Ablagerungsmilieus, da die Dichte der Wellendurchstrahlung bei qualitativ guten und quantitativ sehr großen Datenmengen den Verlauf der Wellendurchstrahlung hochauflösend visualisiert. Aufgrund der geringeren Datendichte und der begrenzt zur Verfügung stehenden Energie nimmt die Wellenstrahldichte gegen die seitlichen und unteren Ränder ab.

Ändert sich also die Wellendurchstrahlung pro Quadratmeter relativ zu seinem Umgebungsgestein, so lässt sich darauf rückschließen, dass ein Schallhärtekontrast zum Umgebungsgestein eine Materialänderung anzeigt, ob zum weicheren oder härteren Material. Da Auflockerungshorizonte mit groben Blockschutteinlagerungen oder -ansammlungen eine Herabsetzung der Wellendurchstrahlung zur Folge haben sollten, können diese Bereiche als sogenannte verborgene Schichten (hidden-layers) erkannt werden und gegenüber der umgebenden Lockergesteinsmasse ausgeschieden werden. Dabei markiert die gestrichelte Linie kleinräumige Bereiche, in denen auch die größte seismische Geschwindigkeitsänderung (Geschwindigkeitsinversionen) relativ zum Umgebungsgestein zu beobachten ist.

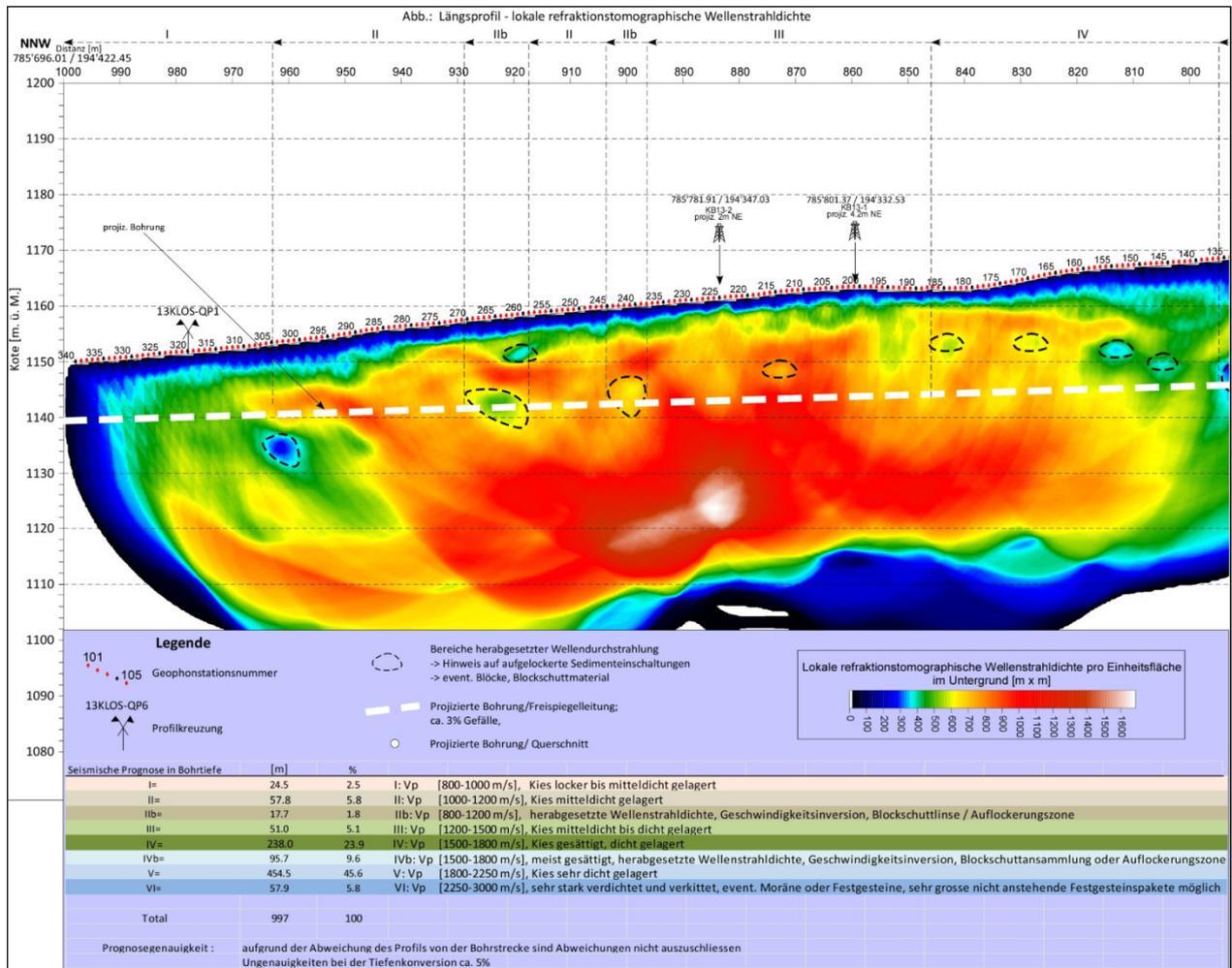


Abb. 4: Das farbcodierte 2D-Wellenstrahlendichte-Feld zeigt in einer relativ homogen ausgeprägten Lockergesteinsmasse Bereiche (gestrichelte Linie) mit deutlich herabgesetzter Wellenstrahlendichte.

Die lokale refraktionstomographische Wellenstrahlendichte liefert in einigen Abschnitten der hybridseismischen Profile den ausschlaggebenden Entscheid für die Beurteilung der Lokalisierung von Auflockerungslinsen mit größeren (Block-)Schutteinlagerungen. Die reflexionsseismischen Resultate wirken abschnittsweise unterstützend.

Crosshole-Tomographie

Komplizierte Randbedingungen, wie zum Beispiel der zu erwartende komplexe Lockergesteinsaufbau sowie störende Einflüsse aus bestehender Infrastruktur, im Dorfzentrum von Klosters, erforderten die kombinierte Anwendung von hochauflösender Hybrid- und Crosshole – Seismik.

Die Crosshole-Tomographie stellt ein geophysikalisches Verfahren zur flächenhaften Erkundung des Untergrundes zwischen Bohrungen dar. Dabei werden aus dem räumlich differenzierten Ausbreitungsverhalten von Schallwellen Aussagen über den Untergrundaufbau abgeleitet. Zur Anregung der Schallsignale wird eine seismische Quelle in einer Bohrung positioniert. In einer zweiten Bohrung werden mehrere Aufnehmer (Hydrophone) installiert. Durch die sukzessive Positionsänderung der Schallquelle und der Erfassung der Signale an allen Aufnehmern wird eine Mehrfachdurchstrahlung des Untergrundes mit sich überschneidenden Laufwegen erreicht. Für jede Schussposition wird die Laufzeit der seismischen Wellen für jeden Empfänger ermittelt und anhand eines mathematischen Rekonstruktionsalgorithmus ausgewertet. Dabei wird diejenige räumliche, zweidimensionale, Verteilung der seismischen Geschwindigkeit zwischen den Bohrungen ermittelt, die mit den Messwerten am besten übereinstimmt. Über Bohrkerninformationen lassen sich dann Rückschlüsse über den lithologischen Aufbau des Untergrundes ableiten.

Die Profilbeschreibung von Profil Slice KB3-KB4 entlang der Zieltiefe (Bohrperimeter)

Abbildung 5 zeigt das Resultat der ausgewerteten und interpretierten Crosshole-Tomographie-Messung. Zwischen der Bohrung KB4 und Profilmeter (Pm) 28 deuten sehr hohe Ausbreitungsgeschwindigkeiten von 1900 bis 2500 m/s auf durchwegs dicht bis sehr dicht gelagerte Kiese hin. Im weiteren Verlauf des Profils nehmen die Ausbreitungsgeschwindigkeiten bis auf 1600 m/s ab und betragen zwischen Pm 23.5 und Pm 21 nur noch rund 1200 m/s. In diesem kurzen Abschnitt ist davon auszugehen, dass eine Ansammlung größerer Gesteinsblöcke durchfahren wird. Ab Pm 21 nimmt die Ausbreitungsgeschwindigkeit wieder bis auf 2200 m/s deutlich zu und bleibt bis zur Bohrung KB3 auf dem Niveau von dicht bis sehr dicht gelagerten Bachschuttsedimenten ohne konkrete Hinweise auf weitere Blöcke oder Blockeinschaltungen.

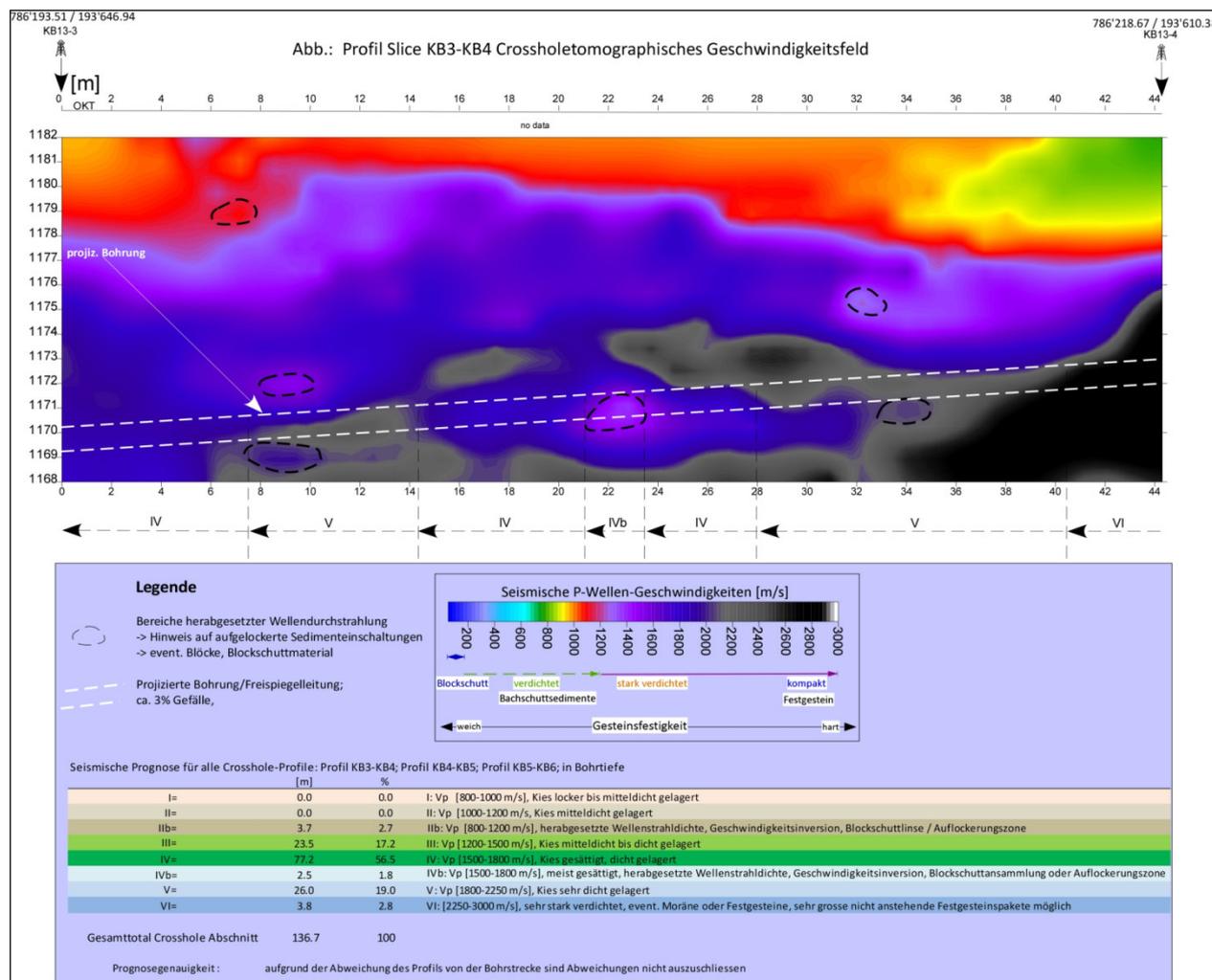


Abb. 5: Resultat der Crosshole-Tomographie Messung von Profil Slice KB3-KB4 im farbcodierten 2D Geschwindigkeitsfeld mit Interpretation und seismischer Prognose.

Prognose im Zieltiefenbereich entlang des Bohrperimeters

Anhand seismischer Eigenschaften der Gesteine wurde eine Prognose für den geplanten Bohrperimeter in der Zieltiefe ermittelt. Zur Referenzierung und Klassifizierung wurden die Resultate aller Kernbohrungen herangezogen.

Einbezogen wurden die Daten des Längsprofils der Hybridseismik sowie die Daten der Crosshole-Tomographie-Messungen im Dorf zwischen den Bohrungen KB3 und KB6 auf einer Gesamtstrecke von ca. 1134 m.

Die Prognose beinhaltet insgesamt 8 seismisch abgrenzbare geologische Lockergesteinsausprägungen. Diese können aus den ermittelten refractionstomographischen Ausbreitungsgeschwindigkeiten, dem Verlauf der lokalen refractionstomographischen Wellenstrahlendichte im Abschnitt des Längsprofils und den Crosshole-tomographischen Geschwindigkeitsfeldern zwischen den Bohrungen KB3 bis KB6 ausgeschieden werden:

- I: Vp [800-1000 m/s], Kies locker bis mitteldicht gelagert
- II: Vp [1000-1200 m/s], Kies mitteldicht gelagert
- IIb: Vp [800-1200 m/s], Blockschuttlinie / Auflockerungszone herabgesetzte Wellenstrahlendichte, Geschwindigkeitsinversion

- III: Vp [1200-1500 m/s], Kies mitteldicht bis dicht gelagert
 IV: Vp [1500-1800 m/s], Kies gesättigt, dicht gelagert
 IVb: Vp [1500-1800 m/s], Blockschuttansammlung oder Auflockerungszone meist gesättigt, herabgesetzte Wellenstrahldichte, Geschwindigkeitsinversion
 V: Vp [1800-2250 m/s], Kies sehr dicht gelagert
 IIb: Vp [2250-3000 m/s], sehr stark verdichtet, evtl. Moräne oder Festgesteine, sehr große nicht anstehende Festgesteinspakete möglich

Abschnitt	P - Wellengeschwindigkeit [m/s]	Lithologie	Seismische Prognose auf projektiertes Achse					
			Längsprofil		Crosshole Profile*		Bezogen auf Gesamtlänge 1230 m	
			[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
I	800-1000	Kiessand locker bis mitteldicht gelagert	24.5	2.5	0	0	24.5	2
II	1000-1200	Kiessand mitteldicht gelagert	57.8	5.8	0	0	57.8	4.7
IIb	800-1200 ^a	Blockschuttlinse / Auflockerungszone	17.7	1.8	3.7	2.7	21.4	1.7
III	1200-1500	Kiessand mitteldicht bis dicht gelagert	51	5.1	23.5	17.2	74.5	6.1
IV	1500-1800	Kiessand gesättigt, dicht gelagert	238	23.9	77.2	56.5	315.2	25.6
IVb	1500-1800 ^a	Blockschuttansammlung oder Auflockerungszone	95.7	9.6	2.5	1.8	98.2	8
V	1800-2250	Kiessand sehr dicht gelagert	454.5	45.6	26	19	480.5	39.1
VI	2250-3000	sehr stark verdichtet, evtl. Moräne oder Festgesteine, sehr grosse nicht anstehende Festgesteinspakete möglich	57.9	5.8	3.8	2.8	61.7	5
Total			997.1	100	136.7	100	1133.8	92.2

Tab.1: Zusammenstellung der Prognose entlang der Achse der projektierten Freispiegelleitung.

*Die Resultate des Testabschnittes sind im Längsprofil integriert. a: herabgesetzte Wellenstrahldichte, Geschwindigkeitsinversion

Zusammenfassung

- Nach einer Testphase mit verschiedenen geophysikalischen Methoden und zwei Kernbohrungen wurden mit hybridseismischen Untersuchungen und Crosshole-Tomographie-Messungen geprüft, ob im Variantenperimeter des geplanten Neubaus der Freispiegelleitung innerhalb der Lockergesteine mit Blöcken, Blockschuttlinen, Schwächezonen und Auflockerungshorizonten zu rechnen ist.
- Es wurde ein Längsprofil entlang des geplanten Bohrperimeters sowie sechs Querprofile mit einer Gesamtlänge von ca. 1560 m hybridseismisch aufgezeichnet, ausgewertet und interpretiert. Im Abschnitt zwischen der RhB-Brücke und dem projektierten Zielschacht wurden insgesamt 3 Crosshole-Tomographie-Messungen in 4 Kernbohrungen durchgeführt. Die Kernbohrungen dienten als wichtige Referenz zur Beurteilung und Einteilung der Lockergesteine.
- Anhand der Resultate wurde eine Prognose entlang der geplanten Freispiegelleitung erstellt. Rund 80 % der geplanten Leitung verläuft in mitteldicht bis sehr dicht gelagertem Kiessand. Auf rund 10 % der Strecke ist mit Blockschutt oder Auflockerungszonen und auf rund 10 % mit locker gelagertem Kiessand zu rechnen.
- Die Zuverlässigkeit der Aussagen betreffend Verlauf und Tiefenlage der ausgeschiedenen Schichten ist rein unter Betrachtung der Ausbreitungsgeschwindigkeiten im refraktionstomographischen Geschwindigkeitsfeld als schwierig zu beurteilen. Die Einbeziehung der lokalen refraktionstomographische Wellenstrahldichte liefert hierbei den ausschlaggebenden Entscheid, der für die Beurteilung der Lockergesteinsanalyse herangezogen wurde. Die reflexionsseismische Sektion wirkt hierbei abschnittsweise unterstützend.

Die Ausführung einer gesteuerten Horizontalbohrung ist aus geologisch-geophysikalischer Sicht möglich.

Donnerstag 16. Oktober 2014

14:00-14:30

Bodenerkundung, Geotechnischer Bericht – ÖN B 1997-2, ÖN EN 1997-2

Jörg Henzinger

Geotechnik Henzinger ZT, Grinzens

Seit 10 Jahren ist es zum Standard geworden, dass geotechnische Untersuchungen Teil der Planung sind und nicht erst in der Ausführungsphase durchgeführt werden. Das bedeutet, schon im Zuge der Planung ist der Untergrund so weit zu erkunden, dass die Planung selbst aber auch die Ausschreibung von Bauleistungen auf der Grundlage dieser Aufschlüsse durchgeführt werden kann. In diesem Bericht wird dargestellt, wie Erkundungen in der Planungsphase, Bauphase und möglicherweise in der Betriebsphase auszuführen sind und wie sie in einem Geotechnischen Bericht dokumentiert werden sollten. Grundlage dieser Planung sind die ÖN B 1997-2 und ÖN EN 1997-2.

In einem engen Zusammenhang mit der geotechnischen Planung steht die Überwachung geotechnischer Bauwerke. Diese Überwachung umfasst die Planung, die Ausführung und den Betrieb eines Bauwerkes. Es ist bekannt, dass eine Bodenerkundung durch Punktaufschlüsse erfolgt. Das heißt, dass wir es beim Boden nicht um einen homogenen, industriell hergestellten Baustoff zu tun haben. Eine laufende Überprüfung des angenommenen geotechnischen Modells, welches Grundlage der Planung ist, ist notwendig. Besonders die Gründungs- und Erdarbeiten bedürfen einer laufenden geotechnischen Überwachung und Anpassung der Baumaßnahmen an die tatsächlich vorliegenden Untergrundverhältnisse. Wie die Zuverlässigkeit geotechnischer Bauwerke erreicht werden kann, wird auf der Grundlage der ÖN EN 1990 beschrieben.

Donnerstag 16. Oktober 2014

14:30-15:00

Technische Normung, Parametergläubigkeit, Baugelogeische Verantwortung am Beispiel von drei Auslandsprojekten

J.R. Bertle und Heiner Bertle

GEOGNOS BERTLE, Technische Geologie Ziviltechniker GmbH

Für die Olympiade in Sochi 2014 wurden neben Autobahnen, Straßen, Bahnlinien, einem Flugplatz, Hotels, Stadien und Sportanlagen auch zahlreiche Seilbahnanlagen und Pisten errichtet.

Die Seilbahnanlagen und Pisten liegen im Südabfall des westlichen Hochkavkasus zum Schwarzen Meer zwischen Meereshöhe und knapp m 3.000 ü.M. Im Bereich der Olympiadeanlagen verbindet sich ein extremes Reliefpotential zwischen den Hangfüßen in der subtropischen Zone und den Gipfeln im Permafrostbereich mit extrem Jahresniederschlägen von über 1.950 mm Niederschlag pro Jahr, einer extrem hohen Erdbebenintensität mit Magnituden bis 7 und besonders schwierigen Untergrundverhältnissen.

Der hohe Kaukasus ist ein alpines Gebirge mit intensiv derzeit noch anhaltenden tektonischen Bewegungen. Die gefalteten Sedimente über dem präkambrischen Untergrund wurden im Palaeozoikum, Mesozoikum und Tertiär abgelagert und sind von zahlreichen granitischen und ultrabasischen Intrusionen durchdrungen. Diese Intrusionen und die Vulkanite reichen ebenso bis in das Holozän wie die rezent anhaltende starke Bruchtektonik mit Graben- und Horstbildungen.

Im Bereich der Olympiadeanlagen wird der Felsuntergrund überwiegend von Sandsteinen, Tonsteinen und Schluffsteinen des Jura und der Oberen Trias mit Laven, Lavenbreccien und Tuffiten sowie Porphyriten aufgebaut, in einem Teilbereich auch von verkarsteten Kalken der Kreide. Der Felsuntergrund wird von bis 100 m mächtigen Verwitterungsschwarten überlagert.

Als Folge dieser Kombination von extrem ungünstigen naturräumlichen Voraussetzungen ist ein großer Teil der Hänge im Projektgebiet in Massenbewegungen talwärts kriechend und gleitend. Die alten russischen festgeklemmten Lifte sind über große Strecken von Stütze zu Stütze mit Knicken gefahren. 2012 wurden wir eingeladen, zur grundsätzlichen Untergrund- und Gründungssituation Stellung zu nehmen. Die Verantwortung für den Untergrund lag beim staatlichen Auftraggeber, die Verantwortung für die Bahnanlagen beim Seilbahnanlagenlieferanten. Der als Unterlage für die Beurteilung zur Verfügung gestellte umfangreiche detaillierte Bericht über die ingenieurgeologischen Untersuchungen mit Dokumentation der Untersuchungen und der Arbeitsergebnisse wurde vom staatlichen geologisch-geotechnischen Institut ZAO „Kuban GeoStroj“ zur Verfügung gestellt. Für die Untersuchung wurde jeder einzelne Stützenstandort durch Bohrungen und Bodenprobenanalysen untersucht, Bodenbewertungen durchgeführt, eine Risikoanalyse ausgeführt und die Bodenparameter für die Bemessung zur Diskussion

gestellt. Die Untersuchung und Bewertung erfolgte nach strikten Normungen, die mit den Österreichischen bzw. Westeuropäischen vergleichbar sind. Als Folge der jahrzehntelangen Erziehung finden sich als Ergebnis der Untersuchung jedoch keine Festlegungen bezüglich Eignung der Standorte, Maßnahmen, Standsicherheitsbeurteilung. Die Verantwortung liegt daher bei den Laborergebnissen, nicht beim Gutachter. Im Zuge der Bauausführung werden die tatsächlich angetroffenen Untergrundverhältnisse durch neuerliche Beprobungen und Laboranalysen mit den ursprünglichen verglichen und gegebenenfalls bereits betonierte Fundamente wieder weggerissen bzw. erweitert.

Im Zuge der Errichtung der Anlagen sind im Herbst und Frühwinter 2013 als Folge starker Niederschläge neben anderen Anlagenteilen bei der Stütze 2 der 3 S-Bahn Rosa Khutor und bei der Stütze 4 der SBT Rosa Khutor stützenbestands-gefährdende Hangbewegungen eingetreten. In Hinblick auf die in wenigen Monaten bevorstehende Olympiade 2014 mussten in zunehmender Panik Sofortmaßnahmen ausgeführt werden. Die auf Pfählen gegründete Stütze der 3 S-Bahn konnte durch Wasserableit- und Sicherungsmaßnahmen im Unterhang in ihrem Bestand (wenigstens für die Dauer der Olympiade) erhalten werden. Die Stütze 4 der 4 SBT musste wegen der rasch fortschreitenden Abgleitung des Vorfußes neu errichtet werden. Die Gleitungen des Unterhanges und die Murbildungen durch die von oberliegenden Sportanlagen und einer Straße in den Unterhang abgeleiteten Niederschlagswässer haben unterliegende Stützen gefährdet und sind über Straßen bis in den Hauptbach am Hangfuß und zu den dortigen Gebäuden vorgedrungen.

In den letzten Tagen wurde in den Medien über die Eröffnung der zweiten Teillinie des städtischen Seilbahnnetzes in der Hauptstadt von Bolivien La Paz – El Alto berichtet. Mit der Errichtung dieser knapp 11 km langen städtischen Seilbahnanlage mit drei vernetzten Teilstrecken, 11 Stationen, und mit 10-Personen Kabinen einer Kapazität von 3.000 Personen / Stunde in jeder Richtung, wurde um ca. 180 Mio. € an den Weltmarktführer DOPPELMAYR GARAVENTA 2012 erteilt. Seit der Eröffnung der ersten Teillinie im Mai 2014 haben diese Linie bereits über 3 Mio. Fahrgäste im 17-Stundenbetrieb benutzt. Die nunmehr eröffnete Teillinie überwindet einen Höhenunterschied von 665 m zwischen den tieferen Teilen der Hauptstadt La Paz und dem Altiplano in El Alto. Diese beiden Städte haben zusammen über 2 Mio. Einwohner, für die sich die Fahrzeit zwischen den zwei Städten von über einer Stunde zu Stoßzeiten auf wenige Minuten verkürzt.

Auch in La Paz sind die naturräumlichen Gegebenheiten außerordentlich anspruchsvoll bzw. ungünstig. Das extreme Relief verbindet sich mit einer besonders hohen Erdbebengefährdung, verursacht durch die Unterschiebung der pazifischen Platte unter die südamerikanische Platte, mit einer anhaltend raschen Hebung der Anden und des Altiplano und mit einer besonders ungünstigen Untergrundsituation.

Die über 1000 m hohen und dicht besiedelten Steilhänge im Stadtgebiet von La Paz – El Alto werden ausschließlich von Grobschottern, kiesigen Sanden, sandigen Schluffen und wenigen Tufflagen aufgebaut. Diese Lockermassen wurden aus den aufsteigenden Östlichen Cordillieren auf den Zwischenhorst des Altiplano gegen die Westlichen Cordillieren teils terrestrisch, teils in Seen geschüttet. Auch Glazialablagerungen sind eingeschaltet. Die Stabilität dieser Lockermassen hängt wesentlich vom

Hangwasserstand in den Ablagerungen ab, die aus dem Altiplano einschließlich des Titicacasees her gespeist werden. Im Abstand von 3 – 7 Jahren erfolgen im Stadtgebiet größere Abgleitungen, die in der Vergangenheit bis zu mehrere 1000 Menschenleben, zuletzt im Jahre 2011 70 Menschenleben und 2011 8 Menschenleben gefordert haben.

Die baugelologisch-geotechnische Bearbeitung wurde in intensiven Geländebegehungen im Jänner 2013 sowie im Juni 2013 ausgeführt und beinhaltete für jede Stütze und Station die Beurteilung der Gleitungs- und Vermurungs- bzw. Steinschlagsicherheit, die Festlegung der erforderlichen Gründungstiefen und die Angabe der zulässigen Bodenpressung / des Erdwiderstandes sowie der erforderlichen Zusatzmaßnahmen. Die Beurteilung stützt sich auf die vorhandene Literatur, die Beurteilung des bestehenden Gebäudebestandes und die Befragung der örtlichen Geologen und Geotechniker. Dabei ergaben sich bereits erstaunliche Feststellungen:

Die seit Jahrzehnten in La Paz tätigen Geologen konnten nicht erklären, warum die teilweise überhängenden viele 10-er m hohen Steilwände im Lockermaterial über viele Jahre standsicher sind, obwohl von ihnen als Kohäsion 0 kN/m² und als innerer Reibungswinkel 30° bis 35° angegeben wurden.

In Bolivien und den angrenzenden Staaten sind keine Labors vorhanden, die Versuche zur Bestimmung der Kohäsion und des Scherwinkels ausführen können. Ebenso sind in Bolivien keine Großpfahlgeräte und keine Geräte für DSV-Säulen verfügbar. Terminbedingt war eine Probenahme und Analyse in Europa nicht möglich.

Der von der Regierung als Prüffingenieur eingesetzte in Deutschland ausgebildete Geotechniker hat in strikter Bindung an die bolivianischen, angelsächsischen und deutschen / europäischen Regelwerke darauf bestanden, dass bei jeder Stütze und jeder Station Sondierbohrungen abgeteuft sowie Standard-Penetrationsversuche ausgeführt wurden. Die Ergebnisse der SPT-Versuche wurden mit einer Vielzahl von Korrekturwerten in die maßgeblichen Bodenparameter umgerechnet. Diese Umrechnungen haben zulässige Bodenpressungen / charakteristische Werte des Erdwiderstandes ergeben, die bei der Hälfte bis zu weniger als einem Viertel der nach unseren Maßstäben ermittelten Werte liegen. Die ermittelten Werte stehen in völligem Widerspruch zu den örtlichen Gegebenheiten.

Da ohne die Bestätigung dieses Prüffingenieurs keine Freigabe der Bauarbeiten durch die Behörde zu erhalten war, mussten Fundamente mit teilweise mehrfach als erforderlich Betonkubaturen eingebaut werden. Auf der anderen Seite wurden die Anforderungen der Arbeitsplatzsicherung vernachlässigt bzw. nicht berücksichtigt.

In Vietnam, einem der fünf noch verbliebenen kommunistischen Staaten der Welt, errichtet ganz im Norden des Landes nahe der chinesischen Grenze ein privater Investor, einer der zahlreichen Millionäre dieses Landes, die SUN GROUP, von Sapa, einem Ferienort mit See auf m 1605 ü.M., aus eine 3 S-Bahn mit 30-Personen Kabinen, mit 5 Stützen auf einer schrägen Länge von 6,2 km und einem

Höhenunterschied von 1.400 m auf den über 3.140 m hohen Fansipan, den höchsten Gipfel Indochinas. Die Bahn soll den Ausflugstourismus in dieser Region fördern.

Naturräumlich wird der Projektbereich durch den großen Höhenunterschied mit außerordentlich steilen Hängen, die bis unter die Gipfelregion von tropischem Regenwald und in der Gipfelregion durch geschlossene Rhododendren-Zergbambusgebüsch Vegetation bestockt sind, durch den extremen Niederschlagsreichtum von fast 2.800 mm pro Jahr, durch eine hohe bis Stufe 8 nach Mercalli Sieberg reichende akute Seismizität und durch einen komplexen Untergrundaufbau bestimmt. Durch das Projektgebiet streicht eine Seitenstörung (Fiederstörung) des Red River Lineaments. An dieser Großstörungen wird der Indomalaysische Block gegenüber dem Südchinablock rechtsseitig in das chinesische Meer als Folge der Kollision der indischen Kontinentalplatte mit der asiatischen Platte bzw. den Tibetblock vorgeschoben. Eine der Seitenstörungen quert die Seilbahntrasse zwischen der Talstation und der Stütze 1 und wird durch das dortige tief eingeschnittene Tal markiert. Die aktive Großstörungstektonik und die an die Red River Störung gebundenen schweren Erdbeben mit zahlreichen Toten mussten in der Projektbearbeitung mit mindestens $1,2 \text{ m/s}^2$ maßgeblicher horizontaler Referenz Bodenbeschleunigung berücksichtigt werden. Im Vergleich sind im Zillertal $0,64 \text{ m/s}^2$ und in Ehrwald $0,85 \text{ m/s}^2$ anzusetzen.

Der Untergrund des Fansipan und an seiner Flanke bis in den Taleinschnitt wird ausschließlich von einem im Tertiär vor ca. 35 Mio. Jahren eingedringen Alkaligranit aufgebaut, der im linken Einhang des Tales und damit im Bereich der Talstation von einem metamorphen Komplex aus wahrscheinlich triadischen metamorphen Kalkmarmoren, Amphiboliten und Glimmerschiefern überlagert wird. Da am Fansipan trotz der in der Ferne sichtbaren Ausläufer des Himalaya keine glaziale Ausräumung durch Gletscher erfolgte, ist der Felsuntergrund im Marmorbereich mehrere 100 m tief verkarstet und im Bereich des Alkaligranites tiefstgründig lateritisch verwittert. Die sandig-kiesigen Verwitterungsschwarten mit einzelnen eingelagerten Blöcken sind nur deshalb in den Steilhängen stabil, weil die Umwandlung des Granits in die Verwitterungsschwarte wesentlich gefördert und verursacht durch die Huminsäuren erst unter der flächendeckenden dicken Vegetations- und Bodenschicht sowie dem flächendeckenden Regenwaldbewuchs und dessen Wurzelflechtwerk erfolgte.

Das Projektgebiet ist Teil eines großflächigen bis gegen die laotische Grenze reichenden Naturschutzgebietes, weshalb die Baustellenerschließung ausschließlich mit mehreren Generationen von Hilfsseilbahnen ausgeführt werden musste. Abweichend von den uns gewohnten Verhältnissen wurden bzw. werden die Erdarbeiten aber auch die Betonarbeiten nicht mit Geräten sondern mit Heerscharen von Arbeitskräften ausgeführt.

In einer ersten 4-tägigen Trassenbegehung wurden die Machbarkeit der Seilbahnanlage, die Eignung der Standorte der Stützen und Stationen und die Gründungserfordernisse der Streckenbauwerke und Stationen beurteilt und festgelegt. Auf Grund der Erfahrungen in Bolivien wurden bereits vor dem Besuch Schurfschlitze an allen Stützen- und Stationsstandorten geöffnet, beurteilt und Proben für die Bestimmung der Bodenparameter entnommen und nach Österreich mitgenommen und hier analysiert. Aus der ausgeführten Kartierung jedes Standortes einschließlich Unter- und Oberhang, der Gefügeaufnahme und

der Auswertung der Schurfschlitzte und der Laboranalysen konnten für jeden Standort die Gründungstiefe der jeweils 4 – 6 Stützenfüße und der Stationen die erforderlichen Gründungs-verbesserungen durch Ankerungen u.ä. und die für die statische Bemessung erforderlichen Bodenparameter festgelegt werden.



Abb.1: Bolivien

Im Gegensatz zu den vorangeführten zwei Beispielen gibt es für Vietnam keine Regelwerke und technischen Anforderungen. Es lag daher im Verantwortungsbereich des Geologen in Anwendung der in Österreich gültigen Normen, Regelwerke und Standards die Bemessungen für die Gründung auszuführen, die Standsicherheitsnachweise zu erbringen und die angepassten Prüfanforderungen für die eingebauten Daueranker festzulegen. Ebenso lag es im Verantwortungsbereich des Geologen, die Belange des Arbeitnehmerschutzes wenigstens mit einem Mindeststandard wahrzunehmen. Daher wurden u.a. Festlegungen bezüglich der Baugrubensicherung, der Aushubdeponierung, der Notwendigkeit von Erste-Hilfe-Versorgungskästen einschließlich Schlangengegengift bei jeder Einzelbaustelle getroffen.

Im Bereich der Talstation ergaben sich besondere Anforderungen dadurch, dass sich bereits beim Ausschleiben der lateritischen obersten Verwitterungsschwarte spontan Dolinen und Karsttrichter öffneten. Daher war in zwei weiteren Baustellenbesuchen im Februar und Juni 2014 eine Adaptierung der Talstation dahingehend erforderlich, dass als steifes Element zur Überbrückung des Marmorkarstes ein Kellerbahnhof unter die Station eingebaut und die Station selbst entsprechend verlegt wurde.

Die Ausführungspraxis der Betonarbeiten mit dem auch bei uns vor 50 Jahren noch üblichen handgemischten Qualitätsbeton mit einem rücksichtslosen Umgang mit der Natur trotz Naturschutzgebiet (Abkippen des Aushubmaterials in den unterliegenden steilen Regenwald) und mit Ausführung mit Pickel und Schaufel anstelle von Baggern war gewöhnungsbedürftig.



Abb.2: Vietnam

Ein Rückschluss von den Auslandsprojekten zur Situation in Österreich zeigt:

Als Folge der Nichteinhaltung von Mindeststandards durch Geologen, Geotechniker und Bauingenieure einerseits und durch das Vordringen der Rechtsanwaltskanzleien und der Versicherungsvertreter in alle technisch-geowissenschaftlichen Bereiche (Verschulden, Haftung) hat in den letzten Jahren die Reglementierungssucht stark zugenommen. Da Normen fast ausschließlich nur noch von hauptberuflichen

Normungsspezialisten und zu einem erheblichen Teil von Juristen gemacht werden, ist die Flut an Normen und Normenüberarbeitungen zunehmend weder kostenmäßig noch zeitmäßig verdaubar. Die Kammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten, wesentlich betrieben auch von der Innsbrucker Kammer, hat in diesem Jahr eine Aktion gegen diese Flut gestartet. Da die jeweilige Norm den Stand der Technik wiedergibt, sind Abweichungen davon mit erhöhten Risiken und einem außerordentlichen Argumentations- und Nachweisaufwand verbunden. Dadurch wird die Bereitschaft der Kollegenschaft für neue Lösungen und damit für den Fortschritt der Technik wesentlich reduziert. Durch die Vielzahl an Normen entstehen aber auch erhebliche Widersprüche und Verunsicherungen. Auf solche wird beispielhaft eingegangen.

Donnerstag 16. Oktober 2014

15:00-15:30

Geologische und geoelektrische Untersuchungen im Schwarzwassertal (Bezirk Reutte) zwecks Erkundung des quartären Untergrundes im Umfeld der Gips-führenden Raibler Schichten – erste Ergebnisse

Michael Lotter, Alfred Gruber, Alexander Römer & Nils Tilch

Geologische Bundesanstalt (GBA), Neulinggasse 38, 1030 Wien

Im Zuge der laufenden Erstellung der geologischen Karte ÖK 114 Holzgau durch die Geologische Bundesanstalt, verdeutlicht sich mit dem fortschreitenden Bearbeitungsstand die komplexe Beziehung der lithologisch-tektonischen Verhältnisse mit der daraus abzuleitenden Disposition für bestimmte Naturgefahrenprozesse. Im Rahmen des Geoforum Umhausen 2012 wurde bereits über die systematische Erhebung und Klassifikation großflächiger gravitativer Massenbewegungen mit Landschafts-prägendem Charakter im Bereich des Kartenblatts berichtet (Gruber et al. 2012). Der Fokus im vorliegenden Beitrag liegt auf den erzielten Erkenntnissen zur Dolinen- bzw. Erdfall-Problematik in den Gips-führenden Nordalpinen Raibler Schichten („Gipskarst“), welche auf den geologischen Feldkartierungen und ergänzenden Erkundungen mittels terrestrischer Geoelektrik im Untersuchungsgebiet „Schwarzwassertal“ basieren (Abb. 1). Ergänzend sei an dieser Stelle auf den ausführlichen Beitrag von Tilch et al. (2014, dieser Tagungsband) am Beispiel des Untersuchungsgebiets „Weißenbach“ verwiesen. Dort werden auch die geophysikalischen Untersuchungsmethoden im Detail erläutert.

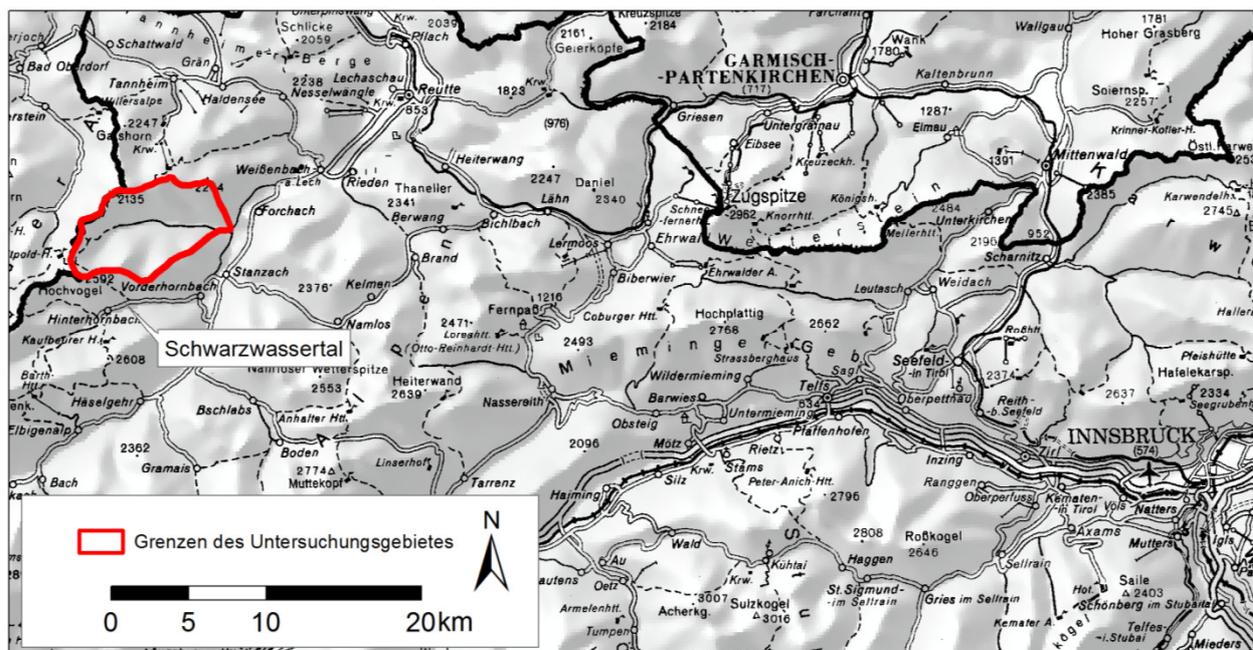


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes „Schwarzwassertal“ im Außerfern (Tirol). Quelle der dargestellten Basisdaten: ÖK200 und DHM; © BEV.

Die Geologie der Region umfasst die marinen, karbonatisch-siliziklastischen Schichtfolgen der Allgäu- und Lechtal-Decke (Trias bis Kreide) der Nördlichen Kalkalpen. 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).

Der Verlauf der Deckengrenze zwischen Allgäu-Decke (im Nordwesten) und Lechtal-Decke (im Südosten), ist durch das bereichsweise weite Ausgreifen der Allgäu-Decke nach Osten mit Halbfern (z. B. Hornbacher Halbfern) gekennzeichnet. Charakteristisch für die Lechtal-Decke sind km-große, NW- bis N-vergente Faltenstrukturen, wie etwa die Holzgau-Lermoos-Synklinale. Die Allgäu-Decke zeigt einen wesentlich engeren NW-vergenten Faltenbau (ealpine Deformation) und eine insgesamt stärkere tektonische Verformung ihrer Festgesteine. 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 Zerschierung und Kataklasierung der störungsnahen Festgesteine einher. Die engen Scharen NW-SE (dextral) und SW-NE (sinistral) streichender Seitenverschiebungen zeigen Versatzbeträge von 10er- bis 100er-Metern.

Die Nordalpinen Raibler Schichten (tiefere Obertrias) kommen im Außerfern ausschließlich innerhalb der Lechtal-Decke vor. Konkret treten die Raibler Schichten zumeist an der Basis der Lechtal-Decke in Nähe der Deckengrenze zur Allgäu-Decke auf, wo sie im Zuge der Deckenbildung über weite Strecken als Hauptabscherungshorizont fungierten. In den Antiklinalstrukturen der Großfalten (siehe oben) treten die Raibler Schichten in deren Kernen auf. Im speziellen Fall der Schwarzwasser-Synklinale wurden die Raibler Schichten infolge der dortigen großräumigen Aufschiebung im Südschenkel (Saldeiner Überschiebung) in eine tektonisch höhere Position gebracht.

Die Gipskarst-Problematik im Außerfern ist grundsätzlich an die im Westabschnitt der Lechtal-Decke mächtigeren Gips- und Anhydrit-Lagen innerhalb der Nordalpinen Raibler Schichten gebunden. Die mechanisch relativ weichen, mergelig-tonigen, Gips-führenden Partien konzentrieren sich auf lokale, nicht horizontbeständige Vorkommen innerhalb der hangenden Anteile der Raibler Schichten und werden von Raibler Dolomiten und Rauwacken unter- und überlagert.

Das breite Schwarzwassertal verdankt seine Entstehung strukturell einer großen, E-W streichenden offenen Synklinale innerhalb der Lechtal-Decke (Schwarzwasser-Synklinale), die überwiegend aus Hauptdolomit aufgebaut wird. Aus Hauptdolomit bestehen demnach auch fast alle Gipfel der nördlichen und südlichen Talflanke. Am westlichen Talschluss greift die liegende Allgäu-Decke in Form des Lichtalpe-Halbfern gerade noch in das Tal hinein. In WNW-ESE Richtung wird das gesamte Tal, wie auch die Schichtfolge, von einer großen Überschiebungsstruktur (Saldeiner Überschiebung) spitzwinklig durchzogen. Im untersuchten Ostabschnitt des Tales bildet diese eine steil NNE-fallende Aufschiebung (SSW-gerichtete Rücküberschiebung von Raibler Schichten auf Hauptdolomit), wodurch die Raibler Schichten in der Hangendscholle zutage treten. Deren evaporitische Gesteine sind für die zahlreichen großen und kleinen, entlang eines schmalen Störungs-parallelen Streifens aufgereihten Gips-Dolinen

verantwortlich (Abb. 2). Ihre Hauptverbreitung konzentriert sich auf den Bereich des Seewaldes. Dort haben sich in einigen größeren Dolinen Seen gebildet, die den Hangwasserspiegel repräsentieren, allen voran die beiden tiefen, kreisrunden Sieglseen. Der sichtbare Einfluss des Hangwasserkörpers (Lösungsprozesse) begründet auch die vereinzelt zu beobachtende rezente Erdfalltätigkeit. Der teils beeindruckende Tiefgang der Dolinen dürfte in direktem Zusammenhang mit dem steilen NNE-Fallen der Gips-führenden Lagen stehen, wodurch auch bei relativ geringer Schichtmächtigkeit eine tiefreichende Verkarstung möglich ist.

Der Talgrund und die unteren Hangbereiche sind über weite Strecken mit teils mächtigen quartären Lockersedimenten bedeckt. Im Seewald, wo das Schwarzwassertal seine größte Breite einnimmt und von Süden das Seitental des Großen Roßkars einmündet (Abb. 2), ist die Lockergesteinsfüllung genetisch am vielfältigsten. Deren Spektrum umfasst verschiedene Typen von Moränen (Grund-, Ausschmelz-, Endmoränen), fluvioglaziale Kiese und Sande sowie glazilakustrine Sande und Schluffe (Eisrand- bzw. Eiszerfall-Sedimente im Allgemeinen) des Würm-Hoch- bis -Spätglazials. Holozäne Bildungen sind Hang-, Mur- und Bachschuttkörper und die teils breiten Talalluvionen des Schwarzwasserbaches. Morphologisches Charakteristikum dieser komplexen Quartärfolge sind markante, verschiedene Terrassenniveaus sowie tiefe Erosionsrinnen und hohe Uferanbrüche entlang des Schwarzwasserbaches und der zuführenden Seitenbäche. Zudem ergibt sich aus der Kartierung, dass die Quartärsedimentbedeckung die Verbreitung der verkarstungsfähigen Festgesteine fast vollständig „maskiert“. Die Anschnitte der quartären Sedimentkörper zeigen einen Einblick in Aufbau und Mächtigkeit der von Diskordanzen geprägten, verschiedenen Lockergesteinstypen teilweise bis zum Festgesteinsuntergrund. Aus dem Geländebefund lassen sich folgende maximale Mächtigkeiten für verschiedene Lockergesteine ableiten: Moränen mindestens bis ca. 20 m, Eisrandkiese/-sande bis ca. 40 m, Seesedimente bis ca. 20 m, holozäne Schuttkörper wenige Meter bis mehrere Zehnermeter. Aufgrund des stark ausgeprägten Festgesteinsreliefs des Untergrundes schwankt im Untersuchungsgebiet die Gesamtmächtigkeit der quartären Sedimente jedoch kleinräumig sehr stark von wenigen Metern bis hin zu diesen maximalen Mächtigkeiten. All diese Tatsachen liefern somit wertvolle Hinweise für die Interpretation der geophysikalischen Erkundungen.

Das ca. 1,7 km² große Untersuchungsgebiet „Seewald“ im Schwarzwassertal (einschließlich der beiden Sieglseen; Abb. 2) eignet sich somit gut als Testgebiet der Interpretation terrestrischer Geoelektrik hinsichtlich der Fragestellung „durch Lockermaterialbedeckung maskierter Gipskarst“. Aufgrund des weitgehenden Fehlens von Aufschlüssen in Lage der geoelektrischen Messprofile (es sind auch keine Bohrungen vorhanden), ermöglichen die guten Aufschlussverhältnisse in der näheren Umgebung eine ausreichende geologische Interpretation des Untergrundes. Bisher wurden im Testgebiet drei systematisch angeordnete Geoelektrik-Profile mit Längen zwischen ca. 750 m und 950 m gemessen (Abb. 2), die derzeit im Abgleich mit der geologischen Detailkartierung (Maßstab 1:10.000) folgende Kernaussagen zulassen:

- Die Abschätzung der räumlich variablen Gesamtmächtigkeit der Lockergesteinsauflage wie auch die Abgrenzung der Tiefenlage der Felsoberfläche ist im Regelfall gut möglich.

- Die genetische Differenzierung innerhalb der unterschiedlichen quartären Lockergesteine (siehe obige Beschreibungen) ist aufgrund der relativ kleinräumigen Wechsel bei überwiegend sehr ähnlichen geoelektrischen Widerständen sehr stark limitiert.
- Das Erkennen des räumlichen Verlaufs der Festgesteine in die Tiefe einschließlich der Abgrenzung zwischen Hauptdolomit und Nordalpinen Raibler Schichten funktioniert recht gut. Dabei erleichtert allerdings das weitest gehende Fehlen von Raibler Dolomiten im Testgebiet die Differenzierung der beiden Lithologien durch damit deutlichere Unterschiede bei den geoelektrischen Widerständen. Auch die Störungszone der Saldeiner Überschiebung bildet sich folglich gut im Widerstandsprofil ab.

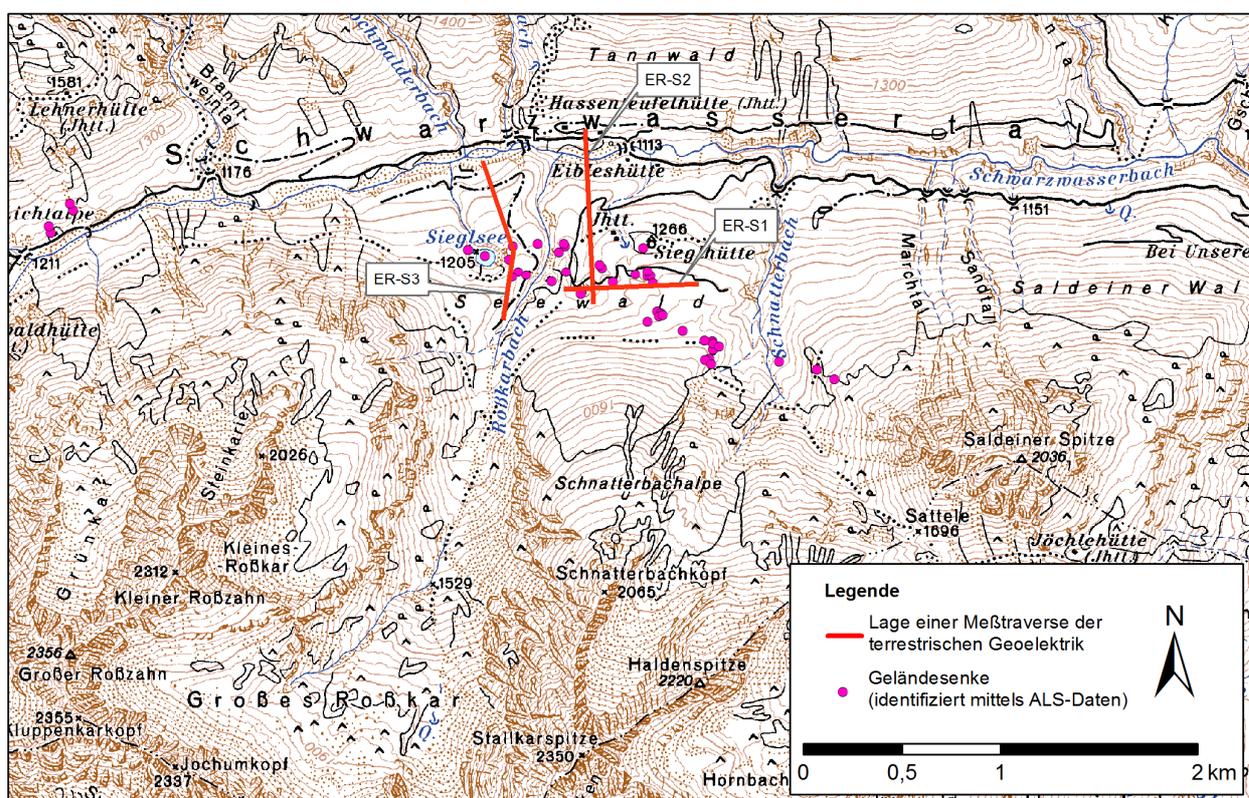


Abb. 2: Ausschnitt des Untersuchungsgebietes „Schwarzwassertal“ mit der Lage der Meßtraversen der terrestrischen Geoelektrik und der mittels ALS-Daten identifizierten Geländesenken. Quelle der dargestellten Basisdaten: ÖK50; © BEV.

Referenzen:

- Gruber, A., Lotter, M., Büsel, K., Gruber, J., Brandstätter, S. (2012): 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“.- 14. Geoforum Umhausen, Tagungsband: 3 S. ; Niederthai.
- Tilch, N., Römer, A., Gruber, A., Lotter, M., Winkler, E. & Schattauer, I. (2014): Erkundung des Untergrundes bei Weißenbach (Lechtal, Bezirk Reutte) im Umfeld der Gips-führenden Raibler Schichten mittels (aero)geophysikalischer Methoden – erste Ergebnisse.- 16. Geoforum Umhausen, dieser Tagungsband; Niederthai.

Donnerstag 16. Oktober 2014

15:30-16:00

Gipsbergbau im Siedlungsgebiet – Erkennen und Beherrschen der Risiken

Leopold Weber

Ministerialrat i.R. Univ.-Prof. Dr.

Einleitung

Sobald Gips in den Einflussbereich einer Grundwasserströmung gelangt, können sich Lösungshohlräume bilden, die sich im Laufe der Zeit bis zur Geländeoberfläche hochentwickeln und dolinenartige Landschaften nach sich ziehen. Durch künstliche Hohlräume, wie z.B. Gipsbergbau kann die Wasserwegigkeit zusätzlich erhöht werden.

Risiko ist das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensschwere. Die Eintrittswahrscheinlichkeit von Erdfällen (ausgelöst durch Gipslösung ohne bergbauliche Einwirkung) bzw. Tagbrüchen (ausgelöst und / oder verstärkt oder durch untertägigen Gipsbergbau) ist zwar teufenabhängig, aber grundsätzlich hoch. Während die Schadensschwere in nichtbebautem Gebiet mitunter (vernachlässigbar) gering ist, kann diese im Siedlungsgebiet so hoch sein, sodass mitunter sogar „Gefahr in Verzug“ gegeben sein kann.

Im Bereich der Marienhöhe bei Maria Enzersdorf im Südwesten Wiens wurde in den 1970-er Jahren über einem untertägigen Gipsbergbau eine Siedlung errichtet. Im Laufe der Zeit ereignete sich im Siedlungsgebiet eine Reihe von Tagbrüchen. An Hand dieses Fallbeispiels wird dargelegt, wie Risiken erkannt und evaluiert werden können bzw. wie derartige Risikobereiche erfolgreich gesichert werden können.

Vorbemerkung: Für diese Arbeit wurde bewusst auf eine kartenmäßige Darstellung von Erkundungsergebnissen verzichtet. Ziel dieser Arbeit ist es vielmehr, die Bearbeitungsmethode, ihre Möglichkeiten und Grenzen aufzuzeigen.

1 Grundsätzliches zur Löslichkeit von Gips und Bildungsmöglichkeiten von Hohlräumen

Wasser kann durch Lösung von Gips bis zu 2 g/l Sulfat führen. Lösungsgeossen wie Chloride können die Sulfatführung bis zu 10 g/l erhöhen (H. PRINZ 1997). Die Löslichkeit ist temperaturabhängig. Anhydrit weist bei niedrigeren Temperaturen die höchste Löslichkeit auf, die bei steigenden Temperaturen deutlich sinkt. Demgegenüber weist Gips sein Löslichkeitsmaximum bei Temperaturen zwischen ca. 30 °C bis 40 °C auf.

Niederschlagswässer, die in den Untergrund infiltrieren, sind sulfatarm und vermögen daher Gips in hohem Maße bis zur Löslichkeitsgrenze zu lösen. Werden somit Niederschlagswässer in den Untergrund versickert, wird erfolgt eine Lösung des Gipses. Sind Wässer jedoch an Sulfat gesättigt (z.B. Grubenwässer unterhalb einer gesättigten Zone), sind diese Wässer aus hydrochemischen Gründen nicht mehr in der Lage, Gips zu laugen.

Im Gegensatz zu einer flächigen, natürlichen Versickerung von Niederschlägen im Bereich von nicht befestigten Flächen, die zu einer ebenso flächigen, mehr oder weniger gleichmäßigen Lösung des

Gipskörpers beiträgt, führt jede punktuelle Infiltration, wie beispielsweise das Versickern von Dachwässern zu einer lokal konzentrierten Gipslösung, die lokal sich ständig erweiternde Hohlräume hinterlässt.

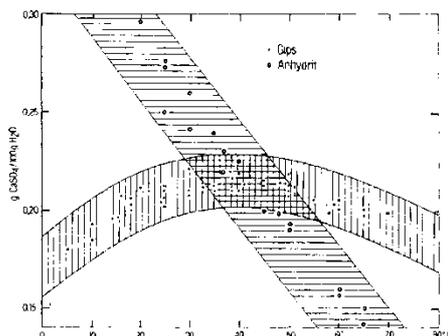


Abb. 1: Abhängigkeit der Löslichkeit von Gips und Anhydrit von der Temperatur (nach H.-J. VOIGT, 1990, aus H. PRINZ 1991).

Das Volumen von durch Gipslösung verursachten Hohlräumen lässt sich über die Dichte des Gipses ($2,3 \text{ g/cm}^3$) abschätzen. Beispielhaft wird aufgezeigt, welches Hohlraumvolumen sich in einem Jahr durch Gipslösung infolge Versickerung von Dachwässern bei einem Einfamilienhaus bilden kann.

Jährliche Niederschlagsmenge:	1.000 l/m ²
Dachfläche	100 m ²
gelöste Menge an Gips	200 kg/Jahr
durch Gipslösung verursachter Hohlraum	0,087 m ³ /Jahr

2 Erkundung der künstlichen und natürlichen Hohlräume

Vorbemerkung

Da es sich um einen Altbergbau handelte, wurde von der Montanbehörde ein geologisch – geotechnisches Gutachten gemäß §213 Abs 1 MinroG „zur Frage des vom ehemaligen Gipsbergbau auf der Marienhöhe ausgehenden Risikos“ ausgearbeitet (WEBER, L. & HOLNSTEINER, R. 2006).

Die hierauf aufbauenden Sicherungsarbeiten wurden von IC Consulente (Dr. M. BERGMAIR) und der Fa. S-Consult (Dipl.Ing (FH) Mag. Martin SCHEIBER) geplant. Beiden Herren gebührt dabei für die sorgfältigen Planungen, die erfolgreiche Umsetzung besondere Anerkennung, insbesondere aber Dank für die hervorragende Zusammenarbeit.

Von der Montanbehörde wurde schließlich im Amtshilfeweg für die Bezirkshauptmannschaft Mödling ein geologisch – geotechnisches Gutachten zur Evaluierung des vom ehem. Gipsbergbau ausgehenden Gefährdungspotentials nach Abschluss der Sicherungsarbeiten erstattet (WEBER, L. 2008).

2.1 Geologischer Rahmen

Die geologische Situation im Bereich der Marienhöhe (Maria Enzersdorf bei Wien) ist infolge des Nichtvorhandenseins von Gesteinsaufschlüssen nur aus regionalgeologischen Analogieschlüssen ableitbar. Das Gipsvorkommen ist in untertriadischen Werfener Schichten (bunte Tonschiefer und Rauhwacken) eingeschaltet und oberflächlich nicht unmittelbar aufgeschlossen.

Im südlichen Teil der Marienhöhe werden die Werfener Schichten von jungtertiären Schottern, Konglomeraten und Breccien überlagert. Diese jungtertiären Sedimente - hauptsächlich aus Flyschkomponenten bestehend - verdecken auch die Grenze zwischen Göller Decke zum Frankenfelsler-Lunzer-Deckensystem. Einzelheiten sind der Geologischen Karte (Blatt 58 Baden) zu entnehmen.

2.2 Montanhistorische Vorerkundung

Im Bereich der Marienhöhe wurde Ende des 19. Jahrhunderts untertägig Gips abgebaut. Bedauerlicherweise existiert kein bergbauliches Kartenwerk. Während der Abbautätigkeit stand das Unternehmen unter der Aufsicht der damaligen Gewerbebehörden. Zudem sind während der Kriegszeit Archivbestände der Behörden durch Brände vernichtet. Aus weiteren, äußerst spärlichen Unterlagen ergeben sich keine aussagekräftigen Hinweise über die Ausdehnung und Tiefenerstreckung des seinerzeitigen Bergbaues.

TIETZE, E. (1873) gab einen Hinweis, dass auf sein Anraten „auf einem zu Hochleuten (Gemeinde Gießhübl) gelegenen Grundstücke, unfern der Strasse, welche von Brunn nach Hochleuten führt“, ein Schacht abgeteuft wurde, der nach 18 Klafter (1 Klafter = 1,896 m, somit ca. 34 m Tiefe) einen Gipsstock aufgeschlossen habe.

Der Schacht soll eine „wenig mächtige Lössdecke“, darunter Gesteine „der oberen Kreide vom Typus der Gosau Schichten, welche nach unten zu als grüne Conglomerate entwickelt waren“, durchteuft haben. Darunter wären kalkige und dolomitische Schichten, augenscheinlich schon der Trias gehörend, welche schon in der Nähe des grünen Conglomerats in einer Schachttiefe von 10 Klaftern ca. 18 m) einen mergeligen Gips geringer Mächtigkeit und Qualität enthielten, angetroffen worden. Bis zum Gips wurde eine poröse, bräunliche Rauhwaacke durchteuft.

Die exakte Örtlichkeit des Schachtes, sowie dessen Zweck und Form (saiger, geneigt; Schurfschacht, Steigschacht, Förderschacht, Wetterschacht?), Ausbau (Holzzimmerung, Mauerung) geht aus dieser Beschreibung allerdings nicht hervor.

Aus einem im Zuge historischer Recherchen (GEO-PLAN 2000) aufgefundenen „Gesellschaftsvertrag“ vom September 1874 geht u.a. eine Beschreibung der Fabrikanlage hervor:

„Verzeichnis der in den Kaufschilling mit inbegriffenen Realitäten, Maschienen und Utensilien

Das von Riegelwänden erbaute Maschienenhaus, enthaltend:

eine Maschine mit zwei stehenden Kesseln Hangröhren System: sämtliche zum Betriebe gehörigen Transmissionen und Leitungsröhren u. einen Vorwärmer, dann das Holzgebäude, unter welchen sich der gezimmerte Schacht, die Förderungs u. Führungsmaschine, Ventilationseinrichtung, die Brechermaschine nebst der Säuberungsvorrichtung, zwei Aufzügen für großes und feines Material, zwei französische Mühlen, vollkommen eingerichtet, sammt den für jede Mühle dazu gehörigen Aufzügen, ferner die im ersten Stockwerke des Gebäudes befindlichen zwei Cylinder, nebst allen zum Betriebe derselben erforderlichen Transmissionen, Riemscheiben und Riemen befinden und das vollständig gemauerte Brennhaus sammt Brennöfen mit zwei Pfannen, Vorwärmer und zwei großen Kasten zum einlagern des gebrannten Gypses. Die Binderei mit der Cirkularsäge, einen Kohlen Schuppen, eine separat aufgestellte Schmiedwerkstätte mit Feldschmiede, Ambos und Schraubstock.

Grund und Boden:

Das Haus Nr. 85 sammt Garten und anstoßenden Grund per 1534 Quadratklaffer, innliegend im Grdb. Lichtenstein fol 224 über Gießhübl und die im Grundbuche Lichtenstein über Enzersdorf fol 993v/ 1195 v und 1196 v innenliegenden Grundstücke.“

Die Lage des in Rede stehenden Grundstückes ist auf Grund der dem Gesellschaftsvertrag beiliegenden Plandarstellung rekonstruierbar.

