

17. Geoforum Umhausen 15. – 16. Oktober 2015



Geoforum
Tirol



„Sellrain (Bezirk Innsbruck Land) nach dem
Unwetter vom 07. und 08.06.2015“

© Landesgeologie Tirol

TAGUNGSBAND

Grußworte von Landeshauptmann-Stellvertreter ÖR Josef Geisler

Sehr geehrte Tagungsteilnehmer, Referenten und Organisatoren!

Wieder einmal hat uns heuer die Natur drastisch vor Augen geführt, was sie in wenigen Stunden in der Lage ist an Unheil und Schäden anzurichten. Den Bewohnern von Kappl und See im Paznaun und von Sellrain südwestlich von Innsbruck wird die Schreckensnacht vom 7. auf den 8. Juni 2015 sicherlich noch lange in Erinnerung bleiben. Es grenzt an ein Wunder, dass den Naturgewalten in diesen drei Gemeinden keine Menschenleben zum Opfer gefallen sind. Dies ist nicht zuletzt dem besonnenen Verhalten der betroffenen Bevölkerung und der ausgezeichneten Ausbildung und Vorgehensweise unserer Einsatzkräfte vor Ort zuzuschreiben. Man kann nicht genug betonen, dass ohne die Tatkraft unserer Blaulichtorganisationen derartige Situationen nicht so gut zu bewältigen wären.



Ich möchte ganz besonders auch erwähnen, dass auch die Mitarbeiter des Landes Tirol, die seit Beginn der Katastrophe vor Ort waren mit ihrer Einschätzung der Gefahrensituation eine wertvolle und unverzichtbare fachliche Unterstützung für die Blaulichtorganisationen und für die Bevölkerung waren. So konnten z. B. unsere Landesgeologen und Landesgeologinnen gemeinsam mit den Straßenmeistern der betroffenen Gebiete durch ihre Gefahreinschätzung und die aktive Setzung von Maßnahmen dafür sorgen, dass wichtige Straßenverbindungen während der Nacht zu den Katastrophengebieten trotz andauerndem Starkregen befahrbar blieben. Auch führten die Landesgeologen mit Einsetzen der Morgendämmerung bereits erste Erkundungsflüge mit einem Polizeihubschrauber zur besseren Lagebeurteilung durch. Für unsere Landesgeologie folgten noch tagelang weitere Erkundungsflüge und vor Ort- Gefahreinschätzungen.

Dabei möchte ich auch die beste Zusammenarbeit zwischen den Gemeinde- und Landesorganisationen mit denen des Bundes betonen. Das eingespielte Mitwirken der Polizei und des in Innsbruck stationierten Polizeihubschraubers, weiters des zur Katastrophenbewältigung angeforderten Bundesheeres mit seinen Soldaten und Hubschraubern und natürlich auch der Wildbach- und Lawinenverbauung sind in solchen kritischen Situationen unabdingbar.

Das 17. Geoforum Umhausen 2015 stellt für mich als für den Katastrophenschutz zuständiges Mitglied der Tiroler Landesregierung einen wichtigen Beitrag zur Bewältigung zukünftiger Schadensereignisse dar. Das Konzept der Tagung - interdisziplinär und mit Beteiligung von Fachleuten auch aus dem Ausland - Erfahrungen und Expertenwissen auszutauschen und zu diskutieren halte ich für besonders zielführend. Ich bin daher sehr froh, dass die nunmehr schon zur Tradition gewordenen jährlichen Fachtagungen des Geoforums in Umhausen weiter geführt werden.

Auch die Einbindung der Bevölkerung in diese Fachtagung durch öffentliche Abendvorträge begrüße ich sehr. Heuer wird der Chef unserer Landesgeologie, Herr Dr. Gunther Heißel, den interessierten Zuhörern die Rätsel des „Bergsturzes von Köfels“ näherbringen und die Ergebnisse neuester Untersuchungen dazu präsentieren. Wichtig ist dabei nicht zuletzt für uns alle die Frage, was daraus für die Zukunft und somit für das künftige menschliche Leben in unseren engen Alpentälern abzuleiten ist.

Ich darf nun das 17. Geoforum Umhausen eröffnen. Ich wünsche Ihnen, meine sehr geehrten Damen und Herren eine spannende und abwechslungsreiche Tagung 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 18. Geoforum Umhausen 2016.

ÖR Josef Geisler
(Landeshauptmann-Stellvertreter von Tirol)

Grußworte von LA Klubobmann Bgm. Mag. Jakob Wolf

Sehr geehrte Tagungsteilnehmer, Referenten und Organisatoren!

Die Erfahrungen der vergangenen Jahre seit 1999 haben gezeigt, dass die jährlichen interdisziplinären Tagungen „Geoforum Umhausen“ über die Grenzen Tirols hinaus große Beachtung und Wertschätzung erfahren. Diese geht weit über den Kreis der betreffenden Fachkreise hinaus.

Die Art und Weise, wie die Geoforums-Tagungen hier in Niederthai Probleme, die uns alle angehen, auf hohem fachlichem Niveau vorstellen und diskutieren und wie hier fachlicher Meinungsaustausch in fruchtbringender Weise stattfindet, hat rasch auch die große Wertschätzung der politischen Vertreter des Landes Tirol und der Gemeinden zur Folge gehabt.



Die politischen Verantwortlichen werden daher auch am Geoforum Umhausen 2015 und den zukünftigen Geoforumstagungen größtes Interesse haben. Die Wichtigkeit der Tagungen Geoforum Umhausen, das nunmehr bereits zum 17. Mal stattfindet, sieht aber auch die Bevölkerung. So ist das Geoforum Umhausen auch heuer wieder ein wichtiger Gesprächsstoff in Umhausen und den umliegenden Gemeinden im Ötztal und im Inntal.

Der Sommer 2015 war in Tirol prinzipiell bezogen auf das vorherrschende Wetter traumhaft schön. Allerdings war der Sommer von teils heftigen Unwettern überschattet. Dabei hat die Natur einmal mehr den Menschen unseres Landes drastisch vor Augen geführt, dass die Naturgefahren in den engen Gebirgstälern des Landes in jeder Hinsicht ernst zu nehmen sind.

Als Vertreter des Tiroler Landtages bin ich deshalb besonders froh, dass 1999 die Initiative erfolgt ist eine interdisziplinäre Fachtagung unter Federführung der Geologie ins Leben zu rufen und dass diese Initiative bis heute jährlich eine sehr erfolgreiche Fortführung erfahren hat. Dass diese Fachtagung zudem noch eng an Umhausen gebunden ist kann ich als Bürgermeister nur sehr begrüßen.

Umhausen hat von den Geoforumstagungen stets sehr profitiert. So hat zum Beispiel schon das 1. Geoforum Umhausen 1999 fachlich fundierte Wege aufgezeigt, wie der Radonproblematik zu begegnen ist. Heute haben wir mit dem Kurzentrum Umhausen eine wichtige Einrichtung, deren gesundheitspolitische und wirtschaftliche Bedeutung für die Gemeinde besonders groß ist.

Das Bewusstsein der Gefährdung durch Naturgefahren, das nicht zuletzt durch das Geoforum Umhausen im Ort bei der Bevölkerung und bei den politischen Vertretern „geschärft“ wird hat es nunmehr ermöglicht einen neuen und sicherlich sehr attraktiven „Stuibenfallweg“ zu errichten, der Einheimischen und Gästen das Naturerlebnis „Stuibenfall“ ab nächstem Jahr besonders eindrucksvoll näher bringen wird.

Als Bürgermeister befürworte ich auch die jährlichen öffentlichen Abendvorträge der Tagung. Heuer soll der Bevölkerung Neues zur Entstehung der eigenwilligen und einmaligen Trümmerlandschaft des „Bergsturzes von Köfels“ durch den Präsidenten des Vereins Geoforum Tirol, Herrn Dr. Gunther Heißel, präsentiert werden. Diese Landschaft prägt Umhausen in einem besonderen Maß und wir dürfen daher gespannt den Ausführungen des Vortragenden entgegensehen.

Ich möchte nun Ihnen allen auch heuer wieder ein interessantes Geoforum und einen schönen Aufenthalt in unserer Gemeinde wünschen und hoffe Sie möglichst alle wieder 2016 beim 18. 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!

Es freut mich sehr, dass wir mit dem vorliegenden Tagungsprogramm für das 17. Geoforum Umhausen 2015 sicherlich einen qualitativ hochstehenden Tagungsverlauf anbieten können. Dies ist in erster Linie der Verdienst der Fachleute, die sich als Vortragende mit ihren sehr interessanten Themen angeboten haben.



Das 17. Geoforum Umhausen widmet sich - wie schon in den vergangenen Jahren - thematisch mit einem Vortragsblock der Gipskarstproblematik. Von den Auswirkungen durch Sulfatkarst sind ja mehrere Gemeinden Tirols teils sogar erheblich betroffen. Die Landesgeologie Tirol legt besonderen Wert darauf, dass durch zielgerichtete Untersuchungen eine möglichst optimale Vorgehensweise hinsichtlich der Beherrschbarkeit der Auswirkungen im Hinblick auf Raum- und Bauordnungsentscheidungen Standard wird. Dabei gilt es natürlich in erster Linie Vorgehensweisen zu finden und einzuhalten, die die Sicherheit der Bevölkerung und der Infrastrukturen möglichst garantieren kann. Die von der Landesgeologie beigezogenen Experten, die sich dieser Thematik mit kompetenter Sichtweise aus den verschiedensten Fachbereichen angenommen haben, kommen aus dem In- und Ausland und aus Kreisen der Universitäten bis hin zu Fachfirmen. Es ist überdies gut, dass die Präsentation der reichen Erfahrungen mit Gipskarst in Thüringen in das know how, das wir bisher in Tirol erarbeiten konnten, einfließen kann.

Auch die anderen Themenkreise der heurigen Tagung werden in fachlich erstklassiger Weise interdisziplinär beleuchtet. Dies entspricht der Grundidee und der Tradition der Tagungen „Geoforum Umhausen“. Diese Themen betreffen die geogenen gravitativen Naturgefahren in großer Bandbreite, wobei natürlich auch der Katastrophe von Anfang Juni 2015 im Sellrain und im Paznaun eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet ist. Weiters finden sich Themen hydrogeologischer Art, sowie mehrere Vorträge die die Verbindung des geologischen Untergrundes mit forstlichen Aspekten herstellen.

Das Organisationsteam der Tagungen „Geoforum Umhausen“ ist sehr klein und muss daher besonders effizient arbeiten, damit auch erfolgreiche Tagungen durchgeführt werden können. Wie alle Jahre hat dieses Team auch heuer wieder besonderes Engagement bewiesen.

Auch heuer war uns die Unterstützung und Wertschätzung durch Herrn LHStv. ÖR Josef Geisler und des Bürgermeister der Gemeinde Umhausen, Herr LA KO Mag. Jakob Wolf, sicher und ist uns besonders wertvoll.

So bleibt mir abschließend nur übrig der Hoffnung Ausdruck zu verleihen, dass die „Mühen“ der Vortragenden und des Organisationskomitees in eine spannende und interessante Tagung umgesetzt werden können. Ich hoffe Sie möglichst alle wieder beim 18. Geoforum Umhausen 2016 in der herrlichen Umgebung von Niederthai begrüßen zu dürfen.

Dr. Gunther Heißel
(Präsident des Vereins Geoforum Tirol)

Sellraintal Juni 2015: Hangexplosionen und Muren - Eine Bestandsaufnahme

Michael Lagger

Ingenieurbüro für Geologie und Hydrologie, Auf Arzill 100, 6460 Imst

Einleitung

Das Aufeinandertreffen von Starkniederschlägen einer Gewitterfront und der Schneeschmelze verursachte Anfang Juni 2015, genauer in der Nacht vom 07. auf den 08. Juni 2015 insbesondere im Sellraintal und im Paznauntal große Schäden durch Hangbewegungen, Murabgänge und lokale Überschwemmungen. Im Paznauntal wurden durch den Bruch einer Geschiebesperre Teile der Gemeinde See überschwemmt. Im Sellraintal wurde die Gemeinde Sellrain durch Murstöße des Seigesbaches in die bereits hochwasserführende Mellach überschwemmt. Infolge von Uferanbrüchen sind entlang der Mellach auf einer Länge von 5 km große Teile der bestehenden Ufersicherungen weggerissen worden. Begleitet wurden die Talmuren durch zahlreiche Hangmuren, die auch noch Tage nach Abklingen der Regenfälle abgegangen sind, meist plötzlich, ohne erkennbare Vorwarnzeichen (Hangexplosionen). Trotz der extremen Hochwasserlage ist lediglich hoher Sachschaden zu verzeichnen gewesen, Menschen kamen glücklicherweise nicht zu Schaden.

Hochwassergebiet Sellraintal

Betroffen war im Sellraintal vor allem das Gemeindegebiet von Sellrain, und hier insbesondere der Talabschnitt zwischen Fotscherbach im Norden und Seigesbach im Süden, sowie die beidseitigen Einhänge der Mellach in diesem Abschnitt.

Neben dem Seigesbach als Hauptgeschiebelieferanten haben alle rechts- und linksufrigen Zubringerbäche zur Mellach zwischen den Ortsteilen Sellrain im Norden und "Innere Zehent" im Süden durch kleinere Murstöße Material in die hochwasserführende Mellach verfrachtet. Daneben sind hunderte meist flachgründige Hangrutschungen in und außerhalb des Siedlungsbereiches zu verzeichnen.

Aufgabe war es im Untersuchungsgebiet (siehe nachfolgende Abbildung) sämtliche durch das Juni-Unwetter verursachte Hang- bzw. Massenbewegungen kartografisch zu erfassen, nach Art des Ereignisses zu beschreiben und im Gauss-Krüger Koordinatensystem zu verorten.

Hauptkartierungsgrundlage war neben den bestehenden geologischen Karten und dem Laserscanning Model von TIRIS ein Orthofoto, das aus mehreren Befliegungen nach der Unwetterkatastrophe von der Abteilung Allgemeine Bauangelegenheiten beim Amt der Tiroler Landesregierung erstellt worden ist und dem Bearbeiter zur Verfügung gestellt wurde.

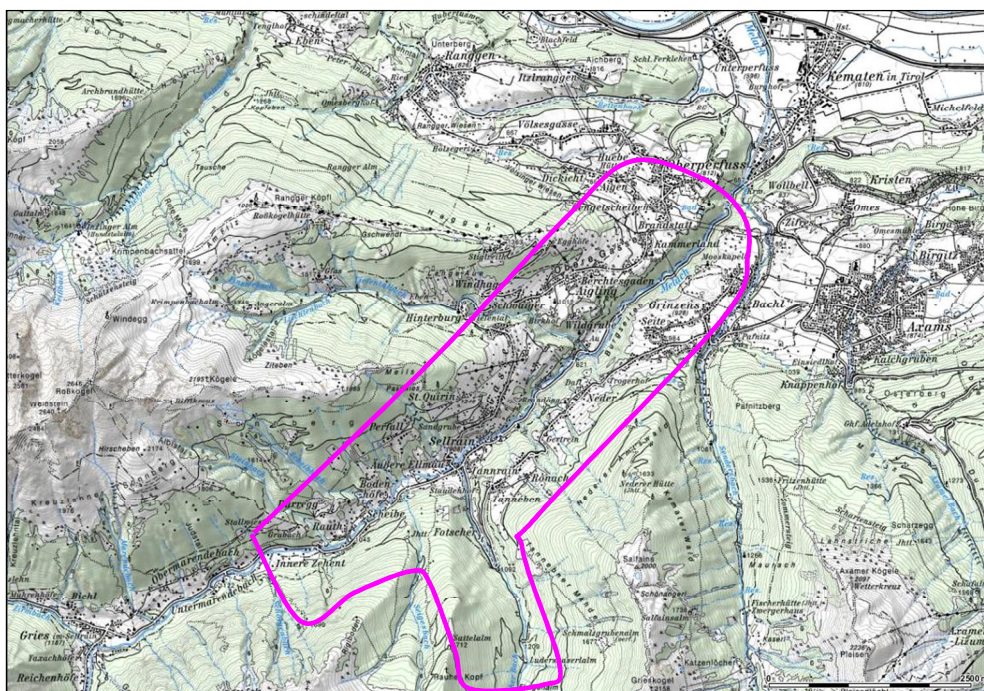


Abb. 1: Überblick über das Untersuchungsgebiet im vorderen Sellraintal (TIRIS 2015)

Geologischer Rahmen

Das Untersuchungsgebiet im vorderen Sellraintal liegt im Ötztal-Kristallin. Vorherrschende Festgesteine sind Biotitplagioklasgneise mit geringmächtigen Einschaltungen von Amphiboliten und Biotitgranitgneisen.

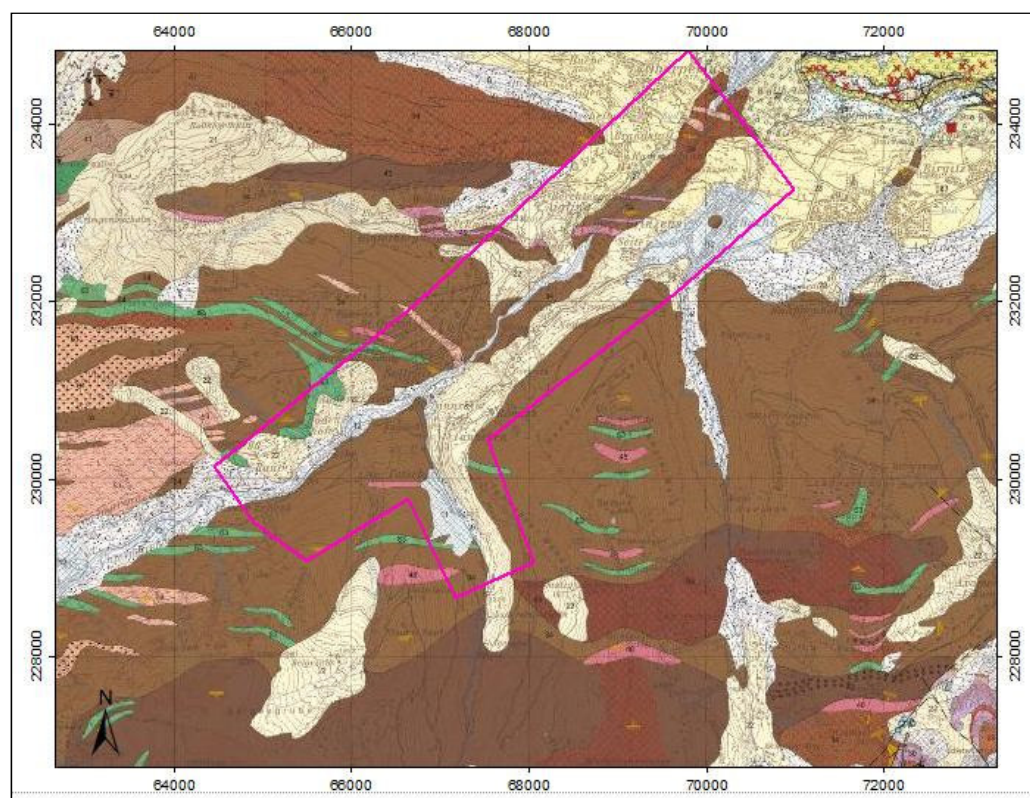


Abb. 2: Auszug aus GEOFAST Karte Blatt 147 Axams

Ursachen - Auslöser der Unwetterkatastrophe

Die Ursachen für das Hochwasserereignis Juni 2015 im Sellraintal liegen einerseits in der feuchten Witterung im Vormonat Mai, andererseits in der Anfang Juni einsetzenden Schneeschmelze. Der Mai war - lt. Hydrologischer Übersicht 2015 der Abteilung Wasserwirtschaft – Sachgebiet Hydrographie und Hydrologie - in Nordtirol im Mittel zwar durchschnittlich temperiert, dafür aber viel zu nass. Der Niederschlag ist um die Monatsmitte herum in höheren Lagen teils als Schnee gefallen. Mit dem Wetterumschwung Anfang Juni setzt eine Periode mit sehr hohen Temperaturen bis über 30° Celsius ein, die die Schneeschmelze vorantreibt.

Diese Wetterlage hat zu einer starken Vorbefeuchtung des Bodens geführt. Die meisten Bäche und Flüsse in Nordtirol wiesen eine hohe Wasserführung auf. Diese hydrologisch kritischen Bedingungen wurden im Zeitraum von 06.-08. Juni 2015 noch durch extreme Niederschläge überlagert.

Auslöser für die Hochwasserkatastrophe war schlussendlich eine Gewitterfront, die beginnend ab dem 06.06.2015 (Samstag) und vor allem in der Nacht vom 07.06.2015 (Sonntag) auf 08.06.2015 (Montag) lokal zu extremen Starkniederschlägen geführt hat, insbesondere im Sellraintal (Bezirk Innsbruck-Land) und im Paznauntal (Bezirk Landeck).

Die nachfolgende Niederschlagskarte auf Basis der INCA Analyse der ZAMG (Daten aus fernübertragenen Niederschlagsstationen und Radardaten) zeigt im Überblick die Niederschlagsverteilung in Tirol für den maßgeblichen Zeitraum in der Nacht vom 07. auf den 08. Juni 2015. Die Starkregenschwerpunkte liegen im Sellraintal, im Bereich Paznauntal im Oberland, sowie im Karwendelgebiet nordöstlich von Innsbruck.

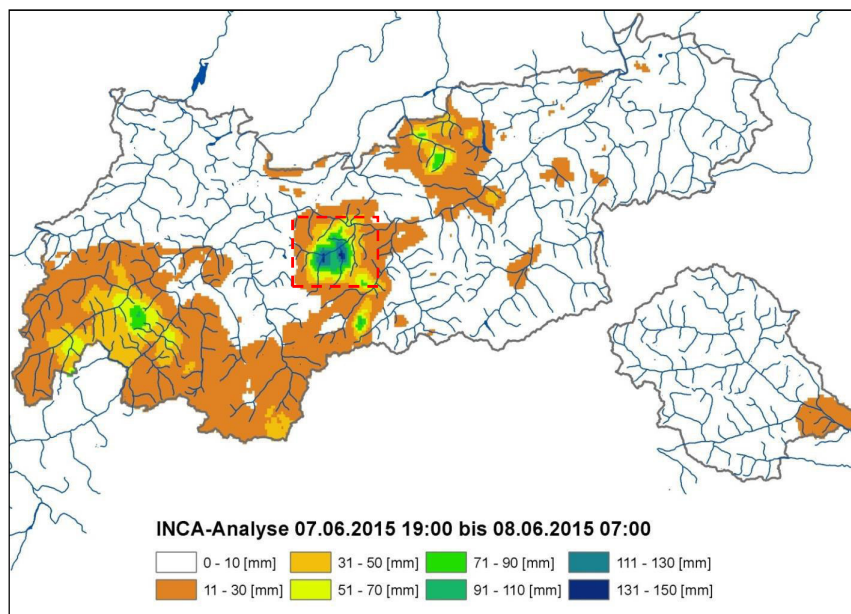


Abb. 3: Niederschlagskarte Tirol auf Basis INCA der ZAMG, Visualisierung durch Hydrografischen Dienst (aus: Hydrologische Übersicht – Juni 2015; Abteilung Wasserwirtschaft – Sachgebiet Hydrographie und Hydrologie); rot strichliert Sellraintal

Die nachfolgende Niederschlagskarte auf Basis der INCA Analyse der ZAMG (Daten aus fernübertragenen Niederschlagsstationen und Radardaten) zeigt im Detail die Niederschlagsverteilung in Großraum Sellraintal für den maßgeblichen Zeitraum in der Nacht vom 07. auf den 08. Juni 2015 mit eingetragenen Einzugsgebieten des Seigesbaches (ca. 3,7 km²) und der Mellach (144 km²).

In der Nacht von Sonntag auf Montag waren im Großraum Sellrain vor allem zwischen Seigesbach und Fotscherbach extremste Gewitterregen zu verzeichnen, die aufgrund einer nur sehr schwach ausgebildeten Höhenströmung über viele Stunden ortsfest über dem Sellrintal verblieben und dort 130-150 l/m² Regen in 12 Stunden fallen ließen.

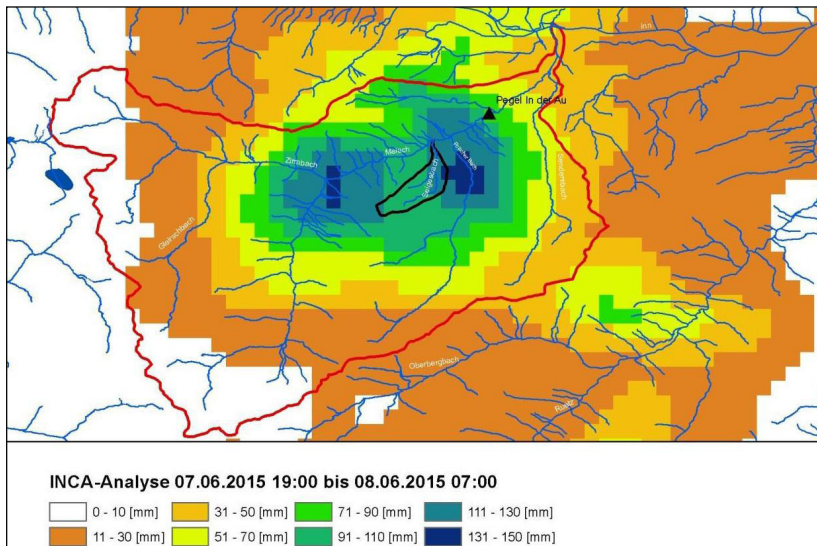


Abb. 4: Niederschlagskarte Sellrintal auf Basis INCA der ZAMG, Visualisierung durch Hydrografischen Dienst (aus: Hydrologische Übersicht – Juni 2015; Abteilung Wasserwirtschaft – Sachgebiet Hydrographie und Hydrologie);

Beim Mellach-Pegel "In der Au" an der unteren Mellach südlich der Gemeinde Sellrain wurde in der Nacht von Sonntag auf Montag ein Abflussscheitel im Bereich von HQ100 registriert (inkl. hohem Geschiebeanteil).

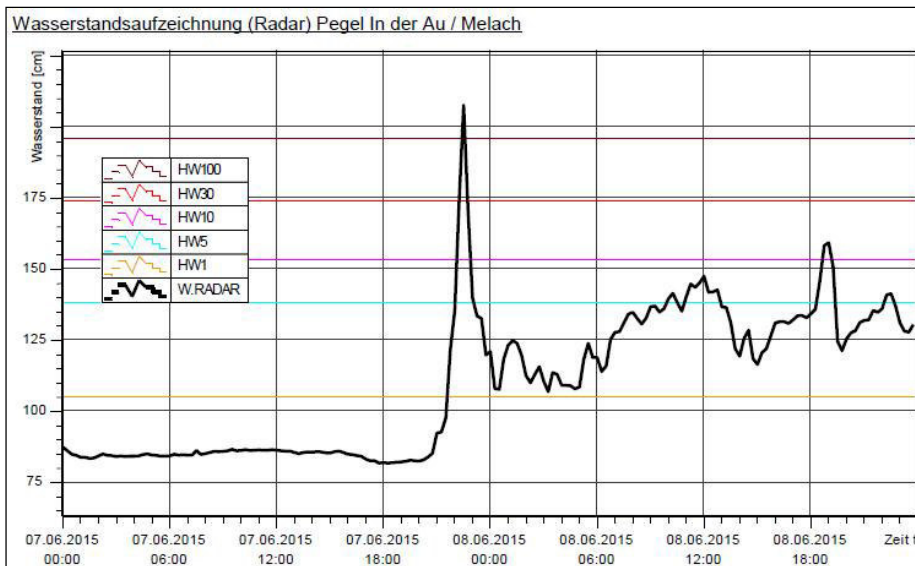


Abb. 5: Mellach-Pegel "In der Au" (aus: Hydrologische Übersicht – Juni 2015; Abteilung Wasserwirtschaft – Sachgebiet Hydrographie und Hydrologie);

Schadensbilder

Talmuren

Aufgrund der starken Vorfeuchtung und der Extremniederschläge kam es in Nacht auf den 08.06.2015 zu zahlreichen Murstößen in den Zubringerbächen zur Mellach. Der mit Abstand größte Schuttlieferant war der Seigesbach, der über eine 100 m hohe Felsstufe aus Paragneisen in das Sellraintal ausmündet. Vor dem Unwetter mündete der Seigesbach in einem begradigten, ca. 250 m langen Gerinne spitzwinkelig in die Mellach.

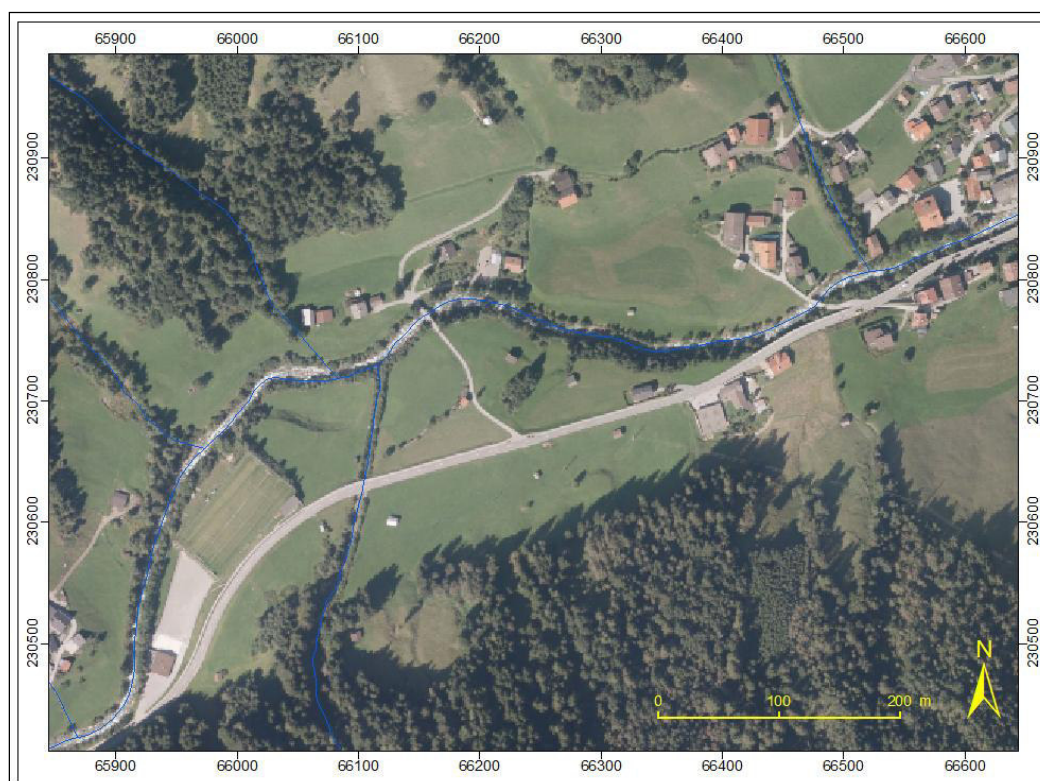


Abb. 6: Einmündung Seigesbach in die Mellach auf Höhe Ortsteil "Bodenhöfe" vor dem Hochwasser (Quelle: *tirisMAPS 2015*)

In nachfolgender Abbildung ist der Mündungsbereich des Seigesbaches (selber Bildausschnitt) nach dem Unwetterereignis dargestellt. Der Seigesbach hat mit seinen Murstößen die bereits Hochwasser führende Mellach auf einer Länge von ca. 500 m aus ihrem Bachbett gegen Norden bzw. Nordwesten gedrängt. Der Siedlungsbereich am orografisch linken Ufer der Mellach wurde komplett überschwemmt, zahlreiche Gebäude schwer beschädigt, einige Wohnhäuser sogar teilweise weggerissen.

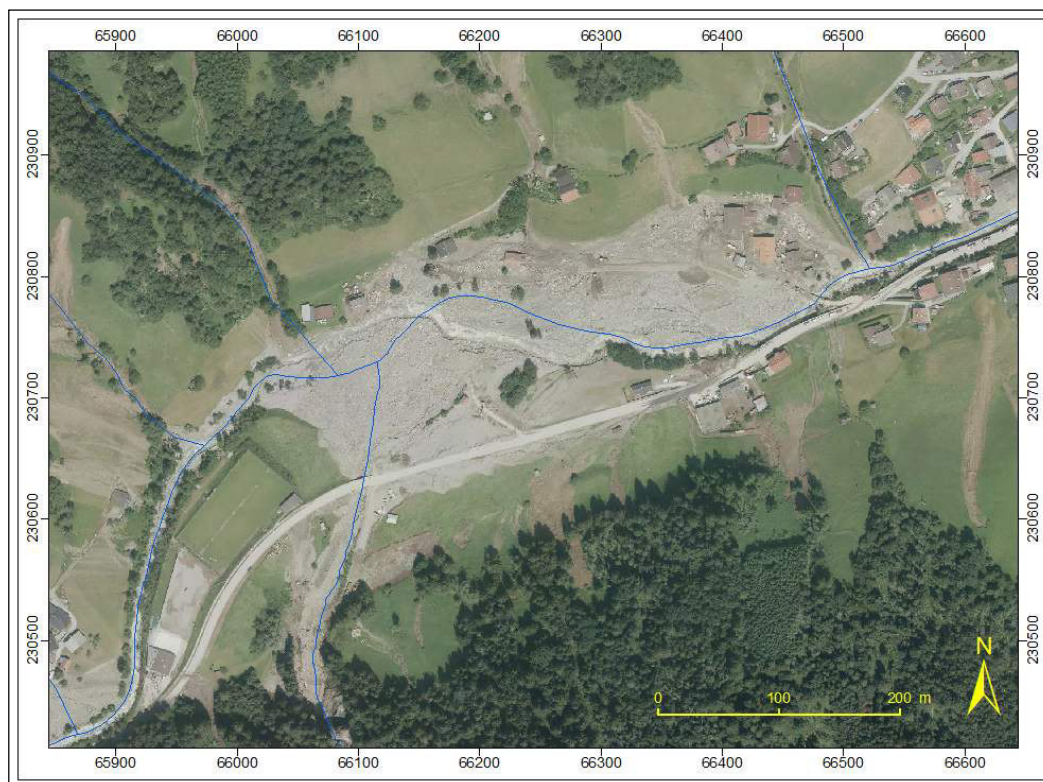


Abb. 7: Einmündung Seigesbach in die Mellach auf Höhe Ortsteil "Bodenhöfe" nach dem Hochwasser (Quelle: Orthofoto aus Basis Befliegung im Auftrag des ATR, Juni 2015)

Neben dem Seigesbach kam es auch aus den zahlreichen linksufrigen Zubringerbächen, wie dem Lehnbach, Schrabach und Bodenbach zu kleinräumigeren Murenabgängen, wobei das Material ebenfalls in die Mellach transportiert wurde.



Abb. 8: Tiefe Feilenanbrüche an den Seitenbächen der Mellach. Links Unterlauf des Schrabaches, rechts Seiten- und Tiefenerosion am Bodenbach (August 2015)

Hangexplosionen / Hangmuren / Hangrutschungen

Im gesamten Untersuchungsraum, auch im unmittelbaren Nahbereich zu Wohnhäusern kam es während und nach der Unwetterkatastrophe zu hunderten, größeren und kleineren Hangrutschungen und Hangexplosionen, die aufgrund der großen Hangneigungen und der großen Wassersättigung des Lockermaterials oft murgangförmig abgefließen sind. Im gesamten Untersuchungsbereich waren zahlreiche Wohnhäuser teils akut gefährdet, sowohl im engen Talbereich als auch an den steilen Einhängen des Sellraintales.

Die Hangexplosionen sind meist sehr flachgründig und erfassen lediglich die Vegetationsdecke und die oberste Lockergesteinsschicht. Ausgelöst wird das plötzliche Abplatzen der Bodenschicht in der Regel durch Hangwässer bzw. durch Ansteigen des Hangwasserdruckes an der Oberkante der stauenden Schicht (Fels oder Lockermaterial). Beobachtet wurden Hangexplosionen im Sellraintal, sowohl im näheren Umfeld von Vernässungsbereichen, als auch an ausgesprochenen Trocken-Standorten, speziell an Geländerücken, wo aufgrund des Bewuchses und der Morphologie mit keiner nennenswerten Hangwasserführung zu rechnen ist.

Einige Ereignisse sind mit zeitlicher Verzögerung eingetreten, einige Hangexplosionen sind erst Tage nach Abklingen der Regenfälle abgegangen. Wie der Name schon nahelegt laufen derartige Prozesse unvermutet, plötzlich - explosionsartig - ab, wobei unter der Abrisskante häufig konzentrierte, kanalartige Hangwasseraustritte beobachtbar sind.

Einige Hangexplosionen stehen im Zusammenhang mit anthropogenen Faktoren, wie künstliche, übersteilte Böschungsanschnitte, Strassen- und Wegentwässerungen etc. bzw. es wurden zumindest lokal die Auswirkungen des erhöhten Oberflächen- und Hangsickerwasserabflusses durch infrastrukturell bedingte Veränderungen der Abflussverhältnisse verstärkt. Der Großteil der aufgeschlossenen Hangexplosionen ist allerdings in Wiesenhängen und in Waldbereichen meist oberhalb des Siedlungsraumes aufgetreten, wobei die Hangmuren aufgrund des hohen Wasseranteils beträchtliche Transportweiten bis 100 m und mehr aufweisen können. Die Hangmuren aus den Hangbereichen entlang der Seitenbäche mit ihren steilen Einhängen haben ihr Material teilweise bis zum Vorfluter transportiert.

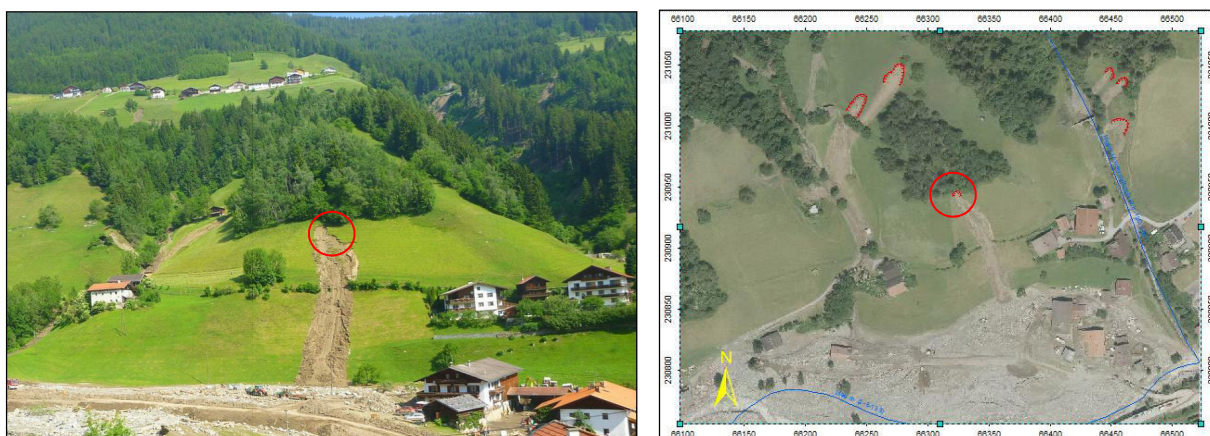


Abb. 9: Hangexplosion in bindigem Lockermaterial Ortsteil Sellrain auf 980 müA Blickrichtung Norden mit ca. 100 m langer Hangmure zwischen den Wohnhäusern; weitere Hangexplosionen entlang der orografisch linken Einhänge im südlich anschließenden Graben; links Aufschlussfoto (Quelle: Landesgeologie), rechts Ausschnitt Orthofoto



Abb. 10: Hangexplosion ca. 5-6 m breit im Siedlungsgebiet, Ortsteil Perfall auf 1250 müA unterhalb der Straßenböschung: links Aufschlussfoto (Quelle: Landesgeologie), rechts Ausschnitt Orthofoto nach Unwetter

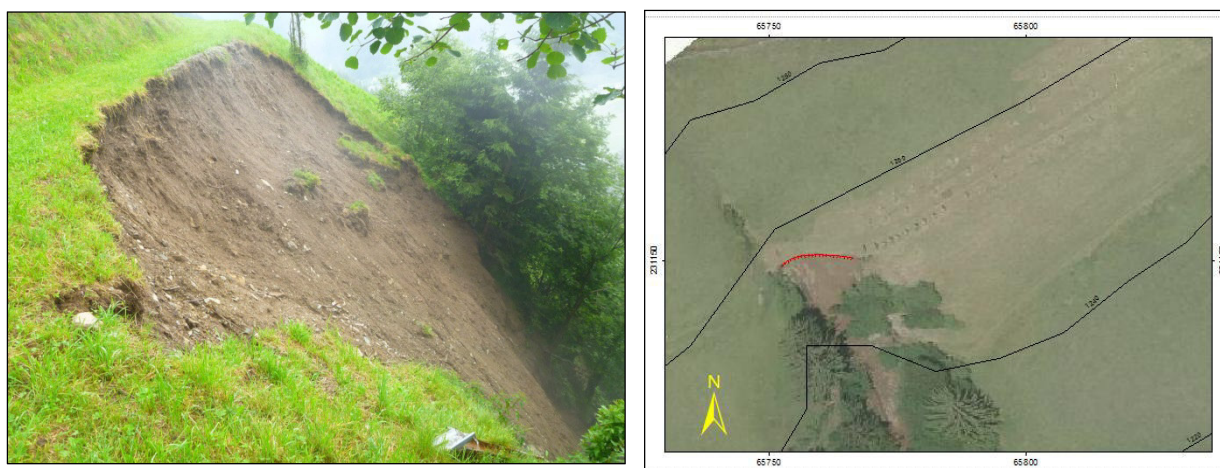


Abb. 11: Hangexplosion ca. 10 m breit im Ortsteil Perfall auf 1250 müA unterhalb der steilen Wegböschung: links Aufschlussfoto (Quelle: Landesgeologie), rechts Ausschnitt Orthofoto nach Unwetter

Fazit

Die Unwetterkatastrophe im Sellraintal Anfang Juni 2015 ist die Folge einer zeitlichen Überlagerung von Vordurchfeuchtung des Bodens durch die vorangegangene Regenperiode, Einsetzen der Schneeschmelze und eines lokal eng begrenzten, extrem starken und ungewöhnlich lang andauernden Gewitterereignisses. Die zahlreichen beobachteten Hangrutschungen sind größtenteils unvermutet, ohne Vorzeichen explosionsartig abgegangen, teilweise auch mit zeitlichem Abstand zum extremen Niederschlagsereignis.

Donnerstag 15. Oktober 2015

10:00-10:30

Gasübersättigung im Wasser; ein blinder Fleck der Hydrogeologie

Heinz Surbeck¹ und Frédéric Bossy²

¹ Nucfilm GmbH, Cordast, Schweiz, ² HydroSol Sarl, Bulle, Schweiz

Abstract

Dissolved gases in groundwater are only rarely in equilibrium with the atmosphere. Hydrostatic pressure on soil gas bubbles dissolving in percolating water, compression of air pockets in karst systems, air leaks in pumps or pipes, releases of water from dams or drilling with compressed air all lead to supersaturation. Supersaturation is stressing fish seriously even at 5 % above atmospheric pressure. 30 % above atmospheric pressure may be lethal. Particularly high supersaturation has been found in a karst spring in Neirivue, canton of Fribourg, Switzerland. This water is used for a fish farm. Details on the instrumentation and data are presented for this spring, including data on the efficiency of a degassing unit used to protect the fish from supersaturation. In addition we will try to motivate hydrogeologist to have a closer look at supersaturation. Apart from the problem fishes get it offers a wealth of still rarely used information.

Einleitung

Im Grundwasser gelöste Gase sind selten im Gleichgewicht mit der Atmosphäre. Bei der Infiltration von Regenwasser lösen sich Gasblasen im Boden mit zunehmender Tiefe unter erhöhtem hydrostatischem Druck. Damit liegt die Summe der Partialdrücke der gelösten Gase (TDGP, Total Dissolved Gas Pressure) im Grundwasser über dem Atmosphärendruck. Die Kompression der Luft in Karsthöhlen bei Hochwasser, Gaslecks in Pumpen und Rohren, Schwallereignisse bei Staumauern (Wesley and Raymond 1976) oder der Einsatz von Druckluft bei Bohrungen im Grundwasser können ebenfalls zu einer erheblichen Gasübersättigung führen.

Die Bedeutung der Gasübersättigung ist den meisten Hydrogeologen nicht bewusst. Die Gasübersättigung liefert aber einerseits wertvolle Information zu Transportvorgängen im Grundwasser (Klump et al. 2008, Babic 2014) und kann andererseits eine erhebliche Gefahr für Fische sein. Blasenbildung im übersättigten gespannten Grundwasser kann die hydraulische Permeabilität massiv reduzieren und damit zu völlig falschen Resultaten bei Pumpversuchen führen (Manning et al. 2003).

Eine extreme Gasübersättigung haben wir bei einer Karstquelle im Kanton Freiburg in der Schweiz gefunden (Fig.1). Das Wasser dieser Quelle speist eine Fischzucht (Regenbogenforellen). Bereits eine Gasübersättigung von 5 % über dem Atmosphärendruck (105 % in Figur 1) führt zu einem erheblichen Stress bei den Fischen, 30 % (130 % in Figur 1) zu einer lebensbedrohenden Blasenbildung (Blasenkrankheit).

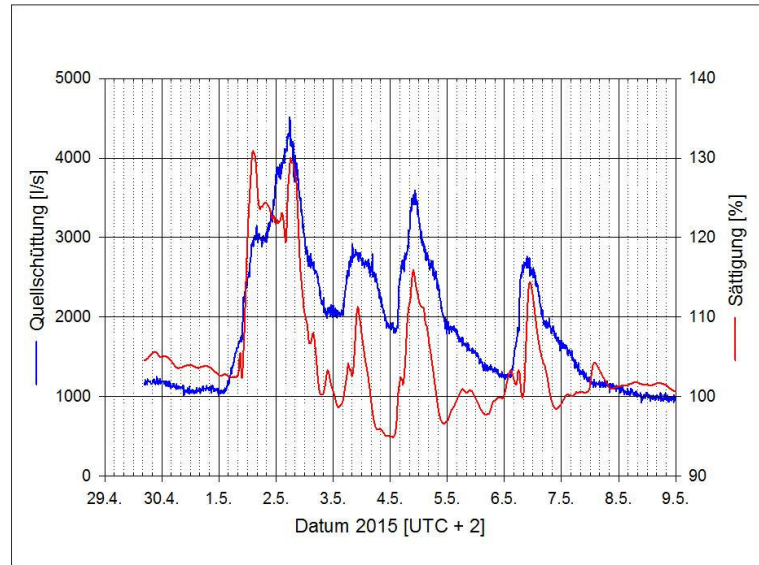


Fig. 1 : Schüttung und Gassättigung bei der Neirvue-Quelle nach Starkniederschlägen im Mai 2015.

Messmethode

Die Summe der Partialdrücke der im Wasser gelösten Gase (TDGP, Total Dissolved Gas Pressure) ist sehr einfach zu messen (Fig. 2). Ein dünnwandiger Silikonschlauch (Innendurchmesser 1 mm, Wandstärke 0.5 mm, Länge 1 bis 2 m) wird am einen Ende verschlossen und am anderen Ende mit einem Drucksensor (Absolutdruck) verbunden. Ein zweiter Drucksensor (Absolutdruck) ausserhalb des Wassers liefert den Atmosphärendruck (p_{atm}). $TDGP/p_{atm}$ wird als Gassättigung bezeichnet, meistens in % ausgedrückt. Die Diffusion der Gase durch das Silikon braucht Zeit. Mit dem oben erwähnten Schlauch ergibt sich eine „Halbwertszeit“ für den Aufbau eines Gleichgewichts von 10 bis 15 Minuten, je nach Wassertemperatur (bei 25°C : 3.5 min für O_2 , 8 min. für N_2). Für kontinuierliche Messungen heisst das, dass die Zeitauflösung bei 20 bis 30 Minuten liegt, was selbst für Karstquellen genügt.

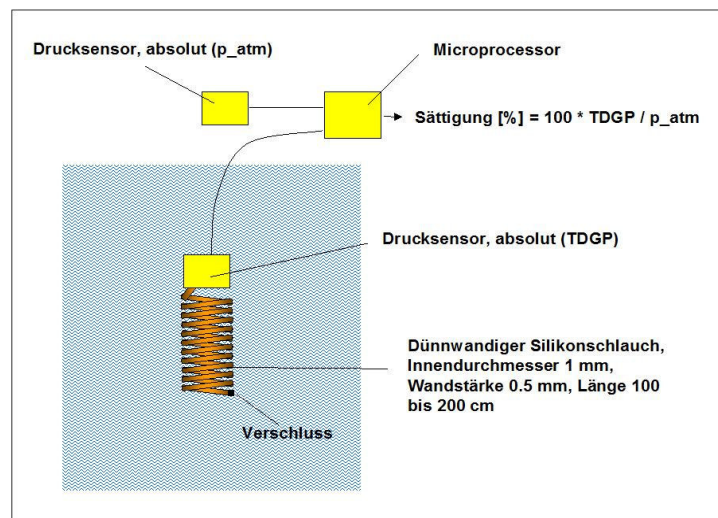


Fig. 2 : Prinzip der Messung der Gassättigung

Anwendung bei einer Fischzucht

Die von uns untersuchte Karstquelle versorgt eine Forellenzucht in Neirivue, in der Nähe von Gruyère im Kanton Freiburg (Schweiz) mit chemisch und bakteriologisch einwandfreiem Wasser. Nach Starkniederschlägen im Einzugsgebiet der Quelle können aber massive Gasübersättigungen zu einer akuten Gefährdung der Forellen führen. Schon eine Gassättigung von 105% stresst die Fische so stark, dass sie anfällig für Erkrankungen durch allgegenwärtige Bakterien und Pilze werden. Bei 130 % leidet ein grosser Teil der Fische unter der lebensbedrohenden Blasenkrankheit. In den untiefen Zuchtbecken sind die Fische besonders exponiert, da sie kaum abtauchen können, um die Blasenbildung durch den hydrostatischen Druck zu verhindern.

Der Grund für die Übersättigung des Quellwassers dürfte ein Einschluss von Hohlräumen im Karst durch überstehendes Wasser nach Starkniederschlägen sein. Durch den erhöhten Druck lösen sich mehr Gase im Wasser. Da vom Einzugsgebiet bis zur Quelle gespanntes Grundwasser vorherrscht, kann kaum ein Ausgleich mit der Atmosphäre stattfinden.

Bis Frühjahr 2015 sorgte eine einfache Vorrichtung zur turbulenten Belüftung des Quellwassers für einen Abbau der Übersättigung. In den letzten 10 Jahren scheinen aber die Starkniederschläge häufiger und intensiver geworden zu sein.

Der Besitzer der Fischzucht hatte deshalb 2014 beschlossen, eine Anlage zu installieren, die die Übersättigung wesentlich besser reduziert. Bei der im Mai 2015 in Betrieb genommenen Anlage (Fox France Oxygénation, Saint-Urbain, France) wird Sauerstoff unter Druck eingeblasen um einen Teil des Stickstoffs auszutreiben. Der Stickstoff ist das, was den Fischen Probleme macht, da er im Gewebe sehr viel langsamer als Sauerstoff diffundiert und nicht verarbeitet werden kann.

Unsere langjährigen kontinuierlichen Messungen der Gasübersättigung dieser Karstquelle zeigten, dass im Extremfall Gassättigungen von bis zu 130% abgefangen werden müssen. Das war die Grundlage für die Dimensionierung der neuen Anlage.

Nach der Installation der neuen Anlage haben wir vor und nach der Anlage jeweils nicht nur die Gassättigung, sondern auch den Sauerstoffgehalt kontinuierlich gemessen. Aus den Sauerstoffkonzentrationen vor und nach der Anlage, dem Durchfluss und der zugeführten Menge an Sauerstoff lässt sich die Ausbeute der Anlage berechnen. Es zeigte sich, dass etwa 80% des zugeführten Sauerstoffs im Wasser verbleibt. Diese hohe Ausbeute ist zwar wirtschaftlich bedeutend, aber für die Fische wichtiger ist, wie viel Stickstoff noch relativ zum Gehalt in der Atmosphäre verbleibt. Leider gibt es noch keine Sensoren für N_2 , aber die übrigen gelösten Gase lassen sich entweder messen (O_2 , CO_2), sind mengenmässig unbedeutend (Ar), oder lassen sich aus der Wassertemperatur berechnen (H_2O -gasförmig). Unsere Messungen haben gezeigt, dass der CO_2 -Gehalt auch bei Hochwasser 0.6 Vol% nicht überschreitet und daher bei der Berechnung der N_2 -Konzentration vernachlässigbar ist.

In der Atmosphäre beträgt der Volumenanteil des Stickstoffs etwa 78 %, derjenige des Sauerstoffs etwa 21 %, der Rest sind Ar, CO_2 und Wasserdampf. Ziel des Ausgasens ist es, den Partialdruck des im Wasser gelösten N_2 nicht über den Partialdruck des N_2 in der Atmosphäre steigen zu lassen. Unsere O_2 -Sensoren (PiccolO2-OEM, PyroScience GmbH, Aachen, Deutschland) liefern den Partialdruck des im Wasser gelösten O_2 . Der Atmosphärendruck wird ebenfalls kontinuierlich gemessen und es wird angenommen, dass der O_2 -Anteil in der Atmosphäre konstant bei 21 % liegt. Mit diesen Daten und dem TDGP lässt sich das Verhältnis des N_2 Partialdrucks im Wasser zum N_2 Partialdruck in der Atmosphäre berechnen. Für

einen für die Fische komfortablen Betrieb der Ausgasanlage sollte die O₂ Zufuhr so geregelt werden, dass dieses Verhältnis < 1 bleibt (< 100 % in Fig. 3).

„Glücklicherweise“ hatten wir im Juni 2015 einige Starkniederschläge, die uns genügend Daten bei starker Übersättigung geliefert haben. Da gleichzeitig die Sauerstoffzufuhr in mehreren diskreten Stufen geändert wurde, konnten wir berechnen, wie viel Sauerstoff bei welcher Übersättigung zugeführt werden muss, damit der N₂ Partialdruck im Wasser nicht über den Partialdruck in der Atmosphäre steigt, das heisst, dass bezüglich des Stickstoffs keine Übersättigung vorliegt (Fig. 3).

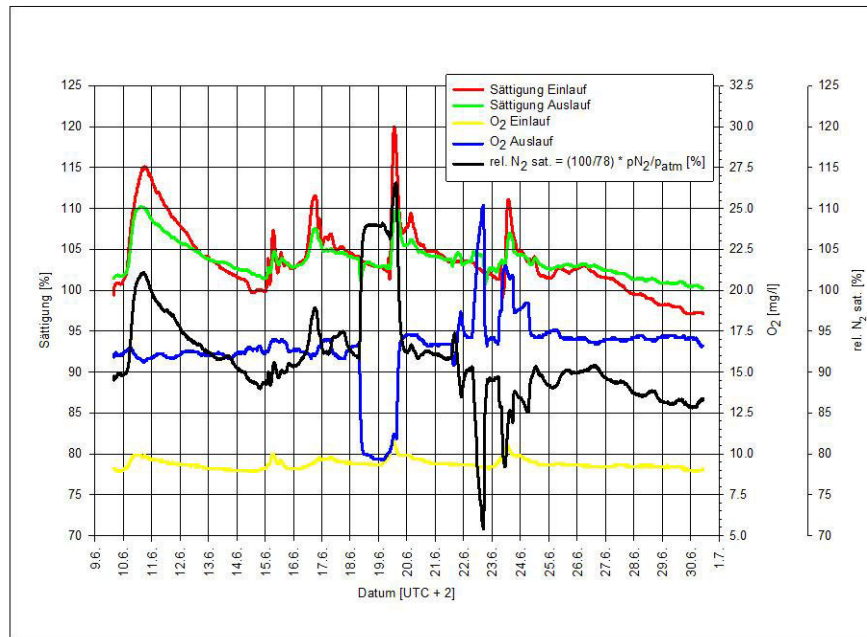


Fig. 3 : Zeitreihen Juni 2015 für Sättigung und O₂ Konzentration im Einlauf und im Auslauf der neuen Ausgasanlage und die daraus berechnete N₂ Konzentration im Vergleich zur N₂ Konzentration in der Atmosphäre (rel. N₂ sat.). Die „Sauerstoff-Lücke“ vom 18. bis 19.6. ist auf Arbeiten an der Ausgasanlage zurück zu führen.