Aus diesem „Gesellschaftsvertrag“ geht deutlich hervor, dass der abgebaute Gips über einen Schacht zur weiteren Verarbeitung hochgefördert wurde. Über diesen Schacht erfolgte offensichtlich auch die Bewetterung des Stollensystems. Keine Angaben finden sich allerdings darüber, ob über diesen Schacht auch die Grubenwässer ausgeleitet wurden. Auch geht aus diesen Beschreibungen nicht hervor, ob der Schacht vertikal oder geneigt und neben dem Fördertrum auch über ein Fahrtrum verfügte.

SIEGMUND, A. (1909) stützte sich in seiner Darlegung weitgehend auf die o.a. Ausführungen TIETZES, wonach „bei Hochleiten das Gipslager in einer Tiefe von 20 m durch einen Schacht erreicht wurde, der durch das Hangende, einen Gosausandstein getrieben wurde. „Die Schachtmündung befindet sich am Kamme des Bergrückens auf freiem Felde vor der Ortschaft.“

Auch wurde ein Faksimile einer Chronik der Schule Gießhübl aufgefunden, aus welcher hervorgeht, dass im Schuljahr 1891/92 einer Schulklasse die Gelegenheit geboten wurde, den Gipsbergbau zu befahren. Dabei wird von einem 42 m tiefen Schacht, der eine Neigung von 43° und 110 Stufen aufgewiesen haben soll, berichtet. Die tatsächliche Raumlage des vermuteten Schrägschachtes kann wie folgt rekonstruiert werden:

Unter Annahme einer korrekten Beschreibung des Schrägschachtes durch eine fachkundige Person (Schulchronist) sowie versuchter richtiger Interpretation dieser Informationen ergibt sich bei einer beschriebenen Länge (nicht Tiefe!) des Schachtes von 42 Meter, einer Neigung von 43° und 110 Stufen eine tatsächliche (realistische und den Erkundungsergebnissen entsprechende) Vertikaldistanz von 28,64 m. Unter dieser Annahme würde die Stufenhöhe ca. 26 cm betragen, während bei der beschriebenen Tiefe des Schachtes von 42 m die Stufenhöhe ca. 38 cm betragen hätte, die für Schüler wohl nur mühsam steigbar gewesen wäre.

2.3 Geländenutzung und –entwicklung nach der Bergbautätigkeit

Im Jahre 1936 wurde auf einem Teil der Marienhöhe offensichtlich aus guten Gründen ein Bauverbot erlassen.

Aus Luftbildern des Jahres 1938, die offensichtlich für den Bau der Reichsautobahn hergestellt wurden, sind mehrere kreisrunde Einmündungen erkennbar, die (auch angesichts des Befliegungsdatums!) keineswegs als Bombenrichter gedeutet werden dürfen.

Im Jahre 1945 wurde dieser Geländeabschnitt in „Grünland“ umgewidmet. Schlussendlich wurde der Bereich um die Marienhöhe im Jahre 1969 als Bauland ausgewiesen.

Im Jahre 1993 ereignete sich ein erster Tagbruch in der bereits errichteten Wohnsiedlung. Bodensonierungen und geophysikalische Untersuchungen erbrachten aber keine Hinweise auf allfällige bergbauliche oder künstliche Hohlräume.

Ein weiterer Tagbruch erfolgte im Jahre 1997. Bemerkenswerterweise entstand dieser unmittelbar neben dem Fallrohr zur Versickerung der Dachwässer. Durch drei Erkundungsbohrungen wurden zwar weitere

tagnahe Lösungshohlräume, aber keine Bergbauhohlräume angetroffen. Die Hohlräume wurden mittels einer speziellen Zementsuspension verfüllt.

Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde gemeinsam mit der Landesgeologie der Gemeinde empfohlen, weitere Erkundungsarbeiten durchzuführen, jedenfalls aber die Regenwasserversickerung einzustellen und das Kanalsystem zu sanieren.

Im Jahre 2002 wurde durch eine ortspolizeiliche Verordnung für den Bereich der Marienhöhe das Verbot der Versickerung von Oberflächenwässern erlassen.

2.4 Geophysikalische Vorerkundung

Auf Veranlassung der Landesgeologie erfolgte in den Wintermonaten 2003/2004 im Einvernehmen mit der Gemeinde Maria Enzersdorf durch die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) eine geophysikalische Vermessung im Bereich der Marienhöhe (SEREN, S., 2004 a, b)

2.4.1 Refraktionsseismik

Durch refraktionsseismische Messungen werden petrophysikalische Eigenschaften von Böden und/oder Gesteinen erfasst. Wie richtigerweise in der Expertise der ZAMG festgestellt wurde, können nur Schichtgrenzen erfasst werden, an denen die seismische Geschwindigkeit mit der Tiefe ansteigt. Da kompakter Gips höhere seismische Geschwindigkeiten aufweist als ein bergbaulich durchbauter Gips mit noch offenen oder (teil-)verbrochenen Hohlräumen, sind derartige Hohlformen unterhalb einer intakten Schwebel mit dieser Methode nicht messbar.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass massive, ungestörte Gesteinskörper höhere Laufzeitgeschwindigkeiten aufweisen als solche, die aufgelockert, geklüftet oder hohlraumführend sind.

Durch die ungleichmäßigen seismischen Geschwindigkeiten der Überlagerung ergaben sich rechnerisch bedingte Unschärfen bei der Ermittlung der Höhenlage des Refraktors (= Gipsoberkante). Dessen ungeachtet gab jedoch die Verteilung von Flächen mit gleichen Laufzeitgeschwindigkeiten wichtige orientierende Hinweise über die unterschiedlichen petrophysikalischen Eigenschaften des Untergrundes. Eine isolierte Betrachtung dieser refraktionsseismischen Ergebnisse war daher unzulässig.

Durch die in den Folgemonaten niedergebrachten Bohrungen konnte nachgewiesen werden, dass das Gipsvorkommen innerhalb des Bohrbereiches flächenhaft entwickelt ist. Daher waren gemessene Laufzeitunterschiede im Gips im Wesentlichen auf unterschiedliche qualitative Beschaffenheit im Gips zurückzuführen. Laufzeitgeschwindigkeiten größer als 2600 m/s wurden als Hinweis auf einen relativ kompakten, bergbaulich unbeeinflussten Gipskörper angesehen, während Laufzeitgeschwindigkeiten kleiner als 2600 m/s als Auflockerungszonen innerhalb des Gipskörpers interpretiert wurden. Dabei konnte es sich einerseits um natürliche (lösungsbedingte) Auflockerungen an der Gipsoberkante, andererseits aber auch um Auflockerungen, die sich über offenen oder (teil-)verbrochenen natürlichen oder künstlichen Hohlräumen bilden können, handeln.

Aus der Darstellung der Flächen mit gleichen seismischen Geschwindigkeiten konnte jedenfalls nicht eindeutig rückgeschlossen werden, ob sich dadurch tatsächlich Bergbauhohlräume abbildeten, wohl aber, dass bei gleichem Untergrundmaterial unterschiedliche Ausbildungen vorlagen.

2.4.2 Geoelektrik

Da die geoelektrischen Profile messtechnisch außerhalb des Stollensystems ausgelegt werden mussten und somit keine direkten bzw. indirekten Hinweise auf untertägige Hohlräume mit hinreichender Sicherheit ableitbar waren, wurde auf eine weitere Interpretation verzichtet.

2.5 Bohrungen

Im Rahmen der ersten Erkundungskampagne wurden im Jahr 2000 im Nahbereich eines Tagbruches drei Kernbohrungen niedergebracht. Durch Einbringen einer mit Wasserglas stabilisierten Zementsuspension wurden angetroffene Hohlräume in einer Gesamtkubatur von rund 190 m³ verfüllt.

Im Jahre 2005 wurden in einer zweiten, großangelegten Bohrkampagne auf Basis der Erkenntnisse der geophysikalischen Messungen 77 Bohrungen mit über 2500 Laufmetern abgeteuft.

Durch die Bohrungen der Erkundungskampagnen 2000 und 2005 wurde unter einer sedimentären Überlagerung unterschiedlicher Lagerungsdichte die morphologisch äußerst variable Gipsoberkante zwischen ca. 12,0 m und ca. 31,5 m unter GOK (Durchschnitt ca. 21,9 m) flächenhaft nachgewiesen. Durch eine Bohrung wurde die Gipsoberkante sogar in lediglich 8 m unter GOK erkundet.

Auffällig war bei einigen Bohrungen auch die weiche, breiige Ausbildung des tiefsten Bereiches der sedimentären Überlagerung des Gipses. Bemerkenswert waren auch bis zu 15 m mächtige künstliche Anschüttungen. Aus den Aussagen von Zeitzeugen sollen Geländeeinsenkungen (Tagbrüche?) mit Müll aufgefüllt worden sein.

Erstmals wurden durch 12 Bohrungen der Bohrkampagne 2005 auch eindeutige Hinweise auf Bergbauhohlräume aufgefunden.

2.6 Druckluftmessungen

Aus diesen Bohrungen erfolgte zwar eine erste vage Abschätzung der Ausdehnung des Grubengebäudes, nicht aber, ob zwischen den angetroffenen Hohlräumen tatsächlich eine Verbindung bestand. Eine möglichst genaue Kenntnis über die Volumina und die räumlichen Zusammenhänge war aber erforderlich, um ein Verfüllkonzept ausarbeiten zu können. Aus diesem Grunde wurde versucht, über eine Bohrung ein Qualmmittel einzubringen und zu beobachten, ob dieses bei einer der Nachbarbohrungen wieder austritt. Der Versuch einer Verqualmung mit herkömmlichem (umweltunbedenklichem) „Theaternebel“ scheiterte. Anstelle dessen wurde versucht, die räumlichen Zusammenhänge der Hohlräume mittels Wetterstrommessungen zu erkunden. Dabei wurde über ein zentral gelegenes Bohrloch mittels eines Baustellenkompressors Druckluft mit 17 bar eingeblasen. Mittels eines kalibrierten Anemometers (Fabrikat Luft-Gas Paul Grohe) wurde versucht, die sich über das (verbrochene) Stollensystem bzw. andere Hohlräume ausbreitende Druckluft zu messen. Die Messungen wurden an zwei verschiedenen Terminen vorgenommen.

Tatsächlich traten bei einer Reihe von Bohrungen deutlich messbare Luftmengen aus, wobei bei einem Bohrloch sogar ein deutlicher Gipsmehlaustrag beobachtet werden konnte. Selbst bei Bohrlöchern, die mehrere hundert Meter von der Einblasbohrung entfernt lagen, wurde noch ausströmende Luft gemessen. Dabei kann auch von einer zusätzlichen Ausbreitung über Lösungshohlräume im Grenzbereich Überlagerung zu Gips ausgegangen werden

Aus der Verteilung der Bohrlöcher mit massiven Luftaustritten konnte zumindest die Kontur des zusammenhängenden Grubengebäudes besser abgeschätzt werden.

3 Abschätzung der flächigen Erstreckung des möglichen Beeinträchtigungsbereiches und Evaluierung des Risikos

Als theoretisch möglicher Beeinträchtigungs- (Nachwirkungsbereich) wird jener Bereich verstanden, in welchem es grundsätzlich zu Auswirkungen an der Geländeoberfläche durch Senkungen, Setzungen, Tagbrüche oder Erdfälle, bzw. zu Schäden an Gebäuden, Verkehrswegen, Versorgungs- oder Entsorgungseinrichtungen als Folge von Verbrüchen im darunterliegenden Stollensystem kommen kann. Er setzt sich aus den Zonen 1 und 2 zusammen.

- Als **Zone 1** wird üblicherweise ein Bereich um einen Schacht (Wetterschacht, Wetterbohrloch), Streckenkreuz oder Stollenmundloch, jeweils Kreisfläche von $r = 5\text{ m}$; bzw. Bereiche über dem Stollensystem mit einer Überlagerung von $<20\text{ m}$ verstanden. Bei Gips im Untergrund gelten jedoch keine Überlagerungsgrenzen. Da die exakten Schachtlokationen nicht genau genug bekannt sind, wurde der Radius r aus Sicherheitsgründen mit 10 m bemessen.
- Als **Zone 2** wird üblicherweise die grundrissliche Darstellung der Umhüllenden des Stollensystems durch den Grenz-/Wirkungswinkel ohne Zone 1 verstanden. Bereiche mit einer Überlagerung von $>20\text{ m}$ bleiben unberücksichtigt. Bei Gips im Untergrund gelten jedoch keine Überlagerungsgrenzen.
- Als **Zone 2a** wird ein Bereich verstanden, von dem auf Grund der vorgefundenen Untergrundverhältnisse (geringe Schwebenmächtigkeit, Defekte in der Schwebenausbildung) ein höheres Verbruchsrisiko ausgeht.
- „**Zone 3**“: Unter Zone 3 wird jener Bereich verstanden, in welchem sich grundsätzlich nur mehr Erdfälle oder Senkungen über dem gipsführenden Untergrund ohne ursächlichen Zusammenhang mit bergbaulichen Aktivitäten ereignen können.
- Als „**Zone 3a**“ wird jener Bereich verstanden, in welchem sich wie in der Zone 3 nur mehr Erdfälle oder Senkungen über dem gipsführenden Untergrund ohne ursächlichen Zusammenhang mit bergbaulichen Aktivitäten ereignen können. Auf Grund der örtlichen geologischen – hydrogeologischen Verhältnisse ist jedoch die Oberfläche des Gipskörpers bereits so ausgebildet, dass eine höhere Eintrittswahrscheinlichkeit für Auswirkungen bis zur Geländeoberfläche als in der Zone 3 gegeben ist.
- Als **Grenzwinkel** wird jener Winkel verstanden, der zwischen der Horizontalen durch die Hohlraumkante und dem Winkelschenkel liegt, der vom jeweiligen Hohlraum zum Nullrand der über Tage eintretenden Senkungsmulde zeigt. Im vorliegenden Fall wurde der Grenzwinkel für Gips mit 70° , jener für die Überlagerung auf Grund der stellenweise lockeren Lagerung bzw. der unterschiedlichen Durchfeuchtung mit 30° angesetzt.
- Als **Wirkungswinkel** wird jener Winkel verstanden, der jeweils unter Berücksichtigung der Winkel der inneren Reibung der jeweiligen Gesteine rechnerisch oder empirisch ermittelbar ist (da die Kohäsion in den gg. Fällen gleich 0 anzusetzen ist, kann der Scherwinkel mit dem Reibungswinkel gleichgesetzt werden). Auf Grund der unterschiedlichen Mächtigkeit der Überlagerung und der morphologischen Verhältnisse ist der Wirkungswinkel variabel, jedenfalls aber flacher als der Grenzwinkel.

Die Angaben der Überlagerungsmächtigkeiten in Metern zur Abschätzung der Standfestigkeit dürfen keineswegs als absolute Größen, vielmehr als Richtwerte verstanden werden. Für außerhalb der Zone 1, 2 oder 2a gelegene Bereiche konnte ein vom Stollensystem ausgehendes Gefährdungspotential ausgeschlossen werden. Da ein Mehrschichtfall vorliegt, war für die Evaluierung der Wirkungswinkel von Bedeutung.

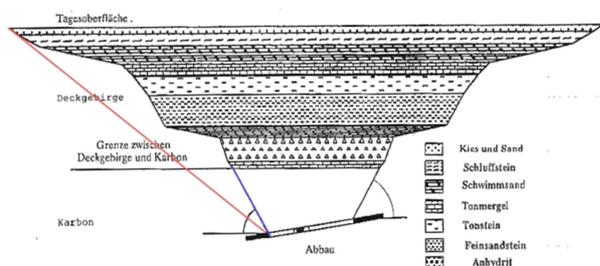
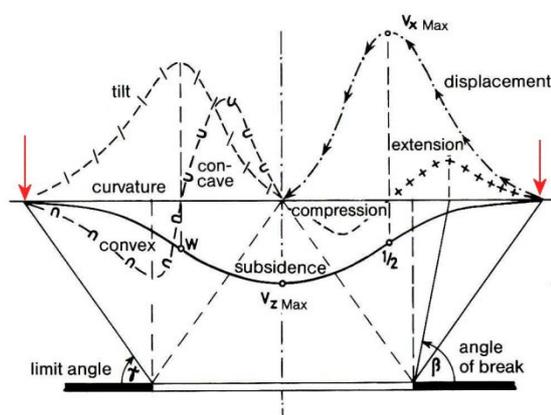


Abb. 3: Darstellung der Senkungsmulden über einem Abbau: die roten Pfeile markieren die Nulllinien. aus: KRATZSCH, H. 1983 (ergänzt)

Abb. 2: Schematische Darstellung der jeweiligen gesteinsabhängigen Grenzwinkel, die schließlich den Wirkungswinkel determinieren. rot: Wirkungswinkel; blau: gesteinsabhängiger Grenzwinkel



Örtliche Eintrittswahrscheinlichkeit

Für den Untersuchungsbereich auf der Marienhöhe in der Marktgemeinde Maria Enzersdorf wurde die Eintrittswahrscheinlichkeit durch nachstehende Faktoren determiniert:

- zusammenhängender, tagnaher Gipskörper
- tagnaher Gipsbergbau mit mindestens zwei Tagzugängen im Untersuchungs-bereich
- örtlich geringe Mächtigkeit einer statisch tragfähigen Schweben
- Schwächung des Untergrundes durch jahrzehntelange punktförmige Versickerung von Niederschlagswässern, die zu Hohlräumbildungen im Gips geführt haben.

Zeitliche Eintrittswahrscheinlichkeit

Durch die ständige Lösung des Gipses als Folge von Schichtwässern ist eine dauerhafte Stabilität des Gebirges nicht gegeben. Sofern die Hohlräume innerhalb der Nulllinie durch technische, dem Stand der Technik entsprechende Verfahren nicht umgehend geschlossen werden und dadurch auch die Wegsamkeit für Wasser nicht signifikant reduziert wird, können weitere Tagbrüche innerhalb der durch die Nulllinie abgegrenzten Fläche in Zukunft nicht ausgeschlossen werden.

Art und Ausmaß von Tagbrüchen

Auf Grund der Tiefenlage der Grubenhohlräume kann jedoch ausgeschlossen werden, dass sich bei einem Tagbruch ein Schlot bis hinab zum Stollensystem öffnet. Im Falle eines Tagbruches können sich allerdings muldenartige Einsenkungen von mehreren Metern Durchmesser und Tiefe bilden. Im Nahbereich von

Gebäuden können dabei Schäden an der Bausubstanz auftreten. Durch Bodensenkungen können auch Schäden an Energieversorgungsleitungen, Wasserleitungen, Kanal) eintreten.

Schadensschwere:

Die Schadensschwere ist in bebauten Bereichen höher als in nichtbebauten Bereichen. Somit war von einem hohen Risiko auszugehen.

Auf Grund der Untersuchungsarbeiten ergaben sich die nachstehend angeführten Zwischenergebnisse:

- Jene Geländeeinbrüche, die sich in den vergangenen Jahren auf der Marienhöhe im Gemeindegebiet von Maria Enzersdorf ereignet haben, sowie auf Luftbildern aus den Jahren 1938 und 1958, somit vor der Verbauung feststellbar sind, sind Folgen einer vorangegangenen untertägigen Bergbautätigkeit auf Gips, somit Bergschäden.
- Aus der örtlichen Tiefenlage der ehemaligen Bergbauhöhlräume und der örtlichen Oberflächennutzung resultiert ein Risiko für Personen und Sachgüter.
- Zur Konturierung der Nulllinie wurden eine durchschnittliche Überlagerungsmächtigkeit von 21,9 m, die 2600 m/s Isoseiste sowie ein Grenzwinkel von 30° in der sedimentären Überlagerung herangezogen und durch die Ergebnisse der Bohrungen kalibriert. Die Ergebnisse wurden durch die Strömungsmessungen, Luftbildauswertungen und historischen Informationen auf Plausibilität überprüft.
- Das vom ehemaligen Bergbau ausgehende Beeinträchtigungspotential war ausschließlich auf die konstruktiv ermittelten Zonen 1 und 2 bzw. 2a beschränkt. Die Aussagegenauigkeit wurde durch das Fehlen von Grubenkarten und der hinreichend genauen Kenntnis über die tatsächliche Ausdehnung und Dimension der Abbaukammern reduziert. Durch die integrative Auswertung von Refraktionsseismik, Untersuchungsbohrungen, Wetterstrommessungen und historischen Unterlagen konnten aber die bergbaubedingten Risikobereiche (Zonen 1 und 2) hinreichend genau abgegrenzt werden.

4 Sicherungskonzept und Umsetzung

Von den planenden Unternehmen IC Consulanten und S-Consult wurde für die Sicherung der Hohlräume ein für solche Fälle speziell angepasstes Sicherungskonzept erarbeitet:

- Sicherung der Hohlräume ausschließlich mit flüssigem Verfüllgut über Bohrungen von der Geländeoberfläche aus.
- Verfüllung in 2 Phasen:
 - 1) Verfüllung eines „Außenringes“ um den bekannten Bergbaubereich (Zone 2), um den Verlust von Verfüllgut in den Gipskarst zu minimieren. Um die Reichweite des Verfüllbaustoffes zu begrenzen, wurde ein relativ rasch aushärtendes Verfüllgut (Festigkeit > 1 MPa in 3 Tagen) gewählt.
 - 2) Verfüllung des Zentralbereiches (i. W. Zonen 1 und 2) ohne Anforderung an eine frühe Festigkeitsentwicklung des Verfüllgutes.

Für den Außenring wurden in der Planungsphase in Ergänzung zu den Erkundungsbohrungen weitere 20 Bohrungen, für den Zentralbereich 59 Bohrungen festgelegt. Die Bohrtiefen variierten in Abhängigkeit von deren Position zwischen 37 und 25 m.

Das Sicherungsvorhaben wurde im November 2006 wasserrechtlich verhandelt und mit Bescheid genehmigt. Wesentliche Auflage war ein Beweissicherungsprogramm, welchem die Herstellung von 5 Grundwasserbeobachtungspegeln und deren regelmäßige Beobachtung im Zeitraum zwischen 1.02.2007 und 31.01.2008 zu Grunde lag.

Die Bohrungen wurden planlich festgelegt und vor der Herstellung gemeinsam mit der ausführenden Firma und den Grundstückseigentümern endgültig festgelegt.

Die Bohrungen wurden grundsätzlich als Hammerbohrungen mit Luftspülung ausgeführt. Der Bohrdurchmesser betrug in Abhängigkeit des verwendeten Bohrgerätes 114,3 und 139,7 mm. Zum Einsatz gelangten in Abhängigkeit von der Zugänglichkeit des Bohrpunktes Bohrgeräte vom Typ Hütte 505 und eine Beretta T43. Um im bebauten Gebiet möglichst wenig Flurschäden anzurichten, wurden die Gerätschaften mittels Autokranes auf die Bohrplätze eingehoben.

Die Bohrlöcher wurden nach der Fertigstellung mit einem 2“ Verfüllschlauch und einer Abdichtung am Bohrlochkopf gegen während der Bauphase allenfalls eindringendes Niederschlagswasser ausgebaut. Eine Bohrung wurde als Kernbohrung mit einem Durchmesser von 419 bzw. 368 mm ausgeführt. Grund für den großen Durchmesser war der Einbau einer leistungsfähigen Unterwasserpumpe zum Sumpfen des aufgefundenen Schachtes.

4.1 Kamerabefahrungen:

Jedes Bohrloch wurde mit Videokamera untersucht. Primäres Ziel der Videosondierung war, die Art, Ausdehnung und den Zustand von angetroffenen Hohlräumen zu erkunden. Insbesondere erwies sich die Abschätzung der Größe und Ausdehnung von Hohlräumen auf Grund fehlender Größenmaßstäbe oft als schwierig. Der mit dem angebauten Kompass feststellbare Verlauf der Hohlräume erlaubte in der Regel auch nur grobe Abschätzungen. Für die Erkundung des Abbauhohlraumes am Schachtfuß wurde ein eigens entwickeltes Kameraboot mit Erfolg eingesetzt.

4.2 Laser Hohlraumvermessung

Um angetroffene Bergbauhohlräume lagemäßig besser als mit der Videosonde erfassen zu können, wurde beim Antreffen größerer Hohlräume zusätzlich ein Laserscanner eingesetzt. Die Reichweite (ohne Reflektor) betrug in Abhängigkeit der Oberfläche max. 150 m. Die Genauigkeit der Auflösung wurde für die Längenmessung (ohne Reflektor) mit 5 cm, die Genauigkeit der Winkelmessung mit 0,02° angegeben.

Für die Orientierung des Führungsgestänges wurde von obertage aus vom Vermesser eine geodätisch ermittelte Ausgangsrichtung abgesteckt und die Absolutkoten des Bohransatzpunktes ermittelt. Die Darstellung der vermessenen Hohlräume erfolgte als Grundriss und als Seitenansicht von Osten.

4.3 Verfülltätigkeit (Planung und Umsetzung)

Die erforderlichen Verfüllmassen wurden im Rahmen der Ausschreibungsplanung durch eine mit Elementen der Wahrscheinlichkeitsrechnung versehene Massenberechnung ermittelt. Wesentliche Eingangsgrößen hierfür waren:

- Die vermutete Ausdehnung des Grubengebäudes
- Die aus Videosondierungen und Bohrungen bekannten Stollenquerschnitte
- Produktionszahlen aus Abgaben an das (damalige) Finanzamt

- Abschätzungen über den Verlust von Verfüllgut in den Gipskarst

Als Erfordernis wurde eine Verfüllmenge von 16.000 m³ ermittelt.

Die Verfüllung der Hohlräume sollte ausschließlich über Bohrungen mit flüssigem, hydraulisch abbindendem Verfüllmaterial erfolgen. An das Material wurden daher folgende Mindestanforderungen gestellt:

- Enddruckfestigkeit (90 Tage) > 2 MPa
- Absetzmaß < 2 Vol.% nach 24 h
- Sulfatbeständigkeit nach EN 197-1
- Unbedenklichkeit des langfristigen Verhaltens gegenüber Grundwasser (gem. Deponieverordnung „Bodenaushubdeponie“ bzw. Bundesabfallwirtschaftsplan 2006 A2-G)

Der Antransport des Verfüllgutes erfolgte pulverförmig im Silo LKW, direkt vom Hersteller auf die Baustelle. Die Mischung des Verfüllgutes geschah in einer mobilen Mischanlage direkt vor Ort unter Beigabe von Wasser. Die Verbringung des Verfüllgutes von der Mischanlage zum Bohrloch wurde über Schlauchleitungen bewerkstelligt.

4.3.1 Verfüllung des Außenringes:

Für die Bohrungen im Außenring wurde ein modifiziertes Verfüllgut verwendet. Da die Reichweite des Verfüllgutes begrenzt werden sollte, wurde zusätzlich zu den oben genannten Kriterien eine 3 Tages Festigkeit von > 1 MPa gefordert. Als Abbruchkriterium wurde die maximale Verfüllmenge pro Tag und Bohrloch auf 120 m³ festgesetzt.

Zwischen April und Mai 2007 wurden ca. 3117 m³ Verfüllgut eingebracht. Die Aufnahme von Verfüllgut schwankte zwischen (fast) 0 und über 552 m³ pro Bohrloch. Die unterschiedliche Aufnahme des Verfüllgutes konnte so gedeutet werden, dass nicht mit allen Bohrungen im Außenbereich tatsächlich auch offene Strukturen (z.B.: Gipskarst) angetroffen werden konnten.

Zwischen Juni und Juli 2007 wurden weitere 905 m³ als Nachverfüllung in den Außenring eingebracht.

4.3.2 Verfüllung des Innenbereiches

Die Verfüllung des Bergbaubereiches (Zonen 1 und 2) erfolgte zwischen Juni und August 2007.

Der im Innenbereich angetroffene Schacht war vollständig mit Wasser gefüllt und musste vorerst mit einer Tauchpumpe gesümpft werden. Am Schachtfuß wurde eine ca. 20 m lange und rund 5 m hohe Kaverne angetroffen. Schacht und Kaverne wurden, nachdem keine weiteren Grubenbaue vom Schacht festgestellt werden konnten, mit ca. 870 m³ Verfüllmaterial „Außen“ verfüllt. Verfüllmaterial „Außen“ erreichte eine höhere Endfestigkeit als das Verfüllmaterial „Innen“ und wurde wegen der auf Grund der Teufenlage zu erwartenden höheren Festigkeitsanforderungen verwendet.

Ingesamt wurden im inneren Bereich ca. 11.542 m³ Verfüllgut in den Untergrund eingebracht, die sich wie folgt aufteilen:

Verfüllung „Außenring“	4.022,71 m ³
Verfüllung innen, inkl. Schacht	11.541,62 m ³
Verfüllung Kernbohrungen	37,05 m ³
Summe	15.601,38 m³

4.4 Kontrollbohrungen

Zur Kontrolle des Verfüllerfolges wurden nach Abschluss der Verfüllarbeiten vier Kernbohrungen in besonders sensiblen Bereichen festgelegt

- Bereich Kaverne am Schachtfuß (1 Bohrung)
- Hohlräume unter Wohngebäude (2 Bohrungen)
- Große Bergbauhohlräume (1 Bohrung)

Zusätzlich zur Kerngewinnung wurden alle Kontrollbohrungen mit der Videosonde untersucht.

In den Bohrungen wurde sowohl anhand der Bohrkern, als auch durch die Videosondierung die vollständige Verfüllung der angetroffenen Bergbauhohlräume nachgewiesen. In der Überlagerung wurden keine Spuren des Verfüllmaterials beobachtet.

Eine Bohrung wurde so loziert, um den Hochpunkt der Kaverne am Schachtfuß zu erreichen. Aus der Laserscanner-Vermessung war zu vermuten, dass sich im konkav nach oben gewölbten Firstbereich eine Luftblase gebildet haben könne. Tatsächlich wurde im Firstbereich der Kaverne ein größerer Hohlraum angetroffen, der mit ca. 24 m³ Verfüllmaterial nachgefüllt wurde.

5 Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse

Der in den vorangegangenen Untersuchungskampagnen erarbeitete und im Gutachten WEBER & HOLNSTEINER (2006) zusammengefasste Kenntnisstand über die Ausdehnung des Grubengebäudes des Gipsbergbaus Hochleiten wurde im Wesentlichen bestätigt.

Trotz des Einsatzes verbesserter Techniken (Laserscanner) wurden im Zuge der Bohrarbeiten keine solchen Bergbauhohlräume gefunden, die über die Zone 2 im Gutachten WEBER & HOLNSTEINER (2006) hinausreichen. Andererseits wurde auch trotz verschiedener Verdachtsmomente und daraufhin verdichtetem Bohrraster der (vermutete) Verbindungsstollen zum (vermuteten) Tagschacht nicht gefunden. Die Ergebnisse der Sicherungsarbeiten im Jahr 2007 legen daher den Schluss nahe, dass sich die Gewinnungstätigkeit des Gipsbergbaus Hochleiten ausschließlich auf die Zone 1 und 2 nach WEBER & HOLNSTEINER beschränkte. Ungeklärt bleibt die Verbindung zwischen dem Grubengebäude Gipsbergbau Hochleiten auf KG Maria Enzersdorf und dem, in historischen Quellen eindeutig beschriebenen Tagschacht.

Das Auffinden eines Blindschachtes gab Anlass zu Befürchtungen, dass sich am Niveau des Schachtfußes ein noch tiefer gelegener Abbauhorizont befinden könnte. Durch Videosondierungen (z.T. mit Kameraboot) und Laserscannermessungen wurde aber nachgewiesen, dass zumindest von diesem Blindschacht keine weiteren Grubenbaue abgingen. Bei den übrigen Bohrungen wurden keine Hinweise auf weitere Schächte gefunden.

Bei den Verfüllarbeiten im Bergbaubereich hat sich auch herausgestellt, dass durch die Wahl des relativ dünnflüssigen und langsam erhärtenden Verfüllgutes eine weite Umläufigkeit des Materials im Grubengebäude gegeben war. Der überwiegende Teil der Verfüllmasse wurde daher über lediglich 6 Bohrungen eingebracht. In den übrigen Bohrungen wurde mit dem Lichtlot das kontinuierliche Ansteigen des Verfüllgutes im Grubengebäude beobachtet.

Die in der Planungsphase als Barrieren für das Verfüllgut erachteten Verbrüche in den Strecken erwiesen sich glücklicherweise nicht wirksam. Nach dem Prinzip der kommunizierenden Gefäße wurde so das

gesamte Grubengebäude und die unmittelbar damit in Verbindung stehenden Gipskarst Hohlräume vollständig verfüllt.

Isolierte Hohlräume mit wenigen cm Höhe im Bereich von Hochpunkten einer intakten Stollenfiste konnten allerdings nicht ausgeschlossen werden. Sobald allerdings durch Klüfte, Gipskarst oder Risse geschwächtes Gebirge vorliegt, welches das Entweichen von Luft in die Überlagerung erlaubt, war von einer vollständigen Verfüllung – auch von isolierten Hochpunkten – auszugehen.

Der Verfüllerfolg wurde zudem durch die Kontrollbohrungen nachgewiesen.

6 Schlussfolgerung

Die Errichtung von Gebäuden über lösungsfähigem Untergrund ist in bestimmten Fällen durchaus möglich, wenn vor der Baumaßnahme entsprechende Bodenuntersuchungen bzw. entsprechende Maßnahmen ergriffen werden.

Im konkreten Fall mussten diese technisch aufwendigen Maßnahmen zur Abwendung von Gefahren nachträglich durchgeführt werden.

Über insgesamt 88 Bohrungen wurden in zwei Verfüllphasen ca. 15.601 m³ Verfüllgut eingebracht und somit die Bergbau- und Lösungshohlräume vollständig verfüllt.

Der Verfüllerfolg wurde sowohl während des Einbringens durch Verfolgung eines kontinuierlichen Aufspiegeln des Verfüllgutes in den Verfüllbohrungen, sowie durch Kontrollbohrungen nach Abschluss der Sicherungsarbeiten beobachtet.

Damit wurde das vom Altbergbau „Gipsbergbau Hochleiten“ ausgehende Risiko auf ein vernachlässigbar geringes Risiko reduziert. Durch die zwangsläufige Verfüllung von Gipskarsthohlräumen kann von einer signifikanten Verringerung der Wasserwegigkeit in den Gipsstock ausgegangen werden. Damit ist auch eine Verminderung des Risikos der Ausbildung von Setzungen der Oberfläche durch eine natürliche Gipskarstbildung im Untergrund gegeben.

7 Quellen

GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT: Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000 Blatt 58 Baden.- Geol.-B.-A., 1997.

GEO-PLAN Beratungs- und Planungsges. m.b.H. (2000): Untersuchung über ein verschollenes Gipsbergwerk in Hochleiten in der Gemeinde Gießhübl / NÖ.- 70 S., erstellt im Auftrag des Bauamtes Maria Enzersdorf).

IC-Consulanten ZT GmbH. Ergebnisse von 50 + 22 + 4 Bohrungen (Stand 14. November 2005) im Rahmen des Projektes „Sanierung der Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsanlage – Untergrunderkundungen Marienhöhe“

KRATSCH, H. (1983): Mining Subsidence Engineering.- 543 p., 380 fig., *Springer*, Berlin-Heidelberg New York 1983.

PRINZ, H. (1991): Abriss der Ingenieurgeologie.- 466 S., Enke

SCHRÖCKENFUCHS, G. (2005): Gips-Bergbau Hochleiten - Gießhübl.- Bergbaukundliche und historische Nachforschungen, erstellt für die Marktgemeinde Maria Enzersdorf.- 24 S., Beilagen.

SCHWARZ, A. (2003): Bericht über die Recherchen zum Gipsbergwerk Hochleiten.- unveröffentl. Zusammenstellung von Zeitzeugenberichten und Dokumenten, 18 S.,

- SEREN, S. /2004 a): Bericht über geophysikalische Untersuchungen Maria Enzersdorf-Marienhöhe.- ZAMG., 19 S., Anlagen.
- SEREN, S. (2004 b): Bericht über geophysikalische Untersuchungen Maria Enzersdorf-Marienhöhe, Ergänzung.- ZAMG., 5 S., Anlagen.
- SIEGMUND, A. (1909): Die Minerale Niederösterreichs.- Franz Deuticke.
- TIETZE, E. (1873): Über ein neues Gypsvorkommen am Randgebirge des Wiener Beckens.- Verh. Geol. R.-A., S. 184 ff.
- WEBER L. & BERGMAIR M. (2002): Risk Evaluation for Air Raid Shelters from World War II by deterministic and probabilistic methods. *UEF: Probabilistics in GeoTechnics*, Graz, September 2002.
- WEBER, L., STEININGER, H., HOLNSTEINER, R. (2000) Geologisch-Geotechnischer Bericht zu Bohrungen Marienhöhe .- 6 S., 28. 09. 2000
- WEBER, L. & HOLNSTEINER, R. (2006): Geologisch – geotechnisches Gutachten ge., § 213 Abs. 2 MinroG zur Frage des vom ehem. Gipsbergbau auf der Marienhöhe (Marktgemeinde Maria Enzersdorf und Gemeinde Gießhübl / NÖ) ausgehenden Risikos (Unveröffentl. Gutachten für die Montanbehörde Ost).
- WEBER, L. (2008): Geologisch – geotechnisches Gutachten zur Evaluierung des vom ehemaligen Gipsbergbau ausgehenden Gefährdungspotentials nach Abschluss der Sicherungsarbeiten in den Gemeindegebieten von Maria Enzersdorf und Gießhübl (Unveröffentl. Gutachten, erstattet für die BH Mödling).

Donnerstag 16. Oktober 2014

16:30-17:00

Schwermetalluntersuchungen 2013/2014 an Quellen und Gerinnen in Permafrostbereichen der Öztaler Alpen, Tirol

Markus Ribis

geo.zt gmbh - poscher beratende geologen, Saline 17, 6060 Hall in Tirol, markus.ribis@geo-zt.at

Abstract

Up to now only few heavy metal investigations at springs and surface water are known and published from permafrost areas in the Austrian Alps. For the first time nickel was detected in high mountain lakes – Rasass lake in South Tyrol – from Thies et al. 2007 [1]. Later also in the area of the Lazaun-Alm (Schnalstal, South Tyrol) in the water of rock glacier springs. Meanwhile, increased nickel concentrations are known in rock glacier springs at several localities in the Ötztal Alps, but also raised levels of other heavy metals such as manganese, arsenic and zinc.

As part of the ongoing processing of the dissertation with the title *Permafrost in Tyrol*, study areas were defined in permafrost areas of the Ötztal Alps in 2013-2014 which are particularly well suited for targeted studies on heavy metals.

First results from these permafrost areas show that local heavy metal anomalies of individual parameters in the unfiltered state, but also in the filtered state are observed. These anomalies can be traced both in springs and surface water and therefore also have a special water-economic relevance in this areas.

Bisher sind nur vereinzelt Schwermetalluntersuchungen an Quellen und Oberflächengewässern im Permafrostbereich der Österreichischen Alpen bekannt und veröffentlicht. Erstmals wurde Nickel in Hochgebirgsseen - u.a. Rasass-See in Südtirol - von Thies et al. 2007 [1] nachgewiesen. Später auch im Bereich der Lazaunalm (Schnalstal, Südtirol) in Wässern von mehreren Blockgletscherquellen, wobei beobachtet wurde, dass der Nickel-Gehalt mit abnehmender Schüttung der Quellen jeweils zum Herbst hin zunahm, was darauf hinweist, dass Nickel aus dem Permafrost-Eis freigesetzt wird. Die Analyse des Blockgletscher-Bohrkerns Lazaun hat dies bestätigt (Krainer et al. 2012 [2]). Inzwischen sind erhöhte Nickelgehalte in Blockgletscherquellen an mehreren Lokalisationen in den Ötztaler Alpen bekannt, aber auch erhöhte Werte bei weiteren Schwermetallen wie Mangan, Arsen und Zink. Weitere Untersuchungen sind u.a. in Thies et al. 2013 [3] beschrieben.

Im Zuge der laufenden Bearbeitung der Dissertation zum Thema *Permafrost in Tirol* wurden in den Jahren 2013-2014 Einzugsgebiete im Permafrostbereich der Ötztaler Alpen definiert, welche sich für gezielte Untersuchungen hinsichtlich Schwermetalle besonders gut eignen. Es waren dies u.a. folgende Gebiete:

- Einzugsgebiet Goldseen-Ganderbild (Gemeinde Nauders)
- Einzugsgebiet Radurschltal-Hinteres Bergle (Gemeinde Pfunds)
- Einzugsgebiet Inneres Hochebenkar (Gemeinde Sölden)
- Einzugsgebiet Schrankar (Gemeinde Längenfeld)

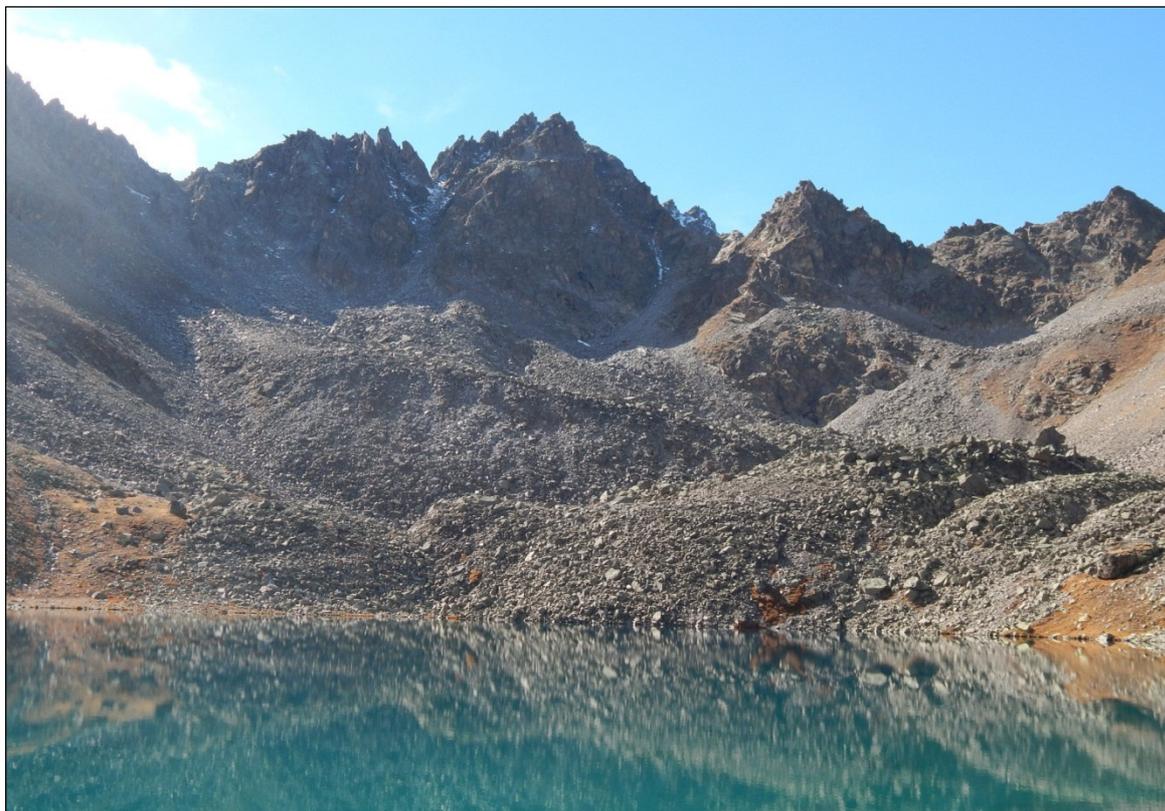


Abb. 1: Blockgletscher im Bereich der Goldseen (Nauders)

In drei dieser vier Einzugsgebiete wurden Quell- und Gerinne-Messstellen definiert und beprobt. Die Beprobungen 2013-2014 umfassten 24 Parameter (u.a. Arsen, Antimon, Aluminium, Eisen, Nickel und Uran). Die Probenahme selbst erfolgte methodisch sowohl unfiltriert (ungelöst, Gesamtgehalt) als auch filtriert (gelöst).

Erste Ergebnisse aus diesen Permafrostbereichen zeigen, dass lokale Schwermetallanomalien einzelner Parameter im unfiltrierten Zustand, aber ebenso auch im filtrierten Zustand zu beobachten sind. Diese Anomalien sind sowohl in Quellen als auch Oberflächengewässern nachvollziehbar und haben damit auch eine spezielle wasserwirtschaftliche Relevanz in diesen Einzugsgebieten.

Literatur

- [1] Thies, H., Nickus, U., Mair, V., Tessadri, R., Tait, D., Thaler, B., Psenner, R. (2007): Unexpected response of high Alpine Lake waters to climate warming. *Environmental Science and Technology* 41: 7424-7429.
- [2] Krainer, K., Lang, K., Mair, V., Nickus, U., Tessadri, R., Tonidandel, D., Thies, H. 2012: Core drilling on active rock glacier Lazaun (southern Ötztal Alps, South Tyrol). *Pangeo Austria* 2012.
- [3] Thies, H., Nickus, U., Tolotti, M., Tessadri, R., Krainer, K, 2013: Evidence of rock glacier melt impacts on water chemistry and diatoms in high mountain streams. *Cold Regions Science and Technology* 96: 77-85.

Donnerstag 16. Oktober 2014

17:00-17:30

Historische Erdbebenforschung in Tirol – „Fakes“, Neubewertung und Vervollständigung des Erdbebenkatalogs

Christa Hammerl

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik - Abteilung Geophysik; Historische Erdbeben

Historische Erdbebenforschung – Einleitung

Dem Wissen um historische Erdbeben wird in den letzten Jahren immer mehr Bedeutung zugemessen, da man verlässliche, vollständige und genaue Daten benötigt, um eine schlüssige Erdbebengefährdungsbewertung für ein bestimmtes Gebiet durchführen zu können. Insbesondere seit der Einführung des EUROCODE- 8 – des Normenwerks für erdbebengerechtes Bauen in Europa – kommt der Erfassung und der quellenkritischen Beurteilung historischer Erdbeben vermehrt Interesse zu, da der Beurteilungszeitraum für die Festlegung der Erdbebengefährdung von 100 auf über 450 Jahre ausgedehnt wurde.

Im Jahr 1978 kam es zu einer Volksabstimmung über das Kernkraftwerk Zwentendorf dessen Standort weniger als 50 km vom vermuteten Epizentrum des Schadensbebens von 1590 entfernt liegt. Dass die Volksabstimmung eine Mehrheit gegen die Inbetriebnahme erbrachte, war sicherlich auch eine Folge der allgemeinen Verunsicherung durch die widersprüchlichen Argumente zur Erdbebengefährdung des Standortes. Viele Wissenschaftler waren damals für die Debatte unzureichend vorbereitet. Die Kenntnis über das 1590er Beben war ungenügend, was zu konträren Interpretationen führte.

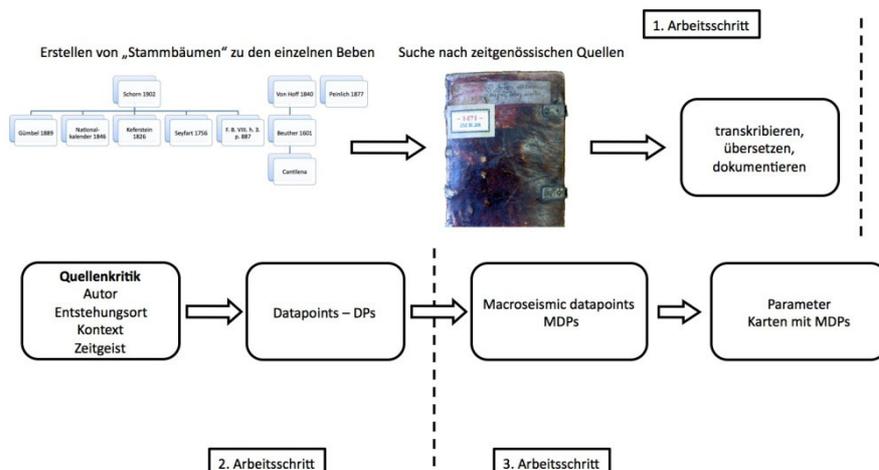
Die erste Volksabstimmung in der Zweiten Republik ergab schließlich mit knappem Ergebnis, dass das Kernkraftwerk Zwentendorf nicht in Betrieb genommen wurde.

Die Debatte im Vorfeld der Volksabstimmung über das Kernkraftwerk Zwentendorf initiierte die Etablierung eines neuen Wissenschaftszweiges, nämlich die Historische Erdbebenforschung. Dieser interdisziplinäre Forschungszweig sollte sich in den kommenden Jahren international etablieren und ist heute eine anerkannte Wissenschaftsmethode, insbesondere bei Fragen der Standortsicherheit.

1986 wurde die Arbeitsgruppe „Historical Earthquake Data“ in der ESC (European Seismological Commission) eingerichtet. Die Aktivitäten dieser Arbeitsgruppe widmeten sich damals vor allem der Erarbeitung von Methoden. Viele Nachfolgearbeitsgruppen wurden in diesem Rahmen bis heute installiert. Ein Ziel der Arbeitsgruppen war auch die Erstellung eines nach den Erkenntnissen der Historischen Erdbebenforschung revidierten Europäischen Erdbebenkatalogs. Dieses Ziel konnte 2012 nach aufwändigen Entwicklungsarbeiten weiterer ESC Arbeitsgruppen verwirklicht werden und stellt eine „living database“ dar. Der europäische Erdbebenkatalog SHEEC – The SHARE European Earthquake Catalogue, 1000–1899 (EC Projekt SHARE, 2009–2012) – basiert auf AHEAD, dem Archive of Historical Earthquake Data, das im EC Projekt NERIES (Modul NA4 a Distributed Archive of Historical Earthquake Data, 2006–2010) entwickelt wurde (Stucchi et al., 2013).

Methodik

Die Methodik zur Erforschung von historischen Erdbeben, wobei besonders die ersten beiden Arbeitsschritte sehr aufwändig sind, wird im folgenden Diagramm sehr vereinfacht dargestellt.



Die vier stärksten historischen Erdbeben in Tirol

Tirol wurde in der Vergangenheit immer wieder von stärkeren Erdbeben betroffen. Durchschnittlich werden pro Jahr 14 Erdbeben mit Epizentrum in Tirol wahrgenommen, das entspricht einer Intensität von 3° EMS-98. Alle zwei Jahre ereignet sich ein Erdbeben, das sehr deutlich bemerkt wird – das entspricht einer Intensität von 5° EMS-98 – und alle elf Jahre ein Erdbeben, das bereits zu leichten Gebäudeschäden führt – das entspricht einer Intensität von 6° EMS-98 –. Mittlere Gebäudeschäden – das entspricht einer Intensität von 7° EMS-98 – treten statistisch gesehen in Tirol alle 60 Jahre auf und Erdbeben einer Intensität von 8° EMS-98 mit größeren Gebäudeschäden alle 300 – 400 Jahre.

Im Rahmen des INTERREG IV Projektes HAREIA - **H**istorical **A**nd **R**ecent **E**arthquakes in Italy and **A**ustria (Lead Partner: Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Zivil- und Katastrophenschutz) – wurden u.a. vorerst die vier stärksten historischen Erdbeben in Tirol in 1571, 1572, 1670 und 1689 nach den Methoden der *Historischen Erdbebenforschung* erforscht. Dabei wurden einerseits bekannte Interpretationen untersucht und andererseits mittels zeitgenössischer Quellen, die dafür in den Archiven erhoben werden mussten, die historische Information geprüft und neue Erkenntnisse gewonnen.

Das Erdbeben vom 1. November 1571

Nach gründlichen Recherchen stellte sich heraus, dass sich kein Schadensbeben am 1. November 1571 in Tirol ereignete. Dieses „Beben“ wurde ursprünglich im Österreichischen Erdbebenkatalog mit einer Epizentralintensität von 7° EMS-98 angeführt und das Epizentrum in Innsbruck angenommen. Das Datum 1. November korreliert mit der „Großen Flut“ in den Niederlanden von 1570, die zusammen mit einem Erdbeben von z. B. den Geologen Von Hoff und Keferstein genannt wurde. Von Hoff schrieb: „1571. [sic!] am 1. November, als die große verwüstende Springfluth an den niederländischen Küsten sich ereignete, soll in Innsbruck ein Erdbeben erfolgt seyn.“ Es handelt sich hier um eine Fehlinterpretation der Quellen; dies wird auch durch das Fehlen von einschlägigen Nachrichten in

den Innsbrucker und Haller Ratsprotokollen untermauert. Dieser Umstand ist in der historischen Erdbebenforschung bekannt. Für den Österreichischen Erdbebenkatalog bedeutet diese Erkenntnis, dass es sich beim „Beben“ von 1571 um ein falsch interpretiertes Ereignis handelt und selbiges künftig nicht mehr im Katalog als Schadensbeben, sondern als „fake“ geführt wird.

Das Erdbeben vom 4. Jänner 1572

Das Beben vom 4. Jänner 1572 zählt zu den stärkeren in Tirol. Bis jetzt wurde für dieses Beben im Österreichischen Erdbebenkatalog der ZAMG (AEC) eine Epizentralintensität von 8° EMS-98 und das Epizentrum in Innsbruck angenommen.

Auf Grund der im Rahmen des o.g. Projektes in den Archiven ausgehobenen und quellenkritisch interpretierten historischen Quellen konnte das Epizentrum für Innsbruck bestätigt werden, die Epizentralintensität wurde auf 6-7° EMS-98 herabgestuft, was laut Skala bedeutet, dass viele Personen erschrecken und ins Freie flüchten. Es treten leichte bis mittlere Gebäudeschäden auf, wie kleine Mauerrisse, Abfall von Putz, Herabfallen von Schornsteinteilen, und bei Gebäuden in schlechterem Bauzustand, wie das in Innsbruck und Hall zum Teil der Fall war, können größere Mauerrisse auftreten und Zwischenwände einstürzen. Das Beben vom Freitag, den 4. Jänner 1572, fand um 19.45 Uhr statt, richtete Schäden in Innsbruck, Hall und Absam an und wurde auch in Kundl, Schwaz und Wattenberg wahrgenommen.

Das Erdbeben vom 17. Juli 1670 in Hall in Tirol

Eines der stärksten Erdbeben, das den Tiroler Raum jemals erschütterte, war wohl jenes vom 17. Juli 1670. In Hall wurden viele Häuser beschädigt, einige stürzten ein. Viele der Häuser wurden sofort durch Baumstämme gepölzt, etwas später verstärkte man die betroffenen Häuser in Hall und Innsbruck durch sogenannte Erdbebenmauern oder -pfeiler, Vorbauten aus Höttinger Breccie, die auch heute noch das Stadtbild

prägen.

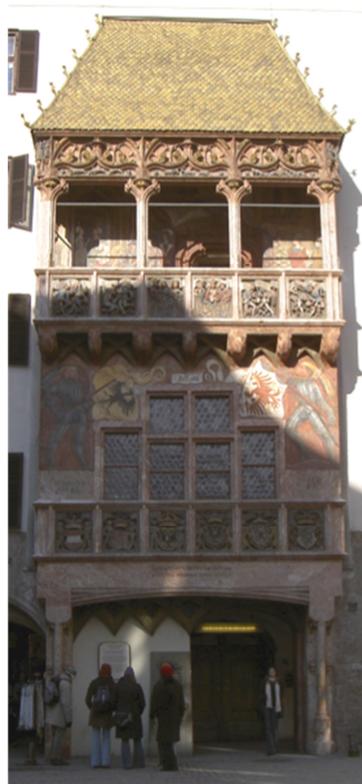


Abb. 1: Die Inschrift wurde 1671 am Goldenen Dachl in Innsbruck angebracht und erinnert an die Restaurierungsarbeiten nach dem Erdbeben von 1670. Im Chronogramm (5+500+100+1+5+5+50+1000+5=1671) steht:
restaVror post horrenDos ContInVo ano et
VLtra perpersos terrae MotVs
Übersetzung: Ich werde nach den schrecklichen Erdbeben, die ununterbrochen in diesem Jahr und darüber hinaus erlitten worden sind, wiederhergestellt.

Das Erdbeben vom 17. Juli 1670, ist durch zeitgenössische Quellen bestens belegt. Aus der Fülle an Information konnte das Epizentrum bei Hall und eine Epizentralintensität von 8 Grad auf der 12-teiligen EMS-98 bestimmt werden. Das bedeutet laut dieser Skala, dass viele Personen das Gleichgewicht verlieren, an vielen Gebäuden einfacher Bausubstanz schwere Schäden auftreten, d. h. Giebelteile und Dachgesimse und einige Gebäude sehr einfacher Bauart sogar einstürzen. Das Beben forderte mindestens neun Todesopfer in Hall und Thaur. Nachrichten zu diesem Erdbeben stammen aus folgenden Orten: Absam, Augsburg, Baumkirchen, Donauwörth, Farbental, Frankfurt, Fritzens, Hall in Tirol, Innsbruck (Mühlau), Kolsass, Kempten, Leutkirch im Allgäu, Lindau, Mantua, Memmingen, Mils, Nördlingen, Nürnberg, Regensburg, Salzburg, Schwaz, St. Gallen, St. Magdalena im Halltal, Thaur, Venedig, Volders, Volderwildbad, Vomp, Wattenberg, Zillertal. Das Beben fand um 2.00 Uhr statt. Eine Nachbebenstätigkeit von über 50 Tagen ist bei dieser Magnitude plausibel und wird auch in den historischen Quellen angesprochen.

Das Erdbeben vom 22. Dezember 1689

In den Innsbrucker Ratsprotokollen wird berichtet, dass „*Den 22 Decembris A[nn]o etc 1689. in der fruehe etwa ain Halb viertl nach 2 Vhr, also vmb Miternacht, an ainem Pfinztag [Anm.: Donnerstag], Ist ain Erschrockhlicher Erdtpiden vber die Statt Ynsprugg khomen, so etwo ain Vatter vnnser vnd Aue Maria lanng gewertig, aber solliche grausame stoß vnd Schittler geben, ...*“ dass in der Stadt, auch um den Graben vom Pickentor bis zu den Franziskanern, der Spitalskirche, „... *sambt allen Kirchen vnd Clösstern khein hauß vnbeschädiget verbliben ...*“ Der Schreiber berichtet auch, dass das Elend und der Schrecken der Bewohner mitten in der Nacht zur kalten Winterszeit kaum zu beschreiben ist, auch nicht wie Häuser zum Teil ruiniert wurden.

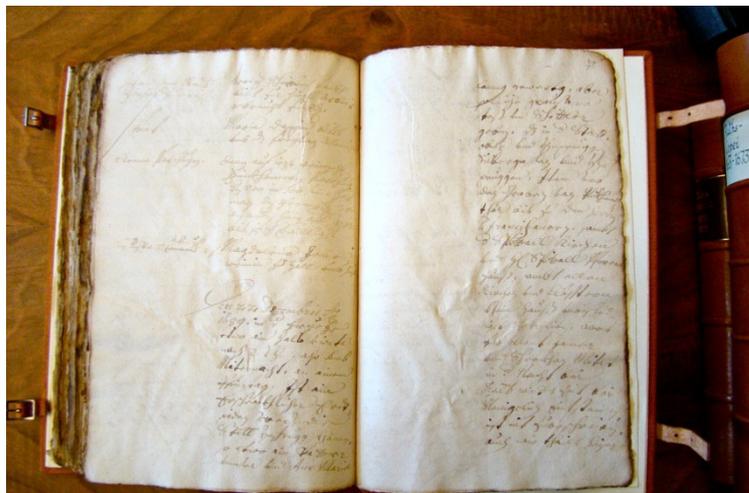


Abb. 2: Stadtarchiv Innsbruck, Ratsprotokoll 1689

Die Informationen, darunter im Rahmen des Projektes neu gefundene Quellen, über das Beben vom Donnerstag, den 22. Dezember 1689 zeigen, dass die Schäden in Innsbruck und Hall ähnlich denen im Jahre 1670 waren. Zu berücksichtigen ist aber, dass die Bausubstanz bereits durch das Beben von 1670 geschädigt war, andererseits aber auch viele Gebäude durch die Reparaturarbeiten wiederum in einem besseren Zustand als vor 1670 waren. Auch dieses Beben forderte, wie jenes im Jahr 1670, Todesopfer,

aber nicht nur mindestens elf in Hall, sondern auch elf in Innsbruck. Die Epizentralintensität wurde mit 7-8° EMS-98 abgeschätzt, d. h. laut dieser Skala, dass die meisten Personen erschrecken und ins Freie flüchten bzw. das Gleichgewicht verlieren. Möbel werden verschoben. Gegenstände fallen in großen Mengen aus Regalen. An vielen Häusern solider Bauart treten mindestens mäßige Schäden wie kleine Mauerrisse, Abfall von Putz sowie das Herabfallen von Schornsteinteilen auf. Vornehmlich Gebäude in schlechterem Zustand zeigen größere Mauerrisse und Einsturz von Zwischenwänden. An vielen Gebäuden einfacher Bausubstanz können bereits schwere Schäden auftreten, d. h. Giebelteile und Dachgesimse sowie einige Gebäude sehr einfacher Bauart stürzen ein. Nachrichten zu diesem Erdbeben stammen aus folgenden Orten: Augsburg, Hall in Tirol (mit St. Magdalena im Halltal), Innsbruck (mit Allerheiligen, Arzl, Hötting und Mühlau) und Schwaz. Das Beben fand um 2.00 Uhr statt.

Historische und rezente Erdbeben in Tirol von 1000-2013 – ein neues Projekt

Um ein besseres Gesamtbild über die seismische Gefährdung Tirols zu gewinnen, wie bereits erwähnt gehört Tirol zu den seismisch aktivsten Gebieten in Österreich, werden in einer neuen Studie (Arbeitsbeginn 2014) gefördert durch das Land Tirol, die ASFINAG Alpenstraßen GmbH, den Verbund Hydro Power GmbH, die Fachgruppe der Seilbahnen Tirol, die TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG und die ÖBB-Infrastruktur AG in interdisziplinärer Zusammenarbeit nach dem aktuellen Stand der *Historischen Erdbebenforschung* historische und rezente Erdbeben von 1000-2013 erforscht. Dafür werden vor allem in den Tiroler Archiven vorrangig zeitgenössische historische Quellen ausgehoben, transkribiert und quellenkritisch interpretiert und zeitgenössische Information des Seismischen Archivs der ZAMG herangezogen und analysiert, um aus dieser umfassenden Information die neuen Erdbebenparameter abzuschätzen.

Das Projekt dient als

- Basis für Aspekte der Raumordnung: Strategische Bauprojekte, Speichieranlagen für die Wasserkraft, Schutzbauten, Verkehrsanlagen, Brücken, Industrieanlagen, Umweltschutzanlagen, Deponien, Entsorgungsanlagen, Zivil- und Katastrophenschutzeinrichtungen, aber auch für die Erstellung von Konzepten zu Konservierungsmaßnahmen an historischen Gebäuden,
- Entscheidungshilfe für Präventionsmaßnahmen, Minimierung von Erdbebenschäden,
- essentieller Beitrag zur langfristigen Erdbebengefährdungseinschätzung,
- wissenschaftliche Erdbebengefährdungsstudie, die für Fragestellungen der Raumordnung, des Zivil- und Katastrophenschutzes eine Basis-Dokumentation darstellt und
- Grundlage für bautechnische Bemessungen hinsichtlich Bodenbeschleunigung und Extremerdbeben / MCE (maximum credible earthquake) und für das OBE (operating basis earthquake).

Projektziele:

Das Projekt schafft erstmals einen wissenschaftlich fundierten, homogenen Informationsstand der historischen und rezenten Erdbebenaktivität Tirols und die darauf aufbauende seismologische Analyse und Interpretation. Die aus den Forschungsergebnissen resultierende Erdbebengefährdung Tirols entspricht damit dem Stand der Wissenschaft. Analog zu der umfangreichen Studie und Publikation „Erdbeben in Niederösterreich von 1000-2009 n.Chr.“ werden die Ergebnisse nach Abschluss der Studie für Tirol publiziert.

Literatur:

AEC Austrian Earthquake Catalogue, Computer File, ZAMG.

Hammerl, Christa & Lenhardt, Wolfgang & Innerkofler, Marcel, 2012. Forschungen zu den stärksten historischen Erdbeben im mittleren Inntal im Rahmen des INTERREG IV-Projekts HAREIA (Historical And Recent Earthquakes in Italy and Austria). In: Forum Hall in Tirol. Neues zur Geschichte der Stadt Bd.3.

Hammerl, Ch. & Lenhardt, W.A., 2013. Erdbeben in Niederösterreich von 1000 bis 2009 n. Chr. – Abh. Geol. B.-A., 67, 297 S., Wien.

Keferstein, Ch. (1826). Versuch eines chronologischen Verzeichnisses der Erdbeben und vulkanischen Ausbrüche seit Anfang unserer Zeitrechnung. In: Keferstein Ch (ed) Teutschland, geognostisch-geologisch dargestellt. Eine Zeitschrift, vol 4, 1. Weimar, p 292.

Stadtarchiv Innsbruck, Ratsprotokoll 1689

Stucchi, M. et al. (2013). The SHARE European Earthquake Catalog (SHEEC) 1000-1899, J. Seismol. 17, 523–544, doi: 10.1007/s10950-012-9335-2, <http://www.emidius.eu/SHEEC/> (abgerufen September 2014).

Von Hoff, K. E. A. (1840). Chronik der Erdbeben und Vulcan-Ausbrüche. Gotha, p.260.