Die Sättigungs-Messung im Anstrom der Ausgasungsanlage steuert nun die Ventile für die O₂ Zufuhr. Im Abstrom werden zur Überwachung der Anlage die Sättigung (zur Sicherheit mit 2 Sonden) und O₂ ebenfalls kontinuierlich gemessen. Zusätzlich löst ein starker Anstieg der Quellschüttung eine verstärkte O₂ Zufuhr aus. Wie Figur 1 klar zeigt, ist aber der Absolutwert der Schüttung kein gutes Mass für die Gassättigung.

Was wir vor 10 Jahren aus rein wissenschaftlicher Neugier begonnen haben, hat damit zu einer praktischen Anwendung geführt.

Andere Fälle von Gasübersättigung

Einige für Fischspezialitäten bekannte Restaurants in der Region Gruyère hielten bis vor einigen Jahren einen Vorrat an lebenden Forellen in einem kleinen Aquarium. Durch den steten Zufluss aus dem Trinkwassernetz wurde genügend Sauerstoff zugeführt. Wiederholt kam es zu zunächst unerklärlichem Fischsterben in diesen Aquarien. Als Grund dafür stellte sich dann eine massive Gasübersättigung im

Trinkwasser heraus. Nach Arbeiten am Netz war unter hohem Druck wieder Wasser in noch Luft enthaltende Leitungen eingeleitet worden.

Wenn solch übersättigtes Wasser z.B. zur Spülung neuer Leitungen in einen Bach abgeleitet wird, kann das zu einem rätselhaften Fischsterben führen. Man sucht dann nach Verunreinigungen und findet keine. Massive Gasübersättigung findet sich auch im Wasser der Absetzbecken bei Bohrungen mit Druckluftspülung. Falls der Überlauf dieser Becken in einen Bach abgeleitet wird sind die Fische akut gefährdet.

Druckluftspülung oder „air-lift“ bei Grundwasserbohrungen kann auch noch einen ganz anderen negativen Effekt haben. Das eingepresste Luft/Wasser Gemisch verdrängt einen Teil des Wassers aus den Poren. Da dieses Gemisch stark übersättigt ist, bilden sich im Boden oder im Gestein Luftblasen, die sich nur sehr langsam auflösen. Insbesondere bei gespanntem Grundwasser, bei dem kein Ausgleich mit der Atmosphäre möglich ist, kann das über Monate zu einer massiven Reduktion der Wasserpermeabilität führen (Manning et al. 2003). In dieser Zeit führen daher Pumpversuche zu völlig falschen Resultaten. Leider gibt es dazu kaum Untersuchungen. Die meisten Hydrogeologen haben keine Ahnung was Gasübersättigung ist und was sie bewirken kann. Allenfalls haben sie etwas von „excess air“ bei Edelgasanalysen von Wasserproben gehört.

Noch weniger Hydrogeologen wissen, dass TDGP-Messungen Information über Transportvorgänge liefern können. Lesenswerte Ausnahmen sind die Arbeiten von Klump et al. 2008 und Babic 2014.

Literatur

Domagoj Babic, (2014), Gas supersaturation, ^{222}Rn and CO_2 as tracers in karst water, PhD thesis, University of Neuchatel, Switzerland, 2014
(<http://doc.rero.ch/record/232549/files/00002424.pdf>)

Wesley J.Ebel and Howard L.Raymond (1976),
Effect of Atmospheric Gas Supersaturation on Salmon and Steelhead Trout of the Snake and Columbia Rivers. Mar.Fish.Rev. 38/7, 1-14, 1976

Stephan Klump, Olaf A. Cirpka, Heinz Surbeck and Rolf Kipfer (2008),
Experimental and numerical studies on excess-air formation in quasi-saturated porous media, WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 44, 2008

Andrew H.Manning, D.Kip Solomon and Amy L.Sheldon (2003),
Application of a Total Dissolved Gas Pressure Probe in Ground Water Studies, GROUND WATER, Vol 41, No 4, pp 440-448

Mofetten sprechen, also über CO₂ Ausgasungen und das zugehörige Risiko

Antoine Kies¹, Zornitza Tosheva¹, Hardy Pfanz²

¹ University of Luxembourg, 162a, av. Faïencerie, L-1511 Luxembourg, (antoine.kies@uni.lu)

² Applied Botany and Volcano Biology, University of Duisburg-Essen, 45117 Essen, Germany; hardy.pfanz@uni-due.de

Mofetten sind lokal begrenzte Gebiete geogener CO₂-Ausgasungen (Exhalationen). Sie sind in Bezug zu rezenten oder postvulkanologischen Erscheinungen oder zu metamorphen Prozessen in Karbonatgesteinen. Man findet sie entlang der kontinentalen Plattengrenzen sowie auch in der Nähe von tiefreichenden Störungszonen und in Gebieten rezenter Vulkanaktivität (Egergraben, Lacher See, Goma (Congo)). Das Kohlenstoffdioxid entstammt Magmakammern, der Erdkruste oder wird durch Metamorphose von Kalksteinen gebildet. An der Erdoberfläche wird es als trocknes Gas/Gasgemisch oder in Wasser gelöst (Säuerling) freigesetzt.

Wir berichten über CO₂ Messungen an Mofetten in Italien (Toskana), in Tschechien (Eger-Graben), in der Demokratischen Republik Congo (DRC, Goma,) und in Deutschland (Eifel, Laacher See). Besonders die Tal-Mofette in Rapolano südlich von Siena wurde näher untersucht. Sie besteht aus einem 100 Meter Durchmesser und 6 Meter tiefen dolinenförmigen Tal. Ein Messturm in der Mitte der Mofette erlaubt die kontinuierliche Erfassung von Temperatur und Kohlenstoffdioxid in einem vertikalen Abstand von 40 Zentimeter. Eine Wetterstation ist auf dem Turm aufgebaut.

Wegen des hohen Gasflusses aus mehreren Ausgasungsstellen füllt sich das Tal jeden Tag mit einem Gas-See mit bis zu 80% CO₂ Konzentrationen: ein tödliches Szenario für die meisten Organismen. Am Grunde der Mofette wächst als einzige Pflanzenart das Gewöhnliche Schilfrohr (Phragmites Australis).

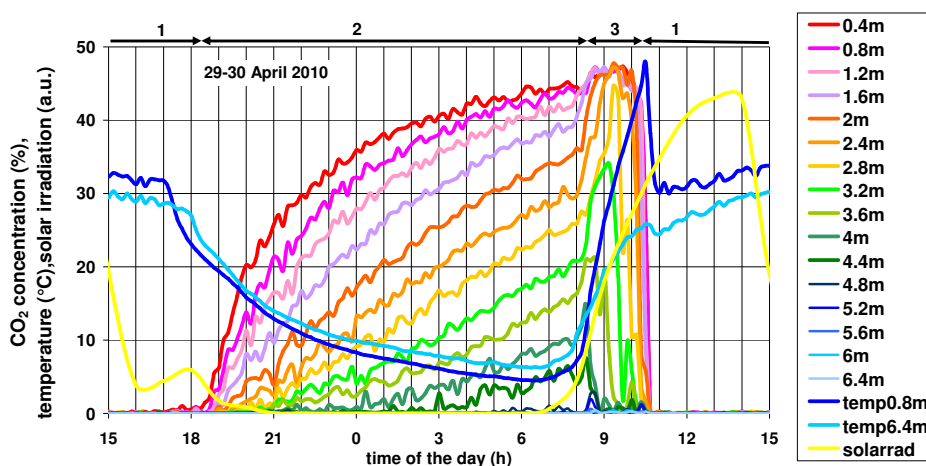


Abb.1. Verlauf der geschichteten Kohlenstoffdioxid Konzentrationen innerhalb eines Tages; für die drei Phasen 1,2 und 3 siehe Text. Angegeben sind die Temperaturen gemessen in zwei Höhen sowie die am Messturm gemessene Sonneneinstrahlung.

Die Dynamik des Aufbaus und der Entleerung des Gas-Sees wird beschrieben: (1) Aufbau ab späten Nachmittag bis in den frühen Morgen zu einem horizontal geschichteten Gas-See der seine höchsten Konzentrationen in den frühen Morgenstunden erreicht. (2) Nach Temperatur-Gradienten Umschichtung, Übergang in einen Gassee mit konstanten hohen Werten unterhalb etwa 2.5 Meter und niedrigen Werten oberhalb, dieser See überdauert etwa ein bis zwei Stunden. (3) Binnen einem sehr kurzen Zeitraum (10 bis 20 Minuten) entleert sich der Gas-See vollständig. Nun kann man problemlos das Tal betreten. Temperatur Schichtung-Umschichtung und die Erhitzung des Kohlenstoffdioxids durch einfallende Sonnenstrahlung und der Treibhauseffekt sind die Motoren für diese Dynamik.



Abb.2. Das Bild (aufgenommen gegen 9 Uhr) zeigt die Mofette bei Rapolano (Toskana) und den Messturm (CO₂ und Temperatur alle 40 cm). Die Wolke bildet sich aus dem im Kohlendioxid-See verdunstetem Wasser das an der See-Oberfläche kondensiert; hier findet auch ein abrupter Temperatursprung statt

Die anderen Mofetten geben nicht einen so klaren Zeitverlauf der Dynamik. Ihre Untersuchungen geben trotzdem interessante Einblicke. Besonders die Mofetten (lokal Mazuku) nördlich des Kivu Sees, an der Grenze von der Demokratischen Republik Congo und Rwanda, bewirken mit extrem hohen Gaskonzentration eine reelle Gefahr nicht nur für Tiere, auch für die Bewohner. Erfassung und Studium dieser Mofetten ist also sehr wichtig. Durch genauere Studien über den Verlauf der Mofettenaktivität und erhöhte Kohlenstoffdioxid Konzentrationen könnten bevorstehende vulkanische Aktivitäten der Nyiragongo und Nyamulgira Vulkane erkannt werden.

Referenzen:

Kies A., Henges O., Tosheva Z., Raschi A., Pfanz H., 2015: Diurnal CO₂-cycles and temperature regimes in a natural CO₂ gas lake, Int. Journal of Greenhouse Gas Control 37, 142-145

Donnerstag 15. Oktober 2015

11:30-12:00

Zur Frage der Herkunft des Methans im Bereich von Reutte

Thomas Figl¹, Leopold Weber², Reinhard Sachsenhofer³, Lukas Pytlak³

¹Amt der Tiroler Landesregierung, Landesgeologie; ²Ministerialrat i.R. Univ.-Prof. Dr.; ³Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl Erdölgeologie

1. Ausgangslage (T.F.)

Bereits seit längerer Zeit ist bekannt, dass der Bezirk Reutte in verhältnismäßig hohem Maß vom Auftreten von Gips und den damit einhergehenden Problemen betroffen ist. Im Gegensatz zu anderen Bereichen in Tirol betrifft diese Problematik vor allem auch den Siedlungsraum zum Teil sogar massiv.

Neben den Talkesselgemeinde Reutte, Breitenwang, Ehenbichl und Pflach spielt der Gips auch im Raum Weißenbach am Lech eine wesentliche Rolle.

1.1 Geologischer Hintergrund:

Gips und Anhydrit (Sulfatgesteine) gehören zu den durch fließendes Wasser auslaugungsfähigen Gesteinen. In den Tiroler Kalkalpen sind Gips- bzw.- Anhydritvorkommen unter anderem an die „Reichenhaller Schichten“ und vor allem an die Gesteine der „Nordalpinen Raibl-Gruppe“ gebunden. Die dort vorhandenen Gipsvorkommen können mit teils großer Mächtigkeit, aber auch fein verteilt im Gestein auftreten. Durch unterirdisch vorhandene Fließvorgänge (Niederschläge, Versickerung, vorhandene Wasserwegigkeiten im Untergrund, natürliche und künstliche Veränderung von Wasserwegigkeiten etc.) kommt es bei der Auslaugung dieser Gesteine zu unterirdischen Hohlräumbildungen. Unter ungünstigen Bedingungen können diese Hohlräume einstürzen und sind als trichterartige Senkungen an der Oberfläche zu erkennen. Die Entstehung derartiger Trichter (Dolinen, Erdfälle) kann sowohl durch langsames Absenken, als auch durch plötzliche Einbrüche vonstattengehen. Durch die Gipsauslaugung und Verwitterung dieser sulfathaltigen Gesteine sind in den Grund- und Quellwässern charakteristische indirekte und direkte chemische Merkmale, wie einerseits eine erhöhte bis hohe Leitfähigkeit und andererseits ein erhöhter bis deutlich erhöhter Sulfatgehalt, erkennbar. Diese chemischen Merkmale weisen aber auch darauf hin, dass die Auslaugung von Gips im Untergrund aktiv fortschreitet. Eine Leitfähigkeit von z.B. 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bedeutet einen gelösten Gipsgehalt von 1g pro Liter Wasser bei einer Wasserführung (Schüttung) von 1 l/s.

Aus geologischer Sicht liegt der Raum Weißenbach/Ehenbichl innerhalb der Lechtaldecke, wobei die Deckengrenze zur (geographisch) nördlich angrenzenden bzw. tektonisch darunter liegenden Allgäudecke nur wenige 100 m Luftlinie entfernt liegt. Die nächstgelegenen Festgesteinsaufschlüsse finden sich in einer Entfernung von nur wenigen 10er Metern zu den durchgeführten Bohrungen. Neben Hauptdolomit und Wettersteinkalk stehen auch nennenswerte Vorkommen von gips- bzw. anhydritführenden Raibler Schichten an.

Großräumig verlaufen die gipshältigen Gesteine der Nordalpinen Raibl-Gruppe im Gebiet Weißenbach-Ehenbichl-Klausenwald als relativ schmales Band vom Birkental, westlich des Gaichtpasses, in Ostwestrichtung in etwa bis zum Rauchwald auf Heiterwanger Gemeindegebiet. Deutliches Anzeichen für die dortigen Gipsvorkommen ist auch der oben genannte Gipsabbau der Firma Schretter & Cie nahe dem Gaichtpass. Dort sind die Gipsvorkommen in einer für Tirol außergewöhnlichen Mächtigkeit vorhanden. Weiters zeugen die zahlreichen Dolinen im Bereich Weißenbach-Gaichtpass sowie im Ortsteil Rieden von Auftreten der auslaugungsfähigen Gipse im Untergrund.

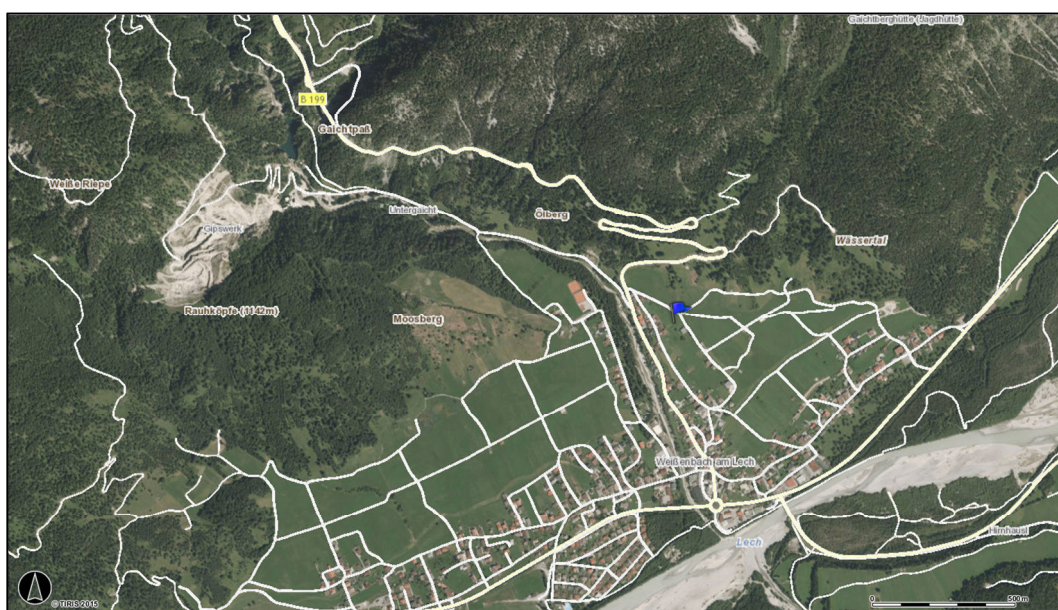


Abb.1. Übersichtskarte des Gebietes um Weißenbach m Lech. Mit blauer Fahne markiert die Bohrung, in welcher Gas angetroffen wurde (aus: TIRIS maps).

Bereits im Jahr 2010 wurden die bis dahin gewonnenen Erkenntnisse der Landesgeologie in einer so genannten Gipsgebietkarte zusammengefasst. In diesen Karten wurden – abgestuft in einen Bereich 1 („rote Zone“) und einen Bereich 2 („gelbe Zone“) jene Bereiche ausgewiesen, in welchen mit dem Auftreten von Gips bzw. damit in Zusammenhang stehend natürlich auch mit dem Auftreten von Hohlräumen gerechnet werden muss.

Den betroffenen Gemeinden wurde diese Karte zur Verfügung gestellt, begleitet von einem Schreiben, in welchem unter den Bau- und Raumordnungsbehörden aus fachlicher Sicht empfohlen wurde, im Bereich 1 („rote Zone“) den Untergrund entsprechend seiner Größe mit Kernbohrungen zu ergründen. Bei der Größe des Grundstückes für ein durchschnittliches Einfamilienhaus ist gemäß diesem Schreiben zumindest eine Kernbohrung abzuteufen, größere Grundstücke benötigen mehrere in Abhängigkeit von der Größe.

In der Praxis hat sich diese Vorgehensweise zwar für Einzelbauvorhaben als tauglich erwiesen. Im Falle von größeren oder mehreren Grundstücken wurden aber oft auch andere Methoden in Kombination mit mehreren Bohrungen als zielführend angesehen.

Im nördlichen Bereich der Gemeinde Weißenbach sollten im Rahmen eines Grundzusammenlegungsverfahrens eine Vielzahl an Grundstücken hinsichtlich ihres Untergrundaufbaues bzw. der Abklärung der Frage der Bebaubarkeit untersucht werden. Hierzu wurde ein Ingenieurbüro für Geologie mit der Ausarbeitung eines Untersuchungskonzeptes sowie mit der Durchführung von

Untersuchungen beauftragt. Das methodische Konzept sah dabei unter anderem die Abteufung von mehreren Bohrungen vor.

Mehrere Bohrungen wurden bereits abgeteuft bzw. war der Bohrvorgang gerade im Gange (hierbei wurden keine Auffälligkeiten festgestellt, wenngleich gipsführende Raibler Schichten in allen Bohrungen angetroffen wurden), als es im Rahmen einer Erkundungsbohrung am 20. Februar 2015 in einer Tiefe von 28 bis 31 m (unter Geländeoberkante) zu einem massiven Gasaustritt kam. Durch mehrere Anwesende wurde ein deutlicher Geruch nach Schwefelwasserstoff festgestellt. Des Weiteren hat die ebenfalls alarmierte Feuerwehr mit den ihr zur Verfügung stehenden Gerätschaften erhöhte Kohlenmonoxidwerte festgestellt.

Da durch die enormen Gasaustritte eine Gefährdung der Umwelt und auch von Personen nicht ausgeschlossen werden konnte, wurde umgehend damit begonnen, durch die Landesgeologie ein geeignetes Konzept zur Abdichtung des Bohrloches auszuarbeiten bzw. ausarbeiten zu lassen. Die Abdichtung der Bohrung stellte sich – auch aufgrund des hohen Druckes, unter welchem das Gas zutage trat – als relativ anspruchsvoll heraus. Es mussten hierzu Experten der OMV aus Wien herangezogen werden.

Im Zuge der wissenschaftlichen Aufarbeitung wurde auch Ministerialrat i.R. Univ. Prof. Dr. Leopold Weber zu Rate gezogen. Des Weiteren wurde durch Univ. Prof. Reinhard F. Sachsenhofer von der Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl Erdölgeologie eine Untersuchung der gezogenen Gasprobe durchgeführt. Die diesbezüglichen Ergebnisse bzw. Erkenntnisse sind ebenfalls Gegenstand dieses Vortrages.



Abb.2: Übersicht über die Bohrungen im Ortsgebiet von Weißenbach im Zuge der Untergrunderkundungen. Jene Bohrung, bei der es zu einem Gasaustritt kam, befindet sich in der rechten Bildhälfte neben dem Holzstadel.

2. Zur Verbreitung von Gips-Anhydritvorkommen im Ostalpin (L.W)

Im Bereich der Ostalpen sind zahlreiche Gipsvorkommen bekannt, die im Wesentlichen an Abfolgen des Permoskyths, des Oberen Skyths/Anis und des Karns bzw. Keupers gebunden sind.

Bereiche, die sich durch Mineralisationen gleicher paragenetischen Inhalts und gleichen Bildungsalters auszeichnen, werden zu metallogenetischen Bezirken zusammengefasst. Die Kenntnis der Verbreitung und Ausdehnung solcher Bezirke ist unter anderem für die Rekonstruktion der Entwicklung von rohstoffrelevanten Ablagerungsräumen essentiell und bildet eine wichtige Grundlage für Prospektionskonzepte (vgl. Weber, L. ed. 1997).

Hinweis: Die einzelnen metallogenetischen Bezirke werden derzeit gründlich überarbeitet. Die in der Folge angeführten Bezirke sind bereits Teil des in Arbeit befindlichen Interaktiven Rohstoff Informationssystems IRIS NEU, welches in völlig neuer und überarbeiteter Form im kommenden Jahr auf der Homepage der Geologischen Bundesanstalt online abrufbar sein wird

Die bedeutenden Evaporitvorkommen des oberen Perms sind im „Evaporitbezirk Oberperm Salzkammergut (Alt-Aussee, Wienern)“ konzentriert und führen neben Gips und Anhydrit vor allem Steinsalz (Alt-Aussee, Hallstatt, Bad Ischl, Hallein). Demgegenüber sind die Evaporitvorkommen der östlichen Kalkalpen nahezu frei an Salz. Sie werden zum „Evaporitbezirk Permtrias Östliche Kalkalpen (Puchberg)“ zusammengefasst. Diese Mineralisationen reichen bis in das unterste Anis.

Im Drauzug finden sich insbesondere in den untertriadischen Abfolgen des Dobratsch zahlreiche kleine Gipsvorkommen („Evaporitbezirk Untertrias Drauzugmesozoikum“).

Auf Grund der besonderen Mineralparagenese werden die Evaporitvorkommen im Bereich von Sulzau-Werfen als eigener metallogenetischer Bezirk verstanden („Phosphat-Evaporitbezirk Tirolikum“).

Die Wasserspiegelschwankungen des Karns manifestieren sich auch in der Ausbildung von Evaporiten. In den oberostalpinen Abfolgen der Nördlichen Kalkalpen finden sich zahlreiche Gips-/Anhydritvorkommen, die zu einem „Evaporitbezirk Karn Bajuvarisches Deckensystem (Montafon-Außerfern)“ zusammengefasst werden können.

Gips-Anhydritvorkommen in karnischen Abfolgen der östlichen Kalkalpen sind demgegenüber weniger verbreitet und auf Einzelvorkommen beschränkt, sodass sie (noch) nicht zu einem eigenen Bezirk zusammengefasst wurden (Opponitz Fm, Göstling).

In den unterostalpinen Keuperabfolgen des Semmerings befindet sich eine Reihe von Gips-/Anhydritvorkommen, die in der Vergangenheit auch wirtschaftlich genutzt wurden („Evaporitbezirk Karn Semmering [Haidbachgraben]“). Die Gips-Anhydritvorkommen von Stanz (südlich des Mürztals) wurden als vermeintliche Äquivalente dieser „Semmeringgipse“ bislang dem Unterostalpin zugerechnet. Neue Erkenntnisse lassen aber vermuten, dass es sich hierbei um untertriadische Gipse handelt, die tektonisch dem oberostalpinen Silvretta-Schladming-Seckauer Deckenkomplex zuzuordnen sind.

Weitere Gipsvorkommen befinden sich in den Abfolgen des Penninikums, die aber wegen ihrer isolierten Lage nicht zu einem eigenen metallogenetischen Bezirk zusammengefasst wurden (Glanzerberg, Ködnitztal, Obladis, Putz-Ladis, Zebblasjoch).

Viele ostalpine Erzvorkommen führen auch Gips (z.B. Blei-Zinkvererzungen des Typs Bleiberg, Eisenerzvorkommen des Typs Gollrad etc.). Derartige Gipsvorkommen gehören nicht zu einem

Evaporitbezirk sensu strictu, sondern sind jeweils integraler Bestandteil des jeweiligen Vorkommens / Lagerstätte.

2.1 Form und Gestalt von Gips- und Anhydritvorkommen:

Die meisten Vorkommen sind durch einen Anhydritkern gekennzeichnet, der von einer Gipsschwarte umgeben wird. Die Form der Vorkommen ist zumeist unregelmäßig stockförmig und erinnert an Diapire. Von Diapirismus im eigentlichen Sinn kann aber nicht gesprochen werden. Dieser setzt voraus, dass Mineralgemenge mit geringerer Dichte als das Nebengestein entlang von Schwachstellen „luftballonartig“ hochdringen kann. Der im Vergleich zum Nebengestein ($d = 2,4$ bis $2,8$) zu geringe Dichtekontrast des Anhydrits ($d = 2,95$) bzw. des Gipses ($d = 2,31$) reicht für einen derartigen Auftrieb allerdings bei Weitem nicht aus. Die unregelmäßige stockförmige Gestalt der Gips-Anhydritkörper ist vielmehr auf die hohe Plastizität insbesondere von Gips und Nebengestein (zumeist Tone, Tonschiefer) zurückzuführen. Viele Gips- und Anhydritvorkommen befinden sich entlang tektonischer Bewegungsflächen, zumal Gips und toniges Nebengestein hervorragende Gleithorizonte darstellen.

2.2 Gips- Anhydritvorkommen als Risikozonen

Gips- und Anhydritvorkommen sind aber nicht nur wichtige Rohstoffquellen, sondern sind auf Grund ihrer Eigenschaften (Löslichkeit des Gipses, Schwellvermögen des Anhydrits, mögliche H_2S , CH_4 -Führung) auch Risikozonen.

Gips wird unter Einwirkung von Wasser rasch gelöst. So kann 1 l Wasser mehrere Gramm Sulfat lösen. Durch die Lösung des Gipses entstehen einerseits Oberflächen, die einer Mondlandschaft gleichen, wobei auf engstem Raum Morphologieunterschiede der Gipsoberfläche von mehreren Metern auftreten können. Dies kann insbesondere bei Erkundungsbohrungen zu irreführenden Ergebnissen führen, als die tatsächlichen Gipsoberflächen nur durch entsprechende Bohrdichten einigermaßen verlässlich festgestellt werden können.

Wenn Oberflächenwässer über Trennflächen in tiefere Bereiche des Gipskörpers gelangen, können sich Hohlräume bilden („Gipskarst“). Häufig brechen derartige Hohlräume ein und bilden Gipsdolenen. Die Oberflächen über derartigen Gipsvorkommen heben sich morphologisch deutlich von den nicht-mineralisierten Bereichen ab. Gips-/anhydritführender Untergrund ist gefahrengefährdet und bedarf vor einer weiteren Nutzung einer entsprechenden Vorerkundung, allenfalls Umsetzung tauglicher geotechnischer Maßnahmen (vgl. Weber, L. 2014).

Bei Wasseraufnahme neigt Anhydrit zum Schwellen. Bei der Umbildung von Anhydrit zu Gips kann das Volumen um bis zu 60% ansteigen. Eine unerwünschte „Bewässerung“ des Anhydrits kann zu Hebungen der Überlagerung führen, wie dies erst vor wenigen Jahren eindrucksvoll in Stauffen (Baden Württemberg) festgestellt werden musste, als ein Anhydritkörper durch Bohrungen in Wasserkontakt kam. Durch die Umsetzung von Anhydrit zu Gips können sogar Betonschalen von Tunnelbauwerken in Mitleidenschaft gezogen werden.

Aus Gips und Anhydrit kann unter anaeroben Bedingungen durch die Einwirkung sulfatreduzierender Bakterien hochtoxischer Schwefelwasserstoff entstehen. Insbesondere Anhydritvorkommen sind aber

auch wegen ihrer Methangasführung bekannt geworden. Die Ursache dieser Gasentstehung ist noch nicht vollständig geklärt. Das Gas tritt dabei in den Porenhohlräumen und Klüften auf. Beim Anbohren kann es zu den gefürchteten „Bläsern“ kommen, wobei Gasanteile in der Luft zwischen ca. 5 und 16% hochexplosiv sind („Schlagwetter“). Beim Vortrieb des Eisenbahntunnels durch den Bosruck erfolgte im Jahre 1905 eine heftige Schlagwetterexplosion, bei der 14 Bergleute und zwei Rettungskräfte ums Leben kamen. Die Herkunft des Methans wurde auf die Evaporitführung zurückgeführt.

Charakteristikum vieler Kohlenlagerstätten ist auch deren Methangasführung. Eine Tonne Fohnsdorfer Glanzbraunkohle enthielt beispielsweise bis zu 30 m³ Methan (Weber, L. & Weiss, A. 1983)

3. Metallogenetische Bezirke des Außerferns (L.W.):

Im Außerferns sind drei charakteristische metallogenetische Bezirke entwickelt.

Die zahlreichen Vorkommen von Gips und Anhydrit können zu einem „Evaporitbezirk Karn Bajuvarisches Deckensystem (Montafon-Außerferns)“ zusammengefasst werden. Derartige Evaporite entstanden in einem flachmarinen Environment.

Der „Kieserzbezirk Raibl-Gruppe (Säuling)“ ist ebenfalls an das Bavarikum gebunden und stellt ein wichtiges Bindeglied zu den kalkalpinen Blei-Zinkvererzungen des Karns dar (marines Environment).

Die Vorkommen von Steinkohle sind sowohl auf das tirolische als auch das bajuvarische Deckensystem verteilt („Steinkohlenbezirk Raibler Schichten“) und sind terrestrischer Entstehung.

Auch wenn keine exakte synchrone Übereinstimmung besteht, können zumindest im Karn der östlichen Kalkalpen aus der Verteilung der zahlreichen Evaporitvorkommen, der Blei-Zinkvorkommen sowie der Glanzbraun- bzw. Steinkohlenvorkommen die einzelnen Faziesräume besser abgegrenzt werden.

4. Potentielle Methanquellen (L.W.)

Da im Außerferns sowohl Evaporite als auch Steinkohlen potentielle Quellen von Methan darstellen, soll in kurzer Form auf die Charakteristika der beiden metallogenetischen Bezirke eingegangen werden:

Evaporitbezirk Karn des Bajuvarischen Deckensystems (Montafon-Außerferns):

Die Gips-Anhydritvorkommen des Montafons (Vorarlberg) treten innerhalb des Hangendbereichs der Raibler Schichten auf. Sie können zeitlich in das höhere Karn (Tuval) eingestuft werden. Nach einer terrigenen Sedimentation (tonige Siltsteine, Sandsteine) kam es zu einer Meeresspiegelabsenkung, in deren Gefolge eine regressive Karbonat-Evaporitfolge aufgebaut wurde. Die hohe Mobilität der Gipse innerhalb dolomitischer Gesteine brachte es mit sich, dass oft mehrere Meter mächtige Dolomit- und Rauhwackenlagen zerbrachen und schließlich als kompetente Boudins im Gips schwimmen. Liegend- und Hangendgrenze der Evaporitkörper sind zumeist tektonisch. Auch das ursprüngliche Gipslagengefüge ist durch die starke tektonische Durchbewegung weitgehend zerstört.

Die Evaporitlagerstätten verteilen sich nach Angerer, H. et al. (1980) auf mehrere tektonisch voneinander getrennte Schuppen. Die Evaporitfolge ist im Streichen über 10 km zu verfolgen. Die Mächtigkeit der gips-anhydritführenden Abfolgen kann bis zu 400 m erreichen. Von den zahlreichen Vorkommen wurde jene von St. Anton/Montafon und Dalaas bis in die jüngere Vergangenheit wirtschaftlich genutzt.

In den Karnabfolgen des Außerferns liegt eine Reihe von linsenförmigen Gipsvorkommen, die sich an der Geländeoberfläche durch eine ausgeprägte Gipspingenlandschaft bemerkbar machen.

In stratigraphischer Sicht entsprechen die Außerferner Gipse jenen des Montafons. Auch diese Evaporite liegen in einer Abfolge von Dolomit und Rauhwacke.

In den Gipsvorkommen im W-Abschnitt der Nördlichen Kalkalpen bildet Gips stark verfaltete Körper, die im cm-Bereich eine charakteristische, vermutlich primäre Bänderung aufweisen. Diese wird durch Tonminerale und Dolomit verursacht. Der farbliche Gesamtcharakter des Gipses ist graubraun. Auffallend sind in vielen Vorkommen zur Bänderung diskordant verlaufende Klüfte und Gängchen, die von schneeweißem Gips gebildet werden. Aus den Ortsbildern ist auf kleinräumige Mobilisation zu schließen.

Der „*Steinkohlenbezirk Nordalpine Raibl Gruppe*“ liegt sowohl im Tirolischen als auch Bajuvarischen Deckensystem.

In den Nordtiroler Kalkalpen sind mit den Lunzer Kohlen vergleichbare Kohlenvorkommen im tieferen Karn bekannt, die in der Literatur jedoch als „Raibler Kohlen“ bezeichnet werden (Schulz, O., in Weber, L. ed.: 1997)

Die Kohlenvorkommen um Reutte werden nach Jerz, H. (1966) (in Schulz, O. et al., 1991) einer Nordfazies, das Vorkommen um Nassereith einer Südfazies zugeordnet.

Die Kohlenvorkommen werden stratigraphisch in die mächtige untere Schiefer-ton-Serie eingestuft. Nach Jerz sind relative Kohlenanreicherungen mit teilweiser Flözentwicklung häufig in nördlichen und südlichen Randgebieten des Ablagerungsraumes zu finden. Auf Grund der geringen Mächtigkeit der Flözchen und des Auftretens von Pflanzenhäcksel wird keine Moorbildung, vielmehr eine Anreicherung durch Umlagerung detritärer organischer Substanz angenommen.

Während die Kohlenvorkommen im Umfeld von Reutte in der Lechtaldecke gelegen sind, befindet sich lediglich das Vorkommen von Nassereith in der Inntaldecke nahe der Deckengrenze. Bemerkenswert ist dabei auch der geringere Inkohlungsgrad der Nassereither Kohle.

Der „*Kieserzbezirk Raibl-Gruppe (Säuling)*“ scheidet als potentielle Methanquelle grundsätzlich aus.

5. Zur Geochemie des Gases (R.F.S. + L.P)

Da für die weitere Vorgangsweise hinsichtlich Abdichtung die Kenntnis der Zusammensetzung des austretenden Gases zur Gefährdungsabschätzung eine unabdingbare Voraussetzung darstellt, wurde eine Gasprobe gezogen und am Lehrstuhl Erdölgeologie an der Montanuniversität Leoben untersucht. Neben der molekularen Zusammensetzung des Gases ist vor allem für das genetische Verständnis dessen Isotopie von besonderer Bedeutung.

5.1 Probenbeschreibung und Methodik

Die entnommene Gasprobe wurde in einer handelsüblichen Laborflasche übermittelt. Die Flasche wurde kopfüber unter salzgesättigtem Wasser geöffnet. Unter Laborbedingungen herrschte in der Flasche noch ein entsprechender Überdruck, woraus geschlossen werden kann, dass beim Transport keine Kontamination durch eindringende Umluft auftrat. Die Gasprobe selbst wurde mittels eines luftdichten Spritzensystems entnommen und den jeweiligen Messgeräten zugeführt.

Die molekulare Zusammensetzung wurde mittels eines für Gas spezifizierten Gaschromatographen von ThermoFisher ermittelt. Das mit drei Messkanälen ausgestattete Gerät trennt die Kohlenwasserstoffe an einer 30 m Rtx-Alumina Kapillarsäule ab und detektiert diese mittels eines FID (Flammenionisationsdetektor). Die Trennung der Permanentgase Stickstoff, Sauerstoff, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid erfolgte mittels zweier gepackter Säulen, deren Messung erfolgte durch einen TCD Detektor. Die Schwefelverbindungen wurden nach Abtrennung an einer gepackten Rtx-Säule über einen FPD Detektor gemessen. Als Trägergas wurde jeweils Helium verwendet.

Die Messung der stabilen Isotope erfolgte mittels eines an einen Gaschromatographen gekoppelten Isotopen-Massenspektrometers (IRMS Delta V, ThermoFisher) in Verbindung mit einem Verbrennungs-Ofen. Für die Kalibrierung wurde ein Eichgas mit bekannter Isotopenzusammensetzung verwendet.

5.2 Ergebnisse

Die Tabelle 1 zeigt die molekulare Zusammensetzung der Gasprobe. Wie daraus ersichtlich, besteht die Gasprobe zum Großteil aus Kohlenwasserstoffen, wobei besonders anzumerken ist, dass neben Methan auch die höheren Homologe in entsprechenden Gehalten vorkommen. Die Permanentgase Sauerstoff, Stickstoff und Kohlendioxid sind nur untergeordnet vertreten, wobei aufgrund des Sauerstoffs eine geringfügige Kontamination durch Luft nicht zur Gänze ausgeschlossen werden kann. Das in der Einleitung erwähnte Kohlenmonoxid sowie Schwefelwasserstoff konnten in der Probe nicht nachgewiesen werden.

Die Kohlenstoff-Isotopen-Verhältnisse von Methan bis einschließlich Butan sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Daten zeigen, dass die Gasprobe als isotopisch schwer zu klassifizieren ist.

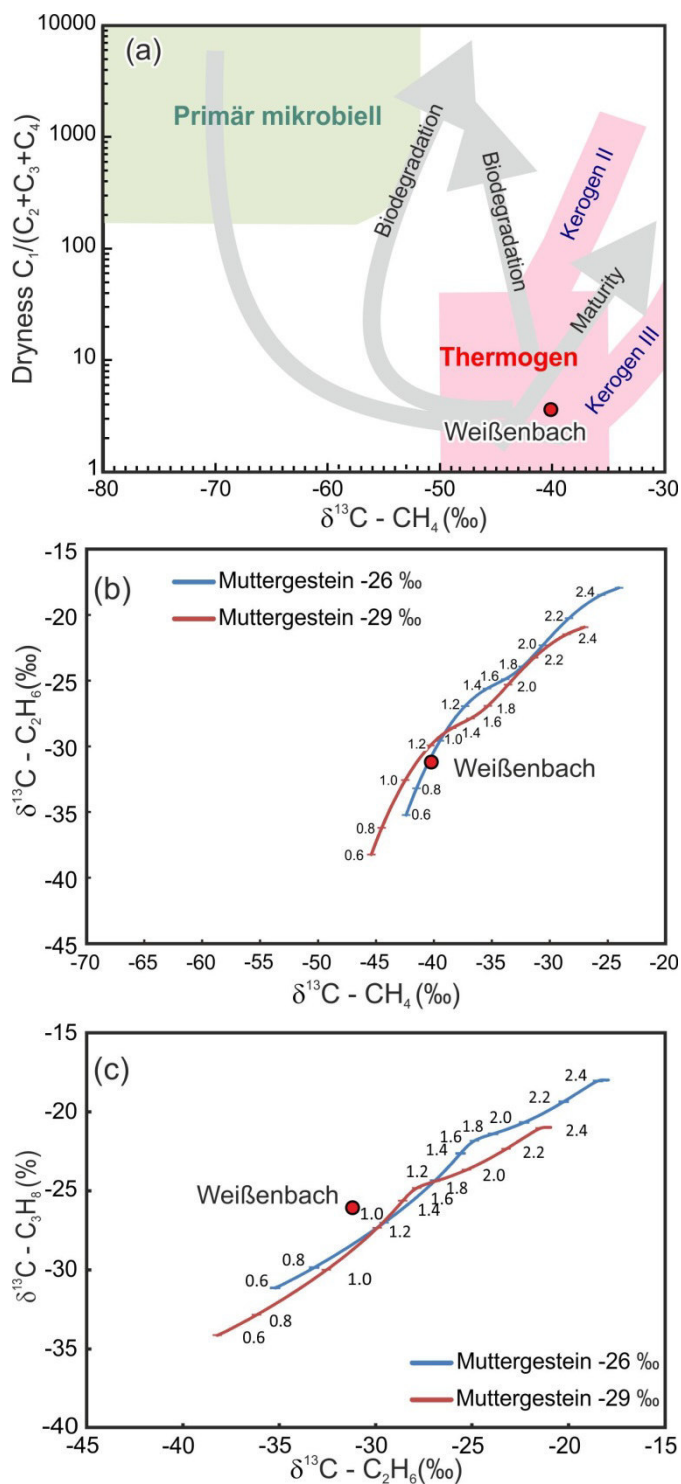
Tabelle 1: Molekulare Zusammensetzung der untersuchten Gasprobe [vol%]

CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	<i>i</i> -C ₄ H ₁₀	<i>n</i> -C ₄ H ₁₀	<i>i</i> -C ₅ H ₁₂	<i>n</i> -C ₅ H ₁₂	<i>n</i> -C ₆ H ₁₄	CO ₂	N ₂	O ₂ +Ar
68.77	13.44	7.00	1.28	1.64	0.44	0.40	0.08	0.10	5.78	0.92

Tabelle 2: Stabile Isotope ($\delta^{13}C$) der untersuchten Kohlenwasserstoffe [‰ V-PDB]

	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	<i>i</i> -C ₄ H ₁₀	<i>n</i> -C ₄ H ₁₀
	-40.2	-31.2	-26	-23.3	-23.9
Std.Abw. (n=8)	0.2	0.1	0.1	0.3	0.1

5.3 Diskussion



- Entstehung der Gasprobe (mikrobiell versus thermisch)

Von genetischem Interesse ist vor allem, dass isotopisch schweres Methan und bezogen auf Methan höhere Gehalte an höheren Kohlenwasserstoffen (C_{2+}) gemessen werden konnten. Dies belegt, dass thermisch gebildetes Gas vorliegt (Abb. 3a). Ein zusätzliches Argument für eine thermische Entstehung liefern auch die nicht quantifizierbaren Spuren an C_5 und C_6 Isomeren.

Das Verhältnis von i-C4 zu n-C4 erhöht sich mit steigender Biodegradation. Das beobachtete Verhältnis (~ 0.8) ist typisch für Gase mit keiner (oder nur geringfügiger) Biodegradation (z.B. Larter, S. & di Primio, R. 2005).

- Reife des Muttergesteins

Die Kohlenstoff-Isotopendaten von Methan, Ethan und Propan können benutzt werden um die Reife des Gas-Muttergesteines abzuschätzen, wenn die Isotopie des Ausgangs-Kerogens bekannt ist (Berner, U. & Faber, E 1996). Letztere ist im vorliegenden Fall nicht bekannt. Unter Verwendung von durchschnittlichen Werten, ergibt sich aber, dass das Muttergestein eine Reife aufweist, die dem Ölfenster entspricht (ca. 0.8 bis 1.2 %Rr) (Abb. 3b,c).

Abb. 3: Genetische Klassifizierung des Gases von Weißenbach basierend auf (a) einem Diagramm von Bernard, B.B. et al., (1976), sowie (b) $\delta^{13}C$ von Methan und Ethan und (c) $\delta^{13}C$ von Ethan und Propan (modifiziert nach Berner, U. & Faber, E. 1996).

- Spekulationen bezüglich des Muttergesteins

Gas, das in einem kohligem Muttergestein generiert wurde, wird meist durch schwere $\delta^{13}\text{C}$ Werte ($> -35\text{‰}$) charakterisiert. Es ist daher im vorliegenden Fall eher nicht von einem terrestrischen, sondern von einem marinen Muttergestein auszugehen. Mögliche Kandidaten können sowohl im autochthonen Untergrund der alpinen Decken, als auch im Deckenstapel selbst vorliegen.

In diesem Zusammenhang ist interessant, dass Gase in der bayrischen Westmolasse (W München) ähnliche Methanisotopendaten aufweisen, wie der Gasfund bei Reutte, wobei dies sowohl für Gase in mesozoischen als auch känozoischen Speichergesteinen gilt (Schoell, M. 1984). Wir spekulieren daher, dass das seichte Gas bei Weißenbach in autochthonen mesozoischen (Jura?) oder känozoischen (Schöneck Fm.?) Schichten gebildet worden sein könnte. Es stellt sich allerdings die Frage, ob die autochthonen Einheiten im Bereich Reutte nicht eine Reife über 1.2 %Rr aufweisen und damit als potentiell Muttergestein zu tief versenkt sind. Tatsächlich wurde von Faber, E. et al. (1995) eine Herkunft der Gasspuren in der Bohrung Hindelang 1 (ca. 20 km WNW Weißenbach) aus größerer Tiefe postuliert. Hier ist die Gasreife allerdings auch deutlich höher.

Petschick, E. (1989) untersuchte die thermische Reife der westlichen Kalkalpen. Im Bereich Reutte stellte er einen markanten Inkohlungssprung zwischen der Lechtal und der Allgäu Decke fest, wobei in beiden Decken in triassischen Gesteinen eine Reife von ca. 1.0%Rr erreicht wird. Weitere Untersuchungen sind notwendig, um mögliche triassische Muttergesteine (inkl. Raibl Fm.) zu charakterisieren.

- Bemerkungen zu H_2S

Die Vergesellschaftung von Kohlenwasserstoffen mit gelöstem Sulfat ist thermodynamisch instabil. Es kommt daher zu Redox-Reaktionen, wobei Sulfat durch die Kohlenwasserstoffe entweder bakteriell (bakterielle Sulfatreduktion; BSR) oder anorganisch (thermochemische Sulfatreduktion; TSR) reduziert wird (Machel, H.G. 2001). Dabei entsteht in beiden Fällen H_2S . BSR tritt bis Temperaturen von ca. 80°C auf, TSR setzt bei Temperaturen über 100-140°C ein. Das Auftreten von leichtem Geruch nach Schwefelwasserstoff ist daher verständlich. Erstaunlich ist eher das offensichtlich geringe Ausmaß der eingetretenen Sulfatreduktion.

Schlussfolgerungen (R.F.S. + L.P)

Seichtes Erdgas wurde bei geotechnischen Bohrungen in Weißenbach nahe Reutte unterhalb einer Gipsabfolge angetroffen. Die molekulare und isotopische Zusammensetzung weist eindeutig auf eine thermische Entstehung des Gases hin. Vermutlich wurde das Gas bei einer Reife, die dem Ölfenster entspricht (0.8 – 1.2%Rr) gebildet. Sowohl eine Entstehung im Autochthon unterhalb der alpinen Decken (und vertikale Migration entlang von großen Störungszonen), als auch eine Entstehung innerhalb der alpinen Decken scheint möglich. Der sehr geringe Anteil an Schwefelwasserstoff zeigt, dass trotz der Nähe zu den abdichtenden Gipsen, bakterielle Sulfatreduktion nur eine sehr untergeordnete Rolle spielt.

Konsequenzen aus geotechnischer Sicht (T.F)

Von Seiten der Landesgeologie wurde dem Umstand des Gasaustrittes insofern Rechnung getragen, als dass nunmehr den zuständigen Behörde empfohlen wird, bei sämtlichen Bohrungen in potentiell gipsführenden Gesteinen eine Reihe von Nebenbestimmungen vorzuschreiben. Dies beinhaltet neben der Vorschreibung einer geologischen Bauaufsicht unter anderem den Einsatz eines kalibrierten Gaswarngerätes, welches zumindest die nichtatembaren oder explosiven Gase (CO, CO₂, CH₄, H₂S) detektieren kann. Des Weiteren ist das Bohrgerät mit einem Gaspräventer mit Absperrvorrichtung auszustatten. Es wurde für den Fall, dass es trotz absperrbarem Präventers zu weiteren Gasaustritten kommen sollte, zusätzliche Anweisungen vorgegeben.

Literatur

- Angerer, H., Haditsch, J.G. et al. (1980): Ein Beitrag zur Kenntnis der Gipslagerstätten des Montafons (Vorarlberg). – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, **9**, 263–320, Innsbruck
- Bernard, B.B., Brooks, J.M., Sackett, W.M., 1978. Light hydrocarbons in recent Texas continental shelf and slope sediments: *Journal of Geophysical Research*, v. 83, p. 4053-4061.
- Berner, U., Faber, E., 1996, Empirical carbon isotope/maturity relationships for gases from algal kerogens and terrigenous organic matter, based on dry, open-system pyrolysis: *Organic Geochemistry* 24, S. 947-955.
- Faber, E., Gerling, P., Stahl, W., 1995. Kohlenstoff- und Wasserstoff-Isotopenzusammensetzung der gasförmigen Kohlenwasserstoffe der Bohrung Hindelang 1 (Allgäuer Alpen), *Geologica Bavarica* 100, S. 199-218.
- Jerz, H. (1966): Untersuchungen über Stoffbestand, Bildungsbedingungen und Paläogeographie der Raibler Schichten zwischen Lech und Inn (Nördliche Kalkalpen).- *Geologica Bavarica*, 56, 1-102, München.
- Larter, S., di Primio, R., 2005. Effects of biodegradation on oil and gas field PVT properties and the origin of oil rimmed gas accumulations. *Org. Geochemistry* 36, S. 299–310.
- Machel, H.G., 2001. Bacterial and thermochemical sulfate reduction in diagenetic setting – old and new insights. *Sedimentary Geology* 140, S. 143-175.
- Petschick, R., 1989. Zur Wärmegeschichte im Kalkalpin Bayerns und Nordtirols (Inkohlung und Illit-Kristallinität). *Frankfurter geowiss. Arb., Serie C*, Bd. 10, S. 1-259.
- Schoell, M., 1984. Wasserstoff- und Kohlenstoffisotope in organischen Substanzen, Erdölen und Erdgasen. *Geol. Jb. Reihe D* 67, S. 3–161.
- Schulz, O. & Fuchs, H.W. (1991): Kohle in Tirol: Eine historische, kohlenpetrologische und lagerstättenkundliche Betrachtung. – *Archiv f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A.*, **13**, 123–213, Wien.
- Schulz, O. (1997): Kieserzbezirk Außerfern (Reutte) in: WEBER, L. ed. 1997, S. 359.

Weber, L. & Weiss, A. (1983): Bergbaugeschichte und Geologie der Österreichischen Braunkohlenvorkommen.- Arch. f. Lagerst. forschg. Geol. B.-A., **4**, 317 S., Wien.

Weber, L. ed. (1997): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs.- Erläuterungen zur Metallogenetischen Karte von Österreich 1:500.000.- Arch. f. Lagerst. forschg. Geol. B.-A., **19**, 607 S., Wien.

Weber, L. (2014): Gipsbergbau im Siedlungsgebiet- Erkennen und Beherrschen der Risiken

Anschrift der Autoren:

(T.F.): T. Figl, Amt der Tiroler Landesregierung / Fachbereich Landesgeologie

(L.W.): L. Weber, Gentszgasse 129/2/45 1180 Wien

(R.F.S. + L.P): R.F. Sachsenhofer, L. Pytlak, Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl Erdölgeologie, Peter-Tunner Str. 5, 8700 Leoben

Donnerstag 15. Oktober 2015

14:00-14:30

Seismische Kartierung der Gipsauslaugungsphänomene rund um den Dolineneinsturz auf dem Mühlfeld bei Reutte i.T.

Walter Frei

GeoExpert AG, Geophysical prospecting, CH-8424 Embrach



1 EINLEITUNG

In der Umgebung des spontanen Dolineneinsturzes auf dem Mühlfeld bei Reutte i.T. im August 2013 sind mit seismischen Verfahren die Untergrundstrukturen flächig bis in Tiefen von rund 150 m zu kartieren. Das Augenmerk richtet sich auf

- die Bestimmung der Tiefenlage und des Verlaufs der Felsoberkante;
- die Lokalisierung von Störungs- und Auflockerungszonen, deren Wasserwegigkeiten für die Gipsauslaugungsvorgänge in Frage kommen;
- die Bestimmung geeigneter Messparameter zur Optimierung des Auflösungsvermögens für eventuell weiterführende Erkundungen.

2 MESSPROGRAMM

Zur Abdeckung einer möglichst großen Fläche wurde entschieden drei sternförmig angeordnete seismische Messlinien von je ca. 600 m Länge zu erfassen, die ihre Schnittpunkte nahe beim Dolineneinsturz haben (s. Abb. 1).

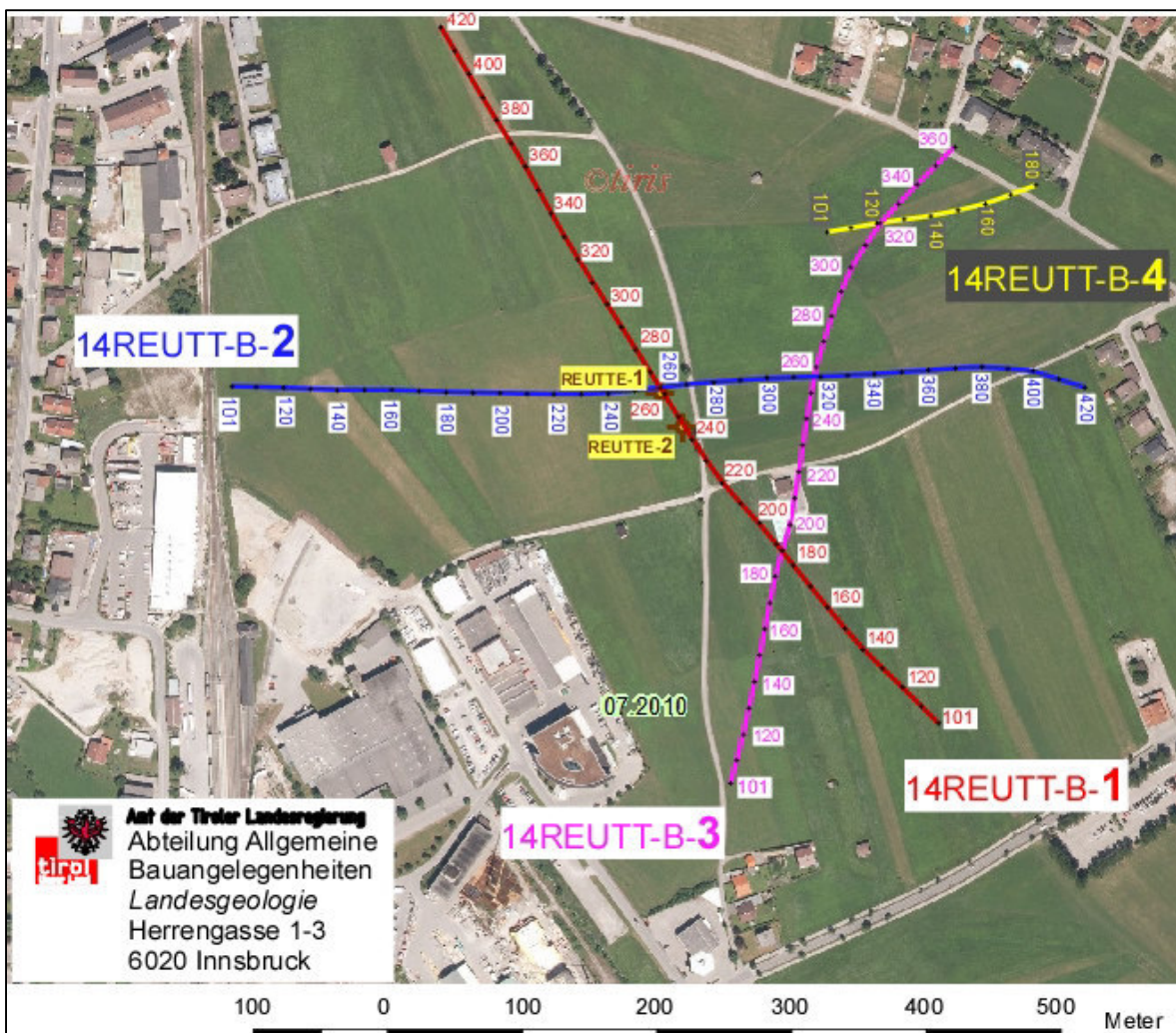


Abb. 1 Anordnung der seismischen Messlinien für die flächige Erkundung. Der Dolineneinsturz befindet sich zwischen den beiden Sondierbohrungen **REUTTE-1** und **REUTTE-2**.