Donnerstag 16. Oktober 2014

17:30-18:00

Der Tschirgant-Bergsturz in neuem Lichte

Gunther Heißel¹, Wolfram Mostler², Petra Nittel-Gärtner¹, Peter Puschnik³; unter Mitarbeit von Denise Braunhofer¹

¹Amt der Tiroler Landesregierung, Allgemeine Bauangelegenheiten; Fachbereich Landesgeologie; ²Ig.m Ingenieurbüro für Technische Geologie, Innsbruck; ³Geobüro Puschnik, Ingenieurbüro für Technische Geologie

1. Veranlassung

Die Intensivierung der Grundwasseruntersuchungen in den Lockergesteinsaquiferen des Tiroler Inntales und des Lechtales gemeinsam mit dem Wasserwirtschaftlichen Planungsorgan im Amt der Tiroler Landesregierung/DI Johannes Pinzer und die seit einigen Jahren seitens der Landesgeologie aufgezeigte von Gipskarstproblematik hat die Notwendigkeit erbracht sich u. a. auch mit dem Gebiet des Tschirgant-Bergsturzes intensiv zu beschäftigen. Dies nicht zuletzt deshalb, weil beispielsweise die zahlreichen deutlichen Sulfatfahnen im Grundwasser des Inntales, die in den vergangenen Jahren mehr und mehr gefunden wurden, einer plausiblen Erklärung bedürfen, vor allem, wenn sie sich entlang dem Südrand der Lockersedimente des Inntales – wie z. B. im Oberinntal - befinden. Der Mündungsbereich der Öztaler Ache in das Inntal hat sich rasch als eine der „Schlüsselstellen“ für diese Fragestellungen erwiesen. Einer der Autoren (Heißel) hat schon ab 1980 gemeinsam mit dem späteren Landesgeologen Dr. Peter Gstrein intensive geologische Kartierungsarbeiten am Tschirgant durchgeführt und später diese für die Prognosen des Roppener Tunnels der A12 Inntalautobahn (Röhre 1) als Mitarbeiter von ILF/Innsbruck weitergeführt. Ab 2007 erfolgten teils intensive Begehungen des Tschirgant-Gebirgsstockes zwischen Mötz und Imst gemeinsam mit Landesgeologin Mag. Petra Nittel-Gärtner.

Die umfassenden Laserscanauswertungen der Tiroler Landesgeologie haben – ähnlich wie am Fernpass und in anderen Gebieten auch – zahlreiche dolinenartige Strukturen, vorwiegend südlich des Inn, erkennen lassen. Davon sind einige entlang der ÖBB-Strecke Wien-Bregenz als Bombentrichter identifizierbar, der Großteil von ihnen muss aber anders erklärt werden.

Somit ergab sich eine Ausgangslage in der sich der Verdacht erhärtete, dass mit den bisherigen wissenschaftlichen Anschauungen über die Entstehung der Landschaft am Ausgang des Öztals in das Inntal im Bereich der Inntalgemeinden Haiming und Roppen und der Gemeinde Sautens im Öztal zu viele Unklarheiten und Widersprüche herrschen, um den Fragestellungen der Zusammenhänge der Grundwässer im Inntal nachgehen zu können.

2. Wesentliche bisherige Ansichten über die Entstehung der Landschaft am Ausgang des Öztals in das Inntal

Schon Ampferer (1904) fielen flächig ausgedehnte Vorkommen von Tonschiefern im Bergsturzgelände von Roppen auf, die er schwerlich als durch einen Bergsturz verfrachtete Ablagerungen deuten wollte.

Heuberger (1975) sah in den Bergsturzablagerungen am Fuß des Tschirgant spätglaziale Ereignisse, wodurch die weite Ausbreitung der Sturzsedimente bis ins Öztal hinein erklärbar war.

Prager (2010) und Patzelt (2012), aber auch Sanders (2012) folgten Datierungsergebnissen an Hölzern und Brandhorizonten, die wesentlich jüngere Ereignisalter für insgesamt zwei Tschirgant-Stürze ergaben, die einer spätglazialen Zeiteinstufung entgegenstanden. Die in Frage kommenden Sturzereignisse wurden so auf eine Zeit zwischen etwa 3500 und 2400 Jahre BP (vor 1950) festgelegt. Um die Ablagerungsweiten bis ins vorderste Ötztal hinein zu erklären wurde angenommen, dass die Sturzsedimente auf wassergesättigten Boden gestürzt seien. Mehrere Kernbohrungen wurden so ausgedeutet, dass sie Bergsturزابlagerungen durchörtert haben sollen, die Schottern der Ötztaler Ache auflagern.

3. Vorgehensweise

Gemäß den Richtlinien der Landesgeologie „Geostandardisierung“ wurden folgende Arbeitsschritte unternommen um Schritt für Schritt ein möglichst klares Bild über die tatsächlichen geologischen Verhältnisse im Inntal im Mündungsbereich der Ötztaler Ache herausarbeiten zu können:

- ✓ Literaturstudium – Auswertung vorhandener Unterlagen
- ✓ Laserscanauswertung
- ✓ Übersichtsbegehungen im Gelände
- ✓ Detaillierte geologische Neukartierung im Mündungsbereich Ötztal und im angrenzenden Inntal inklusive Kartierung der Festgesteine an der Südseite des Tschirgant (Erarbeitung des Ist-Zustandes bzw. des Befundes)
- ✓ Zusammenfügen aller erarbeiteten Daten des Ist-Zustandes (Befund) in ein möglichst widerspruchsfreies Bild unter Heranziehung neuer tektonischer Erkenntnisse, neuer Erkenntnisse über den Gipskarst in Tirol und über hydrogeologische Zusammenhänge der Porengrundwasserbereiche im Inntal und Lechtal.
- ✓ Erstellung von fundierten Schlussfolgerungen (Gutachten) aus allen erarbeiteten Daten des Ist-Zustandes.

Mit den Geländearbeiten wurden die Leiter der Technischen Büros für Geologie, Mag. Wolfram Mostler und DI Peter Puschnik beauftragt. Die Geländearbeiten wurden durch DI Peter Puschnik ausgeführt. Es handelt sich dabei offensichtlich um die bisher detailliertesten Geländearbeiten und Kartierungen in diesem Gebiet.

4. Befund

4.1 Areal des Bergsturzes, (südlich des Inn) im Vergleich zu den bisherigen wissenschaftlichen Anschauungen

4.1.1 Lockergesteine

In diesem Gebiet finden sich eindeutige Sturzmassen, die im Wesentlichen aus Trümmergesteinen in Block- und Steingröße, seltener auch in feinerer Fraktion des Wettersteinkalks bestehen. Stellenweise finden sich auch Trümmernmassen aus Gesteinen des Alpinen Muschelkalks. Die Sturzablagerungen haben eine Mächtigkeit von weniger als einem Meter bis zu etwa 20 bis 30 Metern; vereinzelt könnten größere Mächtigkeiten möglich sein – diese sind aber im Gelände nicht erkennbar. Die Sturzablagerungen

lagern z. B. südlich von Roppen-Oberängern einen über 100 m hohen Hang, der 2:3 geneigt ist hinauf und enden dort an einem morphologisch deutlich ausgebildeten Wall aus kalkalpinem Schutt, der einem Seitenmoränenwall gleicht bzw. reichen mit Einzelblöcken noch etwa 1 bis 20 m höher.

Weiters stehen neben fluviatilen Ablagerungen des Inn und der Ötztaler Ache auch Moränen an, wobei es sich im Wesentlichen um Moränen des Inngletschers und des Gletschers aus dem Ötztal handelt. Demgemäß sind diese Gesteine in ihrer Zusammensetzung so bunt, wie die Festgesteinsgebiete in ihrem jeweiligen Einzugsgebiet. Örtlich im Bereich von Seitenmoränen (Forstweg Holzberg, Gemeinde Roppen) setzen sich die Moränenablagerungen auch aus kalkalpinen Gesteinen mit geringer Beteiligung von Kristallinkomponenten zusammen.

4.1.2 Locker- oder Festgesteine (?)

Dabei handelt es sich um Aufschlüsse, die bisher als Bergsturzmassen und somit als Lockergesteine eingestuft wurden.

Hin und hin, vor allem westlich, aber auch östlich des Kristallinrückens „Dürrberg“, der am Ausgang des Ötztals im Bereich des so genannten Sautner Forchet bis zur B171 Tiroler Straße aufragt, stehen kalkalpine Gesteine an, die über große Gebiete gleiches Einfallen der Schichtung und/oder der Schieferung aufweisen. Jedenfalls handelt es sich um ausgedehnte Areale von Tonschiefern, um ausgedehnte Aufschlüsse von Gesteinen des oberen Muschelkalks (Reifflinger Kalke, insbesondere auch Reifflinger Knollenkalke, sowie von Wettersteinkalk (überwiegend in Rifffazies oder riffnaher Fazies). Ockrig anwitternde Gesteine haben den Charakter einer tektonischen Rauhwacke. In einem Aufschluss oberhalb der Ortschaft Roppen am sogenannten „Marchegg“ sind südlich der Straße Roppen - Sautens Kristallingerölle tektonisch eingearbeitet.

4.1.3 Morphologie

Morphologisch finden sich Geländerücken und abflusslose Tälchen, z. B. das so genannte Wassertal. Viele dieser Täler, wie z. B. das Wassertal haben auch keine natürliche Abflussrichtung. Es handelt sich um längliche Einmuldungen, die beidseitig zu ihrem jeweiligen Ende hin ansteigen. Teilweise finden sich darin dolinenartige Einsenkungen. Insgesamt konnten insgesamt 385 dolinenartige Strukturen im Gebiet südlich des Inn auskartiert werden. Diese dolinenartigen Strukturen reichen teilweise bis wenige Meter an die Kristallingesteinsaufschlüsse an der Inntal-Südseite östlich der Ötztalmündung heran. Kleinere dolinenartige Einsenkungen sind auch auf dem mit Sturzmaterial bedeckten Schiefergneisrücken (Dürrberg) anzutreffen. Die dolinenartigen Strukturen können bis zu mehrere Zehnermeter im Durchmesser und bis zu ca. 20 Meter Tiefe erreichen. Oftmals zeigen diese trichterförmig ausgebildeten dolinenartigen Strukturen eine clusterartige Verteilung. Häufig liegen die dolinenartigen Strukturen mit deutlichem Rand in abflusslosen Einmuldungen bzw. Senken, die teils undeutliche Ränder aufweisen. Diese großflächigen Eintiefungen erreichen Durchmesser bis zu mehreren hundert Metern und Tiefen bis zu 40 Metern.

Eindeutige Hinweise auf frische Setzungsprozesse innerhalb der dolinenartigen Strukturen konnten vereinzelt festgestellt werden, z. B. westlich der Innbrücke und südlich der ÖBB Trasse.

Einige Tälchen zeigen eine Abflussrichtung in nördliche Richtung zum Inn hin an. Die Festgesteinsrücken, so weit sie aus Kalken der Formation des Alpinen Muschelkalks oder aus Gesteinen des Wettersteinkalks

bestehen, zeigen ein in situ Zerbrechen des Gesteinsverbandes an, ähnlich wie im Fernpassgebiet z. B. im Bereich des Hiendleswaldes (Mostler, 2013).

Der Kristallingesteinsrücken Dürrberg ist geprägt von Gletscherschliffen. Seine höchsten Bereiche zeigen hingegen deutliche Zerlegung durch Trennflächen an und bieten so ein völlig anderes – „zerfurchtes“ – Bild (siehe Abb.3).

4.1.4 Quellen und Grundwasser

Das so beschriebene und umrissene Areal ist frei von Quellen. Allerdings gibt es – für die Area 47 Grundwassernutzungen über eine Bohrung. Lediglich an der Ostseite des Dürrbergers treten Hangwässer in Form von drei Feuchtstellen an der Lockermaterial-Festgesteinsgrenze zu Tage. Die Schüttung liegt bei weit weniger als 0,1 l/s.

4.2 Areal nördlich des Inn, im Vergleich zu den bisherigen wissenschaftlichen Anschauungen

4.2.1 Lockergesteine

Als Lockergesteine finden sich hier vor allem die Schuttreisen und Murschuttablagerungen der nach Südwesten abfallenden Steilwände des Bergrückens Tschirgant-Simmering. Zusätzlich stehen zum Teil ausgedehnte Kristallinmoränen und sehr untergeordnet Sturzmaterial aus Wettersteinkalk im Bereich östlich der Breiten Mure und des Hauptdolomits im Bereich der Haiminger Mure an. Diese Sturzablagerungen haben stets geringe Mächtigkeiten von maximal wenigen Metern. Im Gelände finden sich vor allem in den jungen Hang- und Murschuttablagerungen, aber auch im Bereich von Moränen an mehreren Stellen zumindest etwa acht bis zehn deutliche dolinenartige Strukturen.

4.2.2 Festgesteine

Die Festgesteine des Tschirgant-Simmering-Gebirgsstockes reichen von Gesteinen des Alpinen Buntsandsteins und der Reichenhaller Schichten, von HeiBel und Nittel erstmals 2007 im Bereich des Zunterkopfes westlich des Simmeringgipfels auskartiert, über Abfolgen des Alpinen Muschelkalks und Wettersteinkalks bis hin zu Nordalpinen Raibler Schichten und Abfolgen des Hauptdolomits. Partnachsichten wurden vereinzelt beschrieben, ihre Existenz ist aber nicht gesichert nachgewiesen. Der Wettersteinkalk ist vorwiegend in Rifffazies oder riffnaher Fazies ausgebildet. Vereinzelt werden in den Gebieten mit intensivem Lockergesteinsabbau im Bereich der Breiten Mure Gletscherschliffe im Hauptdolomit freigelegt. Ockrig anwitternde Gesteine haben den Charakter einer tektonischen Rauhwacke. Gipsführung in den Nordalpinen Raibler Schichten ist offensichtlich und wurde von mehreren Autoren beschrieben (z. B. Prager, 2010).

Die Festgesteine – insbesondere des Hauptdolomits und der Nordalpinen Raibler Schichten, aber auch des Wettersteinkalks - ziehen in verschiedenen Niveaus mehrfach durch den Gebirgsrücken Tschirgant-Simmering. Die Abfolgen des Alpinen Muschelkalks sind offensichtlich auf zwei „Gesteinszüge“ beschränkt.

Die Festgesteinsaufschlüsse reichen dabei bis zum Inn bei Magerbach und stehen dort sogar noch im Flussbett an.

Die Schichtlagerungen sind sehr unterschiedlich und reichen von mehr oder weniger senkrechtem Einfallen bis zu sehr flachem Einfallen. Teils können intensive Verfaltungen im Gelände beobachtet werden. Im Zuge des Vortriebes der Röhre 1 des Roppener Tunnels (Nordröhre) konnten in den Ortsbrustbildern im Hauptdolomit auf mehrere 100 Meter Länge Isoklinalfalten in einem dünnplattigen Hauptdolomit durch Heißel 1988 auskartiert werden (siehe auch Heißel et. al, 1989).

Überwiegend handelt es sich bei den Festgesteinen um aufrechte bis überkippte Schichtenfolgen - im Tschirgant-Gipfelbereich kann man von stark überkippter Schichtenabfolge sprechen.

4.2.3 Morphologie

Markant sind die Ausbruchszone der Weißwand und die Erosionszonen oberhalb der Haiminger Mure und der Breiten Mure in den Festgesteinen. Weiters prägen die breiten Schuttfächer unterhalb dieser kahlen Erosionszonen das Landschaftsbild. Aber auch die Moränenrücken aus Kristallingeschiebe sind bemerkenswert. Die dolinenartigen Strukturen in den jungen Lockergesteinsablagerungen sind – je nach Alter – mehr oder weniger markant ausgebildet. Einige von ihnen zeigen frische Setzungsprozesse in ihrem Zentrum an (Risse im Boden und im Bewuchs; siehe auch Heißel und Nittel, 2013).

4.2.4 Quellen

Das Tschirgantgebiet ist arm an Quellen und diese zeigen im Wesentlichen nur geringe Schüttungen. Die Quellen halten sich an alte Talniveaus und dort zudem an den Wechsel von durchlässigen zu undurchlässigen Gesteinsabfolgen. Mit dem so genannten Römerbad östlich des Roppener Tunnels knapp über dem Inn entspringen deutlich Sulfat-führende Quellwässer. Das geringe Auftreten von Quellen und der maximale Bergwasserandrang, welcher im Zuge des Vortriebs der Nordröhre des Roppener Tunnels von max. etwa 10 l/s gemessen wurde, zeigen an, dass der Bergwasserspiegel im Tschirgantmassiv sehr tief liegt und höher oben nur kleinere schwebende Poren- bzw. Karstgrundwasserkörper vorkommen.

5. Schlussfolgerungen

Der Befund zeigt klar auf, dass sich die bisherigen Ansichten zum so genannten Bergsturz des Tschirgant nur teilweise mit den durch die Detailkartierung des Geländes erhobenen Einzelheiten in Einklang bringen lassen. Dies erklärt sich vor allem auch deshalb, weil bislang noch nie eine derart detaillierte geologische Kartierung vorgenommen wurde, die umfassend das Gebiet unter Berücksichtigung aller Gegebenheiten bearbeitet hat.

Unter Heranziehung der in den letzten Jahren bis zurück in das Jahr 1980 durch die Verfasser gewonnenen geologischen Ergebnisse, insbesondere auch die Erkenntnisse hinsichtlich Gipskarst und hinsichtlich der Porengrundwässer des Inntales im Zeitraum der letzten Jahre kann nunmehr ein plausibles und nachvollziehbares geologisches Bild vorgestellt werden, das sich von den bisherigen Vorstellungen deutlich unterscheidet.

5.1 Worauf lagert das Sturzmaterial aus dem Gebiet der Weißwand

In vielen Bereichen wurden die Sturzmassen, die aus Trümmern aus Wettersteinkalken bestehen, auf Moränen oder auf fluvialen Sedimenten von Inn und Öztaler Ache abgelagert.

Es finden sich jedoch zahlreiche Aufschlüsse, vor allem westlich der Öztaler Ache und somit vor allem im Gemeindegebiet von Roppen, die sich innerhalb der Grenzen des so genannten Tschirgant-Bergsturzes bzw. seiner Ablagerungen (siehe z. B. Patzelt & Poscher, 1993) befinden und die mehr oder weniger frei von Sturzablagerungen sind. Dies betrifft die zahlreichen Aufschlüsse von Tonschiefern und Gesteinen der Reiflinger Kalke. Im Bereich der mehrfach auskartierbaren „kalten Löcher“ liegen vor allem die Wettersteinkalkblöcke auf diesen Festgesteinen, die in ihrer Ausbildung in diesem Gebiet als Sturzmaterial verbleiben.

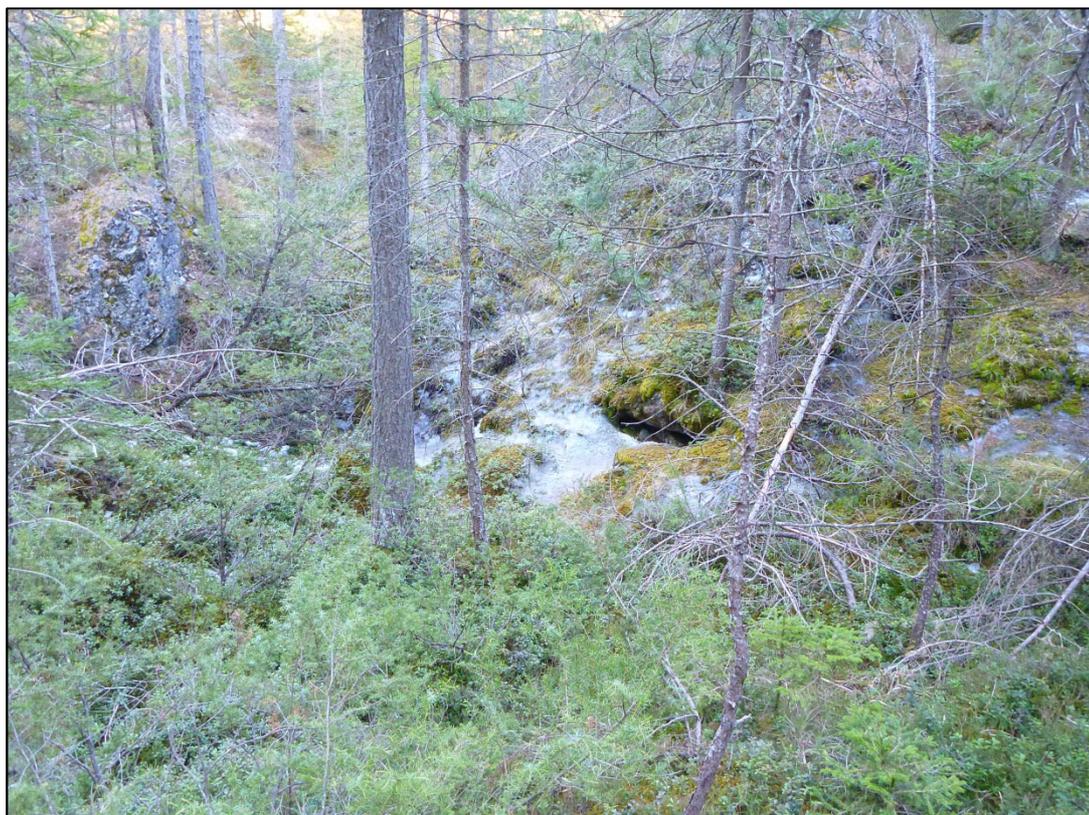


Abb. 1: „Kälte Löcher“

Im Bereich der drei Tälchen von denen eines das Wassertal ist, die östlich der Ache verlaufen, stehen Gesteine des Wettersteinkalkes an, die – wie im Befund beschrieben – lediglich in situ zerbrochen sind, was auf Verkarstungsprozesse im tektonischen Untergrund zurückzuführen ist. Als derart verkarstungsfähiges Gestein kommt unter Heranziehung der großräumigen Geologie wohl nur Gipsgestein der Raibler Schichten in Frage, das tektonisch die Wettersteinkalke unterlagert. Gipsgesteine sind hier zwar nicht aufgeschlossen, jedoch großräumig östlich des Milser Tunnels der A12 Inntalautobahn und mittelbar durch das Römerbad und durch in Bohrungen angetroffene deutlich Sulfat-führenden Grundwässer erschlossen. Die vorstehend erwähnten Schiefertone bzw. Tonschiefer sind auch diesen Abfolgen der Raibler Schichten zuzuordnen. Der in situ Zerfall der Wettersteinkalkgesteine durch offensichtliche Subrosion/Verkarstung ausgehend vom Untergrund ist mit den Gegebenheiten im Hiendleswald im Fernpassgebiet (Mostler, 2013) und mit dem Sintebichl in Reutte vergleichbar. Am

Sintebichl werden Gipsgesteine der Raibler Schichten von in sich durch den darunter vor sich gehenden Gipskarst zerbrechenden Hauptdolomitgesteinen überlagert, wie die Landesgeologen Thomas Figl und Petra Nittel-Gärtner im Rahmen einer Exkursion 2013 sehr schön zeigen konnten. Im Hiendleswald im Fernpassgebiet sind die Gipsgesteine zwar dort nicht direkt aufgeschlossen, jedoch im unweit entfernten ehemaligen Gipssteinbruch nördlich von Nassereith. Die Situation im Hiendleswald mit dem in situ Zerbrechen der auflagernden Hauptdolomitgesteine ist also sehr gut vergleichbar mit dem Sintebichl (siehe auch Mostler, 2013).



Abb. 2: Sintebichl (links oben), Hiendleswald (rechts oben) und Wassertal (links unten) im Vergleich

Dies lässt den zusätzlichen Schluss zu, dass überall dort wo Dolinen und Tälchen auskartierbar sind, die langgezogene Einsenkungen ohne Abflussmöglichkeiten darstellen, mit Raibler Schichten und Gipskarst oder auch mit Karbonatkarst im Untergrund und in den tektonisch darauf lagernden Karbonatgesteinen selbst zu rechnen ist. Lediglich am Rücken des Dürrberges finden sich dolinenartige Strukturen, die keinesfalls Verkarstung repräsentieren können. Sie sind aber wesentlich kleiner und unregelmäßiger und daher wohl als Toteislöcher zu interpretieren. Wie bereits erwähnt, können auch die Bombentrichter, die durch die einheitliche kleine Größe und geringe Tiefe charakterisiert sind, entlang der Bahnlinie mühelos als solche erkannt werden.

Entscheidend ist in diesem Zusammenhang, ob es überhaupt möglich ist, dass die Felsoberkante im Mündungsbereich des Ötztales in das Inntal an der Geländeoberfläche oder nur wenig darunter liegt, oder

ob mit anstehendem Festgestein erst in größerer Tiefe zu rechnen ist, wie es die bisherigen Bearbeiter offensichtlich annehmen.

Abgesehen davon, dass große Areale in dem bisher als Bergsturzaflagerungsbereich bezeichneten Gebiet offensichtlich mehr oder weniger einheitliche Festgesteinsbereiche darstellen, die – etwa wie die Tonschieferaufschlüsse – im Zuge des Sturzereignisses wohl keinesfalls so ungestört und unversehrt dort hätten abgelagert werden können, finden sich in nächster Umgebung zahlreiche Festgesteinsaufschlüsse in gleicher oder ähnlicher Position und Höhe ü. A., bei denen – mit Recht - niemand anderes vermutet:

Niemand bestreitet, dass der Kristallingesteinsrücken im Bereich des Sautner Forchet (Dürrberg) anstehendes Festgestein darstellt. Niemand bestreitet, dass die kalkalpinen Festgesteinsaufschlüsse im Gemeindegebiet von Roppen direkt am Nordufer des Inn und die im Bereich Trankhütte oder zwischen Karrer Höhe und Brennbichl anstehen. Niemand bezweifelt auch, dass sich der Inn in der Imster Schlucht beidseitig in Festgesteine eingeschnitten hat, womit Lockergesteine des Inntales dort auf das Flussbett des Inn beschränkt sind. Es ist auch unzweifelhaft so, dass kalkalpine Festgesteine im Bereich von Arzl im Pitztal das dortige Plateau, auf dem der Ort steht, bilden. Ebenso stehen Festgesteine direkt im Bereich der A12 Inntalautobahn, also im Talbereich an und bei Unterriedern finden sich die kalkalpinen Festgesteinsaufschlüsse sogar im Flussbett des Inn.



Abb. 3. „Dürrberg“: Gletscherschliff, der Gipfelbereich ist deutlich verwittert und dürfte im Spätglazial herausgeragt haben

So kann es doch nicht verwunderlich sein, wenn die Gesteinsaufschlüsse im bisher umgrenzten Bergsturzgebiet in Roppen, aber auch in Haiming als anstehendes Festgestein identifizierbar sind.

Die kalkalpinen Festgesteine sind nicht zuletzt im Schutz des Kristallinrückens des Sautner Forchet (Dürrberg) und durch die Festgesteine im Bereich der Karrer Höhe/Imster Schlucht trotz der Erosionswirkung der spätglazialen Gletscher und der Flüsse Inn und Ötztaler Ache erhalten geblieben.

Dies zieht den nächsten Schluss nach sich, wonach die Sturzaflagerungen insgesamt deutlich weniger mächtig sind, als bisher angenommen. Zwar ist es möglich, dass ehemalige Schluchtstrecken des Inn, aber auch der Ötztaler Ache – ähnlich wie die der heutigen Imster Schlucht, dort mit Flusssedimenten - mit Sturzmaterial verfüllt sind, ansonsten ist die Unterkante der Sturzmassen jedoch überall dort, wo sie aufgeschlossen ist, keinesfalls mächtiger als ca. 30 m. In vielen Bereichen bleibt sie deutlich geringer.

5.2 Wie sind bei diesen Erkenntnissen die bisherigen Auswertungen von Erkundungsbohrungen in diesem Gebiet zu erklären?

In einigen dieser Erkundungsbohrungen wurden die Bohrerergebnisse so ausgedeutet, dass unter dem Sturzmaterial stets Moränen und fluviatile Ablagerungen, nie jedoch anstehendes Festgestein angetroffen wurden. Gemäß den nunmehr vorliegenden Erkenntnissen steht jedoch weit verbreitet Festgestein an der Oberfläche an, das außer dem Kristallinrücken des Dürrberges und den anstehenden Tonschiefern der Nordalpinen Raibler Schichten aus verkarstungsfähigen Gesteinen besteht. Das Autorenteam ist diesbezüglich der Meinung, dass durch die tektonischen Prozesse an der Südgrenze der Kalkalpen, weiters durch die Verkarstungsprozesse und die Vorgänge im Zuge der Eiszeit und der nachfolgenden Jahrtausende bis heute die Zerlegung und Verkarstung/Verwitterung der Gesteine in den Bohrkernen Lockermaterialcharakter „vortäuscht“. Die in Bohrkernen in größerer Tiefe von bis zu ca. 65 m festgestellten fluviatilen und eventuell auch eiszeitlichen Sedimente (z. B. KB 7 und KB 14) sind gut als Füllsedimente in Karstspalten und Karsthohlräumen erklärbar. Ähnliche Schlotfüllungen konnten auch im aufgelassenen Gipssteinbruch Nassereith auskartiert werden (Mostler, 2013)

5.3 Können Gesteine der Nordalpinen Raibler Schichten oder auch der Partnachschichten und des Alpinen Muschelkalks überhaupt mittels Bergsturz vom Tschirgant stammen?

Die Ausbruchsnische der Weißwand hat sich fast ausschließlich in Gesteinen des Wettersteinkalks gebildet, randlich sind Gesteine des Alpinen Muschelkalks, die den Wettersteinkalk stratigraphisch unterlagern, mitgerissen worden. Demgemäß finden sich fast nur Ablagerungen aus Wettersteinkalk als gesicherte Bergsturzsedimente im Bereich der Einmündung des Ötztals ins Inntal. Vereinzelt –finden sich im Bereich des Prallhanges südlich der Insel in der Ötztaler Ache Gesteinsbruchstücke des Alpinen Muschelkalks (Virgloria-Formation). Die großen Tonschieferablagerungen im Gemeindegebiet von Roppen (Sternrain-Forchetweg und weitere 350 m in Richtung Osten verfolgbar), die gemeinsam mit Reiflinger Knollenkalken bereits vorstehend auf Grund einheitlicher Lagerungsverhältnisse und ihrer flächenmäßigen Erstreckung der Aufschlüsse als anstehend bezeichnet wurden, können gar nicht durch den Bergsturz dorthin gelangt sein, weil sie innerhalb der Ausbruchsnische überhaupt nicht vorkommen (Nordalpine Raibler Schichten) oder nicht in der nötigen Menge (Alpiner Muschelkalk). Wäre das Relief vor den Sturzereignissen aus der Weißwand im Bereich der südlich der Inntaldecke tektonisch vorgelagert Obertriasabfolgen wesentlich anders als heute gewesen, wofür jeder Hinweis fehlt, hätte es wohl keine größeren Sturzmöglichkeiten für den Bereich Weißwand gegeben, weil damit ein stützender Vorbau vorhanden gewesen wäre. Auch fehlt in der heutigen Morphologie jeder Hinweis auf Versagensmöglichkeiten, die von einem derartigen tektonischen „Vorbau“ ausgehen hätten können.

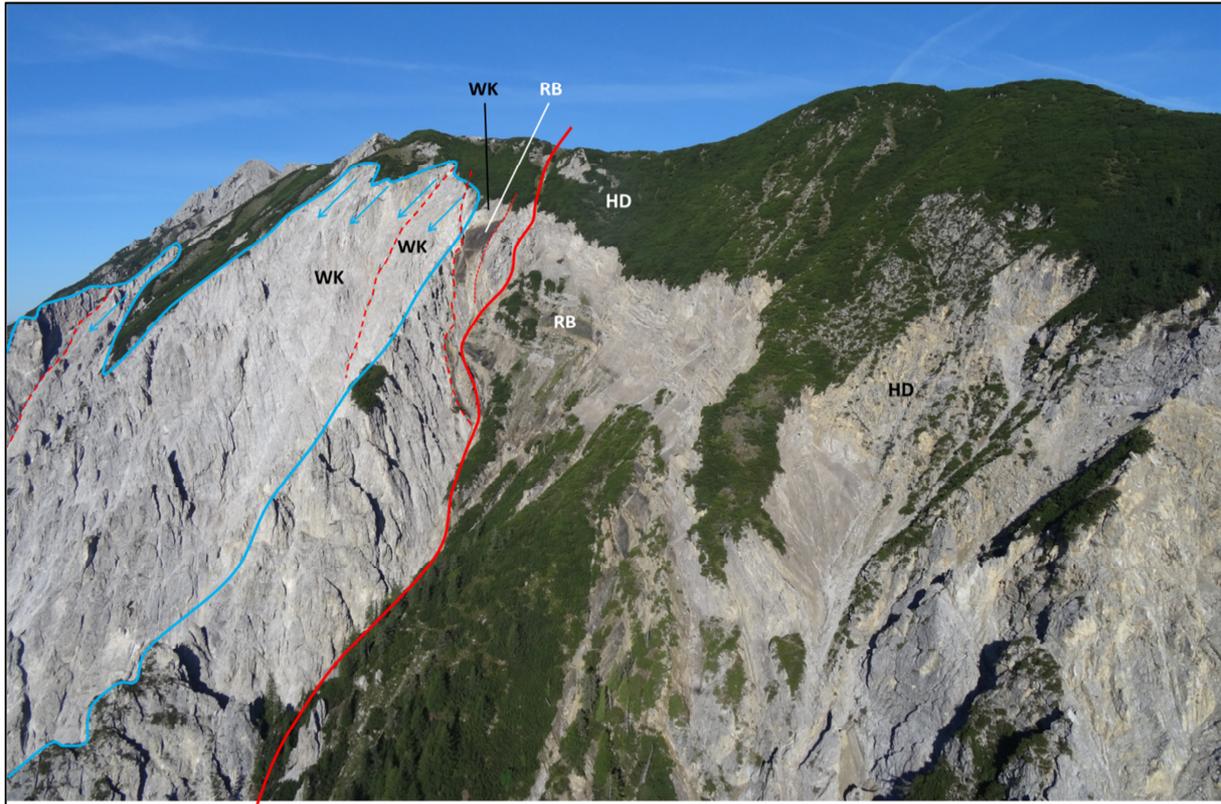


Abb. 4a: Ausbruchsnische Weißwand (blau umgrenzt); Deckengrenze (rot durchgezogen): Inntaldecke links, Lechtaldecke rechts; WK = Wettersteinkalk, RB = Raibler Schichten, HD = Hauptdolomit. Im Gratbereich östlich des Tschirgantgipfels stehen nur Wettersteinkalk der Inntaldecke und Hauptdolomit der Lechtaldecke an. Die hangparallelen Pulflächen sind mehrfach in der Weißwand zu sehen und begrenzen auch die flachgelagerten Raibler Schichten der Inntaldecke im Süden (links)

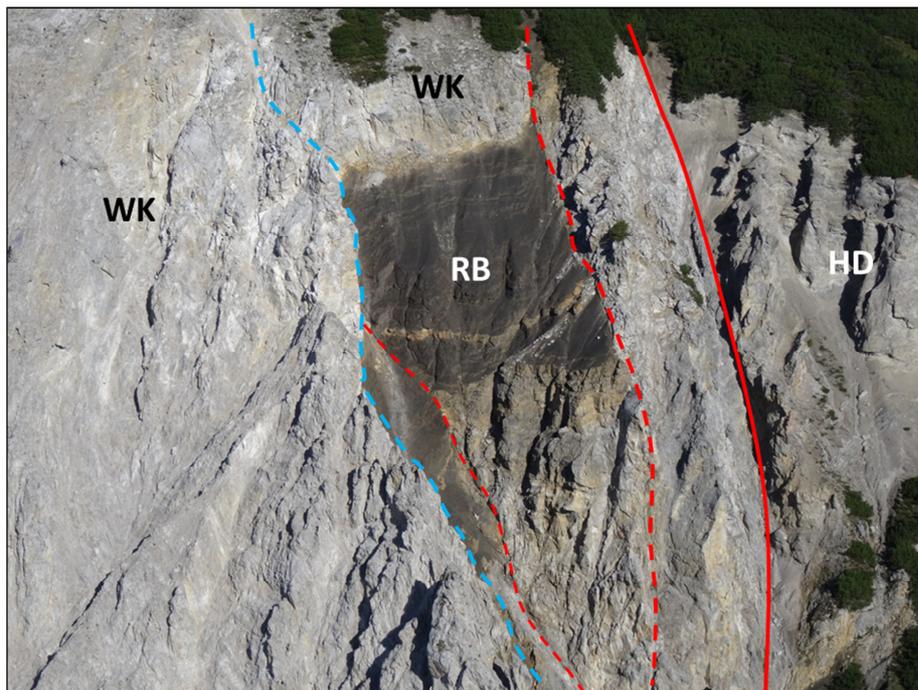


Abb. 4b: Detail zur Abb. 4a; Grat der Ausbruchsnische (blau), links davon Wettersteinkalk der Weißwand (Inntaldecke), rechts zerschnittene Raibler Schichten und Wettersteinkalk der Inntaldecke, die von der Deckengrenze (rot durchgezogen) begrenzt sind, rechts davon Hauptdolomit der Lechtaldecke. Die Gesteine der Lechtaldecke zeigen gänzlich anderer Lagerungsverhältnisse als die der Inntaldecke.

5.4 Tektonische Zuordnung der Festgesteine und die Auswirkungen auf den Grad der Gesteinszerlegung, auf die Verkarstung und die Grundwasserverhältnisse:

Die Aufschlüsse – wie sie von Heißel (1993) und Nittel (2006) an der Innsbrucker Nordkette, aber auch im Nordkarwendel erkannt wurden - zeigen, dass die tektonische Basis der Inntaldecke teils intensiv in allen Richtungen, also nicht nur – wie in den geologischen Schnitten üblicher Weise dargestellt – nur in Nord-Süd-Richtung deformiert ist. Diese Deformationen der Überschiebungsbahn bewirken, dass der tektonische Untergrund (Lechtaldecke) teilweise in morphologisch hohen Positionen aufgeschlossen ist, teilweise die Inntaldeckengesteine in sehr tiefen Positionen. Hochpositionen nehmen die Gesteine der Lechtaldecke in tektonischen Halbfenstern und Fenstern nicht nur im Bereich der Zunterköpfe nördlich von Hall, sondern auch im Höttinger Graben bis knapp unterhalb der Frau Hitt ein. Heißel und Nittel haben ähnliche Hochzonen im Mieminger Gebirge (Hauptdolomit im Bereich Seebensee, Drachensee – Tajaköpfe und Grünsteinscharte) 2010 erkannt. Die Folge ist, dass die mehrfach deformierte Basis der Inntaldecke vielfach flaches Einfallen zeigt, vielfach aber auch steiles bis sehr steiles, wie z. B. entlang der Bettelwurf-Südseite im Karwendel.

Mit der Erkenntnis, die die Verfasser herausarbeiten konnten, dass sich eine deutliche Gipsführung innerhalb der Nordalpinen Raibler Schichten an die Lechtaldecke hält, ist eine weitere Möglichkeit gegeben die beiden tektonischen Einheiten auseinanderzuhalten.

Verfolgt man die daraus sich abzuleitende Gliederung des Gebirgsbaues so ergibt sich, dass die Wettersteinkalke des Zunterkopfes westlich des Simmering und des Tschirgant (Weißwand, etc.) einschließlich der begleitenden Gesteine des Alpinen Muschelkalks und der Nordalpinen Raibler Schichten, die südlich des Grates Tschirgant–Simmering nur in kleineren bis sehr kleinen Resten – letztere als flach auflagernde Deckschollen aus Wettersteinkalk auf Hauptdolomit - vorkommen, zur Inntaldecke zu zählen sind. Die Gesteine der Inntaldecke überlagern somit tektonisch die im Wesentlichen obertriadischen Abfolgen der Nordalpinen Raibler Schichten und des Hauptdolomits der Lechtaldecke. Dies gilt offensichtlich auch im Bereich der Festgesteine im Mündungsbereich des Ötztals in das Inntal. Die starke Verkarstung der Wettersteinkalkzüge im Bereich Wassertal ist somit erklärbar durch die (Gips-) karstprozesse in der unterlagernden Lechtaldecke und die ausgeprägte Verkarstung des dort gering mächtigen Wettersteinkalks selbst. Letztere Art der Verkarstung findet sich in den Tiroler Kalkalpen - z. B. am Füssener Jöchl - häufig dort, wo Karbonatgesteine geringe Mächtigkeiten aufweisen und tektonisch wasserstauenden Gesteinen auflagern.

Die Abfolgen der Inntaldecke des Gebirgsstockes Tschirgant-Simmering – im Wesentlichen aus Gesteinen des Alpinen Muschelkalks, des Wettersteinkalks und der Nordalpinen Raibler Schichten bestehend - sehr untergeordnet zusätzlich aus Gesteinen des Alpinen Buntsandsteins und der Reichenhaller Schichten, eventuell auch der Partnachsichten – sind somit zwischen den südlich und nördlich durchziehenden Abfolgen der Lechtaldecke (im Wesentlichen Abfolgen der Nordalpinen Raibler Schichten und des Hauptdolomits, untergeordnet vor allem Wettersteinkalk) steil eingeklemmt (Tschirgantgipfel zwischen Gurgltal und Locherboden/Hängebrücke Stams) oder lagern der Lechtaldecke flach auf (Zunterkopfbereich westlich vom Simmering, Bereich der Einmündung des Ötztals in das Inntal, weiter gegen Osten Fiechter

Köpfl nördlich von Stams und Rietz, Arzberg bei Telfs, Südrand des Karwendelgebirges (Heißel, 1993) zwischen Pettnau und Vomp, etc.).

In einer flachen Erkundungsbohrung der ASFINAG (2009, unveröffentlicht) wurden unterirdisch andere Verhältnisse angetroffen, als von den oberirdischen Aufschlüssen zu erwarten war. Die Lösung dieser Problematik liegt nicht in einer postulierten Verfaltung der Gesteine, wie von den Bearbeitern im Auftrag der ASFINAG angenommen, sondern in der offensichtlichen Durchörterung der tektonischen Basis der Inntaldecke und dem damit verbundenen Eintritt der Bohrung in die Gesteine der Lechtaldecke.

Die Lechtaldecke zieht somit an der Tschirgant-Südseite östlich von Schlierenzau-Magerbach teilweise streifenförmig den Hang entlang nach Osten.

Die Lechtaldecke nördlich des Tschirgant reicht im Bereich Mieminger Plateau im Wesentlichen bis zur Marienberg- Aufschiebung (Mählmann & Morlok, 1991/92) bzw. bis zur Mieminger Südrandstörung (Becke, 1983). Allerdings ist diese im Ostteil ihres Verlaufs anders zu sehen: Sie reicht über Hölltörl- Stöttltörl zur oberen Arzbergklamm und zieht dann weiter nach Buchen und nicht – wie bisher immer dargestellt – durch die untere Arzbergklamm nach Telfs.

5.5 Wo ist der Südrand der Kalkalpen?

Vom Arlberg/Stanzertal nach Osten bis etwa Wörgl gibt es nur zwei Bereiche wo die Kalkalpen-Südgrenze mit Aufschlüssen an der Tal-Nordseite verläuft. Es sind dies etwa der Bereich St. Anton bis etwa St. Jakob und der Abschnitt Strengen – Landeck.

Der größte Teil der aufgeschlossenen Kalkalpen-Südgrenze verläuft somit entlang der Berghänge der Südseite des Stanzertales und des Inntales – auch bisher schon allgemein anerkannt unweit westlich der Ötztal-Mündung.

Nicht zuletzt haben die umfangreichen Grundwasseruntersuchungen im Auftrag des Landes Tirol in den letzten Jahren immer wieder ausgeprägte Sulfatführung der Talgrundwässer nicht nur entlang der Nordseite des Inntales, sondern auch entlang der Südseite des Inntales aufgefunden, die vernünftiger Weise nur mit kalkalpinen Sulfatgesteinen unter dem Talboden im Grundwasserbereich erklärt werden können (z. B. Trinkwasserbrunnen Hatting). Bisherige Sulfat-Altersbestimmungen ergaben stets eine Herkunft aus Gipsabfolgen der Nordalpinen Raibler Schichten.

Es deutet somit alles darauf hin, dass die Kalkalpen-Südgrenze – sowohl hydrogeologisch, als auch geologisch begründbar (z. B. Einarbeitung von tektonisierten Altkristallinkomponenten in ockrige tektonische Rauhwacken südlich von Roppen, Anordnung von Dolinen bis knapp zu den Kristallingesteinaufschlüssen am Ausgang Ötztal, etc.) auch zwischen Roppen und Schwaz entlang dem Talsüdrand bzw. südlich davon verläuft.



Abb. 5 : Tektonisierte Altkristallinkomponenten in ockeriger tektonischer Rauhwacke südlich von Roppen

Der Kristallinrücken des Dürrberges stellt offensichtlich eine beidseitig von Störungen begrenzte und in nördliche Richtung versetzte Kristallinscholle dar. Die versetzenden Störungen sind in ihrem Verlauf gleichgerichtet, wie das äußere Öztal zwischen Habichen und der Mündung der Öztaler Ache. Somit reichen vor allem die Lechtaldecke, aber auch großteils die Inntaldecke bis an den Kalkalpen-Südrand, der fast ausschließlich südlich des Stanzertales und Inntales verläuft.

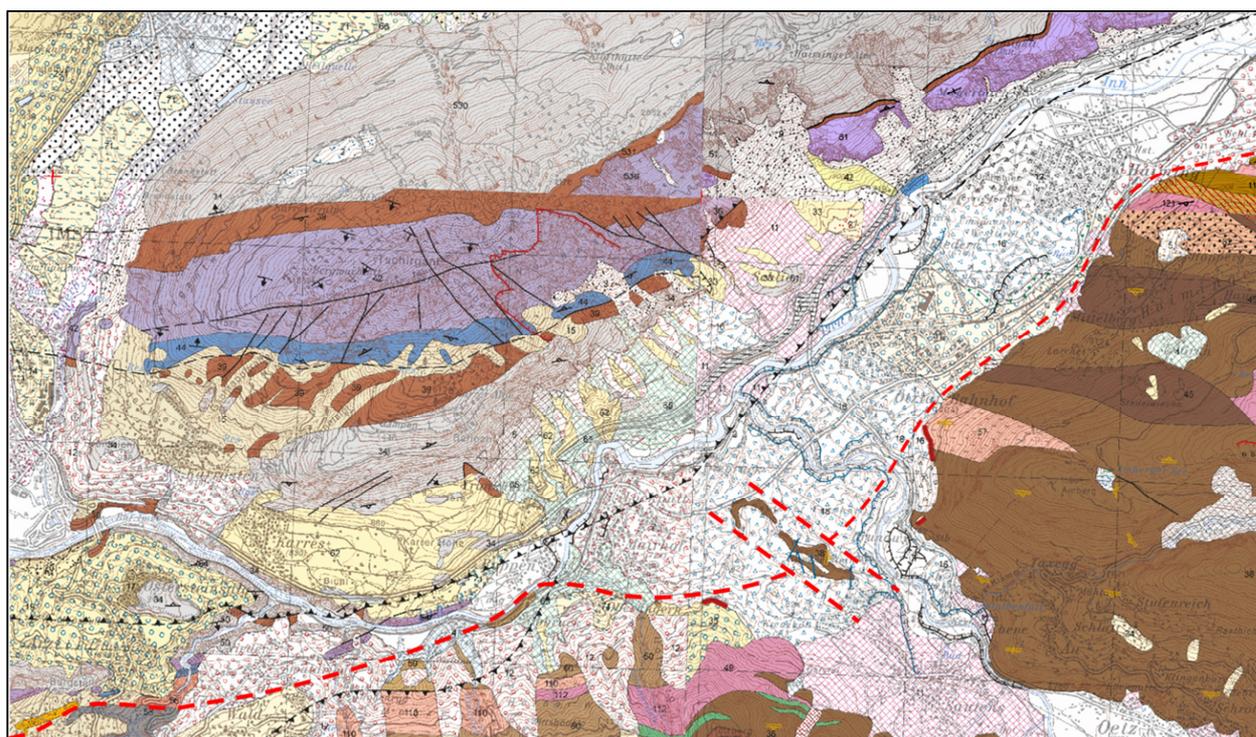


Abb. 6. Geofast Karte Bereich Roppen – Haiming (Blatt 145 – Imst, 146 - Ötz) Darstellung des Kalkalpen-Südrandes nach bisherigen Ansichten (schwarz) und tatsächlicher Verlauf aufgrund der neuen Erkenntnisse (rot).

5.6 Quellen

Die Armut an Quellen und die relativ tiefe Lage des Grundwasserspiegels, wie sie heute im Mündungsbereich Ötztal-Inntal festzustellen ist, spricht nicht nur für starke Verkarstung in den dortigen Festgesteinen, sondern auch gegen wassergesättigten Untergrund zum Zeitpunkt des Sturzereignisses

oder der Sturzereignisse. Die hydrogeologische Situation hat sich in den letzten paar tausend Jahren nirgends in den Tiroler Alpen so drastisch geändert, dass – beim bisher in der Literatur postulierten Alter der Sturzsedimente – damals völlig andere hydrogeologische Verhältnisse geherrscht hätten.

5.7 Alter der Sturzablagerungen – wie aussagekräftig sind die Datierungen und gibt es Übereinstimmungen mit möglichen Sturzmechanismen und Sturzabfolgen?

Es gibt seit den Datierungen von Patzelt (2012) mehrere Argumente, dass das Alter der Sturzablagerungen nicht ins Spätglazial (Heuberger, 1966 und 1975) zu stellen ist, sondern dass die Stürze vom Tschirgant – vereinfacht wiedergegeben - erst vor etwa 3500 Jahren BP und jünger stattgefunden hätten.

Das Autorenteam der vorliegenden Arbeit sieht jedoch zahlreiche Argumente, die das spätglaziale Alter Heubergers unterstützen.

Es ist daher nötig sich mit den Altersbestimmungen von Patzelt (2012) zu beschäftigen:

- Zur Altersbestimmung im Bereich der Lokalität T 5 (Patzelt, 2012):

Die Lokalität T 5 zeigt bis 920 m ü.A. laut Patzelt (2012) aufgebrandete Sturzmassen aus Hauptdolomit mit wenig Kristallinanteil. Da der Hauptdolomit nicht aus dem Bergsturzgebiet stammen kann, bleibt wohl nur die Möglichkeit der Erklärung einer spätglazialen Lokalmoräne. Die Gesteinsbruchstücke des Hauptdolomits wurden durch den Gletscher aus dem lokal anstehenden näheren kalkalpinen Untergrund aus der Nähe entnommen.

Die Streubreite der Altersdaten (Patzelt, 2012) liegt zwischen ca. 3500 und ca. 2400 Jahre BP (vor 1950). Diese Streubreite ist wohl auch nur schwer erklärbar, zumal geomechanisch die zwei Ereignisse von Tschirgant-Bergstürzen wohl nicht funktionieren können. Wenn man schon für Ereignis 1 wassergesättigten Untergrund als Bedingung für das weite Ausbreiten der Sturzmassen heranzieht, versagt diese Möglichkeit für Ereignis 2 vollkommen. Denn nun liegt ja bereits eine raue Sturzmasse vor. Diese kann keinesfalls mehr wassergesättigt gewesen sein; ihre Rauigkeit verhindert ein zweites Ausbreiten von Sturzmassen ähnlich weit wie es beim ersten Ereignis theoretisch möglich ist. Auch sprechen Höhenlage und Steilheit der südlichen Einhänge gegen die Richtigkeit der Erklärungsversuche von Patzelt (2012).

- Zur Altersbestimmung im Bereich der Lokalität T 1 (Patzelt, 2012):

Es handelt sich um eine Stelle rechts der Ache bei Ambach. Hier zeigt sich, dass eine Rutschmasse nach einem Sturzereignis eingeglitten ist; die Altersbestimmung ist also mit diesem Ereignis des Eingleitens in Zusammenhang zu bringen.

Im Bereich von T 1 ist die Basis der Sturzmasse steil von Norden nach Süden geneigt. Patzelt (2012) gibt das Gegenteil an, stellt aber nur einen Detailaufschluss dar, der nicht auf das Ganze schließen lässt. Die Sedimentstrukturen zeigen in der Tat, dass dieser Bereich vermutlich mehrfach umgelagert wurde. Die Sedimentstrukturen erinnern an Eisrandsedimente – lediglich die Altersbestimmung spricht dagegen. Die Altersbestimmung T 1 gibt somit lediglich das Remobilisierungsalter wider (siehe Abb. 7). Es könnte

zudem sein, dass die Sedimente mit der Feuerstelle nur durch die daneben vorbei fließende Ache angelagert wurden.



Abb. 7: Ansicht Uferböschung; Blickrichtung Ost.

- Zur Altersbestimmung im Bereich der Lokalitäten T 3 bzw. T 6 (Patzelt, 2012):

Die entsprechenden Stellen befinden sich nördlich des Inn. Es handelt sich dort um Murablagerungen. Wenn überhaupt damit etwas datiert werden kann, so sind dies Murschuttereignisse der jüngsten Vergangenheit.

- Zur Altersbestimmung im Bereich der Lokalität T 4 (Patzelt, 2012):

Die Aufschlüsse in der Schottergrube Sautens, aus der die Datierung von T 4 stammt, zeigen mehrfache Umlagerungen. Das datierte Alter von ca. 2885 Jahren BP ist laut Patzelt (2012) das Alter von Bergsturz Tschirgant 2 und stellt somit das jüngere der Sturzereignisse nach Patzelt (2012) dar.

Hier erhebt sich vor allem die Frage, wieso man nirgends Bodenreste findet, die aus dem Zeitraum der vorangegangenen ca. 700 Jahre, die seit Tschirgant 1 vergangen sind, stammen. Warum ist das Bergsturzgelände Tschirgant 1 – innerhalb von ca. 700 Vegetationsperioden - praktisch vegetationsfrei geblieben? Während einer Kaltzeit (Spätglazial) ist dies erklärbar, ebenso wie die auskartierbaren Grundmoränenreste. Der zur Datierung herangezogene Baumrest (Picea/Larix) spricht überdies nicht für wassergesättigten Boden. Das Sturzereignis Tschirgant 2 ist etwa gleich weit nach Süden vorgestoßen, wie das Ereignis Tschirgant 1 (Aufschluss T1). Das Ereignis Tschirgant 1 ist aber ca. 700 Jahre älter und hat sicherlich einen rauen, reliefierten Untergrund hinterlassen, der es dem Ereignis Tschirgant 2

verunmöglicht haben müsste, so weit nach Süden vorzudringen. Außerdem datiert der vorgefundene Baum lediglich das maximal mögliche Alter des Umlagerungsereignisses.

Der Aufschluss am Prallhang westlich von Unterriedern (Haiming 3) würde altersbedingt dem Ereignis T 2 entsprechen.

5.8 Weitere Argumente für die neue Sichtweise der geologischen Verhältnisse im Mündungsbereich des Ötztales in das Inntal:

- Nordostflanke des Dürrbergrückens
 - Der breite, vom Gletscher überschiffene Dürrbergrücken übersteigt das angrenzende Sturzmassenblockfeld im Nordosten um ca. 80 m. Auf dem Rücken liegen kalkalpine Sturzsedimente. Die steile Nordostflanke hätte mit Sicherheit einen massiven Prallhang dargestellt, an dessen Fuß mehr oder weniger zerlegte Karbonatblöcke zu erwarten wären. Im Gelände stellt sich dieser Abschnitt nahezu karbonatfrei dar und weist zudem eine wallartige karbonatfreie Struktur auf, welche als Moränenwall angesehen werden könnte.



Abb. 8: Wallartiger Rücken aus Kristallinsedimenten am Fuße des Dürrbergrückens.

- Kontaktbereich Bergsturz und Untergrund
 - Primär entlang der Öztaler Ache ist der Kontaktbereich zwischen Sturzmassensedimenten und den darunterliegenden kiesig-sandigen Sedimenten mehrfach aufgeschlossen. In keinem dieser Aufschlüsse sind Bodenbildungen erkennbar. In einem ca. 180 m langen Aufschluss südlich der kleinen Insel in der Öztaler Ache ist die Grenzfläche zwischen Sturzsedimenten und dem Untergrund sehr gut sichtbar. Unter den kalkalpinen Sturzmassen liegen steil geböschte sandige Kiese aus dem Öztal und geringmächtige Moränenablagerungen. Auffallend ist der unregelmäßige und bucklige Verlauf der scharf ausgebildeten Grenzfläche. Kristallinblöcke, die aus den sandigen Kiesen (Blocksande) hinausragten, wurden bis zu dieser scharfen Grenze vollständig zerlegt, was am besten damit erklärt werden kann, dass sich ein Gletscher über den gefrorenen Boden (Blocksande) geschürft hat.

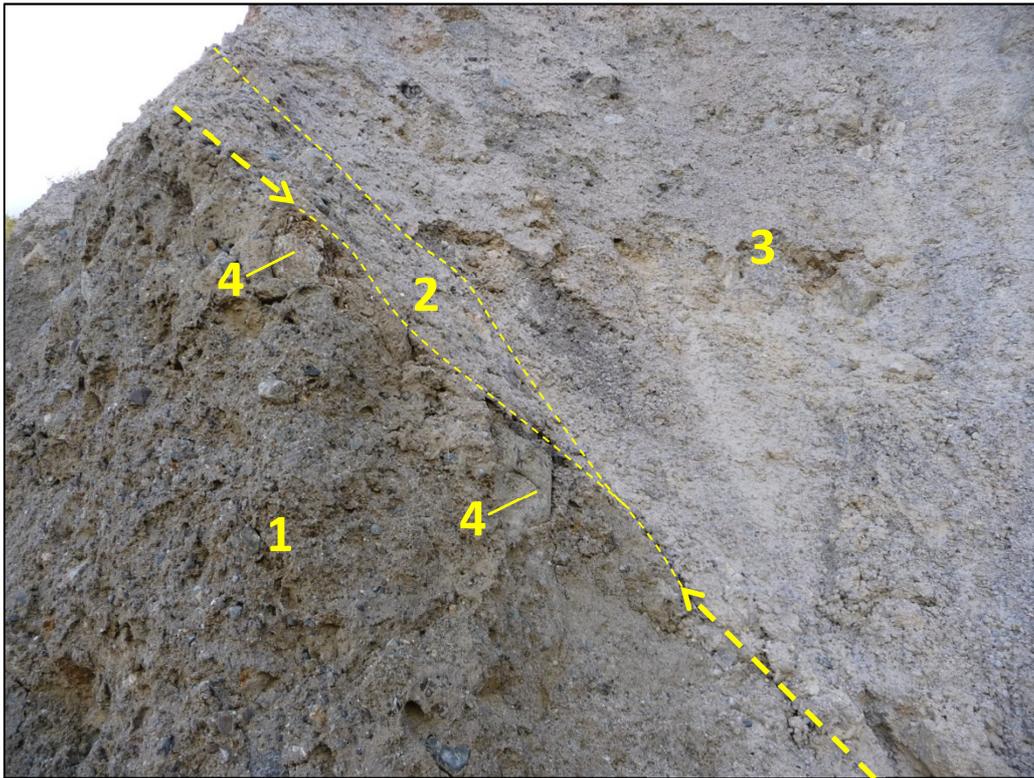


Abb. 9: Aufschluss 180 m südlich der Insel in der Ötztaler Ache. Grenzfläche (rote Pfeile) zwischen Blocksande(1) - geringmächtige Moränenablagerungen (2) - Sturzmasse (3) mit oberhalb zur Grenzfläche scharfkantig abgeschürften Kristallinblöcken (4).

➤ Dolinenartige Strukturen

- Im gesamten Aufnahmegebiet südlich des Inn fanden sich 385 dolinenartige Strukturen einschließlich morphologische Senken, welche insgesamt ein abflussloses Volumen von ca. 98.000 Kubikmeter aufweisen. Eine derartige Häufung von deutlich ausgeprägten dolinenartigen Strukturen und Senken auf einer Ablagerungsfläche von etwa 6,4 km² ergibt durchschnittlich 60 solcher Strukturen pro km². Diese Eintiefungen sind zum überwiegenden Teil auf Setzungen im Untergrund zurückzuführen. Suffosion kommt in Ermangelung von Grundwasser in der dafür notwendigen wirksamen Tiefe nicht in Frage. Toteislöcher können nur für den Dürrbergrücken angenommen werden und wären bei einem Bergsturzalter von lediglich ca. 3000 Jahren völlig unmöglich. Bombentrichter sind nur entlang der Bahnlinie feststellbar und in der Zahl 385 nicht berücksichtigt. Morphologisch unterscheiden sich die Bombentrichter von den dolinenartigen Strukturen in ihrem Durchmesser und ihrer Größe; die Bombentrichter sind deutlich kleiner und weisen einen gleichmäßigen Durchmesser auf. Somit bleiben nur Karbonatkarst- und Gipskarststrukturen als Erklärungsmöglichkeit übrig. Allfällig früher dort befindliche Toteislöcher haben mit der Erwärmung nach der Eiszeit die Verkarstungsprozesse beschleunigt und sind durch die fortschreitende Verkarstung zwischenzeitlich längst zerstört.



Abb. 10: Dolinen zwischen Dürrbergrücken und Öztaler Ache

- Tiefgründig zerlegte, anstehende Festgesteine mit nur spärlich vorhandener Überdeckung mit Sturzmaterial
 - Westlich und östlich des Dürrbergrückens stehen großflächig kalkalpine Gesteine an. Die Gipfel der in der Karte ausgewiesenen kalkalpinen Gesteine erreichen Höhenkoten zwischen 725 und 765 m Seehöhe und liegen somit zwischen 50 und 90 m über dem von Patzelt (2012) angegebenen ehemaligen Talbodenniveau. Die Felsrücken streichen im Wesentlichen in etwa parallel zum Inntal und sind zwischen 350 und 950 m südlich des Inn situiert. Besonders auffällig ist, dass diese Bereiche kaum eine Überdeckung mit Sturzmaterial aufweisen. Hierbei stellt sich die Frage, wie eine ungehinderte Ausbreitung der Sturzmassen am Talausgang des Ötztales möglich war. Die beim derzeitigen Wissensstand wohl plausibelste Erklärung hierfür ist eine zum Zeitpunkt des Bergsturzes vorhandene Eismasse, die die Festgesteinsrücken südlich des Inn verdeckte und gleichzeitig ideale Untergrundbedingungen für den weiten Vorstoß der Sturzmassen ins Öztal lieferte.

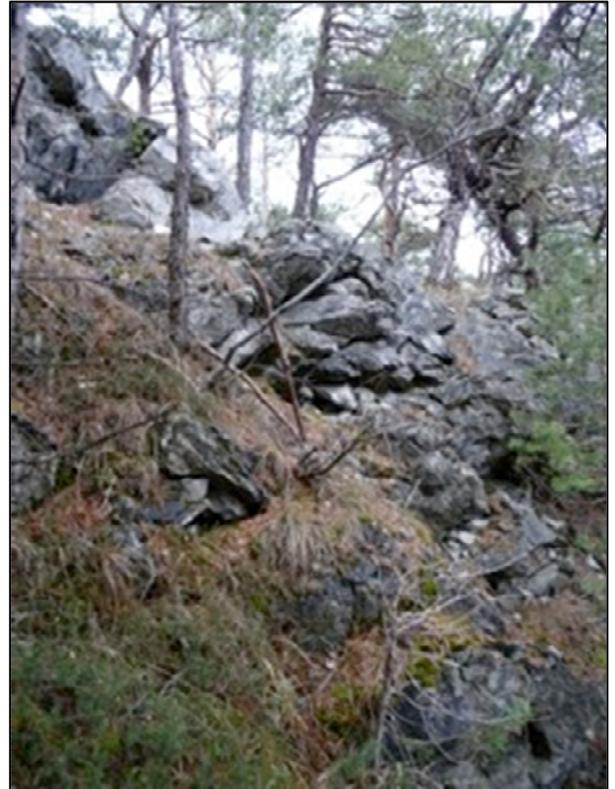


Abb. 11a und 11b: Lokalität Wassertal – großflächig gleiches Schichteinfallen und über 10er Meter verfolgbare klaffend Klüfte prägen den dort anstehenden Wettersteinkalk.