3 ERKUNDUNGSMETHODE(N)

Als bewährte Verfahren kommen die hochauflösende Reflexionsseismik und die refraktionstomographische Inversion zur Herleitung des Gradientenfeldes der seismischen Geschwindigkeiten zum Einsatz.

Die beiden Methoden haben je nach Fragestellung und Erkundungstiefe unbestrittene Vorteile, aber auch Nachteile, wie auf der Übersicht unten dargestellt:

Messziele & Fragestellung	Reflexions- seismik	Refraktions- tomographie
Auflösungsvermögen in geringen Tiefen (< 10 m)	BEGRENZT	GUT
Auflösungsvermögen in größeren Tiefen (> 50 m)	GUT	SCHLECHT
Erkundungstiefe	HOCH	BEGRENZT
Indikator für Gesteinsfestigkeit / Reissbarkeit (<i>rippability</i>)	SCHLECHT	GUT
Detektion von Geschwindigkeitsinversionen (<i>hidden layers</i>)	SCHLECHT	GUT
Detektion von Störungs- und Bruchzonen	GUT	BEGRENZT

Da sich für praktisch jede Fragestellung die Nachteile der einen Methode durch die Vorteile der anderen kompensieren lassen, ist die Kombination und eine gemeinsame Ergebnisdarstellung der beiden Verfahren naheliegend → **Hybride Seismik**.

Dadurch dass die Datenerfassung mit den heute kostengünstig zur Verfügung stehenden Mess-geräten nicht mehr für beide Methoden getrennt durchgeführt werden muss, sondern diese in einem Arbeitsgang und ohne nennenswerten, zusätzlichen Feldaufwand möglich ist, kann das Aussage-potential seismischer Daten durch die EDV nach beiden Verfahren nunmehr vollständig ausgeschöpft werden.

Die Resultate der Reflexionsseismik und der Refraktionstomographie sind, obwohl sie vom gleichen Datensatz abgeleitet werden, voneinander völlig unabhängig. Die gemeinsame Darstellung und die Gegenüberstellung der Ergebnisse beider Techniken resultiert in einer reziproken Kalibration, die wiederum zu einer stark erhöhten Aussagesicherheit führt.

Die für das Auflösungsvermögen und für die Erkundungstiefe entscheidenden Messgrößen

Die Detailgenauigkeit der hybridseismischen Ergebnisse ist direkt proportional zur räumlichen Datendichte, die durch die Abstände zwischen den Empfänger- und Anregungsstationen definiert ist. Die erzielbare Erkundungstiefe wird durch die Länge der aktiven Geophonauslage bestimmt.

Je kleiner die Empfängerstationsabstände, desto besser ist das Auflösungsvermögen; und je länger die aktive Empfängerenauslage, desto grösser ist die refraktionstomographisch realisierbare Erkundungstiefe.

Es ist deshalb angezeigt, dass die Datenerfassung mit einer Auslage von einer möglichst großen Anzahl von aktiven Geophonstationen erfolgt, damit auch mit kleinen Empfängerabständen eine aus-reichend lange aktive Auslage erzielt wird.

Das Verfahren der Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)

Eine wichtige Größe bei geotechnischen Baugrundcharakterisierungen ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit seismischer Scherwellen. Sie ist maßgebend für die quantitative Erfassung gesteinsmechanischer Größen. Deren Bestimmung erfolgt u.a. über Laboranalysen von Bohrkernen oder mittels bohrlochseismischer Messungen. Bei flächigen Untersuchungen empfehlen sich aus Kosten-gründen die oberflächenseismischen Verfahren der S-Wellen Refraktions- und Reflexionsseismik und die Methode der **M**ultichannel **A**nalysis of **S**urface **W**aves (MASW). Die ersten beiden Methoden sind zeit- und kostenaufwändiger und setzen den Einsatz von teuren Scherwellengeneratoren und speziellen S-Wellengeophonen voraus.

Das MASW-Verfahren basiert auf der Analyse der Dispersionseigenschaften von Oberflächenwellen, eines Wellentyps, der sich entlang der Erdoberfläche ausbreitet und unterschiedliche Phasen- und Gruppengeschwindigkeiten aufweist. Ein umfassendes und gut illustriertes Tutorial findet sich unter www.masw.com.

Die Vorteile des MASW Verfahrens

- a) MASW-Auswertungen werden auf Datensätzen angewendet, die mit P-Wellengeophonen erfasst werden. Allerdings eignen sich nur Daten von Geophonen mit einer tiefen Eigenfrequenz von max. 10 Hz. Da die hybridseismischen Daten sich auch für eine MASW Auswertung anbieten, entfallen zusätzliche Feldarbeiten für die Datenerfassung.
- b) Relativ kostengünstigstes oberflächenseismisches Verfahren für die Bestimmung von S-Wellengeschwindigkeiten, da keine besonderen S-Wellengeneratoren und -geophone erforderlichlich sind.
- c) Für die Detektion von stark aufgelockertem Gestein und Hohlräumen ist das MASW-Verfahren wegen seiner größeren Empfindlichkeit generell besser geeignet als die P-Wellen-Refraktions-tomographie.
- d) MASW-EDV-Ergebnisse sind für die Interpretation gut kombinierbar mit denjenigen der hochauflösenden Reflexionsseismik, □ S-Wellen-hybridseismische Profile. Sinnvolle Ergänzung zur Reflexionsseismik mit hohem Auflösungsvermögen im Tiefenbereich der obersten 30 m.

Die Nachteile und Einschränkungen von MASW

- e) Maximale Erkundungstiefe bei 40 m mit tieffrequenten Geophonen mit einer Eigenfrequenz von 4.5 Hz. Bei Daten von 10 Hz Geophonen reduziert sich die Erkundungstiefe auf max. 15 - 20 m.
- f) Die Datenüberdeckung des Untergrunds ist wiederum methodisch bedingt eingeschränkt. Die effektiv vermessene Strecke ist an beiden Enden um die Hälfte der aktiven Auslage kürzer; d.h. bei einer aktiven Auslage mit 48 Geophonen in Abständen von 1 m verkürzt sie sich um 24 m an beiden Enden.
- g) Noch keine Software erhältlich, die eine nichtplanare Geländeoberfläche berücksichtigt.
- h) Die EDV-Auswertungsergebnisse sind stark subjektiv geprägt. Entscheidend für die Detail-genauigkeit der Ergebnisse ist die Erfahrung und Routine des auswertenden Geophysikers.
- i) Bei komplex und kleinräumig strukturiertem Untergrund sind widersprüchliche Mehrdeutigkeiten bei der Wahl der Dispersionskennkurven die Regel.
- j) MASW eignet sich bei schon etwas komplexeren Untergrundstrukturen nicht als *stand-alone* Verfahren. MASW-Ergebnisse sind deshalb anhand der hybridseismischen Aussagen zu überprüfen. Die Methode ist als komplementär zur Hybridseismik zu betrachten.

Zusammenfassung der Akquisitionsparameter

Empfängerabstand	2.0 m / 1.0 m über 140 m beim Dolineneinsturz**
Auslagetyp	stationäre Auslage mit variabler Asymmetrie
Anzahl aktiver Kanäle	bis 360
Anzahl Geophone pro Station	1
Geophontyp	10 Hz
Anregungsabstände	6.0 m / 2.0 m über 140 m beim Dolineneinsturz**
Energiequelle	6 kg Hammer
Anzahl Schläge pro Station	1 - 3
Abtastrate	0.5 Millisekunden
Horchzeit	256 Millisekunden
Hochpassfilter (2-Pol)	4 Hz
Tiefpassfilter	anti-alias

**Auf dem Profil 1 wurde ein 140 m langer Profilabschnitt über den Dolineneinsturz und die beiden Kernbohrungen mit 6-facher Datendichte registriert. Diese Maßnahme erfolgte im Hinblick auf allfällige weiterführende Erkundungen um eine Vergleichsgrundlage zur Einstufung des Auflösungsvermögens in Abhängigkeit der Datendichte zu erhalten.



Abb. 2 Seismische Anregung mit einem 6 kg Hammer, mit dem auf eine Stahlplatte geschlagen wird. Die Energie mit dieser Quelle ist ausreichend für die Erfassung von geologischen Strukturen bis in Tiefen von 3 – 400 m. Der Schlagtrupp befindet sich hier auf dem Profil 1 bei den beiden Sondierbohrungen.

3 DISKUSSION DER RESULTATE

In refraktionstomographischen Geschwindigkeitsfeld der Abb. 3 fällt die Isogeschwindigkeitslinie von 2'500 m/s zusammen mit der in der KB REUTE-1 angetroffenen Tiefe der Felsoberfläche.

In der Folge basiert unsere Interpretation darauf, dass die (stark angewitterte) Felsoberfläche ungefähr mit dem Verlauf der 2'500 m/s Geschwindigkeitsisolinie zusammenfällt. Die Oberfläche des gesunden, unverwitterten Festgesteins entspricht annähernd dem Verlauf der 3'500 m/s Isolinie. Die Tiefenbereiche zwischen den Isolinien von 2'500 m/s und 3'500 m/s sind somit als Auslaugungszonen zu betrachten.

In der näheren Umgebung und auf der südlichen Profilhälfte ist der Verlauf der Isolinien für die Geschwindigkeiten bis 2'500 m/s deutlich lebhafter, was auf komplexere Strukturen im oberflächen-nahen Tiefenbereich hinweist.

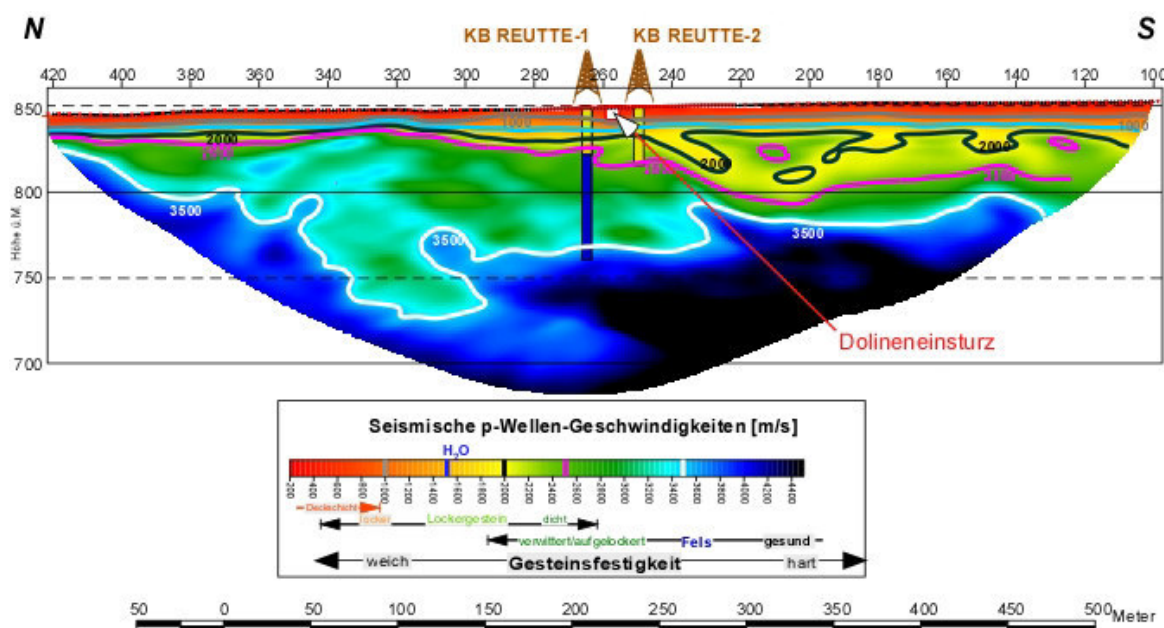


Abb. 3 Refraktionstomographisch hergeleitetes Geschwindigkeitsfeld vom Profil 1

Anzumerken ist, dass die 2'500 m/s - Isolinie in Übereinstimmung ist mit der in 27 m Tiefe in der Bohrung REUTTE-1 angetroffenen Felsoberkante. Mit diesem Kalibrationsbefund lässt sich der Verlauf und die Tiefenlage der Felsoberfläche auch für allfällige zukünftige seismische Erkundungen auf dem Mühlfeld mit Hilfe der 2'500 m/s - Isolinie flächendeckend kartieren.

Nördlich des Dolineneinsturzes durchläuft die Isolinie für 3'500 m/s eine Senke, deren Sohle in rund 120 m Tiefe liegt. Es ist davon auszugehen, dass im Gestein der Senke, auf Grund der tiefen Ausbreitungsgeschwindigkeiten von deutlich weniger als 3'500 m/s, Gipsauslaugungsprozesse stattfinden, die sich in unbestimmter Zukunft negativ auf die Stabilität der oberflächennahen Strukturen auswirken. Dies betrifft v.a. den in Abb. 4 schraffierten Profilschnitt zwischen dem Dolineneinsturz und der Station 320. Die reflexionsseismischen Daten auf dem interpretierten hybridseismischen Profil der Abb. 4 zeigen eine Vielfalt von subvertikal einfallenden Störungen. Eine dieser Störungen befindet sich in unmittelbarer Nähe des Dolineneinsturzes und der Bohrung REUTTE-1. Auf dem Profilschnitt zwischen den Stationen 260 bis 320 sind insgesamt 4 Störungen zu erkennen. Sie sind im Zusammenhang mit der starken Auflockerung des Gesteins bis in eine Tiefe von rund 100 m zu sehen (schraffierte Zone in der Abb. 4).

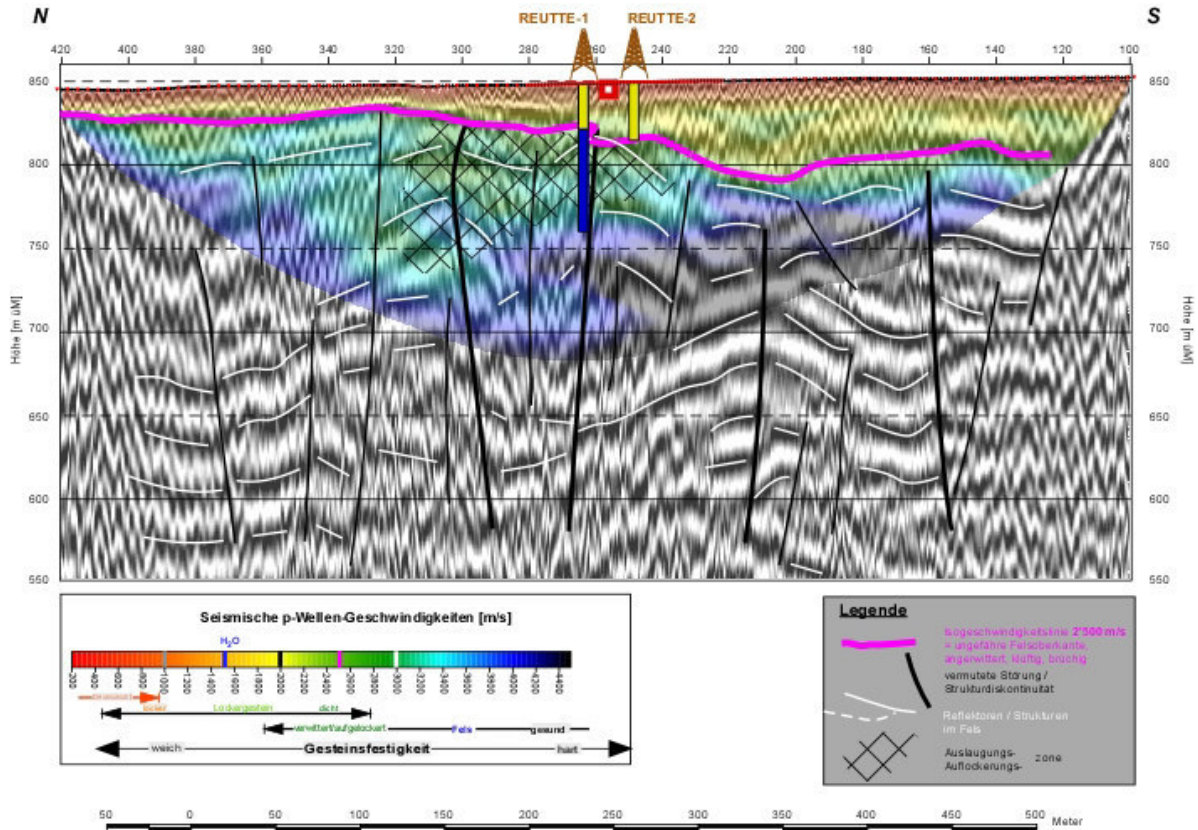


Abb. 4 Profil 1: Interpretierte hybridseismische Sektion (kombinierte Darstellung des refraktionstomographischen Geschwindigkeitsfeldes, das transparent über das reflexionsseismische Profil gelegt wird).

Abb. 5 zeigt die Zonen, in denen auf Grund der Topographie und Tiefenlage der Oberfläche des gesunden Felses, d.h. des Verlaufs der 3'500 m/s-Isolinien auf den vier Profilen, Gipsauslaugung bis in Tiefen von 120 m unter der Oberfläche im Gange ist.

Durch erweiterte Erkundungen mit zusätzlichen Messprofilen kann die Talebene des Mühlfeldes lückenlos und detaillierter nach Gipsauslaugungszonen kartiert werden.

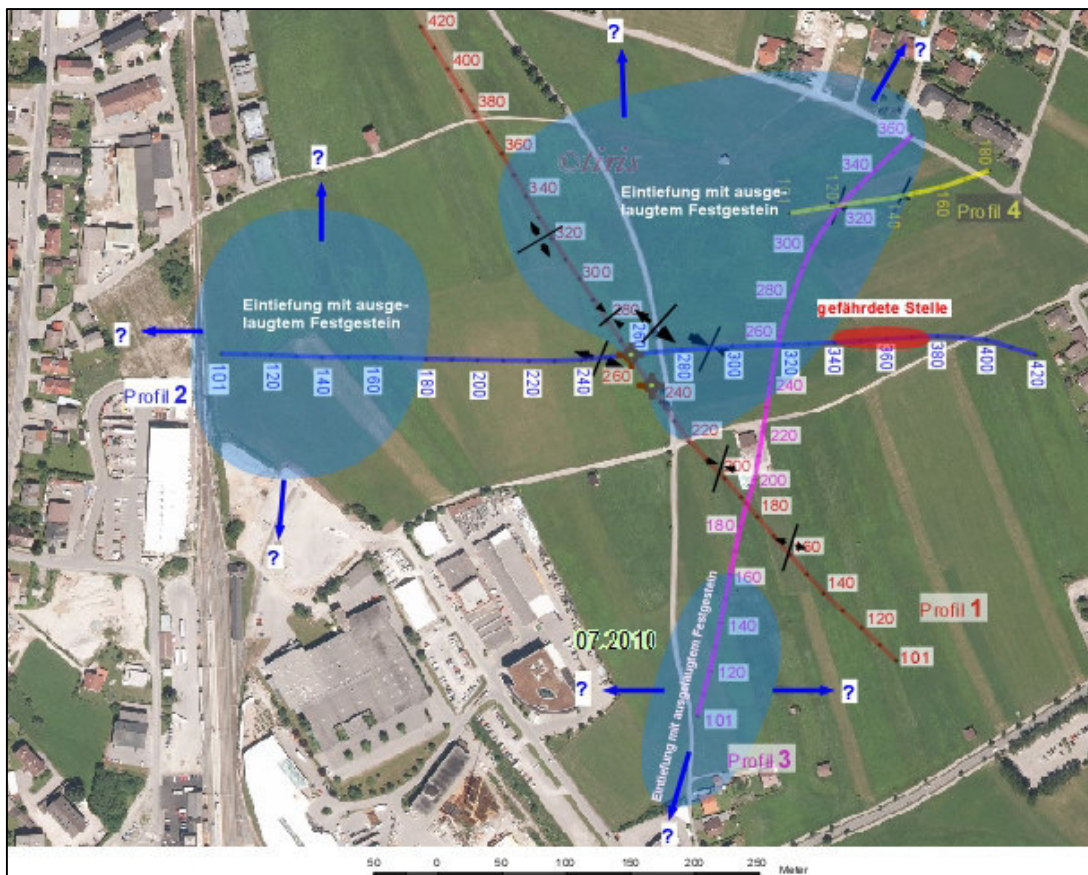


Abb. 5 Synopsis der Interpretationen der vier ausgewerteten seismischen Messlinien mit drei karstaktiven Zone, die durch Eintiefungen der unverwitterten Felsoberkante charakterisiert sind.

Im Profil 3 in Abb. 7 auf der nächsten Seite ist auffallend, dass der Felsuntergrund im Gegensatz zum Profil 1 weniger von tektonischen Störungen beeinflusst zu sein scheint.

Daraus ist zu schließen, dass Störungen generell in nord-nord-östlicher Richtung und ungefähr parallel zu diesem Profil verlaufen. Auf dem Profil 4 (s. Abb. 6 unten), das in W – E Richtung verläuft, sind zwei Störungen zu beobachten. Eine Störung befindet sich am Schnittpunkt mit dem Profil 3 in Abb. 7 und eine etwa in der Mitte des Profils 4.

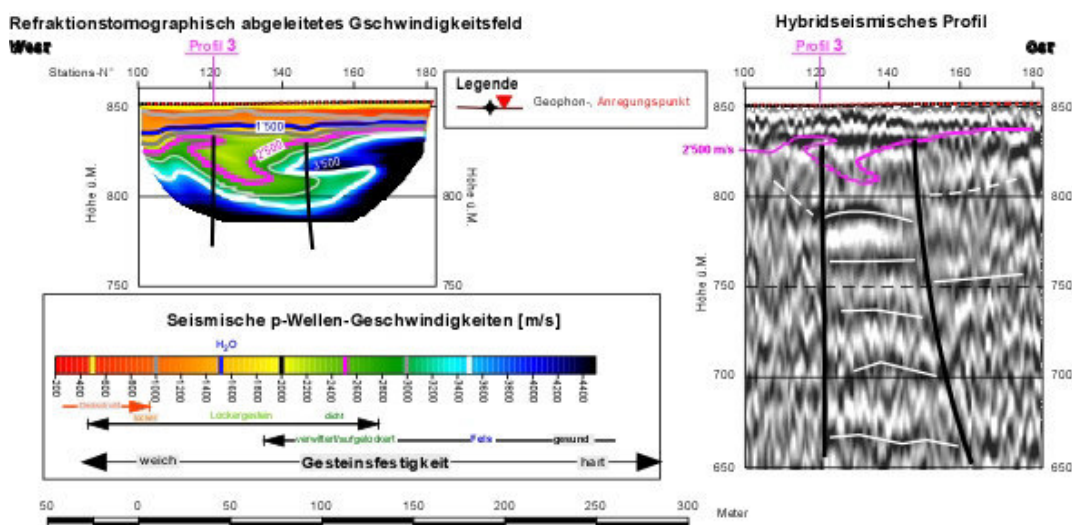


Abb. 6

Profil 4 mit zwei Störungen, welche für eine generell nord-nord-östliche Ausrichtung der

Störungszone sprechen.

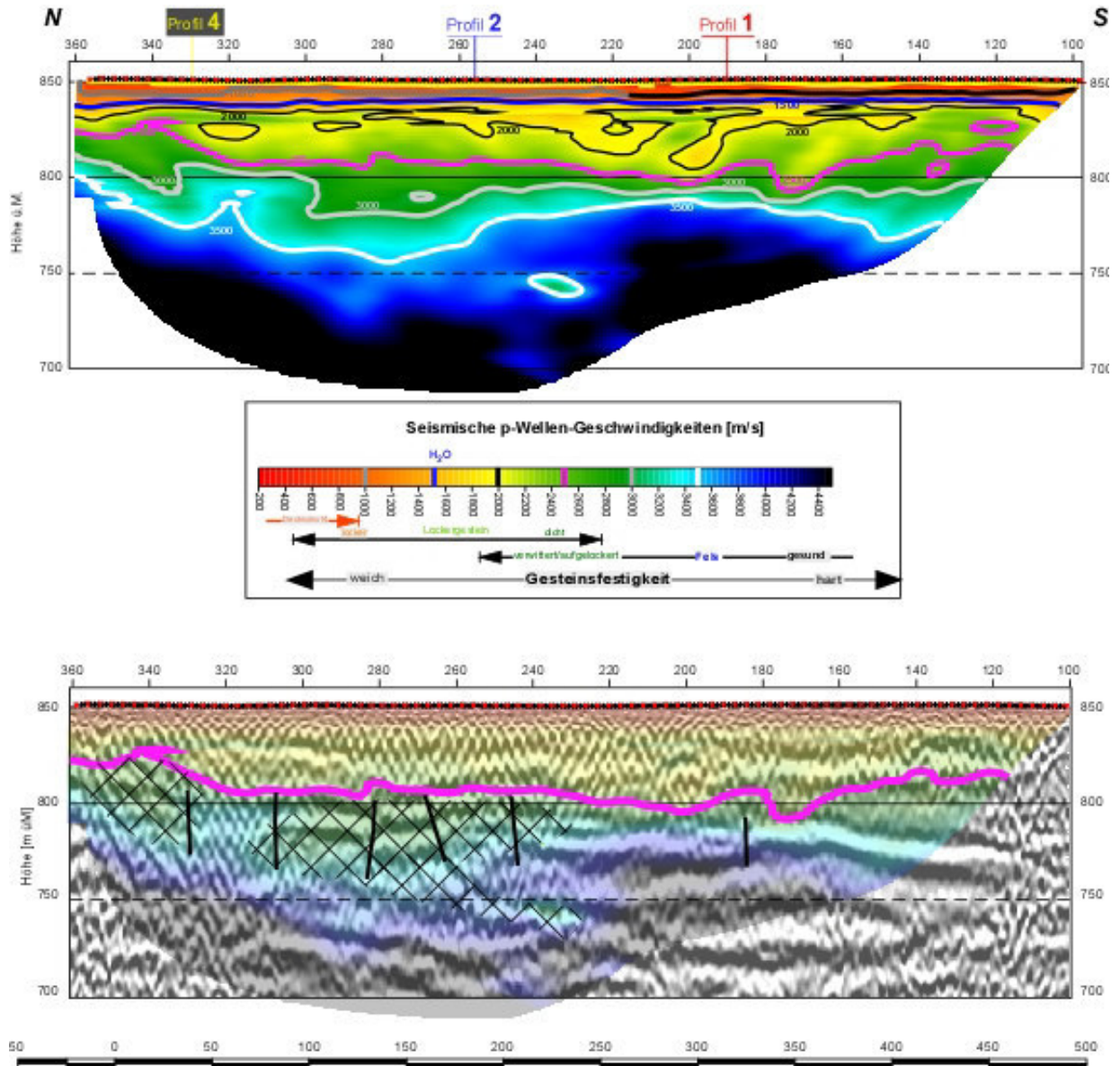


Abb. 7 Profil 3: Refraktionstomographisches Geschwindigkeitsfeld (oben) und interpretiertes hybrid-seismisches Profil (unten). Die Mächtigkeit der Auslaugungszone zwischen der verwitterten Felsoberfläche (Isogeschwindigkeitslinie von 2'500 m/s) und der **Isolinie von 3'500 m/s** beträgt hier max. 50 m gegenüber derjenigen von > 100 m beim Profil 1.

Kritische Stelle mit Gefahr eines Hohlräumeinsturzes auf dem Profil 2

Auf dem Lageplan der Zonen mit erhöhter Gipskarstaktivität der **Abb. 5** ist auf dem Profil 2 bei Station 360 ein ca. 70 m langer Profilabschnitt als „gefährdete Stelle“ bezeichnet.

In **Abb. 8** des **Profils 2** unten ist an dieser Stelle in knapp 20 m Tiefe eine markante Auflockerungszone mit einer 20 m vertikalen und einer ca. 70 m lateralen Ausdehnung augenfällig. Die Zone ist in einem Zusammenhang mit der an dieser Lokalität in **Abb. 8** eingetragenen Störung zu sehen.

Ohne vorgängige weiterführende Abklärungen ist diese Stelle **nicht** als Baugrund zu empfehlen.

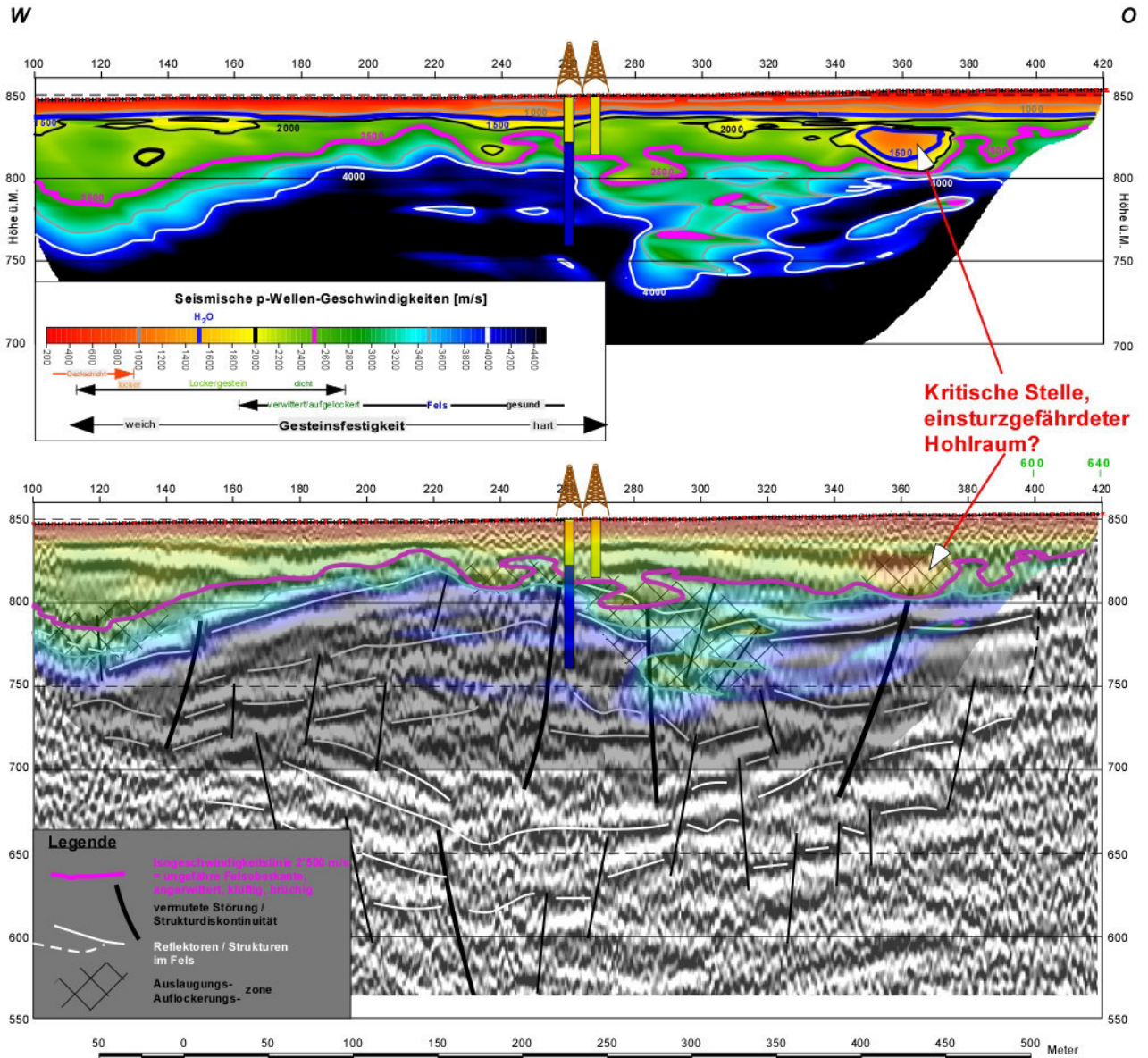


Abb. 8 Profil 2: Refraktionstomographisches Geschwindigkeitsfeld (oben) und interpretiertes hybrid-seismisches Profil (unten).

Kritische, durch eine markante Auflockerungszone im Quartär charakterisierte Zone bei Station 360. Die unterhalb der Zone reflexionsseismisch gut dokumentierte Störung ist als Wasserwegigkeit zur an dieser Stelle möglicherweise stattfindenden Gipsauslaugung zu sehen.

5 AUSWIRKUNGEN EINER ERHÖHTEN DATENDICHTE AUF DAS AUFLÖSUNGSVERMÖGEN

Wie oben im Abschnitt „Zusammenfassung der Akquisitionsparameter“ unter Kapitel 3 “ERKUNDUNGSMETHODE(N)” wurde auf einem 140 m langen Profilabschnitt des Profils 1 beim Dolineneinsturz versuchsweise mit einer 6-fachen Datendichte registriert.

Der Versuch soll aufzeigen welche Auswirkungen eine Erhöhung der Datendichte im Hinblick auf eine Verbesserung des Auflösungsvermögens seismischer Daten hat.

In Abb. 9 unten ist zum Vergleich die reflexionsseismische Tiefensektion des Profils 1 einmal mit den Standard-Datenerfassungsparametern und einmal mit verdichteten Registrierparametern dargestellt.

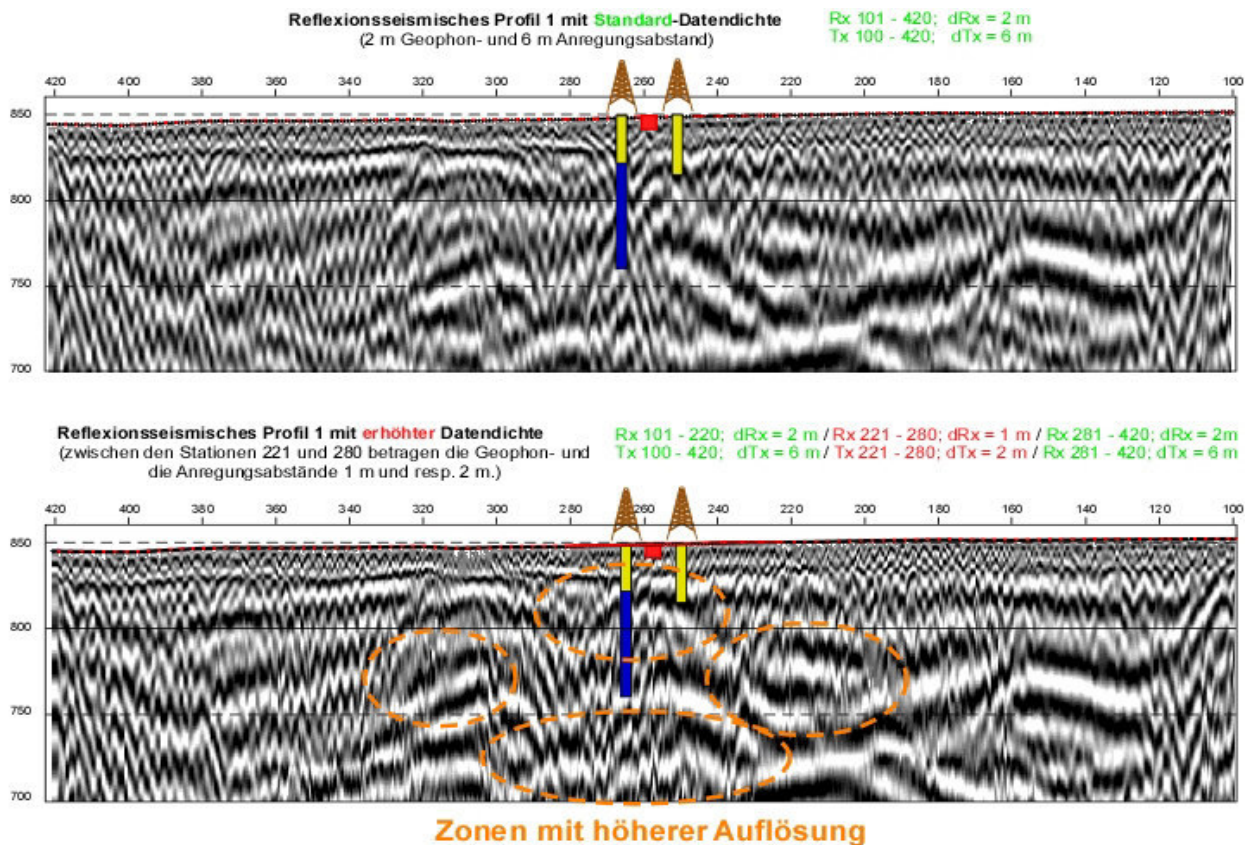


Abb. 9 Vergleich der Auswirkung einer Erhöhung der Datendichte auf das Auflösungsvermögen seismischer Abbildungen. Die Darstellung oben zeigt das Profil 1 mit den Standard-Registrierparametern und unten mit verdichteten Messgrößen.

In den markierten Zonen der unteren Abbildung des Profils mit der 6-fachen Datendichte ist die Detailgenauigkeit sichtbar erhöht. Auf den mit den Standardparametern erfassten Daten der oberen Darstellung werden jedoch alle größeren Strukturelemente für einen ersten Überblick ausreichend genau abgebildet.

In Anbetracht der um rund 60% anfallenden Mehrkosten für die hochauflösende Datenerfassung ist der Entscheidung, mit welcher Datendichte registriert werden soll, finanzieller Natur und abhängig von der Brisanz der Fragestellung. Letztere ist sicherlich höher einzustufen, z.B. bei der kritischen Stelle auf dem Profil 2 (s. Abb. 8), bei der eine Hohlraumeinsturzgefahr besteht, als wenn lediglich im Sinne eines großräumigen Überblicks erkundet werden soll.

6 MASW-AUSWERTUNG DES PROFILABSCHNITTS MIT ERHÖHTER DATENDICHTE

Im Sinne einer Eignungsabklärung wurde der mit erhöhter Datendichte aufgezeichnete Abschnitt auf dem Profil 1 versuchsweise gemäß des MASW-Verfahrens (s. Kap. 3 "Erkundungsmethode(n)" ausgewertet. Das resultierende S-Wellenfeld zeigt im Vergleich zum refraktionstomographischen P-Wellen-Geschwindigkeitsfeld (in Abb. 3 oben) ein signifikant besseres laterales Auflösungsvermögen. Die rund 35 – 40 m breite, schlotartige Auflockerungszone mit S-Wellengeschwindigkeiten zwischen 600 m/s und 720

m/s (**grün eingefärbt**) bei der KB REUTTE-1 ist im Zusammenhang mit der gut ausgebildeten, steil einfallenden Störung zwischen der Bohrung und dem Dolineneinsturz zu sehen. Die Auflockerungszone ist **auch reflexionsseismisch durch stark gestörte Reflexionseinsätze und zahlreiche Streusignalartefakte** dokumentiert (s. Abb. 10 unten).

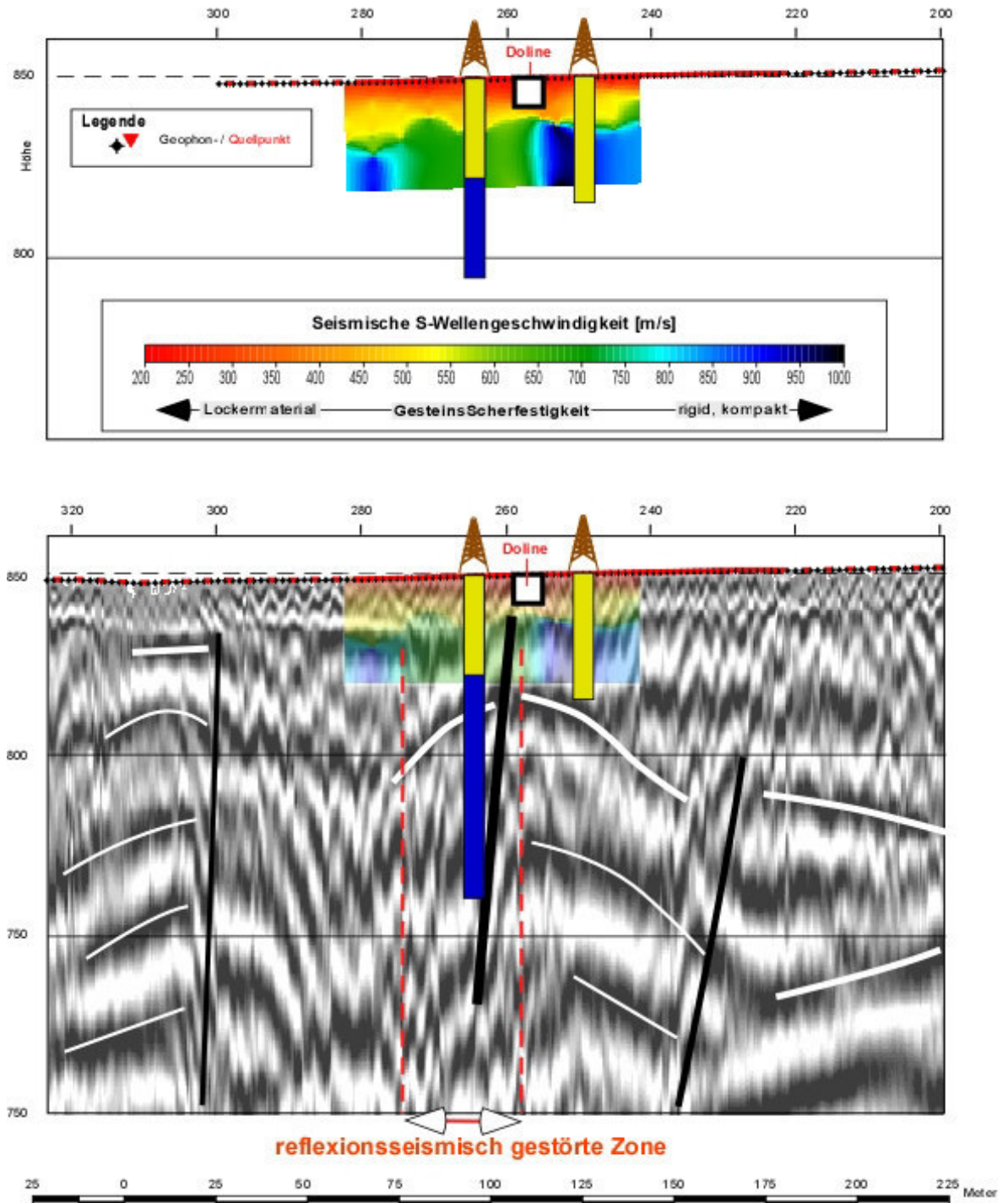


Abb. 10 MASW S-Wellengeschwindigkeitsfeld (oben) und S-Wellen-Hybridseismikprofil (unten)

7 BEURTEILUNG OBERFLÄCHENGEOPHYSIKALISCHER ERKUNDUNGSVERFAHREN FÜR DIE CHARAKTERISIERUNG DES UNTERGRUNDS AUF DEM MÜHLFELD

Für die Charakterisierung der Untergrundstrukturen sind die elektrische Leitfähigkeit sowie die Gesteinsfestigkeit und -dichte die maßgebenden physikalischen Größen für oberflächengeophysikalische Messverfahren. Verwertbare geophysikalische Messdaten beruhen auf der Erfassung von möglichst gut ausgebildeten Kontrasten dieser beiden Größen an den zu kartierenden Struktur-grenzen.

Zu den auf der elektrischen Leitfähigkeit basierenden Messmethoden zählen Georadar und die Potentialfeldmethoden der Geoelektrik, der elektromagnetischen (EM) Verfahren und die Magnetik. Die seismischen Verfahren sowie das Potentialverfahren der (Mikro-)Gravimetrie messen Unterschiede in der Gesteinsdichte und -festigkeit.

Da sich die Gesteinsfestigkeiten und -dichten in den durch Auslaugung entstandenen Auflockerungszonen und Hohlräumen gegenüber denen im kompakten Wirtgestein wesentlich stärker unterscheiden, als es der Fall bei der elektrischen Leitfähigkeit ist, sind von den auf der elektrischen Leitfähigkeit basierenden Messverfahren weniger aussagekräftige Ergebnisse zu erwarten.

Die Verfahren der Geoelektrik, EM / VLF, Magnetik und Mikrogravimetrie erfassen Potentialfeldänderungen, aus denen indirekt ein Modell der Untergrundstrukturen abgeleitet wird. Methodisch bedingt ist das Auflösungsvermögen von Potenzialfeldverfahren gegenüber der Detailgenauigkeit der direkten Abbildungsverfahren von Georadar und der Reflexionsseismik deutlich herabgesetzt.

Die Tabelle unten zeigt die Eignungseinschätzung der verschiedenen oberflächengeophysikalischen Messverfahren durch den Autor und einen Vergleich des relativen Aufwandes für jede Untersuchungsmethode.

Aufgabenstellung		Methode / Verfahren					
Art des Messziels		Hybrid-seismik & MASW	Georadar	Geoelektrische Tomographie	EM-Verfahren / VLF	Magnetik	Mikrogravimetrie
1	Bestimmung der Felsoberkante für Tiefen bis 150 m	3	0	1	1	1	0
2	Kartierung von Störungen / Bruchzonen für Tiefen bis 150 m	3	0	1	0	1	0
3	Detektion von Hohlräumen und Auflockerungszonen für Tiefen bis 150 m	3	0	1	1	0	2
4	Bestimmung des Grundwasserspiegels	1	0	2	1	1	0
5	Generelle Eignung für Gipskarsterkundung für Tiefen bis 5 m	1	3	3	2	2	2
6	Generelle Eignung bei Gipskarsterkundung für Tiefen bis 50 m	3	0	1	1	0	1
Gesamtbeurteilung in Punkten		33	0	8	5	0	4
LEGENDE DER BEWERTUNG		<i>Die Gesamtbeurteilung errechnet sich aus der Summe der Punkte für die Messziele 1 bis 5. Diese Summe wird dann mit der Bewertung der 6 "Generelle Eignung..." multipliziert.</i>					
0 völlig ungeeignet							
1 bedingt / weniger empfehlenswert							
2 könnte funktionieren							
3 gute Chance das Messziel zu erreichen							
RELATIVER AUFWAND FÜR 2-D MESSUNG		hoch	klein	mittel	sehr klein	sehr klein	mittel
RELATIVER AUFWAND FÜR 3-D MESSUNG		sehr hoch	mittel	hoch	klein	klein	hoch

Eignungsbeurteilung verschiedener oberflächennaher geophysikalischer Messverfahren für das Gebiet Mühlfeld bei Reutte / Breitenwang

Die in der Tabelle oben mit der zweithöchsten Punktzahl eingestufte *Geoelektrik* hat neben der im Vergleich zur Seismik herabgesetzten Detailgenauigkeit zudem noch den Nachteil, dass die Länge der Elektrodenauslage 5 - 7 mal größer als die gewünschte Erkundungstiefe sein muss. Bei einer Erkundungstiefe von 100 m müsste eine bis 700 m lange Messauslage über das Mühlfeld hinaus, z.B. im Westen über die Bahnlinie oder gegen Norden und Osten in angrenzende Wohnquartiere angebracht werden.

Ein weiterer methodik-inhärenter Nachteil der Geoelektrik ist, dass nur gerade in der Mitte der Elektrodenauslage die maximale Erkundungstiefe erreicht wird. Gegen die beiden Enden der Auslage hin nimmt die Erkundungstiefe linear gegen Null ab.

Die *Gravimetrie* wird relativ häufig bei Hohlraumerkundungen eingesetzt, ist jedoch wegen der verfahrensinhärenten Zweideutigkeiten der Ergebnisse meistens lediglich im Lichte einer ergänzenden Messmethode zu den seismischen Verfahren zu sehen. Die verlässlichsten Resultate werden in Situationen erzielt, in denen sich ein kugelförmiger Hohlraum ohne Verästelungen in einem ungestörten und lithologisch homogenen Wirtgestein befindet.

Von den elektromagnetischen (EM) Erkundungsverfahren sind zahlreiche Messgeräte auf dem Markt. Die aktiven Zweispulen-Verfahren basieren auf der induktiven Ankopplung durch einen in der Sendespule fließenden Wechselstrom, der im leitfähigen Untergrund ein Wirbelstromfeld erzeugt. Am Empfänger wird die magnetische Komponente des Gesamtfeldes registriert, aus der Aussagen über die elektrische Leitfähigkeit abgeleitet werden. Passive Verfahren mit nur einer Empfängerspule nutzen weit entfernte Radiostationen, z.B. U-Boot Sender.

Gegenüber der Gleichstrom-Geoelektrik sind – außer im oberflächennahen Bereich bis in 6 - 7 m Tiefe – bei den EM-Methoden sowohl das Auflösungsvermögen wie auch die Erkundungstiefe allgemein geringer.

Fazit: Der hybriden Seismik, der Kombination von refraktionsseismischer Tomographie mit hochauflösender Reflexionsseismik ist für die Erkundungen auf dem Mühlfeld auf Grund obiger Ausführungen der Vorzug zu geben. Bei detaillierten Baugrunduntersuchungen sind Geophonabstände von 1 m und optional eine ergänzende Auswertung der erfassten Daten gemäß dem MASW-Verfahren (Multichannel Analysis of Surface Waves) ins Auge zu fassen.

8 ZUSAMMENFASSUNG

- Der Untergrund ist stellenweise bis in Tiefen von 150 m charakterisiert durch extrem variierende Gesteinsfestigkeiten sowohl in vertikaler wie auch horizontaler Richtung.
- Auf den vier Messlinien wurde sowohl der Verlauf der Oberfläche des \pm stark angewitterten (2'500 m/s Isolinie) wie auch die Tiefenlage des gesunden Festgesteins (3'500 m/s Isolinie) kartiert. Die Mächtigkeit der dazwischen liegenden Gipsauslaugungszone variiert auf den vier Messlinien zwischen 0 m und 120 m.

- Auf dem Mühlfeld wurden drei durch Auslaugung entstandene Eintiefungen in der Oberfläche des gesunden Festgesteins identifiziert (s. Abb. 5).
- Die allgemeine Ausrichtung der tektonischen Störungen und Bruchzonen scheint nord-nord-östlich zu sein.

Donnerstag 15. Oktober 2015

14:30-15:00

Das Subrosionskataster der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG)

Sven Schmidt, Lutz Katzschmann

Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG), Jena

Einleitung

Erdfälle und natürliche Senkungsgebiete infolge von Subrosion sind in Thüringen weit verbreitete Naturphänomene, die immer wieder auch überregional Aufmerksamkeit in den Medien erregen, wenn es zu Schäden an Verkehrswegen oder Gebäuden kommt. Da diese Erscheinungen subterranner Verwitterung in weiten Teilen Thüringens z. B. in Form von trichter- und schachtförmigen Erdfällen, oft auch wassergefüllt als Seen, das Landschaftsbild prägen, verwundert es nicht, dass sich die Geologen Thüringens schon lange mit dieser Naturgefahr intensiv beschäftigen. Schon früh beschäftigte man sich deshalb mit der Frage wie es zur Entstehung von Erdfällen und -senken kommt und warum sie in Thüringen so weit verbreitet sind

In Thüringen befinden sich unter ca. 60 Prozent der Landesfläche auslaugungsfähige Gesteinsschichten. Abhängig von der Gesteinsart Steinsalz, Anhydrit-Gips oder Kalkstein, deren Tiefenlage, der tektonischen Vorgeschichte und den hydrogeologischen Verhältnissen ergeben sich daraus unterschiedliche Gefährdungssituationen. Darüber hinaus gibt es eine wachsende Unsicherheit, ob die zu erwartenden Klimaänderungen Auswirkungen auf mittel- bis langfristige ablaufende geologische Prozesse, wie die Subrosion besitzen und ob sich dadurch Gefahren in einzelnen Regionen unseres Landes erhöhen.



Abb. 1: Erdfall vom 01. November 2010, Mitten in der Ortslage der Stadt Schmalkalden (Landkreis Meinigen) in Südwest-Thüringen.

Die Gefahr, die von den Prozessräumen solcher Subrosionsvorgänge ausgeht, ist in starkem Maße von der Landnutzung abhängig. Liegen an der Oberfläche dieser Prozessräume land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen, sind die von ihnen ausgehende Gefahren meistens gering einzuschätzen. Erst mit der

Bebauung und der intensiven Nutzung solcher Flächen bzw. im Zuge der Bau- und Raumplanung entsteht die Notwendigkeit, Gefahren- und Schadenspotential von Flächen genau zu untersuchen und zu bewerten. Die Ingenieurgeologen geben durch ihre Fachinformationssysteme über Georisiken den Planern nur Hinweise auf Regionen, in denen geologische verursachte Naturgefahren infolge von Subrosionsprozessen im Untergrund existieren. Endgültig abgeklärt werden muss das tatsächliche Gefahrenpotential durch detaillierte ingenieurgeologische Untersuchungen des Baugrundes vor Ort von Projekt zu Projekt.

Welchen Beitrag kann die Ingenieurgeologie im Umgang mit solchen Gefahren liefern? Durch ingenieurgeologische Kartierungen können möglichst viele Flächen erfasst werden, auf denen in der Vergangenheit solche z. B. Erdfälle auftraten. Erfasst werden können Art, räumliche Lage und Dimension von Erdfällen und -senken, sowie regionale Häufungen. Darüber hinaus können auch Flächen auskartiert werden, auf denen sicher oder mit hoher Wahrscheinlichkeit heute noch solche Prozesse ablaufen. Auch die laufende Erfassung neu auftretender Ereignisse ist hierbei eine wichtige Aufgabe.

Geologische Ursachen für das Naturphänomen Subrosion in Thüringen

Alle unterirdischen, grundwasserbezogenen Verwitterungs- und Lösungserscheinungen mit Materialabfuhr werden als „Subrosion“ bezeichnet. Der Begriff setzt sich zusammen aus „subterran“ (unterirdisch) und „Erosion“ (Zerstörung, Abtragung). Alle Stoffumlagerung oder -lösung im oberen Teil der Erdkruste findet dabei im Grundwasser statt, das als Reagenz und Transportmittel während der Subrosionsprozesse dient. Zeitlicher Verlauf und Umfang der Subrosion hängen dabei zum einen von Faktoren der exogenen Dynamik ab (wie Klima, Wasserangebot, Grundwasserchemie, Temperatur, Relief, Lage zur Vorflut). Der Zustand der oberen Erdkruste, in Form der anstehenden Gesteinsarten, Gesteinsfestigkeiten, Lagerungsverhältnissen, tektonischer Vorgeschichte und Klüftung ist die andere maßgebliche Größe, die den Ablauf dieser subterranean Verwitterung steuert. Infolge der Stoffverlagerungen bzw. -lösung entstehen im Untergrund Massendefizite, die langsam oder auch schlagartig bis an die Erdoberfläche hochwandern und dort zu Erdfällen oder -senken führen.

Der Begriff „Erdfall“ bezieht sich in Mitteldeutschland auf mehr oder weniger rundliche dezimeter bis 10er Meter große, schacht- bis trichterförmige Einbrüche an der Erdoberfläche, deren Entstehung auf den Einsturz natürlich entstandener Hohlräume im Untergrund zurückgeführt wird. Schon früh erkannte man aufgrund intensiver Bergbautätigkeit in der Region den Zusammenhang zwischen Hohlraumbildung und wasserlöslichen Gesteinen im Untergrund als Ursache für das Auftreten von Erdfällen (BRUST 2008, KUPETZ & BRUST 2008). Durch Subrosion entstehen meist entlang von Klüften und Störzonen Hohlräume im Untergrund, die durch Einsturz bis an die Erdoberfläche hochbrechen können und dort die charakteristischen schacht- bis trichterförmigen Erdfälle bilden. Dieses Hochbrechen kann in verschiedenen Phasen über einen längeren Zeitraum ablaufen (Abb. 2) oder aber auch in einem einzigen schlagartigen Ereignis erfolgen. Neben diesen Bruchereignissen, die zur Bildung von Erdfällen führen, sind auch viele Erd- bzw. Subrosionssenken in Thüringen bekannt. Sie entstehen wenn das Deckgebirge über dem Subrosionshorizont so instabil ist, das es nicht zur Ausbildung von größeren Hohlräumen kommen kann. Das durch die subterranean Verwitterung entstehende Massendefizit wird durch das mehr oder

weniger kontinuierliche Nachsinken der Deckschichten kompensiert. An der Erdoberfläche entstehen Senken mit flachen Rändern, die je nach Lage oft Vernässen und Feuchtgebiete und flache Seen bilden.