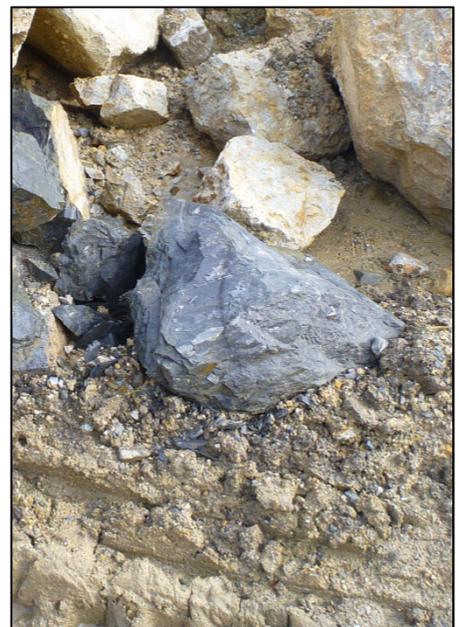


Abb. 12 a,b: Anstehenden Tonschiefer/Mergel im Bereich Roppen



Abb. 13 a,b: Reifflinger Knollenkalke, rechts mit Hornsteinknauern

6. Ablauf der Landschaftsentstehung am Ausgang des Ötztales – Zusammenfassung der neuen Erkenntnisse:

Die geologischen Verhältnisse im Ausgangsbereich des Ötztales zum Inntal sind deshalb so komplex und damit so schwierig auszudeuten, weil auf engstem Raum zahlreiche tektonische Vorgänge, sowie insbesondere während und nach der letzten Eiszeit auch vielfältige Erosionsprozesse und Sedimentationsprozesse, sowie nacheiszeitlich Verkarstungsprozesse dort stattgefunden haben:

- ✓ Die beiden kalkalpinen Decken Lechtaldecke und Inntaldecke erfahren eine intensive multivergente Deformation ihrer gemeinsamen tektonischen Grenze (Überschiebungsbahn der Inntaldecke über die Lechtaldecke).
- ✓ Am Kalkalpen-Südrand im Bereich der heutigen Südseite des Inntales wird an Störungen des äußeren Ötztales der Kristallingesteinskomplex des Dürrberges nach Norden in die kalkalpinen Gesteine hinein versetzt. Die versetzenden Störungen sind richtungsgleich mit der Ausrichtung des äußeren Ötztales nördlich von Habichen.
- ✓ Dieser Kristallingesteinsrücken schützt während der Eiszeit die kalkalpinen Gesteine vor tiefergreifender Abschürfung.
- ✓ Auf die spätglazialen Gletscher stürzen an großflächigen Pultflächen, die subparallel zur Überschiebungsbahn der Inntaldecke den Wettersteinkalk des Tschirgant im Bereich der späteren Weißwand bilden, vor allem Gesteine des Wettersteinkalks, untergeordnet des Alpinen Muschelkalks ab und bedecken mehr oder weniger mächtig das Gletschereis. Primäre Ursache ist somit die tektonisch bedingte Schwächung des Wettersteinkalks der Inntaldecke, die im Bereich der Weißwand tektonisch stark reduziert ist. Die auslösende Ursache mag in der Erosionswirkung der vorangegangenen Hochvereisung liegen. Die Ereignisse Tschirgant 1 und Tschirgant 2 im Sinne von Patzelt (2012) sind in der von ihm wiedergegebenen Weise nicht nachvollziehbar.
- ✓ Mit dem Abschmelzen der Gletscher rutschen die Sturzablagerungen entlang steilerer Hänge an der Talsüdseite im Bereich von der Lokalität „Forstweg Holzwald“ wieder gegen Norden ab. Ansonsten erreichen die Sturzsedimente erst mit dem Abschmelzen den Gesteinsuntergrund

(Locker- und Festgesteine). Teilweise verändern die Sturzablagerungen durch die nachfolgenden Erosionsprozesse mehrfach ihre Lage.

- ✓ Die nach der Eiszeit wieder auflebenden Verkarstungsprozesse (Gipskarst und Karbonatkarst) bilden Dolinen, sich öffnende Gesteinsspalten und abflusslose Täler (z. B. Wassertal); viele der Sturzblöcke, aber auch die Sedimentbedeckung der Festgesteine verschwinden teilweise in den Dolinen und Spalten. Dies ist auch der Grund, dass in Bohrungen (z.B. KB 7) in 65 m Tiefe „unter“ den Festgesteinen Lockergesteine angetroffen wurden. Dies wird unter anderem dadurch gestützt, dass nahe der Autobahn-Zubringer-Brücke über den Inn eine aktive Doline innerhalb einer größeren derartigen Struktur erkennbar ist und im nahen Umfeld auch Festgesteine (Wettersteinkalk), sowie Moränenreste anstehen. Dadurch ist noch die Gesteinsabfolge und die chronologische Entwicklung des neu vorgestellten Entstehungsmodells an dieser Stelle ungestört vorhanden.
- ✓ Die Öztaler Ache bildet mehrere Verläufe von Tälchen zum Inn, die später wieder trocken fallen, da sich Inn und Ache in ihr heutiges Bett eintiefen.
- ✓ Die wenigen Sturzsedimente nördlich des Inn stellen wesentlich jüngere Ereignisse dar, die mit den Sturzablagerungen südlich des Inn nichts zu tun haben.
- ✓ Daraus wird ersichtlich,
 - dass die bisherigen Alterseinstufungen der Sturzereignisse am Tschirgant offensichtlich nicht plausibel sind,
 - dass die Sturzablagerungen wesentlich geringer in ihrem Volumen zu sehen sind und
 - dass es einen Cluster von Bergstürzen zur postulierten Zeit vor ca. 3500 Jahren BP (siehe z. B. auch Prager, 2010) wohl nicht gibt – nicht zuletzt auch weil der Fernpass gar keinen Bergsturz, sondern ein Gipskarstgebiet (Gipse der Nordalpinen Raibler Schichten) darstellt (Mostler, 2013).



7. Literatur

- Abele G., 1974: Bergstürze in den Alpen. Ihre Verbreitung, Morphologie und Folgeerscheinungen. - Wiss. Alpenvereinshefte 25, S. 1-230.
- Ampferer O., 1904: Die Bergstürze am Eingang des Ötztals und am Fernpaß. - Verh. Geol. R.-A. (1904), S. 73-87.
- ASFINAG, 2009: Tschirgantunnel A 12 Inntal Autobahn, Abschnitt Haiming-Nassereith, Einreichprojekt 2007 inkl. Umweltverträglichkeitserklärung. – Fachbeiträge zur UVE, Beilagen 0.1 bis 10.4; unveröffentlicht.
- Becke M., 1983: Zur Geologie des Mieminger Gebirges. – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, Bd. 12, H 15, S. 317-340.
- Heißel G., 1977: Die geologische Neuaufnahme des Karwendelgebirges und seine tektonische Ausdeutung. – Unveröff. Diss. D. phil. Fak. Universität Innsbruck.
- Heißel G., 1978: Karwendel – geologischer Bau und Versuch einer tektonischen Rückformung. – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, Bd. 8, S. 227-288.
- Heißel G., 1993: Die Hydrogeologie der Mühlauer Quellen im Lichte geologischer und strukturgeologischer Erkenntnisse unter Einbeziehung besonderer Aspekte der Geologie Tirols. – Landesgeologie Tirol, 1.
- Heißel G., Köhler M. & Leimser W., 1989: Erfahrungen mit dem Infrarot-Temperaturmessgerät IRS 3 beim Vortrieb des Roppener Tunnels. – Felsbau 7/4, S. 198-201.
- Heißel G. & Nittel P., 2013: - Die Gipskarstproblematik in Tirol – Anstoß für neue geologische Erkenntnisse und ihre Bedeutung für die Praxis. - Tagungsband 15. Geoforum Umhausen 2013; S. 5-10.
- Henzinger J., Henzinger C. & Hoffmann P., 2011: Tiefgründung bei Sulfatkarst – Bohrpfahlgründung beim Neubau des Erlebnisbades Ehrenberg in Reutte. – 8. Österreichische Geotechnikertagung – Tagungsband, S. 73-85.
- Heuberger H., 1966: Gletschergeschichtliche Untersuchungen in den Zentralalpen zwischen Sellrain und Ötztal. - Wiss. Alpenvereinshefte 20, Innsbruck, S. 1-126.
- Heuberger H., 1975: Das Ötztal. Bergstürze und alte Gletscherstände, kulturgeographische Gliederung. - Innsbrucker Geograph. Stud. 2, S. 213-249.

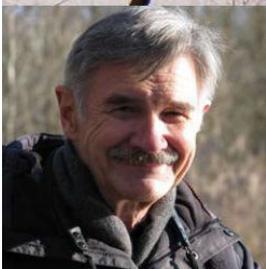
- Köhler U. & Müller F., 2013: Bauen im Subrosionsgebiet - Entwurf und Ausführung von Schutzkonstruktionen im Spannungsfeld zwischen Gebrauchstauglichkeit und den Risiken für Bauherr und Planer. - Tagungsband 15. Geoforum Umhausen 2013; S. 11-40.
- Mählmann R. F. & Morlok J., 1991/92: Das Wettersteingebirge, Widerlager der allochthonen Inntaldecke, und die Ötztalmasse, Motor tertiärer posthumer NW-Bewegungen im Mieminger Gebirge (Nordtirol, Österreich).- Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, Bd. 18, S.1-34.
- Mostler W., 2013: Der Fernpassbergsturz in völlig neuem Lichte. – Tagungsband 15. Geoforum Umhausen 2013; S. 20-28.
- Nittel P., 2006: Beiträge zur Stratigraphie und Mikropaläontologie der Mitteltrias der Innsbrucker Nordkette (Nördliche Kalkalpen, Austria). Geo.Alp, Vol.3, S. 93-145.
- Pagliarini L., 2008: Strukturelle Neubearbeitung des Tschirgant und Analyse der lithologisch-strukturell induzierten Massenbewegung (Tschirgant Bergsturz, Nördliche Kalkalpen, Tirol). – Unveröff. Dipl. Arb. Natw. Fak. Universität Innsbruck.
- Patzelt G., 2012: Die Bergstürze vom Tschirgant und von Haiming, Oberinntal, Tirol.- Jb. Geol. B.-A. Bd. 152; Heft 1 – 4; S. 13-24.
- Patzelt G. & Poscher G., 1993: Der Tschirgant-Bergsturz. - Arbeitstagung 1993 Geol. B.-A., Geologie des Oberinntaler Raumes, Schwerpunkt Blatt 144 Landeck, S. 206-213, Exkursion D: Bemerkenswerte Geologische und Quartärgeologische Punkte im Oberinntal und aus dem äußerem Ötztal.
- Prager C., 2010: Geologie, Alter und Struktur des Fernpass Bergsturzes und tiefgründiger Massenbewegungen in seiner Umgebung (Tirol, Österreich) – Unveröffentlichte Dissertation Innsbruck, 2010; 307 Seiten; Kapitel 11: Vergleichsbeispiele Tschirgant und Haiming.
- Sanders D., 2012: Talus accumulation in detachment scarps of late Holocene rock avalanches, Eastern Alps (Austria): rates and implications. - Geo. Alp, Band 9 / Volume 9, S. 82 -99.

ABENDVORTRAG

Historische **Klima-** **änderungen** und unsere **Zukunft**



Ein Vortrag mit
Univ. Prof. Dr. Josef H. Reichholf



Diskussionsleitung:
Mag. Markus Somersacher
SOSA Mediencoaching

16.10.2014

Lärchensaal

(Feuerwehrgebäude)

Niederthai

Beginn: 19:30 Uhr

Wie Wetter und Klima den
Lauf der Geschichte beein-
flussten - und was steht
uns in der Zukunft bevor?

Eintritt frei!

Wir unterstützen das Geoforum Umhausen

Raiffeisenbank
Vorderes Oetzal



Historische Klimaänderungen und unsere Zukunft: Wie Wetter und Klima den Lauf der Geschichte beeinflussten - und was steht uns in der Zukunft bevor?

Josef Reichholf

em. Univ.-Prof. der TU München/D

Vorbemerkung

- (1.) „Klima“ ist das Wetter eines Zeitraums von (mindestens) 30 Jahren, angegeben in Durchschnittswerten, und bezogen auf einen bestimmten Raum. So haben wir ein „mitteleuropäisches Klima“, das sich vom west-, nord- und osteuropäischen und insbesondere vom mediterranen Klima unterscheidet. Wir können aber auch ein „nord- oder zentralalpines Klima“ berechnen und dazu ganz nach Belieben ein jeweils „lokales Klima“, sogar ein „Mikroklima“ auf kleinstem Raum – sofern es entsprechende Messungen gibt. Und auch ein „Weltklima“, dies allerdings mit großen Unsicherheiten, weil es die dazu nötigen, direkten Messungen der Klimafaktoren erst seit etwa einem halben Jahrhundert gibt. Für weiter zurückreichende Zeiten muss man sich mit indirekten Messungen oder Schätzwerten begnügen. Mit ziemlich großen und kaum sauber kalkulierbaren Unsicherheiten.
- (2.) Änderungen des Klimas besagen als solche noch nichts über ihre Bedeutung, d. h. über ihre Auswirkungen auf Natur und Gesellschaft. Bei den „Klimafaktoren“, insbesondere bei Temperatur, Niederschlag und Luftbewegung (Wind), sowie den Strömungen in der Atmosphäre und in den Ozeanen, handelt es sich um einfach physikalische Größen. Wie sie sich auswirken, insbesondere wenn sie sich über die stets vorhandenen kurzfristigen Schwankungen hinaus verändern, geht aus den Messwerten nicht hervor.
- (3.) Die Natur besteht einerseits auch aus vergleichsweise „einfachen“ geologisch-physikalischen Gegebenheiten, wie Fels, Eis, Böden und Geländereiefs, aber zudem aus höchst komplexen, sich selbst regulierenden, lebenden Organismen, den Mikroben, Pilzen, Pflanzen, Tieren und Menschen. Längerfristige Änderungen örtlicher Durchschnittswerte von Temperaturen können Gletscher anwachsen lassen oder zum Schmelzen bringen. Dazu reichen Verschiebungen von Zehntelgraden. Für Lebewesen sind solche in aller Regel bedeutungslos. Bei diesen zählen zumeist Extreme und ihre Häufungen weitaus stärker als (errechnete) Durchschnittswerte.
- (4.) Bei den Menschen kommt hinzu, dass sie in vielfältiger Weise aktiv auf Änderungen reagieren (können) und nicht einfach „von der Temperatur“ abhängig sind. Gegenmaßnahmen gleichen vielfach die natürlicherweise auftretenden Extreme aus. Menschen leben bekanntlich überall auf der Erde. Sie sind nicht zwingend an bestimmte, unveränderliche Lebensbedingungen gebunden.
- (5.) Die Umwelt, die „Natur“, war nie stabil. Änderungen fanden und finden permanent statt. Ohne Änderungen hätte es weder Vielfalt, noch Evolution gegeben (und damit auch keine Menschen!). Der Mensch zeichnet sich als biologische Art durch besondere Anpassungsfähigkeit aus. Sie drückt sich aus in den über die Jahrzehntausende

entstandenen, vielfach abgewandelten und höchst unterschiedlichen Lebensstile (Kulturen) und die Erfindungen und Entwicklungen in der Technik. Diese machten den Menschen noch weniger abhängig von den momentanen oder kurzfristigen Umweltbedingungen als jedes andere Lebewesen. Anders ausgedrückt: Der Mensch hat sich von den Zwängen der Natur weitgehend emanzipiert.

1. Bezugsräume zur Erörterung von Klimaänderungen

Wie in den Vorbemerkungen bereits angedeutet, gibt es ein riesiges Spektrum von Möglichkeiten, klimatische Gegebenheiten und Veränderungen zu betrachten und zu untersuchen. Von kleinörtlichen Verhältnissen, dem Mikroklima, reicht es bis zur ganzen Erde, dem Globalklima. Im Kleinen sind die Unterschiede so offensichtlich, trivial und für unser Leben so wenig von Bedeutung, dass wir sie nicht nur nicht zu beachten pflegen (was etwa Insekten oder manche Pflanzen anders „sehen“ würden!), sondern auch ganz nach Bedarf verändern. Das geschieht durch Bewirtschaftung, durch Bauten und Pflegemaßnahmen, auch durch Bepflanzung von Gärten und Gestaltung des „Raumklimas“ sowie – natürlich – durch Heizung, um uns auch in kälteren und kalten Phasen des Jahres eine angenehme Umgebung zu schaffen (was sehr viel Energie kostet; im Hochgebirge wohl den Hauptteil des Jahresumsatzes). Am anderen Ende des Spektrums liegt das Globalklima außerhalb unserer Reichweite, auch außerhalb der Möglichkeiten, die Staaten wie Deutschland oder Österreich haben. Was für uns hingegen „zählt“, insbesondere im Hinblick auf die Kosten und Folgekosten, ist das Klima in einem „mittleren Bereich“, also das Regionalklima und vielleicht noch das Klima eines darüber hinaus gehenden Bereichs, wie Mitteleuropa. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich darauf, und zwar aus zwei Hauptgründen:

- Für das südliche Mitteleuropa gibt es seit Ende des 18. Jahrhunderts konkrete Temperaturmessungen und damit verlässliche Direktdaten sowie über ein Jahrtausend zurückreichende historische Aufzeichnungen.
- Für diesen geographischen Raum lassen sich aufgrund der Datenlage besser als bei „globaler Betrachtung“ zumindest gewisse Schlussfolgerungen ziehen, die unsere unmittelbare Zukunft betreffen.
- Ein dritter, grundsätzlich gleichrangiger, aber eben regionstypischer Grund ist das GEO-FORUM Tirol, wo nicht die Frage, ob, und wenn ja, in welchem Anteil die derzeitige Hitze und Trockenheit von Kalifornien eine Folge der Klimaerwärmung oder eine natürliche Schwankung ist (eine solche hatte bereits vor rund einem Jahrhundert John Steinbeck in seiner Novelle *Der fremde Gott* literarisch beschrieben!), sondern die regionalen Interessen im Vordergrund stehen und zu beachten sind.

Als besonderer Vorteil ist hervorzuheben, dass es aus Tirol und aus dem Alpen- und Voralpenraum sehr umfangreiche wissenschaftliche Forschungen von hoher Qualität gibt, die Schlussfolgerungen auf ungleich bessere Grundlagen stellen als sie ansonsten verfügbar sind. Sie sind konkrete Fakten, an denen sich

Computersmodelle und ihre Annahmen auf ihre Brauchbarkeit überprüfen lassen. Und die von den daran interessierten Medien und Kreise verbreiteten Meinungen und Befürchtungen dazu.

2. Die Temperaturentwicklungen seit 1780

Von der Bergwetterwarte Hohenpeißenberg, am Alpenrand südlich von München gelegen und eine der ältesten Wetterstationen überhaupt, gibt es seit Ende des 18. Jahrhunderts kontinuierliche Messungen der Lufttemperaturen. Sie zeigen die Änderungen in den letzten gut 200 Jahren. So geht aus ihnen hervor, dass es bereits um 1800 eine Periode mit gehäuft warmen Sommern gegeben hatte, und nicht erst in der jüngeren Vergangenheit des ausgehenden 20. und beginnenden 21. Jahrhunderts (Abb. 1). Bei den Wintern (Abb. 2) wird deutlich, dass es (zu) kalte besonders gegen Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts gab, also jener Zeitspanne, in der die meisten in die Öffentlichkeit getragenen Darstellungen zur Klimaerwärmung beginnen. „Trends sind“, wie der deutsche (und international bekannte und geschätzte) Klimatologe Christian Schönwiese in seinem Buch „Klimaänderungen“ (1995) wörtlich feststellt, „bei dieser Betrachtung kaum zu erkennen“ (p. 67). Tatsächlich ergibt die statistische Analyse über den Gesamtzeitraum keinen gesicherten Trend bezüglich der Wärme der Sommer (Abb. 3) und allenfalls einen ganz schwachen, gleichfalls nicht signifikanten für die Wintertemperaturen.

Bayern bis 2012: Keine Zunahme heißer Sommer

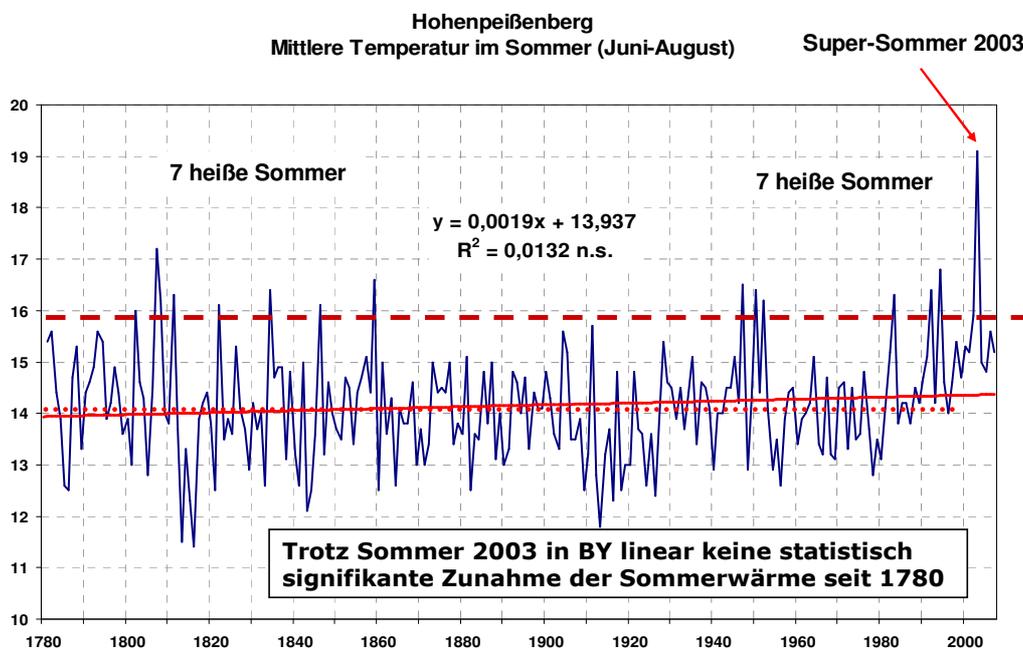
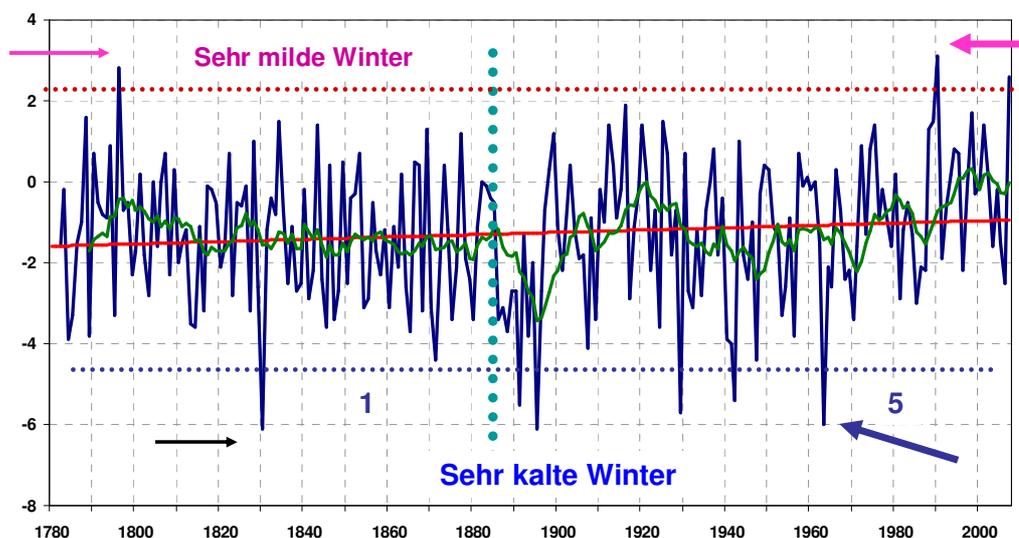


Abb. 1 (oben): Sommertemperaturen im südlichen Bayern, Wetterwarte Hohenpeißenberg, und **Abb. 2 (unten)** die Wintertemperaturen. Die Befunde zeigen die großen Schwankungen.

Winter

Hohenpeißenberg (1780 - 2006)
Mittlere Temperatur im Winter (Dezember-Februar)



1780 Unterschied von Winter zu Winter bis 9°C ! 2008

Jahrestemperaturen BY: Station Hohenpeißenberg von 1781 - 2005

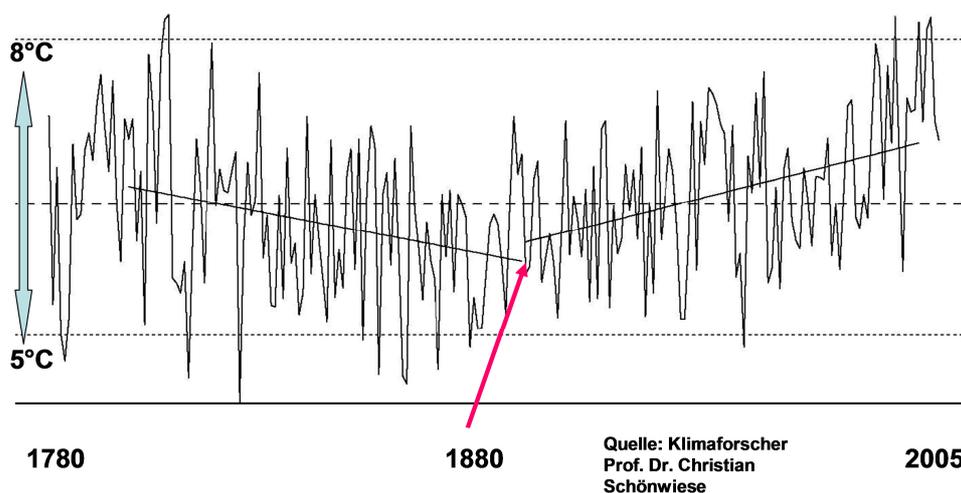


Abb. 3: Die Jahrestemperaturen schwankten von 1780 bis heute im nördlichen Alpenvorland so stark, dass nicht einmal der statistisch ermittelte Anstieg um knapp 1°C seit 1880 von Bedeutung für die (lebendige) Natur ist, und ohnehin diesem Anstieg ein voraus gegangener Rückgang seit Beginn des 19. Jahrhunderts gegenüber steht. Bilanz: Keine signifikante Änderung (gestrichelte Linie).

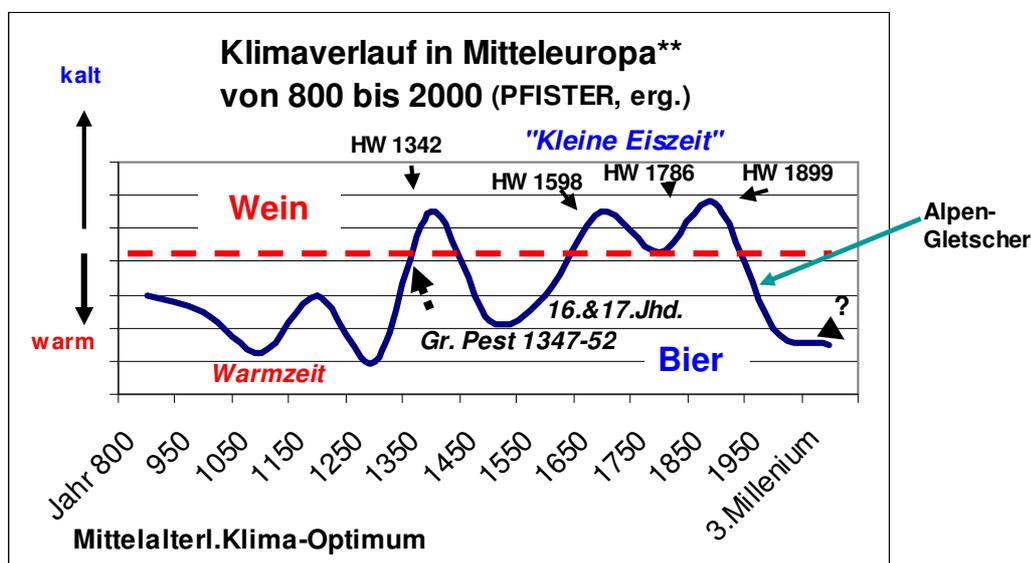
Entgegen der verbreiteten, längst zur „Gewissheit“ gereiften Überzeugung haben wir also keine Zunahme der Sommerhitze und Abnahme der Winterkälte – wenn man die ganzen letzten 220 Jahre betrachtet. Ein Trend zur Erwärmung lässt sich, mit weniger als einem Grad Celsius insgesamt, nur dann feststellen, wenn in der kältesten Phase Ende des 19. Jahrhunderts begonnen wird und die 100 Jahre davor weggelassen werden (Abb. 3).

Das ist jedoch keine „Kleinigkeit“, denn das starke Schmelzen der Gletscher setzte bereits im 19. und nicht erst Ende des 20. Jahrhunderts ein. Es ist sogar für den Eisgipfel des Kilimandscharo zeitgleich nachgewiesen (und in ‚Bild der Wissenschaft‘ publiziert worden). Historisch ist, zumal in Österreich, wohl bekannt, dass viel früher, im Hochmittelalter, die Schnee- und Eisregion in den Alpen erheblich höher als gegenwärtig lag und Baumstämme, die dort oben gewachsen waren, in unserer Zeit aus dem Eis hervorkommen. Woraus sich die Frage ergibt, aus welchen Zeiten denn „unsere“ (erweiterte) Gegenwart kommt, in der wir Instrumentenmessungen zur Verfügung haben?

3. Das Klima des letzten Jahrtausends (im südlichen Mitteleuropa)

Eine Fülle historischer Aufzeichnungen beweist, dass das Klima im letzten Jahrtausend, und auch davor, keineswegs „stabil“ gewesen war. Anders als bei den Messwerten der seit Ende des 18. Jahrhunderts in Betrieb genommenen Wetterstationen wurden in Klöstern und Archiven allerdings vor allem extreme Wetterlagen, wie Kälte, Dürre und Hochwässer, vermerkt. Zusammen mit Forschungen zum Vorrücken und Schwinden der Gletscher ergeben sie ein recht deutliches Bild: Das Hochmittelalter, also die Zeit von etwa 800 bis 1300 n. Chr., war warm; vielfach wohl wärmer als unsere Gegenwart. Es ging bereits vor Beginn der Diskussion um den Klimawandel als das „Mittelalterliche Klima-Optimum“ in die Geschichtsbücher ein. Auf diese rund 500 Jahre folgte ein Katastrophenjahrhundert, das 14. Jahrhundert, gleichsam als Vorspiel zur „Kleinen Eiszeit“, die vom 16. bis ins späte 18. Jahrhundert dauerte und von der rezenten Warmzeit (s. o.) abgelöst wurde. Abb. 4 fasst den Verlauf für den alpinen Raum und das südliche Mitteleuropa in Anlehnung an die „Wetternachhersage“ von Christian Pfister (1999) zusammen. Hauptbezug ist die Gletscherdynamik, denn sie drückt, besser als jede Klimastatistik, das Zusammenwirken von Temperatur und Niederschlägen aus, insbesondere auch ihre jahreszeitliche Verteilung. Wuchsen die Gletscher, bedeutet dies anhaltend feuchtkalte Bedingungen, schrumpften sie trockenwarme Verhältnisse.

Historische Klimaänderungen



1200 Jahre Klimaentwicklung

Abb. 4: Warm- und Kaltzeiten in Mitteleuropa in den letzten 1200 Jahren.

Diesem Großverlauf lassen sich historische Ereignisse und Entwicklungen klar zuordnen, obwohl es natürlich auch immer stark abweichende Jahre gegeben hatte – mit Kälte in der Warmzeit und trockenheißen Sommern in der Kleinen Eiszeit (Glaser 2008, Hsü 2000, Lamb 1989).

Für die Alpen und das südliche Mitteleuropa besagen sie, dass das warme Hochmittelalter eine gute Zeit für die Menschen war. Die Bevölkerung wuchs stark. Es kam insbesondere im 12. Jhd. zu vielen Städtegründungen und danach zur Trockenlegung und Kultivierung von Mooren. In den Bergen wurde die Nutzung der Hochweiden (Almen) intensiviert. In Südwestdeutschland reiften Feigen. Wiederholt fielen die Winter aus; im Januar blühten Obstbäume, nisteten Vögel und es gab bereits im März reife Kirschen. Vor allem aber blieben im Mittelalterlichen Klima-Optimum große Naturkatastrophen die Ausnahme. Solche häuften sich ab etwa 1300. Im Jahre 1342 gab es das höchste und schlimmste historische Hochwasser in weiten Teilen Europas. Es brachte auch dem fernen China die größte Hochwasserkatastrophe. In die rapide Verschlechterung des Wetters im 14. Jahrhundert, die zu rasch aufeinander folgenden Missernten führte, kam die Pest dazu; genauer, die erste große Pestwelle seit Ende der Römerzeit vor rund tausend Jahren. Im 15. Jahrhundert besserte sich das Wetter wieder deutlich, jedoch nur für kaum mehr als ein Jahrhundert. Danach setzte die Kleine Eiszeit mit ihren bitter kalten Wintern ein. In dieser Phase fror der Bodensee 28 Mal komplett zu, während das im halben Jahrtausend davor nur viermal und seit Beginn unserer gegenwärtigen Warmzeit vor gut 200 Jahren dreimal der Fall war. Historische Aufzeichnungen berichten von Frosttiefen bis 130 Zentimeter und dass in Basel Bäume unter Knall wie Kanonenschüsse explodierten, weil das Kernholzwasser gefror. Die aus jener Zeit überlieferten Bilder zeigen beispielsweise Eisläufer und Hockeyspieler auf den zugefrorenen Grachten Hollands (Pieter Breughel d. Ä. & Hendrick

van Averkamp) und dass im 18. Jahrhundert Märkte auf der zugefrorenen Themse in London abgehalten wurden. Die regelmäßig kalten Winter ermöglichten die Anlage von Eiskellern zur Kühlung von Bier („Lagerbier“). Damals stellten sich die im Hochmittelalter vorwiegend Wein trinkenden Bayern auf die „typisch bayerische Bierkultur“ um. Die Alpengletscher wuchsen. Sie bedrohten Gehöfte, Siedlungen und ganze Täler. Bittprozessionen wurden durchgeführt, um das Vorrücken der Eismassen mit göttlichem Beistand zu stoppen. Und über manchen Gletscher wurde der Bannfluch ausgesprochen. Die Wende kam Ende des 18. Jahrhunderts mit einer dichten Folge heißer Sommer. Jener von 1812 war nach dem Sommer von 2003 der heißeste (Abb. 1) seit Beginn der Temperaturmessungen.

Doch die Witterung schwankte, wie unter Punkt 2 bereits aufgezeigt, im 19. und bis weit in das 20. Jahrhundert hinein sehr stark mit größeren Extremen als in unserer Zeit. So gab es nach dem Ausbruch des Tambora in Indonesien 1814 das „Jahr ohne Sommer“; in den 1920er und 1930er Jahren die berüchtigte Dürre in den USA („Dust Bowl“), die große Irische Hungersnot Mitte des 19. Jahrhundert als Folge von anhaltend schlechtem Wetter mit Ausbreitung der Kartoffelfäule und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts fünf sehr kalte Winter, in den hundert Jahren von 1780 bis 1880 aber nur einen. Das Klima war eben nie „stabil“ und die Witterung sehr variabel.

Menschen und Natur kamen unter weit ungünstigeren Rahmenbedingungen damit zurecht als sie in unserer Zeit gegeben sind. Das Wetter wurde als gottgegeben hingenommen, weil nichts anderes übrig blieb. Kompensation für Ernteauffälle, Sozialversicherungen gegen Hungersnöte und Hilfen für die Opfer von Hochwasserfluten gab es nicht. Die heutigen Klagen sind lächerlich, verglichen mit dem, was die Menschen früherer Jahrhunderte hinnehmen mussten. In unserer Zeit gilt ein schneearmer, milder Winter bereits als Katastrophe, wohl weil es politisch nicht mehr korrekt ist, das Positive hervorzuheben. Die warmen Zeiten waren in der Geschichte stets die guten Zeiten. Katastrophen häuften sich bei Abkühlung des Klimas. Die schlimmsten Hochwässer (HW), die historisch dokumentiert und an Gebäuden in ihrer Höhe vermerkt worden sind, fielen in Zeiten mit Klimaverschlechterung (Abb. 4). Dass das in unserer Zeit nicht mehr so ist, liegt nicht an Wetter & Klima, sondern am Ausbau der Flüsse, die das Wasser immer schneller sammeln und abführen und dabei schon nach mittleren Niederschlagsmengen sehr starke Hochwässer entwickeln können (wie zuletzt Ende Mai/Anfang Juni 2013).

4. Kurzer globaler Ausblick und Rückschau auf die letzten 10 Jahrtausende

Die Alpen und/oder Mitteleuropa sind selbstverständlich nicht repräsentativ für „die Welt“. Regionale Verhältnisse können regionale Gründe haben und globale Entwicklungen überlagern. Dies zu betonen ist wichtig, weil die Menschen mit der Umwandlung von Naturräumen in Kulturlandschaften großflächige, letztlich dann doch weltweite Wirkungen erzeugen, die sich bei nur lokaler Betrachtung nicht erkennen und in ihrer Tragweite abschätzen lassen. Daher wird hier ergänzend darauf hingewiesen, dass die Wärmeperiode des Hochmittelalters sehr wohl global festzustellen war und Auswirkungen hatte, wie auch die Kleine Eiszeit danach. So verschoben sich im Hochmittelalter auf der Nordhemisphäre der Erde die politischen und wirtschaftlichen Machtverhältnisse zunehmend nach Norden und gipfelten in der

Expansion der Wikinger/Normannen mit der Besiedlung von Grönland („Grünland“). Mit Einsetzen der Kleinen Eiszeit, die ein massives Vorrücken des arktischen Eises bedeutete, gingen die Wikinger auf Grönland zugrunde. Ähnlich erblühten zeitgleich in Ostasien die Kulturen Chinas und Japans sowie in Amerika jene der Mayas, Azteken und Inkas. Auf der Südhemisphäre fand die große Expansion der Polynesier statt und in Afrika folgte die Bantu-Wanderung dem großklimatischen Schema, allerdings etwas zeitverschoben, was mit der äquatorialen Lage des Kontinents zusammenhängt.

Das Klima-Optimum des (europäischen) Hochmittelalters und die Kleine Eiszeit waren also keine regionalen Phänomene, wie auch die Gletscherdynamik in den Alpen kein solches war. Die starken Abschmelzungen setzten in Afrika, Asien und Amerika bereits im 18. Jahrhundert ein und nicht erst in unserer Zeit der von der Verbrennung fossiler Stoffe ausgelösten Klimaerwärmung. Historische Zyklen und Veränderungen findet man überall, wo in den Kulturkreisen entsprechende Dokumentationen vorhanden sind. Und auch in der Natur in Form der Wüchsigkeit von Bäumen und in der Ablagerung von Pflanzenpollen in Mooren und Seesedimenten.

Ihre Erforschung eröffnet ein weiteres, viel größeres und über die geschriebene Geschichte hinaus reichendes Zeitfenster bis zum Ende der letzten Eiszeit vor etwa 10.000 Jahren. Auf sie folgten „Wellen“ starker klimatischer Schwankungen zwischen Warm- und Kaltzeiten mit Schwankungsbreiten der (globalen) Durchschnittstemperaturen von fünf Grad und (kurzzeitig) mehr. Die Wärme der nacheiszeitlichen Warmzeit ist noch unerreicht. Sie hatte das so ungemein rasche Abschmelzen der eiszeitlichen Gletscher ermöglicht und über deren Wassermassen im Wesentlichen die Flusstäler geformt. Auf diese große Warmzeit folgten weitere, die anscheinend aber immer kürzere Zeit dauerten. Die bekanntesten sind die Zeiten der frühen Hochkulturen im Vorderen Orient, im Indus und am Nil, dann die Zeit der Griechen und Römer im Klassischen Altertum und die klimatisch so ungünstige Zeit der Völkerwanderung, die nördliche und östliche Völker zwang, sich süd- und südwestwärts zu verlagern. Wiederum fand Ähnliches in Nordamerika und in Nordostasien statt.

Doch in stetig zunehmendem Maße veränderten die Menschen die Natur der Erde durch Kultivierung. Wie umfangreich, können wir uns gegenwärtig kaum vorstellen. So vernichteten die europäischen Siedler die riesigen Wälder, welche die Osthälfte der heutigen USA bedeckt hatten, in nur zweieinhalb Jahrhunderten (von etwa 1650 bis 1900) zu über 90 Prozent. Es war dies die größte Waldvernichtung in historischer Zeit. Sie zeitigte Folgen für das Klima im kontinentalen Bereich Nordamerikas, wie auch die gegenwärtige, insbesondere für unser Stallvieh in Europa betriebene Vernichtung der Tropenwälder in Südamerika klimaverändernd wirkt und wirken muss. Woraus sich die abschließende Frage ergibt, wie es denn weiter gehen wird.

5. Die nahe Zukunft

Das Klima war nie so stabil, wie das in Bezug auf die gegenwärtigen Änderungen angenommen oder unterstellt wird. Auf die ganz großen Schwankungen des Eiszeitalters mit Kalt- („Eiszeiten“) und Warmzeiten („Zwischeneiszeiten“) folgten nach der letzten Eiszeit, dem Würm-Glazial, die viel kleineren,

gleichwohl wirkmächtigen Fluktuationen der letzten Jahrtausende. Für die Menschen und für die lebendige Natur jedoch ungleich bedeutsamer als die „Mittelwerte“ sind die Schwankungen innerhalb eines Jahres und die von Jahr zu Jahr. Bekanntlich durchläuft jeder Ort bei uns den Wechsel zwischen tropisch heißen Tagen im Sommer und arktischer Kälte im Winter. Das Jahresmittel verrät nicht einmal, ob Hitze oder Kälte überwogen, denn beide können sich zu einem moderaten Mittel ausgleichen, das sich kaum zu unterscheiden braucht von einem anderen, das sich aus einem „mäßigen“ Sommer und einem milden Winter ergeben hat. Und wie die Abb. 1 – 3 zeigen, schwanken sogar Sommer- und Wintermittel über die Jahre hinweg ganz beträchtlich und größenordnungsmäßig um das Zehnfache stärker als die errechneten „Trendwerte“ unserer Klimaerwärmung.

Infolgedessen wird von interessierter Seite zunehmend darauf verwiesen, dass „die Extreme zunehmen werden“, was sich allerdings in der Rückschau auf die kontinuierlich dokumentierten Wetterextreme der letzten beiden Jahrhunderte nicht bestätigt (dazu auch, sehr provokativ, Blüchel 2007).

Sind also die Prognosen (neuerdings in „Szenarien“ umbenannt!) des IPCC und die davon abgeleiteten Warnungen und politischen Zielsetzungen falsch bzw. unnötig/destruktiv? Ein solcher Eindruck mag entstehen. Er verstärkt sich in dem Maße, in dem die Prognosen immer wieder korrigiert werden müssen und Fehler eingestehen haben. Zudem ist der Zweck klar. Er heißt: Weg von den fossilen Brennstoffen, weil diese den CO₂ - Gehalt der Erdatmosphäre steigen lassen und mglw./wahrscheinlich eine anhaltende Erderwärmung verursachen. In deren Folge werden sich die Lebensbedingungen auf der Erde verändern.

Dass sie sich verändern und weiter verändern werden, ist jedoch ebenso klar wie unausweichlich. Denn das tun sie, seit die Menschen die Natur der Erde gestalten. Die Änderungen werden noch viel größer werden, weil die Milliarden Menschen, die den europäisch-westlichen Lebensstandard noch nicht erreicht haben bzw. fern davon leben (müssen), danach streben. Und neue Milliarden Menschen kommen hinzu. Bei einer so stark wachsenden Weltbevölkerung „Stabilität“ zu erhoffen oder gar restriktiv anstreben zu wollen, ist schlicht unreal. Die Menschheit wird die gesamten Lebensbedingungen auf der Erde unwiderruflich verändern, nicht nur das Klima, davon müssen wir ausgehen, auch wenn dies uns in Europa und den reichen Ländern Amerikas und Ostasiens missfällt. Stabilität kann sich nur ohne Wachstum einstellen. Wachstum ist aber unerlässlich, wenn für die benachteiligten Milliarden die Lebensbedingungen verbessert werden sollen. Und dazu wird es kommen. Die Zeit des euro-amerikanischen Kolonialismus geht zu Ende, wenngleich manche Aspekte davon heutzutage noch geschickt verpackt als „Rettung der Welt“ angepriesen werden. Zudem werden von einer wärmeren Erde riesige Regionen profitieren, in denen es gegenwärtig noch zu kalt ist; flächenmäßig weit mehr als jene Bereiche, für die mehr Wärme nachteilig ist. Es ist eben nicht alles „schlecht“, sondern vieles auch „gut“, je nach Sicht & Lage.

Was bedeutet dies für „uns“, für uns regional und für Europa? Die Antworten sind eigentlich selbstverständlich. Wir werden uns wie bisher auch (!) den auf uns zukommenden Veränderungen stellen müssen. Die beste Vorsorge besteht allerdings nicht darin, (dem deutschen Ansinnen gemäß) die Welt retten zu wollen, sondern bei uns selbst so gut wie möglich vorzusorgen. Das derzeit Gegebene darf nicht länger als das zu Verteidigende, weil einzig Richtige, gehalten werden. Flexibilität kennzeichnet den

Menschen; sie war und ist sein Erfolgsrezept. Wo sie abgebaut und eingeschränkt wird durch Gesetze, Verordnungen und politische Zielsetzungen, erstarrt sie. Wer auf dem Erreichten beharrt, fällt zurück und geht unter. Das hat zu allen Zeiten für die Menschen und für das Leben insgesamt gegolten. Es wird weiterhin gültig sein. Sich auf Änderungen vorzubereiten, Reserven anzulegen und nicht, wie derzeit praktiziert, auf Kosten der Zukunft zu leben, wäre die beste Einstellung; die Zukunftsträchtigste allemal. Wer selbst gut vorsorgt, dem werden andere das nachmachen. Wer aber als falscher Prophet nur predigt, wie es die Anderen machen sollen, wird scheitern (Reichholf 2002 & 2011). Die Zukunft zwingt uns, offen zu sein, weil sie selbst offen ist und nicht fest vorhersagbar oder planbar. Wer davon ausgeht, dass morgen alles so sein wird wie heute, liegt nur dann richtig (und auch das nicht immer), wenn mit „morgen“ der nächste Tag gemeint ist. Das wäre sicherlich zu kurzfristig. Auf ein Jahrhundert voraus planen zu wollen, ist hingegen viel zu „fernsichtig“ und ähnlich nutzlos, wie heutige Aktien auf einen Ertrag in 100 Jahren in einem Produktsektor anlegen zu wollen, der vom Tagesgeschäft lebt.

Man tut aus historischer Erfahrung heraus gut daran, insbesondere dem deutschen Streben nach der „Vorreiterrolle“ zu misstrauen. Besser wäre es, Oswald Spenglers „Untergang des Abendlandes“ zu lesen, um zu erkennen, auf welcher Grundlage die heute verbreiteten grünen Ideologien gewachsen sind. Offenbar sind die Zeiten viel zu gut, um das Gute weiter entwickeln zu können. Sie müssen schlecht geredet und diktatorischen Zwängen ausgesetzt werden, so meint es die Leitkultur unserer Zeit. Würden die Menschen zuallererst für sich und ihre Familien Vorsorge treffen können und der Staat garantieren, dass ihnen ihr Ersparnes, Erwirtschaftetes, nicht genommen wird, sondern dass es als Erbe unangetastet weiter gegeben werden kann, hätten wir die beste Basis für die Meisterung der Zukunft. So lange aber Sparen bestraft wird, gelingt es ganz gewiss nicht, ein verantwortungsvolles Verhalten zu entwickeln, das zukunftsträchtig ist. In diesem Sinne ist die politische Umsetzung der Projektionen und Befürchtungen zum Klimawandel kaum mehr als ein verdecktes Mittel, neue Steuern einzutreiben und die Bevölkerung unter Kontrolle zu halten. Wir hatten dies schon 'mal als die guten Zeiten des Mittelalters zu Ende gingen und der damals kirchliche Ablasshandel blühte (weil die Kirche die Staatsmacht repräsentierte). Heute kassiert der Staat direkt den Ablass. „Vorsorge“ dieser Art hat keine Zukunft!

Literaturhinweise

Eine ausführliche Behandlung der Problematik ist im Buch des Verfassers

„**Eine kurze Naturgeschichte des letzten Jahrtausends**“ (S. Fischer Verlag, Frankfurt am Main 2007 und folgende Auflagen) enthalten. Im vorliegenden Text wurden speziell zitiert:

Blüchel, K. G. (2007): Der Klimaschwindel. – C. Bertelsmann, München.

Glaser, R. (2001/2008): Klimageschichte Mitteleuropas. – Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt.

Hsü, K. J. (2000): Klima macht Geschichte. – Orell Füssli, Zürich.

Lamb, H. H. (1989): Klima und Kulturgeschichte. – Rowohlt, Hamburg.

Pfister, C. (2000): Wetternachhersage. – Haupt, Bern.

Reichholf, J. H. (2002): Die falschen Propheten. Unsere Lust an Katastrophen. – Wagenbach, Berlin.

Reichholf, J. H. (2011): Klimahysterie. – Schriftenreihe der Vontobel-Stiftung, Zürich.

Schönwiese, C. (1995): Klimaänderungen. – Springer, Heidelberg.

Regenwasserversickerung nach ÖN B2506-1: Technisch korrekt aber politisch unkorrekt?

Bernd Imre

Bernard Ingenieure ZT GmbH, Hall i.T.

1. EINLEITUNG

Anhand eines behördlich eingereichten Beispiels wird gezeigt, wie die Jährlichkeit zur Dimensionierung einer Versickerungsanlage im Bauland fachlich festgelegt werden kann, indem sowohl für das Schadensrisiko „Überflutung“, als auch „Vernässung“, ein Vergleich zwischen dem Ist-Zustand ohne Bebauung und dem Soll-Zustand mit Bebauung vorgenommen wird.

Im gegenständlichen Beispiel wird mit Nachdruck die Meinung vertreten, dass Baugrundinstabilitäten ein höheres Schadenspotential in sich bergen können als Überflutungen. Noch dazu, da das Überflutungsrisiko, dh. der Oberflächenabfluss, durch die gegenständlich geplante vorgestellte Versickerungsanlage, gegenüber dem Ist-Zustand ohnehin verbessert wird. Zu einer darüber hinausgehenden Verbesserung des Oberflächenabflusses gegenüber dem Ist-Zustand für Dritte, ist ein Bauwerber nicht verpflichtet und soll ihm entsprechend dem Wirtschaftlichkeitsgebot der ÖNORM B 2506-1 auch nicht zugemutet werden.

Die gegenständliche Versickerungsanlage liegt auf dem Stadtgebiet von Graz auf gewidmetem Bauland (Abbildung 1). Die entsprechende Landesgesetzgebung und Statute der Stadt Graz sind daher gültig. Bezüge zu Tirol werden jedoch hergestellt.



Abb. 1: Blick nach NW in Hangfallrichtung über das gegenständliche Grundstück: Aktuelle Nutzungssituation.

2. RECHTSGRUNDLAGEN ZUR VERSICKERUNG

Spätestens mit dem Ansuchen um Feststellung der Bauplatzeignung gemäß der länderspezifischen Bauordnungen (z.B. §5 Stmk. BauG, 1995, §3 TIBO, 2011) wird ein Bauwerber mit der Versickerung von Oberflächenwässern konfrontiert. Sowohl in Tirol als auch in der Steiermark lassen die Bauordnungen jedoch offen, dass es sich bei der Entsorgung von Oberflächenwässern überhaupt um Versickerungen handeln muss.

Die Rechtsgrundlage für Versickerungen als Methode der Wahl zur Entsorgung von Niederschlagswässern sind hierzu die länderspezifischen Kanalgesetze. Gemäß dem Tiroler Kanalgesetz ist eine Versickerung bei bestehender Möglichkeit verpflichtend. Ist diese Möglichkeit nicht gegeben, sind die Gemeinden verpflichtet für eine geeignete Entsorgung z.B. durch eine Regenwasser- oder Mischwasserkanalisation zu sorgen. Die letzte Instanz bei der Entscheidung liegt in Tirol jedoch bei der verantwortlichen Gemeinde. Diese hat in Bezug auf die Leistungsfähigkeit der vorhandenen Kanalisation festzulegen, ob die Anschlusspflicht auch hinsichtlich der Niederschlagswässer besteht“.

In der Steiermark wird ein etwas anderer Ansatz beschritten, jedoch mit selben Resultat: Gemäß §4 Stmk. KG (1988) ist der Anschluss einer Oberflächenentwässerung an eine bestehende Regenwasser- oder Mischwasserkanalisation verpflichtend. Eine Regenwasserversickerung kann von dieser Verpflichtung entbinden. Die verpflichtende Errichtung einer Versickerung ergibt sich daraus erst indirekt im Falle des Fehlens eines geeigneten Kanals im Zusammenhang mit §1 Stmk. KG (1988).

3. DIMENSIONIERUNGSGRUNDLAGEN VERSICKERUNG

Zur Dimensionierung einer Versickerungsanlage wäre es nun zweckmäßig den in Normen und Richtlinien formulierten „Stand der Technik“ zu konsultieren. Für den gegenständlichen Fall kann das DWA-Regelwerk Arbeitsblatt DWA-A 138 herangezogen werden. Oder eben das österreichische Regelwerk ÖN B2506-1.

Die Dimensionierung der Versickerungsanlage und somit die Festlegung der Jährlichkeit hat nach ÖN B2506-1 folgende Kriterien zu berücksichtigen:

- Schadensrisiko aus der Betriebssicherheit der Sickeranlage durch Überstau bzw. Überflutung (siehe auch BauG §57 Absatz 2)
- Schadensrisiko durch Vernässung von Grundstücken und Bauwerken sowie der Verringerung deren Standfestigkeit durch den betriebsbedingten Eintrag von Sickerwasser in den Untergrund (siehe auch BauG §57 Absatz 3)
- Wirtschaftlichkeit der Anlage

Die Jährlichkeit richtet sich somit nach dem Schutzniveau in Abwägung zwischen den Kosten der Anlage / Schutzmaßnahme und dem Schadensrisiko.

Die TBO ist hier allgemeiner gehalten: §3 –

„(1) Bauliche Anlagen dürfen nur auf Grundstücken errichtet werden, die sich nach ihrer Widmung, Lage, Form, Größe und Bodenbeschaffenheit für die vorgesehene Bebauung eignen [...].“

§ 17 -

(1) Bauliche Anlagen und alle ihre Teile müssen so geplant und ausgeführt sein, dass sie unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit gebrauchstauglich sind und entsprechend dem Stand der Technik die bautechnischen Erfordernisse insbesondere

a) der mechanischen Festigkeit und Standsicherheit, erfüllen.

4. FALLBEISPIEL

4.1 Geologisch Verhältnisse

Der Untergrund am gegenständlichen Fallbeispiel wird aus würmeiszeitlichem Hangschutt gebildet (Talus). Mit wechselnder Intensität wurden in das Schuttmaterial Lösslehm und Lösssande eingeweht bzw. eingeschwemmt.

Das bodenmechanische Verhalten dieses Untergrunds wird von beiden Korngrößenbereichen kontrolliert. Der Hangschutt bildet das für die Dimensionierung der Versickerungsanlage maßgebliche Substrat.

4.2 Untergurnddurchlässigkeit

Der Designwert der Bodendurchlässigkeit $k_{f,d}$ beträgt $5,0 \times 10^{-6}$ m/s.

4.3 Untergrundstabilität

Aufgrund der dem gegenständlichen Boden innewohnenden Konsistenzgrenzen des Matrixanteils, und der Art in welcher im gegenständlichen Boden Scherwiderstände mobilisiert werden können, ist zu folgern, dass

- der gegenständliche Hangschutt grundsätzlich aus bodenmechanischer Sicht einen gut tragfähigen Baugrund darstellt.

Damit diese guten bodenmechanischen Eigenschaften dauerhaft erhalten bleiben sind folgende Rahmenbedingungen einzuhalten:

- Regenwasserversickerungen sind möglich, müssen jedoch möglichst tief in den Untergrund eingebunden und/oder möglichst weit von Fundamenten weggerückt situiert werden.
- Die Menge des durch Versickerung in den Untergrund eingebrachten Wassers soll sich an die Versickerungsmengen im Ist-Zustand orientieren um im Untergrund keine Veränderung des mechanischen Gleichgewichtszustandes herbeizuführen.

4.4 Oberflächenabfluss im Ist-Zustand

Seit den 1970 Jahren werden am Institut für Lawinen- und Wildbachforschung beim Bundesamt und Forschungszentrum für Wald (BFW) in Innsbruck und Wien und am Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft Starkregensimulationen und begleitende Untersuchungen, wie Erhebungen boden- und

vegetationskundlicher Kennwerte zur Charakterisierung des Abflussverhaltens beitragender Flächen in Wildbacheinzugsgebieten durchgeführt. Die „Provisorische Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen“ stellt die aktuelle Zusammenfassung und Auswertung dieser Forschungsarbeit, bestehend aus über 700 Berechnungsversuchen, aus diesem Zeitraum dar.

Diese Geländeanleitung dient zur quantitativen und qualitativen Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes α bei konvektiven Starkregen, bei Abflusskonstanz nach Überschreiten der Initialabstraktion (Anlaufzeit) der beitragenden Flächen.

Unter Anwendung der Geländeanleitung des BFW kann der Oberflächenabflussbeiwert α im Ist-Zustand für das gegenständlich begutachtete Grundstück 864/9 folgend charakterisiert werden:

Gesellschaft	Standort/Boden	Nutzung	Hydrologische Eigenschaften	Abflussbeiwertklasse	Abflussbeiwert α
Wiese, gemäht	Ranker - sandiger Schluff mit wenig Ton und Steinen, skelettreich, bindig	Garten-grünraum	Geringe Oberflächenverdichtung da nicht maschinell befahren. Wiesen-Knöterich, vereinzelt Schachtelhalm, Moose (Zeigerwert ff – sehr frisch bis feucht)	„mittlere“ 4	0,51 bis 0,75 Mittel gewählt: 0,6

Tabelle 1: Abschätzung des Abflussbeiwertes α nach Geländeanleitung des BFW:

Unter den gegebenen Randbedingungen im Ist-Zustand wie Untergrundverhältnisse, Bewuchs, maßgebliche Regenintensität etc. sind die Ansätze für Oberflächenabflussbeiwerte α im Grünland gemäß ÖNORM 2506-1 etwas, gemäß DWA-A 138 deutlich zu konservativ.

Es wird daher für die weiteren Berechnungen ein Abflussbeiwert α von 0,6 gewählt.

4.5 Versickerungsmethode

Wie bereits festgestellt ist der gegenständliche Untergrund sensitiv gegenüber Wassergehaltsänderungen. Um eine diesbezügliche negative Beeinflussung der Fundierung des gegenständlich geplanten Gebäudes als auch der Untergrundstabilität der Nachbargrundstücke dauerhaft hintanzuhalten, ist es erforderlich die Sickerwässer möglichst tief in den Untergrund einzuleiten.

Als Versickerungsmethode wird daher eine Schachtversickerung mit Versickerung nur über die Sohle gewählt. Der Ringraum des Schachtes wird mit verdichtetem, feinkörnigem Löss-Lehm, welcher am gegenständlichen Grundstück als oberste Bodenschicht ansteht verfüllt. Dadurch wird verhindert, dass das Sickerwasser an der Außenseite des Schachtes hochsteigt und somit in höherliegende Bodenschichten eindringt

4.6 Jährlichkeit des Bemessungsereignisses

Die Dimensionierung der Versickerungsanlage und somit die Festlegung der Jährlichkeit hat nach Norm folgende Kriterien zu berücksichtigen:

- Schadensrisiko aus der Betriebssicherheit der Sickeranlage durch Überflutung (Stmk BauG §57 Absatz 2)
- Schadensrisiko durch Vernässung von Grundstücken und Bauwerken sowie der Verringerung deren Standfestigkeit durch den betriebsbedingten Eintrag von Sickerwasser in den Untergrund (siehe auch Stmk BauG §57 Absatz 3)
- Wirtschaftlichkeit der Anlage

Um die Jährlichkeit fachlich festzulegen wird im Folgenden sowohl für das Schadensrisiko „Überflutung“, als auch „Vernässung“, ein Vergleich zwischen dem Ist-Zustand ohne Bebauung und dem Soll-Zustand mit Bebauung vorgenommen. Der Ist-Zustand entspricht hierbei dem „den örtlichen Verhältnissen gewöhnliche Maß“ gemäß AGBG § 364 Absatz 2, von welchem wiederum Stmk BauG §57 Absatz 2 abgeleitet wurde. Für das Schadensrisiko „Überflutung“ wird der Oberflächenabfluss im natürlichen Ist-Zustand mit jenem im Falle des Soll-Zustands mit versiegelten Flächen und einer Versickerungsanlage verglichen. Für das Schadensrisiko „Vernässung“ wird der Wassereintrag in dem Boden durch Versickerung im natürlichen Ist-Zustand mit jenem im Falle des Soll-Zustands mit versiegelten Flächen und einer Versickerungsanlage verglichen. Beide Untersuchungen für die Jährlichkeiten $T=1, 5, 10,$ und 20 Jahre (Abbildung 2 und Abbildung 3).

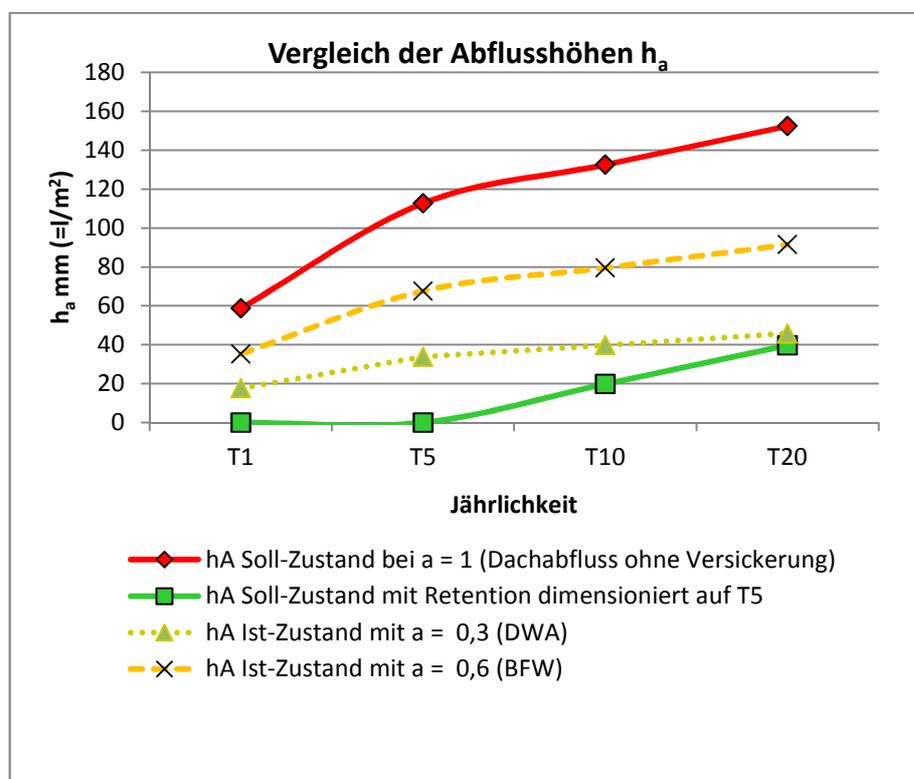


Abb. 2: Vergleich der Abflusshöhen h_a Ist- und Soll Zustand.

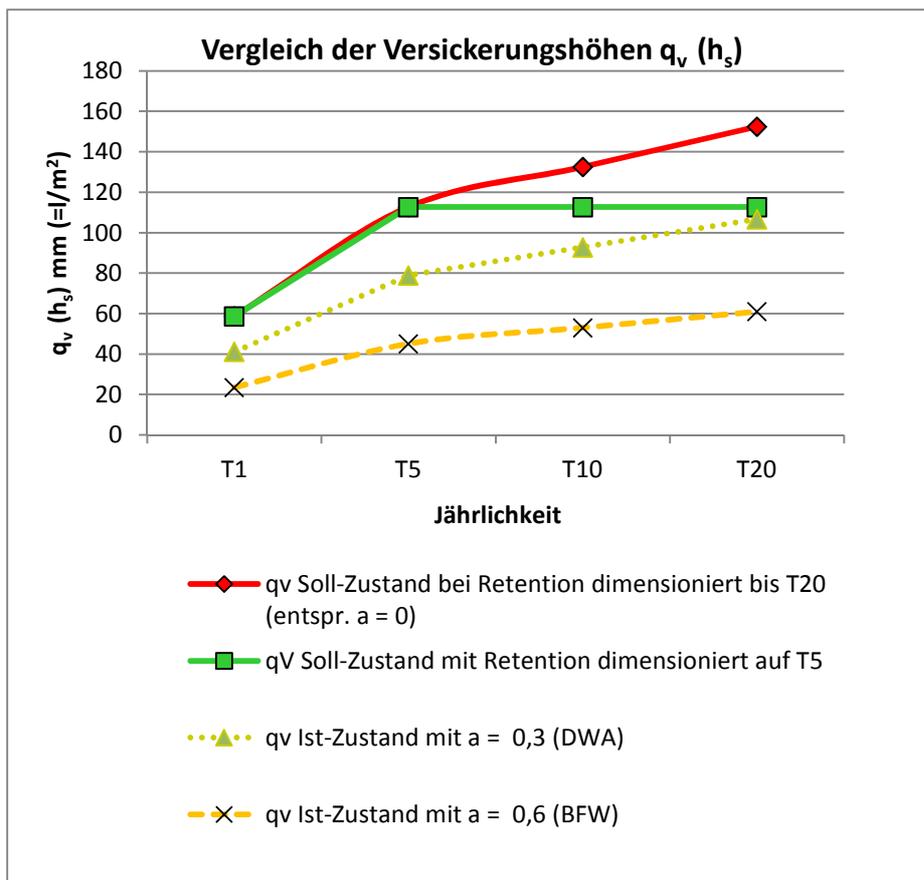


Abb. 3: Vergleich der Versickerungshöhen q_v Ist- und Soll Zustand.