Infolge der geologischen Geschichte Thüringens (SEIDEL 2003) lagern unter ca. 60 Prozent der Landesfläche auslaugungsfähige Gesteinsschichten verschiedenen Alters in unterschiedlichen Tiefen. Damit ist in weiten Teilen des Landes die Grundvoraussetzung für Subrosionsprozesse gegeben. Seit der Ablagerung von Evaporiten vor ca. 255 Millionen Jahren im Zechstein (Oberperm), der die ältesten und mächtigsten Folgen auslaugungsfähiger Sedimente in Thüringen stellt, kam es bis zum Ende der Trias vor 200 Millionen Jahren auch im Oberen Buntsandstein, im Mittleren Muschelkalk und im Mittleren Keuper zur Bildung von Salinaren im Gebiet des heutigen Thüringens. In diesen Salinaren kam es zur Ausfällung und Ablagerung von chemischen Sedimenten, wie Steinsalze, Sulfate in Form von Gips bzw. Anhydrit und Karbonaten. Alle diese genannten Gesteine besitzen eine unterschiedlich gute Wasserlöslichkeit. Steinsalz und Gipse sind sehr viel leichter löslich als Kalke (Löslichkeitsverhältnis Steinsalz-Gips-Kalk: 10 000-100-1). Die Hauptverbreitungsgebiete dieser Gesteine, wie das Thüringer Becken und das Südwest-Thüringische Triasgebiet nehmen einen großen Teil Thüringens ein (WUNDERLICH 2004). Überwiegend frei von auslaugungsfähigen Gesteinen sind nur die Mittelgebirge (Thüringer Wald, Harz, Thüringer Schiefergebirge) mit ihren paläozoischen und neoproterozoischen Abfolgen (Abb. 3). Mindestens seit der Zeit der höheren Oberkreide vor ca. 80 - 85 Millionen Jahren unterliegt das Gebiet Thüringens der Verwitterung und damit auch einer zunehmenden Verkarstung. Zeiten mit besonders intensiver Verwitterung waren das Tertiär und die pleistozänen Interglaziale. Aufgrund der Muldenstruktur des Thüringer Beckens und dessen tektonischer Entwicklung stehen viele dieser auslaugungsfähigen Gesteinsfolgen relativ oberflächennah an oder haben über tektonische Strukturen Verbindung mit fließendem Grundwasser. Dies führte und führt immer wieder zum Auftreten von Erdfällen oder -senken. Einer der letzten spektakulären Erdfälle ereignet sich am 01. November 2010 in der Stadt Schmalkalden (Abb. 1). Ein Erdfall im Wohngebiet am Rötberg mit 25 m Durchmesser und 17 m Tiefe sorgte international für Schlagzeilen und für ein gesteigertes Interesse von Medien und Politik.

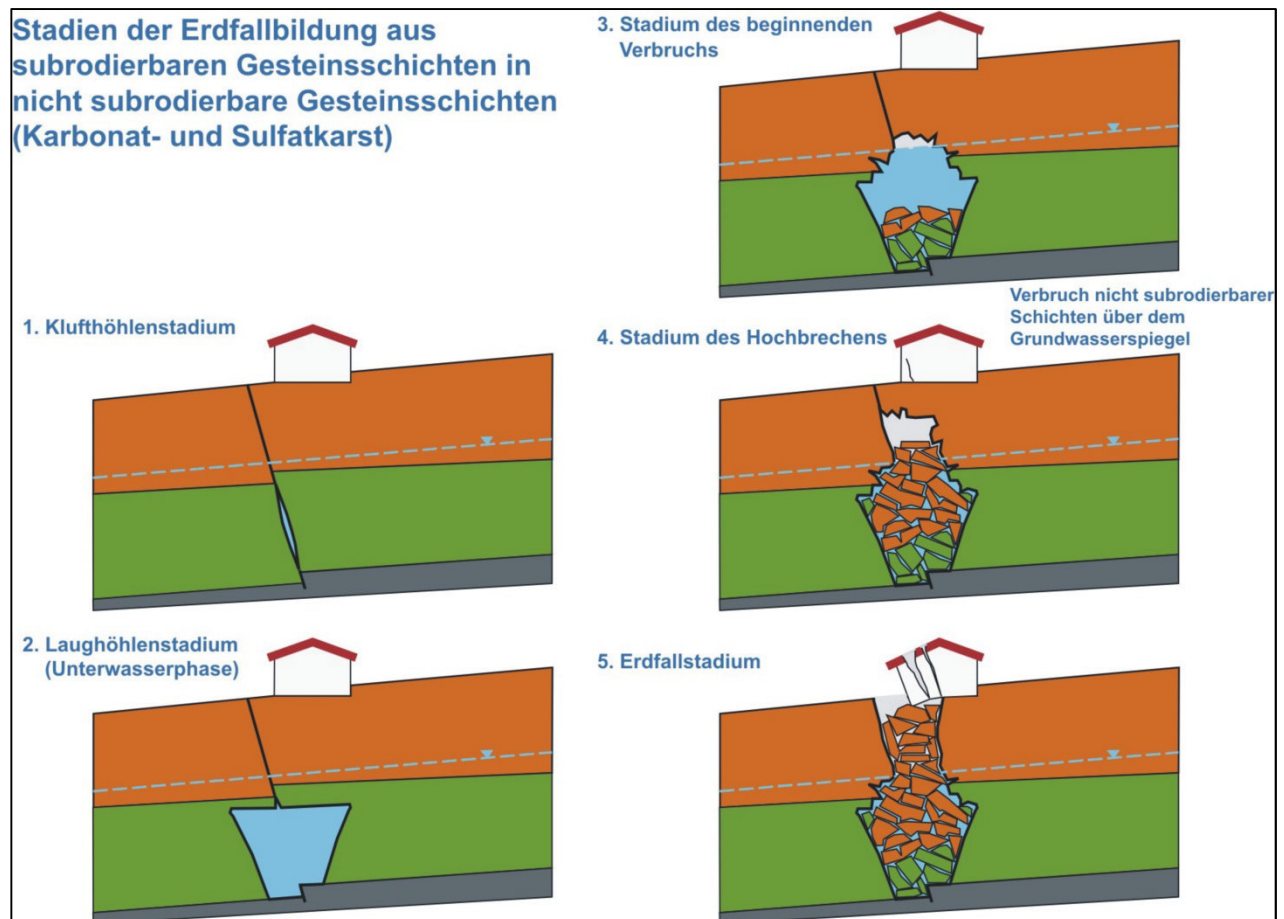


Abb. 2: Schematische Darstellung des Hochbrechens eines durch Subrosion entstandenen Hohlrums. Solche Hohlrumbildung kann oberflächennah in wenigen Metern Tiefe auftreten, aber auch in mehreren hundert Metern Tiefe.

An den Rändern des Thüringer Beckens stehen Gesteine des Zechsteins am Übergang zu den Mittelgebirgen aufgrund der Muldenstruktur oberflächennah an. Der südliche Harzrand ist seit langem als eine markante Karstlandschaft bekannt. Es wundert daher nicht, dass sich dort eine große Häufung von Erdfällen findet. Ähnliches gilt für die Umrandung des kristallinen Teils des Kyffhäusergebirges. Insgesamt ist der ganze sog. „Zechsteinsaum“, der den Rand des Thüringer Beckens bildet, durch eine deutliche Häufung von Erdfällen gekennzeichnet (Abb. 6). Aber auch unter einer mehrere hundert Meter mächtigen Überdeckung aus nichtwasserlöslichen Ton- und Sandsteinsfolgen, können entlang von tektonischen Störungen Subrosionsprozesse ablaufen, die an der Oberfläche zu Erdfällen oder anhaltenden Senkungen größeren Ausmaßes führen können. Im Südwestthüringischen Triasgebiet finden sich viele große Erdfälle in Gesteinsschichten des Unteren und Mittleren Buntsandsteins, die auf Auslaugung in Steinsalzschiefern des Zechsteins in 200 - 300 m zurückgeführt werden (BAURIEGEL 2004). Entlang der nach Südwesten voranschreitenden Auslaugungsfront im Untergrund bildet sich an der Erdoberfläche der sog. „Salzhang“ aus, der durch große Spalten, Erdfälle und -senken (Abb. 4; Abb. 7) landschaftsprägend wirkt. Lehrbuchmäßig treten diese Folgen der Subrosion um die Ortschaft Frauensee im Wartburgkreis auf. Der größte bekannte Erdfall Thüringens, der Burgsee in Bad Salzungen mit einem Durchmesser von über 500 m ist nur ein weiteres beeindruckendes Beispiel für Erdfälle in Südwestthüringen, die aus mehreren hundert Meter Tiefe an die Erdoberfläche hochgebrochen sind.

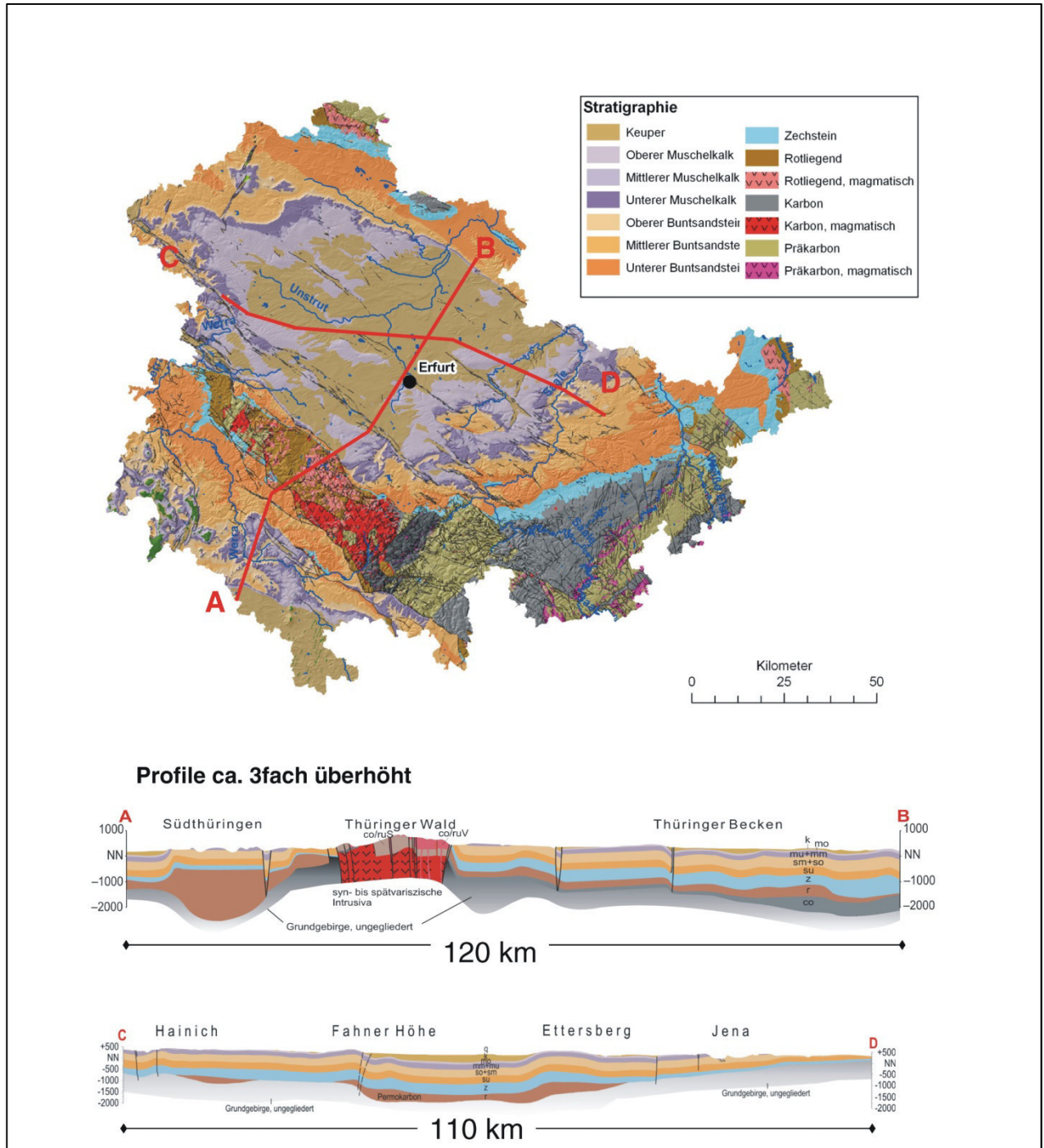


Abb. 3: Geologische Übersichtskarte von Thüringen mit zwei Profilen. Man sieht die Trias-Landschaften von Südwest-Thüringen und des Thüringer Beckes, in deren Untergrund z. T. in mehreren Niveaus auslaugungsfähige Gesteinsschichten die Grundlage für alle ablaufenden Subrosionsprozesse bilden.

Viele dieser großen Einzelformen von Erdfällen oder Senken machen sich im Landschaftsbild Thüringens als Seen oder Feuchtgebiete bemerkbar. Die wirtschaftliche Nutzung von Steinsalz und Gips ist seit Jahrhunderten ein wichtiger Faktor in Teilen Thüringens. Neben diesen positiven Effekten aus dem Untergrund kommt es allerdings in regelmäßigen Abständen immer wieder zu Schäden an Straßen, Schienenwegen, Gebäuden und Gewässern durch Erdfälle oder -senkungen in Folge von Subrosion.



Abb. 4: „Realtiv“ junger Erdfall (das genaue Entstehungsalter ist unbekannt) in den „Hohlen Bergen“ westlich von Frauensee im Wartburgkreis.

Das Fachinformationssystem

Die im Fachinformationssystem (FIS) „Georisiko-Thüringen“ vorgehaltenen und fortlaufend aktualisierten Daten über eine repräsentative Vielzahl erfasster geologisch bedingter Baugrundstörungen sowie deren Bewertung mittels statistischer Raum- und geologischer Prozessanalyse bieten dem Nutzer einen Überblick über Gebiete unterschiedlichen Gefährdungsgrades im Freistaat Thüringen, in denen durch Häufung von entsprechenden Ereignissen eine Exposition für bestimmte Naturgefahren besteht. Es sind Informationen über Auftretenshäufigkeit, Art und Dimension von Subrosionsformen abrufbar. Straßenplanern und Bauherrn können Konfliktgebiete aufgezeigt werden, in denen Schadenspotenziale existieren, die konkrete Pläne und Vorhaben bisweilen maßgeblich beeinflussen oder auch mit ihnen kollidieren.

In besonderem Maße ist darauf hinzuweisen, dass das FIS „Georisiko-Thüringen“ ein offenes System darstellt, dessen Zuverlässigkeit von einer kontinuierlichen Datenerfassung und -pflege abhängt. Nur so ist gewährleistet, dass bestehende Problemgebiete mit der Zeit differenzierter bewertet und neue Risikoflächen rechtzeitig erkannt werden können. Der Abbau von Unsicherheiten in Bezug auf die Einschätzung des Georisikos „Subrosion“ ist ein anhaltender Erkenntnisprozess, der die beständige Erweiterung der Datenbasis voraussetzt. Fachinformationssysteme sind das Werk von Generationen. Im FIS „Georisiko-Thüringen“ werden Daten aus über 90-jähriger Erfassungstätigkeit gepflegt. Eine fortlaufende Registrierung, Untersuchung und Bewertung solcher baugrundrelevanten Georisiken sowie

deren Verarbeitung in Form von praktisch verwertbaren Gefährdungskarten und -katastern werden in Deutschland flächendeckend und systematisch nur von den Ingenieurgeologen der geologischen Landesdienste durchgeführt. Dabei ist der Geologische Landesdienst der „Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie“ (TLUG) hinsichtlich der landesweiten Erfassung und Bewertung von Subrosionserscheinungen methodisch durchaus wegweisend und in der praktischen Umsetzung bislang führend in Deutschland.

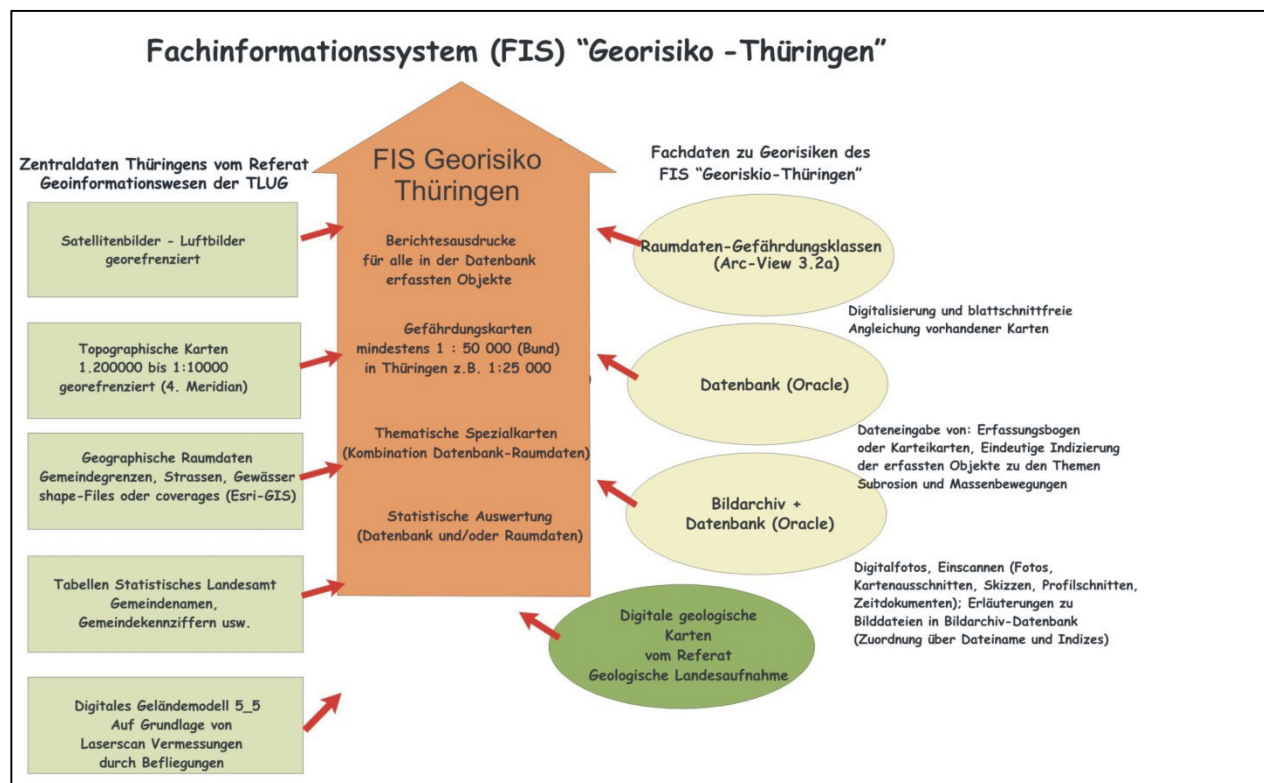


Abb. 5: Zusammenführung von Raum- und Fachdaten unterschiedlicher Herkunft im FIS „Georisiko-Thüringen“.

Mit dem Fachinformationssystem „Georisiko-Thüringen“ können vorhandene Daten über Subrosionserscheinungen und Massenbewegungen in Thüringen sowie Daten von neu auftretenden Ereignissen erfasst, verwaltet und analysiert werden. In einer relationalen Datenbank (Oracle) werden alle Sachdaten zu bekannten Subrosionsformen, Rutschungen und Steinschlagereignisse auf dem Gebiet des Freistaats Thüringen zentral verwaltet und gesichert. Durch die Kombination mit raumbezogenen Daten aus einem Geo-Informationssystem (ArcGIS, ArcView) können komplexe Abfragen zum Thema Subrosionsgefährdung durchgeführt und visualisiert werden (SCHMIDT 2004, 2008).

Das Fachinformationssystem besteht aus der Zusammenführung verschiedener Datenkomponenten, die von unterschiedlichen Referaten der TLUG bereitgestellt werden. Herzstück und Grundlage des „FIS-Georisiko“ ist das Subrosionskataster. In einer Oracle Datenbank werden alle Daten über die bekannten Subrosionsobjekte, wie Erdfälle, Dolinen, Bachschwinden usw. erfasst und verwaltet. Diese Datenbank wurde erweitert, um auch Massenbewegungen, wie Rutschungen, Felsstürze, Steinschläge oder Bodenfließungen erfassen zu können.

Raumbezogene Daten wie Landkarten, Luftbilder und digitales Geländemodell stellt zentral, in unterschiedlicher Form (Raster- oder Vektordaten), das Referat Geoinformationswesen der TLUG bereit,

oder sie werden vom Referat Ingenieurgeologie selbst erstellt. Fotografien, Lageskizzen, Profilschnitte oder Zeitdokumente werden in einem digitalen Bildarchiv erfasst, gespeichert und mit Hilfe einer kleinen Datenbank verwaltet (Abb. 5).

Sämtliche Daten werden zentral auf Servern der TLUG vorgehalten. Das gewährleistet durch tägliche Sicherung der Serverdaten die Datensicherheit und soll das doppelte Vorhandensein gleicher Dateien mit unterschiedlichem Inhalt, die so genannte Redundanz, verhindern. Die zentrale Datenhaltung ermöglicht die gleichzeitige Recherche und Bearbeitung durch mehrere Mitarbeiter, ohne dass unterschiedliche Datensätze entstehen. Alle Mitglieder des Referates haben Schreib- und Leserechte und können so Daten eingeben oder verändern. Für die Recherche und Auswertung der Daten benötigt man nur Leserechte. Durch das Zusammenführen und Verschneiden von Fachdaten aus der relationalen Datenbank mit raumbezogenen Informationen aus den Daten des GIS-Pools können komplexe Abfragen und Analysen durchgeführt und auf thematischen Karten beliebigen Maßstabes visualisiert werden.

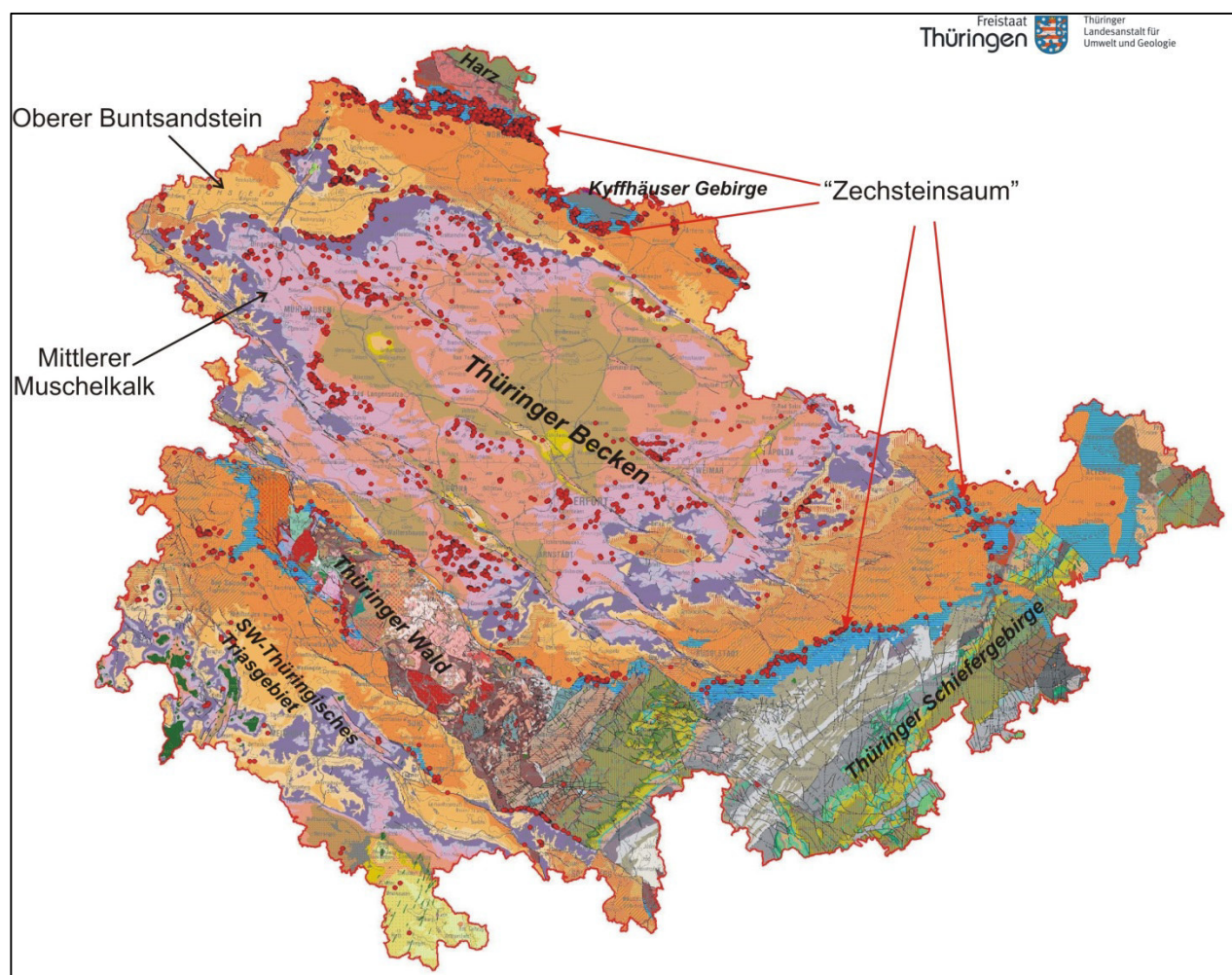


Abb. 6: Übersicht über die im Thüringer Subrosionskataster erfassten ca. 10 000 Einzelobjekte. Die Verteilung ist ein Spiegel der oberflächennahen geologischen Verhältnisse. Besonders auffällig ist die Häufung von Erdfällen am sog. „Zechsteinsaum“ an den Rändern des Thüringer Beckens. Aber auch im Ausstrich von Mittlerem Muschelkalk und Oberem Buntsandstein (Röt) ist eine Häufung von Subrosionsereignissen erkennbar.

Herzstück des Fachinformationssystems ist die auf Grundlage des Subrosionskatasters (BIEWALD 2001, 2004) entwickelte Oracle-Datenbank zur Erfassung der Subrosions- und Massenbewegungsobjekte. Hier werden alle wichtigen Informationen erfasst, wie geographische Koordinaten, Alter, Durchmesser, Tiefe, Ursache, verursachte Schäden etc. Aus diesem Grund musste schon bei der Planung der Datenbankstruktur gewissenhaft vorgegangen werden, bei der Anlage der Datenbank musste schon klar sein, was später abgefragt und analysiert werden soll (SCHMIDT 2004, 2008). Mögliche Fehlerquellen bei der Dateneingabe sollten von vornherein möglichst ausgeschlossen sein. Moderne Datenbanken bieten dafür viele technische Möglichkeiten, um zum Beispiel die Koordinaten auf Richtigkeit zu prüfen, automatisch Indizes zu erstellen, durch Listenfelder die Eingabemöglichkeiten zu beschränken usw. Die Ausgabe von Datensätzen einzelner Objekte erfolgt über so genannte Berichte. Mit Hilfe der Berichtsprogrammierung wird auch eine Verknüpfung mit dem digitalen Bildarchiv möglich, so dass der Bericht neben den Sachdaten auch Fotos, Skizzen usw. enthalten kann.

Durch regelmäßige Nachfragen zu Aussagen über Subrosionsgefährdung aus Kommunen und Behörden wurden Schwachstellen und neue Erfordernisse sichtbar, die möglichst zeitnah behoben bzw. umgesetzt werden sollen. Für die Bewertung der Gefährdungssituation durch Subrosionserscheinungen kann für Bauprojekte schon jetzt auf die im Subrosionskataster erfassten Subrosionsformen und deren lokale Häufung als wichtigste Hinweise zurückgegriffen werden. Deshalb ist eine möglichst lückenlose flächenhafte Aufnahme von solchen Erscheinungen wichtig. Bei neu auftretenden Erdfällen oder -senken ist die TLUG auf die Mithilfe von lokalen Behörden, Ingenieurbüros und Bürgern angewiesen, die solche Ereignisse melden. Auch Ergebnisse von Baugrunderkundungen, z. B. im Zuge von Straßenbauten, sind für eine Verbesserung dieser Datengrundlage unentbehrlich. Die Verbesserung der regionalen geologischen Kenntnisse erfordern eine fortlaufende Erkundungstätigkeit des Geologischen Landesdienstes in den von Subrosionserscheinungen betroffenen Regionen. Darüber hinaus werden Erkundungsmethoden bzw. -techniken und Überwachungsmöglichkeiten von Subrosionsgebieten von der TLUG optimiert und weiterentwickelt. Bei alten, morphologisch noch sichtbaren Formen stehen neben der klassischen ingenieurgeologischen Kartierung heute auch modernere Hilfsmittel, wie z. B. „Digitale Höhenmodelle“ zur Verfügung, die in Verbindung mit GIS-Systemen eine wertvolle Ergänzung darstellen. So wird in Thüringen, wie in vielen Teilen Deutschlands, durch die Landesvermessung die Landoberflächen mittels Befliegungen mit Laserscantechnik neu vermessen. Mit den dabei ermittelten Daten ist es möglich, hochgenaue digitale Geländemodelle zu berechnen, welche die Geländeoberfläche ohne Bewuchs in bisher nicht verfügbarer Qualität darstellen (Abb. 7). Die dabei sichtbar werdenden, meist fossilen, schon abgelaufene Ereignisse hinterlassen oft für die landwirtschaftliche Bearbeitung ungeeignete Flächen und werden deshalb forstwirtschaftlich genutzt. Damit ist eine stereoskopische Auswertung von Luftbildern für solche Bereiche häufig nicht möglich. Schummerungskarten auf Grundlage digitaler Höhenmodelle durch Laserscanbefliegungen liefern aber auch für diese Bereiche hervorragende Arbeitsgrundlagen.

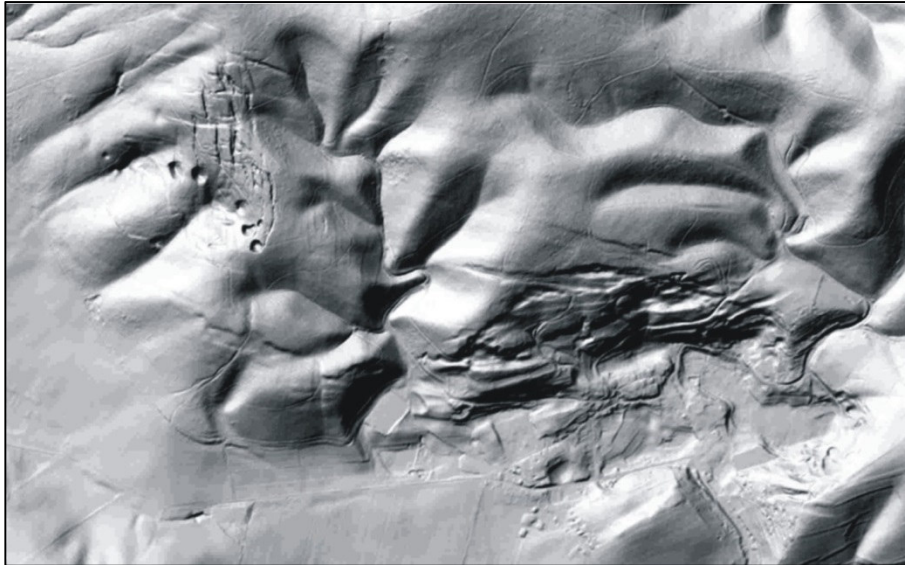


Abb. 7: Darstellung des digitalen Geländemodells als Schummerungskarte für die Region um die Ortschaft Frauensee. Deutlich sind die für einen „Salzhang“ charakteristischen Zerrspalten und Erdfalle zu erkennen.

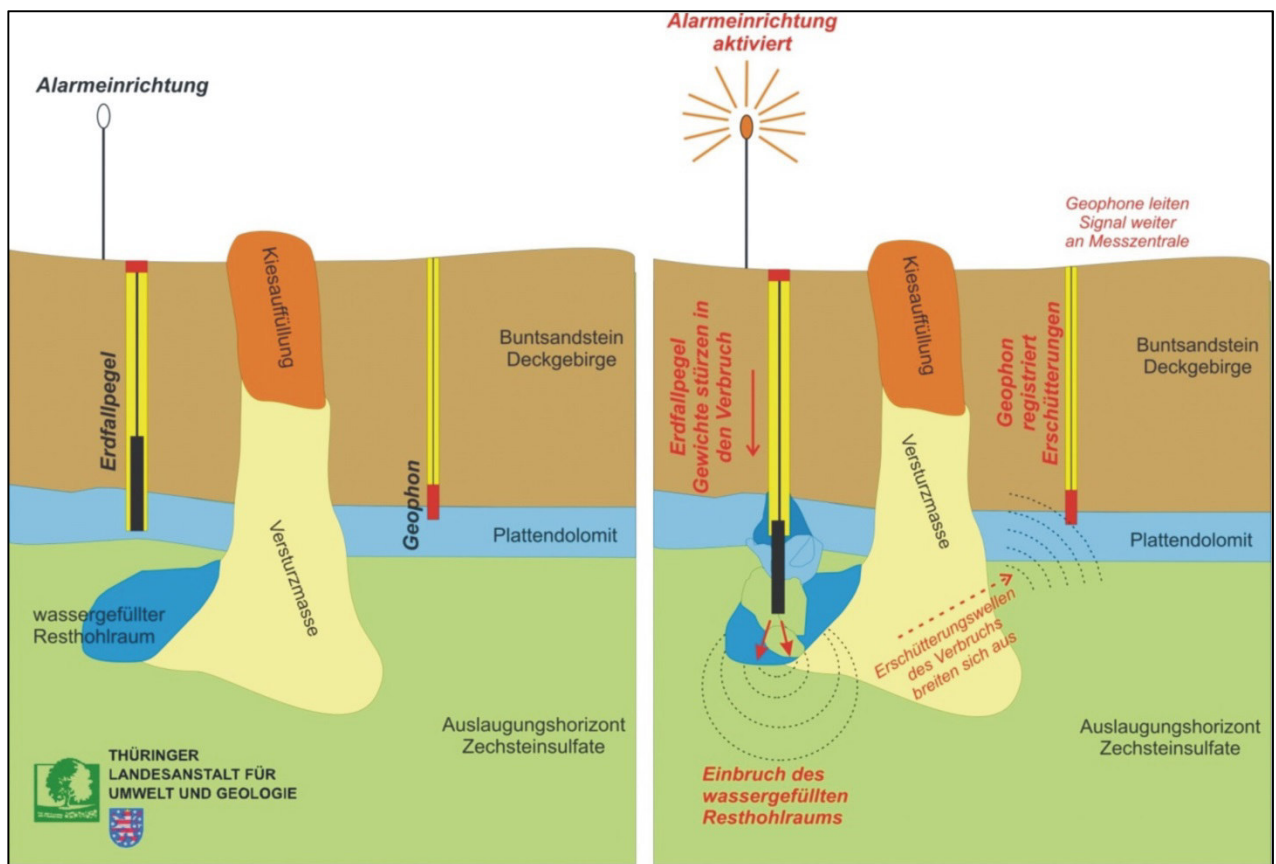


Abb. 8: Der Vergleich mit einem konventionellen Luftbild der Region um die Gemeinde Frauensee zeigt, welche Vorteile die Verwendung eines digitalen Geländemodells bei der flächenhaften Erfassung und Untersuchung von Naturgefahren wie der Subrosion besitzt.

Anwendungsmöglichkeiten

Der Inhalt der Datenbank kann mit Oracle jederzeit von verschiedenen Arbeitsplätzen gleichzeitig wieder abgefragt werden. Eine andere Variante der Datenabfrage, Visualisierung und Ausgabe ist die Erzeugung von Berichten mit Hilfe von ArcView. Mit Avenue-Script Programmierung wurde ein Projekt in ArcView erzeugt, mit dem man entweder alle Subrosionsobjekte innerhalb einer Gemeinde oder auf einem topographischen Messtischblatt aufrufen und abfragen kann. Alternativ dazu können auch alle Subrosionsobjekte Thüringens angezeigt werden und die Auswahl einzelner Objekte kann über Einzoomen und Markieren erfolgen. Bei der Erzeugung der Berichte zu den ausgewählten Objekten werden alle Informationen aus dem Subrosionskataster als Liste dargestellt, die Lage des Subrosionsobjektes wird automatisch in einem Kartenausschnitt 1:10 000 dargestellt (Abb. 9). Ein weiteres Kartenfenster zeigt das geologische Umfeld des ausgewählten Objektes, sowie eventuell noch vorhandene Subrosionsobjekte in der Umgebung. Grundlage für die Geologie bildet die digitale geologische Karte 1:200 000, die überlagernde Topographie ist im Maßstab 1:50 000 dargestellt. Sind von dem ausgewählten Objekt Fotos oder Zeitdokumente von der TLUG digital erfasst worden, so werden diese auf extra Seiten dargestellt. Die Berichterstellung ist so variabel, dass unbegrenzt viele Fotos oder Dokumente an die erste Hauptseite angehängt werden können. Die Zusammenführung aller Daten entspricht dem in Abbildung 5 dargestellten Schema.

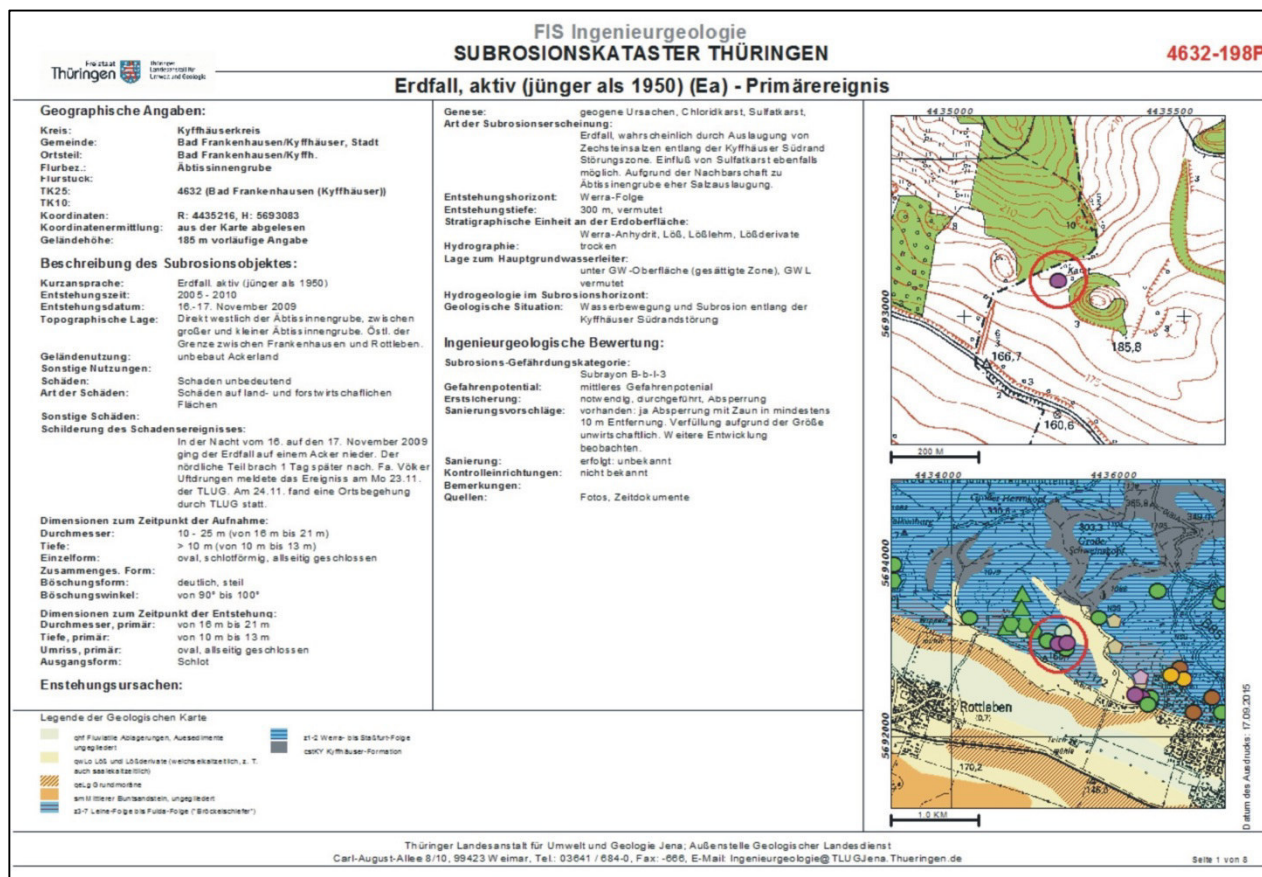


Abb. 9: Durch Abfrage der Datenbank unter ArcView wird ein Berichtsbogen erzeugt. Neben den Daten aus der Oracle-Datenbank enthält er eine automatisch erstellte Übersichtsskizze und einen weiteren automatisch erstellten Kartenausschnitt mit dem geologischen Umfeld des Subrosionsobjektes.

Neben der Verwaltung und Abfrage der oben dargestellten Sachdaten in Form von Berichtsbögen ist die Erstellung projektbezogener thematischer Karten eine weitere Stärke des Fachinformationssystems Subrosion-Thüringen. Blattschnittfrei und in jedem beliebigen Maßstab können so Sachdaten aus der Datenbank mit Raumdaten unterschiedlicher Herkunft zu thematischen Karten zusammengestellt werden. Die TLUG ist so in der Lage, Ingenieurbüros oder Planungsbehörden auf ihre Fragestellung hin maßgeschneiderte Karten zum Thema Subrosionsgefährdung zu liefern (Abb. 10). Berücksichtigt wird dabei auch das geologische Umfeld unter Verwendung der digitalen geologischen Karte 1:200 000. Auch das Darstellen von Fotos oder von Berichten einzelner Objekte ist auf solchen Berichtsbögen und Karten möglich.

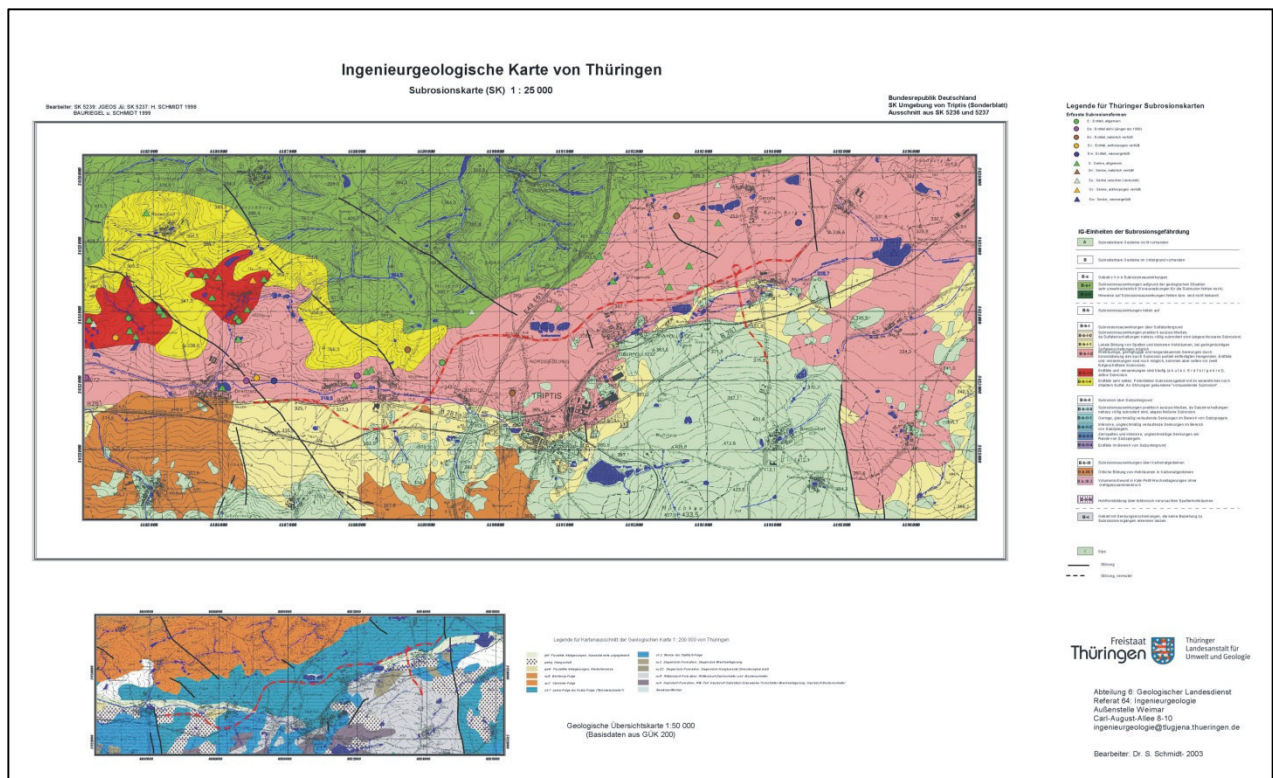


Abb. 10: Projektbezogene Subrosionskarte. Auf dieser Karte werden Raum- und Sachdaten unterschiedlicher Herkunft (s. a. Abb. 5) zu einer neuen thematischen Karte zusammengestellt.

Zusammenfassung

Wegen der großen Flächenpräsenz von Subrosionserscheinungen in Thüringen ist eine möglichst lückenlose, flächenhafte Erfassung und Dokumentation von Erdfällen und -senken eine wichtige Grundlage im Umgang mit dieser Naturgefahr. Durch die im FIS „Georisiko-Thüringen“ vorhandenen Daten wird der Ingenieurgeologe in die Lage versetzt, durch Analogschlüsse und statistische Auswertung der erfassten Prozessräume, Gebiete auszuweisen, in denen durch Häufung der aufgetretenen Ereignisse eine Exposition für Naturgefahren, zum Beispiel der Subrosion, besteht. Er kann Aussagen über die Auftretenshäufigkeit, Art und Dimension von Naturgefahren machen. Politikern und Planungsbehörden können Konfliktgebiete aufgezeigt werden, in denen heute schon durch die Landnutzung Schadenspotentiale existieren. Darüber hinaus erhält man wichtige Informationen über zukünftige

Nutzungsmöglichkeiten und Risiken bei der Nutzungsänderung von bisher nur land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen (SCHMIDT & WUNDERLICH 2011, 2014). Neben der Erfassung aller aktuellen und bereits abgelaufenen Subrosionsereignisse ist jedoch auch die fortlaufende Verbesserung des regionalgeologischen Kenntnisstandes unverzichtbar, will man die Gefahren für menschliches Leben und technische Infrastruktur durch eine an das Naturphänomen angepasste Raumplanung minimieren. Auch die Erkundung und Untersuchung von ausgewählten Erdfällen und -senken durch die Ingenieurgeologen der TLUG ist unverzichtbar, um das Gefährdungspotential der an der Erdoberfläche sichtbaren Auswirkungen subterrainer Verwitterung und Lösung besser bewerten und in die fortlaufend weiterzuentwickelnden Gefährdungskarten einfließen zu lassen. Der Geologe darf auch durch verbesserte technische Möglichkeiten, z. B. durch Verwendung von digitalen Geländemodellen, nicht vergessen, dass Ursachen und Prozessräume der Subrosion meist in mehreren 10er bis 100er Meter Tiefe liegen und so einer detaillierten Untersuchung entziehen. Eine Weiterentwicklung von geologisch-geotechnischen Erkundungsmethoden und flächenhaften Überwachungssystemen von Subrosionsgebieten wird deshalb auch in Zukunft eine wichtige Aufgabe des geologischen Dienstes von Thüringen sein.

Literatur:

- BAURIEGEL, A. (2004): Das rezente Subrosionsgeschehen am Salzhang des Werra-Salinars bei Bad Salzungen und dessen Auswirkungen auf die Erdoberfläche. - Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, 69: 79 - 93; Jena (Nachdruck 2011).
- BIEWALD, W. (2001): Der GIS-basierte Subrosionskataster Thüringen und seine Nutzung bei Raumordnungsverfahren und Bauplanungen - Zielstellung und Zwischenbilanz. – Geowiss. Mitt. Thüringen, 9:37 - 52; Jena.
- BIEWALD, W. (2004): Der Subrosionskataster Thüringen der TLUG, seine Aufgabe bei Raumordnungsplanungen, Flächennutzungen und sein Beitrag zur Klärung geowissenschaftlicher Fragestellungen. - Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, 69: 19 - 28; Jena (Nachdruck 2011).
- BRUST, M. K. (2008): Die „Mansfeldischen Kalkschlotten“ und ihre Bedeutung für den historischen Kupferschiefer-Bergbau. - Exkursionsführer und Veröff. d. Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, Heft 235: 10 - 18; Hannover.
- KUPETZ, M. & BRUST, M. K. (2008): Historisches zum Begriff der „Mansfeldischen Kalkschlotten“ sowie ein Beitrag zur nomenklatorischen Bestimmung dieses Höhlentyps. - Exkursionsführer und Veröff. d. Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, Heft 235: 61 - 74; Hannover.
- SCHMIDT, S. (2004): Das Fachinformationssystem „Subrosion-Thüringen“ der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie - Aufbau und Anwendungsmöglichkeiten. - Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, 69: 29 - 38; Jena (Nachdruck 2011).
- SCHMIDT, S. (2008): Das Subrosionskataster der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG) als Grundlage des Fachinformationssystems „Georisiko-Thüringen“. - Exkursionsführer und Veröffentlichungen der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, Heft 235: 42 - 48; Hannover.
- SCHMIDT, S. & WUNDERLICH, J. (2011): Das Fachinformationssystem „Georisiko-Thüringen“ - Arbeitsmittel der Ingenieurgeologie und wichtiges Hilfsmittel bei Planung und Bau von Verkehrswegen. -

Informationen der Vereinigung der Straßenbau- und Verkehrsingenieur Thüringen e. V. (VSVI), Info 2011: 31 - 39; Erfurt.

SCHMIDT, S. & WUNDERLICH, J. (2014): Die Erfassung von Erdfällen und –senken als Aufgabenfeld des Fachbereichs Ingenieurgeologie der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG). – Karst und Höhle, 2011-2014, Thüringen, 50-59, München.

SEIDEL, G. (2003)(Hrsg.): Geologie von Thüringen. – 2. Aufl., 601 S.; Stuttgart.

WUNDERLICH, J. (2004): Die Subrosion – Ein weit verbreitetes Phänomen subterranner Abtragung in Thüringen; Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie Nr. 69: 3 - 18; Jena (Nachdruck 2011).

Donnerstag 15. Oktober 2015

15:00-15:30

Aktuelle Erdfälle in Thüringen – von der Erkundung bis zur Einrichtung von Frühwarn- und Beobachtungssystemen

Sven Schmidt, Lutz Katzschmann

Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG), Jena

Einleitung

Neben der allgemeinen Erfassung und Registrierung von Erdfällen und -senken im Zuge einer flächendeckenden Raumanalyse durch das Subrosionskataster Thüringens sind mitunter belastbare Gefährdungsabschätzungen für geplante Verkehrsstrassen sowie konkrete, auf bebautem Gelände auftretende Ereignisse in Form von Erdfällen oder Senkungen unverzichtbar (SCHMIDT & WUNDERLICH 2011, 2014). Sie dienen der Abgrenzung eines Gefährdungsbereiches, etwa zum Schutz von Leben und Gesundheit von Personen, und erfordern weitergehende, oft sehr aufwendige und kostenintensive Untersuchungen. Verwertbare Aussagen über die genaue Tiefenlage und Mächtigkeit des Subrosionshorizontes sowie dessen Auslaugungszustand liegen für den Ort des Erdfalls meist nicht vor. Häufig lagern die auslaugungsfähigen Gesteine mehrere 10-er oder 100-er Meter tief im Untergrund und müssen erbohrt werden. Darüber hinaus schränkt der auf kurze Entfernung oft sehr wechselhafte Auslaugungsgrad die Flächenrepräsentanz von Bohrungen stark ein, so dass ergänzende geophysikalische Untersuchungen erforderlich sind. Tritt ein großer Erdfall in Siedlungsgebieten auf, sind eine Gefährdungsabschätzung und das Ausweisen von Gefährdungszonen oft unausweichlich. Nachdem in Thüringen seit 2009 mehrere große Erdfallereignisse für Aufsehen sorgten, erhielt die Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG) den Auftrag, sich intensiv mit den Möglichkeiten und Grenzen von geologischen und geophysikalischen Erkundungsmethoden von Subrosionsgebieten zu befassen und für ein Erdfallfrühwarnsystem geeignete Überwachungssysteme zu konzipieren und zu testen.

Untersuchung und Bewertung aktueller Subrosionsereignisse

Abhängig von klimatischen Faktoren, wie Niederschlagsmengen und Umfang der Schneeschmelze, werden der TLUG zwischen 10 und 30 neue Erdfälle jährlich gemeldet, wobei die Dunkelziffer deutlich höher liegen dürfte. Nur wenige dieser Erdfälle stellen aufgrund ihrer Größe, der Lage zur Bebauung und der lokalen geologischen Verhältnisse eine akute Gefährdung für Gebäude oder Verkehrswege dar.

Ein beredtes Beispiel für einen aktiven Erdfall mit akutem Gefährdungspotential ist der am 24. Februar 2002 erstmals aufgetretene Erdfall in der Ortslage Tiefenort (Wartburgkreis). Am 28. Januar 2010 ereignete sich nach 8 Jahren mehr oder weniger starker Aktivität in Form von sechs kleineren Nachbrüchen ein erneuter großer Nachbruch. Der vom Erdfall betroffene Bereich weitete sich so aus, dass fünf in unmittelbarer Nachbarschaft stehende Häuser evakuiert werden mussten. Ursache des Erdfalls ist letztlich die Ablaugung des Werra-Steinsalzes in ca. 200 m Tiefe. Da die Restmächtigkeit des Salzes bis

zu 200 m betragen kann, ist die tatsächliche Gefährdungssituation schwer einzuschätzen. Hierzu hat der Geologische Landesdienst der TLUG ein ingenieurgeologisches Erkundungs- und Sicherungskonzept erarbeitet und umgesetzt. Es kann prinzipiell methodisch an analoge Fälle angepasst werden.



Abb. 1: Der durch den Nachbruch am 28.01.2010 entstandene Erdfalltrichter liegt direkt neben einem Wohnhaus (links). Die dort Anfang November 2010 angesetzten Bohrarbeiten dienen der Erkundung und Errichtung eines Frühwarnsystems (rechts).

Zur Gewinnung verlässlicher Daten für die Abgrenzung eines gefährdeten Bereiches um den Erdfall wurde zunächst eine flächenhafte geophysikalische Strukturaufklärung betrieben. Da direkte geophysikalische Hohlräumnachweise in größeren Tiefen nur unter ungewöhnlich guten Voraussetzungen gelingen, andererseits Lösungshohlräume aber bevorzugt an tiefreichende Bruch- und Kluffstrukturen gebunden sind, ergeben sich aus der Kenntnis des Strukturmusters im Untergrund hinreichend genaue Indizien für potenzielle Gefährdungsbereiche. Dazu wurde eine komplexe 3D-Seismik angewandt, die derzeit modernste verfügbare seismische Methode, deren Auswertung einen wichtigen Beitrag zur Ausweisung von Gefährdungszonen lieferte (Abb. 6).



Abb. 2: Seismische Untersuchungen zur Aufklärung der Untergrundstrukturen im direkten Umfeld des Erdfalls im September 2010. Das linke Bild zeigt ein Spezialfahrzeug mit dem seismische Impulse erzeugt werden. Im rechten Bild ist eine Geophonkette zu sehen, mit der die aus dem Untergrund reflektierten Impulse registriert werden. Der Kieshaufen markiert die Lage des inzwischen verfüllten Erdfalltrichters

Die Erkundungsergebnisse der 3D-Seismik des Projektes GEIST bestätigten die für das Gebiet Tiefenort bisher von der TLUG gemachten Aussagen zu den geologischen Verhältnissen. Die Lage am Rand einer Auslaugungssenke und die kleinräumige Zerstückelung des Gebirges werden durch die Profile der Reflexionsseismik sehr deutlich belegt. Ebenso zeigen die Ergebnisse der 3D-Refraktionstomographie, wie tief die Auflockerungszonen, besonders im Bereich von Störungen und innerhalb der Tiefenorter Subrosionssenke, in den Untergrund hinabreichen. Es zeigte sich im Verlauf der Arbeiten in Tiefenort auch, dass ohne ein aus der 3D-Seismik errechnetes Raummodell die kleinräumigen geologischen Strukturen nicht auflösbar sind.

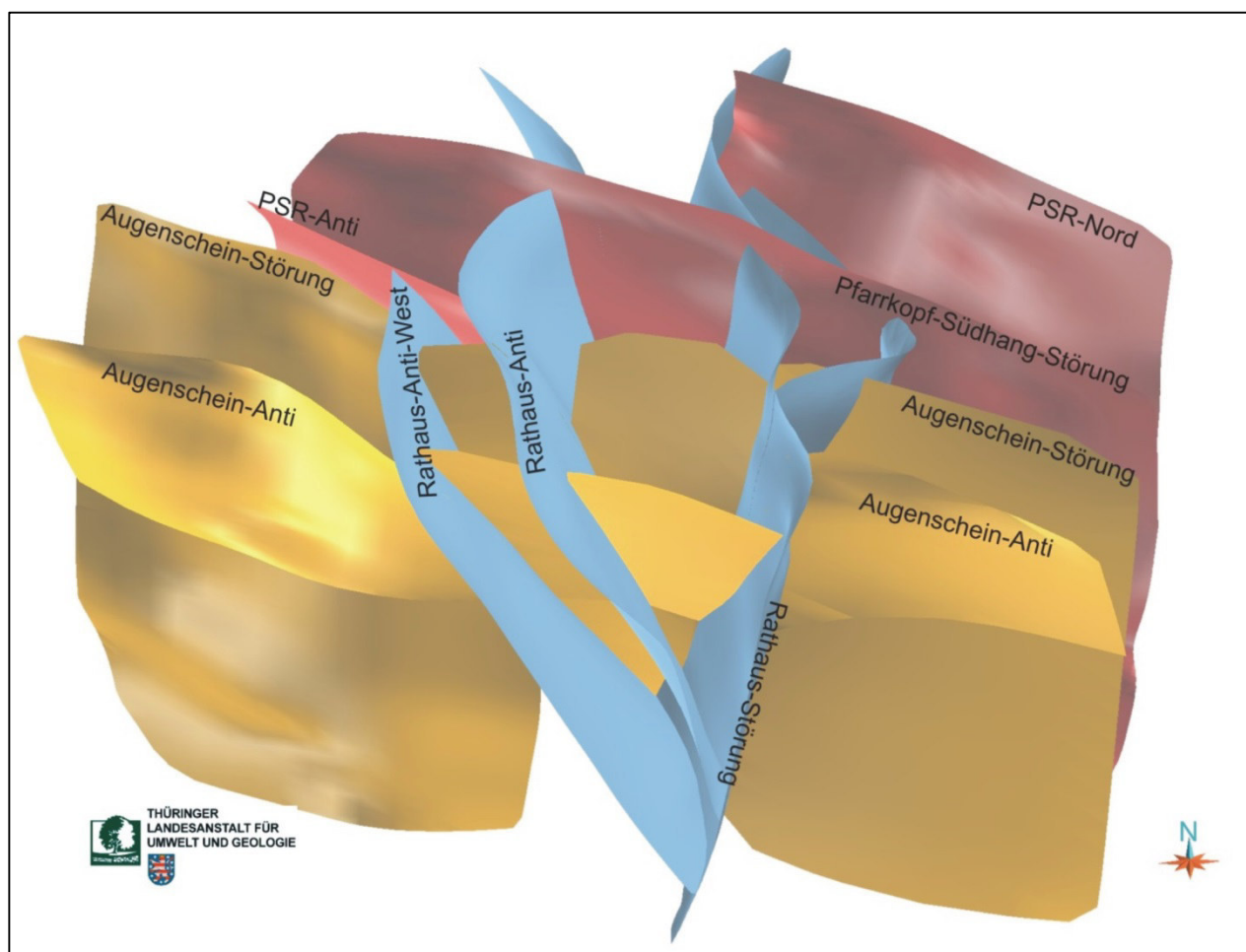


Abb. 3: 3D-Modell der von der DMT interpretierten Störungsflächen, die eine intensive Verschneidung und Vergitterung des Gebirges auf der nur ca. 1 km² großen Fläche des Messgebietes zeigen. Dargestellt sind nur die „Hauptstörungen“. Aus den hier nicht gezeigten geologischen Profilschnitten ist zu entnehmen, dass von einer viel stärkeren Zerteilung und Zerblockung des Deckgebirges durch Begleit- und großenteils atektonische (suprasalinare) Nebenstörungen ausgegangen werden muss.

Interpretation und Auswertung der geophysikalischen Messsignale wurden an einer Erkundungsbohrung geübt, die bis unter die Oberfläche des Zechstein-Steinsalzes bis in 207 m Tiefe geführt werden konnte.

Das Werra-Steinsalz, das in Tiefenort den Subrosionshorizont bildet, wurde in 180 m u. GOK erreicht, dabei wurde festgestellt, dass die oberen 60 m des Steinsalzes infolge Subrosion fehlen. Die Tiefenlage der Schichtgrenzen, Zertrennungs- und Auflockerungsgrad der Deckschichten sowie den Ablaugungsfortschritt des Subrosionshorizontes konnten mit der Bohrung ermittelt werden. Weiterhin wurden an Bohrkernproben die zur Interpretation benötigten geophysikalischen Gesteinseigenschaften bestimmt. Die Bohrung wurde im Bereich des Steinsalzes verfüllt und als Grundwassermessstelle für den Bereich oberhalb des Steinsalzes ausgebaut und mit einem Datenlogger versehen. In der Bohrung konnte ein Vertikales Seismisches Profil vermessen werden, das zur Verbesserung der Ergebnisse der 3D-Seismik beitrug.

Als Ergebnis der Erkundungsarbeiten in Tiefenort (SCHMIDT, S., WUNDERLICH, J., GELETNEKY, J. & STEINBORN, H. 2012) konnte das strukturelle Inventar der Subrosionssenke von Tiefenort genauer lokalisiert werden und die Subrosionsmechanismen am „Inneren Salzhang“ von Tiefenort aufgeklärt werden. Bei dem Erdfall handelt es sich um die Reaktivierung eines alten Senkungsgebietes über einer N-S verlaufende Spalte am Ostrand des Inneren Salzhangs der „Tiefenorter Subrosionssenke“. Die Gefährdungsanalyse führte zur Festlegung einer Sicherheitszone um den Erdfall, die möglichst frei von Wohnbebauung bleiben soll. Am Rand dieser Zone wurden die Frühwarnrichtungen platziert. Auf Bitten und Drängen der Bevölkerung wurde auch für das weitere Umfeld eine Gefährdungskarte (Abb. 4) für das Messgebiet der 3D-Seismik erstellt, die der Gemeinde für die zukünftige Raumplanung übergeben wurde.

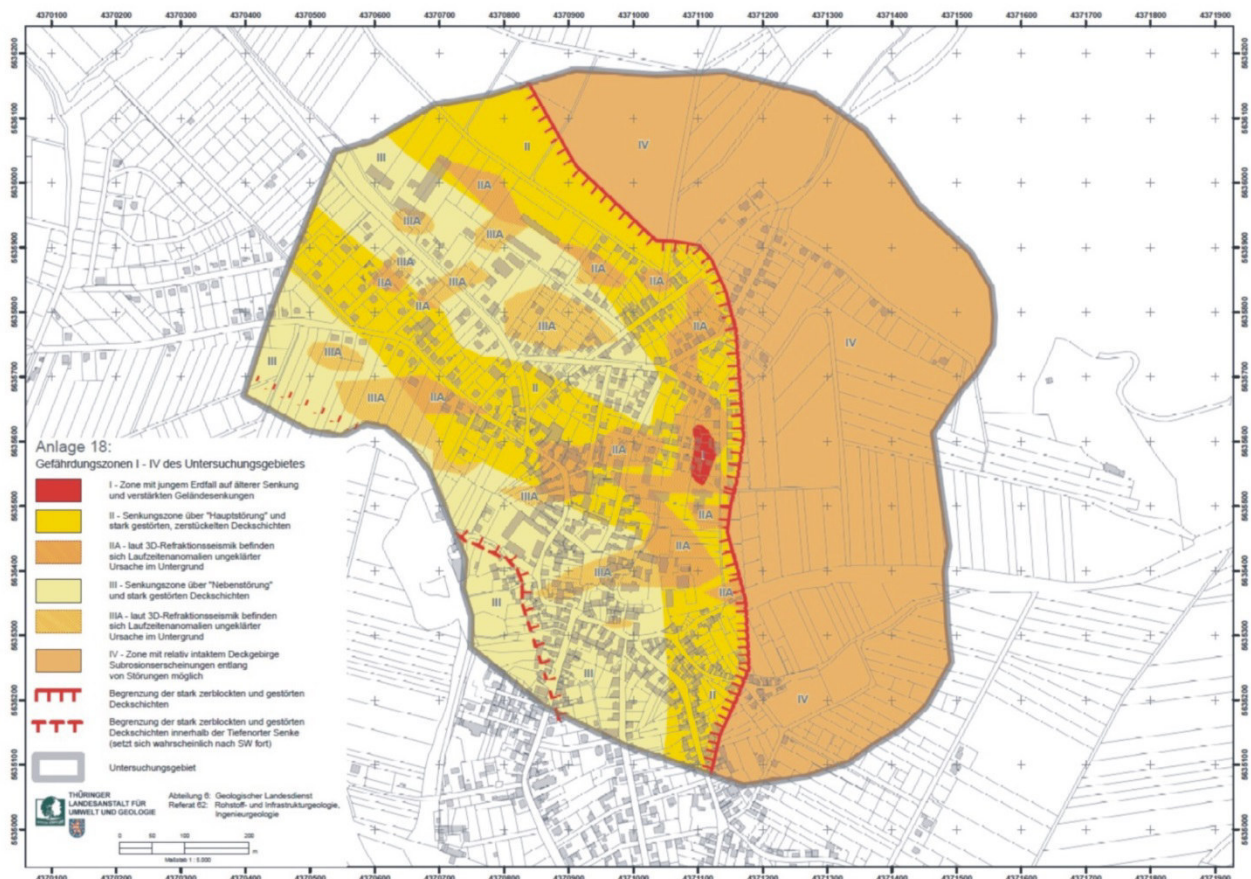


Abb. 4: Mit Hilfe des durch die 3D-Seismik ermittelten Strukturinventars konnte im Zuge der Ergebnisauswertung für das Umfeld des Erdfalls in Tiefenort eine Gefährdungskarte erstellt werden.

Als am 01. November 2010 in der Stadt Schmalkalden ein Erdfall mit 26 m Durchmesser inmitten eines Wohngebietes niederging (Abb. 5), ergab sich die Gelegenheit zur erneuten Anwendung und weiteren Modifizierung des ingenieurgeologischen Erkundungs- und Sicherungskonzeptes der TLUG. Hier kommen mehrere 10-er Meter mächtige Sulfatgesteinsschichten im Untergrund als Subrosionshorizont in Betracht. Die Erkundungsarbeiten zur Abschätzung des Gefährdungsgrades liefen parallel zu den Erstsicherungsarbeiten an. Die Ergebnisse der bis zu 150 m tiefen Bohrungen wurden analog Tiefenort durch geophysikalische Untersuchungen (Bohrlochgeophysik, Gravimetrie, 2D-Seismik) ergänzt, um den Gefährdungsbereich um den Erdfall räumlich einzugrenzen. 2011 wurde hier ebenfalls ein Frühwarnsystem eingerichtet (s. u.).

Nach Abschluss der Erkundungsphase wurde im Erkundungsbericht (SCHMIDT, S., WUNDERLICH, J. & PETERS, A. 2012) nach Auswertung aller vorliegenden Erkundungsergebnisse eine an die geologischen Standortbedingungen angepasste Gefährdungskarte angefertigt.



Abb. 5: Nach dem Erdfall in Schmalkalden am 01. November 2010 mussten 5 Häuser z. T. zeitweilig evakuiert werden (links). Im Umfeld des inzwischen mit Kies verfüllten Erdfalls wurden im Januar 2011 zur Ursachenermittlung 4 Kernbohrungen mit 2 Bohrgeräten in bis zu 150 m Tiefe gestoßen (rechts).

Neben diesen oft spektakulären Erdfällen sind jedoch auch mehr oder wenig kontinuierlich ablaufende Senkungen für viele Schäden an Bauwerken verantwortlich. Gewöhnlich verlaufen auslaugungsbedingte Senkungen aber sehr langsam, eher unspektakulär und erregen kaum die Aufmerksamkeit von Öffentlichkeit und Medien. Die Auswirkungen auf Bauwerke sind jedoch bisweilen nicht weniger katastrophal, wie das Beispiel eines Doppelhauses in Jena zeigt (Abb. 6). Die 20 m breite Auslaugungssenke über Sulfatgesteinen des Oberen Buntsandsteins, an deren Rand dieses Haus steht, erreicht im tiefsten Punkt nur 0,5 m Absenkung. Die resultierende Kippung und die Risse in Mauern und Decken sind jedoch so massiv, dass im Dezember 2009 die Räumung verfügt werden musste. Der bekannteste Fall für die Schrägstellung eines Gebäudes aufgrund auslaugungsbedingter Untergrundveränderungen in Thüringen ist jedoch nach wie vor der Kirchturm der ehemaligen Oberkirche in Bad Frankenhausen (Kyffhäuserkreis, Abb. 5). Aktiver Sulfatkarst im unmittelbaren Baugrund verstärkt die Kippung beständig, so dass mit einer Überschreitung der statischen Belastungsgrenze des Bauwerks in naher Zukunft zu rechnen ist. Zurzeit laufen Sicherungsarbeiten, die mit Hilfe einer nachjustierbaren Stützkonstruktion eine weitere Schrägstellung des Turmes verhindern sollen.



Abb. 6: Die langsame Auslaugung von Sulfatgesteinen führte in Jena zu einer, mit umfangreichen Rissen verbundenen Schrägstellung eines Gebäudes, so dass die örtlichen Baubehörden eine Räumung anordnen mussten (links). Die Neigung des schiefen Turms der Oberkirche in Bad Frankenhausen nimmt durch kontinuierliche Sulfat- und Steinsalzauflösung im Untergrund beständig zu und zeigt seit ca. 100 Jahren eine stetige dynamische Beschleunigung (rechts).

Aufgrund des Aufwands und der hohen Kosten sind solch umfangreiche Erkundungsmaßnahmen wie in Tiefenort oder Schmalkalden nur in Ausnahmefällen bei einer konkreten Gefährdung von Leben und Gesundheit möglich. Bei Straßenbaumaßnahmen oder Baugrunduntersuchung zur Auffindung potentieller Verbruchzonen ist eine Erkundung bis in solche Tiefen im Normalfall nicht denkbar. Gerade beim Bau von Verkehrswegen sehen sich Planer und Bauherr dem Dilemma gegenüber, dass eine alle Gefährdungen erfassende Baugrunderkundung aufgrund der großen Fläche oder Länge des Bauwerks nicht umsetzbar ist. Hier muss bei der Baugrunderkundung ein Kompromiss gefunden werden, der die Art und den Umfang der von Subrosionsprozessen ausgehenden Gefährdung berücksichtigt und zu einem Ergebnis führt, das die Belange der Verkehrssicherheit genauso berücksichtigt, wie die Wirtschaftlichkeit der Baumaßnahme. Häufig ist es nur möglich, durch eine Kombination von Geophysik (meist Geoelektrik) und konventionellen direkten Aufschlussmethoden den Untergrund soweit aufzuklären, dass alte, künstlich oder natürlich verfüllte Subrosionsformen erkannt und bei der Bauwerksplanung berücksichtigt werden können. Eine intensive Zusammenarbeit zwischen Ingenieurgeologen, Baugrundgutachtern und Bauherrn bei der Planung und Auswertung der Baugrunderkundung ist dabei sinnvoll. Ist eine Gefährdungssituation und der davon betroffene Bereich erst einmal hinreichend charakterisiert, gibt es genügend konstruktive und technische Möglichkeiten auf diese Gefährdungen bzw. Baugrundschwächen angemessen zu reagieren. Im Regelfall muss aber das Auftreten eines solchen, nicht vorhersehbaren und erkundbaren großen Erdfalls sowohl in Siedlungsgebieten als auch an Verkehrswegen als naturgegebenes, nicht beherrschbares Naturereignis hingenommen werden. Aufgrund der Seltenheit solcher Ereignisse ist die davon ausgehende Gefahr in der Fläche aber auch als eher gering einzuschätzen. Jedem Planer und Bauherrn müssen die Grenzen von Erkundungsmaßnahmen und technischen Sicherungsmaßnahmen klar sein. So ist es mit heutigen technischen Möglichkeiten unmöglich Hohlräume im Untergrund zuverlässig nach exakter Lage und Ausdehnung zu erkunden.

2. Konzeption von Frühwarn- und Beobachtungssystemen in Erdfallgebieten

Ein Erdfallfrühwarn-System kann eingesetzt werden, um das Umfeld eines Erdfall bei einer Ausweitung des Bruchgeschehens rechtzeitig sichern oder evakuieren zu können oder aber als Überwachungssystem sensibler Bauten in Erdfall- und Senkungsgebieten, um vor neu hochbrechenden Erdfällen zu warnen. Grundgerüst der Erdfall Frühwarn- und Beobachtungssysteme sind meist in der Praxis bewährte Erdfallpegel. Die von der TLUG errichteten Systeme in Tiefenort und Schmalkalden dienen der Sicherung der angrenzenden Wohnbebauung neben einem neu aufgetretenen Erdfall. Zu diesem Zweck wurden sie zwischen Erdfall und Gebäuden installiert, weitet sich der Erdfall Richtung der Gebäude aus, wird der Erdfallpegel ausgelöst und die Bewohner durch optische und akustische Warneinrichtungen alarmiert.

Da es in Tiefenort seit der Entstehung des Erdfalls im Februar 2002 immer wieder zu Nachbrüchen kam, war es notwendig die Bewohner der anschließenden Gebäude durch ein Frühwarnsystem bei einer weiteren Ausweitung des Erdfalls automatisch warnen zu können. Als Frühwarn- und Beobachtungssystem vor zukünftigen Nachbrüchen wurden, bezogen auf die potenziell gefährdeten Gebäude, fünf speziell modifizierte Erdfallpegel in jeweils 50 m Tiefe installiert. Diese Erdfallpegel sind mit Sirenen und Rundumleuchten gekoppelt, um bei einer Aktivierung die Anwohner zu warnen (Abb. 7 u. 8). Da im Vorfeld der Nachbrüche immer von Erschütterungen und Geräusche aus dem Untergrund berichtet wurde, ergänzen vier weitere, ebenfalls in 50 m tiefen Bohrlöchern eingebaute Erschütterungsmessstellen, die mit Dreibeigeophonon bestückt wurden das Überwachungssystem (Abb. 7 u. 8). Da die aufgetretene Häufigkeit von Nachbrüchen in kurzer Zeit für Erdfälle eher selten ist, wurden zusätzlich noch drei Dreifach-Extensometer mit max. 50 m Tiefe installiert, um so auch weitere geotechnische Messeinrichtungen auf ihre Eignung bei der Überwachung des Umfeld von Erdfällen zu prüfen. Neben diesen permanent laufenden Messeinrichtungen wurde von der TLUG auch noch ein Senkungsmessnetz im Umfeld des Erdfalls eingerichtet, das in regelmäßigen Abständen periodisch vermessen und ausgewertet wird. Das aufwendigere Frühwarn- und Beobachtungssystem in Tiefenort ist so konzipiert, dass es alle in den 8 Jahren bis zum Nachbruch 2010 beobachteten Ereignisse, also Senkungen, Erschütterungen und Geräusche berücksichtigen und erfassen sollte. Hierzu wurden Erdfallpegel, Geophone, Extensometer, Mikrophone und eine Kamera um den Erdfall angeordnet. Außerdem wurden zwei Grundwassermessstellen und ein Senkungsmessnetz errichtet. In Schmalkalden kommen Erdfallpegel, Geophone und eine Kamera zum Einsatz. Es existieren eine Grundwassermessstelle und ein Senkungsmessnetz.

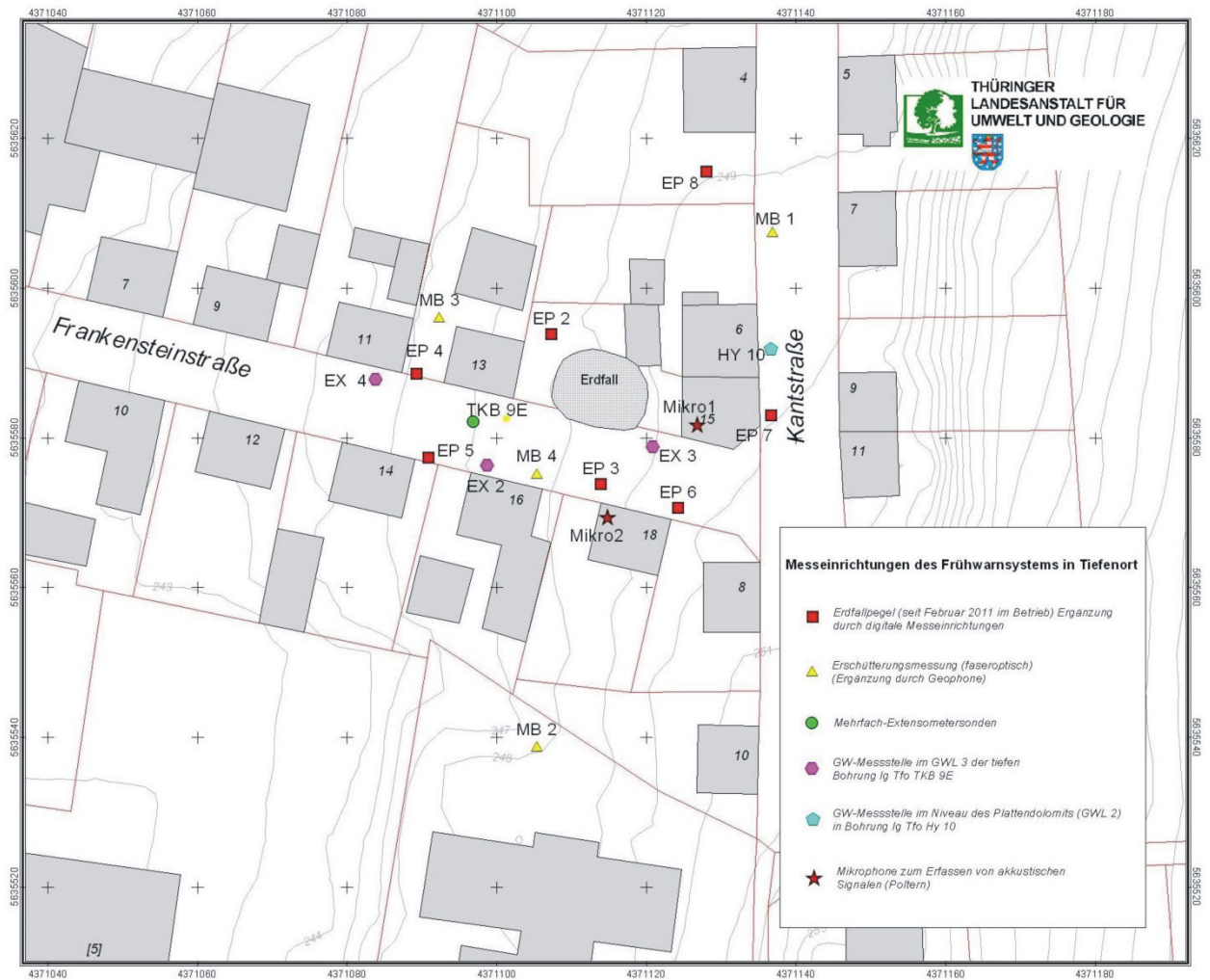


Abb. 7: Lageplan der Mess- und Beobachtungspunkte des Erdfall Früh- und Beobachtungssystems in Tiefenort (Wartburgkreis)

Alle Messergebnisse und Aufzeichnungen der installierten Einzelkomponenten (Erdfallpegel, Extensometer, Geophone, Kamera, Mikrophone) werden durch die von der Fa. DMT in Essen entwickelten Überwachungs- und Auswertesoftware „DMT safeguard“ zusammengeführt. Werden vorher festgelegte Grenzwerte bei Erdfallpegeln, Extensometer oder Geophonen überschritten, wird automatisch eine SMS bzw. eine E-Mail an TLUG und Gemeinde- bzw. Stadtverwaltung verschickt. DMT-safeguard ist über Internet orts- und computerunabhängig aufzurufen.

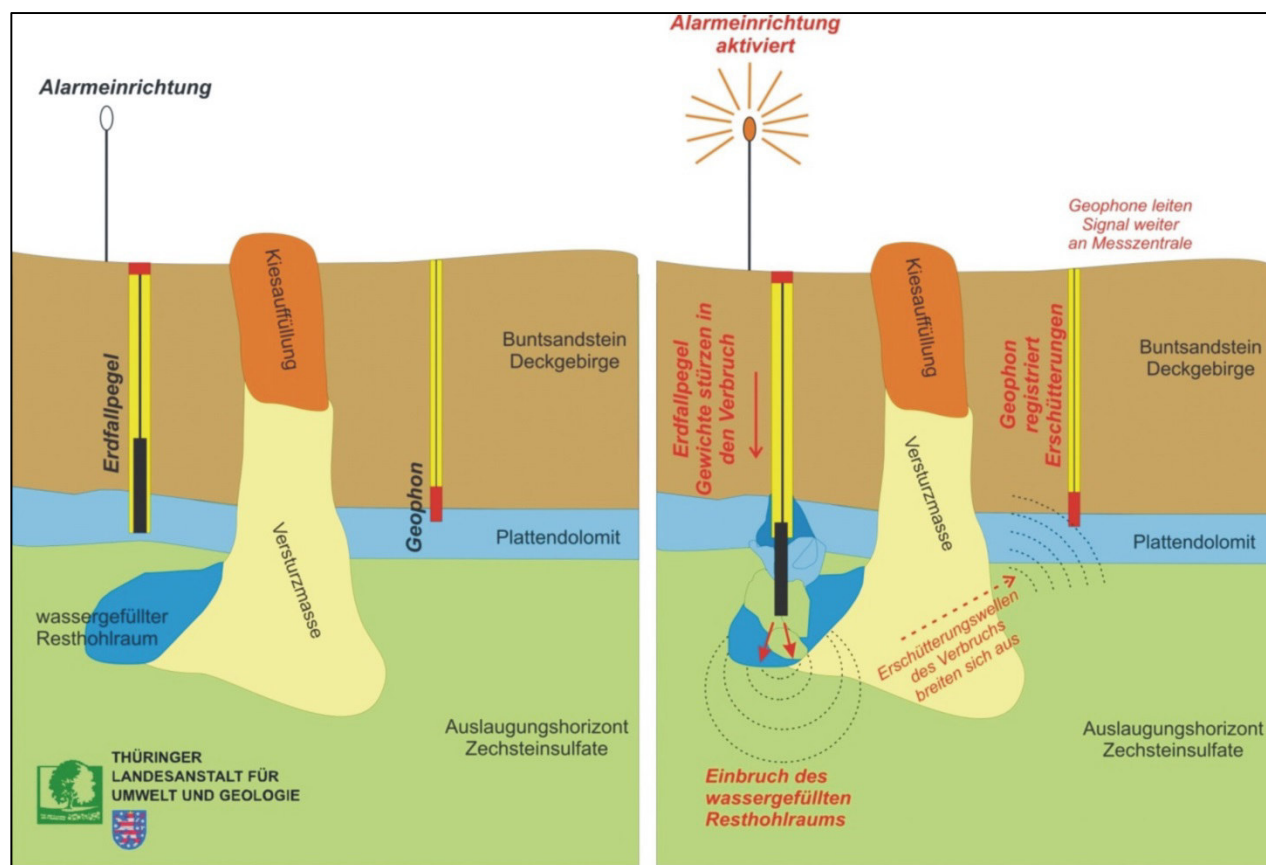


Abb. 8: Funktionsprinzip eines Erdfall Frühwarn- und Beobachtungssystems wie es in Tiefenort und Schmalkaden zur Anwendung kommt.

Das von der TLUG eingesetzte Überwachungssystem besteht aus zwei Komponenten: einem Frühwarnsystem und einem Beobachtungssystem. Das Frühwarnsystem besteht aus den in der Praxis bewährten, robusten Erdfallpegeln (System VÖLKER), hierbei wird bei Überschreitung einer als Alarmschwelle festgelegten Abwärtsbewegung sofort die akustischen und optischen Warneinrichtung ausgelöst. Im Beobachtungssystem sind sensiblere, permanent aktiven Messgeräte, wie Geophone, Extensometer, Wegaufnehmer an Erdfallpegeln, Kamera und Mikrophone zusammengefasst, die durch das Programm DMT-safeguard gespeichert und ausgewertet werden. Auch Grundwassermessstellen und Senkungsmessnetze zählen zum Beobachtungssystem. Mit den im Beobachtungssystem unter DMT-safeguard zusammengefassten Einzelkomponenten soll versucht werden, schon vor der Überschreitung der Alarmschwelle Hinweise auf sich ankündigende Nachbrüche zu erhalten, damit könnte die Vorwarnzeit unter Umständen deutlich verlängert werden. Grundwassermessstellen und Senkungsmessnetze werden nur periodisch ausgelesen bzw. gemessen und können schon aus diesem Grund keine Frühwarnfunktion besitzen.

Als Messgeräte zum Einsatz kommen handelsübliche Geophone, Webcams, Mikrophone und Extensometer mit Wegaufnehmern. Bisher ist es üblich zur Sicherung von Erdfallgebieten einfache Erdfallpegel zu installieren, bei denen zum Beispiel in einem Bohrloch Pegelstangen im Bohrloch tiefsten einzementiert werden (System KAMMERER und REUTER oder System BÜCHNER, in PRINZ & STRAUß 2011), und an der Oberfläche die Absenkung der Pegelstange mechanisch oder elektronisch zu erfassen. Die

TLUG verwendet modifizierte Erdfallpegel des Systems VÖLKER (VÖLKER 2004), bei diesem Erdfallpegel wird das im Bohrloch stehende Gestänge mit zusätzlichen Gewichten von bis zu 600 kg beschwert (Abb. 9). Jede Abwärtsbewegung wird am oberen Ende des Pegels auf eine einfache mechanische Messskala übertragen, wird ein vorher festgelegter Grenzwert ($\pm 0,2$ m) überschritten, löst der Erdfallpegel eine Aktivierung der angeschlossenen Sirene und Rundumleuchte aus. Eine digitale Erfassung und Speicherung des Messverlaufes erfolgt normalerweise nicht, deshalb wurde auf Anregung der TLUG der Messkopf zusätzlich mit einem elektronischen Wegaufnehmer ausgestattet, dessen Messergebnisse digital gespeichert und über Fernabfrage ausgelesen werden können. Damit wird es möglich auch eventuell ablaufende Initialbewegung vor dem eigentlichen Auslösen eines Alarms zu erfassen und damit die Vorwarnzeit zu erhöhen.

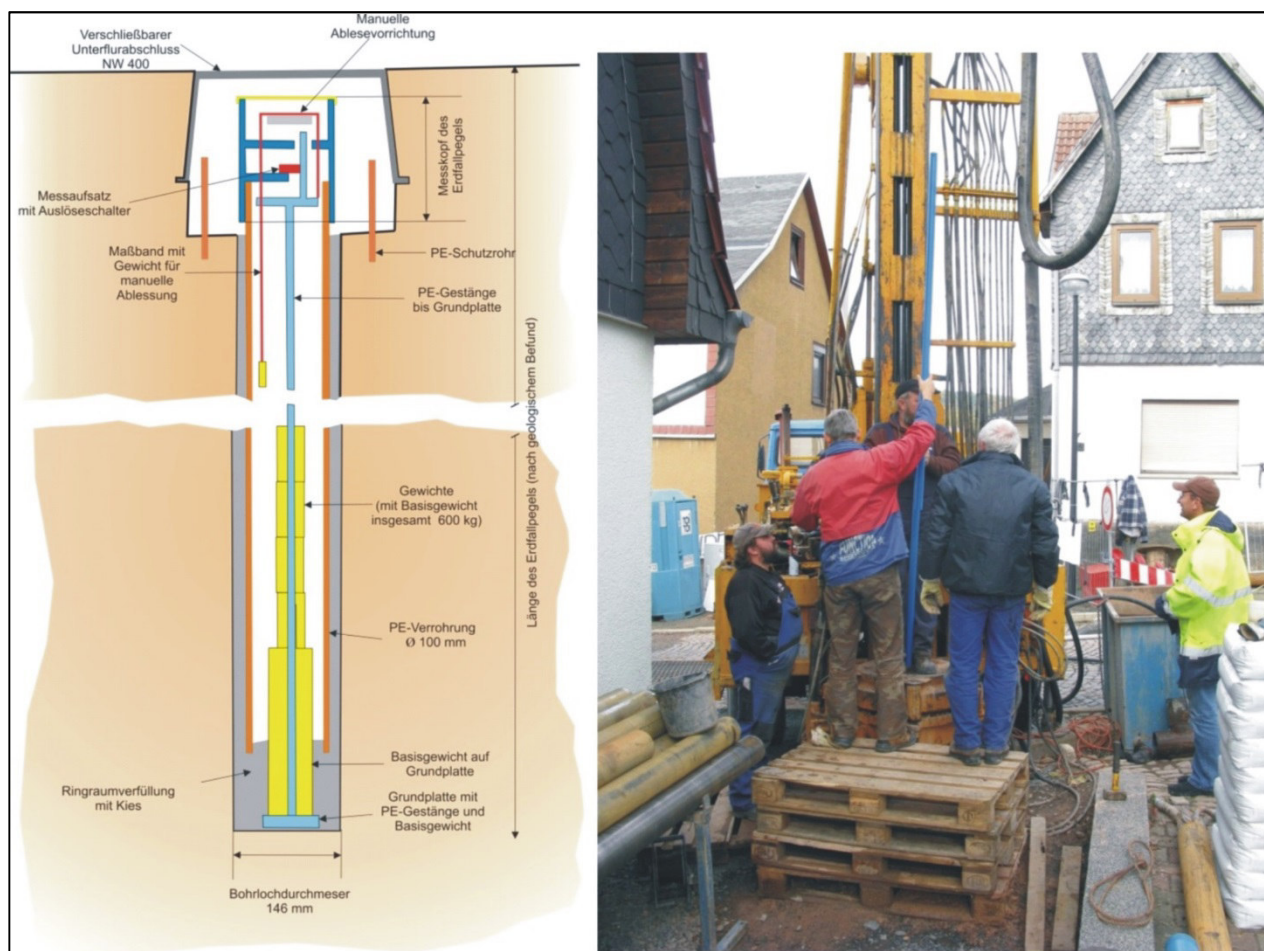


Abb. 9: Funktionsprinzip des Erdfallpegels System VÖLKER und Einbau eines Erdfallpegel in Tiefenort 2010 nach Abschluss der Bohrarbeiten.

3. Zusammenfassung

Die geologischen Besonderheiten Thüringens liefern die Bedingungen für ein genetisch vielfältiges Subrosionsgeschehen auf signifikanten Teilen der Landesfläche, das seit Zehntausenden von Jahren sowohl an der Erdoberfläche als auch in beträchtlichen Tiefen abläuft (WUNDERLICH 2004). Das damit verknüpfte Inventar an Karststrukturen der verschiedensten Art, die sich nach der Tiefe und in der Fläche

z. T. mehrfach staffeln und überlagern können, prägt in vielfacher Weise die naturräumlichen Voraussetzungen, auf die menschliche Siedlungs- und Wirtschaftstätigkeit zurückgreifen muss. Neben dem massiven Einfluss auf die natürliche Landschaftsgestaltung, die Grund- und Oberflächenwasser- verhältnisse und die Vegetation sind in den relevanten Gebieten die Auswirkungen auf Bauvorhaben jeglicher Art kaum zu überschätzen. Insbesondere moderne Bauten, die sich immer raumgreifender und komplexer gestalten und auf Grund infrastruktureller Zwänge zunehmend auch subrosiv geprägte Flächen erschließen, erfordern in steigendem Maße eine qualifizierte Georisikoanalyse und -bewertung.

Ziel einer auf die Subrosionsproblematik abgestimmten Gefährdungsanalyse oder Baugrunderkundung muss es sein, alte verdeckte Subrosionsformen, also künstlich oder natürlich verfüllte Erdfälle, -senken oder Spalten, zu entdecken. Das gezielte Aufsuchen und Abgrenzen von unbekanntem Hohlräumen oder Auflockerungszonen im tieferen Untergrund durch direkte Aufschlussverfahren scheidet aus wirtschaftlichen Gründen und der geringen Aussagekraft solcher punktueller Erkundungen wegen i. d. R. aus. Der Geologe kann mit vertretbarem Aufwand nur versuchen, Aussagen zu eventuell vorgefundenen Subrosionsstrukturen zu erhalten, die die Bebaubarkeit beeinträchtigen, ausschließen oder aber erlauben. Der zu betreibende Aufwand ist vom Planer immer der geplanten Art der Bebauung und Nutzung anzupassen. Um dieses Ziel zu erreichen, hat sich in Thüringen eine Kombination von geologischen und geophysikalischen Erkundungsmethoden als sinnvoll erwiesen. Welche Methoden sinnvoll und erfolgversprechend sind, muss im Vorfeld von allen Beteiligten diskutiert werden. Das Erkundungskonzept muss auf die jeweiligen lokalen geologischen Verhältnisse und die betroffenen oder geplanten Bauwerke abgestimmt werden. Aufgrund der oft sehr komplexen geologischen, hydrologischen und geotechnischen Verhältnisse sollte dieses Erkundungskonzept flexibel gestaltet sein, um während der Erkundungsarbeiten auf neue Erkenntnisse reagieren zu können. Bei der Erkundung von Verkehrswegen hat es sich z. B. bewährt, vor Festlegung der Bohrpunkte geophysikalische Messungen (z. B. Geoelektrik) durchzuführen. Erkundungsbohrungen können dann gezielt in festgestellte Anomalien bzw. Schwachstellen abgeteuft werden. Eine Weiterentwicklung gerade von geophysikalischen, flächenhaften Erkundungsmethoden, die es ermöglichen geologisch-tektonische Schwächezonen noch genauer einzugrenzen, ist anzustreben. Zu diesem Zweck untersucht die TLUG gerade in Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern verschiedene Subrosionsgebiete in Nordthüringen.

Die Neu- oder Weiterentwicklung von Früh- und Beobachtungssystemen in Erdfall- und Senkungsgebieten wird aufgrund der weiter zunehmenden Landnutzung mit immer sensibleren technischen Einrichtungen unverzichtbar sein. Die TLUG hat dies erkannt und wird aufgrund der Bedeutung der Subrosionsproblematik in Thüringen weiter an der Verbesserung und Weiterentwicklung von Früh- und Beobachtungssystemen arbeiten

Literatur

PRINZ, H. & STRAUß, R. (2011): Ingenieurgeologie, 738 S. 5. Aufl., Heidelberg.

SCHMIDT, S. & WUNDERLICH, J. (2011): Das Fachinformationssystem „Georisiko-Thüringen“ - Arbeitsmittel der Ingenieurgeologie und wichtiges Hilfsmittel bei Planung und Bau von Verkehrswegen. - Informationen der Vereinigung der Straßenbau- und Verkehrsingenieur Thüringen e. V. (VSVI), Info 2011: 31 - 39; Erfurt.

SCHMIDT, S. & WUNDERLICH, J. (2014): Die Erfassung von Erdfällen und –senken als Aufgabenfeld des Fachbereichs Ingenieurgeologie der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG). – Karst und Höhle, 2011-2014, Thüringen, 50-59, München.

SCHMIDT, S., WUNDERLICH, J., GELETNEKY, J. & STEINBORN, H. (2012): Ergebnisbericht Untersuchungen und Maßnahmen am Erdfall Tiefenort, Frankensteinstraße im Nachgang des Erweiterungsbruches vom 28. 01. 2010 - Gefährdungsanalyse am Inneren Salzhang Tiefenort. - unveröff. Ergebnisbericht, Thür. Landesanst. f. Umwelt und Geologie, 151 S., 21 Anl.; Jena (19. 07. 2012).

SCHMIDT, S., WUNDERLICH, J. & PETERS, A. (2013): Der Erdfall vom 1. November 2010 am Rötberggrain in Schmalkalden - Ingenieurgeologische Methodik und Ergebnisse der Ursachenermittlung, Ableitung infrastruktureller Gefährdungszonen und Einrichtung eines Frühwarnsystems. - unveröff. Ergebnisbericht, Thür. Landesanst. f. Umwelt und Geologie, 179 S., 13 Anl.; Jena (28. 03. 2013).

VÖLKER, R. (2004): Die Überwachung von Subrosionsvorgängen – Erfahrungen aus der praktischen Arbeit - Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, 69: 53 - 66; Jena (Nachdruck 2011).

WUNDERLICH, J. (2004): Die Subrosion – Ein weit verbreitetes Phänomen subterranner Abtragung in Thüringen; Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie Nr. 69: 3 - 18; Jena (Nachdruck 2011).

Donnerstag 15. Oktober 2015

15:30-16:00

Gipse im Engadiner Fenster, Verbreitung, Altersstellung, bautechnische Auswirkungen

J.R. Bertle

GEOGNOS BERTLE, Technische Geologie Ziviltechniker GmbH

Die Gipsvorkommen sind im Unterengadiner Fenster im Wesentlichen auf zwei tektonische Horizonte beschränkt, es ist dies einerseits der hangendste Bereich der Zone von Pfunds (im Sinne von Bertle 2004) bzw. der Basis der Zone von Roz-Champatsch-Pezid (im Sinne von OBERHAUSER) und andererseits an die „Fimbazone“ (= tektonisch selbständiger Tasnaflysch) gebunden. In der Regel handelt es sich um kleinere Vorkommen mit geringer Mächtigkeit (ca. 1 m – 5 m) und geringer lateraler Ausbreitung (wenige 10-er Meter im Streichen). Davon ausgenommen sind lediglich das mächtige Gipslager bei Che d`Mut (nördlich Samnaun), dessen Karbonate sich in östlicher Richtung zum Frudigerkopf (nordwestlich Pfunds) fortsetzen. In derselben tektonischen Position sind im Bereich des Burgschrofens südlich von Prutz im Zusammenhang mit den dort auftretenden Trias-Karbonaten bzw. den Bündnerschiefern weitere linsen- bis lagenförmige Gipsvorkommen bekannt.

Ein weiteres mächtiges Gipslager streicht nordwestlich von Samnaun aus dem Bereich Ravaischer Salas über das Zebblasjoch in westlicher Richtung auf österreichischen Boden und bildet dort einen durch markante Dolinen gut verfolgbar stratigraphischen Horizont. Dieses Vorkommen befindet sich jedoch im Basisbereich der höchsten penninischen Einheit des Unterengadiner Fensters, der Fimbaeinheit. Vom Bearbeiter des Penninikums auf Blatt 170 Galtür, Herrn Dr. Oberhauser, wurden die zahlreichen Lagen bis linsenförmigen Vorkommen an der Basis der Fimbaeinheit von dieser abgetrennt und der Zone von Roz-Champatsch-Pezid zugeordnet, die sich eben durch die großflächige Verbreitung einer Bündnerschiefer-Gips/Kreuper-Melange auszeichnet. Diese Abgrenzung ist jedoch im Zuge der Geländekartierung nicht haltbar, weshalb OBERHAUSER (pers. Mitt.) nach Veröffentlichung des Kartenblattes diese Bereiche wieder der Fimbazone zugeschlagen hat.

Die im Bereich Fimbatal – Idalpe auftretenden Gipsvorkommen finden sich in ähnlicher tektonischer Position auch am Nordostrand des Unterengadiner Fensters im Bereich Gufer bzw. am südwestlichen Ende des Unterengadiner Fensters im Bereich des Kartenblattes ARDEZ, wo die Gipslagen zum Teil bis zu 20 m Mächtigkeit in der Tunnelstrecke der rätischen Eisenbahn erreicht haben (Cadisch et. al. 1941).

Im Bereich Idalpe – Fimbatal sind die Gipse auf den Bereich südlich der Linie Greitspitz – Höllspitz – Rumslaegg konzentriert und nördlich davon +/- nicht vorhanden. In derselben tektonischen Einheit weiter im Osten (Bereich Masner – Lazid) sind gemäß den Kartierungen von UCİK nur kleine Gipsvorkommen im Bereich Gmaierkopf, sowie im Bereich knapp südöstlich des Schönjöchls m 2493 bzw. der Kuhalpe Fiss

bekannt. Kleine Gipslinsen wurden von UCİK zudem nördlich der Ruine des „Wiesele“ (südöstlich Prutz) sowie an der Straße nach Fendels kartiert.

Die Alterstellung der Gipse ergibt sich einerseits aus dem lithologischen Vergleich und andererseits wurden durch UCİK (1993) und GÖTZINGER et. al. (2001) Datierungsversuche mittels Schwefelisotopenbestimmung durchgeführt. Auf Grund des Vorkommens von Gips im Zusammenhang mit bunten Tonschiefern (rot-grün) sowie blonden Dolomiten und Quarziten wurden die Gipse von OBERHAUSER (z.B. OBERHAUSER 1986) in den Keuper, d.h. in die obere Trias gestellt. Vier Proben von penninischen Gipsen, die sich auf Kartenblatt 144 Landeck befinden, zeigen nach UZICK 1993 in den Schwefelisotopen ein mittel- bis obertriadisches Alter.

Von GÖTZINGER et. al. 2001 wurden sowohl die Vorkommen im Bereich Ravaischer Salas – Zebblasjoch als auch die kleinen Gipslinsen am gegenüberliegenden Ende des Unterengadiner Fensters am Talausgang des Kautertales (nördlich Wiesele) beprobt. Die untersuchten Gipse des Engadiner Fensters zeigen einen mittleren Schwefelisotopenwert von + 15,7‰ (CDT). Sie zeigen daher einen sehr ähnlichen Wert wie Proben aus Gipsen des Tauernfensters, des Unterostalpins im Bereich Semmering sowie zahlreicher Proben aus dem Niveau der Raibler-Formation der westlichen nördlichen Kalkalpen.

In ingenieurgeologisch-geotechnischer Hinsicht sind verschiedene Eigenschaften des Gipses zu beachten. Hinsichtlich der Festigkeit und Eigenschaften von Gips ist wesentlich, dass Gips bei höherem Druck in geologischen Zeiträumen plastisch reagiert und daher die Einschaltung von mächtigen Gipslagen in einem Hang bei einer entsprechenden Gefügesituation, die Ausbildung von Massenbewegungen begünstigen bzw. beschleunigen kann. In diesem Zusammenhang muss beachtet werden, dass durch das tektonische Einschuppen des Gipses in die schon ohnehin weichen Bündnerschiefer die Gebirgsfestigkeit weiter reduziert wird. Als Beispiel für ein solches Gipsvorkommen kann der vom Burgschrofen in Richtung Prutz abfallende Hang, in dem sich auch die Druckschächte des Kautertal-Kraftwerks befinden, genannt werden.

Eine weitere in ingenieurgeologischer Hinsicht wichtige Eigenschaft des Gipses ist seine Wasserlöslichkeit und damit verbunden die Bildung von Karsterscheinungen. Im Gips ist somit die Entstehung von Hohlräumen untertage möglich, die bei einem Durchbrechen zur Geländeoberfläche zur Bildung von Pingen bzw. Dolinen führen können. Die Gipsdolinen sind im Unterengadiner Fenster im Wesentlichen auf den westlichen Teil bzw. auf die westlich des Sämanns befindliche Fima-Zone (inkl. Teile des Schigebietes von Ischgl) beschränkt. Im Zuge der Planungen für die

150-ATW Piz Val Grond wurde die Situierung der Seilbahnstützen und der Bergstation so gewählt, dass dem von Sämann herüber ziehenden Gips-Dolinen Zug möglichst ausgewichen bzw. ein entsprechender Sicherheitsabstand eingehalten wurde. Auf Grund der intensiven tektonischen Durchmischung der Bunten Bündnerschiefer mit Gipslinsen bzw. -lagen konnte im Bereich der Stütze 2 am Gipfelgrat des Piz Val Gronda zwar den offensichtlichen Dolinen ausgewichen werden, allerdings mussten bei allen vier Fundamenten dieser Stütze Maßnahmen auf Grund des Auftretens von kleinräumigen Gipslinsen bzw. -körpern in den Aufstandsflächen bzw. Baugrubenböschungen getroffen werden.

In bautechnischer Hinsicht ist das Vorkommen von Gips bzw. Sulfaten im Untergrund insbesondere hinsichtlich der Stabilität der Betonfundamente von großer Bedeutung. Die schädigende Wirkung von Sulfat auf Beton ist seit über 100 Jahren bekannt. In der Regel reagieren einzelne Klinkerphasen (z.B. Kalziumaluminat-Hydrat) mit Sulfat, das z.B. aus der Lösung des Gipses stammt, was zur Bildung von z.B. Ettringit führt. Ettringit ist in der Lage, bis zu 32 Wassermoleküle einzulagern, weshalb es zu einer Volumenvergrößerung von mehreren 100 % kommen kann. Beim Sulfatangriff sind daher sehr hohe mechanische Spannungen im Beton eine Folge der Phasenumwandlung, die letztlich zur Zerstörung des Betons bzw. zur Bildung von Rissen führt. Um die Schäden durch untergrundbedingtes Sulfat bei Fundamenten bzw. erdberührenden Betonbauwerken zu verhindern, ist daher der Einsatz von HS-beständigen Zementen erforderlich. Diese wurden z.B. für alle Fundamente der Piz Val Gronda Seilbahnanlage schon in der Planungsphase vorgeschrieben.



Abb.1. Gipsdolinen

Donnerstag 15. Oktober 2015

16:30-17:00

Waldtypisierung Tirol – interdisziplinäre forstliche Standortsinformation

Alois Simon

Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. Forstplanung

Die Waldtypisierung stellt eine wertvolle Arbeitsgrundlage für Alle am Wald interessierten dar. Standortgerechte, stabile und anpassungsfähige Wälder ermöglichen eine nachhaltige Forstwirtschaft und versprechen Erfolg bei der Anpassung an sich ändernde Klimabedingungen. Darüber hinaus können damit die vielfältigen Funktionen des Schutz- und Wirtschaftswaldes erhalten werden. Aber auch andere Fachbereiche können von den Ergebnissen der Waldtypisierung profitieren. So wird sich durch eine fortlaufende Weiterentwicklung eine Vielzahl von Anwendungen ergeben.

Waldtypisierung Tirol – forstliche Standortsinformation

Ziel des Projektes „Waldtypisierung Tirol“ ist es, den Forstpraktikern ein Instrument an die Hand zu geben, um den täglichen Umgang mit dem komplexen Thema Standortkunde zu erleichtern. Mit Hilfe einer Waldtypenkarte, die Hinweise auf die Standortseinheit gibt, und einer Beschreibung in Form eines Handbuches, soll die Ansprache im Gelände unterstützt werden. Des Weiteren wird das waldökologische Wissen über die in Tirol vertretenen Waldtypen erweitert, um Fragen bezüglich des Wasser-, Wärme- und Nährstoffhaushaltes zu klären. Daraus werden praxisbezogene Empfehlungen für eine standortgerechte und den Waldfunktionen dienende waldbauliche Behandlung abgeleitet.

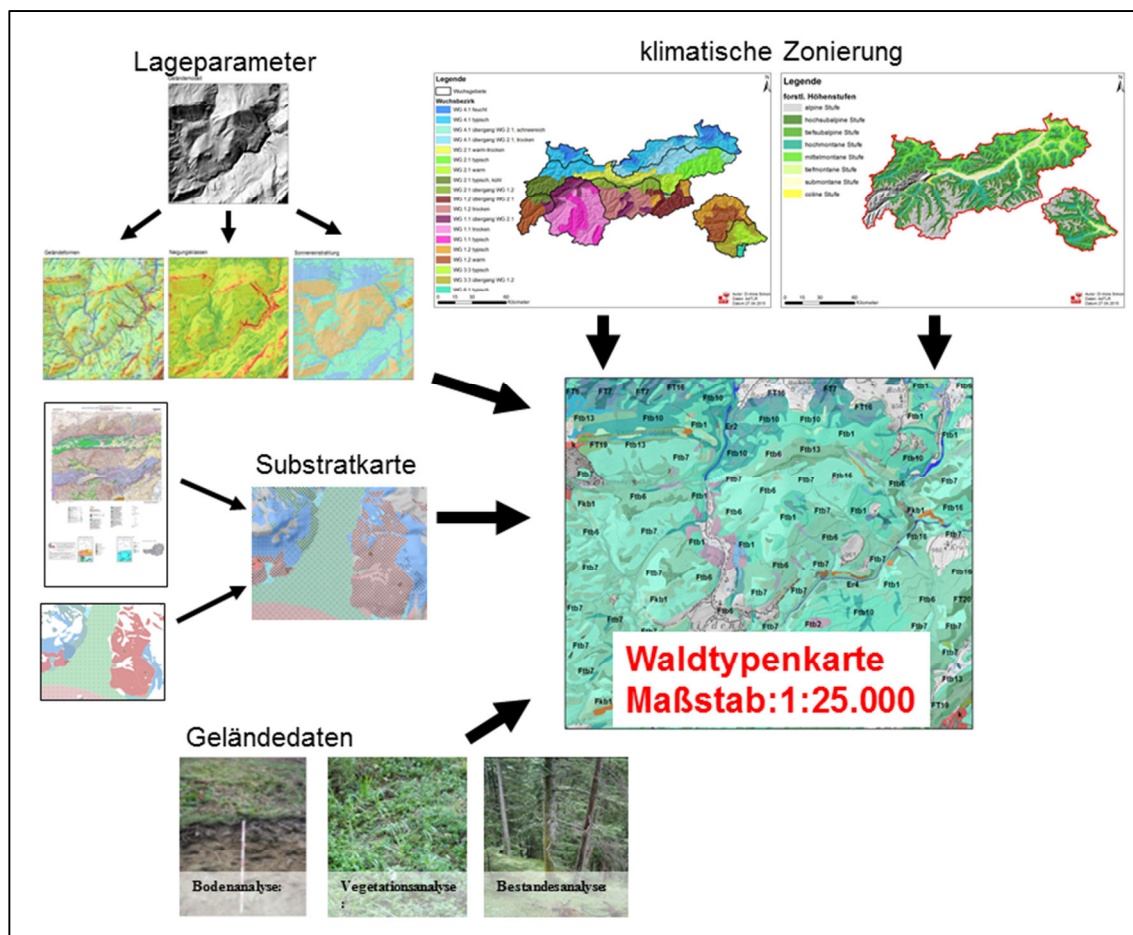


Abb. 1: Schematische Darstellung des Modells der Waldtypisierung

Der Waldtyp stellt die Grundeinheit in der Waldtypisierung dar. Er ist eine Zusammenfassung aus sehr ähnlichen Waldstandortseinheiten (als die kleinsten forstökologischen Einheiten) und von vegetationskundlich gefassten Pflanzengesellschaften (Hotter et al. 2014). Er umfasst somit Einheiten, die sich so ähnlich sind, dass sie in ihren waldbaulichen Möglichkeiten und ihrer Gefährdung nicht wesentlich voneinander abweichen und auch annähernd die gleiche Ertragsfähigkeit besitzen. Ein Waldtyp hat somit überregionale Gültigkeit und ist durch die Kombination der Standortmerkmale Lage, Klima, Boden und potentielle natürliche Vegetation bestimmt.