4.6.1 Diskussion der Jährlichkeit

Die Ist und Soll Zustandsuntersuchung der Versickerung und des Oberflächenabflusses, graphisch dargestellt in Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigt, dass eine Jährlichkeit $T=5$ Jahre für den gegenständlichen Untergrund den geeignetsten Kompromiss zwischen dem

- Schadensrisiko aus der Betriebssicherheit der Sickeranlage durch Überflutung (Stmk BauG §57, Absatz 2)
- Schadensrisiko durch Vernässung von Grundstücken und Bauwerken sowie der Verringerung deren Standfestigkeit durch den betriebsbedingten Eintrag von Sickerwasser in den Untergrund (siehe auch Stmk BauG §57 Absatz 3) darstellt.

Die Gründe hierfür sind folgende:

In Bezug auf den Oberflächenabfluss h_a stellt die Auslegung der Retentionskapazität der Versickerungsanlage auf ein $T=5$ jähriges Niederschlagsereignis, bei Annahme eines Abflussbeiwertes α von 0,6 entsprechend BFW, eine deutliche Verbesserung des Ist-Zustandes, auch im Falle eines $T>5$ jährigen Niederschlagsereignisses, dar (Abbildung 2). Selbst bei Annahme eines Abflussbeiwertes α von 0,3 entsprechend DWA, stellt die gegenständlich geplante Versickerungsanlage, selbst bei einem 20-jährigen Niederschlagsereignis, eine Verbesserung des Ist-Zustandes des Oberflächenabflusses dar (Abbildung 2).

In Abbildung 3 ist ersichtlich, dass eine Dimensionierung der Versickerungsanlage auf eine Jährlichkeit $T=5$ Jahre eine Erhöhung der Infiltration gegenüber dem natürlichen Ist-Zustand bedingt. Bei Annahme eines Abflussbeiwertes α von 0,6 entsprechend BFW ist die Erhöhung deutlich. Bei Annahme eines Abflussbeiwertes α von 0,3 entsprechend DWA entspricht die angestrebte Versickerung mit einer Jährlichkeit $T=5$ Jahre nahezu der Versickerungshöhe im Ist-Zustand eines 20 jährigen Niederschlagsereignisses (Abbildung 3)!

Wie oben ausgeführt, ist der gegenständliche Untergrund jedoch in geotechnischer Hinsicht sensitiv gegenüber Wassergehaltsänderungen. Insbesondere eine Erhöhung des Wassergehaltes führt so zu einer Verschlechterung der Baugrundeigenschaften bzw. der Baugrundstabilität. Eine Erhöhung der Infiltration gegenüber dem natürlichen Ist-Zustand stellt somit aus geotechnischer Sicht eine Verschlechterung dar. Jedoch begrenzt die Auslegung der Versickerungsanlage auf ein $T=5$ jähriges Niederschlagsereignis den Eintrag von Wasser in den Untergrund, gegenüber dem Ist-Zustand, in geotechnisch vertretbaren Maßen. Die Auslegung der Versickerungsanlage auf eine Niederschlagsereignis mit einer Jährlichkeit als $T>5$ Jahre würde zwar das Überflutungsrisiko der Versickerungsanlage noch weiter reduzieren, das Risiko von Baugrundinstabilitäten jedoch erhöhen.

Das Umfeld des gegenständlich begutachteten Grundstücks ist als „ländliches Gebiet“ zu klassifizieren. Typische Schäden durch Überflutung in dieser Nutzungskategorie wären:

- Eindringen von Wasser bei Einfamilienhäusern, Schäden in einzelnen Kellern.

Gemäß ÖNORM B 2506-1 ist als Mindestbemessung für den Fall, dass eine Überflutung nur zu einer geringen Beeinträchtigung führt, ein 5-jährliches Regenereignis ($n = 0,2$) der Berechnung zugrunde zu legen.

Gemäß Leitfaden Oberflächenentwässerung des Landes Steiermark ist bezugnehmend für den Lastfall „Überstau“ ein 2-jährliches Regenereignis ($n = 0,5$) der Berechnung zugrunde zu legen. Für den Lastfall „Überflutung“ ein 10-jährliches Regenereignis ($n = 0,1$) der Berechnung zugrunde zu legen.

In Abwägung beider Risiken wird hier mit Nachdruck die Meinung vertreten, dass im gegenständlichen Untersuchungsraum Baugrundinstabilitäten ein höheres Schadenspotential in sich bergen als Überflutungen. Noch dazu da wie oben dargestellt, dass das Überflutungsrisiko, dh. der Oberflächenabfluss, durch die gegenständlich geplante Versickerungsanlage, gegenüber dem Ist-Zustand ohnehin bereits deutlich verbessert wird. Zu einer darüber hinausgehenden Verbesserung des Oberflächenabflusses gegenüber dem Ist-Zustand für Dritte, ist ein Bauwerber nicht verpflichtet und kann ihm entsprechend dem Wirtschaftlichkeitsgebot der ÖNORM B 2506-1 auch nicht zugemutet werden.

Es wird daher als fachlich notwendig angesehen, in Übereinstimmung mit der ÖNORM B 2506-1, die gegenständliche Versickerungsanlage auf eine Jährlichkeit als $T=5$ Jahre zu dimensionieren.

4.7 Schlussfolgerungen

Die gegenständlich geplante Oberflächenentwässerung durch eine Versickerungsanlage mit Retention sowie einem Notüberlauf für Niederschlagsereignisse mit einer Jährlichkeit T grösser 5 Jahre für versiegelte Oberflächen wird daher aus fachlicher Voraussicht als

- betriebssicher beurteilt.

Aufgrund der Herstellung und Anordnung wird die Möglichkeit der Entstehung von

- Gefahren oder
- unzumutbaren Belästigungen oder
- Schädigung öffentlicher und nachbarschaftlicher Interessen

infolge der gegenständlich geplanten Oberflächenentwässerung aus fachlicher Voraussicht und den Erfahrungen der technischen Wissenschaften als vernachlässigbar beurteilt. Die gegenständlich geplanten Maßnahmen werden daher als einschlägige Gesetze (insbesondere § 57 Abs. 2 Stmk BauG), Normen und Richtlinien, in der aktuellen Fassung, als entsprechend beurteilt.

5. DISKUSSION

5.1 Offene Fragen

In der weiteren Diskussion nicht vergessen werden darf die älteste und übergeordnete Rechtsquelle, das Allgemeine Bürgerliche Gesetzbuch (ABGB 1811 i.d.g.F.):

§ 364. (1) Ueberhaupt findet die Ausübung des Eigenthumsrechtes nur in so fern Statt, als dadurch weder in die Rechte eines Dritten ein Eingriff geschieht, noch die in den Gesetzen zur Erhaltung und Beförderung des allgemeinen Wohles vorgeschriebenen Einschränkungen übertreten werden. Im Besonderen haben die Eigentümer benachbarter Grundstücke bei der Ausübung ihrer Rechte aufeinander Rücksicht zu nehmen.

(2) Der Eigentümer eines Grundstückes kann dem Nachbarn die von dessen Grund ausgehenden Einwirkungen durch Abwässer, Rauch, Gase, Wärme, Geruch, Geräusch, Erschütterung und ähnliche insoweit untersagen, als sie das nach den örtlichen Verhältnissen gewöhnliche Maß überschreiten und die ortsübliche Benutzung des Grundstückes wesentlich beeinträchtigen. Unmittelbare Zuleitung ist ohne besonderen Rechtstitel unter allen Umständen unzulässig.

Dazu der Entscheidungstext OGH 28.02.2003 1 Ob 92/02i:

„Die Wendung "unmittelbare Zuleitung" im letzten Satz des § 364 Abs 2 ABGB ist nicht ausschließlich zielbezogen zu sehen. Auch wer eine Anlage errichtet, aus der unter bestimmten Voraussetzungen Wasser auf das Nachbargrundstück strömt, kann sich nicht auf Ortsüblichkeit berufen (Ablehnung des von Kerschner [RdU1996, 146] und Hofmann [RdU2002,76] vertretenen Erfordernisses "finalen zielgesteuerten Verhaltens")“!!!

FRAGEN: Entsprechend diesem OGH Urteil dürfte eine Versickerungsanlage de facto keinen Überlauf besitzen. Kann eine Behörde mit Berufung auf eine nachgewiesene Ortsüblichkeit solch einen Überlauf als „besonderen Rechtstitel“ trotzdem bewilligen? Steht die Norm ÖN B2506-1 hier im Widerspruch zum ABGB?

OIB Richtlinie 3 (2011), Absatz 3:

3.1.1 Niederschlagswässer, die nicht als Nutzwasser verwendet werden, sind technisch einwandfrei zu versickern, abzuleiten oder zu entsorgen.

3.1.2 Einrichtungen zur technisch einwandfreien Sammlung und Ableitung von Niederschlagswässern bei Bauwerken sind dann erforderlich, wenn

- die beim Bauwerk anfallenden Niederschlagswässer auf Verkehrsflächen oder Nachbargrundstücke gelangen können oder
- eine gesammelte Ableitung zur Vermeidung von Beeinträchtigungen (z.B. Durchfeuchtung von Mauerwerk, Rutschungen) erforderlich ist.

FRAGEN: Stellt eine strenge Auslegung der OIB ein Verbot aller Versickerungsanlagen dar? Denn keine Versickerungsanlage kann ohne einen Überlastungsfall errichtet werden. Wenn dann Niederschlagswasser auf Verkehrsflächen und Nachbargrundstück gelangt, ist die Versickerungsanlage nicht mehr zulässig. Steht die Norm ÖN B2506-1 hier im Widerspruch zur OIB?

Forstgesetz 1975 i.d.g.F: Dieses ist auf Bauland nicht anzuwenden. Ausgenommen hiervon sind nach § 98. (1) Die Bestimmungen dieses Abschnittes [Zum Schutz vor Wildbäche und Lawinen]. Diese sind auch auf Grundstücke anzuwenden, die nicht Wald im Sinne des § 1a sind.

FRAGE: Sind künftig in Wildbacheinzugsgebieten 150 jährige Niederschlagsereignisse zu versickern? Steht diese immer häufiger zu hörende Forderung nicht im Widerspruch zur Baugesetzgebung und zur Norm ÖN B2506-1? Soll es zulässig werden, dass eine Einzelperson zur Abwehr eines Elementarereignisses (Jährlichkeit > 10 Jahre – OGH Entscheidungstext TE OGH 2002-01-29 1 Ob 285/01w) verpflichtet werden kann?

5.2 Kernfrage zum Abschluss

Wie könnte daher eine rechtlich haltbare, technisch sinnvolle und wirtschaftlich vertretbare Ausbildung einer Versickerungsanlage im Überlastungsfall aussehen?

Freitag 17. Oktober 2014

09:00-09:30

Mittlere Verweilzeiten des Grundwassers im Inntal

W. Heike Brielmann¹, Martin Kralik¹, Franko Humer¹, Uta Wemhöner¹, Rudolf Philippitsch²

¹Umweltbundesamt GmbH, Spittelauer Lände 5, A-1080 Wien

²Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Stubenring 1, A-1010 Wien

Kurzfassung

Entsprechend der gesetzlichen Vorgaben (EU-Wasserrahmenrichtlinie, Wasserrechtsgesetz) ist der „**gute Zustand**“ für das Grundwasser bis 2015 zu erreichen. Die Abschätzung des Zeithorizontes, innerhalb dessen Maßnahmen im Grundwasserkörper wirksam werden, ist deshalb von entscheidender Bedeutung. Seit 2009 wurden in durch das BMLFUW beauftragten Arbeiten, mittels vorhandener hydrogeo-logischer Daten, isopenhydrologischer und hydrochemischer Messungen, die mittleren Grundwasserverweilzeiten für bisher 346 Messstellen in 21 Grundwasserkörpern abgeschätzt (Kralik et al. 2009, 2011). Darunter waren auch 30 Messstellen des Inntales.

Der Ausbau der Grundwassermessstellen im Inntal mit überwiegend langen Filterstrecken führt vielerorts zur Mischung von Grundwässern unterschiedlicher Verweilzeiten. Entgegen den ursprünglichen Erwartungen weisen nur 38% der Messstellen im Inntal kurze Verweilzeiten auf und fallen in die Alterskategorien von <5 bzw. 5-10 Jahren. Fast die Hälfte der untersuchten Messstellen des Inntals weist mittlere Verweilzeiten von 11–25 Jahren auf. Zwei bzw. drei Messstellen zeigen sehr hohe mittlere Verweilzeiten von 26–50 bzw. über 50 Jahren.

Abstract

According to the EU water framework directive and the Austrian water act, **good status** for groundwater should be achieved by 2015. This requires estimating the time lag for implemented management measures to prove effective.

In a project initiated by the Austrian Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management (BMLFUW) mean residence times (MRTs) at 346 wells in the upper parts of 21 Austrian groundwater bodies have been assessed so far based on existent hydrogeological data combined with isotopic and hydrochemical investigations (Kralik et al. 2009, 2011). 30 of the wells were situated in the Inn Valley. Long or multiple well screens lead to substantial mixing of groundwater in most of the investigated wells. Almost half of the investigated wells in the Inn Valley groundwater body show MRTs between 11 to 25 years. 38% group into categories of low mean residence times ranging from <5 to 5-10 years. Five wells have comparatively high mean residence times ranging from 26-50 and >50 years.

Einleitung

Entsprechend den Vorgaben der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG bzw. des Wasserrechtsgesetzes 1959 i.d.g.F. ist der „gute Zustand“ für das Grundwasser bis zum Jahr 2015 zu erreichen. Demzufolge ist die Abschätzung des Zeithorizontes, innerhalb dessen Maßnahmen im Grundwasserkörper messbar werden können, von entscheidender Bedeutung. Neben Trendanalysen, die auf Basis der im Rahmen der GZÜV erhobenen Qualitätsdaten durchgeführt werden, um etwaige Verschlechterungen im Hinblick auf die Grundwasserqualität zu identifizieren, ist die Bestimmung von mittleren Verweilzeiten (MVZ) an Grundwassermessstellen des Überwachungsnetzes ein geeignetes Mittel, um die Zeitspanne abzuschätzen, in der Maßnahmen wirksam werden können.

Hauptziel war es deshalb, einen flächenhaften Überblick über die MVZ im obersten genutzten Grundwasserstockwerk (gesättigte Zone durch Bepumpung gemischt) zu erlangen. Dies ist auch jener Bereich, der im Rahmen der Qualitätsüberwachung vorwiegend erfasst wird und der auf allfällige Belastungen am empfindlichsten reagiert.

Messkampagne

Im Rahmen des Projektes wurden 20 Messstellen des bundesweiten Grundwassermonitorings auf Basis der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV 2006 i.d.g.F.) sowie 7 Tiroler Landesmessstellen im Zeitraum Oktober 2010 bis Dezember 2011 quartalsweise beprobt. Drei weitere Grundwassermessstellen mit größeren Teufen wurden einmalig im 2. Quartal 2012 beprobt (Abbildung 1). Die Erfassung der einzelnen isotopehydrologischen und hydrochemischen Parameter erfolgte mit unterschiedlicher Häufigkeit (siehe Tabelle 1).

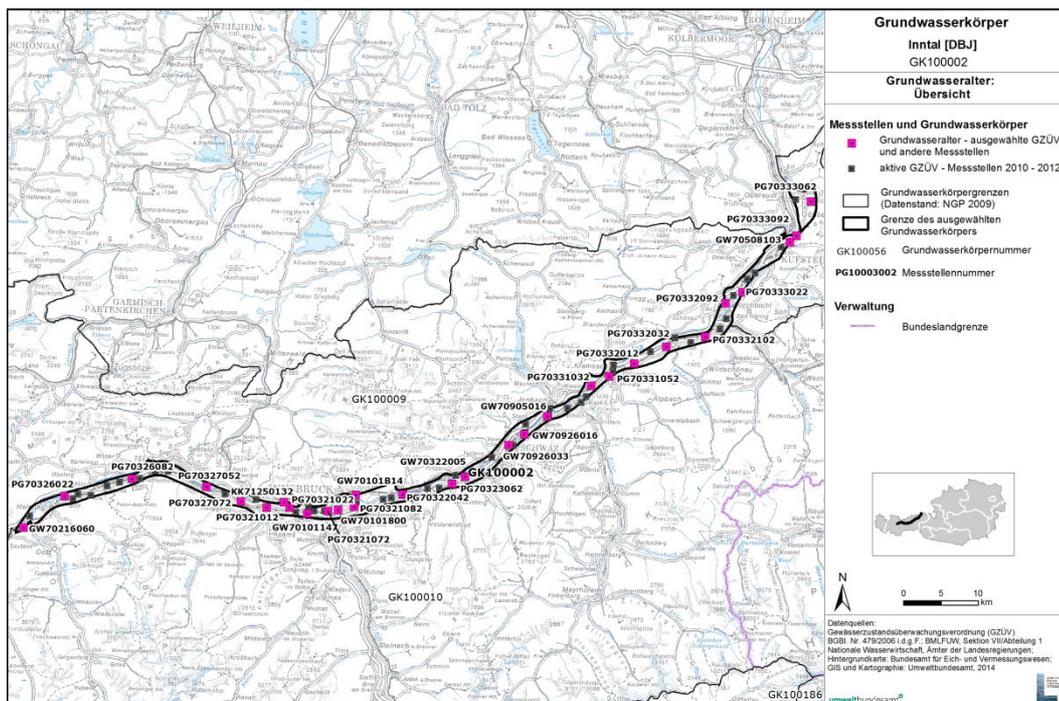


Abb. 1: Übersichtskarte Grundwasserkörper Inntal mit den ausgewählten Messstellen.

Tab.1: Messfrequenz der erfassten Parameter

Gemessene Parameter	Anzahl Quartale
Vor-Ort-Parameter	4
Chemisch-analytische Parameter	2 (GZÜV)
Stabile Wasserisotope (¹⁸ O, ² H)	4/1
Tritium, Tritium/Helium-3	2/1

Die Herkunft und Mischung von Grundwässern wurde mittels hydrochemischer Daten und den stabilen Wasserisotopen evaluiert. Die mittleren Verweilzeiten wurden zunächst auf Basis der gemessenen Tritiumgehalte mittels Black-Box-Modellen unter Annahme verschiedener Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Verweilzeiten berechnet. Unter Berücksichtigung der Sauerstoffisotope sowie der Auswertung der Bohrprofile wurden Modellparameter im Hinblick auf die Verteilung der Verweilzeiten gewählt. Zudem lagen für einzelne Messstellen historische Daten früherer Untersuchungen vor, die die Ergebnisse robuster machten. Ergänzend erfolgte die Bestimmung der mittleren Verweilzeiten des Grundwassers in der gesättigten Zone auf Grundlage der Auswertung der Tritium/Helium-Messungen.

Herkunft der Grundwässer

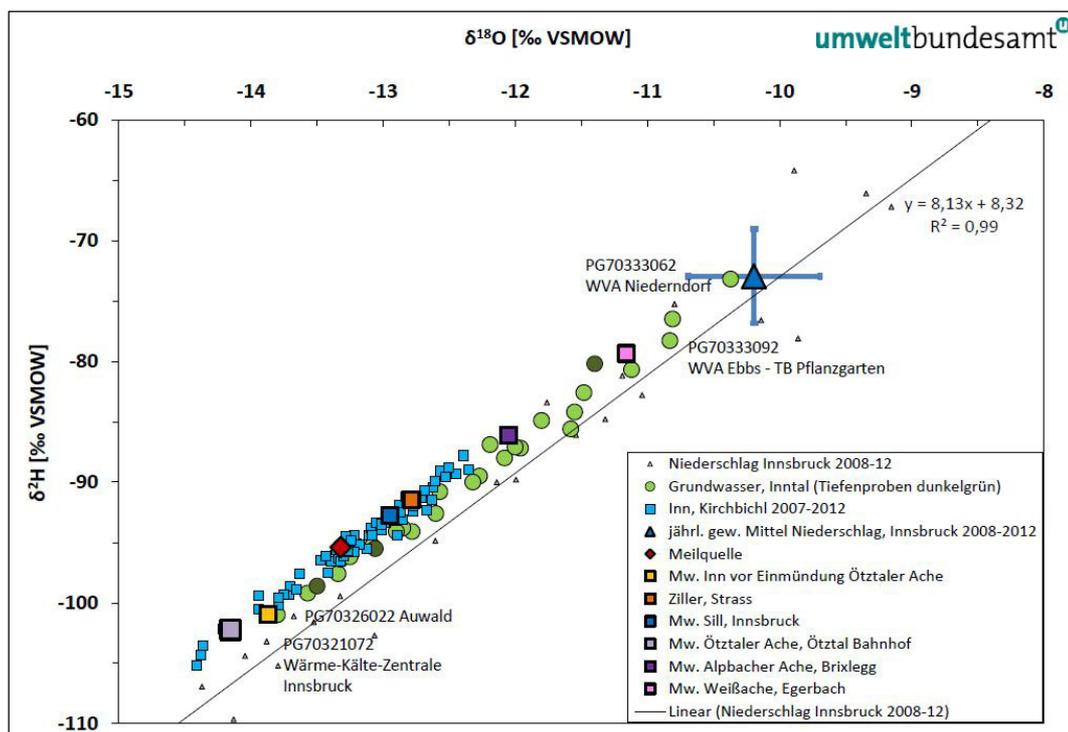


Abb. 2: Sauerstoff-18- und Deuteriumwerte der untersuchten Messstellen des Grundwasserkörpers Innthal im Vergleich zum Inn (2007-2012) und weiteren Oberflächengewässern sowie dem Niederschlag in Innsbruck (2008-2012).

Die Verteilung der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte in den beprobten Grundwassermessstellen des Inntals (Abbildung 2) verweist auf eine Mischung von Wässern aus alpinen Einzugsgebieten mit niedrigen Sauerstoff-18-Werten ($< -13,0\text{‰}$) und lokal versickernden Niederschlägen mit höheren Sauerstoff-18-Werten (Innsbruck - $10,2\text{‰}$ im Mittel).

Auch der Inn selbst wird durch oberstromig gelegene alpine Einzugsgebiete dotiert und zeigt entsprechende Sauerstoff-18-Werte (im Mittel - $13,2\text{‰}$). Die Differenzierung der Herkunft der Grundwässer auf Basis der Sauerstoff-18-Werte ist demzufolge nicht immer eindeutig, da auch die aus den nördlich ans Inntal angrenzenden Karbonatgesteinen angeströmten Grundwassermessstellen Sauerstoff-18-Werte alpiner Einzugsgebiete vergleichbarer Höhenlagen zeigen. So weist die vom Inn unbeeinflusste, unterhalb des Hechenbergs gelegene Messstelle KK72150312 (Meilquelle) dem Inn ähnliche Sauerstoff-18-Werte zwischen - $13,4$ und - $13,3\text{‰}$ auf. Tendenziell nehmen die Sauerstoff-18-Werte von West nach Ost mit sinkender Höhenlage der Einzugsgebiete ab. Zudem zeigen Grundwassermessstellen mit Zufluss aus den südlichen Hangbereichen im Schnitt höhere Sauerstoff-18-Werte, als die aus den linksufrig angrenzenden Karbonatgesteinen angeströmten Grundwassermessstellen.

Eine gute Abgrenzung der Herkunft der Grundwässer zur Verifizierung der Verweilzeiten kann auch auf Basis hydrochemischer Parameter wie der Sulfatkonzentration, des Ca/Mg-Verhältnisses, aber auch der zur Berechnung der $^3\text{H}/^3\text{He}$ -Alter gemessenen Helium- und Neonkonzentrationen getroffen werden.

Erhöhte Sulfatkonzentrationen des Grundwassers im Inntal sind vor allem auf Kontakt des Grundwassers mit evaporitischen Raibler Schichten und anderen gipsführenden Gesteinen der Nördlichen Kalkalpen (im ggst. Fall Karwendelgebirge) zurückzuführen. Anthropogene Einflüsse auf die Sulfatkonzentrationen können durch Vergleich mit Nitrat- und Chloridkonzentrationen sowie das Prüfen auf langjährige Trends der Sulfatwerte ausgeschlossen werden.

Höhere Sulfatkonzentrationen ($>70\text{ mg/l}$) wurden für Messstellen im Bereich Kematen – Völs – Innsbruck (KK71250132, PG70321012, PG70321022, GW70101147), im Bereich Arzl – Hall – Wattens (GW70101B14, PG70321082, PG70322042, PG70323062) sowie im Bereich Münster (PG70331032) festgestellt.

Die Darstellung der Heliumkomponenten des Grundwassers in Abbildung 3 erlaubt ebenfalls eine Differenzierung der Herkunft von Grundwässern. Das im Grundwasser gemessene Helium kann atmosphärischer oder nichtatmosphärischer Herkunft sein. Nichtatmosphärisches Helium stammt dabei z.B. aus dem Zerfall von radioaktiven Nukliden von ^3H (tritiogenes Helium), Uran und Thorium (radiogenes Helium) oder aus geochemischen Reservoiren der Erde (Mantelhelium).

Im abgebildeten Diagramm ist ersichtlich, dass die im Inntal beprobten Grundwässer überwiegend auf einer Mischungsgerade von radiogenem Helium mit ($^3\text{He}/^4\text{He} = 2 \cdot 10^{-8}$) und luftgesättigtem Wasser bei 10°C liegen. Repräsentativ für einen hohen Anteil von radiogenem Helium in der Grundwasserprobe sind z.B. die Messstellen PG70327052 (Pettnau) und PG70321022 (Völs). Für diese Messstellen wird der Kontakt des Grundwassers mit uran- bzw. thoriumhaltigen Gesteinen angenommen, welche z.B. im Ötztalkristallin in Verbindung mit den Orthogneisen (Tropper & Kozlik 2012 zitiert in Berka et al. 2014) oder als im Zusammenhang mit Bergstürzen abgesondertem Aragonit (Ostermann et al. 2007) im Inntal vorkommen. Eine Reihe von weiteren Grundwassermessstellen (z.B. PG70327072 – Zirl, PG70326082 – Rietz) enthalten signifikante Mengen radiogenes Helium.

Ein höherer Anteil von tritiogenem Helium, mit Hinweis auf höhere Tritiumgehalte im Niederschlag zum Zeitpunkt der Grundwasserneubildung konnte für Messstelle PG70332092 (TIWAG Kirchbichl) und die Messstellen PG70321022 (WVA Völs), GW7010800 (Innsbruck) und GW70101147 (Hötting V1) festgestellt werden. Die untersuchte Messstelle PG70333092 (WVA Ebbs) ist dagegen repräsentativ für Grundwasser mit Helium atmosphärischer Herkunft aus aktueller Grundwasserneubildung.

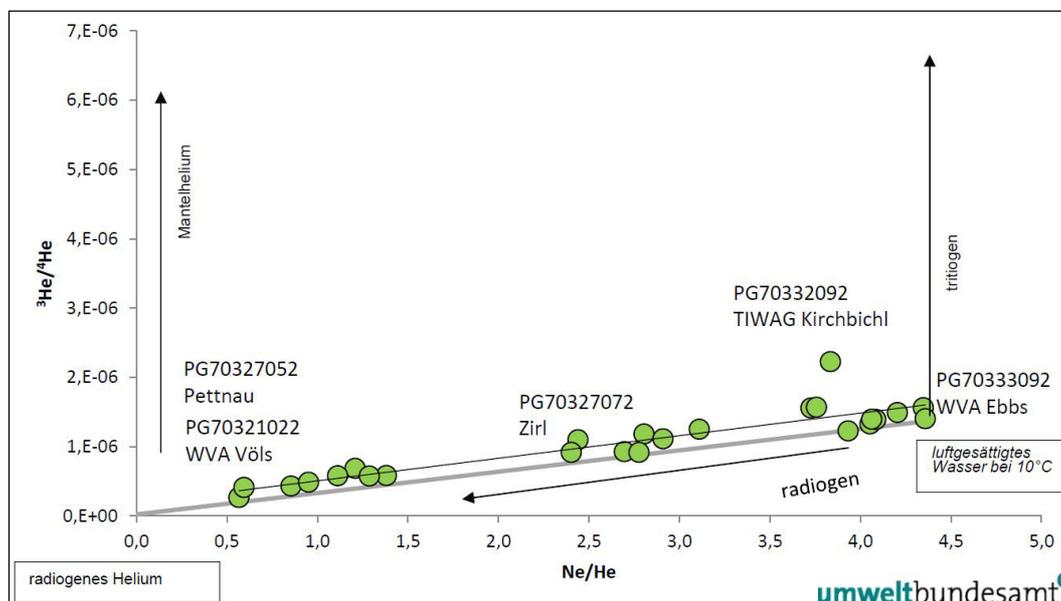


Abb. 3: 3-Komponenten-Mischungsdiagramm zeigt radiogene, tritiogene und Mantelkomponenten. Durchgezogene Linien repräsentieren Mischungsgeraden von radiogenem Helium mit ${}^3\text{He}/{}^4\text{He} = 2 \cdot 10^{-8}$ und luftgesättigtem Wasser bei 10°C .

Mittlere Grundwasserverweilzeiten

Die Mischung von Grundwässern verschiedener Herkunft (und Alter) in den Porengrundwassermessstellen des Inntals spiegelt sich auch in den für den Grundwasserkörper Inntal berechneten mittleren Verweilzeiten wider (Abbildung 4). Vor allem durch Uferfiltrat des Inns oder seiner Zubringer beeinflusste Messstellen (z.B. PG70321072 - Innsbruck, PG70331052 – Brixlegg) aber auch Messstellen mit Zustrom aus dem klüftigen, z.T. verkarsteten Wettersteinkalk und Dolomit des Kaisergebirges (z.B. PG70333092 – WVA Ebbs) weisen Verweilzeiten von < 5 bzw. 5-10 Jahren auf.

Die meisten Messstellen (45%) sind allerdings der Alterskategorie 11-25 Jahre zuzuordnen. Auf die Altersgruppen 26-50 Jahre und > 50 Jahre entfallen nur 7% (2) bzw. 10% (3) der Messstellen.

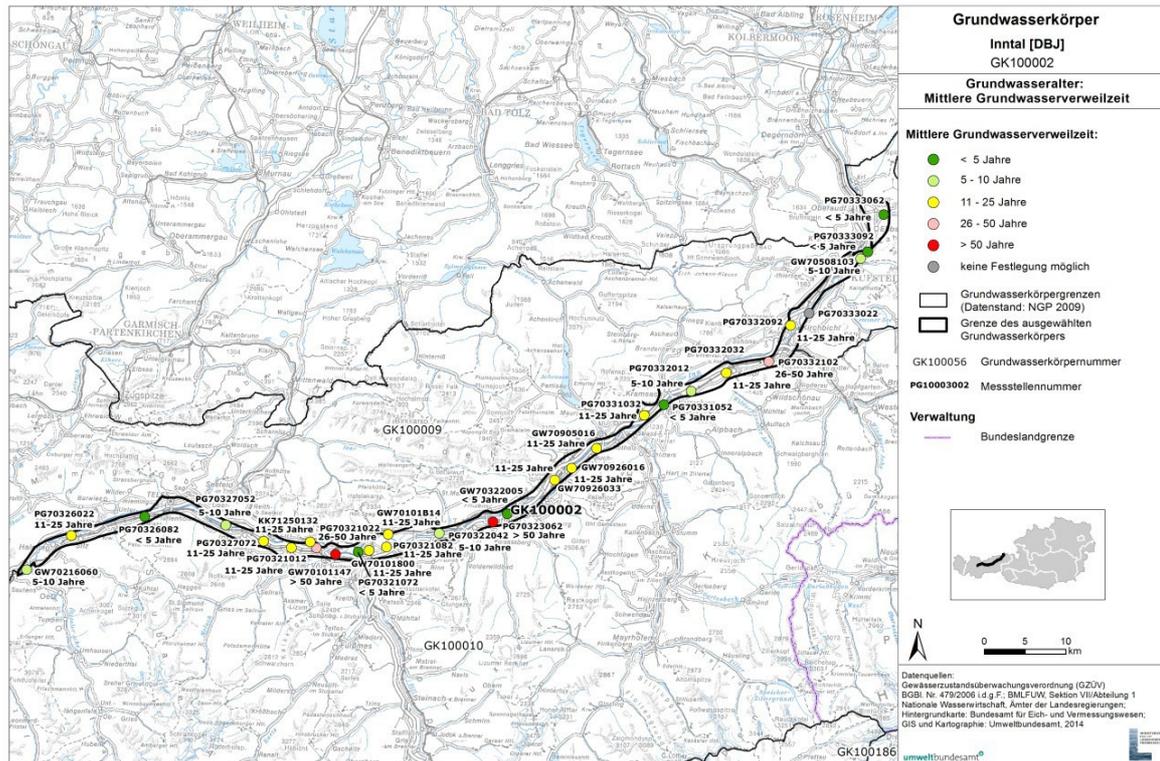


Abb.4: Mittlere Verweilzeiten des Grundwassers an den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Inntal.

Vergleichsweise hohe (z.T. nicht datierbare (>50 Jahre)) Grundwasseralter ließen sich für die Messstellen PG70321022 (WVA Völs), GW70101147 (Höttinger Au, V1) sowie die Messstellen PG70323062 (Wattens) und PG70332102 (Wörgl-Lahntal) nachweisen (Abbildung 4). Die mittlere Verweilzeit des Grundwasser an der Messstelle PG70321022 beträgt 26-50 Jahre, an der Messstelle GW70101147 sogar >50 Jahre. Die im Schwemmkegel des Wattenbaches gelegene Messstelle PG70323062 (Wattens) enthält mit einem mittleren Tritiumwert von 3,6 TE einen hohen Anteil einer tritiumfreien Komponente und fällt damit in die Alterskategorie >50 Jahre. Messstelle PG70332102 (Wörgl-Lahntal) liegt im Bereich des Schwemmfächers des Wörgler Baches und der Brixentaler Ache und ist bis in 26 m verfiltert. Tritiumwerte von 5,5 TE (im Mittel) indizieren die Zumischung einer tritiumfreien Komponente (> 60 Jahre). Die mittlere Verweilzeit der Messstelle liegt bei 26-50 Jahren.

Zusammenfassung

An den einzelnen Messstellen im Inntal findet man generell eine lokal charakteristische Mischung von jüngeren Grundwässern aus Uferfiltration (<5), jungem (tritiumtragendem: <5 und 5-10) altem (tritiumfreiem; größer 50) und Wasser aus dem Grundwasserbegleitstrom des Inns sowie von Grundwasserzustrom aus den Hangbereichen der nördlich angrenzenden Kalkalpen und den südlich gelegenen kristallinen Gesteinseinheiten der Zentralalpen, so dass sich im Hinblick auf die Wirksamkeit von Maßnahmen an vielen Messstellen relevante Zeitverzögerungen ergeben. Generell kommt es im Hinblick auf die Grundwasserqualität aufgrund der hohen Grundwasserneubildungsraten und der starken Verdünnung im Porengrundwasserkörper Inntal kaum zu Schwellenwert-überschreitungen im Sinne der Qualitätszielverordnung.

Die durchgeführten Untersuchungen zur Abschätzung der mittleren Verweilzeiten stellen vor allem eine wertvolle Planungshilfe für wasserwirtschaftliche Vorhaben dar.

Literatur

- Berka, R., Katzlberger, C., Philippitsch, R., Schubert, G., Korner, M., Landstetter, C., Motschka, K., Pirkl, H., Grath, J., Draxler, A., Hörhan, T. (2014): Erläuterungen zur geologischen Themenkarte Radionuklide in Grundwässern, Gesteinen und Bachsedimenten Österreichs 1:500000. 109S. Geologische Bundesanstalt. Wien.
- Kralik, M., Humer, F., Loishandl-Weisz, H. & Grath, J. (2009): Pilotprojekt Grundwasseralter: Endbericht 2008. Reports, Bd. REP0220. 174 S. Umweltbundesamt. Wien.
- Kralik, M., Wenter, F., Humer, F., Scheidleder, A. & Grath, J. (2011): Grundwasseralter ausgewählter Grundwasserkörper 2009/2010: Endbericht 2011. 206 S. Umweltbundesamt, Wien.
- Ostermann, M., Sanders, D., Prager, C., Kramer, J. (2007): Aragonite and calcite cementation in „boulder-controlled“ meteoric environments on the Fern Pass rockslide (Austria): implications for radiometric age dating of catastrophic mass movements. – *Facies*, 53: 189-208.
- Tropper, P. & Kozlik, M. (2012): Was sagen uns die Ti-führenden Akzessorien? Die Rolle der Akzessorien in der Bestimmung der Polymetamorphose in den Metakarbonaten aus dem zentralen Ötztal Komplex (Pollestal, Tirol). – PANGEO AUSTRIA 2012, Abstracts, 136, Salzburg.

Freitag 17. Oktober 2014

09:30-10:00

Hydrogeologie des Untergrundes im Stadtgebiet von Innsbruck

Christian Kostrouch¹, Wolfram Mostler²

¹ Umwelttechnik, Labor und Hydrologie GmbH, Innsbruck; ² ig.m Ingenieurbüro für Technische Geologie, Innsbruck

Das Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Wasserwirtschaft, in Zusammenarbeit mit der Abteilung Landesgeologie hat die K+U Umwelttechnik, Labor und Hydrologie GmbH, zusammen mit dem technischen Büro IG_M, Ingenieurgeologie Mostler, im Jahr 2010 (Projekt K+U 2006022) mit der Erstellung der Studie „Hydrogeologie im Raum Innsbruck“ beauftragt.

Für die Erstellung dieser Studie wurde das Projektgebiet von rund 25 km², welches den Inn-Grundwasser-Begleitstrom des Inntal-Talbodens im Stadtgebiet Innsbruck (inklusive Sill-Schwemmfächer), ausgenommen sind die Hangflanken und die Mittelgebirgsterrassen, umfasst, durch das Abteufen von insgesamt 22 Bohrungen (618,5 lfm wurden in 2 Bohrkampagnen abgebohrt) hydrogeologisch und durch die Herstellung von 21 Grundwasserbeobachtungsmessstellen (durch Mehrfachausbauten stehen 34 neue Grundwasser-Messstellen mit 225,5 lfm Filterrohrausbau zur Verfügung) hydrologisch untersucht.

Im Vorfeld der Bohrkampagnen erfolgte eine geologisch-hydrogeologische Geländeaufnahme im Projektgebiet insbesondere zur Abgrenzung der Talrandbereiche und der Charakterisierung der einzelnen Ablagerungseinheiten sowie letztlich auch zur Festlegung der jeweiligen Bohrstellen.

Neben einer detaillierten beschreibenden Aufnahme der Bohrkerne erfolgte die Probenahme aus speziellen Teufenbereichen, um Siebanalysen durchzuführen, um aus organischen Resten ¹⁴C Datierungen vorzunehmen und um über Schwermineralanalysen die Liefergebiete der Ablagerungen bestimmen zu können.

Für die Erfassung der hydraulischen Parameter wurden die Pumpversuche an den ausgebauten Grundwasser-Messstellen betreut und ausgewertet. Wasserproben wurden chemisch-physikalisch analysiert.

Gestützt auf den geologischen Geländeaufnahmen in Zusammenschau aus bereits dokumentierten Aufschlüssen, erfasst im Bohrungskataster des Landes Tirol, sowie durch die Erschließung des Untergrundes über 22 neuen Bohrungen ließ sich eine geologisch-hydrogeologische Karte mit den jeweiligen hydrogeologischen Einheiten im Maßstab 1:10 000 für das Stadtgebiet von Innsbruck erstellen wie sie auf Abbildung 1 zu finden ist.

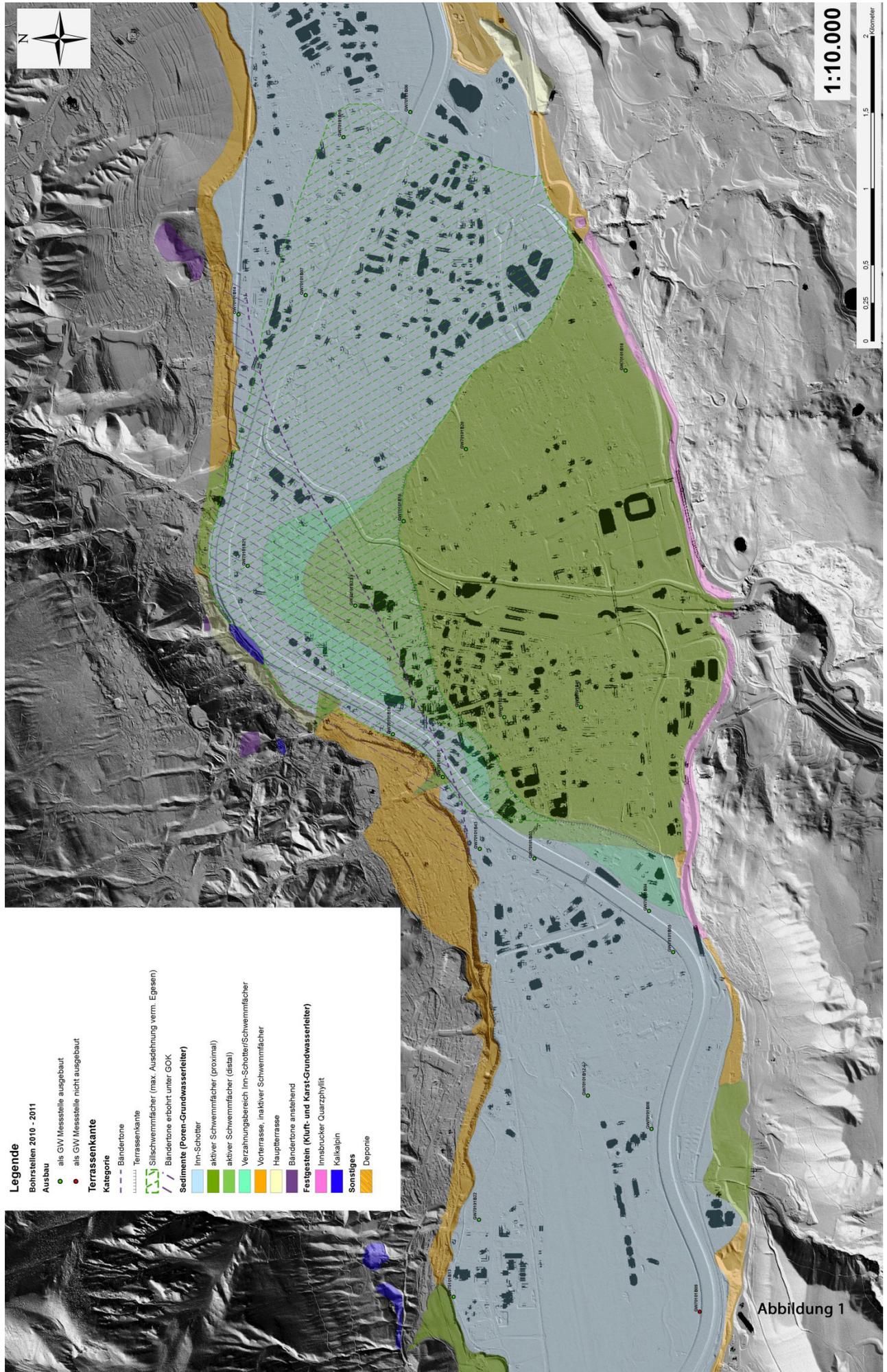


Abbildung 1

Als „hydrogeologische Einheiten“ werden jene Körper bezeichnet, die sich in ihrer Sedimentzusammensetzung und Genese unterscheiden, i.W. geomorphologisch voneinander abgrenzen und somit auch kartographisch darstellen lassen.

Bei isolierter Betrachtung einzelner Ablagerungssequenzen können sich die verschiedenen Großeinheiten, abgesehen von ihrer petrographischen Zusammensetzung, die ja vom Liefergebiet bestimmt wird, sehr ähnlich sein. Betrachtet man das gesamthafte Ablagerungsspektrum in vertikaler, wie auch horizontaler Ausbreitung, so lassen sich somit folgende Einheiten differenzieren.

Inn-Schotter (Fluviatile Ablagerungen des Inn)

Als Inn-Schotter werden alle durch den Inn abgetragenen transportierten Korngemische (Sedimente) bezeichnet, die sich im Talbecken bis zum bestehenden (rezenten) Talniveau abgelagert haben. Wie schon der Name „Schotter“ deutlich macht, sind es Ablagerungen unterschiedlichster Korngrößen von der feinsten Tonfraktion bis hin zu Steinen und Blöcken. Altersmäßig können sie spätglazialen bis holozänen Bildungen zugeordnet werden.

Die Inn-Schotter sind typische fluviatile Ablagerungen mit lagenweise deutlichen Sandhorizonten, die aber auch schluffig-feinsandige Einschaltungen bis hin zu schluffig-tonigen Auesedimenten führen. Sie sind oft horizontal geschichtet mit einer charakteristischen Dachziegellagerung der Kiesgerölle. Auch eine deutliche Schrägschichtung – insbesondere an den gut sortierten sandigen Lagen - lässt sich in größeren Aufschlüssen in Baugruben und Schottergruben erkennen. Eine von Blockwerk und Steinen dominierte Zusammensetzung der Ablagerungen tritt nur ausgesprochen selten auf.

Die Inn-Schotter lassen sich gegenüber den Ablagerungen des Sillschwemmfächers durch ihre wesentlich höhere Reife, ihren geringeren Anteil an feinteilreicher Grundmasse, ihre durchwegs deutlich bessere Komponentenrundung und durch ein meist korngestützte Sedimentgefüge unterscheiden. Im Gegensatz zu den Sedimenten der Sill ist auch der Anteil an Geschiebeleichen - das sind bei geringster Beanspruchung in sich zerfallende Gerölle, meist sind es Biotit-führende Gneise deutlich geringer. Dies betrifft auch den Anteil an verkitteten, konglomerierten Kiesen, der in den Sedimenten der Sill wesentlich häufiger anzutreffen ist.

Die Radiokarbondatierung eines Holzrestes in einer Bohrung im Südwesten von Innsbruck in schluffig-tonigen bis feinsandigen Sedimenten des Inn in 13 – 14 m unter heutiger Geländeoberkante können einen Hinweis darüber geben, dass für die Aufschotterung seit dem Holozän in diesem Bereich eine Maximalmächtigkeit von 14 Meter nicht überschritten wurde. Hinweise aus der Literatur zeigen dass diese holozänen Aufschotterungen auch deutlich unter 10 Meter liegen können.

Aufgrund der guten hydraulischen Leitfähigkeit der Inn-Schotter (k_f -Werte liegen im Bereich von 10^{-2} bis 10^{-4} m/s) stellt dieser Aquiferbereich eines der bedeutendsten zusammenhängenden Grundwasservorkommen im inneralpinen Talbereich dar. Das dominierende Grundwasserregime wird in Abhängigkeit zur Entfernung und durch die jahreszeitlich variierenden Wasserstände des Inn als Grundwasserbegleitstrom charakterisiert. Dabei bedingen die räumlich und horizontal unterschiedlichen Sedimentationsbedingungen nicht einzeln und vollständig voneinander getrennte Grundwasserstockwerke, sondern komplex und in vielfacher Weise miteinander verbundene Einheiten des Typus „leaky aquifer“ mit teils gespannten, halbgespannten bzw. freien Grundwasserverhältnissen.

Aktive Schwemmfächer (Proximal und distal)

Als aktive Schwemmfächer werden die Abtrags-, Transport- und Ablagerungsprodukte von den Seitenzubringern zum Inn, sowohl aus dem Süden als auch aus dem Norden bezeichnet, die sich seit dem Postglazial, vor allem seit dem Holozän im Zuge des Vordringens in das Inntal fächerartig ausgebreitet haben.

Ihre Ablagerungen sind meist unreifer, da die Transportweite durchwegs geringer ist als jene der Innsedimente. Im Besonderen ist das Gefälle der Ablagerungsoberfläche deutlich höher als jenes des Inn. Je nach Position der Sedimentablagerungen wird zwischen einem proximalen und einem distalen Abschnitt differenziert. Der proximale Bereich befindet sich näher dem Liefergebiet etwa von der Schwemmfächerspitze (Apex) ausgehend bis zu jenem Bereich auf dem Fächer wo das Oberflächengefälle markant geringer wird. Der distale Abschnitt wird als jener Bereich gesehen, wo der Fächer bereits ein sehr flaches Gefälle bis zur Mündung in die Vorflut ausgebildet hat. Der Übergang bzw. die Grenze zwischen proximalem zu distalem Schwemmfächerbereich ist in der Regel nicht scharf, sondern fließend. Während im proximalen Abschnitt grobe, nicht selten mit Blöcken und Steinen durchsetzte Sedimente dominieren, werden im distalen Fächerareal aufgrund der geringeren Reliefenergie feinklastische und gegenüber dem proximalen Abschnitt reifere Sedimente abgelagert.

Als der größte und für die Zusammensetzung der Talfüllung bei Innsbruck bzw. für die Talgeschichte bedeutendste Schwemmfächer ist jener der Sill zu sehen. Der Kranebitter Schwemmfächer ist dagegen ebenso wie der des Gärberbaches, des Höttinger Baches und des Mühlauer Baches von deutlich geringerer Bedeutung für die Zusammensetzung und Auffüllung des Talbeckens.

Der Sillschwemmfächer nimmt mit einer Fläche von rund 6,3 km² einen großen Teil des Stadtgebietes von Innsbruck ein, wovon etwa 5,2 km² dem Ablagerungstyp eines proximalen Schwemmfächerkegels zuzurechnen sind. Angerundete, bzw. wenige gut gerundete Gerölle sowie ein großes Kornspektrum von Blockwerk bis hin zu Schluff- und Tonkorngrößen sind typisch für diese Sedimente. Großteils sind die Ablagerungen der Sill unsortiert und ungeschichtet bis schwach horizontal gelagert. Matrixreiche Murschuttlagen wechsellagern mit korngestützten, ausgewaschenen Kieslagen. Aber auch geringmächtige fluviale Ablagerungen wie sie für Innablagerungen typisch sind, treten innerhalb der Sillsedimente immer wieder, jedoch deutlich seltener, auf. Im Gegensatz zu den Innsedimenten zeigen die proximalen Sillablagerungen immer wieder auch einen relativ hohen Anteil an Grobblockwerk.

Hinsichtlich der hydraulischen Leitfähigkeit der Schwemmfächersedimente ist anzuführen, dass, bedingt durch die hohe Komplexität der Ablagerungsverhältnisse und je nach Lage am Schwemmfächer (distal oder proximal) generell stark unterschiedliche Leitfähigkeiten in der Größenordnung von durchschnittlich 10⁻³ bis 10⁻⁶ m/s, lokal begrenzt auch 10⁻² m/s auftreten.

Das Bachbett der Sill befindet sich geodätisch über dem zusammenhängenden Grundwasserspiegel des Sill-Schwemmfächers. Aus dem Schichtenlinienbild der Grundwassergleichen ist weder bei niederen noch bei hohen Grundwasserverhältnissen eine maßgebliche Kommunikation bzw. ein Einfluss der Sill auf den Grundwasserhaushalt ableitbar. Ähnlich den Inn-Schottern, allerdings durch die rascher wechselnden Ablagerungsbedingungen der Murschuttlagen, in deutlich feingliedriger Ausprägung und komplexerem Aufbau, stellt dieser Lockersedimentbereich einen, zumeist an die Inn-Schotter anschließenden, ebenfalls zusammenhängenden „leaky Aquifer“ dar. Dem Schichtenlinienbild folgend, wird der Aquifer des Sill-

Schwemmfächerbereiches ebenfalls durch das Inn-Grundwasser-Begleitregime gespeist und je nach Entfernung werden die jahreszeitlich variierenden Wasserstände des Inn „gedämpft“ wiedergegeben. Für den distalen Bereich des Schwemmfächers sind durch die feinklastischen Sedimente im Vergleich zu den Inn-Schottern eher geringere hydraulische Leitfähigkeiten anzuführen. Der Unterschied der hydraulischen Leitfähigkeit wird im Schichtenlinienbild der Grundwassergleichen durch Inhomogenität geprägt. Daraus resultiert eine mehr oder minder ausgeprägte Änderung (Verschwenkung) der Fließrichtung bzw. des Grundwassergefälles.

Verzahnungsbereich Innschotter/Schwemmfächer

Je nach Verfügbarkeit der Abtragungsprodukte aus dem Liefergebiet und dem Angebot an dem Transportmedium Wasser konnten die Schwemmfächer stärker in Richtung Talmitte vorbauen und damit den Inn in seinem Lauf einschränken. Durch diese klimatisch gesteuerten Prozesse wird sich die Grenze zwischen den Ablagerungen des Inn und den Sedimenten der benachbarten Schwemmfächer in einer zeitlichen Abfolge verschieben können.

Eine wesentliche Erkenntnis der Untersuchungen war, dass der Schwemmfächer der Sill in seiner ursprünglichen Verbreitung (vermutlich Spätglazial bis frühes Holozän) wesentlich weiter nach Osten gereicht hat und dort von Innsedimenten „eingeschottert“ wurde, während im Westen und Norden seine Maximalausdehnung mit der derzeitigen Umgrenzung bereits annähernd vorliegt. Einzig in der Bohrung beim Mariahilfpark (GW70101B 17) sind Vorstöße der Sill zwischen 7 und 8 Meter bzw. zwischen 23 und 24 m u.GOK durch Schwermineralspektren eindeutig nachgewiesen.

Im Bereich der Lohbachsiedlung (Bohrung GW70101B13) wurden unter ca. 3.4 m mächtigen Innkiesablagerungen im Grenzbereich zu den Murschuttsedimenten eines kleinen Seitenkegels des Kranebitter Schwemmfächers, Holzreste mit 1160 ± 40 BP datiert. Bis zur Endteufe von 30 Metern wurden dort nur mehr rein kalkalpine Murschuttsedimente abgelagert, was deutlich aufzeigt, dass dieser Kegel aus dem Norden schüttend, früher relativ weit in das Inntal vorgestoßen ist.

Im Gegensatz dazu zeigten sich in den Bohrungen am Rande des Höttinger Schwemmkegels nur mehr an einer Stelle zwischen 10,30 – 11,70 m u.GOK (GW70101B17) einen Vorstoß des Höttinger Baches in die dort im Liegenden wie im Hangenden ausgebildeten Innschotter. Aufgrund der Tiefenlage dieses Mureineinstoßes in die Innkiese ist zu vermuten, dass dieser im Spätglazial stattgefunden hat. Es weist darauf hin, dass der Bach der heute den Höttingergraben entwässert schon seit dem Holozän keine starke Aktivität mehr gezeigt hat, die über die heute bestehende auffallend geringe Ausdehnung seines Schwemmfächers hinausreicht. Auch sämtliche anderen Bohrungen im unmittelbaren Nahbereich des Höttinger Schwemmfächers erbrachten nur mehr Innschotter.

Eine Darstellung in 3 Profilschnitten (Lageplan auf Abb.2) sollen die geologisch hydrogeologischen Verhältnisse im Stadtgebiet von Innsbruck auch graphisch verdeutlichen:

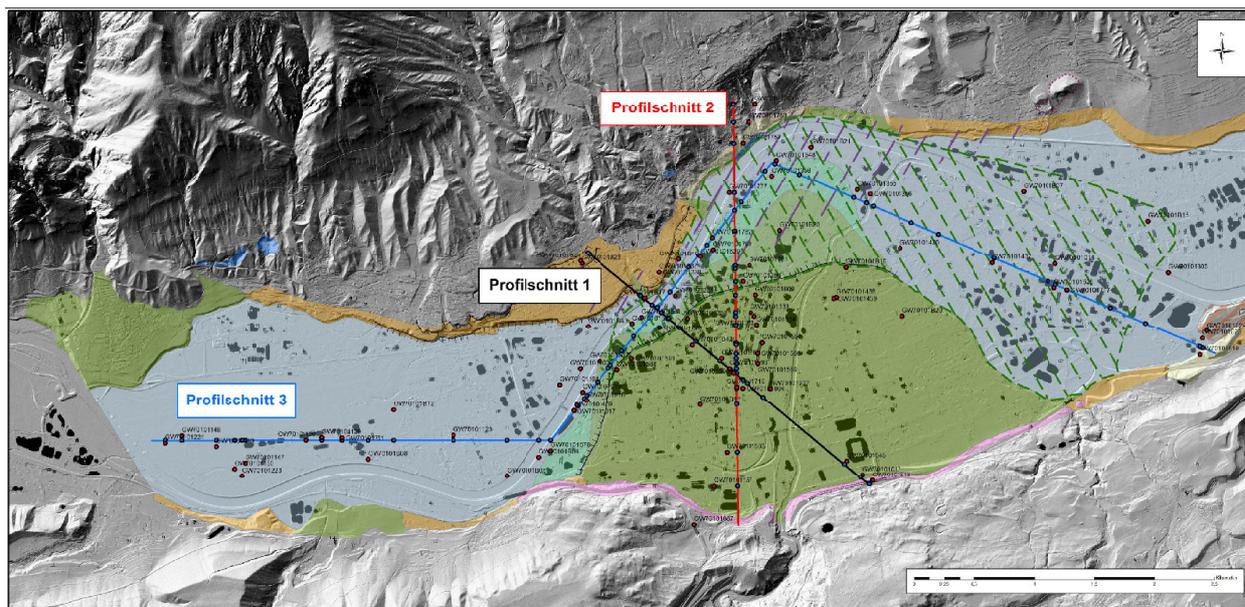


Abb. 2: Lage der Profilschnitte 1,2 und 3

Profilschnitt 1

Beim Profilschnitt 1 handelt es sich um ein NW/SE gerichtetes Profil, welches über den Vorterrassensedimenten bei Hötting ansetzt. In der weiteren Folge verläuft es über den kleinen Schwemmkegel des Höttinger Baches. Dieser zeigt nur 1-mal in einer Tiefe von 10.30 – 11.70 m u. GOK noch einen Vorstoß in das Talbecken über seine heutige oberflächige Ausdehnung hinaus, wo er mit Innschottern verzahnt. Die Innschotter werden durch den vorstoßenden Sillschwemmfächer stark eingeeengt und zwischen 7 und 8 Meter bzw. zwischen 23 und 24 m u.GOK nochmals über die rezente Ausdehnung des Sillkegels noch nach Norden bzw. Nordwesten gedrängt.

In einem Tiefenniveau von rund 555 m ü. A werden die Innschotter wie auch Schwemmfächersedimente von Bändertonen größerer Verbreitung und Mächtigkeit unterlagert.

Im Bereich der Verzahnung der Innschotter mit dem Sillschwemmfächer, südlich des Inn ist letzterer in distaler Fazies entwickelt, d.h. seine Ablagerungen sind deutlich feinkörniger als in seinem proximalen Abschnitt weiter südlich.

Der proximale Teil des Sillschwemmfächers erstreckt sich dann bis zum Südostende des Profil 1. An diesem Profilendpunkt bildet der Festgesteinsrahmen aus Innsbrucker Quarzphyllit die Grenze für die Ablagerungen des Sillschwemmfächers und letztlich auch die Südgrenze der Beckenfüllung von Innsbruck.

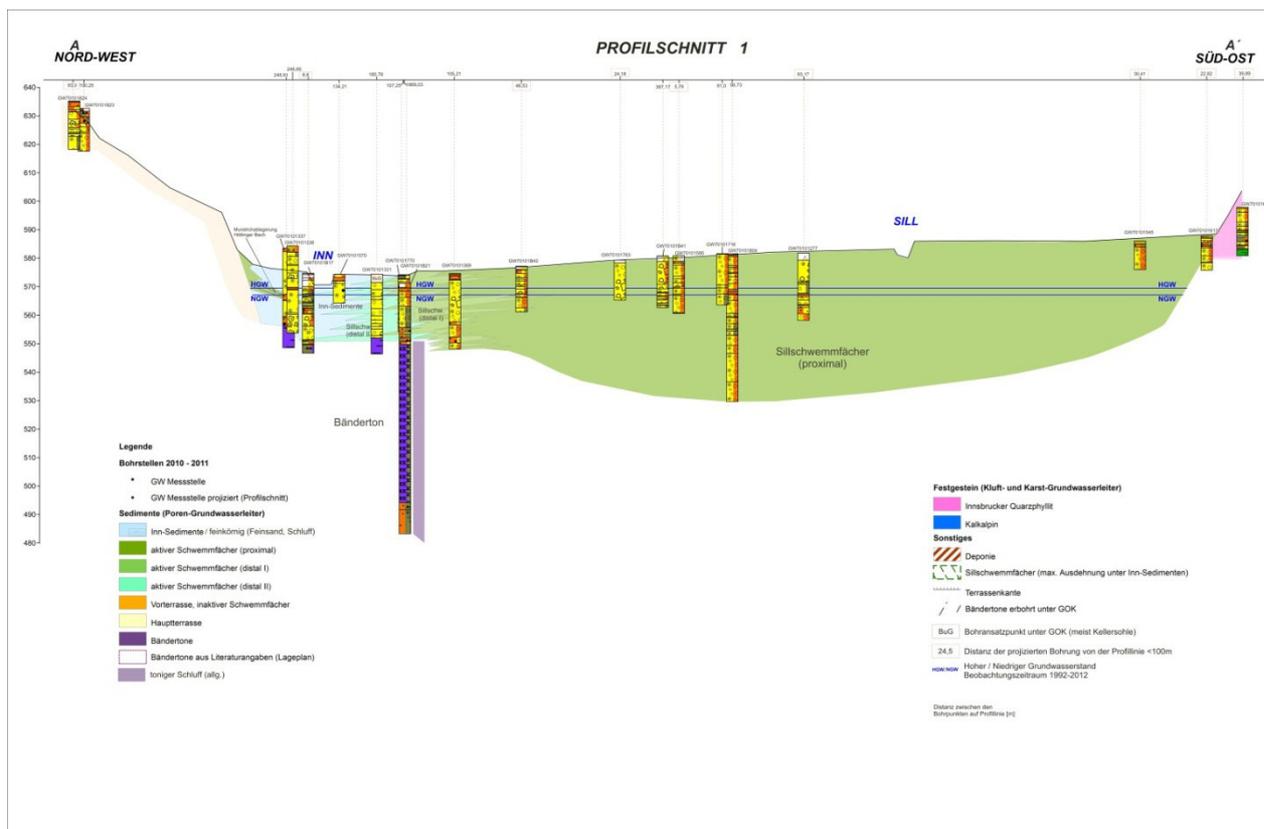


Abb. 3: Graphische Darstellung des Profilschnitts 1

Profilschnitt 2

Ein exakt N/S gerichteter Profilschnitt gibt das dort etwa 3 km breite Inntal gesamthaft innerhalb der Festgesteinsumrahmung in einem Querschnitt wieder. Im Norden, wo das Profil beginnt, wird der Felssockel unter den Terrassensedimenten, welcher einen Prallhang für den Inn im Bereich Hölzerner Innsteg bis zum GH Heimgartl darstellt, freigelegt. Der Grund dafür, dass der Inn dort den Hang bis auf das Festgestein erodieren konnte, ist in einem vorstoßenden Sillschwemmfächer zu sehen, der den Inn in seiner Ausbreitung stark eingeengt nach Norden gedrückt hat. In diesem Bereich finden sich ab einer Tiefe von rund 555 m ü. A mächtige Schluff-Ton-Ablagerungen. Im Hangenden treten jedoch nur mehr Ablagerungen des Inn auf. Ein Verzahnungsbereich mit Sillsedimenten ist in diesem Abschnitt nicht mehr erkennbar, d.h. eine Ausdehnung des Sillschwemmfächers über die heutige Oberfläche weiter nach Norden war hier nicht mehr nachweisbar.

Den südlichen Profilschnitt nehmen die Sedimente des proximalen Sillschwemmfächers ein, die sich in den Festgesteinuntergrund aus Innsbrucker Quarzphyllit – der gleichzeitig das Profilende bildet - eingeschnitten haben. Der Fels taucht an der Südgrenze des Talbeckens sehr steil in die Tiefe ab.