Um eine objektive und effektive Ausscheidung der Waldtypen in einer Karte im Regionalmaßstab M 1:25.000 zu gewährleisten, wird ein kombiniertes Verfahren aus GIS-gestützter Modellierung und Geländestichproben angewendet. Auf diese Weise werden die Hauptwaldstandorte mit einer Mindestfläche von 3.500m² ausgewiesen. Sonderwaldstandorte wie Moorwälder, Auen-, Rutschungs- oder Blockstandorte finden keine Berücksichtigung. Einschränkungen dieses Verfahrens gegenüber der terrestrischen (erdgebundenen) Kartierung liegen in der geringeren Detailschärfe und ggf. undeutlichen Zuweisung durch Ungenauigkeiten in den Eingangsdaten. Die Vorteile der Modellierung sind die Nachvollziehbarkeit, Objektivität sowie vertretbare Kosten und Zeitaufwand bei einer für die Bewirtschaftung ausreichender Genauigkeit.

Interdisziplinäre Anwendung

Im Nachfolgenden soll am Beispiel der Feinbodenmenge gezeigt werden, wie auch andere Fachbereiche von den Grundlagen und Ergebnissen der Waldtypisierung profitieren können. Ausgehend von den geologischen Karteneinheiten wurde ein Substratsystem zur Beschreibung des Ausgangsmaterials der Bodenbildung entwickelt (Hotter et al. 2014, Wilhelmy et al. 2014). Diese basiert auf einer Einteilung in Genesetypen, chemischen Zusammensetzung und physikalischen Verwitterungseigenschaften des Ausgangsmaterials. In dieses Substratsystem wurden in den bisher bearbeiteten Gebieten alle Fest- und Lockergesteine eingeteilt.

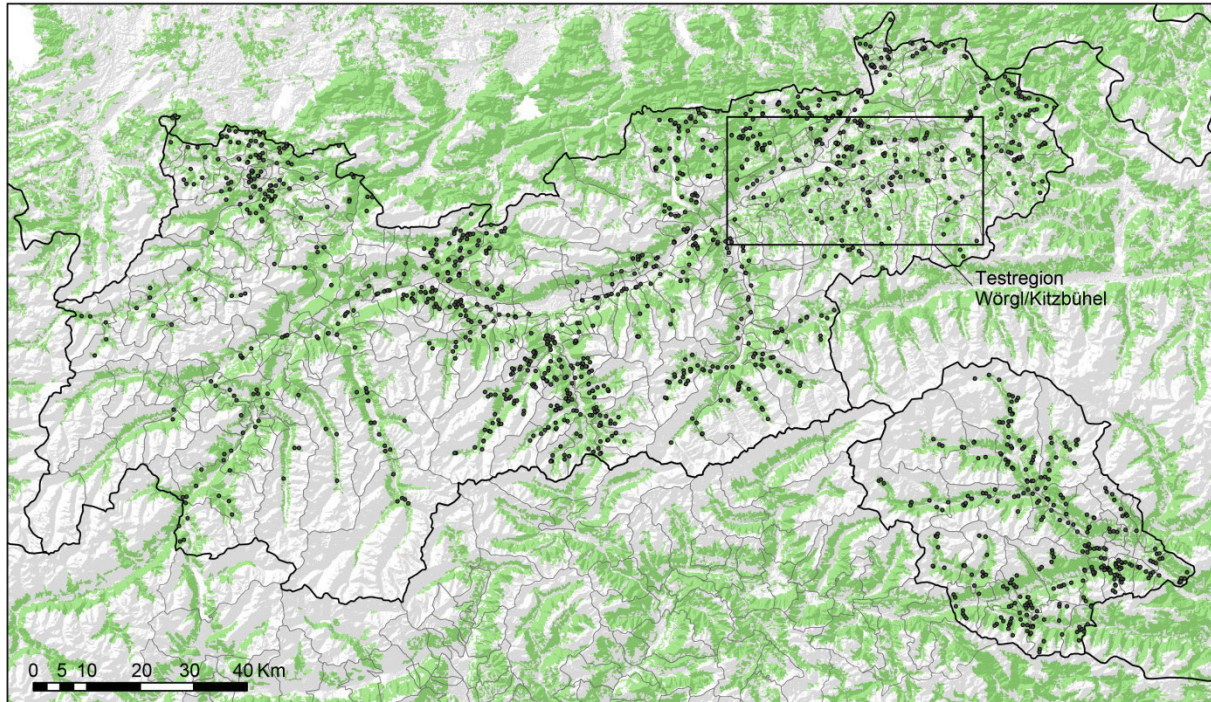


Abb. 2: Testgebiet für die Modellierung der Feinbodenmenge (Wörgl-Kitzbühel, Tirol), Punkte Bodenprofilaufnahmen der Waldtypisierung, Stand 2014 (n=1527), Daten: AdTLR, (Hastik & Simon, 2015)

Somit liegt eine einheitliche Datengrundlage für die Bewertung vieler Bodenfunktionen (Standortfunktion, natürliche Ertragsfähigkeit, Abflussregulierung, Pufferfunktion) (ÖNORM 1076) vor. Ein wichtiger Parameter für die Bewertung von Bodenfunktionen stellt die Feinbodenmenge oder effektive Gründigkeit dar. Sie ist definiert als die Bodenmächtigkeit (Gründigkeit) abzüglich des Skelettanteils (Steingehalt) und ist somit die effektiv vorhandene Feinbodenmenge.

$$\text{Feinbodenmenge [l/m}^2\text{]} = \sum \text{Horizontmächtigkeit [cm]} * 10 * (100 - \text{Horizontskelettgehalt}) / 100$$

Die Modellierung der Feinbodenmenge wurde für ein Testgebiet im Raum Wörgl-Kitzbühel auf Basis der Datengrundlage der Waldtypisierung durchgeführt. Für die Modellerstellung standen 1527 Bodenprofilaufnahmen zur Verfügung (Abb.2). Die Modellergebnisse wurden mit terrestrisch erhobenen Eichpunkten, bei denen die Bodeneigenschaften mittels Bohrstockeinschlag angesprochen wurden und die nicht in die Modellerstellung eingeflossen sind, evaluiert (n=1926). Dabei zeigte sich eine sehr hohe Vorhersagegenauigkeit des Modells (Abb. 3). Der Zusammenhang zwischen modellierter und terrestrisch erhobener Feinbodenmenge ist hochsignifikant ($r^2= 0.77$, $p > 0.001$).

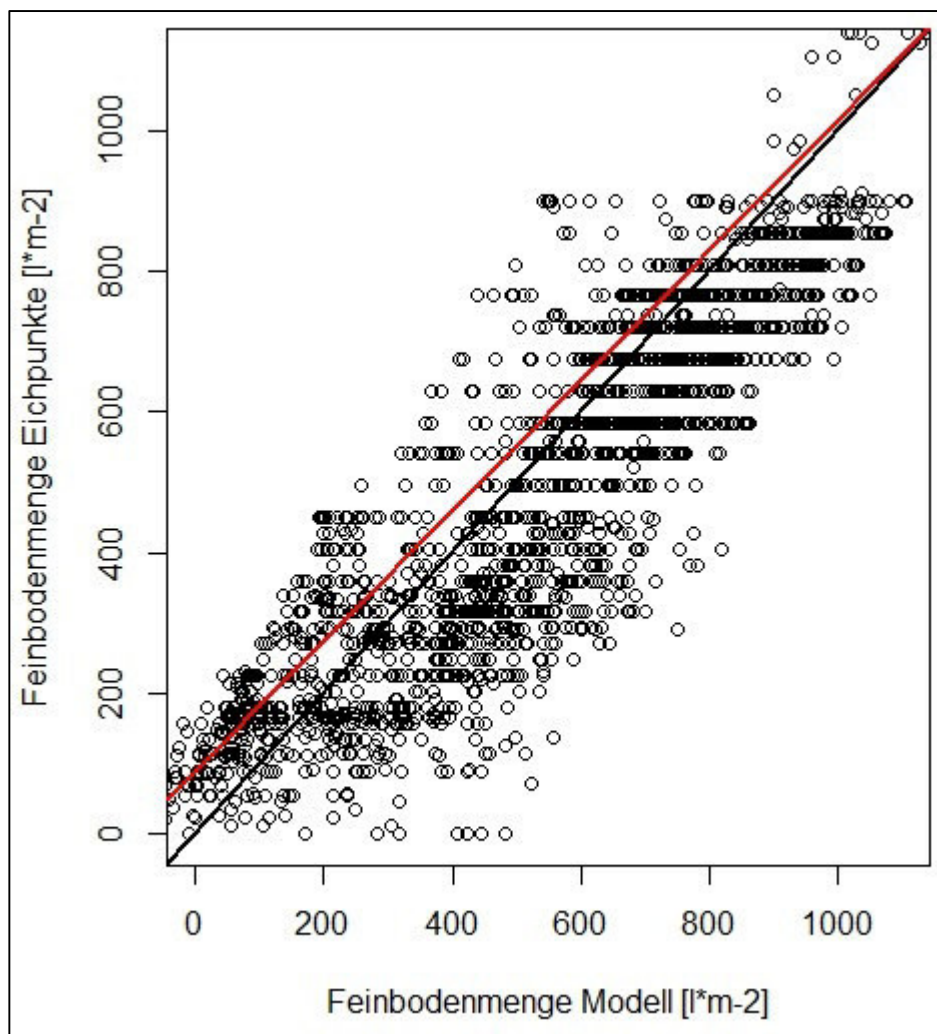


Abb. 3: Vergleich Geländeerhebungen mit Modellergebnissen. Eichpunkte $n= 1926$; Lineare Regression: $r^2= 0.77$, $p> 0.001$, rote Linie; Winkelhalbierende: schwarze Linie (Hastik & Simon, 2015)

Die flächig modellierte Feinbodenmenge kann in weiterer Anwendung als wichtiger Faktor für die Berechnung von Bodenwasserspeicherfähigkeit und somit zur besseren Herleitung von Wasserabfluss von Einzugsgebieten verwendet werden. Des Weiteren stellt die Bodengründigkeit ein wichtiges Kriterium für die Ausweisung von Schutzwäldern dar und auch in diesem Bereich lassen die Feinbodenmengen wichtige Rückschlüsse zu. So wird sich durch Ableitungen aus den Datengrundlagen der Waldtypisierung und eine fortlaufende Weiterentwicklung eine Vielzahl von Anwendungen und Nutzen ergeben.

Weitere Informationen zur Waldtypisierung Tirol finden Sie unter:

www.tirol.gv.at/themen/umwelt/wald/schutzwald/waldtypisierung

Quellen:

Hastik, R., Simon, A. 2015: Bodenmodellierung zur Waldtypisierung Tirol. In Publikation

Hotter, M., Simon, A., Vacik, H. et al. 2014: Waldtypisierung Tirol. Amt der Tiroler Landesregierung, Österreich

ÖNORM L 10706, Bodenfunktionsbewertung: Methodische Umsetzung der ÖNORM L 1076.
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreich

Wilhelmy, M., Simon, A., Klosterhuber, R. et al. 2014: REGWEB Projekt: Geologische Basisdaten und
Bodenklassifizierung für Schutzwälder. Amt der Tiroler Landesregierung, Österreich

Mit Unterstützung von Bund, Land und
Europäischer Union



MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEERTES
ÖSTERREICH

Donnerstag 15. Oktober 2015

17:00-17:40

Forstliche und geologische Splitter zum Felssturz Vilsalpsee vom Wald zur Schutthalde

Josef Walch¹, Thomas Figl²

¹Amt der Tiroler Landesregierung, Bezirksforstinspektion Reutte; ² Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. Allgemeine Bauangelegenheiten, Landesgeologie

Bereits im Juli des Jahres 2008 wurde durch Beobachtungen im Gelände festgestellt, dass sich im Bereich „Blässe“, östlich des Vilsalpsees ein bestehender Felsspalt erweitert hat und somit ein größerer Felssturz nicht ausgeschlossen werden konnte.

Geologischer Hintergrund:

Aus geologischer Sicht befindet man sich innerhalb der Allgäudecke, welche einen Teil der Nördlichen Kalkalpen darstellt. Während in den höheren Regionen der Felswand, so auch im Abbruchgebiet karbonatische Gesteine (Hauptdolomit) triassischen Alters aufgeschlossen sind, stehen im unteren Bereich der Felswand jurassische Gesteine (Ammergau-Formation, Allgäu-Schichten, etc.) an. Diese sind auch zum Teil an ihrer deutlichen Rotfärbung erkennbar.

Der Westrücken der „Blässe“ baut sich also aus Karbonatgesteinen auf, die in den beiden unteren Dritteln der Wand steil stehen und etwa E bis W streichen. Nach oben hin folgt eine mäßig steil gegen Nordwest fallende, ziemlich scharfe Trennfläche. Oberhalb dieser steht ziemlich stark zerrütteter Kalk an, dessen sedimentäre Gefüge wesentlich flacher einfallen. Vor allem entlang dieser Trennfläche hat sich auch der große Felssturz ereignet.

Ursächlich für die laufenden Steinschlag- und Blocksturz- bzw. Felssturzereignisse ist also eine so genannte „Hart auf Weich“-Situation. Vergleichsweise härtere Karbonatgesteine liegen auf weicheren, mergeligen bis tonigen Schichten auf. Der härtere, spröde reagierende Hauptdolomit zerbricht aufgrund von Bewegungen in den unterlagernden, weichen Schichten.

Zwischen dem 24.07.2008 und dem 01.08.2008 wurde vom Bürgermeister der Gemeinde Tannheim zusammen mit Vertretern der Landesgeologie und der Wildbach- und Lawinverbauung eine Begehung des Geländes durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass im Falle eines Felssturzes in der Sturzbahn auch allenfalls der Wanderweg vom Gasthof Vilsalpsee in Richtung Landsberger Hütte auf Teilstücken betroffen wäre. Die aufgehenden Spalten im Kalk der „Blässe“ zeigten auch kleinere, frische Abbruchspuren bzw. Öffnungsspuren. Wie schnell die Öffnung in letzter Zeit vor sich gegangen sind, konnte mangels detaillierter Beobachtungen oder gar Vermessungen nicht gesagt werden. Über Anforderung der Sachverständigen wurden daher im Bereich der geöffneten Felsspalte Überwachungspunkte angebracht. Die Bewegungen konnten anhand der angebrachten, einfachen Vermessungssysteme somit erstmals zumindest grob quantifiziert werden. Die Anrisse werden zur Feststellung von eventuellen Veränderungen

vorerst wöchentlich durch die Gemeinde Tannheim kontrolliert, Niederschlags- und Temperaturaufzeichnungen sowie Sickerwassermessungsdaten werden vom E-Werk Schattwald zur Verfügung gestellt.

Bei einer Befliegung der gegen Norden abfallenden Wand sind etwa ab der halben Höhe zunehmend relativ junge (frisch) Felsausbrüche von jeweils ein paar Kubikmetern aufgefallen. Auf etwa 15 Metern Länge rotierte ein Wandteil heraus.

Als erste Sofortmaßnahmen wurden von Seiten der geologischen Sachverständigen die teilweise Verlegung des Wanderweges zur Landsberger Hütte und die Errichtung zweier Schutzdämme zum Schutze des Fahrweges zur Unteren Traualpe gefordert. Die Schutzdämme sollten am unteren Ende von zwei im Gelände deutlich erkennbaren Rinnen errichtet werden. Diese Maßnahmen wurden im Anschluss daran auch umgehend umgesetzt.



Abb. 1. Aufnahme nach mehreren kleinen Blockstürzen am 05.06.2012, also noch vor dem großen Felssturzereignis

Nach einem Blocksturzereignis am 30.07.2012 wurde die Uferstraße auf dringendes Anraten des Unterfertigten durch den Bürgermeister, Herrn Markus Eberle, vollständig gesperrt, wobei die Sperre sowohl für Fußgänger, als auch für Fahrzeuge galt. Es wurden an beiden Enden des betroffenen Wegabschnittes Schranken errichtet und mit entsprechenden Hinweistafeln versehen („Weg wegen akuter Steinschlaggefahr gesperrt. Begehen verboten“). Die Empfehlung erfolgte aufgrund der Tatsache, da seitens des Unterfertigten angenommen werden musste, dass sich die Bergflanke weiter auflöst und weitere, größere Ereignisse nicht ausgeschlossen werden konnten. Auch die bis dahin geltende Regelung, dass die Sperre bei trockener Witterung aufgehoben werden kann, konnte aufgrund der Tatsache, dass laufend Blockstürze auch bei schönem Wetter zunehmen auftraten, nicht mehr aufrecht gehalten werden.

In der Nacht vom 07.11. auf 08.11.2012 hat sich dann ein sehr großer Felssturz ereignet. Im Zuge einer anschließenden Befliegung hat sich gezeigt, dass ein sehr großer Bereich des Felsrückens abgestürzt ist. Durch diesen Felssturz wurde auch Wald im Ausmaß von geschätzt ca. 10 ha zerstört. Neueste Vermessungen, durchgeführt von der Universität Innsbruck, haben ein Volumen des abgestürzten Felsmaterials von ca. 140.000 m³ ergeben.

Aus forstfachlicher Sicht

Am Abend des 7. November 2012 hat ein gewaltiger Felssturz an der Ostseite des Vilsalpsees – das Donnern der Felsmassen war bis Tannheim zu hören – auf einer großen Fläche Waldbestände unter sich begraben und starke Schäden verursacht. Dabei entstand auf einer Fläche von rund 10 ha, die vorher bewaldet war, eine Schutthalde. Der Felssturz hatte sich bereits 4 Jahre zuvor mit der Erweiterung einer Spalte bzw. mit immer wieder abgehenden Steinschlägen angekündigt. In Zusammenarbeit mit der Landesgeologie wurden von der Gemeinde Tannheim zur Sicherung des wichtigen Weges bzw. der viel begangenen Wanderstrecke am Vilsalpsee zwei kleinere Steinschlagschutzdämme errichtet. Im Waldbestand unterhalb der Blässe konnte die Steinschlagschutzfunktion des Waldbestandes sehr gut beobachtet werden, nur wenige Steine fanden eine Bahn durch den Wald bis zum Weg herunter. Der Waldbestand selbst war aber durch die vielen Steinschläge bereits vor dem Felssturz sehr stark beeinträchtigt. Eine stärkere Vermehrung des Borkenkäfers aufgrund der vielen verletzten Fichtenstämme, wie von der Bezirksforstinspektion befürchtet, war allerdings nicht eingetreten.



Abb.2 Wald unterhalb der Blässe vor dem Felssturz - Steinschlagschutzfunktion des Waldes

Beim großen Felssturz vom November 2012 fiel eine Holzmenge von 3.500 bis 4.000 Festmeter an. Rund drei Viertel dieser Menge wurden von den Felsmassen begraben, ein Viertel (1.100 Festmeter) wurde im Auslaufbereich des Felssturzes zusammengeschoben bzw. lag an den nord- und südseitigen Rändern des Felssturzgebietes. Zwischen See bzw. Weg und Schutthalde verblieb ein schmaler Waldstreifen. Der Felssturz erreichte nur an zwei Stellen direkt den Weg, dieser wurde nur geringfügig überschüttet. Bei einem bereits erhöhten Ausgangsbestand an Fichtenborkenkäfern war die Gefahr der Massenvermehrung dieser Borkenkäfer im Frühjahr 2013 durch so viel bruttaugliches Holz sehr groß.



Abb.3. *Schadholz am Rand des Felssturzgebietes*

Zur Vermeidung einer Käferexplosion und einer weiteren Beeinträchtigung der Schutzwaldbestände rund um den Felssturz war es sehr wichtig, dass das Schadholz möglichst rasch aufgearbeitet oder bekämpfungstechnisch behandelt wurde. Das Spritzen des Holzes mit Gift kam im Naturschutzgebiet nicht in Frage. Aufgrund der Totalsperre des Gebietes war auch eine Aufarbeitung des Schadholzes vorerst nicht möglich. Nach einer Befliegung des Abbruchgebietes Ende Mai wurde aus geologischer Sicht die Aufarbeitung des am nördlichen Rand liegenden Schadholzes freigegeben. Damit konnte noch rechtzeitig mit der Entfernung des Holzes begonnen und die Aufarbeitung unter Einsatz moderner Holzernemaschinen wie Kippmastseilkran und Prozessor zügig abgeschlossen werden.

Zur Käferbekämpfung wurde neben der Schadholzaufarbeitung auch mit am Rand des Felssturzgebietes aufgestellten Borkenkäferfallen gearbeitet. Dabei wurden ein neues Forstschutzsystem, das Trinet eingesetzt. Es handelt sich dabei um ein begiftetes Netz, das auf einem Dreibein aufgespannt und mit einem Borkenkäferlockstoff versehen ist. Schlussendlich konnte die drohende Massenvermehrung der Borkenkäfer vermieden und der umliegende Waldbestand erhalten werden. Den betroffenen Waldbesitzern wurde zumindest ein kleiner Teil des am Waldbestand eingetretenen Schadens aus dem Katastrophenfonds vergütet. Bleibt zu hoffen, dass die für den Tourismus, die Land- und Forstwirtschaft oder das Kraftwerk Traualpsee wichtige Wegverbindung mit dem geplanten Bau zweier Auffangdämme wieder geöffnet werden kann.

NB: Immer wieder für ein Staunen sorgte die „Selbstverständlichkeit“ mit der eine gut beschilderte Sperre vor allem von Touristen ignoriert und überklettert wurde.



Abb.4. Borkenkäferbekämpfung mit Trinet – begiftetes Netz mit Lockstoffbestückung

Weitere Vorgehensweise

Nach mehreren Begehungen, Befliegungen und Besprechungen sowie zahlreichen Überlegungen, wie eine Wiederöffnung des Weges herbeigeführt werden kann, wurde im Frühjahr 2014 die weitere Vorgehensweise festgelegt. Zunächst sollte eine erste Beräumung des Felssturzerdes vorgenommen werden. Daher wurde die Fa. HTB Imst mit der Durchführung dieser Aufgaben beauftragt. Im Spätsommer 2014 wurden durch die Fa. HTB Imst zunächst eine erste Steinschlagsimulation, sowie parallel dazu umfangreiche Felsabtragsarbeiten durchgeführt. Grundlage für diese erste Steinschlagsimulation waren einerseits Begehungen und Befliegungen im Projektgebiet, andererseits die Erstellung eines Laserscanmodells der Uni Innsbruck, erstellt nach dem Bergsturzereignis. Auf Basis der durchgeführten Felsabtragsarbeiten wurde die Steinschlagsimulation überarbeitet, da durch diese Arbeiten realistischere Eingangsparameter herangezogen werden konnten.

Nach mehrfacher Überarbeitung des Projektes ist nunmehr die Errichtung von insgesamt zwei Dämmen vorgesehen, wobei der Steinschlagschutzdamm Nord („Damm 2“) eine Länge von ca. 265 m aufweist, der Steinschlagschutzdamm Süd („Damm 1“) eine Länge von ca. 165 m. Der Damm soll wirksame Höhen von zwischen 4,90 m und 7,2 m erreichen. Die Dammkronenbreite ist generell mit 4,0 m vorgesehen.

Der Damm soll aus dem vorhandenen Bergsturz- und Hangschuttmaterial aufgebaut werden. Bergseitig ist ein Voraushub geplant, hier soll ein Fallboden mit einer Breite zwischen 2,1 und 5,0 m entstehen. Die Bauarbeiten zur Errichtung des Dammes starteten im Frühjahr 2015 und sind derzeit noch im Gange.



Abb.5. Aufnahme des Felssturzes aus dem Hubschrauber des Bundesministeriums für Inneres, Aufnahmedatum 08.11.2012

Donnerstag 15. Oktober 2015

17:40-18:10

Das Dorf im Bergsturzgebiet; wann kommt der nächste?

Ruedi Krähenbühl

BauGrundRisk GmbH, Sennensteinstrasse 5, CH-7000 Chur

Zusammenfassung

Das Dorf Brienz/ Brinzaults in Graubünden, Schweiz, liegt einer Rutschung auf und in Mitten eines Bergsturzgebietes. Derzeit verschiebt es sich mit ~ 0.4 m/Jahr talwärts und von oberhalb donnern periodisch Felsstürze von bis zu $150'000$ m³ Volumen in Richtung Dorf. Der letzte Bergsturz von > 2.5 Mio. m³ ist jung und ging 1878 neben dem Dorf nieder, 4 Jahre später nach einem verheerenden Dorfbrand. Heute wird der aktive Sackungsrand oberhalb Brienz mit den modernsten Mitteln überwacht. Eine Gefährdung des Dorfes durch hochenergetische Sturzblöcke besteht aufgrund von Modellierungen nicht. Die Frage, ob das Dorf durch einen erneuten Bergsturz vor einer Zerstörung gefährdet ist, wurde eingehend untersucht. Der Schlüssel zur Beantwortung dieser Frage lag in einer großräumigen Kartierung, die zusammen mit langjährigen Messdaten die Bildung eines kinematischen Modells ermöglichte. Daraus konnten verschiedene Szenarien von geodynamischen Entwicklungen abgeleitet werden. Diese zeigen, dass ein weiteres Bergsturzereignis in den nächsten 50 - 100 Jahren wenig wahrscheinlich ist.

1. Ausgangslage

Seit mehr als 130 Jahren beschäftigen Felssturz- und Rutschaktivitäten aus dem Gebiet ober- und unterhalb von Brienz die Bevölkerung, kommunale und kantonale Ämter sowie zugezogene Fachleute. Das Dorf Brienz wird periodisch von Fels- und Blocksturz bedroht, was im Laufe der Zeit verschiedenste Schutzmaßnahmen erforderte. Die zwischen Brienz und dem Albula Bach liegende Briener Rutschung verursacht massive Strassen Deformationen und führte zu Gebäudeschäden im Dorf.

Sowohl die Felssturz- wie auch die Rutschaktivitäten haben sich periodisch verstärkt, räumlich verlagert und sie fanden lokal stets wieder Phasen der relativen Ruhe. Seit den letzten 10 Jahren scheinen sich die Aktivitäten mit Felsabbrüchen bis zu $150'000$ m³ und teilweise hohen Verschiebungsgeschwindigkeiten bis zu 0.4 m/ Jahr erhöht zu haben. Es wurden verschiedene, geologische Abklärungen vorgenommen, universitäre Studien [1] sowie diverse messtechnische Untersuchungen durchgeführt. Anhand von installierten Überwachungseinrichtungen ist heute ein effizienter Frühwarndienst für den Ereignisfall eines großen Fels- oder eines Bergsturzes eingerichtet.



Abb. 1: Das Dorf Brienz; im Hintergrund der aktive Felsabbruchrand; aus den dunkeln Allgäuschiefern im linken Teil des Bilds sind am 19.04.2015 ca. 110'000 m³ Fels ausgebrochen; das Dorf blieb unversehrt.

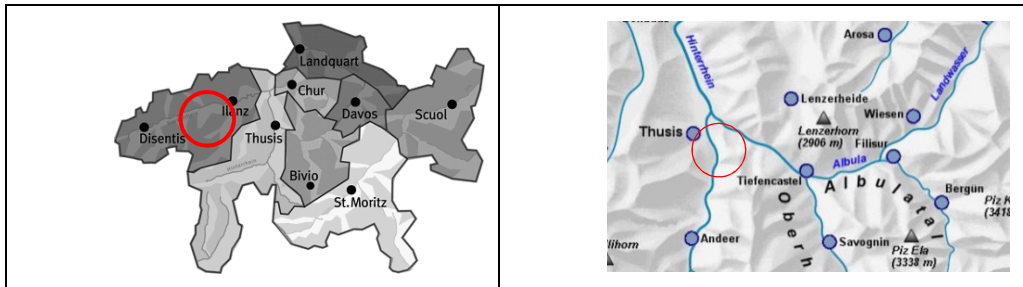


Abb. 2: Auf einer Terrasse im Kreuzungspunkt der Taleinschnitte von Albulatal/ Schin Schlucht (Tiefencastel – Thusis) und Oberhalbstein/ Lenzerheide liegt Brienz.



Abb. 3: Blick vom Felsabbruchrand in Richtung Brienz mit frischem Schuttkegel; der bewaldete Teil neben dem Dorf links im Bild ist "Igl Rutsch", ein Bergsturz von > 2.5 Mio. m³; 1878 begann er als Fels Sackung, der Sackungsrand verstückte und die anhaltende Rutschung wälzte sich 1902 -1907 mit 1 m/Tag talwärts.



Bergsturz v. Brienz (Graubünden) Prof. Dr. L. de Weert
Zürich 1903.

Abb. 4: "Igl Rutsch": Ab 1878 aktiver Bergsturz mit Fels Sackung, und Rutschung die neben dem Dorf Brienz einen Schuttkegel hinterliess [x]; die Rutschung ist heute noch durchschnittlich mit 10 cm/Jahr aktiv [9].

Die Gefahren- und Risikoabklärungen für das Dorf Brienz liegen für die Prozesse Block- bis großen Felssturz von einigen 100'000 m³ vor. Jene für "halbe" bis eigentliche Bergstürze von ≥ 1 Mio. m³ konnten auf dem bisherigen geologischen Kenntnisstand noch nicht vorgenommen werden. Hierfür fehlte im ~ 10 km² großen Bergsturzgebiet ein überzeugendes, geologisch-kinematisches Modell.

Insbesondere standen Fragen im Raum, betreffend des Zusammenhangs zwischen Felsinstabilität und Brienzener Rutsch, der maximal zu erwartenden Größe plötzlich eintretender Fels- bzw. Bergsturzereignisse sowie ob die geologisch-kinematischen Randbedingungen überhaupt gegeben sind, welche derartige Großereignisse im nächsten Jahrhundert zulassen?

2. Geologischen Untersuchungen

Geomorphologische Kartierung

Im Kerngebiet des Felssturzgebietes und in dem hinter der Abbruchfont von bis zu 15 m weit geöffneten Spalten durchsetzten Gebiet, wurde eine Masterarbeit der ETHZ mit dem Ziel ausgeführt [1], einerseits die für die Instabilitäten verantwortlichen geologisch-felsmechanischen Prozesse zu verstehen. Andererseits wurde versucht, das Gebiet in Zonen mit unterschiedlichem Absturzpotential zu gliedern.

Außerhalb dieses Studiengebietes erfolgte auf ~ 10 km² Fläche eine geomorphologische Kartierung nach einfachen Kriterien [2]. Es wurde unterschieden zwischen "aktiven" Strukturen, wo Verschiebungen aus den letzten 1 - 2 Jahren eindeutig festgestellt werden konnten (deutlicher Versatz, Riss in Strassen, Feld-, Waldwegen, aufgerissene Vegetationsdecke, frische Erosion). Alle übrigen, an der Oberfläche erkennbaren Lineamente wurden als "alte Strukturen" erfasst (Abb. 6).

Es wurde zwischen überwiegend linearen Zugstrukturen (Spalten, Risse, Nackentälchen, lang erstreckte Mulden) und solchen, die zudem einen deutlichen, vertikalen Versatz zeigen, unterschieden (Abrisskanten, Geländestufen, Erosionskanten). Der Bewegungssinn zwischen den Versätzen wurde erfasst.

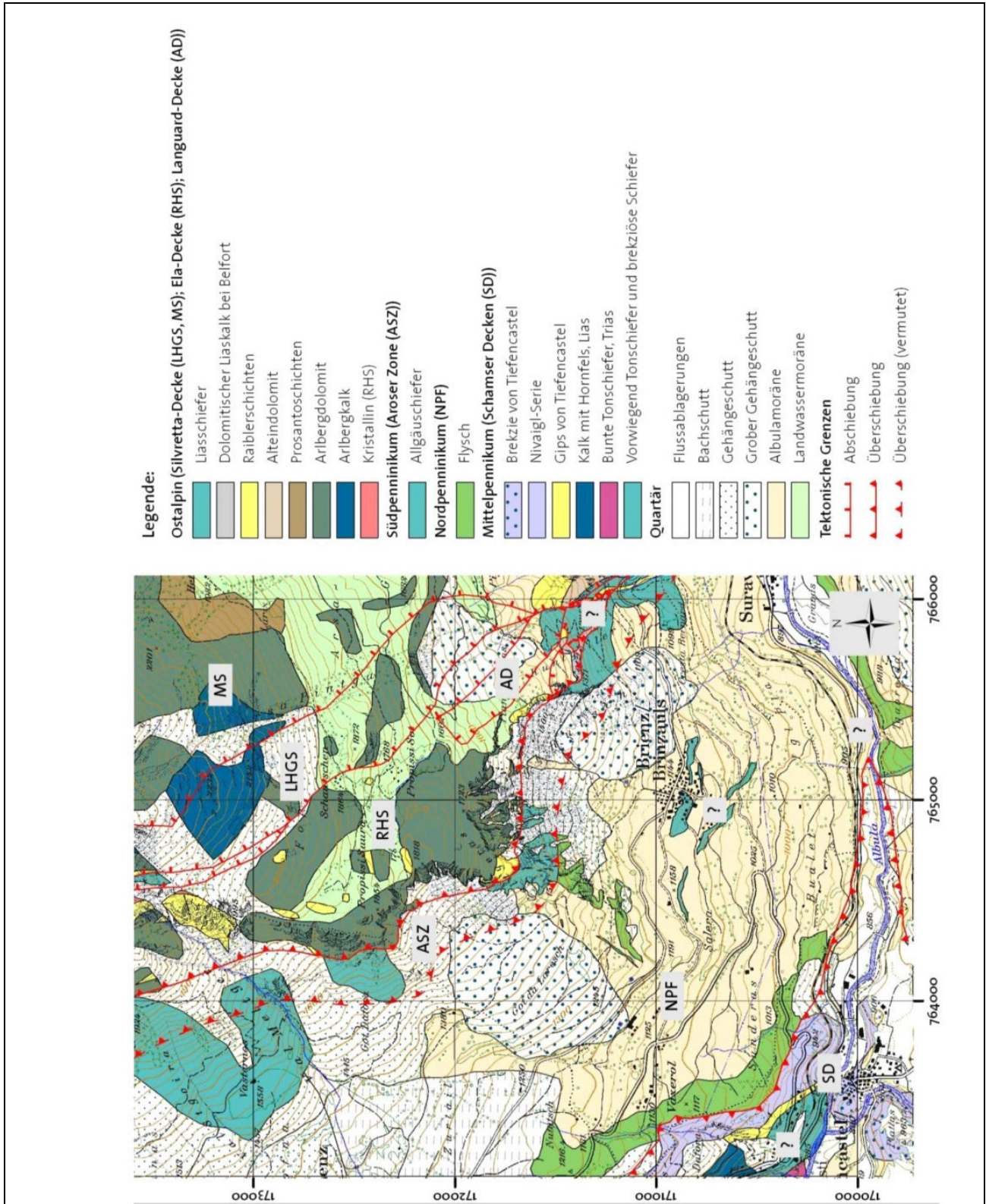


Abb. 5: Geologische Karte [1] modifiziert nach Brauchli & Glaser (1921) und Frey und Ott (1925) [8].

Für die Interpretation des Briener Rutsches in verschiedene Gleitschollen wurden die kartierten Versatzrichtungen, die laterale Ausdehnung, die räumliche Dicht, die topographische Lage und übrige geomorphologische Strukturen verwendet.

Kinematische Untersuchungen

Die kinematischen Abklärungen, in welche Richtung die einzelnen Schollen sich verschieben, wurde aufgrund der geologischen, der topographischen, der erosiven Verhältnisse, der Interaktionen zwischen den Schollen und der daraus resultierenden Freiheitsgrade vorerst theoretisch ermittelt.

Danach wurden die geodätischen Daten ausgewertet. An wenigen Triangulationspunkten gab es seit 1920 Daten des Kantons Graubünden. Wo man instabiles Gelände kannte oder vermutete, wurden die Fixpunkte meist in Abständen von 15 - 20 Jahren gemessen.

Seit 2009 wird der Briener Rutsch vermessen. 2009 und 2012 wurden im aktiven Gebiet Laserscans geflogen. Und seit 2011 wird der Felsabbruch oberhalb Brienz mit einem automatischen Tachymeter ständig überwacht.

3. Ergebnisse der Untersuchungen

Schollenkinematik

Der Vergleich der Verschiebungsvektoren der verschiedenen Vermessungen ergeben eine gute Übereinstimmung mit den theoretischen Verschiebungsrichtungen, bestimmt anhand der einzelnen Rutsch Schollen. Im Laufe der letzten 90 Jahre haben sich die Verschiebungsrichtungen leicht verändert (Abb. 13).

Die wenigen Fixpunkte außerhalb des aktiven Rutsches zeigen, dass die ganze Massenbewegung bis hinauf ins oberste Anriss Gebiet mit ~ 10 mm/Jahr schwach aktiv ist. Im langjährigen Mittel verschiebt sich das Dorf Brienz mit 10 cm/Jahr, der Briener Rutsch mit 10 - 20 cm/Jahr und das äußerste Felsabbruchgebiet mit ~ 2 m/Jahr.

Eine über Jahre anhaltende Beschleunigung der Verschiebungen konnte bisher nicht festgestellt werden. Die Verschiebungsgeschwindigkeiten der Massenbewegung scheinen voraussichtlich von den jährlichen Niederschlagsmengen abhängig zu sein. Die Datenlage ist jedoch noch bescheiden (Abb. 10).

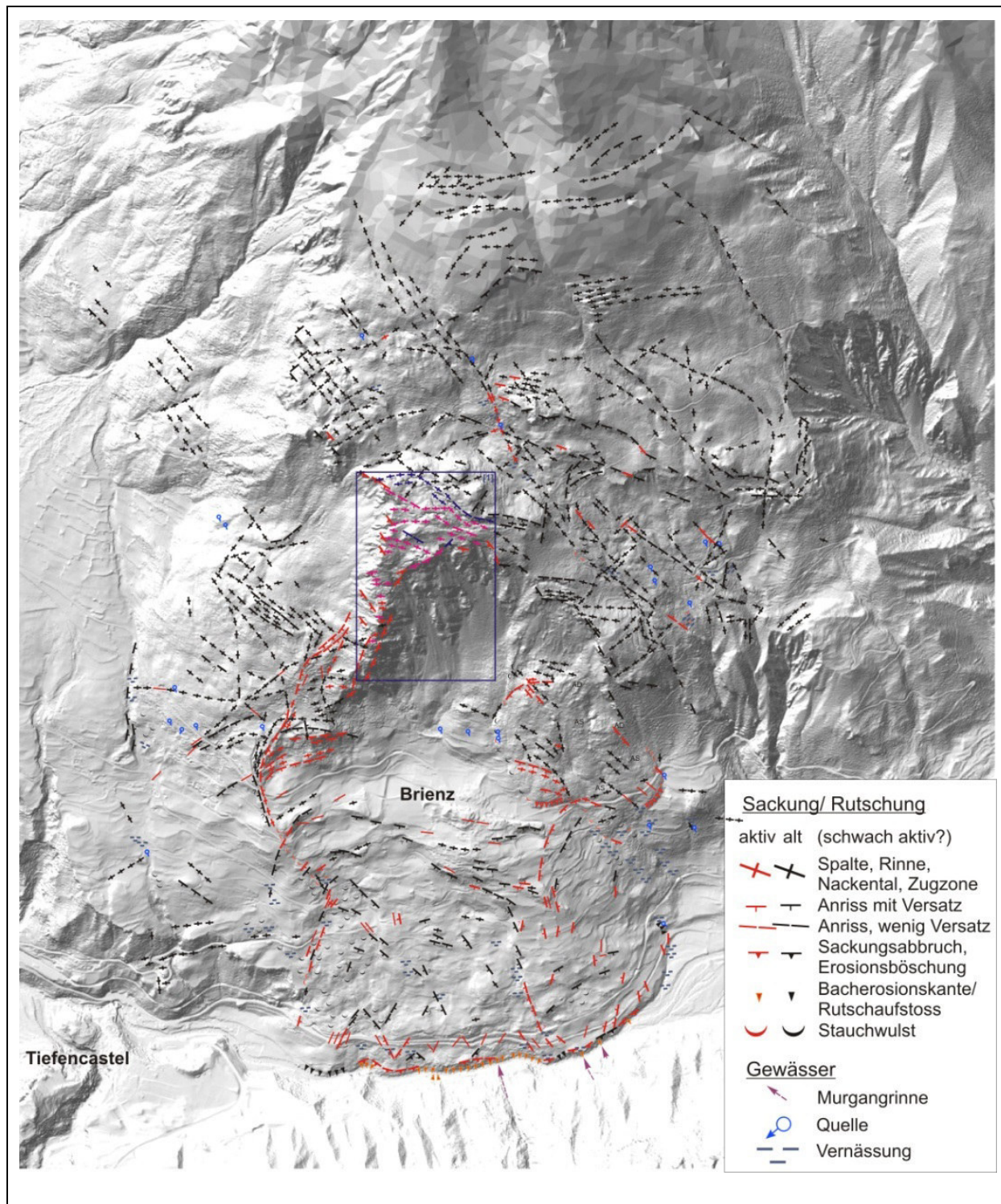


Abb. 6: Ca. 10 km³ große, geomorphologische Kartierung mit Ergänzungen im DTM [3]; rot sind alle eindeutig aktiven Strukturen, schwarz die alten oder schwach aktiven gekennzeichnet. Letztere erstrecken sich weit über das heute aktive Rutsch- und Sturzgebiet hinaus (Rechteck: Studienperimeter A. Ludwig [1]).

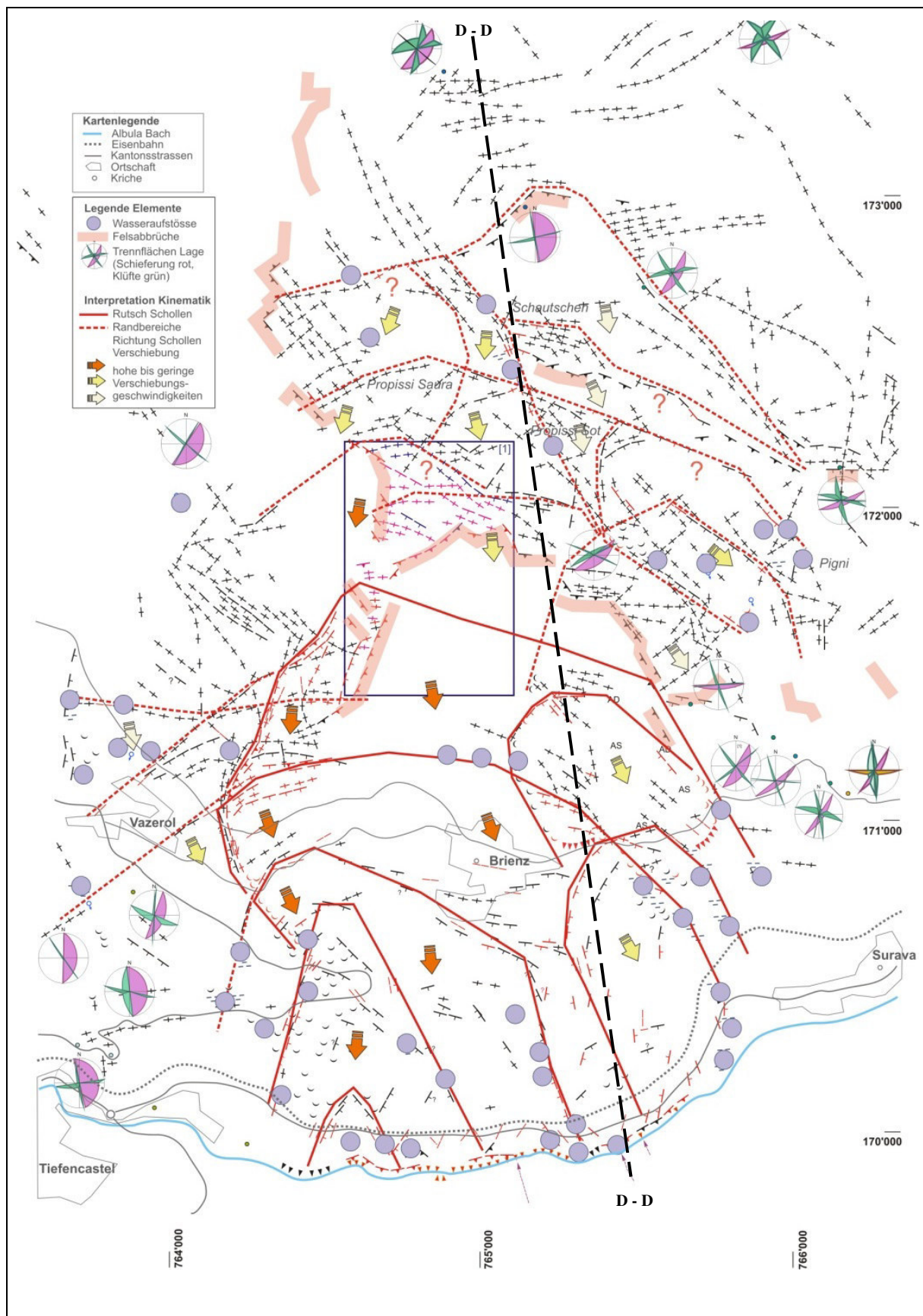


Abb. 7: Abgrenzung von aktiven Schollen im Brienzer Rutsch und in angrenzenden Randbereichen; viele Wasser Aufstöße folgen den Schollengrenzen; die Verschiebungsrichtung der Schollen wurde theoretisch anhand der kinematischen Freiheitsgrade zwischen den Schollen und der Topographie abgeleitet [2].



Abb. 8: a) Nackentäler im obersten Anriss Gebiet der Massenbewegung und rechts im Bild, Toppling im Felsen oberhalb des aktiven Felsabbruchs; b) aktiver Felsabbruchrand oberhalb von Brienz mit Verschiebungsraten bis zu 2 m/Jahr; c) westlicher Rand des Brienzler Rutsches und rechts im Bild, Felssturz mit hochenergetischem 50 m³ Sturzblock, der vor der Straße zum Stillstand kam.

Im untersten Aufstoß Bereich des Brienzler Rutsches erodiert der Albula Bach seit Jahrtausenden, was davon ausgehende, progressiv Hang aufwärts aktivierte Rutschungen verursachte. Die heutige Erosionstätigkeit der Albula ist jedoch eingeschränkt.

Die Zwischen Brienz und Tiefencastel im westlichen Teil gelegenen Rutsch Schollen haben die höchsten Verschiebungsgeschwindigkeiten. Sie destabilisieren die Felsrippe, was beidseits davon die Felssturzaktivitäten erhöht (Abb. 7, 9).

Oberhalb des Brienzers Rutsches setzen sich die Schollen im Felsen fort. Die Wasser Aufstöße treten überwiegend entlang der unterschiedlich stark aktiven Schollen Ränder auf.

Von den kartierten Zugstrukturen (Spalten, Risse, Nackentälchen, langgestreckte Mulden) und Sackungselementen (Versätze, Abrisse, Geländesprünge, Erosionskanten) dominieren im Felsgebiet oberhalb Brienz NW-SE, NE-SW sowie E-W verlaufende Strukturen (Abb. 7).

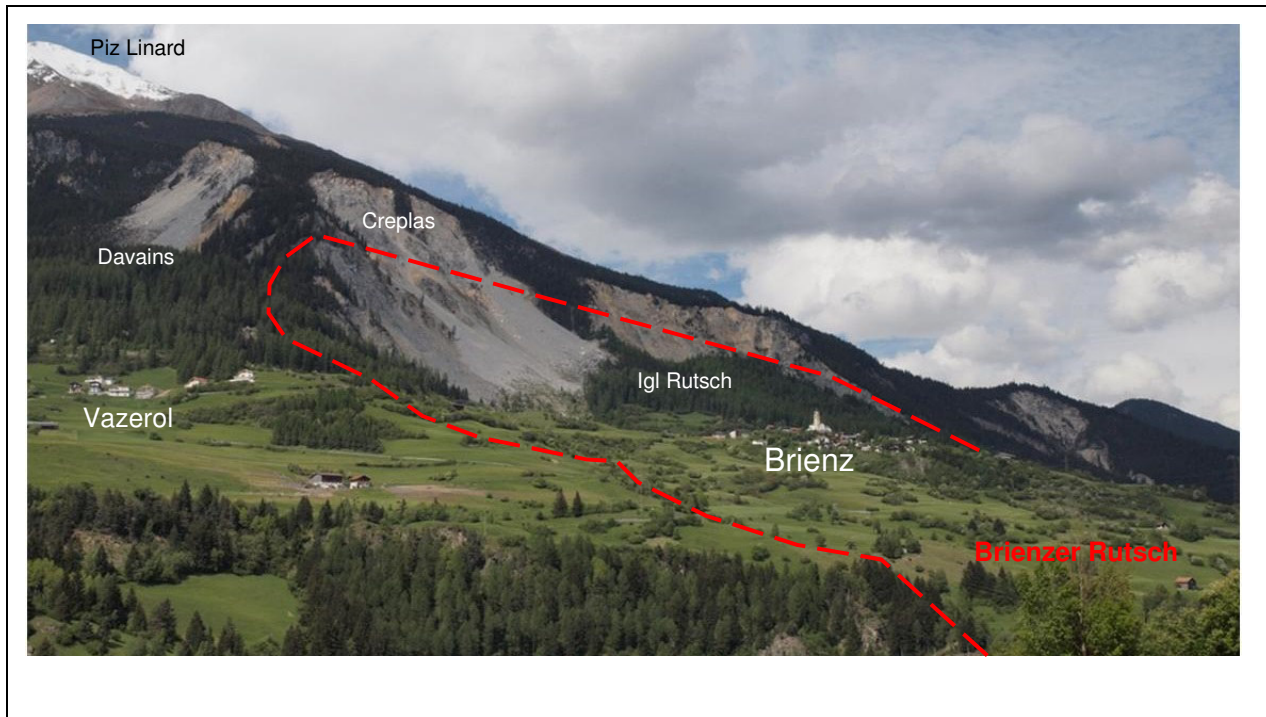


Abb. 9: Brienz mit der durch den Rutsch destabilisierten, bewaldeten Felsrippe und den beidseits davon aktiven Felssturzgebieten Creplas und Davains

Die NW-SE und NE-SW verlaufenden Strukturen stimmen weitgehend mit den Hauptklüften der Gesteine überein. Oft folgt ihnen ein Schachbrettmuster von Spalten. Am häufigsten erscheint dies in den spröden Arlbergdolomiten. Im Gelände können sich diese Spalten Muster als gefährliches Labyrinth erweisen.

Modellbasis der Massenbewegung

Die Untersuchungen brachten eine komplex aufgebaute Massenbewegung zu Tage, deren Ursprung in der Talgeschichte des Zusammenflusses von Albula und Julia zu finden ist (Oberhalbstein). Aufgrund der Tiefenerosion der Talgletscher und der nacheiszeitlichen Erosion durch die Haupt- und Seitenbäche wurde das Gebiet in den letzten Jahrtausenden von verschiedenen gerichteten Verschiebungsprozessen überprägt. Die Übertiefungen des Gebirgsreliefs von fast 1500 m bewirkten graduelle und kurzfristige Gebirgsentspannungen (Kriechen, Versacken, Gleiten, Sturz). Die in den Felsmassen in zeitlichen Abfolgen ändernden Freiheitsgrade und Spannungsfelder bestimmten zusammen mit dem geologischen Gebirgsaufbau die Art der Entfestigungsprozesse.

Die Gebirgsentfestigung begann mit einem in Richtung SE zum Albulatal hin verlaufenden Talzuschub, bestehend aus mehrere 100 m tiefen Gleit- und Sackungsprozessen. Dies als der Albula Gletscher ab dem Niveau von ~ 1400 m ü.M. die in Richtung E - SE einfallenden Flysch Gesteine freilegte (Abb. 5, 12).

Mit der Übertiefung der Schin Schlucht setzte voraussichtlich ab dem Niveau 1100 m bis 800 m ü.M. eine Gebirgsentspannung mit tiefgründigen, Richtung SW öffnenden Spaltenbildungen ein. Aufgrund der lithologischen und strukturellen Disposition konnten sich in Richtung Schin keine Gleitflächen ausbilden. Die Gebirgsentspannung verlief primär entlang sich öffnender Klüfte.

Durch das nach SE und SW tiefgründige Auseinanderdriften des durch die Tiefenerosion vorspringenden Gebirgsblocks wurden Zwängungen gelöst, was die nach Süden gerichtete Fels Sackung von Brienz ermöglichte (Abb. 11).

Diese mehrphasige Gebirgsentfestigung generierte komplex überlagerte Oberflächenstrukturen, deren Interpretationen sich schwierig gestalten und einen nicht abgeschlossenen Prozess darstellen.

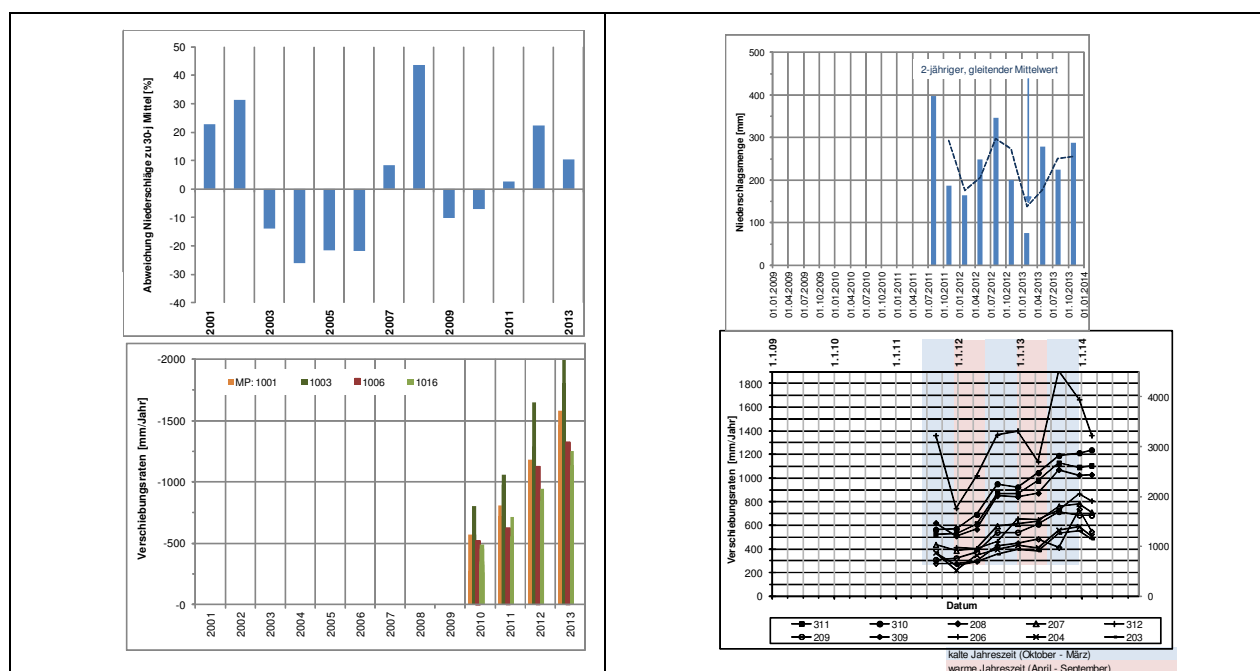


Abb. 10: Links: Vergleich Abweichung der Jahresniederschläge [7] vom langjährigen Mittel in [%] mit den Verschiebungsrate der Geodäsie [mm/Jahr] [5]; rechts: Mittlere Niederschlagsmengen versus die Verschiebungsrate; in beiden Fällen sind periodische Abhängigkeiten von den Niederschlägen zu erkennen [2].

4. Folgerungen

Die Beeinflussung der heutigen Sturzaktivitäten durch die Brienzer Rutschung hat sich bestätigt.

Die im Laufe der Zeit entlang des Sackungsrandes von Brienz wandernden Felssturzaktivitäten sind derzeit in den Allgäuschiefern aktiv. Sturzaktivitäten, welche eine Dynamik eines Bergsturzes erreichen, erscheinen in den nächsten 50 – 100 Jahren unwahrscheinlich.

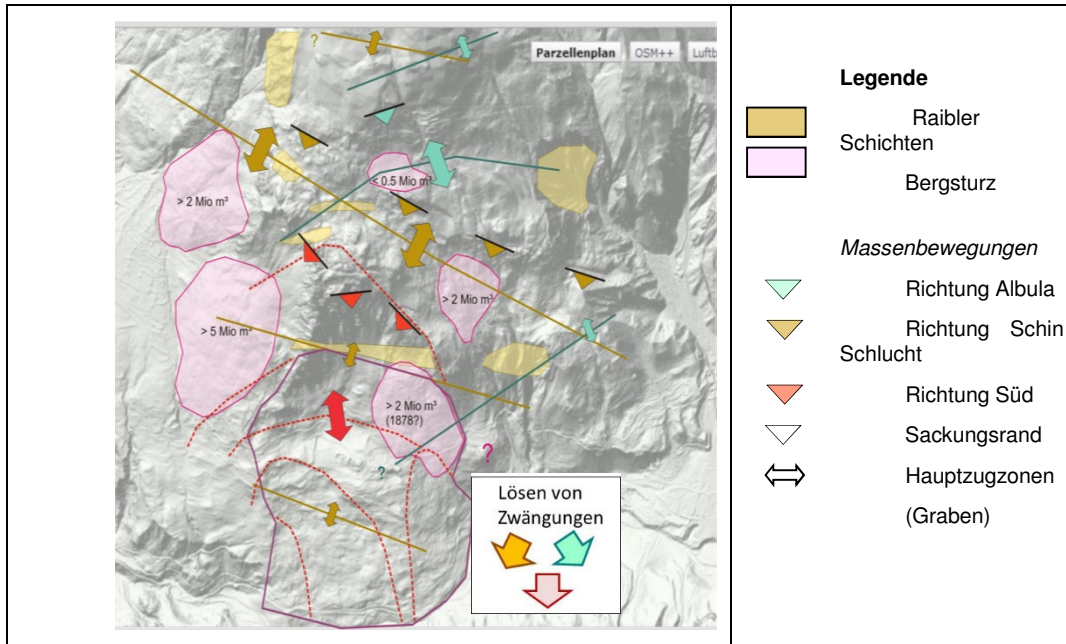


Abb. 11: Kinematisches Modell der Massenbewegung Brienz; in Richtung Albulatal kam es zu Gleitungen im Flysch mit Versackungen (grün); später öffneten sich in Richtung Schin Schlucht tiefgreifende Gräben und Spalten (braun); die Haupt Zugzonen treten in den Raibler Schichten auf; durch das großräumige Lösen von Zwängungen kam es zu der Süd gerichteten Sackung von Brienz.

Dies weil die heutigen, kinematischen Randbedingungen sich langfristig ändern müssen, damit Bergsturz begünstigende Szenarien eintreten können.

Langfristig erscheint auf dem heutigen Stand der Kenntnisse das Szenario „West“ am wahrscheinlichsten (Abb. 13). Dies beinhaltet das Verstürzen der Felsrippe nordwestlich von Brienz. Dies kann durch eine zunehmende Destabilisierung der westlichen Rutschfront von Brienz, ausgelöst durch beschleunigte Teilrutsche und/oder durch mobilisierte, bisher stabile Randschollen aktiviert werden.

Die Möglichkeiten von baulichen Maßnahmen, welche die Randbedingungen maßgebend zu beeinflussen vermögen und das Verzögern von Bergsturzsznarien begünstigen, sind äußerst beschränkt.

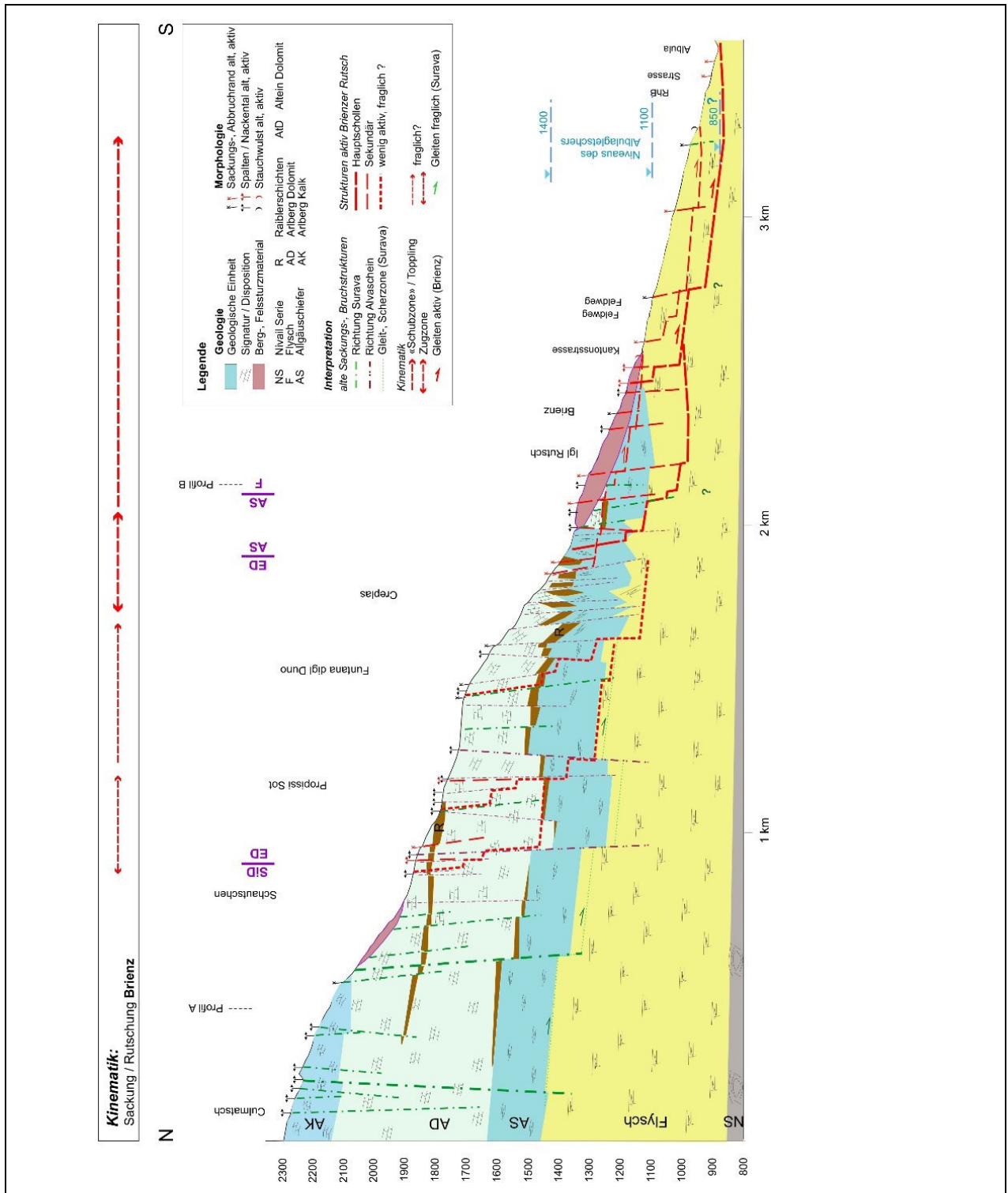


Abb. 12: N-S verlaufendes, geologisches Profil D – D mit tief bis in den nach SE einfallenden Flysch greifenden Graben-, Sackungs- und Rutsch-Strukturen [2].

Die in Hinblick auf eine Beruhigung der Massenbewegungen seit 1904 vorgenommenen, oberflächlichen Entwässerungsmaßnahmen vermögen die Bergsturzzenarien nicht relevant zu beeinflussen. Das aus Niederschlägen generierte, die Massenbewegung treibende Tiefenwasser kann nur marginal beeinflusst werden.

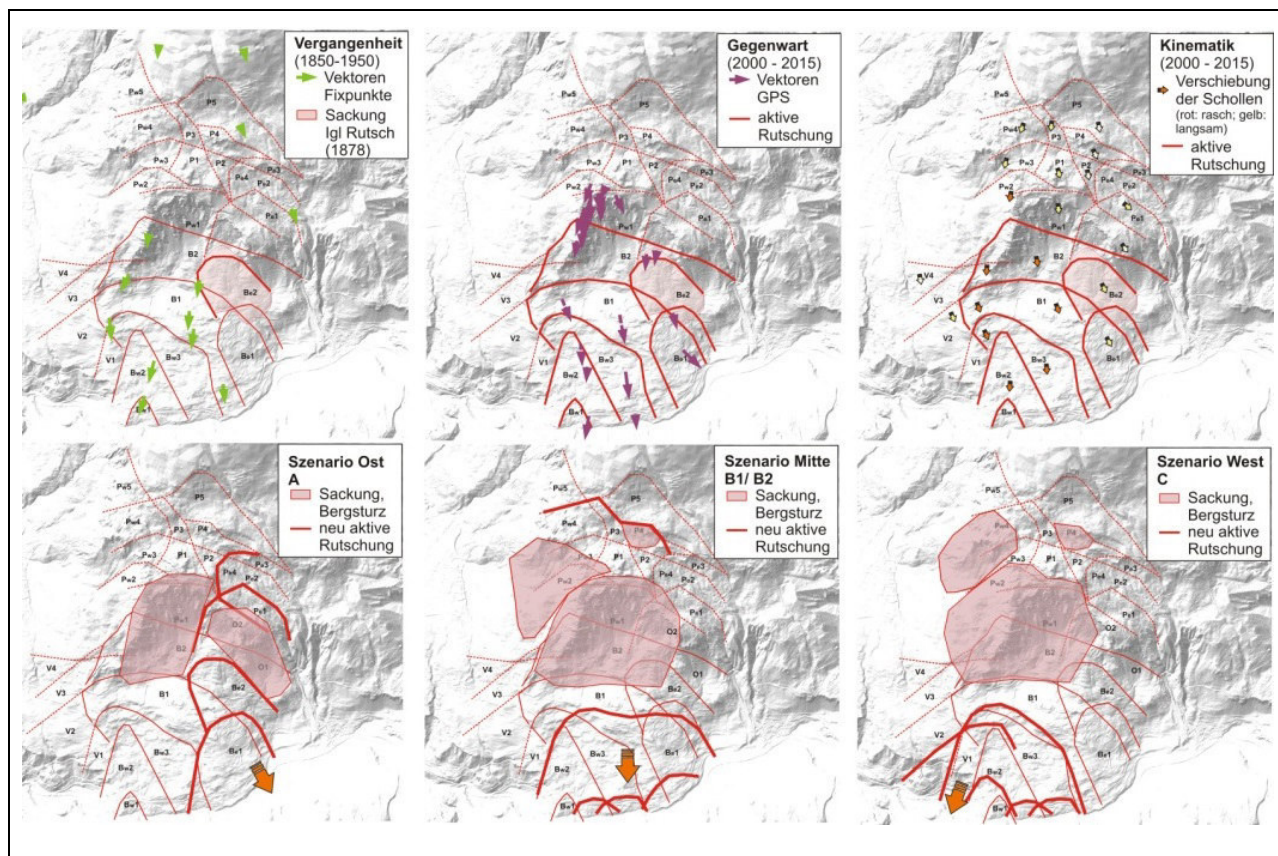


Abb. 13: Die geodynamische Szenarien Bildungen A - C mit beschleunigten Verschiebungen im Brienzler Rutsch in Pfeilrichtung [4, 6], lassen ausgehend von dem heutigen Modell erkennen, dass tiefgreifende, kinematische Veränderungen eintreten müssen, damit es zu weiteren Bergsturzereignissen kommen kann; diese Veränderungen können nur langsam stattfinden, was das Bergsturzrisiko in den nächsten 50 - 100 Jahren gering erscheinen lässt [2].

Für abgesicherte Prognosen wird eine räumlich erweiterte Langzeitvermessung der Geländeverschiebungen von großer Bedeutung sein. Wesentlich ändernde Randbedingungen in der Schollenkinematik können damit erfasst werden.

Um das auf Kartierungen und Datenauswertungen basierende, vorliegende Modell der Massenbewegung bestätigen zu können, sind aufwendige geophysikalische Abklärungen im Brienzler Rutsch (Seismik), kombiniert mit instrumentierten Bohrungen erforderlich.

Referenzen

- [1] Andreas Ludwig 2011: Kinematische Analyse der Hanginstabilität von Brienz/ Brinzauls GR. - Masterarbeit ETH Zürich
- [2] BauGrundRisk GmbH 2014: Geologische Abklärungen im Rutsch- und Bergsturzgebiet Brienz. – Geologisches Gutachten
- [3] Amt für Wald und Naturgefahren Graubünden 2013: Digitales Geländemodell, DTMAV Gebiet Brienz
- [4] HQM Ingenieure AG 2013: 49. Folgemessung GPS Messungen Felssturzgebiet Caltgeras, Gemeinde Brienz/ Brinzauls
- [5] CSD Ingenieure AG 2014: Daten Tachymeter Messungen 2011 – 2014 Felssturzgebiet Creplas/ Caltgeras, Gemeinde Brienz/Brinzauls

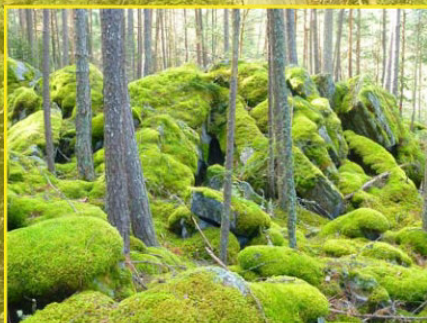
- [6] Amt für Landwirtschaft und Geoinformatik Graubünden 2014: Vermessungsdaten Fixpunkte Lenz bis Surava 1921 - 2004 und Karte der Rutschpunkte
- [7] Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie Meteo Schweiz 2014: Niederschlagsdaten Station Tiefencastel Jahressummen 1961 – 2005 und Monatssummen 2007 – 2014
- [8] Schweizerische Geologische Kommission 1926: Geologische Karte von Mittelbünden 1:25'000,, Blatt E: Piz Michèl, Frei, Ott, Brauchli, Glaser, Cadisch, Cornelius, Staub, Wilhelm
- [9] ETH Zürich Bildarchiv: Fotos der Sackung/Rutschung Igl Rutsch

ABENDVORTRAG

Der „Bergsturz“ von Köfels

TRÜMMER- LANDSCHAFT

mit **RÄTSELN**



Eine spannende Reise
in die Vergangenheit mit
Landesgeologe
Dr. Gunther Heißel



Geoforum
Tirol

am Donnerstag, 15. Oktober 2015
um 19:30 Uhr
im Lärchensaal in Niederthai
Eintritt frei!

Raiffeisenbank
Vorderes Oetztal



Ereignisdokumentation Seigesbach nach dem Hochwasserereignis in Sellrain/ Tirol am 7.6.2015

Dipl. Ing. Annegret Jenner

Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, GBL Oberes Inntal

Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Alpine Naturgefahren

Abstract

Subject of the report in hand is the documentation of the natural hazard event caused by an intense thundershower in the Commune of Sellrain/ Tirol during the night from 7th to the 8th of June 2015. By surveys and interviews of residents, interpretation of aerial photographs and silent witnesses, and their process relationship along the domain, and evaluation of meteorological data the occurrences could be reconstructed. Due to debris flow like sediment transport with concentrated torrents of bedload out of the catchment Seigesbach the valley river Melach was thrown out its original channel bed and parts of Sellrain were flooded. In Consequence of these events infrastructural facilities and cultivated land was damaged, but no human costs of lives were determined. Beneath the progress of events the mass balance of bedload transport in the catchment Seigesbach could be defined by manual mapping in the field and scanning by a drone.

Zeitlicher Abriss der Ereignisse am 7. Juni 2015

Am Abend des 7. Juni zogen sich die Wolken über Sellrain folgenreich zusammen. Gegen 20:15 Uhr nahmen die Bewohner des Bergdorfes das herannahende Unwetter beunruhigend war. Über den Roskogel schob sich eine bedrohliche, schwarze Wolkendecke, die Sicht Richtung Gries i.S. war wie durch „ein weißes Tuch“, wolkenverhangen. Zwischen 20:30 und 21:30 Uhr zog ein Gewitter mit Starkniederschlag und (stellenweise) Hagel über das Gemeindegebiet. Erste aufgeregte Telefonate mit Verwandten und Nachbarn wurden geführt - noch ohne das Wissen, was die folgende Nacht noch bringen sollte.



Abb. 1 (li.): Bis zum Dachstuhl eingeschüttetes Haus im Mündungsbereich des Ellmauerbaches durch die Prozessaktivität des Seigesbaches (Jenner, 2015).

Abb. 2 (re.): Zerstörte Garage des Hofes orografisch links des Lehnbaches während der Aufräumarbeiten nach den Ereignissen vom 7. Auf den 8. Juni 2015 (Jenner, 2015).

22:45 Uhr erreichte die Leitstelle Tirol die erste Meldung, die Landesstraße sei bei km 11,0 infolge eines Murenabganges verschüttet – unzählige weitere Meldungen sollten folgen. Ab 22:15 Uhr waren die Bewohner der gegenüberliegenden Talseite des Seigesbaches deutlich sensibilisiert. Der Wildbach schien deutlich stärker anzuspringen als bei einem durchschnittlichen Gewitterregen. Die ersten Meldungen von Wassereintritten und Muren im Siedlungsraum erreichten die Einsatzkräfte. 22:22 Uhr heulte die Sirene auf – die Warnung der Bevölkerung wurde erforderlich. Beinahe zeitgleich brach der Seigesbach das erste Mal bedrohlich in einem Murschub aus. Anlieger des Bodnerbaches im Westen des Sportplatzes beobachteten gewaltige Wasserfontänen im Bereich der Brücke „Lochmure“. Nach diesem ersten Murschub rettete sich die Bewohnerin des Hauses am Talgrund orografisch rechts des Ellmauerbaches durch ein Fenster, da die Flucht durch die Vorderseite des Hauses nicht mehr möglich war. Die Bewohner flüchteten zu Nachbarn weiter taleinwärts. Durch einen zweiten großen Murschub gegen 23:00 Uhr wurde das soeben genannte Wohnhaus, abgebildet in **Abb. 1**, prozesszugewandt bis zum Dachstuhl eingeschüttet, die Garage des Hofes östlich des Lehnbaches zerstört (vgl. **Abb. 2**). Durch den Ausbruch des Seigesbaches wurde die Melach verfüllt. Kurz darauf murte der Lehnbach. Der Ellmauerbach ergoss sich bereits über die Zufahrtzufahrtsstraße zum inneren Bremen. Alle Bewohner zwischen Lehn- und Ellmauerbach flüchteten gegen 23:10 Uhr bergwärts in den Wald, da sie durch die Ereignisse eingeschlossen wurden. Um 23:10 Uhr erreichte die Leitstelle Tirol die Meldung, dass Bewohner im Bereich Unterhaus (vgl. **Abb. 5**) aufgrund eines Murenabganges nicht mehr aus dem Haus kommen, - etwa zeitgleich über Wassereintritte in Keller im Bereich des Äußeren Anderstalbaches, Vermurung der Bodenhöfe mit Materialeintritt in Gebäude, Mureignisse im Fotschertal, um nur wenige zu nennen. Aus dem gesamten Gemeindegebiet erreichten die Einsatzleitung Meldungen über Erdrutsche, Hangmuren und Ereignisse aus Wildbächen. Der Einsatzleitung war bewusst, dass dieser Einsatz ein außergewöhnlicher werden wird. Um 23:36 Uhr wurde der Zivilschutzalarm ausgelöst.

Beschreibung des Einzugsgebietes

Das Einzugsgebiet Seigesbach liegt im Gemeindegebiet Sellrain im Tiroler Bezirk Innsbruck Land und erstreckt sich über eine Fläche von 4,1km² als orografisch rechter Zubringer der Melach. Die höchste Erhebung im Einzugsgebiet bildet das Fotscher Windegg mit 2.577m Seehöhe. Der Seigesbach überwindet auf seinem Weg durch die Sedimentgneise 6 markante Felsstufen bis er den Talboden im Bereich „Lochmure“ erreicht. Der unterste Geländesprung misst eine Höhe von knapp 20 Metern. Das mittlere Gerinnegefälle des Wildbaches liegt bei 28%. Der Bereich des Schwemmkegels weist eine maximale Niveauneigung von 18% auf. Das Hauptgestein im Einzugsgebiet bilden Schiefergneise. Durch vergleichsweise unerhebliche Erosionstätigkeiten lagern heute im Sellraintal noch zeitgeschichtlich jüngere Gesteine auf der Grundformation, den paläozoischen Sedimenten. Diese Glimmerschiefer (Paragneise) bewirken einen markanten Wechsel in der Ausformung des Reliefs. Gleiterscheinungen treten regelmäßig auf (Berger, 1968). Berger (1968) hebt das Windegg als eine der höchsten Erhebungen in der geologischen Einheit Glimmerschiefer hervor. Der Gesteinsaufbau im Einzugsgebiet ist durch die bänderartige Einlagerung von Granitgneisen des Altkristallins (Biotitgranitgneise, Muskovitgranitgneise, Tonalitgneise, Granodiorite) und Hornblendegesteinen (Zweiglimmergneis), der Gruppe der Orthogneise zugehörig, in die ost-west-orientierte kristalline Schieferung der Paragneise (Schiefergneise, Gneisglimmerschiefer) geprägt (Berger, 1968).

Der Seigesbach befindet sich im kontinentalen Klimabereich der zentralalpiner Täler. Die Hauptniederschläge werden im Sellraintal im Sommer mit Schwerpunkt Juli/ August erreicht. Diese Niederschlagsmengen ergeben sich aus advektiven Niederschlägen und zusätzlich ergiebigen Niederschlägen konvektiven Ursprungs. Das Einzugsgebiet liegt bei allen Wetterlagen hinter den Hauptniederschlagsgebieten. Das Großrelief der Talschaft Sellrain verhindert das massive Einfallen von kalten, nordischen Winden sowie starken Föhnwetterlagen aus Süden (Jenner, 2014). Der mittlere Jahresniederschlag (1907 - 2010) liegt gemäß den Aufzeichnungen der Messstation Gries im Sellrain (102319, 1.240m) des Hydrografischen Dienstes Tirol bei 925mm. Das bisher größte beobachtete Tagesmaximum konnte im Juli 1930 mit 70mm registriert werden. Das bisher größte Monatsmaximum von 286mm wurde im Juli 1930 verzeichnet (Jenner A., 2014).

Ereignischronik und Verbaugungsgeschichte

Sellrain wurde bereits mehrfach von Murereignissen aus dem Seigesbach infolge schwerer Gewitter heimgesucht. Hervorheben lassen sich die Jahre 1885, 1893, 1928 und 2003. 1928 wurden durch die Vermurung 1 Haus zerstört und 3ha fruchtbares Kulturland verwüstet. Infolge eines Gewitters trat der Bach auch am 28. Juni 2003 über die Ufer. Das Material staute sich an der Brücke „Lochmure“ auf. Der Sportplatz und 3 Wohnhäuser wurden evakuiert. Die Landesstraße blieb bis 23 Uhr gesperrt (Jäger, 2013).

Der Seigesbach ist ein beinahe unverbauter Wildbach. Nach dem Ereignis im Juni 2003 wurden forstlich-biologische Maßnahmen gesetzt. Einzig konstruktive Maßnahme neben dieser flächenhaften Waldbewirtschaftung entlang des Hauptgrabens ist das Einlaufgerinne des Baches in die Melach.

Meteorologische Vorgeschichte und Wetterverlauf des Ereignisses 2015

Im Mai 2015 zogen zahlreiche Frontensysteme über das Land. Die Niederschläge fielen tirolweit im Vergleich zum langjährigen Mittel überdurchschnittlich hoch aus. Im Großraum Sellrain (Innsbruck – Brenner – Haiming) fiel mit 170mm im Mittel 80% mehr Niederschlag als in einem Durchschnittsjahr. Der Frühling 2015 zählt daher in Westösterreich zu einem der nassesten der 157-jährigen Zeitreihe. Oberhalb ca. 1.500m Seehöhe konnte sich im Zuge einer sehr niederschlagsreichen Phase zwischen dem 19. und 24. Mai eine geschlossene Schneedecke ausbilden, die am 24. des Monats ihre Maximalhöhe erreichte. Altschnee war im Einzugsgebiet Seigesbach zu diesem Zeitpunkt bereits nicht mehr vorhanden. Ab dem 28. setzte durch ein zunehmend kräftiges Hoch die Hauptschmelze ein, die das komplette Abschmelzen der Schneedecke bis zum 6. Juni zur Folge hatte. Das Schmelzwasser führte neben den überdurchschnittlich hohen Niederschlags-mengen zusätzlich zur Durchnässung der Hänge. Bis zum Höhepunkt des Hoches über Nordtirol am 5. Juni war die Schichtung der Luftmassen relativ stabil und trocken. Kleinere Gewitterzellen bildeten sich nur lokal aus. Untertags herrschte strahlender Sonnenschein, der im Laufe der Nachmittagsstunden infolge konvektiver Wolkenbildung abnahm. Niederschläge blieben im Bereich des Einzugsgebietes aus. Ein Tief mit einhergehender, schwach ausgeprägter Kaltfront zog im Laufe des 6. Junis heran und führte zur Labilisierung der Luftmassen, die nach extremen Windverhältnissen zu einem kräftigen Wärmegewitter außerordentlich starkem Kurzzeitniederschlag führte. Innerhalb von 1 bis 1,5 Stunden vielen unter Einbeziehung der Messergebnisse der umliegenden Niederschlagsstationen und der Aussagen der ortsansässigen Bevölkerung schätzungsweise etwa 15 – 25mm Niederschlag. Das Niederschlagsradar INCA lässt auf einen Mittelwert von 33mm schließen. Unter Berücksichtigung der Vorbelastung scheint ein Flächenmittel von 25 – 30mm plausibel. Am Folgetag, in der Nacht von Sonntag, den 07. Juni, auf Montag, erfolgte das extreme Niederschlagsereignis mit Hagelschauer (Drechsel, 2015).

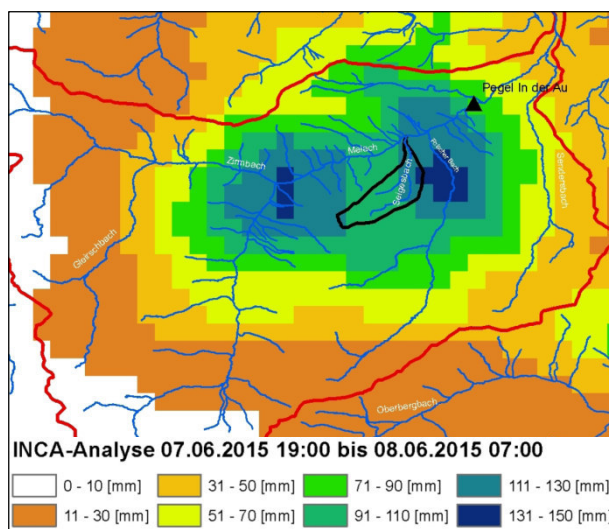


Abb. 3: Detailausschnitt der INCA-Analyse von 7. (18 UTC) bis 8. Juni (6 UTC) für den Raum Sellrain (Drechsel, 2015).

Am Sonntag, den 7. Juni, wurde hochreichende Konvektion im Allgemeinen unterbunden, weshalb sich nur wenige Gewitterzellen ausbildeten. Die folgenden SchauerGewitter fielen durch die Bündelung der großräumig vorhandenen Energien allerdings äußerst intensiv und langlebig aus. In der Nacht vom 7. auf den 8. Juni gingen infolge zweier aufeinandertreffender Gewitterzellen, die durch die fehlende Höhenströmung nicht weiterzogen, extreme Niederschläge mit Hagel nieder. Die maximalen Niederschlagssummen beliefen sich von 125 bis 150mm in einem Zeitraum von 20 Uhr bis 5 Uhr MESZ des Folgetages. Im Bereich des Seigesbaches konnten vom Wetterradar auf dem Patscherkofel 97 bis 123mm Niederschlag in 6 Stunden bis ca. 2:30 Uhr MESZ registriert werden. In Sellrain Nord etwas weniger. Die Schwerpunkte der Niederschlagsmaxima lagen gemäß **Abb. 3** mit einer Fläche von ca. 3km² westlich von Sellrain bei Gries m Sellrain und mit 6km² südöstlich von Sellrain im Bereich des Talausganges Fotscherbach, wobei die Werte für die Zelle Richtung taleinwärts des Haupttales mit 131 bis 151mm mehr Niederschlag brachte als jene aus dem Fotschertal mit rund 111 bis 130mm. Aufgrund der Hangexplosionen und -rutschungen, dem Ereignis im Seigesbach und der Tatsache, dass der Fotscherbach im Vergleich zu den kleineren Bächen um den Ortskern nicht außergewöhnlich viel Wasser brachte, liegt der Schluss nahe, dass das Maximum der Niederschläge eher im Bereich des Talbodens nieder ging, also außerhalb des Sichtbereiches des Radars. Es erscheint daher plausibel, dass über einen Zeitraum von 6 Stunden etwa 90 bis 110mm Niederschlag gefallen sind, wobei der Hauptteil nach Augenzeugenberichten in den ersten 3 Stunden gefallen ist. Eine exakte, quantitative Aussage zur Jährlichkeit des Ereignisses durch mangelnde langjährige, zeitlich hochauflösende Messreihen ist nicht möglich. Durch die Abschätzung aus flächigen, extremwertstatistischen Analysen lässt sich das Niederschlagsereignis als ein 70 bis 200-jährliches Ereignis einstufen (Drechsel, 2015).

Vom Auslöser zum Leitprozess der Massenverlagerung

Auslöser des Ereignisses waren die schweren Gewitter mit Hagelschlag vom oberen Einzugsgebiet des Seigesbaches bis in die Niederungen des Sellraintales am Abend und in der Nacht vom 7. auf den 8. Juni. Grundsätzlich waren die Hänge durch die bereits wochenlang andauernden, nur zeitweise unterbrochenen Regenfälle bei anhaltend niedrigen Temperaturen deutlich wassergesättigt. Durch die enorme Vorbefeuchtung wurde die Auslösung begünstigt. Es ist davon auszugehen, dass durch die Übersättigung der Bacheinhänge des Seigesbach durch den Gewitterschauer am Vorabend bereits Materialablagerungen im Mittellauf zwischendeponiert waren und teilweise zu Verklausungen geführt haben, die schließlich im Zuge des Ereignisses am 7. Juni mobilisiert wurden. Es trafen daher extreme Zwischenabflüsse, Gerinneabflüsse und Oberflächenwässer aufeinander, die neues Geschiebe erodierten, Zwischendeponien räumten und Verklausungen plötzlich lösten.

Der enorme Schwemmkegel im Auslaufbereich des Seigesbaches ergab sich infolge mehrerer Murschübe, wobei der erste gemäß der Aussagen der ortsansässigen Bevölkerung gegen 22:45 Uhr den Talboden erreichte. Die Intensität des Ereignisses lässt sich nach den Rahmenbedingungen zur Ereignisdokumentation des Institutes für Alpine Naturgefahren der Universität für Bodenkultur Wien als XL-Prozess, die größte Intensitätsklasse der 4-teiligen Skala, einstufen. Durch die plötzliche Verfüllung des Bachbettes der Melach und des angrenzenden Talbodens mit Geschiebe, suchten sich Melach und Seigesbach einen neuen Weg, was zu den Überschwemmungen und Überflutungen sowie den starken

Erosionsprozessen im Siedlungsraum infolge fluviatilen Feststofftransportes der Melach führte. Die Melach selbst stellte bis zum Zeitpunkt des Ereignisses aus dem Seigesbach für die Anwohner keine Gefahr dar. Der hohe Wasseranteil der sich in Richtung der Häuser am Gegenhang des Seigesbaches bewegenden Masse rührte im Zuge des Murstoßes aus dem Bachbett der Melach her. Informationen über die Jährlichkeit des Hochwasserstandes der Melach während des Ereignisses liegen derzeit noch nicht vor.



Abb. 4: Blick vom Schwemmkegel in die steile Schluchtstrecke des Seigesbaches am Morgen des 8. Juni 2015, das Einlaufgerinne wurde gänzlich zerstört (Jenner, 2015).

Abb. 5: Erstreckung des Schwemmkegels nach dem Ereignis Seigesbaches am 7. Juni 2015 bis zum Bereich Unterhaus (Bildmitte) (BMI, 2015).

Den Leitprozess des Ereignisses aus dem Seigesbach bildete murartiger Feststofftransport, wobei dem zeitlich vorgelagert ab 22:20 Uhr und nachgelagert fluviatiler Feststofftransport stattfand. Die murartige Verlagerungsform des Materials spitzte sich gegen etwa 23:00 Uhr in einen enormen Murstoß zu. Bis zu welchem Zeitpunkt der Hauptteil der Geschiebemassen den Talboden erreichte, kann nicht eruiert werden. Erhöhte Wasserführung des Seigesbaches mit vergleichsweise geringen Geschiebeanteilen konnte noch in den Morgenstunden des Folgetages beobachtet werden.

Sowohl das Gewässerbett des Seigesbaches im Einlaufbereich zur Melach, als auch das Melachbett über eine Strecke von rund 300m wurden gänzlich verlegt. Der Schwemmkegel des Ereignisses erstreckte sich aufgrund der morphologischen Gegebenheiten mit Schwerpunkt Richtung talauswärts. Die Dokumentation der Abflusssituation durch die Befliegung des Bundesministeriums für Inneres am Morgen des 8. Juni zeigt deutlich, dass sowohl die Melach als auch der Seigesbach nach den Murschüben mehrere verzweigte Wasserläufe ausbildeten, was die Vollverfüllung des Talbodens in einem vergleichsweise kurzen Zeitraum voraussetzt. Der konzentrierte Abfluss beider Gewässer im ursprünglichen Bachbett wurde erst im Zuge der Sofortmaßnahmen wieder sichergestellt. Der generierten Geschiebeverteilung aus den Daten der Drohnensbefliegung durch das BFW, die sich **Abb. 7** entnehmen lässt, kann jeweils der alte Gewässerverlauf nachvollzogen und die neuen Läufe eruiert werden. Sowohl die Ablagerungs- als auch die Erosionsgebiete der Modellierung decken die Bereiche der Geschiebedeponierung und der sich neu herausgebildeten Abflussmulden gut ab. Das neue Bachbett der Melach durchzieht das Geschiebematerial des alten, verfüllten Bachlaufes direkt unterhalb des Bereiches mit der größten Geschiebekonzentration

(gerechnet ab Oberkante des Urgerinnes der Melach). Westlich des Einlaufbereiches des Lehnbaches, der nur wenige Meter oberhalb des Seigesbaches von der orografisch linken Seite die Melach speist, sind Ablagerungen zu finden, die dem Murschub aus dem Seigesbach zugeordnet werden können. Die Garage des Hofes direkt im Osten des Lehnbacheinlaufes sowie das Wohnhaus neben dem Einstoß des Ellmauerbaches in den Vorfluter Melach sind ebenfalls durch die Einwirkungen aus dem Seigesbach zerstört worden. Die Brücke, die die Ortschaft mit der Landesstraße verbindet, hat das Ereignis - bis auf das Geländer - schadlos überstanden. Es sind keinerlei grobe Abrasionsspuren zu erkennen, weshalb davon auszugehen ist, dass die Brücke rasch eingeschüttet wurde. Diese Beobachtungen legen den Schluss nahe, dass der Talboden im Zuge eines enormen Murschub aus dem Seigesbach verfüllt wurde. Die direkten Auswirkungen des Seigesbaches sind bis zur Mündung des Inneren Anderstalbaches in die Melach, den Ortsbereich Unterhaus, erkennbar. Die Zonenausweisung des ministeriell genehmigten Gefahrenzonenplanes von 1975 entspricht im Wesentlichen den Geländeaufnahmen der Prozessgrenzen des Ereignisses. Nach gutachterlicher Einschätzung hat es die Brücke „Lochmure“ unterhalb des Wasserfalles im Zuge eines Murschubes verlegt, dem aber bereits deutlicher Geschiebetransport durch das Bauwerk vorausging. Die Abrasion des Brückentragwerkes lässt darauf schließen, dass das Bauwerk vor seinem Volleinstau massiv beansprucht wurde. Durch die Beobachtungen der Wasserfontäne von geschätzten 10 Metern im Bereich der Brücke um ca. 22:45 Uhr, lässt sich der Prozessablauf bekräftigen. Die Anzahl und Intensität weiterer Murschübe kann nicht festgestellt werden.

Durch das Ereignis aus dem Seigesbach wurde in unmittelbarer Folge 1 Wohngebäude zerstört, 6 weitere beschädigt. Zerstört bzw. beschädigt wurden auch 5 Nebengebäude oder Garagen sowie 6 land- und forstwirtschaftliche Wirtschafts-, Lager- und sonstige Gebäude. Die Gemeindestraße einschließlich zweier Brücken wurde auf rund 130m beschädigt bzw. unterbrochen und auf 280m komplett zerstört. Die Landesstraße samt der Brücke „Lochmure“ wurde auf 400m beschädigt bzw. unterbrochen. Das Leitwerk des Seigesbaches wurde auf der orografisch rechten Seite gänzlich zerstört, wie

Abb. 4 dokumentiert. Grün- und Weideland sind im Ausmaß von etwa 4ha betroffen. Personenschäden sind nicht zu beklagen, allerdings konnte nicht alles Nutzvieh gerettet werden.

Ausblick: UAV-gestützte Befliegung zur Bestimmung der Geschiebebilanz am Beispiel Seigesbach

Neben der Abschätzung des umgelagerten Geschiebematerials im Zuge von Geländebegehungen durch den Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung direkt nach dem Ereignis, wurde eine Drohnenbefliegung durch das BFW in Auftrag gegeben. Aufgrund der Ereignisgröße und des aktuellen Forschungs- und Entwicklungsstandes wurde das Einzugsgebiet als Pilotprojekt herangezogen. Die Ziele der Befliegung waren die Erstellung sehr hochauflösender Orthofotos und die Generierung von hochauflösenden digitalen Höhenmodellen (DHM) zur visuellen Interpretation des Ereignisses. Letztere werden auch im Rahmen der Kalkulation der Massenbilanz des Ereignisses tragend. Durch die Bestimmung der Erosion und Ablagerung im Schwemmkegelbereich des Seigesbaches kann unter Berücksichtigung des Wissens von Materialabtransport und -eintrag aus dem hinteren Sellraintal durch die Melach eine realistische Abschätzung des umgelagerten Geschiebes im Einzugsgebiet Seigesbach getroffen werden (Adams, 2015).

Die UAV-gestützte Ermittlung von Geschiebekubaturen im Schwemmkegelbereich des Seigesbaches ergibt eine Ablagerung von ca. 120.000m^3 ($\pm 5.000\text{m}^3$) und ein Erosionsvolumen von 10.000m^3 ($\pm 2.000\text{m}^3$) (Adams, 2015). Im oberen Einzugsgebiet konnte auf Grundlage der Drohnenbefliegung eine Gesamtkubatur der Erosion von 265.000m^3 ($\pm 42.000\text{m}^3$) ermittelt werden. Davon wurden nachweislich rund 45.000m^3 ($\pm 13.000\text{m}^3$) noch oberhalb der letzten Geländestufe wieder abgelagert (Adams, Lechner, 2015). Die Befliegung konnte erst über 36 Stunden nach dem Ereignis durchgeführt werden. Unklar ist daher teilweise, welche Materialmengen bereits durch menschliches Zutun um- bzw. abgelagert wurden, und welchen Einfluss die Melach bereits auf die Materialverlagerung im Schwemmkegelbereich des Seigesbaches hatte. Erkundungsergebnisse über den Geschiebetrieb der Melach sind zum heutigen Tage noch ausstehend.



Abb. 6: UAV-Orthofoto generiert aus den Daten der Drohnenbefliegung (BFW).

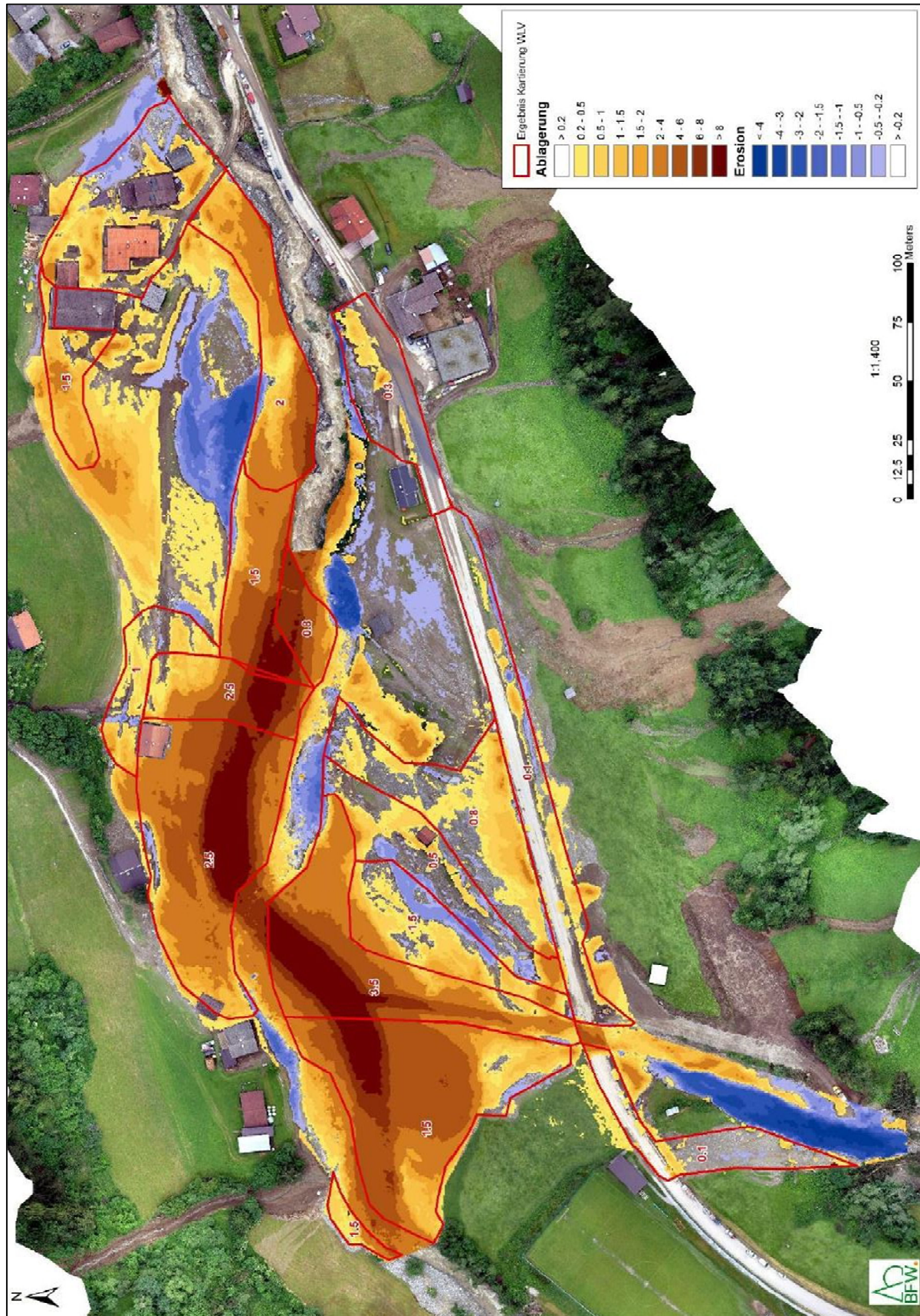


Abb. 7: Differenzen aus UAV-dgm und LiDAR-dgm und die Ergebnisse der Kartierung erhobenen Ablagerungshöhen im Gelände (Adams, 2015).

Quellen

Adams, Marc (2015): UAV-Befliegung Sellrain/ Seigesbach (Zwischenbericht). – Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Innsbruck.

Berger, Friedel (1968): Das Sellraintal – Bevölkerung, Siedlung und Wirtschaft eines Hochgebirgstales. – Dissertation, 334 S., Solbad Hall in Tirol.

Drechsel, Susanne (2015): Meteorologisches Gutachten zum Starkniederschlagsereignis am 6. und 7. Juni 2015 in Sellrain in Tirol. – Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Innsbruck.

Jäger, Georg (2013): Gletschermilch und Kirschsuppe: Karges Leben an der Melach. Historische Streifzüge durch das Sellraintal. – 480 S., Universitätsverlag Wagner, Innsbruck.

Jenner, Annegret (2014): Erarbeitung eines Schutzkonzeptes für das Einzugsgebiet Roasenbach-Lawine in Gries im Sellrain/ Tirol. – Diplomarbeit, 286 S., Sellrain.

Adams, Marc; Lechner, Veronika (2015): UAV-Befliegung Sellrain/ Seigesbach (Endbericht). – Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Innsbruck.

Winkler, Michael (2015): Meteorologischer Überblick über die Niederschlagsereignisse am 6. und 7. (bzw. 8.) Juni 2015 im mittleren und westlichen Nordtirol. – Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Innsbruck.

Freitag 16. Oktober 2015

09:00-09:30

Aeroradiometrie mit einer Drohne zur Suche nach Urananreicherungen

Heinz Surbeck¹, Simon Werthmüller², Ricardo Perret³

Nucfilm GmbH, Cordast, Schweiz,² Geologische Beratungen SCHENKER KORNER RICHTER AG, Luzern, Schweiz,³

Birdviewpicture, Bülach, Schweiz

Abstract

High uranium concentrations, up to 400 micro-g/liter have been found in groundwater samples from the Swiss Plateau. To look for the origin of this contamination, we have used a 2" x 2" NaI(Tl) detector as a payload on a octocopter. A one day scan covering some 100'000 m² clearly showed doseerate hotspots. A detailed ground search with the same detector showed where to take soil samples. A uranium rich horizon with up to 200 ppm U at a depth of about 50 cm has been found. A clay layer just below once formed the bottom of a bog. The then anoxic conditions have led to a uranium accumulation. Since the bog has been drained and used for agriculture, redox conditions have changed and the uranium has become mobile. The hydraulic connection between the uranium rich layer and the groundwater has been formed by the trenches made to drain the bog.

Einleitung

Dank der Neugier der Mitarbeiter eines kantonalen Gewässerschutzamtes wurde bei Routineanalysen einiger Oberflächengewässer im Schweizer Mittelland nicht nur nach den üblichen Kontaminanten, sondern auch nach Uran gesucht. In einem Bach und später auch in Proben aus den in diesen Bach mündenden Drainageleitungen wurden ungewöhnlich hohe Urankonzentrationen (bis 400 µg/l) gemessen. Im Rahmen einer Diplomarbeit (Schmidt 2013) konnten diese Resultat bestätigt werden und das betroffene Gebiet auf einige 10 Hektaren eingegrenzt werden (Fig. 1).

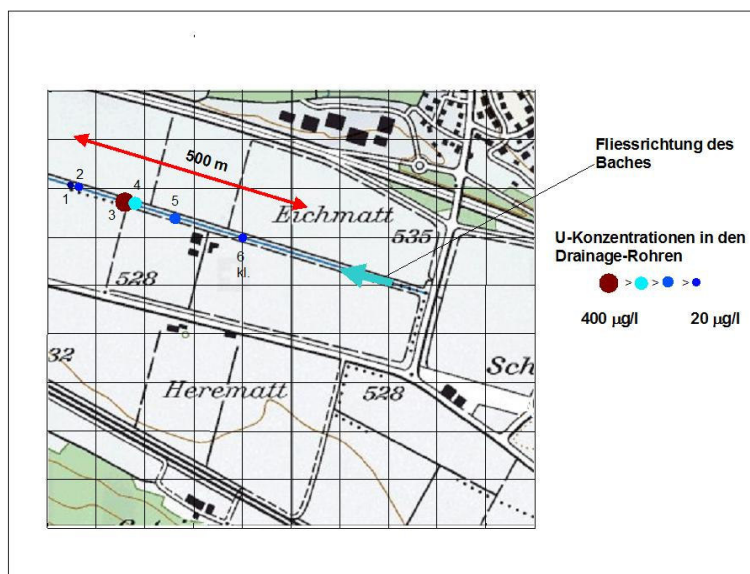


Fig. 1 : Urankonzentrationen in Wasserproben aus den Drainagezuflüssen, Daten aus Schmidt 2013.

Die Herkunft blieb aber nach wie vor unklar. Für eine anthropogene Herkunft, z.B. aus Rückständen der Phosphordünger-Produktion sprach die Nähe zu bekannten, aber kaum untersuchten Deponien. Nach Uran hatte nie jemand in diesen Deponien gesucht. Da das betroffene Gebiet sehr wahrscheinlich Geschiebe aus der Grenzschicht zwischen Unterer Süsswassermolasse (USM) und Oberer Meeresmolasse (OSM) enthält kam auch eine natürliche Ursache in Frage. In der Schweiz ist diese Grenzschicht für uranhaltige bonebeds bekannt (Schott und Wiegand 2003).

Zur Suche nach hot-spots wurde zuerst am Boden ein Gamma-Dosisleistungs-Messgerät eingesetzt (Automess AD6 mit externer Sonde 6150AD). Ohne Erfolg, da eine flächendeckende Messung wegen der landwirtschaftlichen Nutzung unmöglich war. Wir haben dann entschieden, die Suche aus der Luft zu versuchen. Wir starteten mit einer Anfrage bei der Schweizer Nationalen Alarmzentrale, die über ein leistungsfähiges Aeroradiometrie-System verfügt, einem an einem Super-Puma der Armee montierten sehr grossen NaI-Detektor. Der Helikopter hätte für uns allerdings in Bodennähe und nicht wie üblich in 100 m Höhe fliegen müssen um die nötige Empfindlichkeit und Ortsauflösung zu erreichen. Diese Vorgabe und terminliche Probleme waren das Aus für unsere Anfrage. Wir konnten dann aber einen erfahrenen kommerziellen Drohnenpiloten dafür gewinnen, einen unserer Gamma-Detektoren als Nutzlast eines Oktokopters zu fliegen.

Instrumentierung

Die eingesetzte Drohne (Fig. 2) kann eine Nutzlast von max. 6 kg tragen. Wir mussten aber das Gewicht wesentlich darunter halten um mit einem Satz Batterien mindestens einige Minuten fliegen zu können. Um Gewicht zu sparen wurde anstelle des Automess-Detektors ein „Gate Frisker“ von Ludlum eingesetzt. Dieser 2“x2“ NaI(Tl) Detektor brachte schließlich zusammen mit der dafür an Bord nötigen Elektronik und der Li-Batterie noch 3 kg auf die Waage. Die Zusatzelektronik besteht aus einem Diskriminator (ca.50 keV - 2000 keV), 2 Microprozessoren (Arduino mit Real Time Clock) für Zähler und Ansteuerung der Funk-Datenübertragung (1 Datensatz Zeit und Impulse / s, 433 MHz, TRX433, Schmiediger) und Speicherung der Daten an Bord auf einer Micro-SDcard. Der Detektor liefert ca. 1 Impuls/s pro nSv/h. Für die Funk-Datenübertragung wurde das 433 Mhz Band gewählt, um die im GHz Bereich operierende Ansteuerung und Videoübertragung der Drohne nicht zu stören. Am Boden wurden die empfangenen Daten doppelt gespeichert, auf einer SD-card und in einem PC, mit dem die Daten auch gleich an Ort und Stelle ausgewertet werden konnten (Fig.3).



Fig. 2 : Drohne mit Nutzlast.

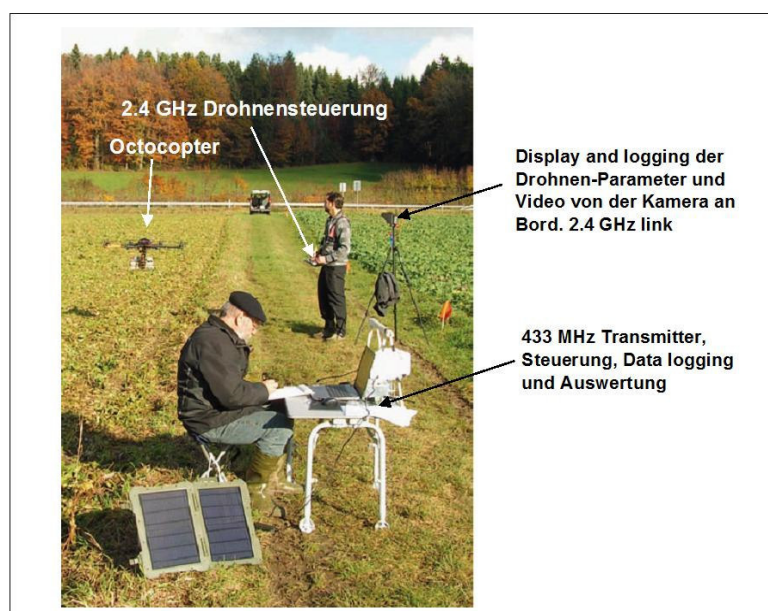


Fig. 3 : Bodenstation.

Messungen

Am 19. November 2014 wurden ca. 10 ha vermessen. Flughöhe : (2 +/- 1) m, Fluggeschwindigkeit : 1 bis 2 m/s, Abstand der Fluglinien : 10 m. Zwei Zielgebiete nördlich und südlich des Bachs wurden aufgrund der erhöhten Uran-Konzentrationen in den Drainageleitungen festgelegt (Fig. 4).

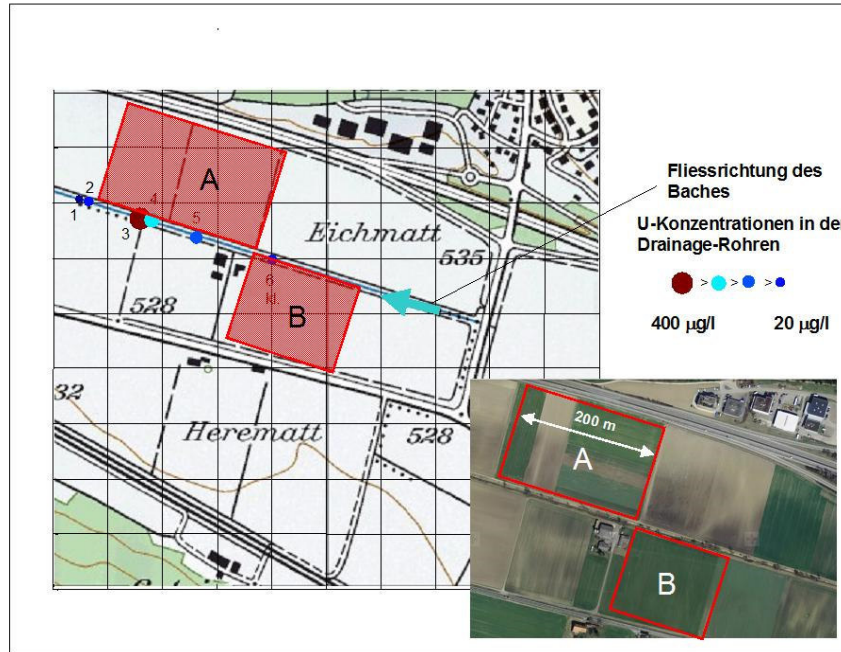


Fig. 4 : Zielgebiete.

Von Hand wurde die aktuelle Fluglinie-Nummer mit der entsprechenden Anfangs- und Endzeit protokolliert. Zusätzlich wurde die räumliche Lage der Drohne mittels GPS erfasst. Das Resultat der Messungen ist in Figur 5 zu sehen. Da ein Teil des Zielgebietes bereits abgeerntet war, konnte dieser Teil mit dem gleichen Detektor noch zu Fuss detailliert kartiert werden, mit einer Ortsauflösung von etwa 2 m (Fig. 6). Aufgrund der Aeroradiometrie-Daten und der Messungen zu Fuss konnten geeignete Orte für Sondierungen festgelegt werden.