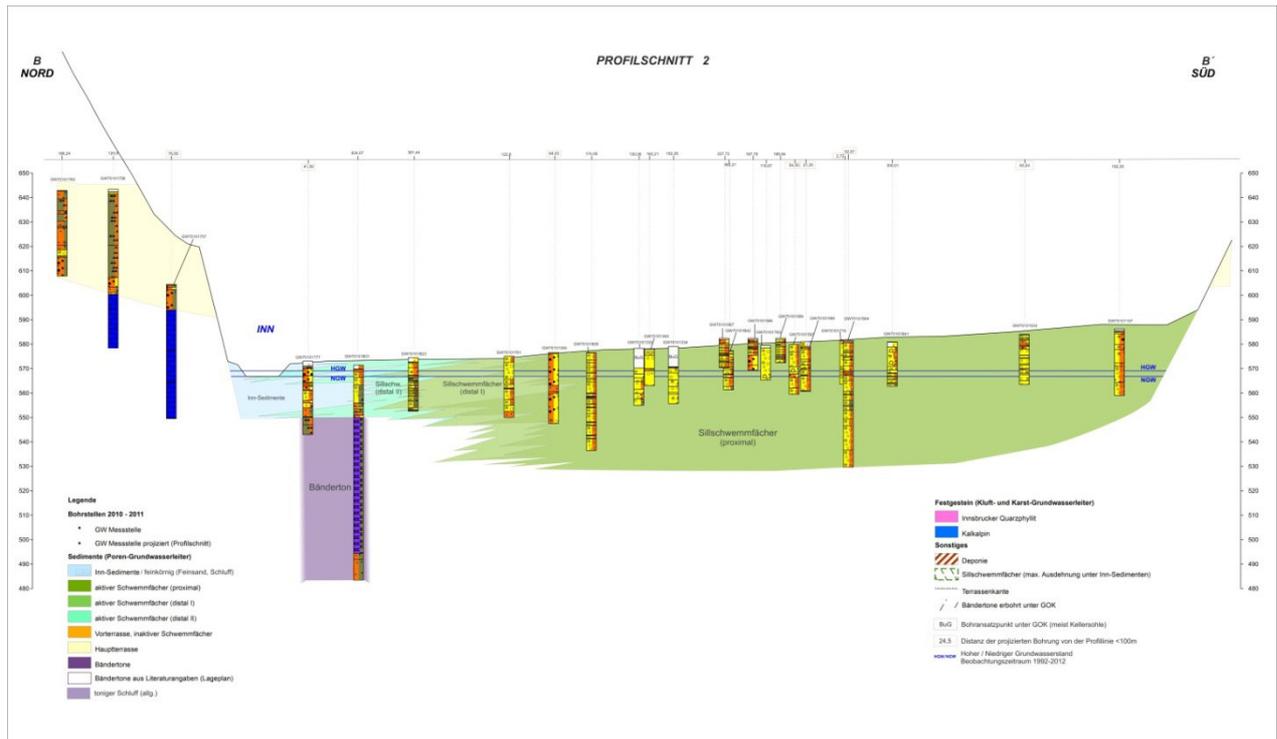


Abb.4: Graphische Darstellung des Profilschnitts 2

Profilschnitt 3

Der Profilschnitt 3 wurde so angelegt, dass möglichst viele Bohrungen auf oder nahe der Schnittlinie zu liegen kommen und somit die größtmöglichen Informationen in die Profildarstellung einfließen konnten. Dazu wurde das Profil für eine detailliertere Darstellung in jenen Abschnitten geknickt, wo aufgrund der heterogenen Zusammensetzung der Ablagerungen sehr komplexe Verhältnisse, im Besonderen im Verschneidungsbereich Innschotter/Schwemmfächersediment zu erwarten waren.

Das gesamte Untersuchungsgebiet derart in Längserstreckung erfassende Profil beginnt im Westen in den Sedimenten des Inn (Inn-Schotter), wo durch die alten Bohrungen beim Flughafen die größten Tiefen erreicht bzw. aufgeschlossen werden konnten.

Im Bereich der neu erbohrten GW70101B05 und GW701001B04 wurden in Innkiese eingeschaltet, geringmächtige Stillwasserablagerungen erschlossen, welche in der GW70101B05 anhand eines eingelagerten Holzrestes mit $11\ 120 \pm 40$ BP datiert werden konnten. Diese lokale Staubbildung ist vermutlich auf einen den Abfluss behindernden Vorstoß des Sillschwemmfächers zurückzuführen.

Anschließend zeigt sich zwischen dem Profilknickpunkt A 1 Ost in Richtung Nordost bis zum Punkt A-2 Nordost der intensive Verzahnungsbereich von Innschottern mit Sedimenten des Sillschwemmfächers, die einen 2-maligen Vorstoß der Sill nördlich des heutigen Innlaufes bei der Mariahilfkirche erkennen ließen. Etwa östlich der Bohrung (GW70101B17) setzen die mächtigen Bändertonablagerungen ein, die nach (OSL) Datierungen noch vor dem letzten Glazialhochstand (LGM) in einem See abgelagert wurden. Sie nehmen eine beträchtliche Verbreitung am Nordrand ein und lassen sich zumindest bis zur Grenobler Brücke im Osten von Innsbruck verfolgen. Zum Ende des Profils nach Knickpunkt A2 Richtung Südost hin treten nur mehr sandig kiesige Ablagerungen des Inn auf in die zwischen 10 – 24 m u. GOK Sedimente des Sillschwemmfächers eingeschaltet sind, wobei deutlich wird, dass die Ablagerungen der Sill im Osten weit über die Ausdehnung des jüngsten Schwemmkegels hinaus reichen.

Am südlichen Talrand endet das Profil in den dort abgelagerten Terrassen- und Vorterrassensedimenten.

Fazit:

Die umfangreiche Bearbeitung von dokumentierten Aufschlüssen (Bohrungskataster des Landes Tirol) mit den Geländeaufnahmen und der Bohrkampagne der Jahre 2010-2011 kann ein reichhaltiges und vielschichtiges Resümee für die Fachbereiche Hydrologie, Hydro- und Quartärgeologie mit folgenden wesentlichen Erkenntnissen darlegen:

- Eine erweiterte Charakterisierung des Inn- Grundwasserbegleitstromes nach zusammenhängenden hydrostatischen Groseinheiten linkes und rechtes Innufer im Stadtgebiet von Innsbruck (generelle GW-Strömungsverhältnisse, Fließrichtung, Grundwassergefälle, Infiltrations- und Exfiltrationsbereiche, Abgrenzung von hydrostatisch zusammenhängenden Groseinheiten über hydrogeologische Einheiten hinweg, besondere Verhältnisse im Bereich des Innpegels Innsbruck, gespannte, teilgespannte Grundwasserverhältnisse vom Typus „Leaky-Aquifer“, hydrogeochemische bzw. qualitative Grundwasserverhältnisse, etc.)
- Die Erfassung einer Sulfatanomalie im Bereich Arzl sowie untergeordnet im Bereich der Peerhofsiedlung (im nördlichen Randbereich des Inntal-Grundwasserkörpers – Bereich Arzl besteht ein Zufluss von Sulfat- (gipshältigem) Wasser. Im Bereich Peerhofsiedlung (Sonde GW70101B14) war eine Sulfatprägung des Wassers erkennbar, hydrostatisch zeichnete sich kein Zufluss aus.
Ein Zusammenhang mit evaporitschen, Gips-führenden Raibler Schichten der Nördlichen Kalkalpen ist hier evident.
- Eine Fortsetzung der Stillwassersedimente (Bändertenvorkommen) Hötting/Mühlau/Arzl/Thaur/Absam/Baumkirchen unter dem Inntal-Talbereich Hötting-Saggen-Arzl (im Talbereich von Arzl und Verdroßplatz sind durch die Bohrungen GW70101B14 und i. B. bei GW70101B21 bis 77,0 m u. GOK Bändertone nachgewiesen. Die Bohrungen B23, B19 und B17 erreichen noch die Oberkante jener Stausedimente. Die laterale Verbreitung der Bändertone lässt sich von Arzl über Saggen bis zum Höttinger Bach unter dem rezenten Inntal-Talniveau als die Fortsetzung der Stillwassersedimente bzw. Bändertenvorkommen von Hötting/ Mühlau/ Arzl/ Thaur/ Absam/ Baumkirchen vermuten. OSL Datierungen ergeben ein mittelwürmzeitliches Ablagerungsalter von 45 ka bis >50 ka an der Basis. Die Sedimente wurden vor dem letzten Würmhochstand (LGM) abgelagert. Die Bohrung B21 könnte daher einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis der Talentwicklung des Inntales im Mittelwürm darstellen.
- Der Holzfund eines Kieferastes (über ^{14}C mit 11.170 ± 40 BP datiert) in 14 m Tiefe u. GOK in der an der Bohrstelle GW70101B05 kann dem späten, 2. Egesenstadium entspricht der Allerød Periode zugeordnet werden und stellt eine quartärgeologisch, bedeutsame Fundrarität dar. Sollte dieser Holzfund tatsächlich das Ablagerungsalter in dieser Tiefe repräsentieren, kann die Inntal-Verfüllung (Aufschotterung) der obersten 14 Meter spätglazialen bis holozänen Prozessen zugeordnet werden.
- Ein Holzrest in der Bohrung GW70101B13 Lohbachsiedlung in 3,4 m u. GOK im obersten Bereich eines kalkalpinen Murschuttkegels (Seitenarm des Kranebitter Schwemmfächers) entnommen

welcher im Hangenden von Innsedimenten bedeckt wird konnte mit ^{14}C auf 1.160 ± 40 BP datiert werden.

- Der Ausläufer des Sillschwemmfächers innüberschreitend bis in das Olympisches Dorf linkes Ufer sowie im Bereich Hötting linkes Ufer. Durch Schwermineralanalysen sind für die Bohrung B07 im Bereich 6,50-24,0 m u.GOK, die Bohrung GW70101B15 im Bereich 6,50-10,0 m u. GOK und die Bohrung GW70101B17 im Bereich 7,55 und 23,55 m u GOK Sill-Sedimente eines „Sill-Ausbruchereignisses“ feststellbar. Der Inn-Abfluss im Bereich der markant ausgeprägten Sill-Schwemmfächer-Terrassenkante wurde dadurch verlegt und hatte eine nördliche Ablenkung in Richtung Mühlau zur Folge.
- Eine auffällig geringe postglaziale Aktivität des Höttinger Schwemmfächers, belegt durch eine einmalige Einschaltung einer Murschuttlage in 10,30 - 11,70 m u. GOK in die Inn-Schotter. Dies erklärt auch die geringe Ausdehnung des aktiven bzw. rezenten Höttingerbach- Schwemmkegels.
- Die Erkundung eines schwebenden GW-Körpers im Bereich des Pradler Friedhofs GW70101B18
- Eine Typisierung der Tiefengrundwasservorkommen durch einen Vergleich der Tiefbohrungen Wattens, Kramsach, Höttinger Au West (TB 2).
- Ein Sonderfall des Grundwasser-Körpers im Bereich Innpegel-Innbrücke (es besteht keine hydraulische Kommunikation (Kolmatierung der Fließgewässersohle) im Bereich Innpegel bis Innbrücke. Die Grundwasserspiegeloberfläche der gesättigten Grundwasserzone reagiert gedämpft durch GW-Standsänderungen auf Änderungen der Inn-Wasserstände, sie befindet sich höhenmäßig aber stets rd. 1 m unter dem Pegelstand des Fließgewässers, sodass infolge der besonderen Situation in diesem Fall eine Grundwasserverbindung zwischen linkem und rechtem Innufer nicht ausgeschlossen werden kann.
- In unterschiedlichen Teufen ausgebaute GW-Messstellen zeigen unterschiedliches GW-Potential (teilgespannte GW-Verhältnisse vom Typus „leaky Aquifer“) und unterschiedliche anthropogene Beeinflussung (Eintrag von Chlorid und Nitrat).

Freitag 17. Oktober 2014

10:00-10:30

Milde Winter – schlecht für Natur und Menschen? Ein ökologischer Rückblick auf den Winter 2013/14

Josef Reichholf

em. Univ.-Prof. der TU München/D

Vorbemerkung

Der Winter 2013/14 war sehr mild. Im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten verlief er überdurchschnittlich warm. Für das nördliche Alpenvorland lag die Temperatur der Wintermonate Dezember, Januar und Februar um etwa 2,6 °C über dem langjährigen Mittel. Nach langsamem Winterbeginn mit ersten leichten Nachtfrösten Ende November wurden von Deutschen Wetterdienst Mitte Dezember „Aussichten auf grüne Weihnachten“ vermeldet. Die Prognose trat ein, allerdings nicht, wie meistens, aufgrund eines heftigen Einbruchs von Föhnwärme, sondern weil ruhiges, austauscharmes Wetter anhielt und wenige Grad über Null brachte. Schnee lag im außeralpinen Innggebiet nur eine Nacht lang ein paar Zentimeter hoch. Bis zum frühen Frühling Ende Februar gab nur noch ein paar kurze, unergiebiges Schneeschauer, aber wiederholt leichte Nachtfröste bis -5°C. Der insgesamt sehr geringe Niederschlag fiel fast nur als Regen. Eine geschlossene Schneedecke kam nicht zustande. Schon in der ersten Februarhälfte stiegen die Tageshöchstwerte mehrfach über 10°C. Es folgten ein Bilderbuchmärz und ein schöner April. Im Winter reichten die Nachtfröste nicht aus, eine nennenswerte Vereisung der Gewässer zu erzeugen. Die Tagestemperaturen stiegen stets über Null an.

So ein milder Winter muss schlimme Folgen haben. Von dieser „Tatsache“ gingen viele Medien in ihrer Berichterstattung aus. Schädlinge würden sich extrem vermehren und überhaupt sei die Natur aus dem Gleichgewicht geraten. Anfragen mit diesem Grundton häuften sich. „Expertenäußerungen“ dazu auch. Übervermehrung von Zecken und Stechmücken, Schnecken und anderem Ungeziefer wurde prophezeit. Schäden an den Pflanzen ebenfalls, weil diese nicht genügend Frost abbekommen hätten. Nicht wenige Menschen fühlten sich „um den Winter betrogen“, weil er kein „richtiger“ gewesen war mit Schnee und Eis – und mit Grippe, Unfällen und hohen Heizkosten. Aber das wurde nicht hinzugefügt. Nun kann es bekanntlich das Wetter niemals allen rechtmachen. Nörgler wird es immer geben, und dafür offene Medien, die begeistert das Negative aufgreifen, weil nur die schlechten „gute Nachrichten“ sind. Darum soll es hier aber nicht gehen, sondern um die Frage, was so ein milder Winter für tatsächlich nachweisbare Folgen hatte. Kam durch ihn eine Schädlingsplage zustande? Nahmen die Zecken und Mücken zu? Geriet „die Natur“ aus ihrem Takt? Befunde hierzu wurden erhoben im Bereich des südostbayerisch-oberösterreichischen Inn-Salzach-Gebietes.

1. Die Witterung im Winter 2013/14

Grafik 1 a & b zeigen den Verlauf der Monatsdurchschnitte der Tageshöchst- und Minimaltemperaturen von Oktober 2013 bis März 2014 sowie in 1 c die Verteilung der Nächte mit (leichtem) Frost. Grafik 2 enthält die Niederschlagsmengen für jeden dieser Monate einschließlich April und Mai 2014 für die Messstelle Neuötting/Inn in Oberbayern, etwa 15 km Luftlinie nordwestlich der Salzbachmündung. Die zum Vergleich hinzugefügten, langjährigen Mittel stammen von der weitere 15 km westlich davon gelegenen Station Mühldorf/Inn des Deutschen Wetterdienstes. Die Unterschiede zwischen beiden Erfassungsstellen fallen bei annähernd gleicher Höhenlage über NN (im hier zu behandelnden Zusammenhang vernachlässigbar) gering aus.

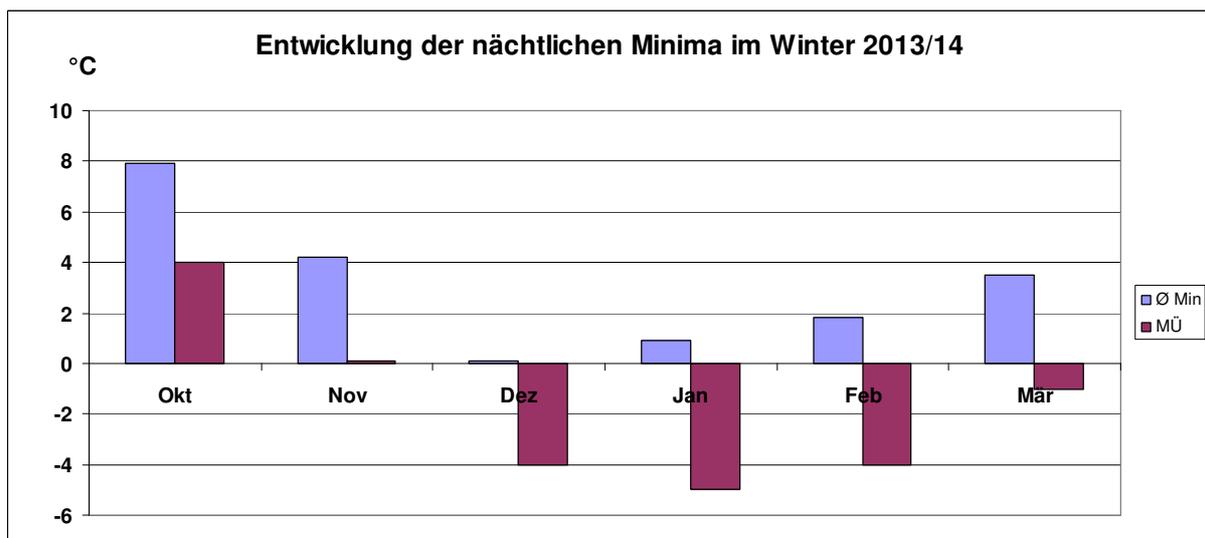
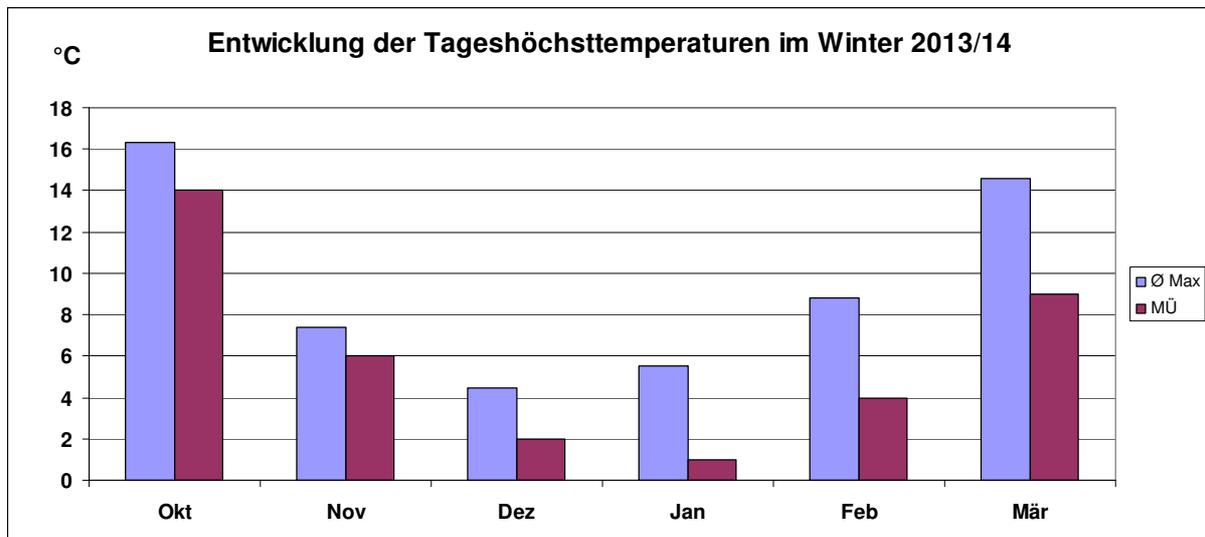


Abb. 1 a (oben) und b (unten): Monatsdurchschnitte der Tageshöchst- und Minimal-Temperaturen von Neuötting/Inn (blau) im Vergleich zu den Werten der Wetterdienststelle Mühldorf/Inn **MÜ** (langjährige Mittel)

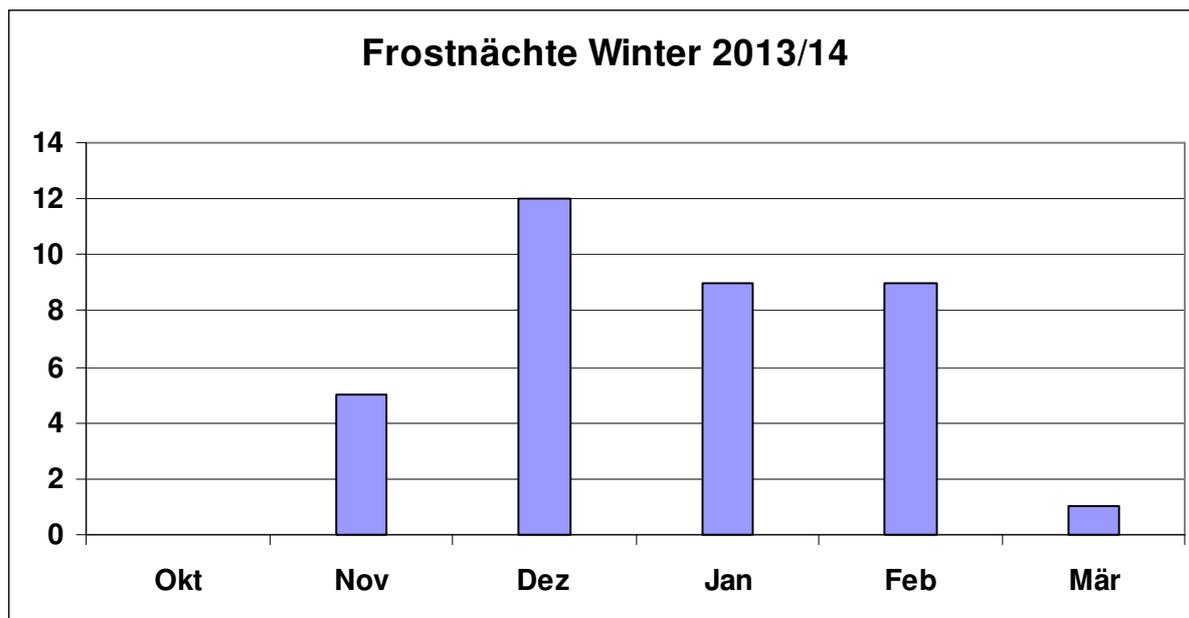


Abb. 1 c: Verteilung der insgesamt 36 Tage mit Nachtfrost über die Wintermonate 2013/14
In Neuötting/Inn (eigene Messungen).

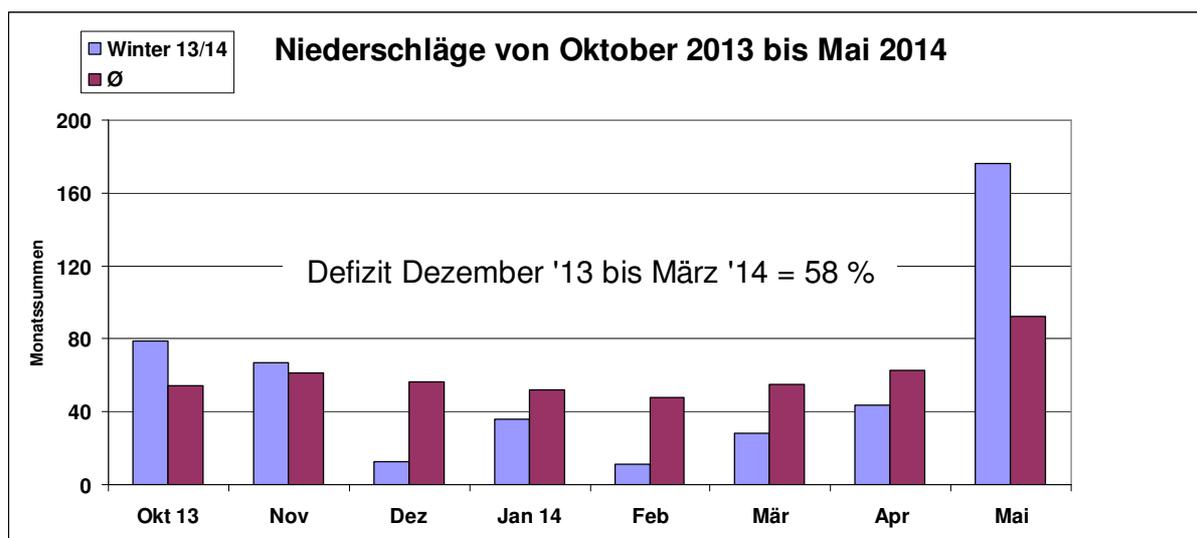


Abb. 2: Monatliche Niederschlagssummen im Winter 2013/14 (Neuötting; eigene Messungen) im Vergleich zu den langjährigen Durchschnittswerten der Messstelle Mühldorf/Inn des Deutschen Wetterdienstes.

Aus diesen Befunden geht klar hervor, dass der Winter 2013/14 kontinuierlich überdurchschnittlich hohe Temperaturen und sehr geringe Niederschläge (nur gut 40 Prozent des Normalen) gebracht hatte. Dennoch traten 36 Nächte mit Frost auf, die aber den Tiefstwert von -5°C nicht unterschritten. Eine geschlossene Schneedecke über mehrere Tage gab es den ganzen Winter nicht. Für den nordöstlichen Voralpenraum in etwa 400 Meter Meereshöhe war der Winter 2013/14 also zweifellos deutlich „zu warm“ und „viel zu trocken“.

Das Besondere dabei war, dass nicht etwa massive Warmluftvorstöße und Föhnlagen die Temperaturmittel so deutlich über den Durchschnitt angehoben hatten. Vielmehr zeichnete sich dieser Winter durch einen extrem ruhigen Witterungsverlauf aus. In den größeren Zusammenhang des

Wettergeschehens eingefügt, stellte sich das voralpine Mitteleuropa monatelang als eine zwischen Stürmen und Starkregen mit Überschwemmungen im Westen und Nordwesten Europas einerseits und der sehr stabilen kontinentalen Kaltluftlage im Osten andererseits gelegene „Wetterinsel“ dar. Demzufolge gab es auch keine nennenswerten Stürme. Das Frühjahr entwickelte sich sodann im März und April weiterhin nach diesem seit Dezember 2013 anhaltenden Grundmuster. Dieses änderte sich erst im Mai mit Niederschlagsmengen, die den langjährigen Durchschnitt um rund das Doppelte überstiegen (Abb. 2).

2. Befunde zur Reaktion von Pflanzen

Den schon im Februar tagsüber hohen Temperaturen zufolge, die an 8 Tagen über 10 Grad und einmal bis auf 15 Grad Celsius angestiegen waren, erblühten die typischen Vorfrühlingsblumen zwar früh, aber nicht außergewöhnlich früh. Am 14. Februar öffneten sich die ersten Schneeglöckchen *Galanthus nivalis* im Garten; vier Tage später waren sie auch an der Salzachmündung so weit. Frühlingsknotenblumen *Leucojum vernum* spitzten da jedoch erst mit wenigen, noch geschossenen Blüten aus dem Boden. Doch es gab am 18. Februar schon erste aufgeblühte Leberblümchen *Hepatica nobilis*. Am 20. Februar ging mit leichtem Regen Saharastaub nieder. Am 25. Februar erblühten verstärkt die Frühlingsknotenblumen in den Auen an Salzachmündung und Inn und Blausterne *Scilla bifolia* öffneten erste Blüten. All das, wie auch die weitere Entwicklung der Frühlingblüher im März vollzog sich zwar früh im Jahr, aber nicht außergewöhnlich früh. In anderen Jahren setzte nach durchaus kaltem Dezember und Januar die Schneeglöckchenblüte schon Anfang Februar massiv ein, wenn anhaltend starke Föhnlagen den Schnee schmelzen und die Wärme in den Boden eindringen ließen. Die Sonnen- und Föhnabhängigkeit gilt auch für das Stäuben der Haselbüsche *Corylus avellana* und der Grauerlen *Alnus incana* in den Innauen (und Gärten). Es kam 2014 eher verzögert zustande, weil die austauscharmen Wetterlagen im Januar und zum Teil auch noch im Februar recht wenig Sonnenstunden gebracht hatten.

Wie zu erwarten, blühten jene Sträucher und Obstbäume früher als üblich, die ursprünglich aus südlicheren Gegenden stammten, aber seit langer Zeit bei uns eingebürgert sind, wie etwa (am auffälligsten) die Forsythien und manche Obstsorten (Apfel- und Kirschbäume; nicht aber die heimischen Wildäpfel, Wildbirnen und Wildkirschen). Ganz normal blühten später Traubenkirschen *Prunus padus* und Schlehen *Prunus spinosa*.

Zitronenfalter *Gonepteryx rhamni* überwintern als Falter, und zwar ziemlich ungeschützt im Freien im Wald. Die Winterwitterung sollte sich daher auf ihre Überlebensraten besonders deutlich auswirken. Im Frühjahr 2014 flogen Zitronenfalter in den Wäldern und Auen sowie in den Gärten und Parkanlagen im Gebiet „wie noch nie“ und ausgesprochen früh mit Maximum im März. Der Vergleich mit den Zählungen in den drei vorausgegangenen Jahren zeigt Abb. 3.

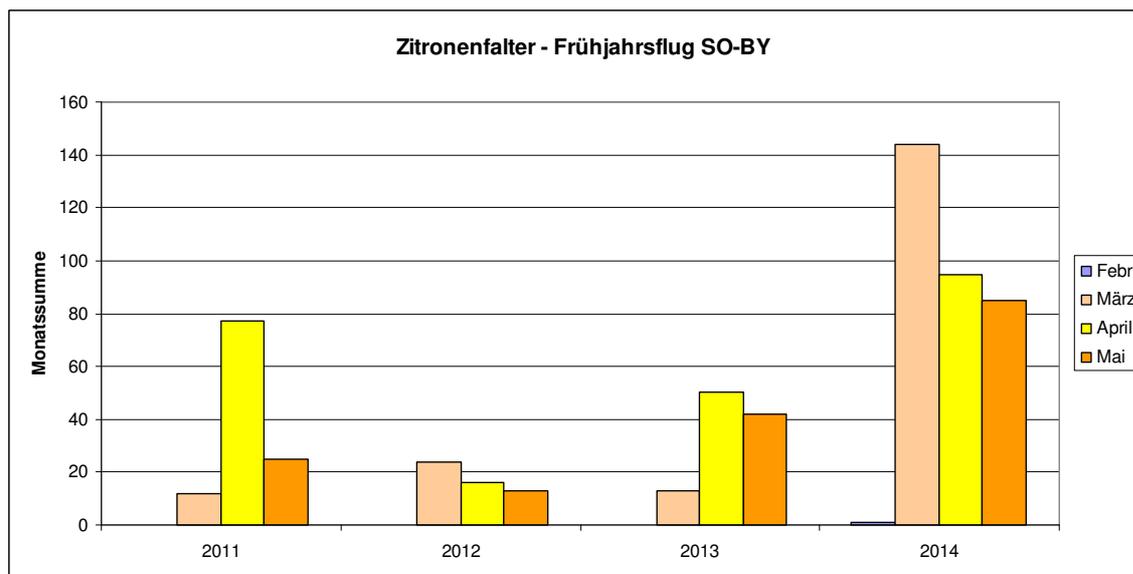


Abb. 3: Verlauf des Frühjahrsflugs der Zitronenfalter von 2011 bis 2014, aufgeteilt nach Monaten. Der Mai ist dabei nur bis zur Monatsmitte gewertet, da nach frühen Frühjahren die Sommerflugzeit der neuen Generation bereits Ende Mai beginnen kann. So auch 2014.

Für milde Winter wird gemeinhin angenommen, dass sie dem Ungeziefer zugute kommen. Was mit „dem Ungeziefer“ gemeint ist, bleibt meist unklar bzw. der persönlichen Einschätzung überlassen. Gibt es im Frühjahr und Sommer tatsächlich mehr oder viele Schädlinge (wiederum gleich welcher Art), war/ist der milde Winter der Schuldige. Wie etwa im Fall der Zecken.

„Zeckensammler“ ist unser Hund, der das ganze Jahr über, gleichmäßig verteilt, bei den Ausgängen zweimal am Tag im Siedlungsbereich, in Auen und im Forst unterwegs ist und dabei an den Gebüschrändern Zecken abbekommt. Gab es nun nach dem milden Winter 2014 signifikant mehr Zecken? Verglichen mit dem Vorjahr, 2013, war dies tatsächlich der Fall. Er hatte um zwei Drittel mehr Zecken als im Vorjahr. Doch sieht der Befund ganz anders aus, wenn mehrere Jahre betrachtet werden (können). Abb. 4 zeigt das Ergebnis für die letzten vier Jahre (2011 bis 2014). In diesen wurden die Geländegänge mit dem Hund in gleicher Weise und in die gleichen Gebiete wie 2014 vorgenommen.

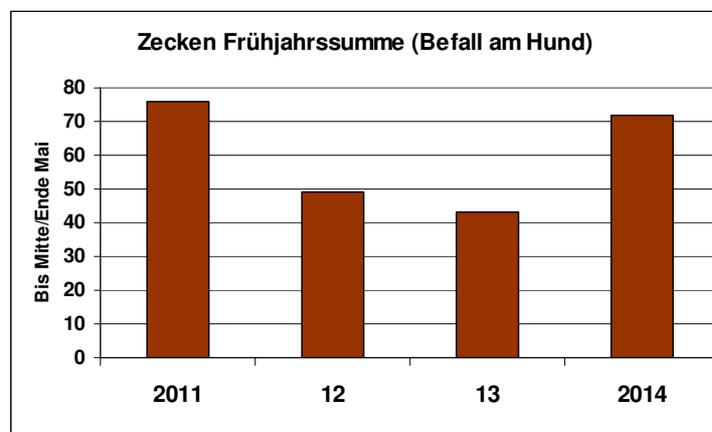


Abb. 4: Zeckenhäufigkeit im Frühjahr (Aktivitätsbeginn bis Ende Mai jeweils) für die Jahre 2011 bis 2014. Die Häufigkeit 2014 erreicht knapp jene von 2011, und 2010/11 war ein ziemlich normaler, keineswegs milder Winter mit viel Schnee im Dezember.

Was 2014 bei isolierter Betrachtung eine Folge des sehr milden Winters zu sein schien, wird durch die Einbeziehung der Jahre davor in Frage gestellt. Die Zeckenhäufigkeit von 2014 dürfte demnach eher normal gewesen sein, auch weil sie den Befunden aus den Jahren 2006 bis 2010 in München weitgehend entspricht. 2012 und 2013 wichen vom „Normalen“ ab. Warum, das wird im Diskussionsteil näher behandelt. Ähnlich kompliziert ist die Beurteilung, ob denn die als Gartenungeziefer verhassten Spanischen Nacktschnecken *Arion lusitanicus* von kalten Wintern stärker dezimiert werden (wenn überhaupt) als von milden. Vieles deutet darauf hin, dass es weniger auf die Temperatur direkt ankommt, sondern mehr auf die (Boden)Feuchtigkeit. Sehr kalte Winter sind „trocken“, auch wenn viel Schnee fällt, und extrem schneearme auch, selbst wenn sie in Bezug auf die Temperaturen so mild wie der Winter 2013/14 sind. Absolut logisch ist dies, wenn es um das Überleben von Stechmücken geht. Der Winter mag noch so günstig für sie verlaufen, wenn geeignete Kleingewässer aufgrund von Frühjahrstrockenheit rar oder nicht vorhanden sind, wird es im Frühsommer auch wenig Stechmücken geben – und extrem viele, wenn nach einem großen Hochwasser die Flussniederungen und Auen voller Kleingewässer sind. So geschehen nach dem Hochwasser 2013. Die Auen an Inn und Salzach waren wenige Wochen danach bis in den Frühherbst hinein kaum noch zu betreten, so viel Stechmücken hatten sich entwickelt.

Milde Winter mit wenig Schnee und geringem Frost sollten überwinternden Kleinvögeln zugute kommen. Nun sind aber so typische Überwinterer und Standvögel, wie die häufigen Meisenarten Kohl- *Parus major* und Blaumeise *Parus caeruleus* oder die Grünlinge *Carduelis chloris* nach Ende des Winters im (zeitigen) Frühjahr in ihrer Häufigkeit recht schwierig zu erfassen, da sie im Winter Futterhäuser aufsuchen und sich danach (wohin?) verteilen. Etwas besser geht die quantitative Erfassung bei Teilziehern, die im Frühjahr intensiv und laut singen. So zum Beispiel bei Zaunkönig *Troglodytes troglodytes* und Rotkehlchen *Erithacus rubecula*. Sie profitierten den Zählungen nach den Wintern von 2011/12 und 2012/13 zufolge im Frühjahr 2014 vom milden Winter. In Abb. 5 sind die Befunde zusammengefasst.

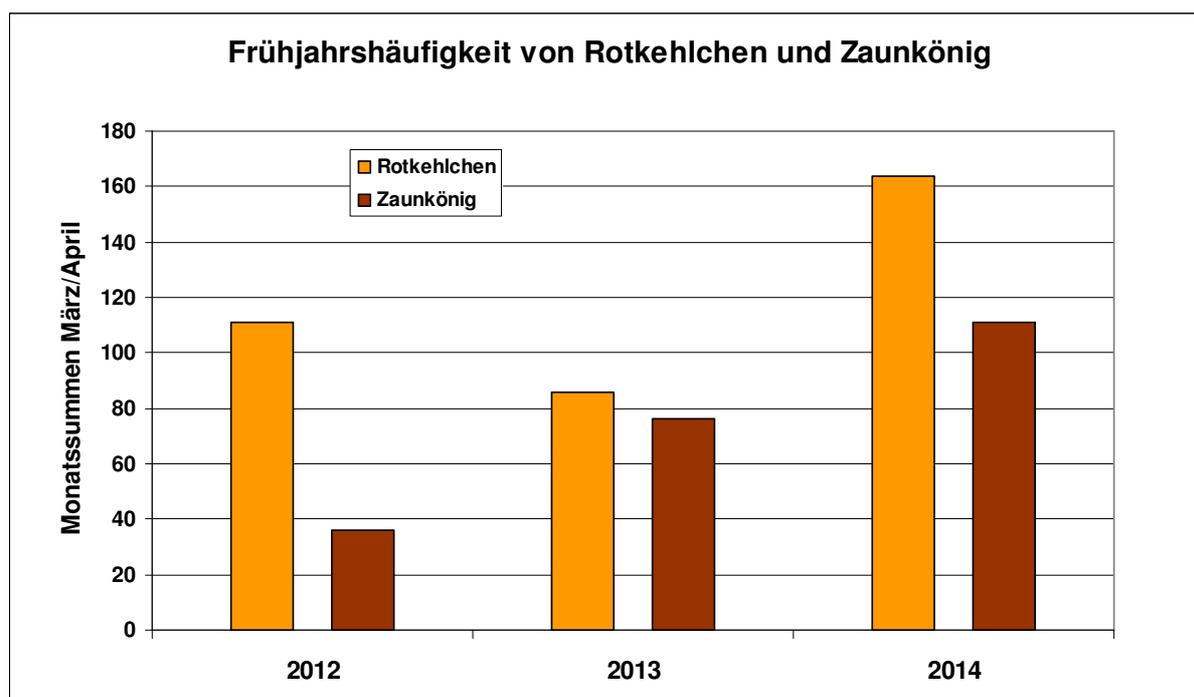


Abb. 5: Häufigkeiten von Rotkehlchen *Erithacus rubecula* und Zaunkönig *Troglodytes troglodytes* im März & April in den Auwäldern und Forsten am Inn.

Besonders deutlich sollten die winterschlafenden Igel auf die Witterung in den Wintermonaten reagieren. Häufigkeit und Aktivität der Igel lassen sich (leider) recht gut an ihren Straßenverkehrsverlusten feststellen. Aus den jahreszeitlichen Verteilungsmustern der Straßenverkehrsverluste ist zu entnehmen, dass Igel auch während der Zeit ihres Winterschlafs gelegentlich aktiv werden und unter die Räder kommen. Dies geschieht vor allem dann, wenn nach stärkerem Frost plötzlich Warmlufteinbrüche, kräftiger Föhn beispielsweise oder sehr milde Atlantikluft, kommen und die Winterschläfer wecken. Für den Winter 2013/14 ist daher angenommen worden, dass „die Igel und andere Winterschläfer durcheinander gekommen seien“ und völlig unpassend ihren Winterschlaf abgebrochen hätten. Woher solche Behauptungen in den Medien stammten und auf welche Befunde sie sich stützten, blieb offen, da keine Quellen genannt worden waren. Die auf den Straßen überfahrenen aufgefundenen Igel stützen solche Vermutungen jedenfalls nicht. Das geht aus Abb. 6 hervor.

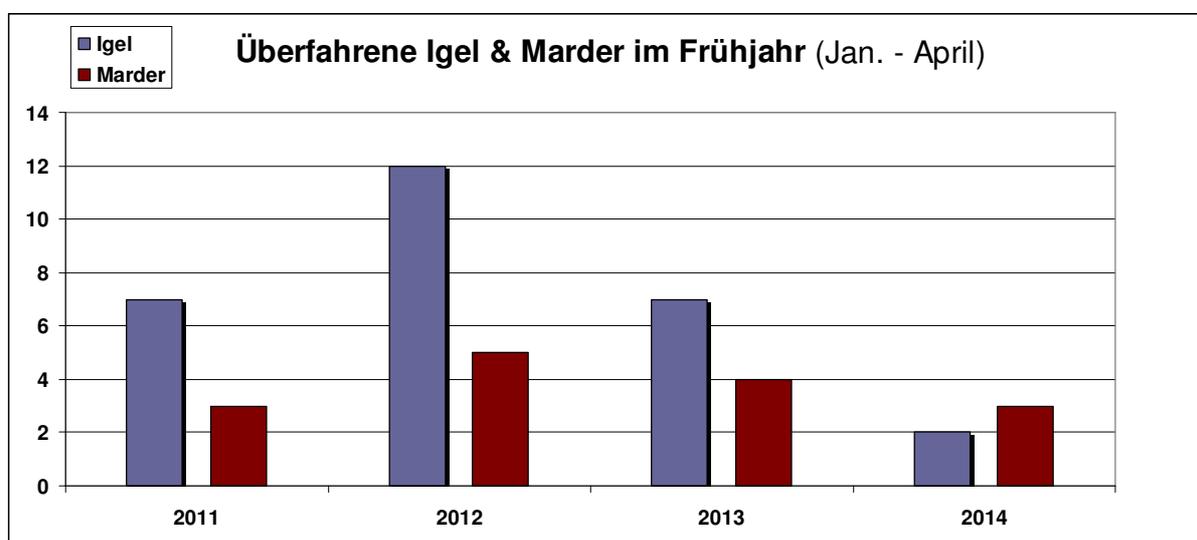


Abb. 6: Die Häufigkeit von Igelⁿ *Erinaceus europaeus* und Mardern *Martes foina* und *Martes martes* die dem Straßenverkehr zum Opfer fielen, spiegelt im südostbayerischen Untersuchungsgebiet sehr klar die Unterschiede in der Winterkälte. Die meisten toten Igel gab es nach dem strengen Frost vom Februar 2012, die wenigsten (ein Sechstel!) nach dem milden Winter 2014. Die Marderszahlen sind zu wenig verschieden, um winterungsbedingte Abhängigkeiten zu zeigen. Die Zahlen von 2011 und 2014 sind trotz sehr unterschiedlicher Winterwitterung gleich; 2012 und 2013 ergaben nur geringfügig mehr überfahrene Marder.

3. Diskussion

Der Winter 2013/14 war in dreifacher Hinsicht ungewöhnlich. Er brachte (1.) keine stärkeren oder gar anhaltenden Fröste. Die Minimaltemperaturen sanken nur bis auf -5°C , so dass sich auf den größeren Gewässern keine Eisdecken bildeten. Aber auch die Tageshöchstwerte blieben von Dezember bis in den Februar hinein moderat, so dass die Monatsmittel bis zur Februarmitte weniger als üblich schwankten. (2.) verlief der Winter extrem niederschlagsarm. Es gab weder anhaltend nasskaltes Wetter, noch geschlossene Schneedecken. Der leichte Nachtfrost konnte daher in die oberen Bodenschichten eindringen (und die schlafenden Igel im Winterschlaf halten!). Besonders bemerkenswert war aber (3.) die Beständigkeit des Wetters.

Nachdem die üblichen Grippewellen ausblieben, wurde der Winter als „gesund oder nicht gesund“ in den Medien nicht mehr thematisiert. Ebenso fehlt (bisher) eine Statistik, aus der, was zu erwarten wäre, hervorgeht, dass es sehr viel weniger typische Winterunfälle im Straßenverkehr und Stürze bei Fußgängern als üblich gegeben hat. Streusalz musste kaum verwendet werden, was gewiss kein Nachteil für die Natur war. Es ist sicher auch beträchtlich weniger Kohlendioxid aus Heizungen in die Atmosphäre gelangt als in Normalwintern, geschweige denn in Kältewintern. Also wurden die Heizkosten gesenkt und die Schadstoffbelastung vermindert.

Einbußen beim Wintersport aufgrund von Schneemangel und gesteigerter Energieaufwand für Schneekanonen gehören wie Umsatzeinbußen bei Winterbekleidung in den Bereich der Wirtschaft und nicht „zur Natur“. Sie belasten allerdings die Natur in kalten, schneereichen Wintern. Gegen Ende der Kälteperiode im Februar 2012 (Abb. 7 & 8) drohte sogar ein Zusammenbruch des Stromnetzes. Nicht wenige Menschen befürchteten angesichts der Ukraine-Krise Engpässe bei der Gas- und Heizölversorgung. Die Heizkosten waren damals entsprechend stark angestiegen.

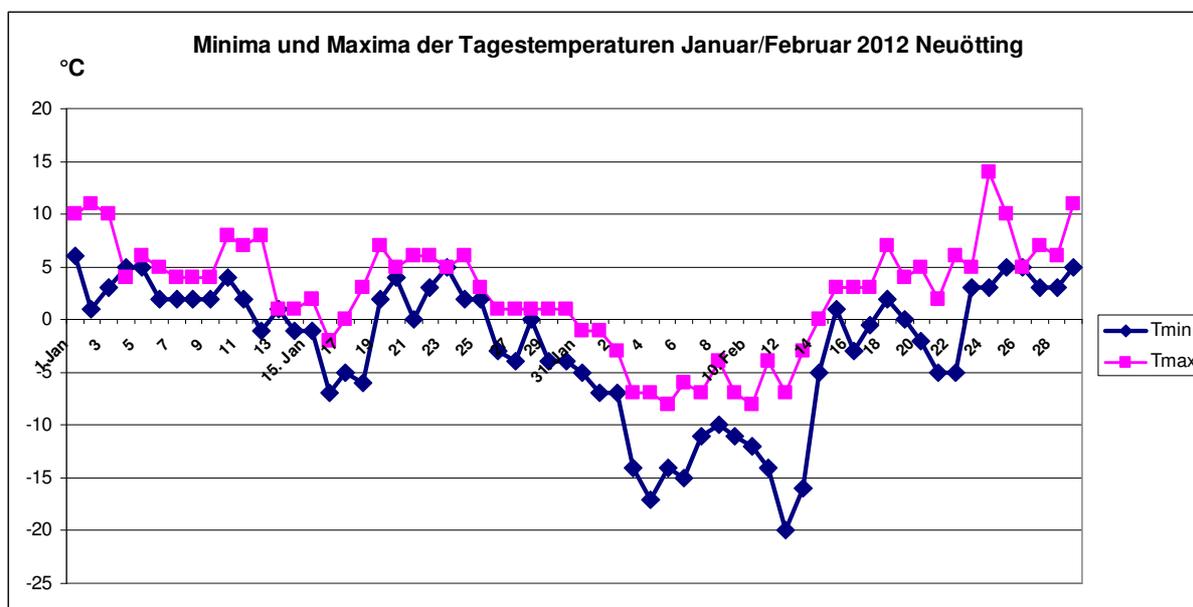


Abb. 7: Nach mildem Januarwetter setzte im Februar 2012 eine Kälteperiode ein (Messwerte vom Verfasser in Neuötting). Im freien Gelände und am weithin zugefrorenen Inn (Abb. 15) sanken die nächtlichen Minima noch tiefer. Im gesamten Winter 2013/14 wurden an dieser Messstelle in Neuötting hingegen die Minima von -5°C nicht unterschritten.

Die für den Naturbereich vorgebrachten Befürchtungen oder Behauptungen ließen sich ausnahmslos anhand der hier zusammengestellten Befunde entweder ganz entkräften oder stark relativieren. So nahmen die Zecken 2014 nicht zu, weil der Winter zu mild war. Eine solche Annahme wäre ohnehin ziemlich unsinnig, müssten dann doch die wintermilden Gebiete im Westen und Südwesten Europa unerträgliche Zeckenplagen haben. Die Zeckenhäufigkeit hängt sehr viel enger mit der Häufigkeit der (tierischen) Zeckenträger als mit der Winterwitterung zusammen. Sie ist dort am höchsten, wo es die meisten Haustiere, vor allem Hunde gibt, und wo in den Wäldern Wildfütterungen angelegt sind. Weil diese

die Wildtiere konzentrieren und oft auch im Sommer schon mit Futter beschickt werden, um die Tiere an diese Orte zu binden.

Die Stechmücken als Plagegeister profitieren weit eher von kalten Wintern als von milden, wie jeder weiß, der sich einmal der nordischen Mückenmassen erwehren musste. Nirgendwo gibt es so viele wie in der winterkalten, im Sommer am Boden auftauenden Waldtundra des Hohen Nordens. Der Winter 2013/14 war wegen seiner Niederschlagsarmut sogar extrem mückenfeindlich, denn die meisten Kleingewässer, die als Mückenbrutstätten geeignet sind, trockneten aus.

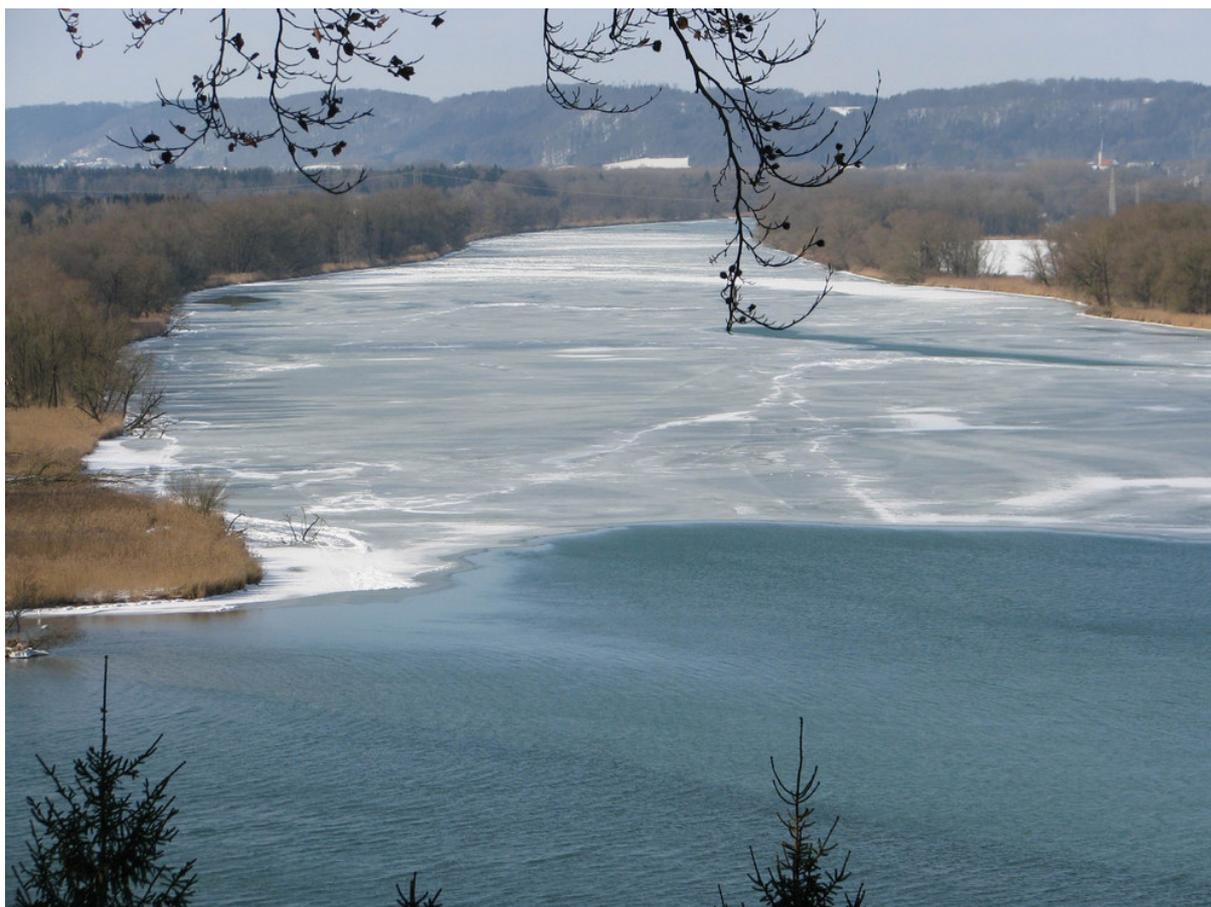


Abb. 8: Eisbedeckter Inn an der Salzachmündung, 14. Februar 2012. Die Salzach (im Vordergrund, von links kommend) ist gerade wieder eisfrei geworden. Der Frost erzeugte Eisdicken von mehr als 30 cm, weil kaum oder kein Schnee lag.

Dass die Rückkehr der meisten Zugvögel im Frühjahr 2014 zeitlich ganz normal verlief, ist „normal“, denn Fernzieher konnten nicht wissen, dass im nördlichen Alpenvorland schon im Februar und März günstige Witterung herrschte. Kurzstreckenzieher mit nahen Überwinterungsgebieten reagierten hingegen entsprechend, was wiederum nichts Besonderes sondern völlig normal ist.

Die Besorgnis, dass der milde Winter die Igel „durcheinander gebracht“ haben könnte, war unbegründet, wie die Totfunde auf den Straßen Südostbayerns zeigten. Wiederum dürften Igel in Westeuropa gar nicht regulär Winterschlaf halten können, wenn der Temperatureinfluss dafür so bedeutend wäre.

Schließlich wurde in den Kommentaren meistens nicht berücksichtigt, welchen Einfluss Licht und Tageslänge haben und woher die Pflanzen stammen, die nach milden Wintern und bei schönem Vorfrühlings- und Frühlingswetter auffällig früh erblühen. 2014 blühten die gebiets- und regionsheimischen Arten der Frühjahrsflora, die Schneeglöckchen, Frühlingsknotenblumen und Blausterne ganz normal und zeitlich „perfekt gestaffelt“ (in der angeführten Reihenfolge) mit jeweils etwa einer Woche bis zehn Tagen Abstand. Der im Gebiet extrem sonnenarme Januar hatte wie eine dicke Schneedecke gewirkt und sie nicht besonders früh zum Blühen gebracht, während ansonsten weithin, vor allem im Raum München und in Nordwestdeutschland beträchtlich mehr Sonnenstunden als normal registriert wurden. Das trübe, an Hochnebellagen reiche Wetter änderte sich ab Mitte Februar und insbesondere im März mit viel Sonne. So kamen in den Gärten und Anlagen die gebietsfremden, süd- und südosteuropäisch-vorderasiatischen Winterlinge *Eranthis hyemalis* oder die Forsythien, Tulpen und im April die Rosskastanien besonders „früh“ in Blüte. Auch Obstbäume südöstlicher Herkunft blühen und fruchten witterungsbedingt und in Abhängigkeit von den Sorten zu recht unterschiedlichen Zeiten. „Die Apfelblüte“ besagt daher wenig, wenn nicht sehr genau auf Herkunft und Sorte Bezug genommen wird. Die Erträge hängen ohnehin nicht vom Blühtermin ab.

Altheimische Pflanzenarten folgen hingegen dem Jahresgang der Tageslänge als Zeitgeber weit genauer, so dass es zu entsprechend geringeren Verschiebungen im Blühzeitpunkt kommt. „Bedeutsam“ sind die Variationen im Blühbeginn ohnehin nicht, denn was wirkt, sind Spätfröste, wenn es bei den Obstbäumen um den Fruchtansatz geht. Da kann ein spätes Blühen genauso Frostnächte der „Eisheiligen“ abbekommen wie ein frühes, das dann bei den fast alljährlich auftretenden Kaltluftvorstößen in der ersten Maihälfte in der Fruchtentwicklung vielleicht schon weit genug fortgeschritten und nicht mehr so empfindlich ist. Die großen Schwankungsbreiten von Blühbeginn bzw. Vollblüte von Jahr zu Jahr drücken auf jeden Fall aus, wie flexibel die Pflanzen auf die Witterung reagieren können. Sie müssen nicht zu einem bestimmten Zeitpunkt blühen, und jedes Jahr kann aufgrund der weiteren Entwicklung der Witterung günstig oder verlaufen. Es dürfte ja auch kaum jemals ein Jahr vorkommen, in dem das Wetter genau den errechneten Mittelwerten folgt. Deren Verschiebungen um Zehntelgrade bewegen sich innerhalb der natürlichen Variationsbreite. Aus diesen lässt sich nicht ablesen, was in der Natur bedeutsam ist und welche Auswirkungen die statistisch ermittelten Abweichungen verursachen. Eine weit ausführlichere Version dieser Studie wird in den „Mitteilungen der Zoologischen Gesellschaft Braunau“ Band 11 (2014) veröffentlicht.

Schlussfolgerung

Die Befürchtungen zu den Folgen des milden Winters 2013/14 für „die Natur“ waren unbegründet. Pflanzen und Tiere sind auf starke Schwankungen der Witterung eingestellt. Die Natur kommt deswegen nicht gleich „durcheinander“. Er war eine fabrizierte „Medienkatastrophe“.

Freitag 17. Oktober 2014

11:00-11:30

Lawinenanbruchverbauung Breitlehnerlawine: Erfahrungen mit Schneenetzen unter schwierigen Bedingungen

Anton Gwercher, Siegfried Sauermoser

Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Tirol, 6020 Innsbruck

Zusammenfassung

Die Lawinenverbauung an der Breitlehnerlawine in der Gemeinde Telfs wurde im Jahre 2004 begonnen und konnte im Jahre 2013 abgeschlossen werden. Als Verbauungstyp wurde eine Anbruchverbauung mit Schneenetzen gewählt, welche sich nach Prüfung verschiedenster Varianten und unter Berücksichtigung von zeitgemäßen Umweltstandards als die optimalste Verbauungsvariante erwies. Da der Einsatz von Schneenetzen in Österreich unter solch schwierigen Bedingungen nicht üblich ist und daher wenige Erfahrungen vorlagen, wurde im Zuge der Projektgenehmigung eine umfangreiche Dokumentation und der Einsatz von verschiedenen Netztypen zu Vergleichszwecken vereinbart. Ebenfalls wurde eine wissenschaftliche Begleitung, welche eine Dokumentation von auftretenden Drücken messtechnisch erfassen sollte, durchgeführt. Die Erfahrungen in der praktischen Umsetzung des Projektes zeigen deutlich, dass der Einsatz von Netzen in schwierigem, stark kupiertem und steilem Gelände deutlich schwieriger als von starren Stützwerken ist. Die messtechnische Überwachung der auftretenden Kräfte ergab eine gute Übereinstimmung mit den nach Häfeli zu erwartenden Werten.

Einleitung

Die Marktgemeinde Telfs liegt an den Südabhängen der „Hohen Munde“ und des „Seefeldler Sattels“ im Inntal auf einer Seehöhe von 634 m. Das Gemeindegebiet besteht aus verschiedenen Siedlungskernen, dem Hauptort am Schwemmkegel des Griesbaches, St. Georgen am Schwemmkegel des Saglbach/Erzbergklambaches, „SAGL“ am Schwemmkegel des Saglbaches sowie den Weilern Brand, Baierbach, Buchen und Mösern am Südrhang der Seefeldler Senke. Unmittelbar am Talboden des Inntales liegt der Weiler Platten. Durch die starke Besiedlung der vorhin genannten Schwemmkegel traten in der Vergangenheit wesentliche Gefährdungen durch die genannten Wildbäche für das Siedlungsgebiet von Telfs auf. Auf Grund des großen Gefährdungspotentials für das Siedlungsgebiet von Telfs durch die Wildbäche erfolgte auf Wunsch und Drängen der Marktgemeinde Telfs in den 1980-iger und 1990-iger Jahren eine intensive Verbauungstätigkeit der Wildbach- und Lawinenverbauung. So wurden die Wildbäche Griesbach, Saglbach/Erzbergklambach und Saglbach verbaut, sodass davon ausgegangen werden kann, dass das Siedlungsgebiet von Telfs durch Gefährdungen der genannten Wildbäche weitestgehend als gesichert angesehen werden kann, was auch durch den aktuell gültigen Gefahrenzonenplan bestätigt wird.

Der Ortsteil „SAGL“ wird aber zudem durch die BREITLEHNER-LAWINE, welche am „Hohe-Munde-Ostgipfel“ anbricht, gefährdet. Unter extremen Voraussetzungen kann diese Lawine bis ins Siedlungsgebiet vordringen, was die Chronik dieser sehr seltenen Lawine bestätigt. Insbesondere die nach

dem Lawinenwinter 1999 auf Grund verschärfter Richtlinien vorgenommene Ausweitung der Gefahrenzonen der Breitlehnerlawine führte zu einer hohen Sensibilisierung der betroffenen Bevölkerung und damit auch zu einem hohen Verbauungsdruck

Das Einzugsgebiet der Breitlehner Lawine

Das Anbruchgebiet der BREITLEHNER-LAWINE liegt am Südabhang der „Hohen Munde“, nordöstlich der Marktgemeinde Telfs, oberhalb des Ortsteiles „SAGL“. Es ist insgesamt ca. 16 ha groß und erstreckt sich vom Ostgipfel der „Hohen Munde“ (2.595 m) im Westen über den Rand des Gipfelplateaus am östlichen Rand bis südlich der „Rauth-Hütte“. Die obersten felsigen Hangbereiche haben eine durchschnittliche Hangneigung von ca. 35°, eine exakte Abgrenzung des potentiellen Anbruchgebietes nach unten ist nicht möglich, da die gesamte Südflanke der Hohen Munde eine Neigung über 30° aufweist, bzw. sich in unteren Hangbereichen deutlich steilere Abschnitte befinden. Das Anbruchgebiet weist eine hohe Rauigkeit auf (Abb.2) welche aber bei hoher winterlicher Schneelage (Abb.1) durch Schneeeinwehungen von Nordwesten deutlich ausgeglichen werden (Abb.1). Durch die exponierte Lage nach Nordwesten und den ausgeprägten Plateaugipfel wirkt dieser als deutliches Nährgebiet. Schneeablagerungen am Plateau werden durch die vorherrschenden Nordwestwinde in das Anbruchgebiet verfrachtet.

Die Sturzbahn der Lawine beginnt ca. bei einer Seehöhe von 2200 m und teilt sich deutlich in einen östlichen und einen westlichen Bereich welche durch eine tief eingeschnittene Schlucht im zentralen Sturzbereich deutlich getrennt sind. Die Sturzbahn der Lawine geht bei ca. SH 1200 in einen flacheren Bereich, in die sogenannte Breitlahn über, welche eine tiefe Erosionsmulde in den Schutthalden unterhalb der Felsbereiche darstellt. Diese weisen im unteren Bereich eine deutlich verringerte Neigung auf. (Durchschnittlich 15-20°). Am Ausgang einer tief eingeschnittenen Erosionsrinne beginnt der potentielle Auslaufbereich, der auch mit der Situierung des Weilers Sagl zusammenfällt. Der 10° Punkt der Lawinenbahn und damit zumindest der theoretische Beginn des Auslaufbereiches liegt auf SH 700 m.

Der Auslaufbereich der Lawine wird durch den Schwemmkegel des Saglbaches geprägt und reicht bis in den ebenen Talboden des Inntales



Abb. 1: Oberstes Anbruchgebiet der Breitlehnerlawine

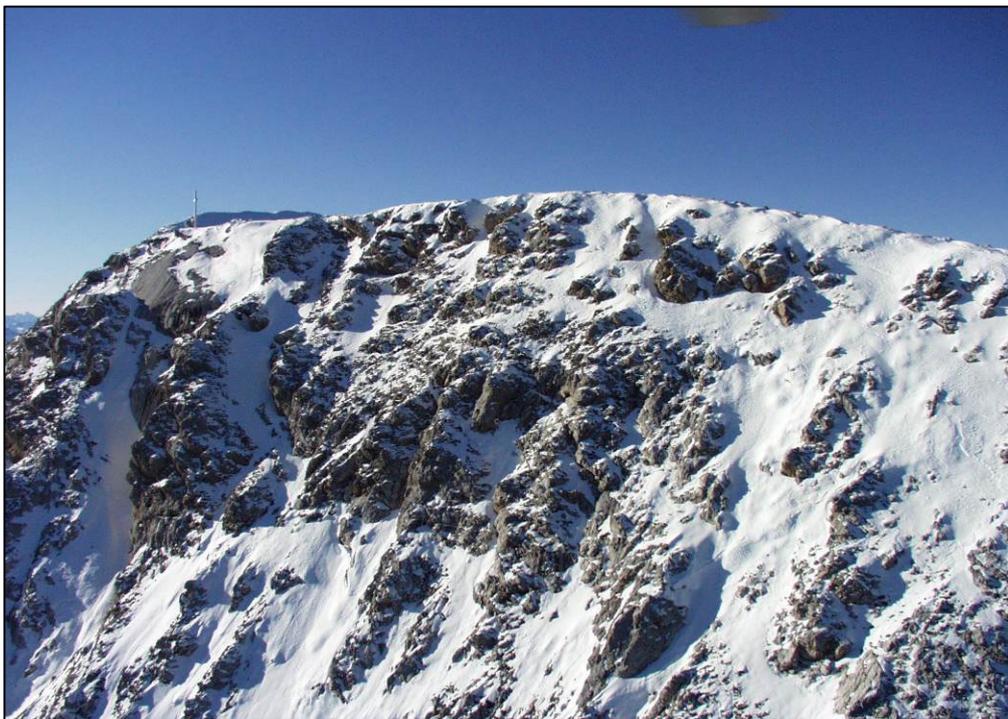


Abb.2: Eine Detailbild des oberen Anbruchgebietes zeigt die hohe Rauigkeit

Lawinenchronik

1890 - 1900:

In diesem Zeitraum soll nach mündlicher Überlieferung ein Lawinenabgang von der „Hohen Munde“ bis nach Oberhofen, eine südlich des Inns gelegene Gemeinde, gewirkt und dort leichte Schäden an Gebäuden verursacht haben.

1914, 1915, 1916, 1917:

Die gemeldeten Lawinenabgänge erreichten im Saglbach Lauflängen von 1.800 m - 2.000 m und Breiten zwischen 40 – 80 m. Außer Wald waren keine Schäden zu verzeichnen.

Jänner Februar, März 1937:

Mehrere Lawinen brachen am „Mundekopf“ an und verbreiteten sich über den ganzen Saglbach-Mittellauf.

2. März 1956:

Ein Staublawinenabgang verursachte größere Waldschäden im Bereich der „Breitlahn“ nördlich des „Arzkopfes“. Zirka 2.000 fm Holz wurden geworfen. Ein Luftstoß fuhr in das Tal des Saglbaches nieder und warf die letzten Bäume im Schluchtabschnitt oberhalb des „Sägewerkes Neuner“ am Schluchtausgang. In der neuen Siedlung „SAGL“ und in „Brand“ war die Luftdruckwirkung deutlich zu spüren. Es wurde aber nichts beschädigt. Die Wände und Fenster waren mit einer Schneeschicht beschlagen.

1960:

Lawinenabgang verursacht im Bereich „Breitlahn“ geringfügige Waldschäden.

3. Februar bis 15. März 1970:

Es wurden mehrere Grund- und Fließlawinen, die alle vor Erreichen des Saglbaches zum Stehen kamen, gemeldet. Es traten Schäden im Ostteil der hier stockenden Waldbestände im Ausmaß von ca. 4 ha bis 5 ha auf.

März 1986:

Wieder erfolgte ein Abbruch von der Ostspitze der „Hohen Munde“. Auf „Breitlahn“ wurden 20 ha Wald geworfen. In der Siedlung von „SAGL“ schneite der Staubanteil, ohne Druckwirkungen zu erzeugen, auf die Gebäude aus. Es war jedoch ein Schneepflugeinsatz in „SAGL“ notwendig.

Februar 1999:

Sperrgebietserklärung im gesamten Ortsteil „SAGL“ und Teilevakuierung auf die Dauer von mehreren Tagen.

Gefährdungspotential

Auf Grund der Lawinenchronik und auf Basis vertiefter Untersuchungen der Breitlehnerlawine wurde im Zuge der Erstellung des Gefahrenzonenplanes für die Gemeinde Telfs eine große Rote und Gelbe Gefahrenzone ausgewiesen. Als potentielle Gefährdung kann das Auftreten von zwar sehr seltenen, dafür aber umso größeren Staublawinen nicht ausgeschlossen werden. Dies wird auch durch die Modellierung mit SAMOS bestätigt, welches zum Zeitpunkt der Erstellung im Jahre 2003 das einzige Modell war, mit dem man den Staubanteil einer Lawine zumindest näherungsweise berechnen konnte. Von einer Gefährdung durch Fließlawinen konnte man nicht ausgehen, derartige Ereignisse waren auch aus der Chronik der Lawine nicht bekannt. Schwierig war die Bewertung des vage überlieferten historischen Ereignisses, welches auf der anderen Talseite des Inntals noch Spuren hinterlassen haben soll.

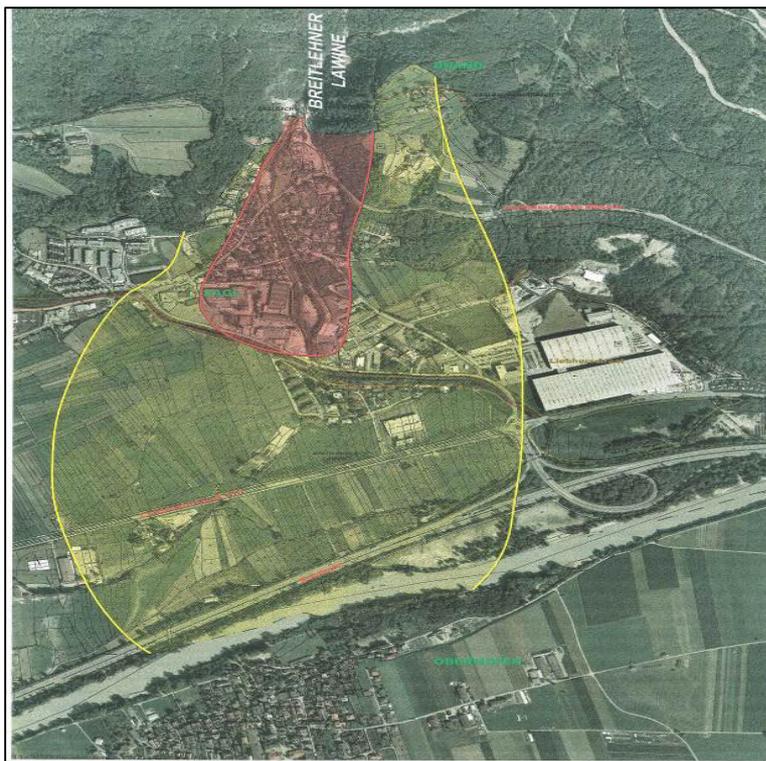


Abb. 3: Gefahrenzonen der Breitlehnerlawine vor Errichtung der Verbauung.

Projektsplanung

Seitens der Marktgemeinde Telfs gab es schon lange Bemühungen um eine Verbauung der Breitlehnerlawine, die ersten Verbauungsanträge gehen auf das Jahr 1962 zurück. Durch die Ausweitung der Gefahrenzonen im Jahr 2000 bei der Überarbeitung des Gefahrenzonenplanes für die Gemeinde Telfs auf Basis der neuen Abgrenzungskriterien wurden diese Bemühungen noch verstärkt. Im Jahre 2003 wurde daher ein Schutzprojekt ausgearbeitet, welches Grundlage für die Verbauungsmaßnahmen war.

Verbauungsziel war die Verhinderung von Lawinen mit grossen Drücken, welche bis ins Siedlungsgebiet vordringen konnten. Nach Umsetzung der Verbauungsmaßnahmen sollte keine Rote Gefahrenzone mehr im besiedelten Bereich vorhanden sein.

Nach Prüfung verschiedener Varianten auch im Auslaufbereich entschloss man sich im Zuge der Projektierung für die Errichtung einer Stützverbauung mit flexiblen Stützwerken in Form von Schneenetzen. Die Entscheidung zu Gunsten von Netzen wurde aus Umweltschutzgründen gefällt, da damit die Verbauung vom Inntal aus kaum sichtbar ist. Auch das häufige Auftreten von Steinschlägen ließen die Eignung für Stahlschneebrücken nur begrenzt zu (Abb.4).

Da man davon ausgehen konnte, dass der Felsuntergrund die auftretenden Lasten vor allem in den bergseitigen Ankern aufnehmen konnte, bestanden bezüglich der Fundierungsmöglichkeiten keine Bedenken. Allerdings war die Erfahrung mit der Verwendung von Netzen in der Lawinerverbauung in Österreich nicht sehr ausgeprägt, weshalb im Zuge der Projektgenehmigung eine genaue Dokumentation der Erfahrungen und eine wissenschaftliche Begleitung festgelegt wurden. Im Zuge der wissenschaftlichen Begleitung sollten vor allem die auftretenden Kräfte im Rahmen von messtechnischen Einrichtungen geprüft und mit den derzeitigen Berechnungsrichtlinien nach Haefeli (1954) verglichen werden.

Im Zuge der Dokumentation sollten die Schwierigkeiten bei der Errichtung von Netzen dokumentiert und ein kritischer Vergleich mit der Errichtung von Stahlschneebrücken hergestellt werden. Vor allem beim Einbau von Netzen in schwierigem, deutlich kupertem und von zahlreichen kleinen Unebenheiten und

Schluchten unterbrochenem Gelände bestanden nur geringe Erfahrungen. Es wurde im Zuge der Projektgenehmigung auch festgelegt, verschiedene Netztypen auf ihre Eignung zu testen. Bei der Planung des Projektes war man von Mehrkosten in der Höhe von ca. 20% gegenüber von Stahlschneebrücken ausgegangen. Die erforderlichen Werkhöhen lagen zwischen 4,5 und 3 Meter.

Durch einen Verwehungszaun entlang des Plateaurückens des Munde Ostgipfels sollte der Schneeeintrag in das potentielle Anbruchgebiet deutlich reduziert werden.

Für die Aufschließung der Baustelle wurde ausschließlich auf Hubschraubertransport gesetzt, die Errichtung eines Seilkranes oder eines Aufschließungsweges waren nicht möglich. Die Einrichtung und laufende Versorgung des Baufeldes mit Hubschrauber setzte einen hohen Grad an logistischem Aufwand voraus.

Im Zuge der Planung der Stützverbauung wurde die Verbauungsgrenze nach unten nur vage definiert. Mittels Simulationsmodellen sollten laufend Lawinen aus den verbleibenden Restanbruchgebieten untersucht werden. Es war von vorne herein klar, dass eine vollständige Abdeckung der potentiellen Anbruchgebiete nicht möglich sein wird.

Im Zuge der Projektplanung wurde auch die Sicherheitsfrage für die Mitarbeiter, welche die ganze Woche im Containerlager verbringen mussten und sich in dem steilen steinschlaggefährdeten Gelände aufhalten intensiv bearbeitet und eine SIGE Plan für das Baufeld erstellt.

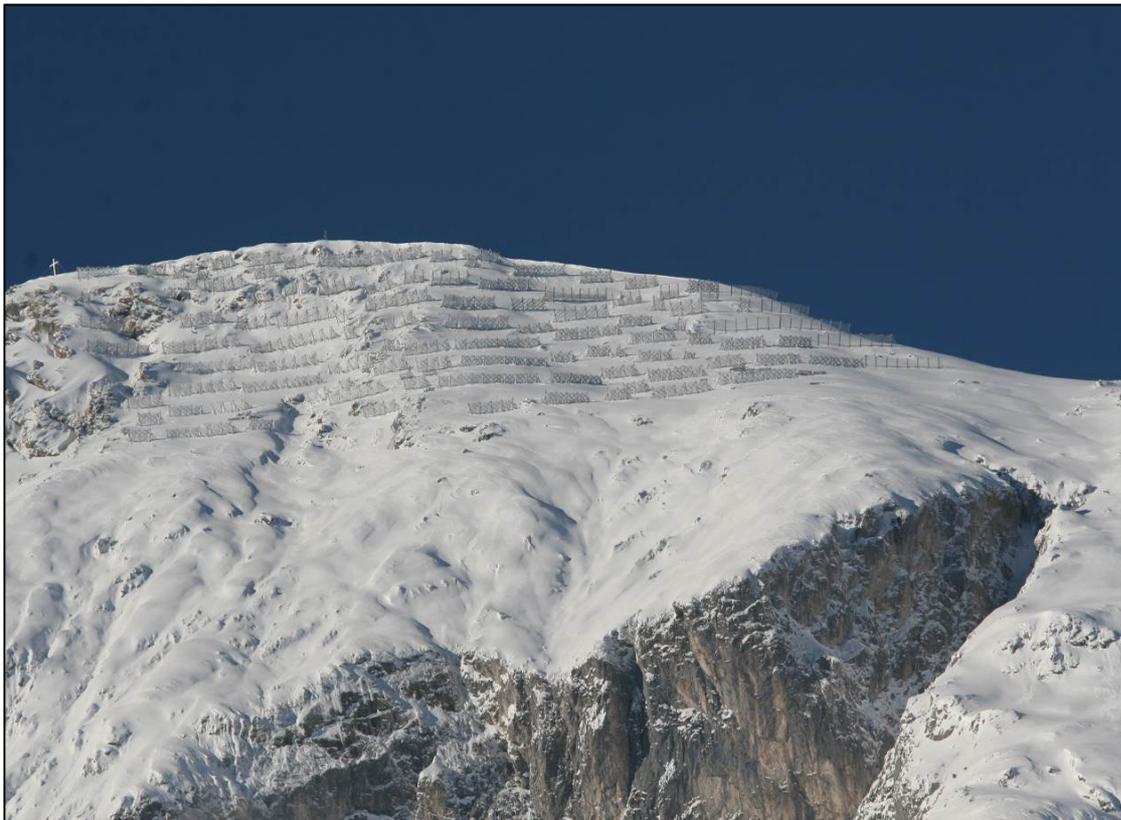


Abb. 4: Anbruchverbauung mit Schneenetzen; der untere Teil des Anbruchgebietes wurde nicht mehr gesichert, Untersuchungen ergaben, dass Lawinen aus diesem Restanbruchgebiet die Siedlung nicht mehr gefährden können.

Projektumsetzung

Als erste Stufe der Projektumsetzung war die Errichtung eines Lagers für die Partie auf dem Plateau des Hohen Munde Ostgipfels. Dieses musste dafür geeignet sein, dass eine Mannschaft von zehn Mitarbeitern

dort leben konnte und musste auch gegen natürliche Einflüsse wie Sturm oder Gewitter gewappnet sein. Es wurden eine Reihe von Containern auf den Standort geflogen, welche mittels einer gemeinsamen Dachkonstruktion verbunden wurden (Abb.5).

In den Jahren 2004 bis 2013 wurden unterhalb des Gipfelplateaus 1.864,5 lfm oder 4,5 ha Schneenetze errichtet. Die Netzwerkshöhe in Gratnähe wurde mit Werken der Type DK 4.5/2.5/1.1 und im restlichen Bereich der Anbruchverbauung mit Typen DK 4.0/2.5/1.1 und teilweise auf Rücken mit Typen DK 3.0, 3.5/2.5/1.1 gewählt.

Zudem wurden am Gipfelplateau 5 Treibschneezäune (insgesamt 301,5 lfm) in Stahl mit Werkshöhen von 3,0 m bis 6,0 m Höhe errichtet. Wie die Beobachtungen der Schneevertelung am Gipfelplateau in den vergangenen Jahren zeigte, konnte der Eintrag von Treibschnee in das Anbruchgebiet durch diese Anlage drastisch reduziert werden. Örtliche Erhebungen in der Verbauungsperiode ergaben eine Schneeablagerung im Bereich des Plateaus von im Mittel zwischen 40 und 50.000 m³.

Die Baustelle wurde mangels eines Aufschließungsweges ausschließlich mittels Hubschrauber versorgt. Dies galt sowohl für den Betrieb der Unterkunft als auch für die Errichtung der Anbruchverbauung und der Treibschneeanlage. Insbesondere handelte es sich dabei um die Lieferung von Brauchwasser für die sanitäre Versorgung der Unterkunft und Bauwasser für die Fundierungsarbeiten der Schneenetze und der Treibschneezäune. Weiters wurden die Arbeitertransporte (zu Wochenbeginn und Wochenende) sowie die Versorgung mit Lebensmittel, Gas, Treibstoffen, Baumaterialien und Baumaschinen, etc. mittels Hubschrauber abgewickelt. Für die Versorgung der Baustelle wurden zwei Hubschrauberplattformen eingerichtet, wovon sich eine im Tal am Lagerplatz und eine am Gipfelplateau in der Nähe der Unterkunft befand. Da sich das Gipfelplateau aber sehr oft in einer Nebelzone befand und somit auch keine Flugbewegungen möglich waren, wurde zusätzlich im Mittelbereich auf einer Seehöhe von ca. 2.100 m ein dritter Hubschrauberlandeplatz eingerichtet.

Bis zu dieser Seehöhe ist es meistens nebefrei, weshalb dieser bei überraschend einfallendem Schlechtwetter auch als An- und Abtransport der Arbeiter sowie als Rettungs- und Erste-Hilfe-Platz genutzt wurde.

Für die Erkundung, ob die Wetterverhältnisse ein Arbeiten im Anbruchgebiet oder Gipfelplateau zulassen, wurde am Gipfel eine Wetterstation installiert, die die Daten (Temperatur, Wind, etc.) über ein Modem an die e-mail Adresse des Lokalbauführers (Gebietsbauleitung) und den Partieführer weiterleitete. Zur Erhaltung verlässlicher Wetterdaten wurde zudem laufend, insbesondere aber an den Wochenenden intensiver Kontakt mit der Wetterdienststelle Innsbruck der ZAMG gehalten.

Die jährliche Bauzeit war auf Grund der Schneelage im Anbruchgebiet und am Gipfelplateau sowie den Schlechtwetterphasen mit Schneefall und Dauerregen auf die Monate Mitte Juni bis Mitte Oktober eines jeden Jahres beschränkt und betrug somit im Schnitt lediglich zwischen 3 und 4 Monate oder ca. 70 Arbeitstage, dies ist auch die Hauptursache, dass für die Errichtung von 2 km Stahlschneebrücken ein Zeitraum von 9 Jahren in Anspruch genommen werden musste.

Die Anzahl der Arbeitskräfte auf der Baustelle betrug im Durchschnitt 10 Mann incl. Partieführer. Der Bauzeitraum für die Errichtung der Schutzmaßnahmen betrug insgesamt 9 Jahre oder 630 Arbeitstage. Insgesamt wurden für die Errichtung der Schutzmaßnahmen ca. 41.000 Arbeitsstunden aufgewendet. Insgesamt mussten für die Ankerungen ca. 6,1 km Bohrlöcher (dm 90 mm) gebohrt werden. Davon entfielen auf die Anbruchverbauung ca. 5,4 km und auf die Treibschneeanlage ca. 0,7 km.

Für die Verpressung (Injizierung) der Anker wurden 150 to Ankermörtel eingesetzt.

Für die Sicherheit der Arbeiter, den Quertransport der Baumaterialien sowie die Errichtung von Fluchtwegen mussten insgesamt ca. 6,7 km Arbeitsbühnen mit eigens für diese Baustelle entwickelten (teleskopierbaren) Geländern errichtet werden

Für den Personen- und Materialtransport sowie die Versetzung der Netzwerke, des Treibschneezaunes und Umsetzung der Baumaschinen mussten insgesamt ca. 16.200 Flugminuten oder 270 Flugstunden aufgewendet werden Insgesamt kam es in der gesamten Bauzeit „lediglich“ zu zwei/drei kleineren Unfällen mit geringer Körperverletzung, was darauf zurückzuführen war, dass die Einhaltung der vorgegebenen Sicherheitsbestimmungen (SIGE-PLAN und laufende Baustellen-evaluierungen sowie Benützung der PSA) sehr ernst genommen wurde. Dies ist auch auf die persönliche Umsichtigkeit der Arbeiterschaft, den laufenden Schulungen derselben in Bezug auf das Verhalten und Arbeiten im Steilgelände sowie die permanente Kontrolle der Sicherheitsanweisungen durch Partieführer und Lokalbauführer sowie des Arbeitsinspektors und der SI-Fachkraft, des Arbeitsmediziners sowie eines Geologen der Stabstelle für Geologie zurückzuführen.

In diesem Zusammenhang ist auch anzuführen, dass die Rettungskette so organisiert war, dass die für solche Einsätze alarmierten Helis (POLIZEI, ÖEAMTC und Wucher-Helikopter) über die Koordinaten der jeweiligen Heli-Plattformen verfügten und so ein eventueller Rettungseinsatz nicht nur am Tag sondern auch in den Nachstunden erfolgen hätte können. Dies stärkte natürlich auch die „Psyche“ der Partie enorm, da sie wusste, dass wenn etwas passiert, sich der Lokalbauführer und Partieführer dafür einsetzen werden, dass rasche Hilfe zur Stelle ist und dies auch war.



Abb. 5: Baustellenlager und Unterkunft auf dem Gipfelplateau der Hohen Munde



Abb. 6: Endmontage von GEOBRUGG Netzen



Abb. 7: Baustellenhilfseinrichtung in Form von Holzwegen entlang der Bohrebenen



Abb. 8: Drei Bohrebenen erfordern die Errichtung von drei Manipulationsbrücken in unterschiedlichen Ebenen.



Abb. 9: Fixierung des Netzes am bergseitigen Seilanker mit Verbindungsseilen.



Abb. 10: Transport der Netze mittels Hubschrauber

Kosten

Die Laufmeterkosten für die Lawinennetze betragen im Bauzeitraum incl. Ankerungen (Zug- und Druckanker) brutto ca. 1.175,- €

Die Laufmeterkosten für die Treibschneeanlage betragen im Bauzeitraum incl. Ankerungen (Zug- und Druckanker) brutto ca. 1.015,- €

Die Gesamtbaukosten für die Anbruchverbauung mittels Schneesetzen und die Treibschneeanlage betragen insgesamt ca. 5,6 Mio. € wovon ca. 50 % (2,8 Mio) auf die Schneesetzverbauung, ca. 8 % (0,45 Mio) auf die Treibschneeanlage, ca. 1 % auf die Technologische Entwicklung und ca. 41 % (2,3 Mio) auf die Allgemeinen Bauauslagen incl. der Wetterstationen entfielen.

Die Kosten für die Baustelleneinrichtung und Logistik waren auf Grund der alleinigen Aufschließung der Baustelle mit Hubschrauber extrem hoch, normalerweise betragen die allgemeinen Bauauslagen auf den Baustellen der Wildbach- und Lawinenverbauung ca. 15%

Die Kosten für die Lawinennetze waren um ca. 40% höher als jene von vergleichbaren Stahlschneebrücken. Sie waren somit höher als ursprünglich bei der Planung angenommen. Gründe dafür waren die extrem schwierigen Geländebedingungen in weiten Bereichen des Anbruchgebietes, welche die Situierung der Netze schwierig gestalteten. Generell ist die Situierung von Netzen alleine schon deshalb schwieriger, da auch drei Ebenen gebohrt werden muss und in dem steilen Gelände auf jeder Bohrebene eine Logistikplattform errichtet werden musste (Abb.7,8)

Erfahrungen

Der Unterschied zwischen Stahlschneebrücken und Schneesetzen liegt im Wesentlichen darin, dass bei den Schneesetzen für die Fundierung drei Bohrebenen (Zuganker-Berg, Zuganker-Tal, seitliche Abspannungen und Druckanker Pendelstütze) mit jeweils drei Bühnen (je nach Gelände) erforderlich sind.

Gegenüber den Schneebrücken erfordert dies in einem steilen und zudem stark kupierten Gelände eine "präzise Absteckung" im Gelände. Insbesondere müssen dabei die Netzneigungen (Netzgeometrie und Beachtung der auftretenden Kraft- und Zugrichtungen), die Seillängen bei den Abspannungsseilen zu den Talankern unter "Volllast der Netze" (es sollten daher keine Über- bzw. Unterspannungen bei den angesprochenen Seilen auftreten) berücksichtigt werden. Dies gilt auch für die seitlichen Abspannungen.

Weiters ist die Justierbarkeit der Netze mit den Bergankern zu den Netzkauschen zu beachten.

Die Aufstellung der Netze in einem kupierten -auch stark- Gelände ist grundsätzlich machbar, wenngleich auch schwieriger als bei Stahlschneebrücken. Zu beachten sind dabei die Stützenlängen (eventuell auch Stützenverlängerungen; solche haben wir auf der Breitlehner-Lawine erstmals eingesetzt). Bei einem stark kupierten Gelände ist der Einsatz von "Dreiecksnetzen" der Vorzug zu geben, da durch ihre Flexibilität keine größeren Geländerveränderungen notwendig sind. Unabhängig davon wäre jedoch zu beachten, dass in Mulden eine Werksreihe zumindest aus 2 Stützen (Werkslänge zwischen 6,0 m und 7,0 m) besteht. Einzelne Dreiecksnetze mit nur einer Stütze sollten nur in Ausnahmefällen (enges Profil) mit zusätzlichen "Abspannungen" aufgestellt werden. Die Vorteile der Schneenetze gegenüber den Stahlschneebrücken liegen auch in einem "steinschlaggefährdeten" Verbauungsbereich. Steinschläge mit Blöcken bis zu 40 cm können in der Regel von den Netzen schadlos aufgenommen werden. Unabhängig davon ist jedoch mit einer Beschädigung des Korrosionsschutzes. Generell geht man davon aus, dass mit einem Schneenetze eine Steinschlagbelastung von ca. 200 kJ aufgenommen werden kann, während eine Stahlschneebrücke nur für eine Lastaufnahme von ca 50 kJ geeignet ist.

Schneenetze sollten grundsätzlich nur in felsigen Anbruchgebieten errichtet werden. Bei Lockerböden sind auf jeden Fall Betonfundamente (in solchen Fällen würden sich die Kosten für die Schneenetze deutlich erhöhen) bei den Stützen erforderlich, was bei den Stahlbrücken durch die aufgelösten Ankersysteme nicht erforderlich ist.



Abb. 11: Seilankerkopf im Detail.

Bezüglich der Zufriedenheit der Arbeiter mit der Ausführung der Schneesetzverbauung kann grundsätzlich festgehalten werden, dass diese nach einer gewissen Einarbeitungszeit (1. Jahr) sich mit dieser Art der Verbauung durchaus angefreundet haben und keine wesentlichen Klagen während der gesamten Bauzeit an mich herangetragen wurden. Bei der Versetzung der Netze mittels Hubschrauber waren allerdings in der Regel sechs Arbeiter gebunden, bei den Stahlschneebrücken genügen in der Regel vier Mann. Voraussetzung ist, dies gilt wohl grundsätzlich, dass in der Regel ein eingespieltes Heli-Team zur Verfügung stellt. Der Nachteil bei der Aufstellung der Netze ist, dass diese zum Zeitpunkt der Versetzung nur provisorisch erfolgen kann und diese erst nachher fixiert werden können. Wesentlich weniger bis gar kein Aufwand ist bei der Versetzung der Stahlschneebrücken erforderlich, wenn man die "Nachmontage" der Zwischenbalken außer acht lässt.

Bezüglich des zu erwartenden Erhaltungsaufwandes liegen bis dato keine seriösen Kostenaufzeichnungen vor. Auf der Breitlehner-Lawine hatten wird in den letzten Jahren jedenfalls faktisch nur marginale bis gar keine Aufwendungen. In der Breitlehner-Lawine hängt dies jedoch unmittelbar mit Steinschlägen und Verletzung durch "Reibungen" der am Boden "liegenden" Seile (Netz- und Ankerseile) ab. Wichtig auf jeden Fall ist eine ein-bis zwei-jährliche Kontrolle der Netze, Seile und Seilklemmen sowie Ankersysteme. Grundsätzlich rechnet man als Richtwert für "Betreuungsarbeiten" an der Schneesetzverbauung mit ca. 5 - 10% höheren Kosten als bei den Stahlschneebrücken.

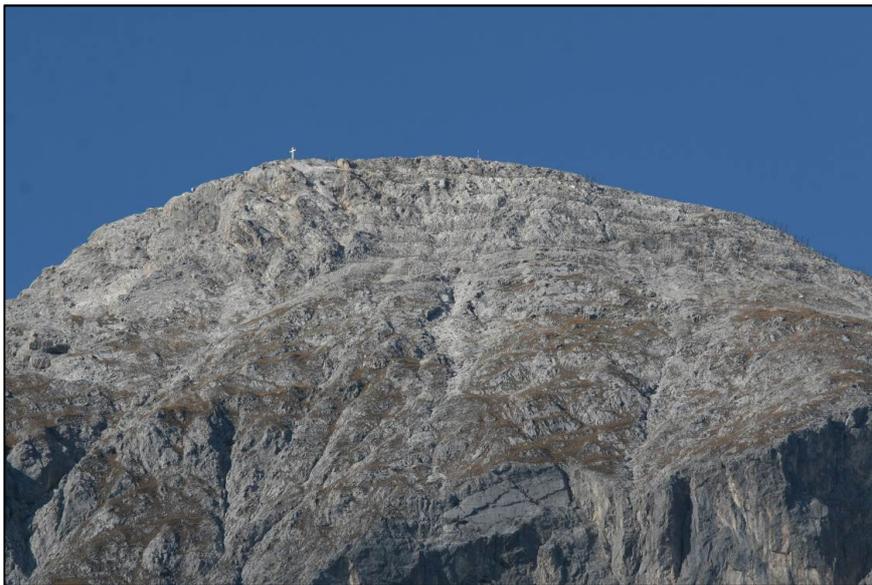


Abb. 12: Netzverbauung im Sommer; die Sichtbarkeit vor dem grauen Dolomit ist sehr gering



Abb. 13: In ebenmäßigem Gelände sind die Netze leicht anzuordnen

Wissenschaftliche Begleitung

Ergänzend zu den Verbauungen an der Breitlehnerlawine wurde auf dem Hafelekar in Innsbruck ein Testfeld eingerichtet, in dem drei verschiedene Typen von Schneenetzen instrumentiert wurden, um auftretende Zug und Druckkräfte feststellen zu können. Das Hafelekar wurde deshalb gewählt, da es von der Morphologie, der Höhenlage und der Hangexposition mit der ca. 25 km weiter westlichen Hohen Munde vergleichbar ist und durch die Hafelekarbahn ein dauernder Zugang auch während des Winters gewährleistet wurde. Ziel des Projektes war es, die derzeit übliche Bemessungsmethode nach Haefeli (1954) mit modernen Messmethoden zu überprüfen. Das Ergebnis der Messungen zeigt deutlich, dass die Berechnungen von Haefeli auf der sicheren Seite der Lastannahmen angesiedelt sind.

Die Erfahrungen mit Netzen auf der Hohen Munde gemeinsam mit den Messwerten auf dem Hafelekar wurden zu einer Praxisanleitung für die Verwendung von Schneenetzen für den internen Gebrauch bei der Wildbach- und Lawinenverbauung zusammen gefasst.

Auch bei der Entwicklung der ON-Regeln für den Permanenten Technischen Lawinenschutz (ONR 24806) wurden diese Erfahrungen eingebaut. Insbesondere die Notwendigkeit eines Betonfundamentes bei der Verwendung von Seilankern im Lockermaterial wurde in Folge von auftretenden Querkräften vorgeschrieben.



Abb.14: Instrumentiertes Schneenet auf dem Hafelekar zur Ermittlung von auftretenden Kräften.

Literatur/References

- Rammer, Lambert; Granig, Matthias (2009): Three years snownet project Hafelekar/Innsbruck; ISSW09, Davos, Switzerland
- Technischer Bericht Verbauungsprojekt 2003
- Ausführungsnachweise 2004 – 2013
- Schriftenreihe BMLFUW, Tätigkeitsbericht 2006
- Schriftenreihe BMLFUW, Praxisempfehlungen für den Einsatz von Schneenetzen

Freitag 17. Oktober 2014

11:30-12:00

Murdynamische 1:1 Versuche zur Kalibrierung von Detektionseinrichtungen und Murausbreitungsmodellen in fossilen Murablagerungen des Salzachtals

Manfred Scheikl

a l p i n f r a consulting + engineering gmbh, Salzburg

Abstract

Hazard mitigation structures as well as infrastructures like traffic or energy transportation routes need to be monitored to be able to identify past or forthcoming events as correctly and as early as possible to implement clearing measures or other operational measures. Therefore we developed a package of suitable sensors, a mobile and autarky data-collection and alarm-box as well as an online system for visualizing and implementing remote-sensor-data. A prototype was developed within a project announced by the Federal Ministry for Traffic, Infrastructure and Technology, represented by Austrian Research Promotion Agency (FFG), in the framework of traffic infrastructure research 2011. This article shows the results of a first test of the on-site and online components.

Ausgangslage und Zielsetzung

Um Maßnahmen wie vorsorgliche Sperren an Infrastrukturanlagen oder die Absenkung von gefährdeten Speichern einleiten zu können, ist die Kenntnis des Systemzustandes von Gefahrenzugsgebieten und auch von Schutzbauwerken (aktueller Ausnutzungsgrad) erforderlich. Auch die Einleitung von Maßnahmen wie etwa Evakuierungen von Baustellen, Gewerbe- und Siedlungsgebieten ist auf möglichst zuverlässige Daten aus dem Gefahrenzugsgebiet angewiesen. Dazu wurde im Rahmen des Programmes für Infrastrukturforschung 2011 ein Prototyp eines mobilen, autarken und vielseitig einsetzbaren Überwachungssystems entwickelt. Dieses System soll auch erlauben kurzfristige Überwachungserfordernisse etwa von Rutschhängen oder Felsstürzen abzudecken. Eine kurzfristige Instrumentierung wurde aus diesem Grund als weiteres Merkmal seitens der Bedarfsträger definiert.

Für den Test der Sensorgruppe für Muren und Wildbächen wurden Großversuche in fossilen Mursedimenten des Salzachtals im Bereich Pass-Luegg durchgeführt.

Erfassung von Systemzuständen in Gefahrenzugsgebieten

Die in der Testanordnung erfassten Parameter sind in Tab. 3 angeführt. Die Sensoren sowie die erforderlichen Interfaceschaltungen und die Monitoring-Box selbst wurden in enger Zusammenarbeit mit der Fa. Sysdect Mechatronik GmbH entwickelt und hergestellt. Im Zuge dessen war es erforderlich einen Verständnisprozess zwischen Naturgefahrenexperten und Messtechnikern aufzubauen um die Schnittstelle Prozessparameter//Messergebnisse//Alarmauslösung zu bedienen (Scheikl et. al. 2014).

Erfassung von Parametern und Hardwarepool (flexibel erweiterbar)			
Parameter	Sensor	Auflösung	Gefahrenprozess/Einsatzbereich
Beschleunigung bzw. Erschütterung	elektromechanische Wandler	1-500Hz	Mure, Wildbachabfluss, Hochwasserabfluss geschiebelastet Lawinendetektion Steinschlagdetektion an Strukturen und im Boden
Fließgeschwindigkeit Geschwindigkeits- änderungen	Doppler- radarsensoren	cm/s	Mure, Wildbachabfluss, Hochwasserabfluss Lawinendetektion Steinschlagdetektion
Fließhöhe und Fließhöhenänderung	Radarpegel Ultraschallpegel	cm/s	Mure, Wildbachabfluss, Hochwasserabfluss
Ereignisdurchgang	Reißdraht	Ja/nein	Felsablösung, Mure, Lawine
Volumenverdrängung	Infraschallsensor	Ja/Nein	Muren, Lawine, Felssturz
Bildverbindung	WEB-Kamera	skalierbar	Alle Prozesse

Tab. 3: Prozessparameter, Sensorik und Einsatzbereich (Scheikl et. al. 2014)

In den nachstehenden Abbildungen werden ausgewählte Sensoren und die mobile Datensammler- und Übertragungseinheit gezeigt (aus Scheikl et. al. 2014).



Abb. 6: Datenerfassungs- und Übertragungsbox



Abb. 7: Wasserdichte Sensorenschnittstellen



Abb. 8: Elektro-Mechanischer Wandler



Abb. 9: Radarpegel

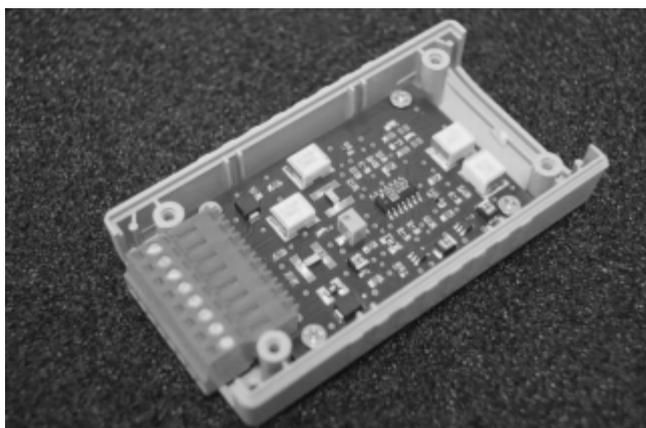


Abb. 10: Geophon-Interface-Schaltung



Abb. 11: Dopplerradar

Zentrales Datenerfassungs- und Visualisierungssystem

Um die laufend und anlassbezogen generierten Daten möglichst verfügbar zu halten wurde eine Datenerfassungs- und Visualisierungseinheit auf Open Source Code Basis entwickelt. Diese ermöglicht die räumliche Zuordnung von Messstellen, eine Darstellung von Gefahren- und Einwirkungsszenarien aus bestehenden Gefahrenabgrenzungen oder Modellierungen sowie die Visualisierung von aktuellen und historischen Messdaten. Alarmzustände werden im Vordergrund angezeigt. Die anlassbezogene Alarmierung erfolgt per SMS, Email vom Vor-Ortsystem. Echtzeitbilder und Links für Smartphones werden vom Onlinesystem generiert und verwaltet (siehe Abb. 17).

Funktionstest

Im Zuge von Funktionstests wurden Steinschlagdetektionsversuche ohne Schutzmaßnahmen und an instrumentierten Schutznetzen sowie Murdetektionsversuche durchgeführt. Dazu wurde uns ein Versuchsfeld freundlicherweise von den Salzburger Sand- und Kieswerken zur Verfügung gestellt. Idealerweise wird der Versuchsraum aus fossilen Steinschlag- und Murablagerungen aufgebaut, die aus steilen Rinnen des westlichen Randes des Tennengebirges in Richtung Salzachtal hervorgingen. Das Versuchsmaterial wurde aus den fossilen Ablagerungen entnommen (Scheikl et. al. 2014).

Versuchsordnung

Für erste Murversuche wurde eine unbefestigte Versuchsrinne errichtet um möglichst realitätsnahe Bedingungen zu erhalten. Es war beabsichtigt die Detektion von Muren außerhalb von Gerinnebauten wie Grundswellen oder Rückhaltemaßnahmen durchzuführen. Die Versuchsrinne wurde mit Längsmarkierungen und Reflektoren für die analoge Geschwindigkeitserfassung und die orientierte Vermessung des Geländes vor und nach den Versuchen mittels Laserscanner ausgestattet. Die Murdetektion wurden mittels elektromechanischer Wandler, Radarpegel, Dopplerradarsensoren, Videodetektoren und entfernte Infraschallsensoren durchgeführt.



Abb. 12: Versuchsrinne (aus Scheikl et. al. 2014)

Versuchsablauf

Im Zuge der Murversuche wurde fossiles Murmaterial ans obere Ende der Rinne gebracht und mit Wasser bis zur Grenzstabilität vorgesättigt. Entsprechend des Feststoffvolumens (aufgelockert) wurde mit derselben Menge Wasser die Mure ausgelöst. Die Messbox erfasste die Murgeschwindigkeit, die Sohl- bzw. Fließhöhe, die Bodenerschütterung und den Schalldruck in einem Schallspektrum zwischen 1Hz und 20kHz. Der Versuchsablauf wurde mittels drei Kameras verfolgt, wobei eine Überkopfkamera Detailaufnahmen der Durchgehenden Mure lieferte (siehe Abb. 13 und Abb. 14).



Auslösevorgang

Startphase



Maximale Geschwindigkeit und Erosion



Beginn der Ablagerung am Kegel



Auslaufender Prozess



Ausfiltrierungsphase

Abb. 13: Ablauf des Murversuches – Kamera 01



Ankunft der Front bei Überkopfkamera



Maximale Fließhöhe am Kameraquerschnitt



Maximale Ersoionsphase



Abklingender Prozess

Abb. 14: Ablauf des Murversuches – Kamera 02 - Überkopf

Ergebnis

Die bereits vorab im Zuge von Grundsatztests überprüften Sensoren lieferten bei allen durchgeführten Versuchen Daten, die zur grundsätzlichen Detektion von Muren geeignet sind. Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass auch neben der Murrinne im Boden vergrabene Geophone die zuverlässige Erfassung eines Ereignisses erlauben. Die Zuordnung der erfassten Signale zu Ereignisgrößen konnte ebenfalls gezeigt werden, wobei einzelne mitgeschleppte Blöcke diskret erfasst werden konnten. Die größte Bedeutung kam hierbei den Geophonen, dem Radarpegel sowie dem Dopplerradarsensor zu.

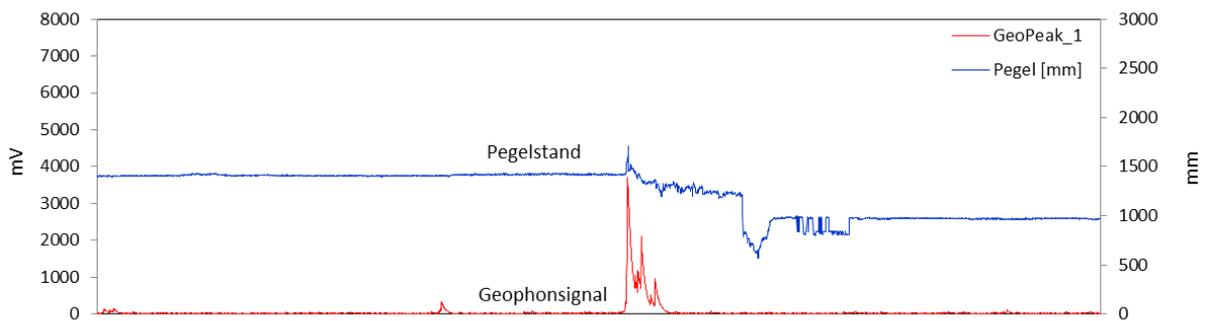


Abb. 15: Messwertverlauf des Radarpegelsensors und des Geophons – Versuchsmure

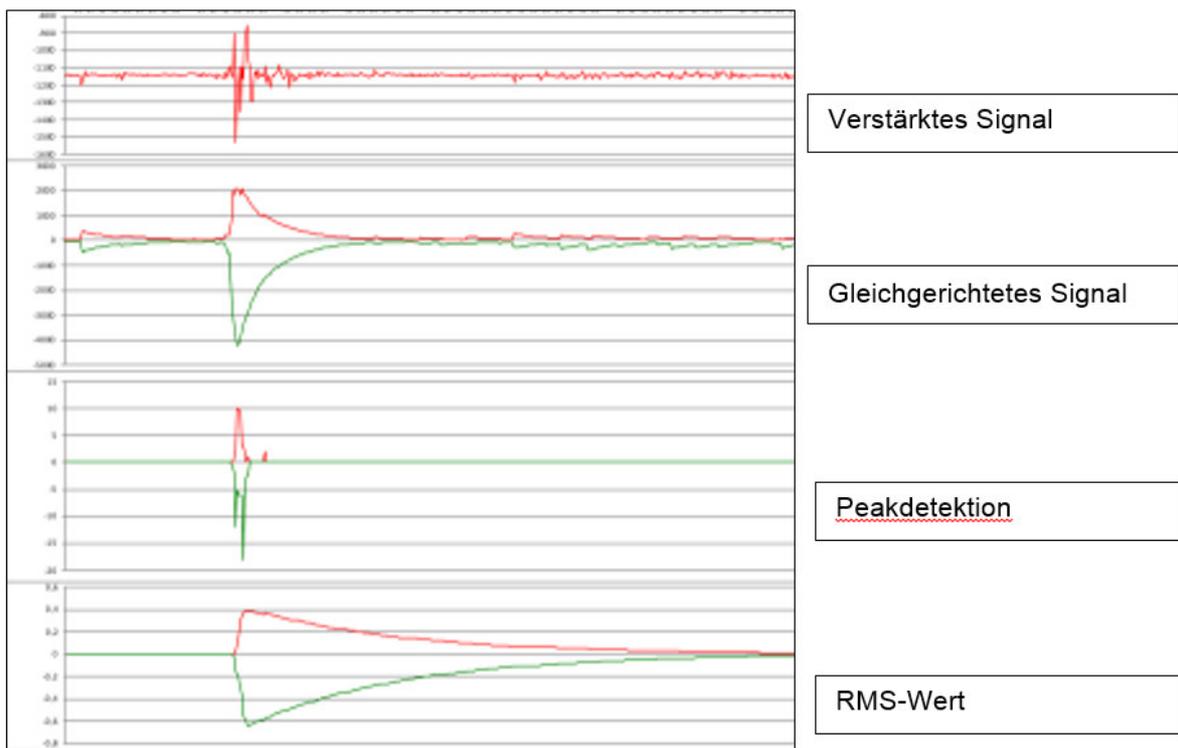


Abb. 16: Messwertverlauf des Radarpegelsensors und des Geophons – Versuchsmure

Wie geplant versandte die Messbox Alarm-SMS sowie entsprechende Alarm-E-mails (siehe Abb. 17) Am Onlineinformationssystem wurden alle Messdaten abgelegt und das Ereignis mittels Bildfolgen visualisiert.

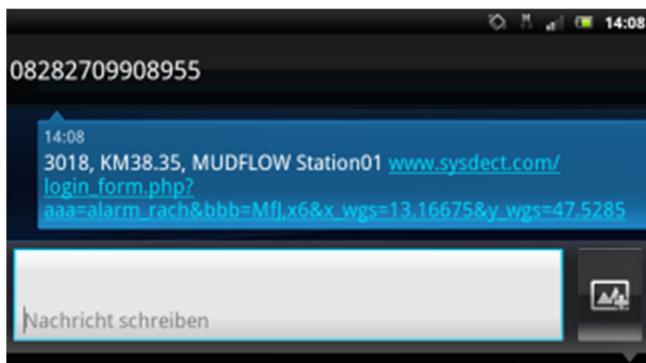


Abb. 17: Alarmmeldung am Smartphone mit Live-Link



Abb. 18: aktuelle Alarmmeldung am Onlinesystem

Zusammenfassung und Ausblick

Mit den Versuchen haben wir die Entwicklung eines flexibel einsetzbaren und mobilen Monitoring-Prototypen abgeschlossen und wird konnten die Funktionstauglichkeit des angestrebten Systems erfolgreich zeigen. Im Zuge der Versuche wurde eine Reihe von Sensoren auf Ihre Zuverlässigkeit hin überprüft. Redundant eingesetzte Sensoren erlauben eine zuverlässige Detektion von mur, Steinschlag und Lawineneignissen. Die Zuordnung von Ereignisintensitäten erlaubt darüber hinaus die Abschätzung der Entwicklung des erfassten Prozesses unterhalb der Messstelle. Zwei weiter entwickelte Systeme befinden sich bereits im Einsatz, eines für die Überwachung von Hangbewegungen und eines im Bereich einer Murgrabens. Ein umfangreicher Funktionstest mit Schwerpunkt kleine bis große Lawinen wird im kommenden Winter, auch mit weiteren Funktionstests der Infrarotsensoren stattfinden.

Literatur

- Aleotti, P. (2004). "A warning system for rainfallinduced shallow failures" *Engineering Geology* 73: 247–265.
- Abellán, A., J. Calvet, et al. "Detection and spatial prediction of rockfalls by means of terrestrial laser scanner monitoring." *Geomorphology* In Press, Accepted Manuscript.
- Chen, C.-Y., T.-C. Chen, F.-C. Yu, W. H. Yu, C.-C. Tseng (2005). „Rainfall duration and debris-flow initiated studies for real-time monitoring" *Environmental geology* 47: 715–724.
- Genevois, R., P.R. Tecca, M. Berti, A. Simoni (2000). "Debris-flow in the Dolomites: Experimental data from a monitoring system" in: "Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment" Wiezcorek, Naeser (eds.) Balkema, Rotterdam. 283–291.
- Harris, C., L. U. Arenson, et al. (2009). "Permafrost and climate in Europe: Monitoring and modelling thermal, geomorphological and geotechnical responses." *Earth-Science Reviews* 92(3-4): 117-171.
- Hürlimann, M., D. Rickenmann, C. Graf (2003). „Field and monitoring data of debris-flow events in the Swiss Alps" *Can. Geotech. J.* 40: 161–175.
- Itakura, Y., H. Inaba, T. Sawada (2005). "A debris-flow monitoring devices and methods bibliography" *Natural Hazards and Earth System Sciences* 5: 971–977.
- Iten M., F. Ravet, M. Niklés et al. (2009). "Soil-Embedded Fiber Optic Strain Sensors for Detection of Differential Soil Displacements" 4th International Conference on Structural Health Monitoring on Intelligent Infrastructure, 22. - 24. July 2009, Zurich, Switzerland.

- Kapeller, G. (xxx). „Bestimmung der verteilten Fließprozesse und Rutschbewegungen im Alpenin Gelände mit Hilfe der verteilten faseroptischen Messungen“ Dissertation, Arbeitsbereich Wasserbau, Universität Innsbruck, in press.
- Keefer, D.K., R.C. Wilson, R.K. Mark, E.E. Brabb, W.M. Brown, S.D. Ellen, E.L. Harp, G.F. Wieczorek, C.S. Alger, R.S. Zatkun (1987). “Real-Time Landslide Warning During Heavy Rainfall“ *Science* 238: 921–925.
- Litschi, M. (2005). „Kombination von Radar und Pluviometerdaten zu stündlichen Niederschlagsfeldern für die Schweiz. Validierung und klimatologische Auswertung.“ Diplomarbeit am IACETH, ETH Zürich. (http://www.iac.ethz.ch/doc/publications/litschi_diplomathesis_2005.pdf)
- Marchi, L., M. Arattano, A.M. Deganutti (2002). “Ten years of debrisflow monitoring in the Moscardo Torrent (Italian Alps)” *Geomorphology* 46: 1–17.
- Romang, H., C. Hegg, M. Gerber, N. Hilker, F. Dufour, J. Rhyner (2007). „IFKIS-Hydro: Informations- und Warnsystem für hydrologische Naturgefahren.“ *Wasser Energie Luft*, Jg. 99, Nr.1/2. Heft 2, diese Ausgabe.
- Rhyner, J., C. Hegg (2006). “Warning Systems for Hydrological Hazards in Small Catchments” in: *Proceedings of the International Disaster Reduction Conference, Davos, Switzerland, 27 August– 1 September 2006*: 909–912.
- Scheikl, M. et. al. (2000). „Multidisciplinary Monitoring Demonstrated in the Case Study of the Eiblschrofen Rockfall“ *Felsbau* 1(1): 24-28.
- Scheikl, M., G. Poscher, H. Grafinger (2000). „Application of the new automatic laser remote monitoring system (ALARM), for the continuous observation of the mass movement at the Eiblschrofen rock fall area – Tyrol.“ *Workshop on Advances Techniques for the Assessment of Natural Hazards in Mountain Areas*.
- Scheikl, M., G. Prasicek, V. Rachoy (2008). “3D-Snow-Cover Monitoring by using terrestrial Long Range Laserscanners” *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 10, EGU2008-A-03248.
- Scheikl M., Zadny S., Siebler P., Powell D, Henle A. (2014). „Detektion von Naturgefahrenprozessen mittels eines hybriden Systems aus Vor-Ort Sensoren und einem Onlinesystem“. *Journal for Torrent, Avalanche, Landslide and Rock Fall*, Nr. 173
- Sensornet (2010). "Dtss User Manual" Sensornet - The Sensing Advantage, United Kingdom.
- Sensornet (2011). "Dtss Specifications" Sensornet, United Kingdom.
- Suriñach, E., F. Sabot, et al. (2000). "Study of seismic signals of artificially released snow avalanches for monitoring purposes." *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere* 25(9): 721-727.
- Zvelebil, J. and M. Moser (2001). "Monitoring based time-prediction of rock falls: Three case-histories." *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere* 26(2): 159-167.

Freitag 17. Oktober 2014

12:00-12:30

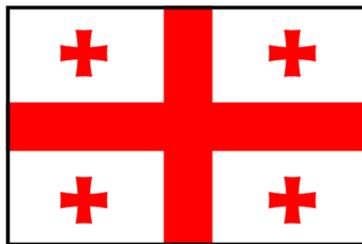
EU Civil Protection Mission Georgia 2014 – Debris Flow Mt. Kazbegi/Caucasus Early Warning System Report

Bernd Noggler

Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Zivil- und Katastrophenschutz



Humanitarian Aid
and Civil Protection



Katastrophenschutz Land Tirol



Civil Protection Tirol - Austria

1. Introduction & Mission background

This report has been compiled by Bernd Noggler, Team leader of an European Civil Protection Team (EUCPT) deployed through the (European) Union Civil Protection Mechanism in response to the Government of Georgia request for assistance. Georgia has been currently affected by a **large landslide (debris flow)** which occurred on 17 May.

The mission objective was to undertake a rapid assessment of the situation in the area. The above considerations should be combined into an overall assessment identifying any possible immediate or potential threats to local population and the environment. Recommendations for appropriate immediate

and mid-term action were provided on 2nd of June 2014 as well as recommendations to the national authorities, including disaster management and environmental authorities.

EU Civil Protection Mechanism:

In 2001, the **EU Civil Protection Mechanism** was established, fostering cooperation among national civil protection authorities across Europe. The operational hub of the Mechanism is the Emergency Response Coordination Centre (ERCC) which monitors emergencies around the globe 24/7, and coordinates the response of the participating countries in case of a crisis. Thanks to its pre-positioned and self-sufficient civil protection modules, the ERCC teams are ready to intervene at short notice both within and outside the EU. *Any country in the world can call on the EU Civil Protection Mechanism for help.* Since its launch in 2001, the EU Civil Protection Mechanism has monitored over 300 disasters and has received more than 180 requests for assistance (ec.europa.eu/echo).

The author has been deployed to nine EU mission including Haiti hurricanes (2008) Chile earthquake (2010), Pakistan floods (2010), Arabian spring humanitarian crisis (2011, 2012, 2013).

1.1 Background

A rock/ice/snow mass collapsed in the Dariali Gorge on 17 May, blocking the Tergi River. The disaster was a result of intensive movement of the Devdoraki glacier located at the 5047 meter-high peak. The collapsed material blocked the river Tergi and created a temporary dam flooding the surrounding area. According to the Emergency Management Department of the Ministry of Internal Affairs (as of 28 May), seven people are reported missing and one dead; about 200 people were evacuated by helicopter from the border crossing checkpoint and its nearby areas. The landslide caused substantial damage to the infrastructure; North-South Pipeline, running through the area, has been affected, suspending transit of Russian gas to Armenia via Georgia. Catastrophic, glacier related events at Devdoraki glacier have been reported during the last 120 years.



Fig. 1: Ice demolition / Devdoraki Glacier – Mt. Kazbegi (Georgie) / B. Nogglar (27.05.14)

Mt. Kazbegi has a long record of extreme ice-rock avalanches. The largest ice-rock avalanche recorded, occurred in 2002 on the Russian side of the mountain. On the north-eastern face of Mt. Kazbegi, 10-200 million cubic meters of rock and ice failed and fell onto Kolka glacier, triggering an ice-rock-debris flow down the valley with speeds up to 80m/second. More than 100 people were killed (source: EOS, Vol. 89, Nr. 47, Nov. 2008).

Debris flow warning systems can be classified into two main classes: *advance warning* and *event warning*. *Advance warning systems* predict the possible occurrence of a debris flow event before its occurrence by monitoring predisposing conditions (M. Arattano and L. Marchi, 2008).

Event warning systems or *event-triggered warning systems* detect a debris flow while it is already in progress and provides an alarm; eventually a public warning is issued.

Current event early warning system

The Emergency Management Department (EMD) in cooperation with National Environment Agency (NEA) and others (e.g. Georgian Border Police) are currently running an event warning system by monitoring the situation via two observation posts (highest at 2.284m (former met/glaciological station), lowest at 1.7715m). The observation points are connected with different communication systems (radio) to alert specialists and working personal on-site (reconstruction, measurements, etc.). Alerting is done via sirens, special rocket lights and radio within approx. 4min 50 sec maximum (average landslide conditions) – see “time map” below.

This first non-automatic early warning and alert system is running 7/24. Specialists from NEA (Geologists, Hydrologist, and Glaciologists) are watching the glacier constantly (during daylight and visible weather condition, noise/sound at night or bad weather).



**On-Site
Alert and Warning
Observation points
Communication**



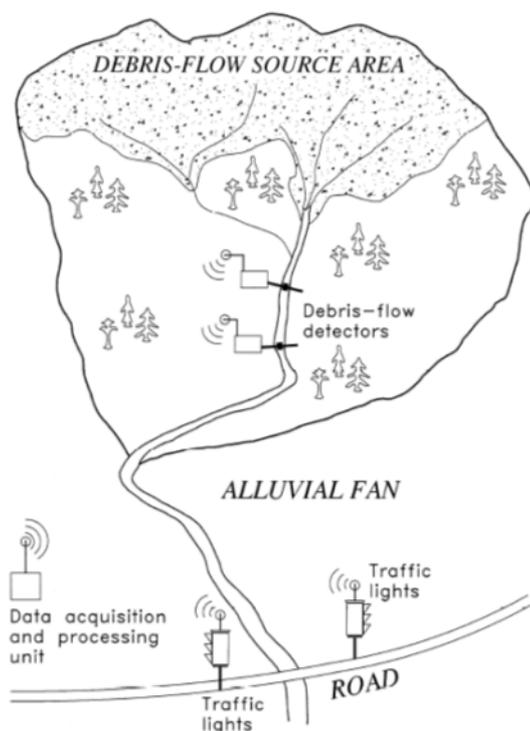
Fig. 2: Observation point and Command & Control Center (EWS) / Noggler (28.05.14)

This staff intensive warning system has to be replaced by a permanent early warning system based on automatic/sensor measurement systems.

20. August 2014: A second debris flow has again destroyed infrastructure in the same area and killing two people.

2. Recommendation #1: Establishing a landslide / torrent / avalanche (event) early warning system for Tergi Valley highway

The purpose of an event warning system is to provide an alarm when a debris flow is in progress. The sensors used for event warning systems are often the same adopted in debris-flow channels monitored for research purposes.



The sensors for detecting debris flows are only one component of event warning systems. Further components include a data acquisition and processing unit and devices to spread the alarm. The data acquisition and processing unit, installed in a safe position, receives data from debris-flow sensors, elaborates them and forwards the signals to the alarm devices (sirens, traffic light, etc.).

Fig. 3: Sketch of the components of a debris flow warning system (M. Arattano and L. Marchi, 2008).

Alarms are disseminated to address both the public, by means of sirens and traffic lights, and the personnel in charge of disaster management, by means of signals in emergency rooms (112.ge / border post / traffic police / others) and short messages on mobile phones.

Debris flows are fast mass movements, as a consequence, warning times for event alarm systems seldom exceed 3-5 minutes (see map below).

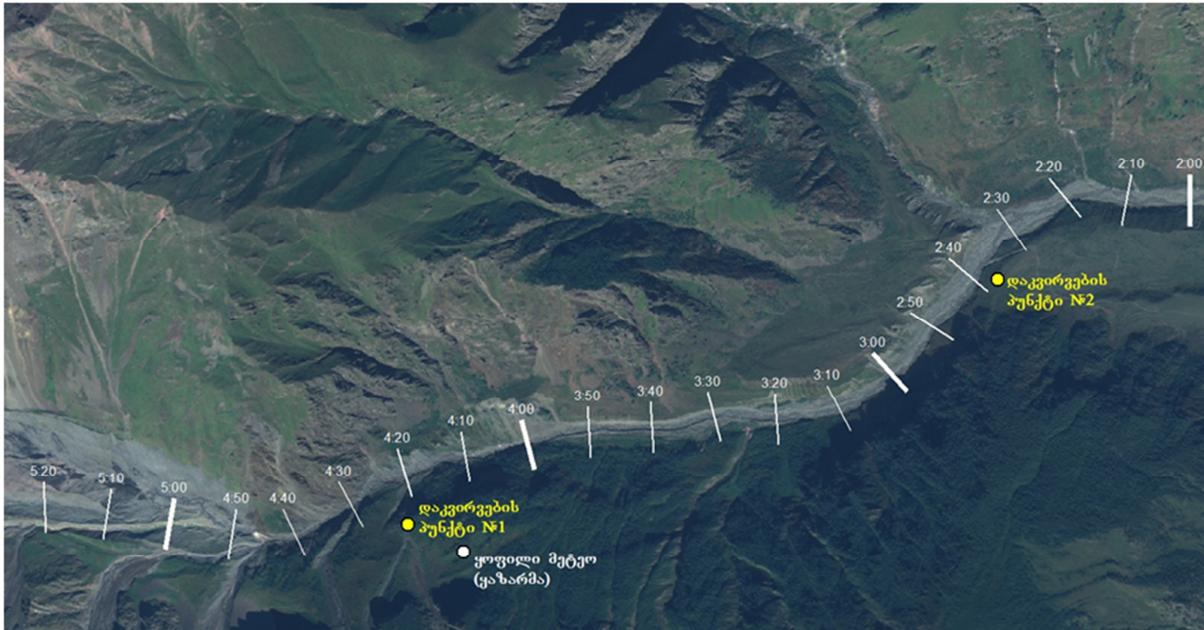


Fig. 4: Map: Warning Times (Min/Sec), Observation points (left/right point at 2.284m and at Amali/Devdoraki confluence (1.715m) and Warning and Communication point (right)).

Source: Geographic (GIS & RS Consulting Centre)

This causes important limitations in the use of event warning systems, which can be suitable for protecting transportation routes by stopping the traffic, whereas they are normally unfit to effectively protect inhabited areas because warning times are too short to evacuate people from endangered areas (M. Arattano and L. Marchi, 2008).



Debris flow
 Devdoraki
 Valley



Debris flow
 Amali
 Valley

Fig. 5: Devdoraki & Amali Valley / Noggler 27.05.14

It is obviously of the utmost importance to minimize the risk of system failure when issuing an alarm in the event of a debris flow. It is then advisable to adopt redundancy criteria into the design of an event warning system for debris-flows; the various components of the system (sensors, powering, data transmission, processing unit) should all be duplicated. At the same time, it is imperative to minimize false alarms; this can be achieved through a wise choice of sensors and installation sites. As previously mentioned, the use of integrated systems might also greatly help (M. Arattano and L. Marchi, 2008).

2.1. On site problems (Mt. Kazbegi)

- No long-term data available (missing weather data, hydrological data, glaciological measurement, etc.)
- Remote area with limited network access (internet, GSM, GSMR)
- Limitation in infrastructure (e.g. electricity)

The mentioned problems may cause restrictions for some measurement systems e.g.

- Video- and radar measurement system (data transmission limitation).
- Geophones (less seismic data for correlation available)

2.2. EWS – System for Tergi Valley (Mt. Kazbegi)

Based on our EUCP field assessment with Georgian experts from *NEA (National Environment Agency)* and *EMD (Emergency Management Department)*, experiences in Austria (*Province of Tirol*) and several discussion with colleagues representing all departments operating measurement and warning systems in the province of Tirol and experts from the federal *Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management– Forest Engineering Service in Torrent and Avalanche Control* we could recommend to start with following measurement systems:

ONE LASER MEASUREMENT STATION (LAMS)

ONE OR TWO LEVEL MEASUREMENT STATION(S) (LEMS)

ONE AUTOMATIC WEATHER STATION (AWS)

SOFTWARE FOR DATA COLLECTION, PROCESSING AND ALERTING (ACTION)

In addition to recommendation #1 (event EWS), Mt. Kazbegi area should be used as scientific research area again. All relevant geo-sciences (*Geology, Glaciology, Geomorphology, Meteorology, Volcanology, Seismology, GIS/Mapping/Modelling,...*) should re-establish scientific programmes. This will help to understand processes much better and may help to introduce advanced warning systems in future. Advanced early warning systems predict the possible occurrence of a debris flow event before its occurrence by monitoring predisposing conditions.

Re-establishing or introduction of intensive monitoring and measurement studies for Mt. Kazbegi. Including field studies, measurement programmes (additional AWS e.g. next to Mt. Kazbegi meteorological hut), national and international scientific co-operations.

Possible EU support (Copernicus):

- Satellite images via www.copernicus.eu processing to monitor volcano and its glaciers, slopes (European Earth Observation Programme).
- An intensive data collection programme should include (inputs Government of Tirol/Geology and ILIA State University)
- Analyses of subsurface gas emanations
- Thermal imaging
- Permanent seismic network
- Geochemical analyses of the ground water and hot springs.
- Rock dating for Kazbegi mountain.
- Geophysical field studies to infer massive structure (microgravity measurements, magnetic field measurements; MT measurements);
- Satellite image processing to monitor volcano and its glaciers, slopes
- Tectonic studies of the region.

3. Sources

Arattano, M, Marchi, L, (2008): Systems and Sensors for Debris-flow Monitoring and Warning, In: *Sensors* 2008, 8, 2436-2452

Dorsch, J., Kistler, E. & Attwenger, M. (2010): Großflächiges Laserscanning im Alpenraum als Grundlage für die Vorhersage von alpinen Naturgefahren. [Laser scanning project provides foundation for predicting natural hazards in the Alps.] – *Z. dt. Ges. Geowiss.*, 161: 129–137, Stuttgart.

Huggel, C, Caplan-Auerbach J. & Wessels R. (2008): Recent Extreme Avalanches: Triggered by Climate Change?. In: *EOS*, Vol. 89, No. 47, November 2008, p. 469-470

Special thanks to:

- EU: Arturas **Rackauskas** (EUCP Team Georgia 2014), Ketevan **Lomsadze** (ECHO Office Tbilisi), **ERCC staff** / Brussels (DG Humanitarian Aid & Civil Protection)
Georgia: George and Merab **Gaprindashvili**, Olga **Shashkina** (Min. of Environment)
- Austria: Gunther **Heißel**, Werner **Thöny**, Denise **Braunhofer** (Geology / Government of Tirol - GoT), Klaus **Niedertscheider** and Josef **Pfister** (Hydrography / GoT), Paul **Kössler** (Avalanche Warnings Service Tirol / GoT), Johannes **Anegg** and Stefanie **Millinger** (Geoinformation / GoT), Gebhard **Walter** (Min of. Agriculture, Forestry, Environment and Water Management / AT – Forest Engineering Service in Torrent and Avalanche Control), Markus **Buchauer** (Private consultant)

Freitag 17. Oktober 2014

12:30-13:00

Erkundung des Untergrundes bei Weißenbach (Lechtal, Bezirk Reutte) im Umfeld der Gips-führenden Raibler Schichten mittels (aero)geophysikalischer Methoden – erste Ergebnisse

Nils Tilch, Alexander Römer, Alfred Gruber, Michael Lotter, Edmund Winkler, & Ingrid Schattauer

Geologische Bundesanstalt (GBA), Neulinggasse 38, 1030 Wien

Zusammenfassung

In drei Untersuchungsgebieten des Außerferns (Tirol, Österreich) wurden in Ergänzung zu den dort laufenden geologischen Feldkartierungen geophysikalische Methoden (terrestrische Geoelektrik und Hubschraubergeophysik) eingesetzt, um über die Geländeinformationen hinaus flächendeckende und detaillierte Informationen zur räumlich variablen Beschaffenheit des Untergrundes zu erhalten.

Im Untersuchungsgebiet „Weißenbach“ besteht vor dem Hintergrund der bekannten Gipskarst-Problematik im Zusammenhang mit der Genehmigung von Bauvorhaben ein weiteres wichtiges Ziel darin zu prüfen, inwiefern Gips-führende Untergrundbereiche identifiziert und räumlich abgegrenzt sowie möglichst detaillierte Informationen zur Mächtigkeitsverteilung der Lockergesteinsauflage bzw. die räumlich variable Tiefenlage der Felsoberfläche erhalten werden können.

Basierend auf den bisherigen Auswertungen der vorhandenen (aere)geophysikalischen Daten kann aufgezeigt werden, dass die durch andere auflagernde Locker- und Festgesteinseinheiten „maskierten“ Gips-führenden Raibler Schichten (GRS) mittels der eingesetzten geophysikalischen Methoden gut identifiziert werden können, wenn sich diese hinsichtlich des elektromagnetischen Widerstandes hinreichend deutlich vom umgebenden Untergrund unterscheiden und deren Tiefenlage geringer als 50 m ist. Beispielsweise wurden bisher im direkten westlichen Randbereich von Weißenbach keine guten, aussagekräftigen Ergebnisse erzielt, da sich dort der elektromagnetische Widerstand der mittels Bohrungen und Schürfe in unterschiedlichen Tiefen nachgewiesenen GRS kaum/nicht von jenen der auflagernden fluvialen Sedimente unterscheidet. Zukünftig soll deshalb noch überprüft werden, ob andere Methoden und Strategien der Datenauswertung zu aussagekräftigen Informationen führen können. Im Gegensatz zum westlichen Bereich von Weißenbach konnten die GRS östlich von Rieden im Bereich Klausenwald-Wildmoos sehr gut in verschiedenen Tiefenlagen identifiziert werden, wo spätglaziale Eisrandsedimente Terrassen-artig auf den GRS lagern. Daher sind in diesem Bereich auch weitere Detailstudien geplant, mittels derer das Leistungspotential der aerogeophysikalischen Elektromagnetik hinsichtlich der Identifizierung der GRS und der Quantifizierung von Tiefenangaben geprüft werden soll.

Abstract

In three study areas of the region Außerfern (Tyrol, Austria) geophysical methods (terrestrial geoelectric and aerial geophysical measurements) were used in addition to the geological field work, to get more area-wide and spatial-detailed information regarding the heterogeneity of the geological subsurface. In the study area "Weißenbach" it was a further objective to get more detailed and quantitative information on the spatial variable thickness of sediment cover or the depth of the rock surface. Given the known gypsum karst problems in the region Außerfern in connection with the approval of construction projects it is interesting to examine in which way gypsum-containing environments of the geological underground can be identified.

Based on the analysis of the existing geophysical data it can be shown, that the gypsum-containing Raibler Formation (GRS) can be identified by the used geophysical methods, also if they are masked by overlying sediments and hard rock formations. This is only possible, if the electromagnetic resistance of the GRS is sufficiently different to the surrounding formations and the depth is less than 50 m. For example, we could not achieve good results in the western border area of Weißenbach, because the electromagnetic resistance is in various depths the same, although the GRS was identified in various depths by drilling. Therefore in the future we want to verify whether other methods and strategies of data analysis can lead to better and relevant results. In contrast to the western area of Weißenbach we identified the GRS very well in the eastern part of Rieden (Klausenwald-Wildmoos) in different depths, where late glacial fluvial sediments are positioned above the GRS. Therefore, in this area more detailed studies are planned to investigate the performance potential of aero-geophysical electromagnetics in terms of the identification of the GRS and the quantification of depth information.

1 Einleitung und Zielsetzung

Im Zuge der Geologischen Landesaufnahme seitens der Geologischen Bundesanstalt (GBA) wurden in den letzten Jahren umfangreiche Kartierungen im Bereich des westlichen Außerferns (insbesondere im Bereich der ÖK 114 HOLZGAU, siehe hierzu Lotter et al. 2014, Gruber et al. 2012) durchgeführt.

Im Rahmen solcher geologischen Feldkartierungen sind im Allgemeinen überwiegend nur oberflächennahe Informationen zu erzielen. Um darüber hinaus auch Informationen zur geologischen Beschaffenheit und Anisotropie des Untergrundes zu erhalten, wurden und werden seitens der GBA auch bereichsweise geophysikalische Methoden eingesetzt. Für eine realistische Interpretation der erzielten geophysikalischen Messdaten sind aber wiederum die fundierten geologischen Gebietskenntnisse und geophysikalischer Sachverstand unerlässlich. So wurden auch drei Untersuchungsgebieten des Außerferns („Schwarzwassertal“ „Weißenbach“ und „Vilsalpsee“; vgl. Abb. 1 und 2) geophysikalische Methoden (terrestrische Geoelektrik und Hubschrauber-geophysik) eingesetzt.

Im Untersuchungsgebiet „Weißenbach“ besteht vor dem Hintergrund der bekannten Gipskarst-Problematik im Zusammenhang mit der Genehmigung von Bauvorhaben ein wichtiges Ziel darin zu prüfen, inwiefern Gips-führende Untergrundbereiche identifiziert und räumlich abgegrenzt sowie möglichst detaillierte Informationen zur Mächtigkeitsverteilung der Lockergesteinsauflage bzw. die räumlich variable Tiefenlage

der Felsoberfläche erhalten werden können. Im Rahmen des Vortrages soll eine Auswahl der bisher im Untersuchungsgebiet „Weißenbach“ erzielten Ergebnisse und die weitere Vorgehensweise vorgestellt und diskutiert werden.

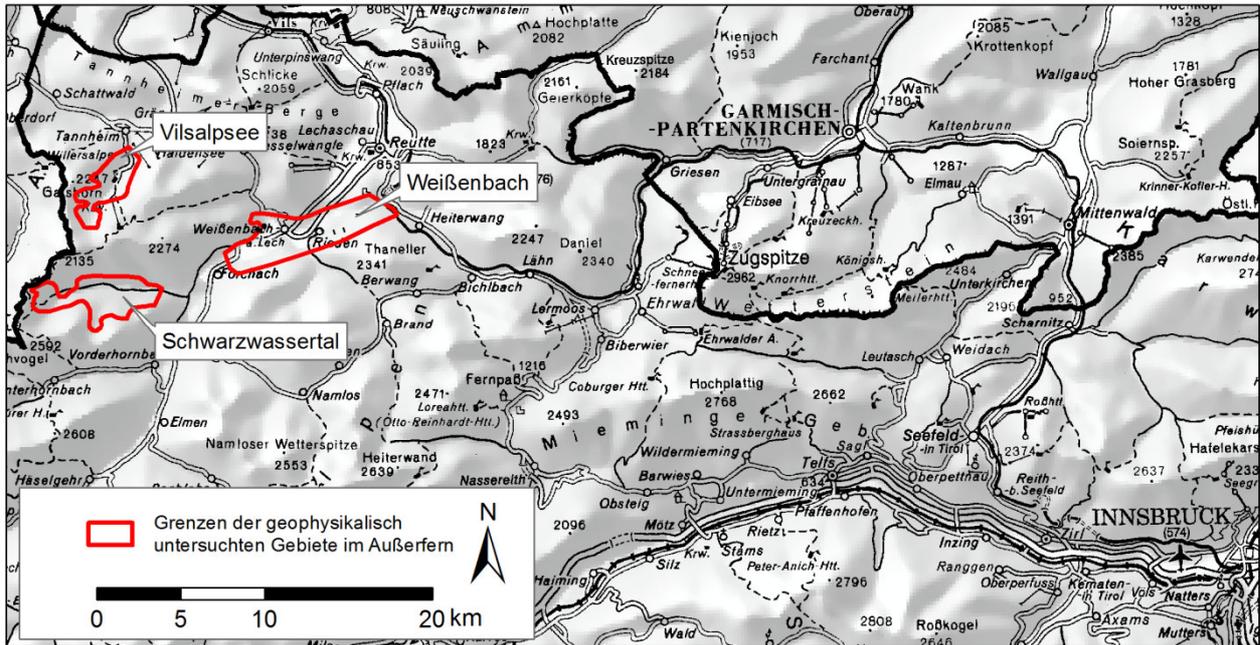


Abb. 1: Lage und Abgrenzung der drei geophysikalischen Untersuchungsgebiete Schwarzwassertal, Weißenbach und Vilsalpsee im Außerfern. Quelle der dargestellten Basisdaten: ÖK500 und DHM; © BEV.

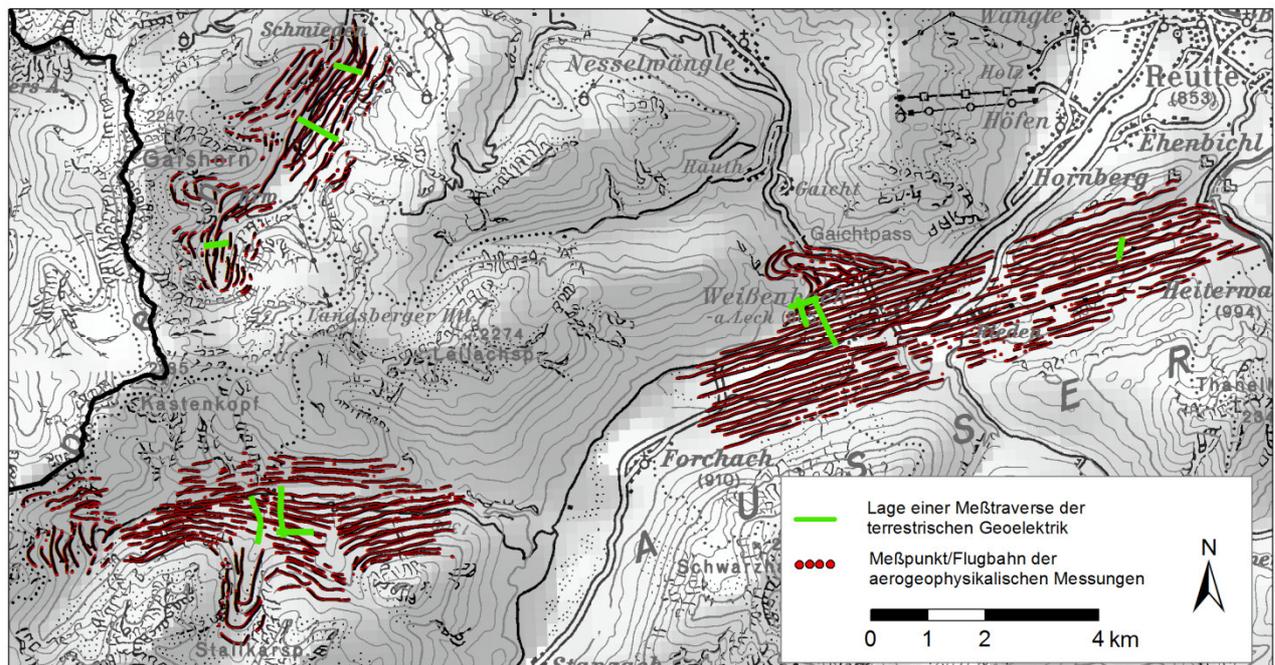


Abb. 2: Lage der Messpunkte/Flugbahnen der aerogeophysikalischen Messungen und der Messtraversen der terrestrischen Geoelektrik in den drei Untersuchungsgebieten. Quelle der dargestellten Basisdaten: ÖK200 und DHM; © BEV.

2 Das Untersuchungsgebiet „Weißbach“

Grob betrachtet besteht das Grundgebirge im Untersuchungsgebiet „Weißbach“ von Süd nach Nord (vom Liegenden in das Hangende) aus Hauptdolomit, Raibler Schichten und Wettersteinkalk (vgl. Abb. 3). Im Allgemeinen dominieren im westlichen Bereich NW/SE-Streichrichtungen und im östlichen Bereich NE-SW-Streichrichtungen bei etwa südlichen Einfallsrichtungen. Kleinräumig sind jedoch infolge der tektonischen und Karst-bedingten Verformung des Grundgebirges sehr variable Lagerungsverhältnisse festzustellen. So haben beispielsweise Gefügemessungen an der SE-Flanke der Rauhköpfe ergeben, dass eine nach Südosten abtauchende Antiklinalstruktur vorliegt (vgl. Abb. 4). An den SW- und NE-Hängen der Rauhköpfe sind deren Flanken aufgeschlossen. Diese Antiklinalstruktur ist jedoch wiederum intern durch zahlreiche kleinere Synklinal- und Antiklinalstrukturen (Flexuren) gekennzeichnet, so dass sich durch den Verschnitt mit der Topographie für den Ausstrich der Gips-führenden Raibler Schichten ein unregelmäßiger Verlauf ergibt. Mit der übergeordneten Antiklinalstruktur mit nach Südosten abtauchender Achse lässt sich auch die Verbreitung der mittels ALS-Daten identifizierten Geländesenken (potentielle Gipsdolinien) im Umfeld des Ausstrichs der Gips-führenden Raibler Schichten gut erklären (vgl. Abb. 4).

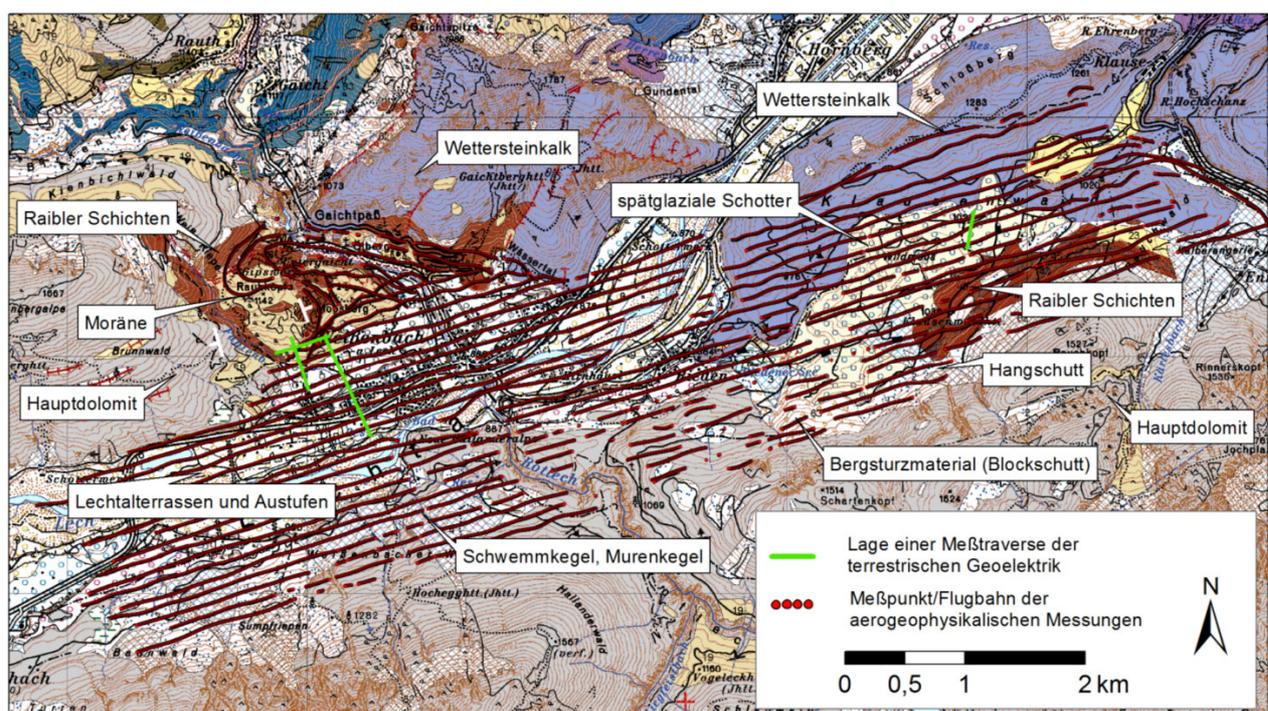


Abb. 3: Ausschnitt der verfügbaren Geologischen Karte (Geofast-Karte, nach Kreuss et al. 2009; © GBA) und Lage der Messpunkte/Flugbahnen der aerogeophysikalischen Messungen und der Messtraverse der terrestrischen Geoelektrik im Bereich des Untersuchungsgebietes „Weißbach“. Quelle der dargestellten Basisdaten: ÖK50; © BEV.

Bei den Gips-führenden Raibler Schichten handelt es sich im Allgemeinen ausschließlich um recht lokale Einzelvorkommen, die in stratigraphischer Hinsicht nicht horizontbeständig sind. Die einzelnen Gipslager befinden sich teilweise im ursprünglichen Schichtverband, teilweise wurden diese durch tektonische Vorgänge aber auch verlagert und ausgequetscht (Jerz 1966). Die Evaporite (Anhydrit und Gips)

konzentrieren sich in den hangenden Raibler Schichten, wo diese von Dolomiten der Raibler Schichten (oft Rauhwacke) unter- und überlagert werden. Die liegenden Dolomite sind partiell durch hohe Bitumengehalte gekennzeichnet. Der Gips tritt im Untersuchungsbereich häufig in der Form von sogenannten Gipsmergeln und/oder als unreine, tonige Gipspartien auf.

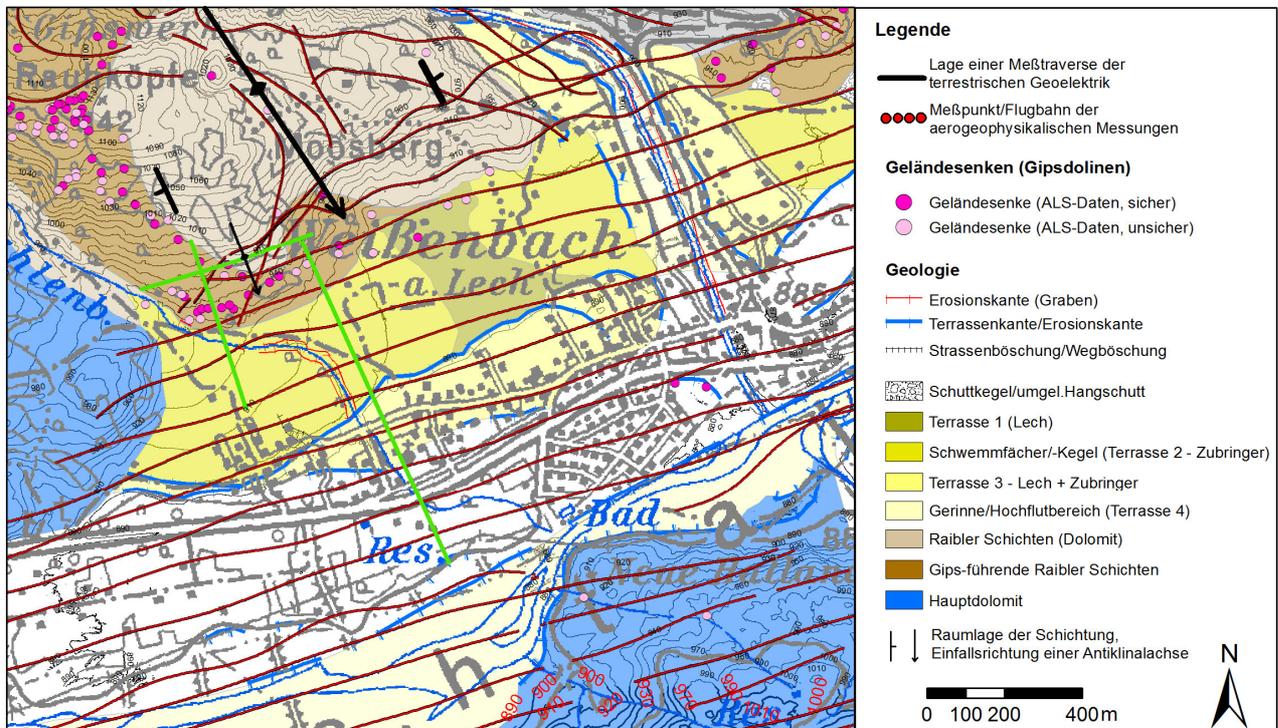


Abb. 4: Ausschnitt der basierend auf den geologischen Geländeerhebungen, ALS-Daten und Luftbildern erstellten geologischen Karte im Umfeld der Raichköpfe bei Weissenbach. Quelle der dargestellten Basisdaten: ÖK50; © BEV.

Im Bereich Klausenwald-Wildmoos östlich von Rieden besteht das Grundgebirge im Norden aus Wettersteinkalk (Klausenwald) und im Süden aus Hauptdolomit. Im zentralen Bereich „Wildmoos“ wird das Grundgebirge von mächtigen spätglazialen Schottern überdeckt. (vgl. Abb. 3 und Abb. 5). Zahlreiche Geländesenken im Bereich der spätglazialen Schottern sind ein Indiz dafür, dass diese entsprechend der stratigraphischen Abfolge vom liegenden Hauptdolomit im Süden bis zum hangenden Wettersteinkalk im Norden von Gips-führenden Raibler Schichten unterlagert werden. Allerdings sprechen einige Geländeindizes dafür, dass es sich bei den Geländesenken bereichsweise nicht um Gipskarstdolinen, sondern um Toteislöcher (siehe Abb. 4: Toteissedimente?) handeln könnte.

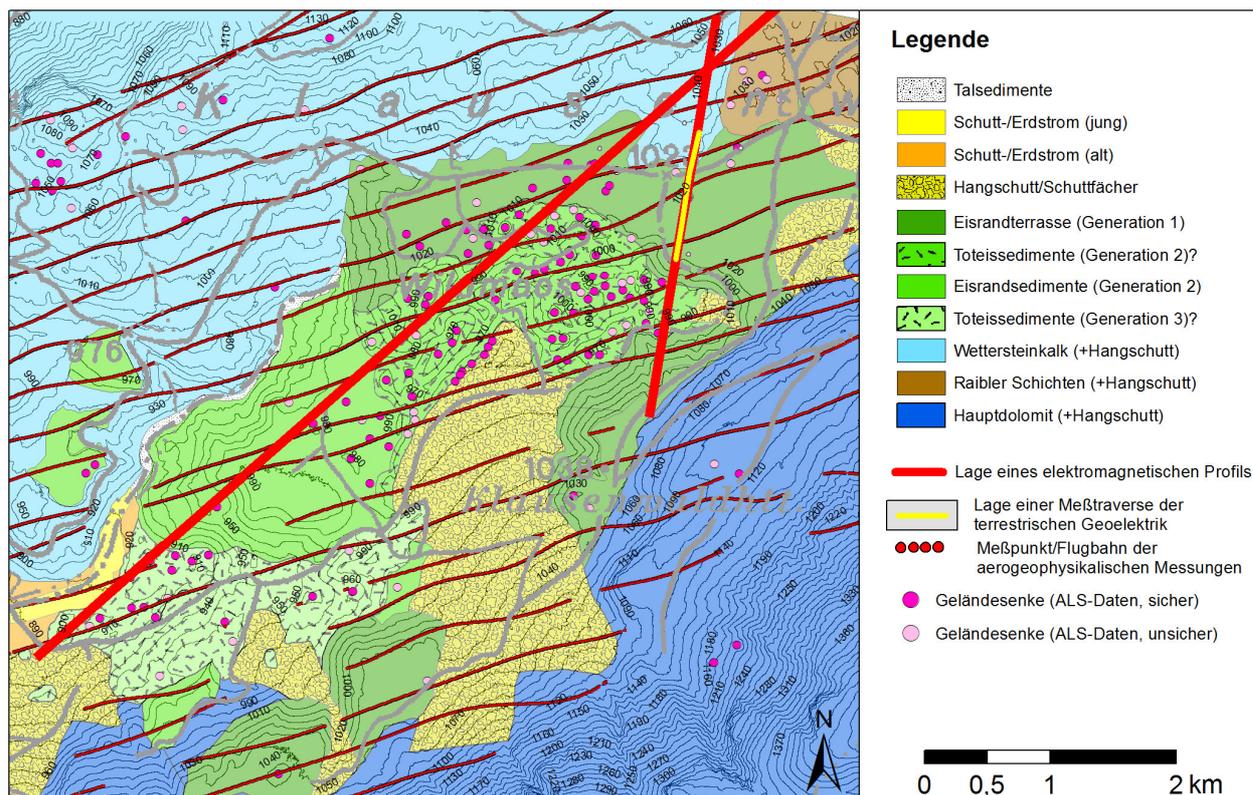


Abb. 5: Ausschnitt der basierend auf den geologischen Geländeerhebungen, ALS-Daten und Luftbildern erstellten geologischen Karte im Bereich Klausenwald-Wildmoos bei Rieden. Quelle der dargestellten Basisdaten: ÖK50; © BEV.

3 Grundlagen der geophysikalischen Methoden

3.1 Geoelektrik

Aus den mittels geoelektrischen Multielektrodensystemen gewonnen Messergebnissen (Pseudowiderständen) wird mit einem Inversionsverfahren (Methoden der finiten Differenzen) ein Modell der Widerstands- Tiefenverteilung berechnet und iterativ den Messergebnissen angepasst. So erhält man als Ergebnis die Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstandes des Untergrundes in Form von Profilschnitten, wobei die Topographie entlang der Profile berücksichtigt wird.

3.2 Aerogeophysikalische Methoden

Zu den wichtigsten für aerogeophysikalische Messungen relevanten physikalischen Eigenschaften von Mineralien bzw. Gesteinen zählt unter anderem die elektrische Leitfähigkeit, die magnetische Suszeptibilität (Gehalt an magnetischen Mineralien) und die natürliche Radioaktivität (Funktion des Gehalts an radioaktiven Mineralien). Weist nun eine Gesteinsserie einen signifikanten Unterschied bezüglich der eben erwähnten physikalischen Eigenschaften gegenüber den sie umgebenden Gesteinen auf, so kann die Anwendung aerogeophysikalischer Messverfahren zur Identifizierung von Homogen- und Anomaliebereichen der unterschiedlichen Parameter dienen. Für eine ausführliche Darstellung des Messsystems siehe Ahl et. al. (2012). Die genaue Kenntnis des Auflösungsvermögens des verwendeten Messverfahrens ist bei der Interpretation entscheidend. Eine zu untersuchende Gesteinsabfolge muss eine

Mindestgröße bzw. Position aufweisen, die ein noch nutzbares Messsignal erzeugt. Aeroeophysikalische Messverfahren sind bei vielen Untersuchungen gut geeignet, entsprechende geowissenschaftliche Grundlagen zu erstellen, da sie schnell flächendeckende Informationen über größere Gebiete liefern können. Darauf aufbauend können gezielt Bohrungen, geologische Geländeaufnahmen, Bodengeophysik, etc. geplant werden.

Im Einzelnen sind die Ergebnisse und Auflösungsverhältnisse der verschiedenen Messverfahren wie folgt:

Aeroelektromagnetik (AEM)

Als Ergebnis einer Inversion (Modellierung) der elektromagnetischen Daten werden Verteilungen des elektrischen Widerstandes als Mehrschichtfall (bis 8 Schichten) berechnet. Die Ergebnisparameter im Einzelnen sind:

- elektr. Widerstände der Schichten [Ohmm]
- Mächtigkeit der einzelnen Schicht [m]

Laterale Auflösung: Der Messpunkt Abstand entlang eines Profils beträgt etwa 3m. Zu beachten ist, dass die EM einen Einflusskreis von ca. 75-100 m um den Messpunkt hat. D.h. man erhält eine gewichtete Flächeninformation, deren Schwerpunkt am Messpunkt liegt.

Vertikale Auflösung: Die vertikale Auflösungsgenauigkeit hängt von den jeweilige vorherrschenden Verhältnisse der elektr. Widerstände ab. Die vertikale Auflösungsgenauigkeit kann mit $\pm 5-10$ Meter erwartet werden.

Die Auswertung für eine Beurteilung der Deckschichtencharakteristik kann u.U. infolge der oftmals geringen Deckschichtmächtigkeiten (<5m) an die Auflösungsgrenzen des Messsystems stoßen. Die Ergebnisse können jedoch als Interpretationshilfen verwendet werden.

Gammastrahlenspektrometrie

Als Ergebnis der radiometrischen Daten werden die Verteilungen der verschiedenen natürlichen radioaktiven Isotope, die in höheren geochemischen Gehalten auftreten, ausgewertet. Somit erhält man eine flächenhafte Verteilung folgender Ergebnisparameter:

- Gesamtstrahlung (total count)
- Kalium (%)
- Uran (ppm)
- Thorium (ppm)

Die Erkundungstiefe dieses Messsystems beträgt 50 cm. Dies bedeutet, dass damit eine laterale Kartierung radiometrisch unterschiedlicher Körper erfolgt. Laterale Auflösung: Der Messpunkt Abstand entlang eines Profils beträgt etwa 30m. Zu beachten ist, dass die Gammastrahlenspektrometrie einen Einflusskreis von ca. 75-100 m um den Messpunkt hat. D.h. man erhält eine gewichtete Flächeninformation, deren Schwerpunkt am Messpunkt liegt. Vertikale Auflösung: Eine Aussage über Mächtigkeiten ist nicht möglich.

4 Bisherige Ergebnisse im Untersuchungsbereich Weißenbach (eine Auswahl)

Für den Untersuchungsbereich Weißenbach wurde basierend auf den zahlreichen Messungen (Summe: 46.394) entlang der Flugbahnen flächendeckende und -detaillierte Karten des elektrischen Widerstandes [Ohmm] für Flurabstände im 5 Meter - Intervall (0, 5, 10.....75 m) berechnet. Hierbei zeigt sich, dass die Widerstände in allen Flurabständen kleinräumig (lateral und vertikal) sehr variabel sind (vgl. Abb. 6 und 7).

Hohe oberflächennahe Widerstände (vgl. Abb. 6) sind insbesondere im Ausstrichbereich des Hauptdolomits, des Wettersteinkalks und der Karbonate der Raibler Schichten sowie in den jüngeren Schottern des Lechtales festzustellen, wo das auflagernde Lockergestein durch vergleichsweise hohe Steinanteile und geringe Feinkornanteile gekennzeichnet ist.

Geringe und intermediäre Widerstände konnten vorzugsweise im Ausstrichbereich der Gips-führenden Raibler Schichten sowie der Schwemmkegel der Seitenbäche und der älteren Terrassenschotter des Lechtales nachgewiesen werden. Dies lässt sich gut mit vergleichsweise höheren Feinkornanteilen (und einhergehenden höheren Bodenfeuchtigkeiten und Wasserspeicherkapazitäten) erklären, die u.a. den Raibler Schichten entstammen.

Mit größeren Flurabständen sind auch bereichsweise unterhalb der jüngeren Lechtalschotter relativ geringe Widerstände festzustellen, die auf Grundwasser-führende Bereiche innerhalb der Lechtalschotter schließen lassen. Ebenso sind in größere Tiefe im Bereich der Rauhköpfe und im Klausenwald-Wildmoos verbreitet geringere Widerstände nachgewiesen worden, die dort weitestgehend nur auf tonig-schluffige Raibler Schichten zurückgeführt werden können, die potentiell Gips-führend sind. Basierend auf den erzielten Flurabstand-spezifischen Widerstandskarten wurden entlang von mehreren Traversen Profile des elektromagnetischen Widerstandes modelliert (vgl. Abb. 9: Profil Rauhköpfe-Lechtal; Profil EM-W1 in Abb. 7).

Für jede Traverse wurden mehrere Profile modelliert, die jeweils Datenmengen unterschiedlicher Entfernung zur Profillinie („Radien“) berücksichtigen. Hierbei gehen die Daten bei zunehmender Entfernung zum Profil zunehmend schwächer in die Modellierung ein. Größere Daten-Radien haben den Vorteil, dass ein stärker generalisiertes Profil erzeugt wird. Hingegen liefern kleinere Daten-Radien eher Informationen zur tatsächlichen Widerstandverteilung entlang des Profils, so dass stark interpolierte Widerstandsbereiche eliminiert werden. Ferner wurden unterschiedliche Werteklassifikationen angewendet, mittels derer eine bessere Identifizierung von Lockergesteins- und Festgesteinseinheiten möglich ist.

Unter der Einbeziehung von Informationen geologischer Geländeerhebungen und terrestrischer geoelektrischer Messungen wurden die elektromagnetischen Profile geologisch interpretiert. Auch wenn geoelektrische und elektromagnetische Widerstände quantitativ nicht direkt vergleichbar sind, so können dennoch die räumlichen Variabilitäten und Trends der Werte durchaus verglichen werden. So wurde beispielsweise mittels terrestrischer Geoelektrik entlang des elektromagnetischen Profils im Talboden des Lechtals eine vergleichbare Widerstandverteilung erzielt (vgl. Abb. 8 und 9). So ist beispielsweise in beiden Profilen im Bereich der älteren Terrassenschotter (NW` Talboden) eine Abfolge von hangenden

Sedimenten mit geringen Widerständen und liegenden Sedimenten mit höheren Widerständen festzustellen.

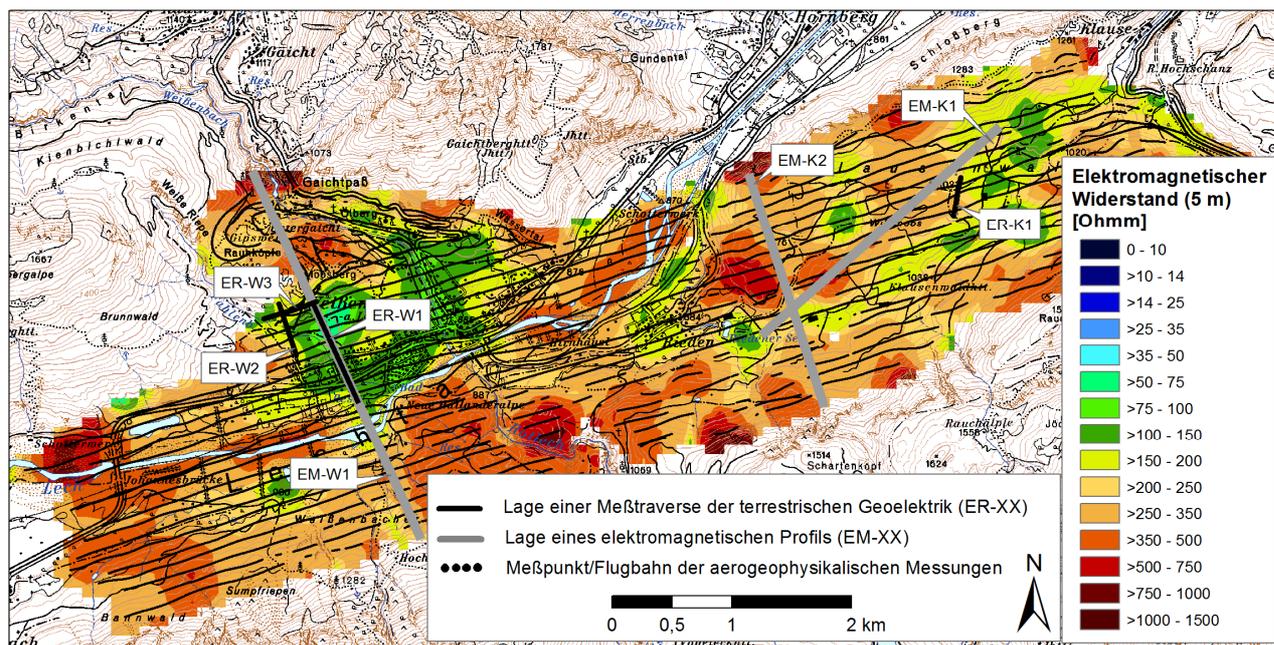


Abb. 6: Mittels Aerogeophysik erzielte Verteilung des elektromagnetischen Widerstandes in 5 m Tiefe sowie Lage der Messpunkte/Flugbahnen der aerogeophysikalischen Messungen, der Messtraversen der terrestrischen Geoelektrik und des modellierten elektromagnetischen Profils im Bereich des Untersuchungsgebietes „Weißbach“. Quelle der dargestellten Basisdaten: ÖK50; © BEV.

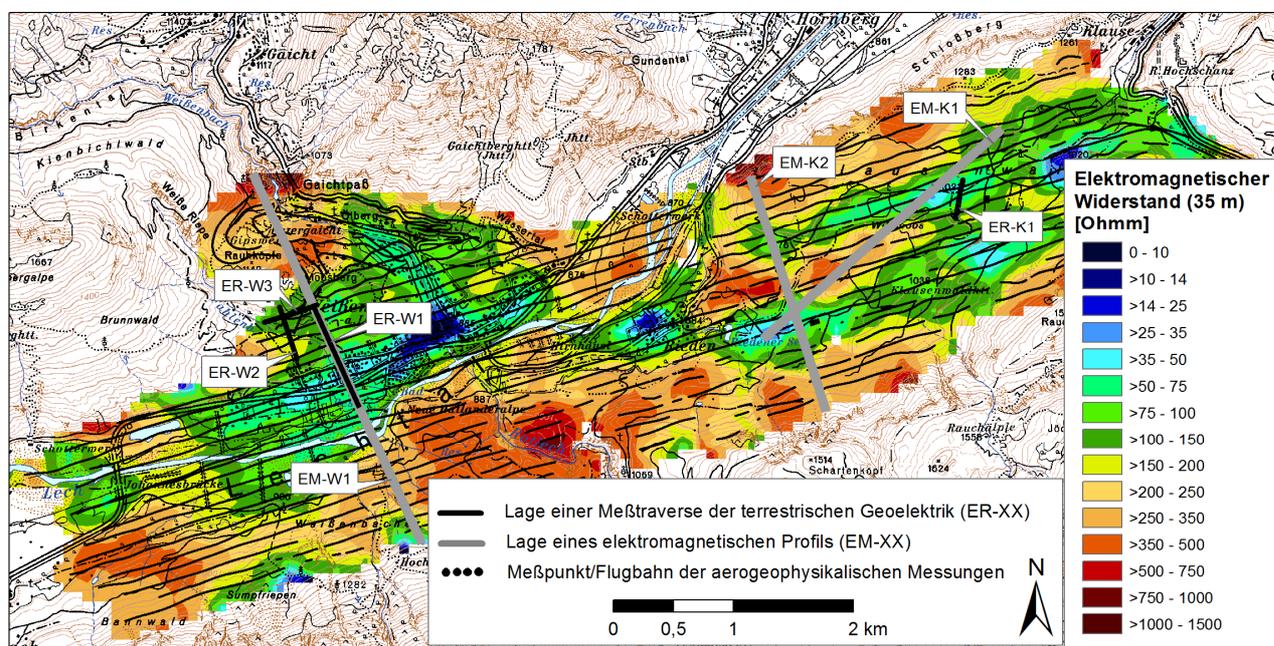


Abb. 7: Mittels Aerogeophysik erzielte Verteilung des elektromagnetischen Widerstandes in 35 m Tiefe sowie Lage der Messpunkte/Flugbahnen der aerogeophysikalischen Messungen, der Messtraversen der terrestrischen Geoelektrik und des modellierten elektromagnetischen Profils im Bereich des Untersuchungsgebietes „Weißbach“. Quelle der dargestellten Basisdaten: ÖK50; © BEV.

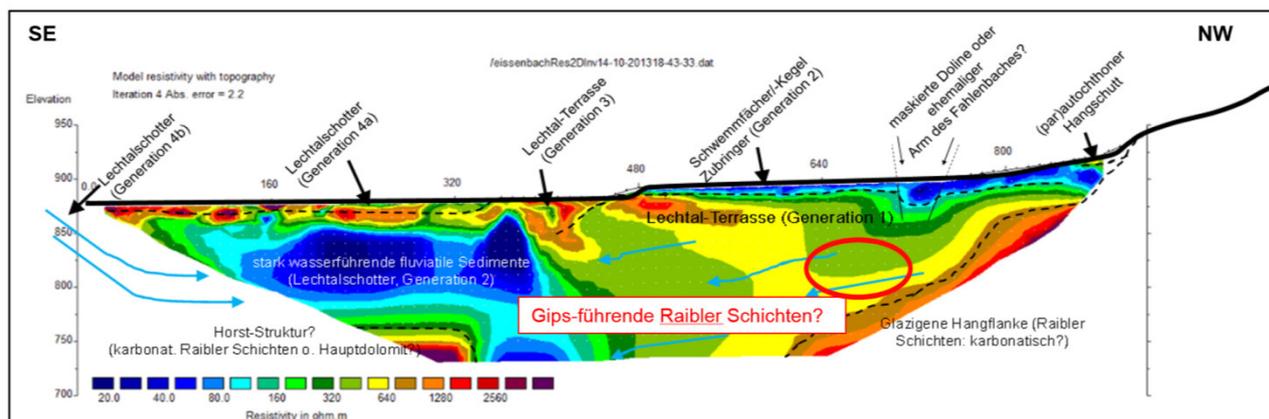


Abb. 8: Erzieltes geoelektrisches Profil entlang der Messtraverse ER-W1 und dessen Interpretation.

Im Tieferen Untergrund folgt das hochohmige Grundgebirge, welches allerdings aufgrund der großen Tiefenlage mittels aerogeophysikalischer Elektromagnetik nur andeutungsweise erfasst werden konnte. Ebenso wurden mittels beider Methoden festgestellt, dass im Nahbereich des Lechs Sedimente mit recht hohen Widerständen Sedimenten mit sehr geringen Widerständen auflagern. Letzteres ist vor allem auf Grundwasserkörper zurückzuführen. Mittels Elektromagnetik konnte im Gegensatz zum nordwestlichen am südöstlichen Rand des Lechtales außerhalb des geoelektrischen Profils sehr gut das unter dem fluviatilen Lechtalschotter lagernde Grundgebirge identifiziert werden. Dies liegt darin begründet, dass einerseits das Grundgebirge nicht so steil in zu große Tiefen abtaucht und andererseits deutliche Widerstandsunterschiede zwischen Lechtalschotter (geringe Widerstände) und Grundgebirge (Hauptdolomit: hohe Widerstände) vorliegen. Ähnliche Auswertungen erfolgten bislang vorzugsweise entlang aller geoelektrischen Messtraversen (vgl. Abb. 7), um sowohl eine gebietsweite und Methoden-übergreifend schlüssige Gesamtinterpretation zu erzielen, als auch Formations-spezifische Wertebereiche und deren räumlichen Variabilität identifizieren zu können. Im Rahmen des Vortrages werden deshalb auch Teile jener Ergebnisse vorgestellt, die im Bereich Klausenwald-Wildmoos bei Rieden erzielt wurden.

5 Schlussfolgerungen und geplante weitere Vorgehensweise

Bisherige geologisch-geophysikalische Untersuchungen im Außerfern haben ergeben, dass mittels aerogeophysikalischer Elektromagnetik vielerorts die unterirdische Topographie des Grundgebirges gut erfasst werden kann, sofern deren Flurabstand unwesentlich größer als 50 m ist und signifikante Widerstandkontraste zum auflagernden Lockergestein vorhanden sind. Innerhalb des erfassbaren Grundgebirges lassen sich mittels aerogeophysikalischer Elektromagnetik insbesondere die tonig-schluffig-mergeligen Festgesteinspartien (geringere bis intermediäre Widerstände) räumlich abgrenzen, in denen potentiell der Gips der Raibler Schichten anzusiedeln ist. Hingegen haben alle anderen im Gebiet vorkommenden Festgesteinseinheiten (Karbonate der Raibler Schichten, der Hauptdolomit und der Wettersteinkalk) zumeist deutlich höhere Widerstandswerte. Eine Unterscheidung dieser karbonatischen Einheiten untereinander ist mittels Elektromagnetik im Untersuchungsbereich bisher nicht möglich gewesen.

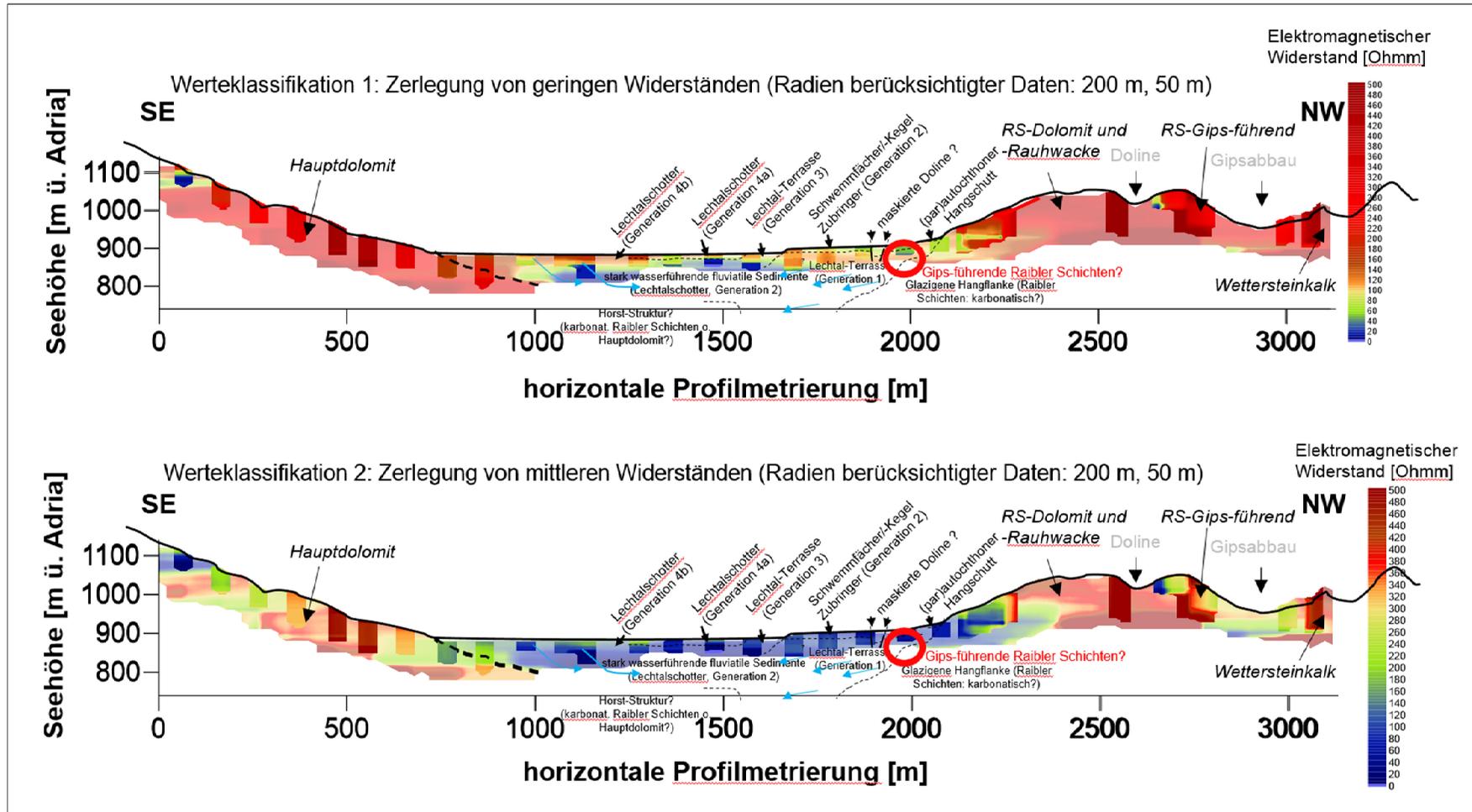


Abb.9: Mittels unterschiedlicher Messdatenteilmengen, unter Verwendung unterschiedlicher „Search-Radien“ (vgl. Text), modellierte elektromagnetische Profile entlang der Traverse EM-W1 bei Weißenbach (vgl. Abb. 7). Hinsichtlich der besseren Identifizierung von Lockergesteins- (Abb. oben) und Festgesteinseinheiten (Abb. unten) wurden die modellierten Werte des elektromagnetischen Widerstandes in der bisher bewährten Weise zielgerichtet klassifiziert. Ferner sind die bereits mittels Geoelektrik erzielten Informationen (kleine Beschriftung; vgl. Abb. 8) und die mittels Elektromagnetik zusätzlich erzielten Informationen (große Beschriftung) hinsichtlich der Beschaffenheit des Untergrundes und signifikanter Wertebereiche für verschiedener geologische Einheiten dargestellt (RS: Raibler Schichten).

Ebenso ist insbesondere in jenen Bereichen, wo die Widerstandswerte der auflagernden Lockergesteine ähnlich jenen der potentiell Gips-führenden Raibler Schichten (GRS) sind, eine Unterscheidung dieser Einheiten nicht möglich. Nach bisherigen Auswertungen ist dies beispielsweise im direkten westlichen Randbereich von Weißenbach der Fall, wo die Gips-führenden Raibler Schichten mittels Bohrungen und Schürfe in unterschiedlichen Tiefen nachgewiesen werden könnten. Zukünftig soll deshalb noch überprüft werden, ob andere Methoden und Strategien der Datenauswertung zu aussagekräftigen Informationen führen können.

Im Gegensatz zum westlichen Bereich von Weißenbach konnten die Gips-führenden Raibler Schichten östlich von Rieden im Bereich Klausenwald-Wildmoos sehr gut in verschiedenen Tiefenlagen identifiziert werden. Dort werden diese von spätglazialen Eisrandsedimenten mit vergleichsweise hohen elektromagnetischen Widerständen Terrassen-artig überlagert. Daher sind in diesem Gebietsteil auch weitere Detailstudien geplant, mittels derer das Leistungspotential der aerogeophysikalischen Elektromagnetik hinsichtlich der Identifizierung der GRS und der Quantifizierung von Tiefenangaben geprüft werden soll.

Neben der räumlichen Variabilität des elektromagnetischen Widerstandes der Lockergesteine kommt erschwerend hinzu, dass auch die Beschaffenheit und somit das Wertespektrum des elektromagnetischen Widerstandes der potentiellen GRS variiert. Vor diesem Hintergrund ist es in weiterer Folge zunächst erforderlich, Karten mit Informationen zur räumlichen Variabilität des elektromagnetischen Wertespektrums der GRS (lokaler Maximal- und Minimalwert) zu erstellen (vgl. Abb. 10). Dies soll erfolgen, in dem zunächst die Messergebnisse der terrestrischen Geoelektrik entlang ausgewählter Messtraversen zusammen mit geologischen Gebietskenntnissen möglichst realistisch interpretiert werden, um möglichst umfassende und verlässliche Informationen zum Wertespektrum des Geoelektrischen Widerstandes der geologischen Einheiten zu erhalten. Darauf aufbauend werden für dieselben Profilstrecken verlässliche Wertespektren des elektromagnetischen Widerstandes für die geologischen Einheiten (insbesondere für die GRS) abgeleitet. In weiterer Folge werden im gesamten Untersuchungsbereich Gitter-artig zahlreiche Profile des elektromagnetischen Widerstandes modelliert und Profil-spezifische, gut erklärbare und signifikante Wertespektren der Grundgebirgseinheiten abgeleitet. Aus den gesamthaft erzielten verlässlichen, räumlich variablen Wertespektren wird dann versucht möglichst flächendetaillierte und – deckende Karten mit Informationen zur räumlichen Variabilität des Wertespektrums der Grundgebirgseinheiten (insbesondere der GRS) zu erzeugen.

Parallel dazu werden die Messwerte der Elektromagnetik an den zahlreichen aerogeophysikalischen Messpunkten (Summe: 46.394) hinsichtlich markanter Teufen-abhängiger Wertesprünge bzw. Widerstandkontraste analysiert. Im Fall markanter Wertesprünge wird anschließend anhand des abgeleiteten räumlich variablen Wertespektrums einer Grundgebirgseinheit überprüft, inwiefern es sich um einen Wertesprung handelt, der hinsichtlich der Identifikation der jeweiligen Grundgebirgseinheit (insbesondere der GRS) von Relevanz ist. Abschließend werden aus den so extrahierten Daten mit markanten und relevanten Wertesprüngen Tiefenlinienpläne der Grundgebirgsoberfläche (und somit auch der Gips-führenden Raibler Schichten). Insgesamt sind die bisher erzielten Ergebnisse und der Umfang der zur Verfügung stehenden Daten dahingehend recht vielversprechend, dass eine fundierte Entscheidungsgrundlage mit quantitativen Informationen zur Tiefenlage des Grundgebirges (u.a. Gips-führender Raibler Schichten) erzeugt werden kann. Da es sich hinsichtlich der o.a. Fragestellungen und

Zielsetzungen um eine Pilotstudie handelt ist jedoch noch unklar, wie viele Tiefeninformationen hoher Qualität (Quantifizierung der Tiefenlage des Grundgebirges, welche Grundgebirgseinheit) extrahiert werden können und wie deren räumliche Verteilung sein wird. In jedem Fall ist davon auszugehen, dass die Qualität der Tiefenlinienpläne (auch naturgemäß) räumlich variabel sein wird. Diesem Sachverhalt soll Ausdruck verliehen werden, in dem Bereiche mit vergleichbarer/unterschiedlicher Unsicherheit bzw. Qualität ausgewiesen werden.

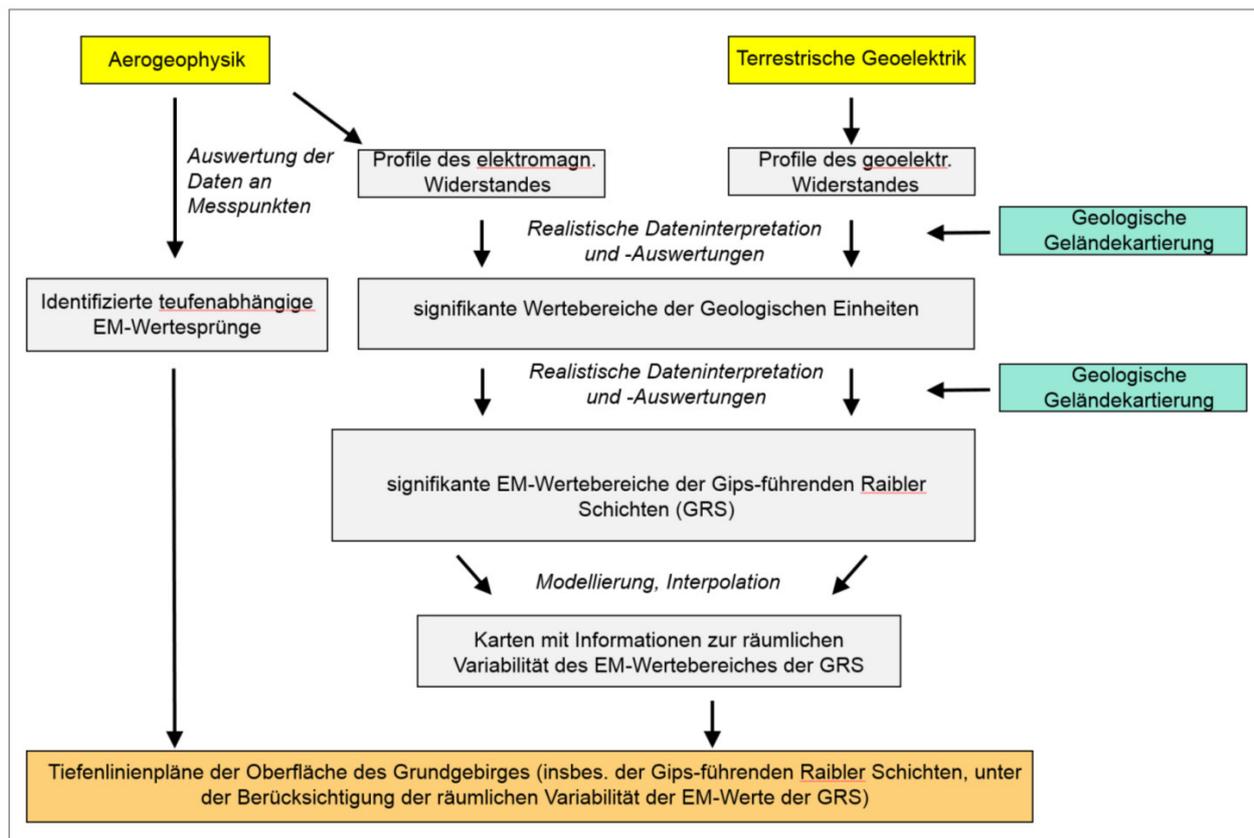


Abb. 10: Schematische Darstellung der weiteren Vorgehensweise zwecks Ableitung von Tiefenlinienplänen hinsichtlich der Oberfläche des Grundgebirges (insbesondere der Gips-führenden Raibler Schichten (GRS)).

6 Referenzen

Ahl, A., Bieber, G., Motschka, K., Römer, A., Slapansky, P., Supper, R. (2012): Aerogeophysikalische Vermessung im Bereich Leithagebirge (Bgl.).- Bericht der Geologischen Bundesanstalt im Rahmen der ÜLG-Projekte: 150 S; Geol. B.A., Wien.

Gruber, A., Lotter, M., Büsel, K., Gruber, J., Brandstätter, S. (2012): 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.- 13. Geoforum Umhausen, Tagungsband: 3 S. ; Niederthai.

- Jerz, H. (1966): Untersuchungen über Stoffbestand, Bildungsbedingungen und Paläogeographie der Raibler Schichten zwischen Lech und Inn (Nördliche Kalkalpen), *Geologica Bavarica*, 56: ;200 S., München.
- Kreuss, O. (2009): Zusammenstellung ausgewählter Archivunterlagen im Rahmen des Geofast-Projektes der Geologischen Bundesanstalt im Maßstab 1:50.000 – ÖK 115 Reutte.- Geol. B.A., Wien.
- Lotter, M., Gruber, A., Römer, A., Tilch, N. (2014): Geologische und geoelektrische Untersuchungen im Schwarzwassertal (Bezirk Reutte) zwecks Erkundung des quartären Untergrundes im Umfeld der Gips-führenden Raibler Schichten – erste Ergebnisse.- 16. Geoforum Umhausen, dieser Tagungsband; Niederthai.

Danksagung:

Unser großer Dank gilt dem Landeshauptmann-Stellvertreter von Tirol, Herrn ÖR Josef Geisler für die Unterstützung des 16. Geoforum Umhausen 2014 und für seine große Wertschätzung unserer jährlichen Tagungen.

Auch wollen wir- wie alle Jahre bisher schon - dem Bürgermeister der Gemeinde Umhausen, Herrn Landtagsabgeordneten Klubobmann 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.

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

Herrn Manfred Scheiber (Raiffeisenbank Vorderes Ötztal, Filiale Ötz) hat auch heuer wieder durch die Gestaltung des Werbeplakates mitgeholfen das Interesse an unserem öffentlichen Abendvortrag mit Herrn Univ. Prof. Dr. Josef Reichholz/Bayern und Herrn Mag. Markus Sommersacher/Innsbruck als Diskussionsleiter in Umhausen und den umliegenden Gemeinden zu wecken.

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

Verein Geoforum Tirol

16. Oktober 2014



projekt-partner



koordination mediation kommunikation



FRÖSCHL BAU



Baugesellschaft m.b.H.



Anschrift der Vortragenden „Geoforum 2014“ in alphabetischer Reihenfolge:

Dipl.-Ing. Michael Arndt

MACCAFERRI DEUTSCHLAND GmbH
Kurfürstendamm 226
D-10719 Berlin
Tel.: +49 30 88007979
office@maccaferri.de

Dr. Heiner Bertle

GEOGNOS BERTLE
Technische Geologie Ziviltechniker GmbH
Kronengasse 6
A-6780 Schruns
Tel.: +43 5556 72002-0
office@geologie-bertle.at

DI. Dr. Heike Brielmann

Umweltbundesamt
Abteilung Grundwasser
Spittelauer Lände 5
A-1090 Wien
Tel. : +43 (1) 31304 3546
Heike.Brielmann@umweltbundesamt.at

Ilaria Coscia

Helimap System SA
Le Grand-Chemin 73
CH-1066 Epalinges
Tel.: +41 21 7850201
ilaria.coscia@helimap.ch
www.helimap.ch

Dipl.-Geol. Jochen Fiseli

GEOTEST AG
Grubenstrasse 12
CH-8045 Zürich
Tel.: +41 43 9608020
Mobile: +41 76 3236485
Jochen.Fiseli@geotest.ch
www.geotest.ch

Ing. Anton Gwercher

Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Mittleres Inntal
Josef Wilbergerstr. 41
A-6020 Innsbruck
anton.gwercher@aon.at

Dr. Christa Hammerl

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik -
Abteilung Geophysik
Historische Erdbeben
Hohe Warte 38
A-1190 Wien
Tel. : +43(0)1 36026 2516
christa.hammerl@zamg.ac.at

Dr. Gunther Heißel

Amt der Tiroler Landesregierung
Allgemeine Bauangelegenheiten
Fachbereich Landesgeologie
Herrengasse 1-3
A-6020 Innsbruck
Mobil: +43 676 885084320
gunther.heissel@tirol.gv.at

DI Dr. Jörg Henzinger

Geotechnik Henzinger
Mobil: +43 664 5434916
j.henzinger@geotechnik-henzinger.at

Ing. Dr. Bernd Imre

BERNARD Ingenieure ZT GmbH
Abteilungsleiter Ingenieurgeologie
Bahnhofstraße 19
A-6060 Hall in Tirol
Tel. : +43 (0)5223 5840 - 179
Mobil +43 (0)664 88334342
bernd.imre@bernard-ing.com
www.bernard-ing.com

Christian Kostrouch

KOSTROUCH & UNTERREINER
Umwelttechnik, Labor und Hydrologie GmbH
Eduard-Bodem-Gasse 5-7
A-6020 Innsbruck
Tel.: +43 (0) 676 5401901
wasser@k-u.at
www.k-u.at

Dr. Michael Lotter

Geologische Bundesanstalt (GBA)
Abteilung Ingenieurgeologie
Neulinggasse 38
A-1030 Wien
Tel.: +43 (1) 712 56 74 - 391
michael.lotter@geologie.ac.at
office@geologie.ac.at

Mag. Wolfram Mostler

Igm. Ingenieurbüro für Technische Geologie
Freundsbergstraße 26
A-6020 Innsbruck
Tel.: +43 512 890139
Mobil: +43 664 5028712
ig.mostler@inode.at

Mag. Michael MÖlk

Leiter der Geologischen Stelle
Wildbach- und Lawinenverbauung
Austrian Service for Torrent and Avalanche Control
Wilhelm-Greil-Straße 9
A-6020 Innsbruck
Tel.: +43 512 58420038
Mobil: +43 664 2418863
michael.moelk@die-wildbach.at
www.die-wildbach.at

Mag.rer.nat. Bernd Noggler

Amt der Tiroler Landesregierung
Abt. Zivil- und Katastrophenschutz
Eduard-Wallnöfer-Platz 3
A-6020 Innsbruck
Tel.: +43 512 5082261
Mobil: +43 676 885082261
bernd.noggler@tirol.gv.at

Dr. MMag. Clemens Pfurtscheller

Landesfeuerwehrverband Vorarlberg
Naturgefahrenprävention und Beratung
Florianistraße 1
A-6800 Feldkirch
Tel.: +43 5522 3510250
Mobil: +43 664 6255493
www.lfv-vorarlberg.at

Paolo di Pietro

MACCAFERRI DEUTSCHLAND GmbH
Kurfürstendamm 226
D-10719 Berlin
Tel.: +49 30 88007979
office@maccaferri.de

Univ. Prof. Dr. Josef H. Reichholf

em. Univ.-Prof. der TU München/D
reichholf-jh@gmx.de

Mag. Alexander Römer

Geologische Bundesanstalt (GBA)
Abteilung Geophysik
Neulinggasse 38
A-1030 Wien
Tel.: +43 (1) 712 5674 - 372
alexander.roemer@geologie.ac.at
office@geologie.ac.at

Mag. Markus Ribis

geo.zt gmbh
Saline 17
A-6060 Hall in Tirol
Tel.: 05223 52105-18
Mobil: 0664 9481804
markus.ribis@geo-zt.at

Ing. Mag. Manfred Scheikl

alpinfra consulting + engineering gmbh
Schillerstraße 25
A-5020 Salzburg
Tel.: +43 6217 20271
Mobil: +43 664 8211835
manfred.scheikl@alpinfra.com
www.alpinfra.com

Dr. Nils Tilch

Geologische Bundesanstalt (GBA)
Abteilung Ingenieurgeologie
Neulinggasse 38
A-1030 Wien
Tel.: +43 (1) 712 5674 - 392
nils.tilch@geologie.ac.at office@geologie.ac.at

Univ. Prof. Dr. Leopold Weber

Ministerialrat i.R.
Gentzgasse 129/2/45
A-1180 Wien
office@geologie-weber.at