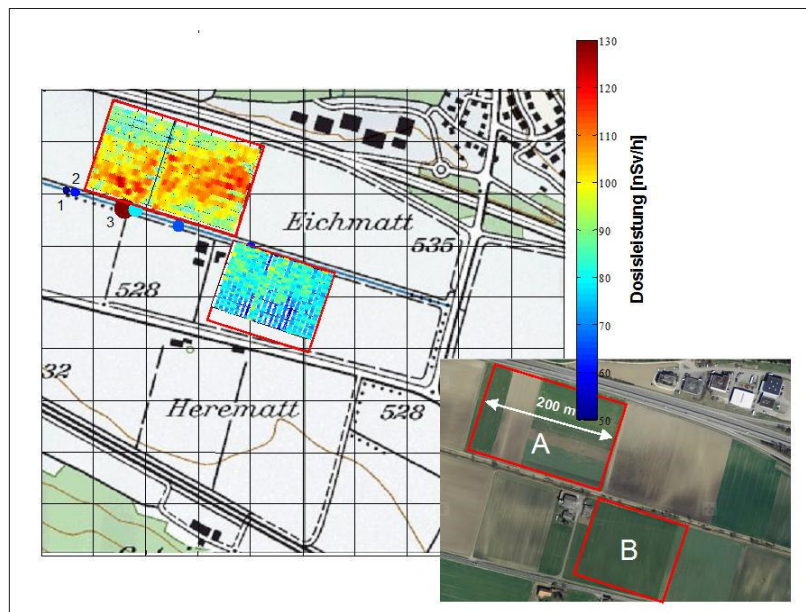


Fig. 5 : Resultate der Messflüge.

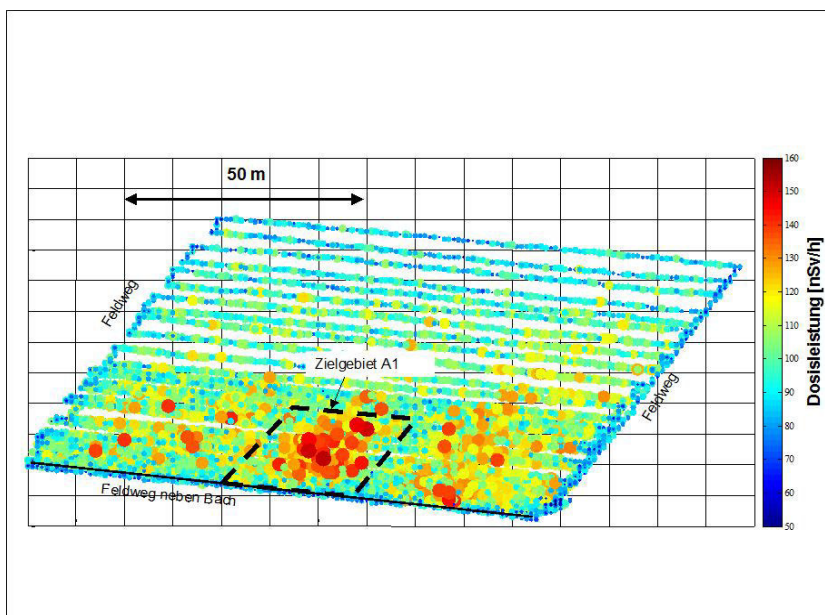


Fig. 6 : Resultate der Messungen am Boden, westlicher Teil von Gebiet A.

Die Bodenproben (Fig. 7) zeigten, dass es sich um eine für das Schweizer Mittelland aussergewöhnlich hohe Urananreicherung in einem ehemaligen Moor handelt (bis 200 mg/kg). Die aktive Schicht liegt in etwa 50 cm Tiefe, direkt über einer undurchlässigen Tonschicht.

Im Ablagerungsbereich herrschten während der Sedimentation reduzierende Bedingungen. Durch die Trockenlegung des Moors und die landwirtschaftliche Nutzung änderten sich die Redox-Verhältnisse. Unter nun sauerstoffreichen Bedingungen wurde das Uran wieder mobil. Die hydraulische Verbindung zwischen den Uranablagerungen und dem Grundwasser wurde durch die Gräben für die Drainageleitungen geschaffen.

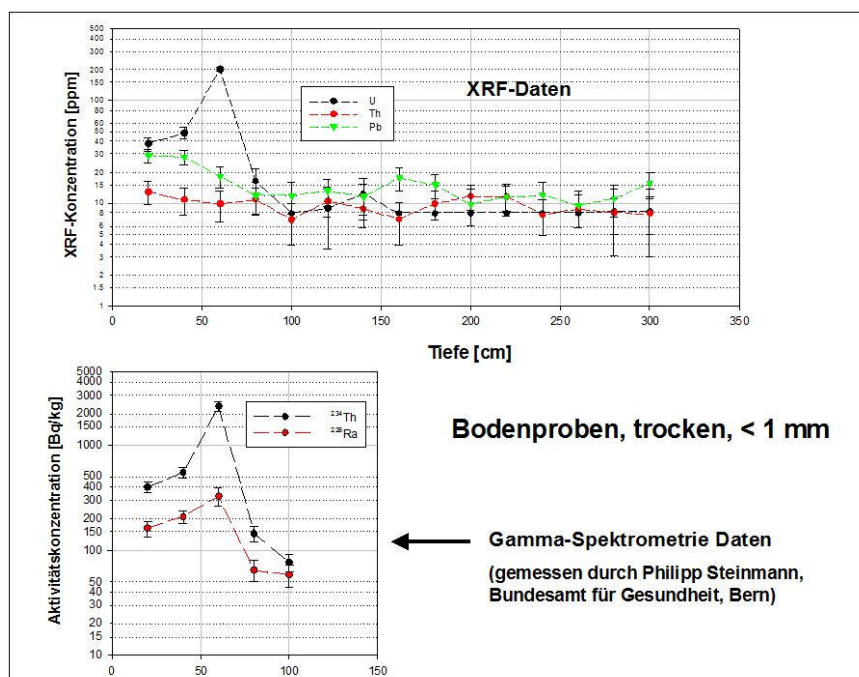


Fig. 7 : Resultate der Analysen eines Bohrkerns aus dem Gebiet A1.

Alter der Urananreicherung

Die Aktivität des ^{226}Ra in Figur 7 liegt bei etwa 14 % der ^{238}U Aktivität. - Gemessen wurde das ^{234}Th , das mit einer Halbwertszeit von 24 Tagen im Gleichgewicht mit dem nicht gammaspektrometrisch bestimmbaren ^{238}U ist -. Aus diesem Verhältnis würde aufgrund des Aufbaus über das ^{230}Th ($T_{1/2} = 75'000$ Jahre) ein Alter der Uranablagerung von 10'000 bis 15'000 Jahren folgen. Das ist sicher zu viel, da sich die Gletscher in diesem Gebiet erst vor etwa 12'000 Jahren zurück gezogen haben. Die ursprüngliche ^{238}U Aktivität war aber früher wesentlich höher. Seit das Gelände entwässert wird, fließen erhebliche Mengen von Uran ab. Aktuell wird mit dem Sickerwasser pro Jahr etwa 0.3 % des Uraninventars in den Bach abgeleitet. Unter den seit der Entwässerung oxidierenden Bedingungen ist Uran mobil, das Radium aber nicht. Das haben auch die Analysen des Grundwassers gezeigt.

Wenn die seit der Entwässerung bereits ausgelaugte Menge an Uran berücksichtigt wird, ergibt sich ein mittleres Alter von etwa 7'000 Jahren.

Ausblick

Vergleichbare Urananreicherungen sind sicher auch in anderen Moorgebieten vorhanden. Es würde sich lohnen, danach zu suchen.

Literatur

Franziska Schmidt (2013), Schwermetalle im Lyssbach – Herkunft und Bedeutung, BSc thesis, Dept. Earth Sciences, ETH-Zurich, 2013

Bernd Schott & Jens Wiegand (2003), Processes of radionuclide enrichment in sediments and ground waters of Mont Vully (Canton Fribourg, Switzerland), *Eclogae geol.Helv.* 96 (2003) 99-107
(<http://retro.seals.ch/digbib/view?pid=egh-001:2003:96::732>)

Freitag 16. Oktober 2015

09:30-10:00

Erosionsschutz an Dämmen – Stabilisierung bei Überströmung und Eisenprall sowie Sicherung gegen Wühl- und Nagetiere

Michael Arndt

MACCAFERRI DEUTSCHLAND GmbH, Kurfürstendamm 226, 10719 Berlin

1. Einführung

Biber, Nutria und andere Nage- und Wühltiere verursachen teils enormen Schaden an Uferbereichen, Deichanlagen und weiteren Erdbauwerken. Im Einzelfall können diese durch Wühl- und Nagetiere hervorgerufenen Schäden an Erdbauwerken zu einem erhöhten Versagensrisiko der betroffenen Bereiche führen. Allerdings gehören viele dieser Arten zur Gruppe der schützenswerten Tierarten.

Das Bayerische Landesamt für Umwelt hat 2011 eine themenbezogene Broschüre in zweiter Auflage veröffentlicht und unterhält einen eigenen Bibermanager, der den Bestand deutschlandweit für das Jahr 2010 mit ca. 25.000 Tieren beziffert - Tendenz steigend. Europaweit wird im selben Bezugsjahr von ca. 800.000 Bibern ausgegangen.

Ob und in welcher Form Maßnahmen getroffen werden dürfen, die das natürliche Wühlverhalten der Tiere nachhaltig und langfristig unterbinden können, obliegt der behutsamen Abwägung des konkreten Gefahrenpotentials für Mensch und Infrastruktur und den damit verbundenen Folgekosten gegenüber den erforderlichen Investitionen in vorbeugende technische Lösungskonzepte und das Schutzziel des Tierschutzes.

Sofern eine detaillierte Analyse und Bewertung der Standortfaktoren zu dem Entschluss führt, sensible Bereiche an Uferböschungen, Deichanlagen oder anderen Erdbauwerken zu schützen, steht der planende Fachingenieur vor der Aufgabe ein geeignetes Sicherungskonzept festzulegen und eine Material-/Werkstoffauswahl zu treffen, die beide Ziele vernünftig verbindet: den Tier- und Objektschutz.

Hierzu können bestehende Merkblätter und Empfehlungen sicherlich als Hilfestellung herangezogen werden.

Ein notwendiger Revisionsprozess der derzeit verfügbaren fachtechnischen Empfehlungen und Vorgaben soll unserer Kenntnis nach noch im aktuellen Jahr durch entsprechende Fachgremien in Angriff genommen werden.

Biber-, Nutria-, Wühl- und Nagetierschutz gehört seit mehr als 15 Jahren zu den vordringlichen Fragestellungen mit denen sich Maccaferri in enger Zusammenarbeit mit renommierten Universitäten, Prüfinstituten und Fachgremien auseinandersetzt.

Maccaferri kann u.a. im Bereich der Ufersicherung und weiteren Anwendungen im hydraulischen Bereich auf eine mehr als 120 jährige Vergangenheit zurückblicken.

Bereits 1894 wurde in Bologna eine große Ufersicherungsmaßnahme mit Gabionen realisiert, die regelmäßig überwacht und in den 1950-er Jahren und 1994, also 100 Jahre nach dem Einbau, untersucht worden ist. Die letzte Laboruntersuchung an den nach wie vor funktionsfähigen Komponenten des Bauwerks wurde 2012 durchgeführt.

Aus der Fülle der Untersuchungen an und den Erfahrungen mit Maccaferri Produkten zum Biber-, Nutria-, Wühl- und Nagetierschutz in Österreich, Italien, und Deutschland (Berlin, Brandenburg, Mecklenburg Vorpommern, Sachsen, Bayern und Baden Württemberg) möchten wir im Rahmen des Beitrages einige ausgewählte Beispiele vorstellen.

2. Konzept und Zusammenfassung der Hauptargumente

Das Konzept zur nachhaltigen Verhärzung von Nage- und Wühltieren an Dämmen, Deichen und Uferbereichen besteht im Wesentlichen aus der flächigen Verlegung von Stahldrahtgeflecht mit einem werkseitig extrudierten zusätzlichen Korrosionsschutz aus einer organischen Polymerummantelung. Das Geflecht, das zur einfacheren Verlegung als Rollenware angeliefert wird, kann von Nagetieren nicht durchbissen werden.

Neben der reinen Schutzfunktion gegen Nage- und Wühltiere, die bereits das reine Geflecht sicherstellt, können durch die Kombination des Geflechts mit einem werkseitig integrierten aufextrudierten Wirrgelege weitere positive Effekte für den Schutz der Bauwerke gegen hydraulische und mechanische Beanspruchungen durch einen sog. Oberflächenarmierungseffekt erreicht werden.

Vor der detaillierten Erläuterung der einzelnen Eigenschaften, Untersuchungen und Fallbeispiele sollen die Hauptargumente bereits im Vorfeld zusammenfassend aufgelistet werden.

2.1 Einsatz von polymerummantelten Biberschutznetzen:

- Stahl stoppt Biber und Nagetiere wirksam (kein Durchbeißen vgl. Geokunststoffe)
- 120 Jahre Korrosionsschutz durch Polymerummantelung (vgl. Anhang A, Tabelle A.1 der DIN EN 10233-3 2014-04)
- Problemlose Befahrbarkeit z.B. bei Mäharbeiten (Einbaubeschädigungstest)
- Durchgehende Oberflächenarmierung vom Damm über das Vorland bis in die Uferbereiche sichert das Bauwerk auch in Perioden von Hochwasserständen (Vertikalsperren gem. DVWK 247/1997 sind hier wirkungslos)
- Reduzierung der erforderlichen Übermengen an Wasserbausteinen (reduzierter Verlust durch Strömung / Wellenschlag / reduzierter Verlust durch Abrollen zur Flusssohle) bei Ausbildung einer Biberschutznetz-Steinwalze am Uferböschungsfuß oder der Verwendung von polymerummantelten Flussmatratzen
- Einfache Installation (Rollenware, sichere C-Ring Verbindung mit teilautomatisierten Verbindungswerkzeugen)
- Einfache Instandsetzung - Reparaturpaneele

2.2 Einsatz von polymerummantelten Biberschutznetz mit extrudiertem Wirrgelege

- Erosionsschutz – reduziert wirksam Ausspülung von Feinkornanteilen auch in der Wasserwechselzone
- Vegetationshilfe – zusätzlicher Halt der Bepflanzung in der Anwuchsphase

- Eis-Last / Eis-Anprallschutz – „Armierte Oberfläche mit Dachschindeleffekt“
Gras legt sich um, Wurzelwerk dringt durch Maschenöffnungen des Stahlgeflechts und das Wirrgelege und verankert die Armierungslage mit dem anstehenden Boden
- Überströmung - Verbesserung der Widerstandsfähigkeit der Oberfläche gegen Überströmungsprozesse
- Außerordentlich flexibel auch bei ungewöhnlichen Geometrien leicht anpassbar
- Geringe Empfindlichkeit gegenüber Setzungen und unplanmäßiger Deformation
- Schutz bedrohter Arten der Fauna & Flora bei Verlegung in der wachstumsarmen Periode ohne Beeinträchtigung des gewachsenen Oberbodens

Im weiteren Verlauf des Beitrags soll nun der Versuch unternommen werden, die in der vorangestellten Auflistung erhobenen Behauptungen durch entsprechend belegte Ausführungen, fachlich technische Stellungnahmen und Erfahrungsberichte zu untermauern.

3. Kann Stahldrahtgeflecht Wühl - und Nagetiere wirksam und nachhaltig stoppen? Nachweise & Langzeituntersuchungen zur Langzeitwirksamkeit

3.1 Italien, Richtlinie des Umweltministerium und Langzeitstudie über 10 Jahre

Auch Italien hatte wie, viele andere Länder rund um den Globus, im zurückliegenden Jahrhundert eine florierende Pelzindustrie. Bereits in den 1920er Jahren wurden Biber und Nutria in Italien wiederangesiedelt, um in diesem Industriezweig Verwendung zu finden. Mit der Änderung der Mode und dem einsetzenden Bewusstsein für den Tierschutz wurden bereits in den frühen 1970er Jahren zahlreiche Pelztierfarmen geschlossen oder von Tierschützern gestürmt, um die Tiere in die Freiheit entlassen. Eine rasante unkontrollierte Entwicklung der Population in Verbindung mit Meldungen massiver Schäden an Erdbauwerken in Wassernähe war die Folge. Nach erfolglosen Maßnahmen zur Begrenzung der Population, hat Italien im Jahr 2000 eine drastische Entscheidung getroffen und in einer großangelegten Aktion den Bestand um 60.000 Exemplare reduziert, aber auch das hat zu keinem signifikanten Rückgang der Schadensmeldungen geführt.

Beobachtungen belegten, dass Uferbereiche die mit Flussmatratzen (flachbauende steingefüllte Gabionenform aus flexiblem Stahldrahtgeflecht) ausgebaut wurden – und diese Bauform ist in Italien in großem Umfang umgesetzt worden - keine Schäden durch Nage- und Wühltiere aufwiesen, während in unmittelbar anschließenden Nachbarbereichen bei entsprechender Population die typischen Schadensbilder festgestellt werden konnten.

Im Rahmen eines großangelegten Langzeit-Forschungsvorhabens unter Federführung

- des Umweltministeriums MATT „Ministerio dell’Ambiente e della Tutela del Territorio“,
- des Nationalinstituts INFS „Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica Alessandro Ghigi“ sowie
- des Umweltschutzinstituts ISPRA „Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale“

sollte im Rahmen der Sanierung des Kanalprojektes Zabarelle in der Provinz Rovigo die Frage untersucht werden, ob nur die Kombination Stahldrahtgeflecht plus Steinfüllung oder - wie aus zurückliegenden

Referenzprojekten und aus technisch-fachlicher Sicht erwartet – auch bereits das reine Stahldrahtgeflecht die nachhaltige Verhärzung der Wühl- und Nagetiere sicherstellen würde.

Auf der Basis der teils wissenschaftlich begleiteten Referenzlage und der Erörterung technischer Argumente erschien 2001 die Richtlinie „*Linee guida per il controllo della Nutria*“ durch das Umweltministerium als Herausgeber und unter Hinweis auf Verlege-Empfehlungen sowie Referenzerfahrungen.

Im Jahre 2003 wurde dann der Bau des Kanalprojektes Zabarelle durchgeführt, bei dem drei unterschiedliche Konzepte umgesetzt wurden und dabei ganz bewusst bei einer der Varianten ein langfristiger Versagensfall provoziert werden sollte, um die Notwendigkeit der korrekten Verwendung der Produktvarianten und die Einhaltung der Verlege-Hinweise zu untermauern.

Vor Beginn der Baumaßnahme wurden ein Teil der Population in non-mortalen Käfig-Fallen eingefangen und mit Sendern markiert/ausgerüstet (Halsbänder mit einem GPS-Sender), um deren Bewegungs- und Siedlungsverhalten über einen längeren Zeitraum aufzuzeichnen und die gewonnenen Daten einer langfristigen Auswertung zuführen zu können. Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass keines der Tiere durch die Sicherungsmaßnahme verendet war, das Bewegungsverhalten in den Anfangsperioden regelmäßig in den gesicherten Bereich zurückführte der Aufenthalt dabei aber stetig abnahm und eine Neuansiedlung in weniger sensiblen Bereichen erfolgreich bestätigt werden konnte.

10 Jahre nach Durchführung der Maßnahmen wurde Ende 2013 eine offizielle Inspektion der gesicherten Bereiche durch die damals beteiligten professoralen Vertreter des Umweltschutzes ISPRA „Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale“ durchgeführt, im Rahmen dessen das bereits bei Baubeginn prognostizierte Versagen einer Variante bestätigt wurde. Im Folgenden eine kurze Zusammenfassung der Inspektionsergebnisse:

Stahldrahtgeflecht verlegt auf der profilierten Oberfläche mit einer Überdeckung bestehend aus Stein- und Bodenmaterial:

Wirkung nach 10 Jahren: kein Ausspülen vom Feinboden, ursprüngliche Böschungsneigungen bei Inspektion in der Wasserwechselzone erhalten, keine Beschädigungen des Netzes durch Mäharbeiten, keine Nutriabauten im Bereich der intakten Vernetzung.

Stahldrahtgeflecht mit integrierter Wirrgelegematte verlegt auf der profilierten Oberfläche ohne Überdeckung:

Wirkung nach 10 Jahren: kein Ausspülen von Feinboden, ursprüngliche Böschungsneigungen bei Inspektion in der Wasserwechselzone erhalten, keine Beschädigungen des Netzes durch Mäharbeiten, keine Nutriabauten im Bereich der intakten Vernetzung.

Stahldrahtgeflecht verlegt auf der profilierten Oberfläche ohne Überdeckung:

Wirkung nach 10 Jahren: Feinboden ausgespült, ursprüngliche Böschungsneigungen bei Inspektion in der Wasserwechselzone nahezu vertikal, teilweise Beschädigungen des Netzes durch Mäharbeiten, keine Nutriabauten im Bereich der intakten Vernetzung.

Fazit: Die bereits in der Konzeptionsphase der Langzeituntersuchung empfohlenen Varianten 1 und 2 sind auch nach 10 Jahren in ihrer nachhaltigen Schutzwirkung uneingeschränkt funktionsfähig.

3.2 Österreich, Wirksamkeitsnachweis und Umsetzung auf 300.000 qm

Österreich sah und sieht sich, wie auch seine Nachbarländer Italien und Deutschland mit regelmäßigen Schadensmeldungen infolge Wühl- und Nagetieraktivitäten an wassernahen Erdbauwerken konfrontiert. Die Wiederansiedlung des Bibers unter Federführung des Nachbarbundeslandes Bayern in den 1970er Jahren zeigt zunehmende negative Effekte auch in den angrenzenden Regionen des Alpenstaates.

Bei der Planung der Sicherungsmaßnahmen entlang der March, eines Nebenflusses der Donau wurde daher schon frühzeitig der Aspekt des Nage- und Wühl-tierschutzes insbesondere im Hinblick auf eine nachhaltige Verhärmung der dort siedelnden Biberpopulation in die Variantenbewertung mit aufgenommen. Bereits im Vorfeld der 2008 aufgenommenen mehrjährigen Sanierungsmaßnahmen war erkennbar, dass der erforderliche Umfang der betroffenen Flächen schon allein aufgrund der Gesamtflächen und der damit verbundenen zusätzlichen Investitionen eine vorhergehende gründliche wissenschaftliche Prüfung und Bewertung der auf dem Markt angebotenen Lösungskonzepte als Grundlage der Entscheidung erforderlich machen würde.

Die Spezies der Wühl- und Nagetiere ist groß, sehr unterschiedlich ist das Verhalten und die maximale Bisskraft der verschiedenen Tiere, daher war es keine triviale Aufgabe aus der Fülle der angebotenen Nagetiersperren das für den Anwendungsfall geeignete Konzept zu bestimmen und ein probates objektives Prüfverfahren festzulegen.

Daher hat sich der Investor entschlossen, der Entscheidung für das geeignete Konzept für eine Gesamtfläche von nahezu 300.000m², eine wissenschaftliche Studie des Instituts für Geotechnik der TU Wien voranzustellen, die unter Federführung des mittlerweile emeritierten Em. O. Univ-Prof. Dipl.-Ing. Dr. tech. Dr. h. c. mult. H. Brandl durchgeführt worden ist.

Die Studie umfasste, neben der Sichtung und Auswertung vorliegender internationaler Studien und Referenzen auch einen Realversuch an der Forschungsstelle für Ethologie des renommierten Konrad-Lorenz-Instituts der Österreichischen Akademie für Wissenschaften sowie des Konrad-Lorenz-Instituts für vergleichende Verhaltensforschung (KLIVV) bei Wien, im Rahmen dessen ein Biber-Gehege durch die am Markt verfügbaren Nagetierschutz-Varianten in zwei Sektoren unterteilt worden war und alle nicht stahlbasierten Lösungskonzepte nach kurzer Zeit infolge der extrem hohen Bisskraft der Biber überwunden werden konnten.

Die TU Wien hat auf der Basis der Versuchsergebnisse, die die uneingeschränkte Eignung der stahlgeflechtbasierten Variante bestätigt haben, eine klare Empfehlung ausgesprochen, die letztlich in der Beauftragung und Umsetzung des Projektes mit einem polymerummanteltem Stahlgeflecht mit integrierter Wirrgelegematte mündete.

Die Ausführung ist in den Jahren 2008- 2013 erfolgt und bestätigt bislang die Erwartungen an einen nachhaltigen Schutz vor Biberschäden.

Mittlerweile hat die Biberpopulation in Österreich weiter zugenommen und inzwischen auch die Region Linz erreicht. Im Süden des Landes in der Region Kärnten hat sich der Biberbestand in den letzten Jahren mehr als verdoppelt.

4. Normative Bewertung der korrosiven Langzeitbeständigkeit: 120 Jahre Korrosionsschutz durch Polymerummantelung (DIN EN 10233-3:2014-04)

Die Verwendung von stahlbasierten Produkten führt insbesondere in geotechnischen und hydraulischen Anwendungsbereichen zwangsläufig und unmittelbar zu der Frage des Korrosionsverhaltens und der Korrosionsbeständigkeit. Erfahrungen mit rostendem Stahl haben schon sehr früh zu Beschichtungstechnologien mit Zink Legierungen geführt, die den Roh-Stahl in Abhängigkeit der Umgebungsbedingungen für gewisse Zeiträume vor Korrosionsvorgängen schützen konnten.

Bereits 1894 wurden durch die Firma Maccaferri Uferschutzmaßnahmen in Bologna in der Wasserwechselzone entlang des Flusses Reno, mit einer sehr einfachen Bauform verzinkter Stahldrahtgabionen ausgeführt. Damals waren es zylindrische Sackgabionen, das Patent für die heute bekannte Form der quaderförmigen 2x1x1 Gabionen hat Maccaferri erst rund 10 Jahre später in den ersten Jahren des 20. Jahrhunderts angemeldet. Die Funktion, die Beschaffenheit und die mechanischen Eigenschaften wurden in den Folgejahren (1920er 1950er und 1994 also 100 Jahre nach der Installation) umfangreich untersucht. Eine letzte labortechnische Untersuchung fand 2012 statt. Erstaunlicherweise ließen sich auch 118 Jahre nach der Installation noch Reste an Zinkanteilen an den Drahtproben nachweisen. Die resultierende Drahtstärke hatte durch die Abrostungsprozesse zwar gegenüber dem Ursprungsmaterial abgenommen, auch physikalische Eigenschaften wie die Werte der Zugfestigkeit erreichten nicht mehr die Ausgangswerte, dennoch konnte 2012 festgestellt werden, dass die Funktion als geschlossener Behälter für die Steinfüllung und der Verbund als monolithischer Verbund voll erhalten geblieben sind.

Seit 1894 hat sich der Korrosionsschutz weiterentwickelt. Ein erster Schritt war die Optimierung der Beschichtungslegierungen. Einfache Dickverzinkungen wurden zunehmend durch verbesserte Mischlegierungen unter Beimengung von Aluminiumanteilen, dem sog. Galfan ZnAl 5% verdrängt. Neuere Entwicklungen und der aktuelle Standard der Drahtgeflechtprodukte der Maccaferri enthalten einen erhöhten 10% Aluminiumanteil und gehören somit zur Gruppe der in den aktuellen Normen definierten sogenannten „weiterentwickelten metallischen Beschichtungen“

Seit den 1950er Jahren werden insbesondere für den Wasserbau und den Einsatz in bodenberührten Bauwerken polymerummantelte Drahtgeflechte eingesetzt. Diese mittlerweile über 60 Jahre zurückliegenden Referenzerfahrungen haben in Verbindung mit der rasanten Entwicklung der Kunststoffindustrie zu immer weiter verbesserten Kunststoffummantelungen vorwiegend auf PVC Basis geführt. Die hohen Anforderungen an Flexibilität und Langlebigkeit bei extremem Verformungs-, Haftungs- und Abrasionsverhalten und aggressiven Randbedingungen beispielsweise dem langfristigen Einsatz in Salzwasser (Küstenschutz / Hafenanlagen) haben optimierte Rezepturen hervorgebracht, die in Ihren Eigenschaften von Nachahmern „me-too-Anbietern“ bis heute nicht erreicht werden konnten.

Mit der Vorstellung der neuen PA6 Beschichtungsgeneration vor wenigen Jahren (2013) kündigt sich im Bereich der Korrosionsbeständigkeit ein echter Generationswechsel an, der die ohnehin hohe erwartete Gebrauchs- und Funktionsdauer der polymerummantelten Stahldrahtgeflechterzeugnisse auf eine neue Ebene heben wird.

Eine Vielzahl an Untersuchungen und Prüfberichten internationaler Institute haben die hohe Korrosionsbeständigkeit auf der Basis von beschleunigten Alterungsversuchen („accelarated aging tests“) der Ummantelungen, Salzsprühnebeltests die nach 6.000 Std (nahezu doppelte Prüfungsdauer im

Vergleich zu nicht polymerummantelten Stahldrahtprodukten) ohne jegliche Rotrostbildung abgebrochen wurden und durchgehend positive Untersuchungen in der Kesternichzelle in Verbindung mit der umfangreichen erfolgreichen Referenzlage nachgewiesen.

Auf der Grundlage dieser Untersuchungsergebnisse ist nach jahrelanger fachtechnischer Diskussion mit Experten auf europäischer CEN Ebene im Dezember 2013 im Rahmen der EN 10223-3:2013, die im April 2014 in Deutschland ratifiziert worden ist, erstmals eine konkrete Zuordnung der Beschichtungs-/Ummantlungsstrategie mit der angenommenen zu erwartenden Gebrauchsdauer des Erzeugnisses in Abhängigkeit der Umgebungsbedingungen C2-Cx erfolgt (vgl. Anhang A, Tabelle A1 der DIN EN 10233-3:2014-04).

In der Norm wird für die im Bereich der Biberschutznetze eingesetzten polymerummantelten Stahldrahtgeflechte eine zu erwartende Gebrauchsdauer für alle Umgebungsbedingungen von 120 Jahren konstatiert.

5. Problemlose Befahrbarkeit z.B. bei Mäharbeiten (Einbaubeschädigungstest)

Aus dem Bereich der Geokunststoffe sind je nach verwendetem Produkt teils starke Einschränkungen an die Handhabung während der Installation (Einbau der überlagernden Schichten im Vor-Kopf-Einbau) und die maximale Belastung nach Einbau (Überfahrbarkeit nur bei massiven Mindestüberdeckungen) bekannt. Stahldrahtgeflechtbasierte Produkte verhalten sich in der Einbauphase robuster und sind überfahrbar. Aber wie verhält sich die Polymerummantelung auf mechanische Belastungen in der Installationsphase?

Der Einsatz der Biberschutznetze mit integrierter Wirrgelegematte soll zu einer Armierung der Oberfläche führen und mit dem Wurzelwerk der Grasnarbe einen Verbund eingehen. Um dies zu ermöglichen liegt das Produkt konsequenterweise dicht unter der Oberfläche, weist also eine verhältnismäßig geringe Überdeckung mit Oberboden auf.

Demnach musste konsequenterweise ein Nachweis der schadensfreien Überfahrbarkeit im Rahmen eines sogenannten Einbaubeschädigungstests erbracht werden.

Ein entsprechender Nachweis ist in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Müller-Rochholz erbracht worden im Verlauf dessen ein polymerummanteltes Stahldrahtgeflecht mit geringer Überdeckung aus teils scharfkantigem Bruchstein einer 4 fachen Doppelüberfahrt mit einer Vibrations-Schafffußwalze unterzogen wurde und das belastete Geflecht anschließend im Labor mit einer Mikroskop-Kamera untersucht worden ist. Im Ergebnis konnte bestätigt werden, dass leichte oberflächliche Kratzer an der Polymerummantelung festgestellt werden konnten aber in keinem Bereich der Stahlbereich betroffen war oder gar eine Durchtrennung von Einzeldrähten aufgetreten sei. Somit wurde der Abminderungsfaktor für Einbaubeschädigungen folgerichtig auf Null (1,0) gesetzt.

Was für die Belastungen aus dem Einbau gilt hat selbstverständlich auch für die regelmäßig wiederkehrenden Pflege- und Wartungsarbeiten (Mäharbeiten) Aussagekraft.

Solange eine minimale Überdeckung der eingesetzten Biberschutznetze gewährleistet ist, gibt es keine Einschränkungen bei der Ausführung der Pflege- und Wartungsarbeiten.

6. Durchgehende Oberflächenarmierung vom Damm über das Vorland bis in die Uferbereiche sichert das Bauwerk auch in Perioden von Hochwasserständen (Vertikalsperren gem. DVWK 247/1997 sind hier wirkungslos)

Das DVWK Merkblatt 247/1997 hat vorausschauend bereits 10 Jahre vor dem in Österreich durchgeführten Wirkungsnachweis unter „realen“ Bedingungen, der eindrücklich die Wirksamkeit von stahlbasierten Produkten bestätigt hat, die Verwendung von Stahl als Biber und Nutria Sperre empfohlen. Der im Merkblatt aufgeführte Werkstoff hat sich bewährt, allerdings haben die Vorgaben zum Korrosionsschutz (dickverzinkt) sowie die Empfehlung der Anordnung lediglich als Vertikalsperre in direkter Nähe zur Uferböschung zu kurz- bis mittelfristigen Problemen geführt. Bei zahlreichen ausgeführten und teils zwischenzeitlich sanierten Abschnitten konnten folgende nicht erwünschte Effekte festgestellt werden:

- Die Tunnelbauten zwischen Uferböschung und Vertikalsperre werden geflutet und stürzen ein. Die einsetzende Erosion legt über kurz oder lang die Vertikalsperren frei, die nicht als Stützwand konzipiert sind und in der Folge stark verformt werden, beschleunigt korrodieren und ihre Funktion verlieren.
- Die Tunnelbauten enden zunächst an der Vertikalsperre werden vom Biber aber oberirdisch überwunden und hinter der Vertikalsperre mit weiteren Tunnelbauten hinein ins Vorland fortgesetzt
- Bei Hochwasserständen kann der Biber seine bisherigen Bauten nicht mehr erreichen und legt neue Tunnelsysteme direkt im ungeschützten Deichkörper an und schwächt damit den ohnehin kritisch belasteten Deich in einem oberen Bereich geringer Mächtigkeit. Bei weiter steigenden Wasserständen werden die Tunnelsysteme geflutet und sind dann Ausgangspunkt erhöhter Erosion.

Die durchgehende oberflächennahe Vernetzung des Dammbereiches sowie des angrenzenden Vorlandes mit einer Einbindung in den Vertikalsperrenbereich oder einer alternativen Fortsetzung der Vernetzung bis in die Uferböschung - im zweiten Fall konsequenterweise unter Verzicht auf die Vertikalsperre - sichert das gesamte Bauwerk in allen zu erwartenden Wasserstand-Phasen.

7. Reduzierung der erforderlichen Übermengen an Wasserbausteinen (reduzierter Verlust durch Strömung / Wellenschlag / Abrollen zur Flusssohle)

In Deutschland werden zur Ufersicherung von Fließgewässern überwiegend Wasserbausteine verschiedener Steinklassen in den meisten Fällen in Verbindung mit BAW geprüften Wasserbauvliesstoffen oder BAW geprüften Sandmatten eingesetzt.

Je nach vorliegenden Randbedingungen werden in den Planungen Schichtdicken für die Steinschüttungen von 0,50m-1,00m aufgeführt. Im Rahmen der Ausführung können diese Schichtstärken bei der vorliegenden Böschungsneigung aber nur hergestellt werden, wenn ein ausreichender passiver Stützkeil mit deutlich höherer Schichtdicke am Fuß der Uferböschung gewährleistet werden kann. Bei der Herstellung des Stützkeils rollt ein gewisser Teil des Steilschüttungsmaterials Richtung Flussmitte und muss durch zusätzliche Steine ersetzt werden. Gleiches gilt im Rahmen der planmäßigen Nutzung durch Strömungen und Turbulenzen infolge des Schiffsverkehrs, Wellenbildung, Strömungsänderungen bei Hochwasserständen. Hinzu kommt der Faktor Mensch: Es wurde beobachtet, dass Anwohner Steine für

die private Gartenbauzwecke entwendet haben, Jugendliche aus Übermut/Wettkampf große Mengen an Steinen von der Böschung in den Fluss geworfen haben, Angler Steine aus der Böschung entfernt haben, um bequeme Angelplätze zu schaffen, etc.

Somit entsteht im Rahmen der planmäßigen Nutzung der Wasserstraßen ein wiederkehrender Bedarf an zusätzlichem Steinschüttungsmaterial als Ersatz verlagerter Schüttungen im Rahmen von Instandsetzungsarbeiten.

Bei geringen Strömungsgeschwindigkeiten kann bereits die Verwendung des Biberschutznetzes mit integriertem Wirrgelege eine probate Ufersicherung darstellen. Werden herkömmliche Wasserbausteine eingesetzt, könnte die Verlegung eines Biberschutznetzes als Unterlage in Verbindung mit einer netzummantelten Steinwalze am Böschungsfuß den passiven Stützkeil ersetzen und somit den Steinbedarf senken. Bei Verwendung von Flussmatratzen senkt sich das erforderliche Steinvolumen gegenüber der klassischen Steinschüttung um die Hälfte bis zwei Drittel und der Steinbedarf ist durch die Bauform klar definiert. Abgerechnete schwer nachprüfbare Übermengen, die vielleicht im passiven Stützkeil, unter Umständen als Rollgut Richtung Flussmitte oder möglicherweise zwar abgerechnet aber nicht wirklich geliefert worden sind, würden damit der Vergangenheit angehören.

Die normativ bestätigten langen Gebrauchsdauern der aktuellen polymerummantelten Stahlgeflecht-Lösungen sollten eine Wiederaufnahme der Diskussion mit der BAW über die Einsetzbarkeit dieser nachweislich wirtschaftlichen und nachhaltigen Alternativen, die weltweit in großem Umfang für diesen Anwendungsbereich erfolgreich eingesetzt werden, ermöglichen.

8. Einfache Installation (Rollenware, C-Ring Verbindung teilautomatisiert)

Gegenüber den im DVKW Merkblatt 247/1997 aufgeführten Vertikalsperren, die aus geschweißten Stahlgitterpanelen ähnlich den Gabionengitterpaneelen bestehen, maximal 2-3 qm pro Panel abdecken und jeweils einzeln miteinander verbunden werden müssen, wird das Biberschutznetz als Rollenware angeliefert.

Die Rollen, die in Breiten bis zu 4,00 m und Längen bis zu 100 m hergestellt werden können, erfordern keine Überlappung sondern werden auf Stoß mittels einfacher C-Ring Verbindung fixiert. Hierzu kommen teilautomatisierte Werkzeuge zum Einsatz, die eine große Anzahl an Ringen in einem Magazin vorhalten. Bei der oberflächlichen Verlegung mit anschließender Überdeckung wird das Netz vor der Überdeckung mit wenigen Erdnägeln, die nur temporäre Funktion haben, zusätzlich fixiert.

9. Einfache Instandsetzung, Ad Hoc Maßnahmen – Reparaturpaneele

Sollten begrenzte Bereiche der Flächenvernetzung Beschädigungen aufweisen, können diese schnell und einfach mit Reparaturpaneelen in unterschiedlichen Größen behoben werden. Die Reparaturpaneele bestehen aus Biberschutznetz, das zusätzlich mit einem werkseitig vorkonfektionierten polymerummantelten Randraht rundum geschlossen ist.

Werden Biberbauten an sensiblen bislang ungesicherten Bereichen eines Deiches festgestellt, können ohne größere Vorbereitungen Ad Hoc Maßnahmen mit Reparaturpaneelen durchgeführt werden. Die Paneele werden lokal über dem Schadensbereichen aufgelegt und mit geeigneten Erdnägeln verankert.

Sie sichern somit kurzfristig und wirksam den geschädigten Bereich. Allerdings stellen diese lokal begrenzten Schutzmaßnahmen keine nachhaltige Verhärmung der Biber im Deichabschnitt dar.

Eine langfristige Sicherung kann nur durch die flächige Verlegung der Biberschutznetze im betroffenen Abschnitt erzielt werden. Eine solche flächige Verlegung wird in aller Regel nach der erfolgreichen Abwendung der unmittelbaren Schadensgefährdung planmäßig in einer geeigneten Folgeperiode erfolgen.

Potentielle Anwendungen der Reparaturpaneele:

Ad Hoc Sofortmaßnahmen:

Ähnlich einem Pflaster, das nach einer Schnittverletzung auf die Wunde aufgelegt wird, verhindern Reparaturpaneele sofort eine weitere Schadensausbreitung der betroffenen Schadensbereiche. Da die Paneele nur lokal aufgebracht werden, können mit dieser Maßnahme künftige Schäden in der Umgebung der Paneele allerdings nicht wirksam ausgeschlossen werden, hierfür ist eine flächige Verlegung erforderlich.

Vertikalsperren:

Bei Verwendung der Reparaturpaneele als Alternative zu den Vertikalsperren gem. DVWK Merkblatt 247/1997, die in der Regel für eine Tiefe von 1,5m ausgelegt sind, werden die Paneele entlang der Doppeldrilling bei 1,5 m umgeklappt, somit entsteht ein ca. 0,5 m breiter Streifen an der Oberfläche der Vertikalsperre an die eine flächige Vernetzung mittels C-Ring Verbindung problemlos und sicher angeschlossen werden kann.

Baumverbiss-Schutz:

Die Reparatur Paneele können mit einfachen Hilfsmitteln auch als Baumverbiss-Schutz eingesetzt werden. Es ist darauf zu achten, einen Freiraum zwischen der den Baum umschließenden Vernetzung und der Baumrinde herzustellen. Bei einem Deichertüchtigungsprojekt an der Oder in Brandenburg wurde ein auf dem Baufeld zu Verfügung stehendes Drainagerohr als Abstandshalter zwischen Paneele und Baumrinde eingesetzt.

10.Erosionsschutz – reduziert wirksam Ausspülung auch in der Wasserwechselzone

Oberflächenerosion kann zum Versagen eines Deiches führen und durch unterschiedliche Einflüsse hervorgerufen werden. Je nach regionaler Lage, Witterungsbedingungen und Wasserständen, können die folgenden Belastungen zu Erosionsprozessen führen:

Abtrag durch Starkwinde, Abtrag durch Starkregenereignisse, Abtrag durch Strömungsprozesse und/ oder Wellenschlag in der Wasserwechselzone.

Eine umfangreiche Studie zum Erosionsverhalten unterschiedlicher Erosionsschutzprodukte wurde im Zeitraum 2009-2011 im Rahmen des AiF geförderten Forschungsvorhabens 15717 N in Zusammenarbeit des Süddeutschen Kunststoffzentrums in Würzburg SKZ und der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau LWB am Autobahndreieck Bibelried durchgeführt.

Im Rahmen des umfangreichen Prüfprogramms wurden die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

Bodenabtrag nach Starkregenereignis, Vegetationsentwicklung, Wasseraustritt aus der Frostschuttschicht, Beständigkeit/Festigkeit, Beregnungstest, vegetationstechnische Öffnungsweite, Licht-Transmission, Verdunstungsschutz, Witterungsbeständigkeit, mikrobiologische Abbaubarkeit, Schwelwiderstand, Brandverhalten, Zugfestigkeit, Biegesteifigkeit, Verbundfestigkeit, Druckstauchungsverhalten, Dämpfungsverhalten, Rückstellverhalten, Wasserableitvermögen, Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene, Dicke, flächenbezogene Masse, Wasseraufnahmevermögen bei Eintauchen und bei Beregnen, Dickenänderung bei Wasserlagerung, Porosität, Umweltunbedenklichkeit nach M Geok K.

Die Variante Biberschutznetz mit integrierter Wirrgelegematte - MacMat R Steel hat die Testreihe erfolgreich absolviert.

Den wesentlichen Beitrag zum Erosionsschutz übernimmt die Wirrgelegematte, der Vergleich der Ergebnisse der AiF Studie in Bibelried zeigt jedoch eindrücklich, dass den mechanischen Eigenschaften des unbewehrten Multifilaments bei mechanischen Belastungen rasch Grenzen gesetzt werden. Unbewehrte Produkte sind in den Böschungsbereichen der Testanordnung teils eingerissen, teils haben sie über die gesamte Breite der Testfeldstreifen versagt. Dieser Versagensfall konnte bei den bewehrten Produkten nicht beobachtet werden.

Das Biberschutznetz mit integrierter Wirrgelegematte ist eine optimale Kombination und verbindet die Ableitung der mechanischen Beanspruchungen über das Stahlgeflecht mit den positiven Effekten der Erosionsschutzmatte.

Bei zahlreichen internationalen hydraulischen Projekten ist diese Kombination erfolgreich und langjährig als Uferschutz entlang von Wasserstraßen verbaut und verhindert in Kombination mit der Vegetation das Ausspülen von Feinkornanteilen.

Die Ergebnisse der in Italien in einem Zeitraum von 10 Jahren von der ISPRA „Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale“ am Kanalprojekt Zabarelle Region Rovigo durchgeführten Langzeitstudie belegen auch 10 Jahre nach der Installation den wirksamen Erosionsschutz gegen Ausspülen von Feinkornanteilen im direkten Bereich der Wasserwechselzone.

11. Vegetationshilfe – zusätzlicher Halt der Bepflanzung in der Anwachsphase

Der Vegetation und hier im Wasserbau insbesondere der intakten Grasnarbe kommt eine besondere Bedeutung zu. Ein optimaler Rückhalt der Feinkornanteile entsteht erst im Zusammenwirken des Biberschutznetzes mit integrierter Wirrgelegematte und dem Wurzelwerk der Oberflächenvegetation.

Besonders erosionsanfällig ist die Oberfläche eines Neubauabschnittes unmittelbar nach Fertigstellung und in der ersten Anwachs-/Wachstumsphase der frischen Vegetation. Die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Erosionsmechanismen Wind, Starkregen, Strömung und Wellenschlag wirken ohne zusätzlichen Schutz unmittelbar auf den Oberboden und die jungen Triebe ein und verursachen sehr rasch umfangreiche Schäden.

In Österreich wurde im Zeitraum zwischen 2010-2013 das Vegetationsverhalten bei unterschiedlichen Erosionsschutzprodukten im Rahmen einer dreijährigen Studie des AlpS - Zentrum für Naturgefahren und Risikomanagement aus Innsbruck und der Universität für Bodenkultur BoKu aus Wien untersucht und sehr detailliert dokumentiert. Das Biberschutznetz mit integrierter Wirrgelegematte - MacMat R Steel hat die Testreihe erwartungsgemäß positiv abgeschlossen.

12. Eis-Last / Eis-Anprallschutz – Armierte Oberfläche mit Dachschindeleffekt

Dass auch Eis eine massive Gefahr für Deichbauwerke darstellen kann, wurde in den vergangenen Jahren sehr eindrücklich von Prof. Dr. Carstensen in zahlreichen Fachvorträgen und Veröffentlichungen belegt. An der Brandenburgischen Technischen Universität BTU Cottbus wurden im Jahre 2011 historische und aktuelle Hochwasserereignisse, die im Zusammenhang mit der Eis-Problematik zu sehen sind, im Rahmen einer Dissertation sehr umfangreich dokumentiert. Neben der in der Dissertation dargestellten unmittelbaren Belastung durch Eislast als zusätzliche Auflast sowie infolge Eisanpralls, können auch mittelbare erhöhte Belastungen des Deichs durch Rückstau als Konsequenz von Eisbarrieren entstehen, die im Rahmen des Symposiums „Sicherung von Dämmen, Deichen und Stauanlagen“ der Technischen Universität TU Siegen 2012, von einem ausführenden Ingenieurbüro (Hr. Krei, PPN, Neuruppin) sehr anschaulich vorgestellt wurden.

Diese sogenannten Eisversetzungen entstehen durch übereinander geschobene Eisplatten, die im Extremfall zu einer Barriere im Flusslauf führen, die einen massiven Rückstau und somit einen extrem schnellen Anstieg des Pegels flussaufwärts auslösen kann. Der Vortrag des ausführenden Ingenieurbüros stellt diesen Effekt am Beispiel der Oder im Bereich der Stadt Schwedt vor. Sicherlich eine der spektakulärsten Maßnahmen wurde von der russischen Luftwaffe im Rahmen von Bombardierungen einer Eisversetzung am Oderbruch im Winter 1946/47 - wenn auch nur mit mäßigem Erfolg – durchgeführt.

Einen Überblick über die Beanspruchung der Deichoberflächen durch Eis bieten die im Folgenden zitierten Ausschnitte aus der o.g. Dissertation von Dr. Schuh, S. 210:

„ (...) Außenböschungen von Deichen können bei einem Eishochwasser z.B.

- durch auf die Deiche geschobenes Eis,
- durch Eisschollen oder Eisfelder, die durch ihre rotierenden Bewegungen Gras und Boden aus den Deichen herausreißen,
- durch auflaufendes Treibeis, das Bäume auf dem Deich entwurzeln kann,
- durch eine parallel zur Fließrichtung den Deich tangierende Eisschlammmasse und
- durch vorherigen Regen oder durch ein infolge Hochwassers aufgeweichten Deich

geschädigt bzw. belastet werden. (...)“

Das Biberschutzgitter mit aufextrudierter Wirrgelegematte MacMat R Steel bildet mit der Vegetation eine armierte Oberfläche, bei der die Wurzeln durch die Wirrgelegematte und die Maschenöffnungen des Stahlgeflechtes eine zusätzliche Rückverankerung mit dem anstehenden Boden bilden und somit eine Verstärkung der Oberfläche gegen mechanische Belastungen bewirken.

Dieser Oberflächenarmierungseffekt kann auch einen positiven Beitrag zur Reduzierung der Schäden infolge Eislast / Eisanprall leisten.

Dass die Eindringtiefe bei starken mechanischen Belastungen auf Erdkörper durch die Sicherung der Oberfläche mit Stahlgeflecht erheblich reduziert werden kann, zeigen auch Erfahrungen aus der Felssicherung und dort insbesondere aus dem Bereich der Steinschlagschutzwälle. Die überzeugenden Ergebnisse der Steinschlagschutzwälle sind im Wesentlichen auf den Aufbau des Damms nach dem

Prinzip der bewehrten Erde zurückzuführen, jedoch trägt auch der reine Oberflächenarmierungseffekt einen erheblichen Anteil zum Gesamtverformungsverhalten bei.

13. Überströmung - Verbesserung der Widerstandsfähigkeit der Oberfläche gegen Überströmen

Die aktuellen zurückliegenden Hochwasserereignisse der vergangenen Jahre sind aufgrund der neuen Medien, die es jedermann erlauben überall und zu jedem Zeitpunkt Foto- und Videodokumente zu erstellen und mit einer breiten Öffentlichkeit zu teilen, umfassend dokumentiert. Auch der Einsatz der neuen leicht handhabbaren Drohnen hat viel Informationsmaterial aus bislang nur beschränkt zugänglichen Perspektiven geliefert.

Der zerstörerische Einfluss von unplanmäßigen Überströmungsvorgängen an Deichanlagen wurde so in nie gekanntem Umfang und Detailaufnahmen dokumentiert, Das Versagen der Deiche setzte sehr häufig auf der luftseitig überströmten Flanke bereits nach überraschend kurzer Überströmdauer ein.

Der positive Einfluss des Biberschutznetzes mit integrierter Wirrgelegematte auf die Widerstandsfähigkeit der Oberfläche gegen Überströmungsvorgänge wurde unter Federführung der Universität für Bodenkunde BoKu in Wien, 2000 und der Technischen Universität TU Wien 2012 in einem 1:1 Modellüberströmungsversuch in Zusammenarbeit mit der Firma KRISMER bestätigt.

Bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten in Kombination mit größeren Durchfluss-mengen - also bei planmäßigen Überströmungsbereichen den sog. „Spillways“ - kann der Überströmungsschutz der Oberfläche durch den Wechsel von Biberschutznetzes mit integrierter Wirrgelegematte - MacMat R Steel auf Reno Flussmatratzen, die neben der Armierungsfunktion aufgrund der Steinfüllung für eine zusätzliche Auflast sorgen, weiter verbessert werden.

In diesem Zusammenhang sind umfangreiche Untersuchungen an folgenden Instituten durchgeführt worden: Laboratories of Colorado State University in FORT COLLINS, USA, SOGREAH of Grenoble, Frankreich, University of South Wales, Australien, INCYTH of Ezeira, Argentinien.

Eine solche Überströmungsfläche mit Reno Flussmatratzen ist auf einer Fläche von ca. 5.000 qm im Frühjahr/Sommer 2015 in Österreich an der HWS Kamp einem Nebenfluss der Donau in der Nähe von Krens an der Donau in der Ausführung.

14. Außerordentlich flexibel bei ungewöhnlichen Geometrien leicht anpassbar Geringe Empfindlichkeit gegenüber Setzungen und Deformationen

Die als Rollenware gelieferten Biberschutznetze sind im Gegensatz zu den im DVWK Merkblatt 247/1997 empfohlenen Stahlgittern aus geschweißten Paneelen ausgesprochen flexibel und lassen sich bereits im Prozess der Installation auch an ungewöhnliche Geometrien anpassen.

Im Gegensatz zu „steifen“ Bauformen, die im Wasserbau häufig in Betonbauweise ausgeführt werden, bieten die „semi-steifen“ Konzepte, zu denen Vernetzungen aber auch doppeltgedrillte Gabionen und Flussmatratzen zu rechnen sind, durch deren bedingte Verformbarkeit gerade bei Anwendungen im Wasserbau enorme Deformationsreserven bei unplanmäßiger Beanspruchung beispielsweise infolge von Setzungen oder mechanischem Anprall.

15. Umweltunbedenklichkeitsnachweis - Schutz bedrohter Arten der Fauna & Flora bei Verlegung in der wachstumsarmen Periode ohne Beeinträchtigung des gewachsenen Oberbodens

Im Umfeld von Deichanlagen bilden sich aufgrund der beschränkten Zugänglichkeit und der behutsamen Unterhaltung durch geschultes und sensibilisiertes Personal häufig einzigartige Biotope, die Raum und Ruhe für die Entwicklung einer großen Artenvielfalt bieten. Es ist daher sehr erfreulich und nicht allzu überraschend, dass im Vorfeld anstehender Sanierungs- und Ertüchtigungsbauvorhaben häufig eine Wiederansiedlung längst verdrängt vermuteter bedrohter Arten der Flora und Fauna festgestellt werden kann.

Je nach Art und Seltenheit werden diese Bereiche der Deichabschnitte bislang von den Sanierungsmaßnahmen ausgeschlossen, da eine Neuprofilierung der Oberflächen und der damit verbundene Abtrag des Oberbodens unweigerlich zu einem massiven Eingriff in das Biotop führen würde. Der Oberboden beherbergt neben dem Wurzelwerk teils seltener Pflanzenarten auch Käfer und Engerlinge seltener Falter, wie der Auszug aus einer aktuellen Anfrage belegt:

„(...) Wegen vermuteter Vorkommen der europäisch geschützten Schmetterlingsart *Maculinea nausithous* (Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling), die durch ihre spezielle Lebensweise eng an die nur in diesem Abschnitt vorkommende Futterpflanze *Sanguisorba officinalis* (Großer Wiesenknopf) gebunden ist, wurde der Deichabschnitt von Bibersicherungsmaßnahmen völlig ausgelassen, weil man mit den Naturschutzbehörden keine Einigung erzielen konnte. Ein Biberschutz ist wegen der zahlreichen Kleingewässer, die wasserseitig praktisch unmittelbar an den Deichschutzstreifen grenzen, dringend erforderlich.“

Lösungskonzept und Nachweis der Umweltunbedenklichkeit nach M Geok E:

In Bereichen mit Vorkommen besonders gefährdeter Arten der Fauna und Flora kommt das polymerummantelte Biberschutznetz mit integrierter Wirrgelegematte zum Einsatz, dass in der wachstumsarmen Periode (Winterperiode) unmittelbar auf den unbearbeiteten Untergrund aufgelegt und mit Erdnägeln fixiert wird.

In der folgenden Wachstumsperiode entwickelt sich die anstehende unberührte Vegetation ungehindert durch das Wirrgelege hindurch und bildet nach kurzer Zeit oberhalb des Wirrgeleges eine geschlossene Vegetationsoberfläche, die durch diese Maßnahme eine zusätzliche Stabilisierung gegen mechanische und hydraulische Einwirkungen, wie beispielsweise den in anderen Abschnitten des Konzeptes beschriebenen Eisanprall, oder die Erosionsbelastungen aus Überströmungsvorgängen, erhält.

Weder die Öffnungsweite des polymerummantelten Stahldrahtgeflechtes noch die des Wirrgeleges stellen eine Barriere für die Kleinlebewesen im Oberboden dar. Das Polypropylen-Wirrgelege ist aufgrund des geringen Filament-Durchmessers sehr flexibel und schränkt den Ein- und Austritt der Kleinlebewesen zwischen Oberboden und Umgebung nicht ein.

Beeinträchtigungen der Umwelt (Boden/Wasser/Luft) durch die eingesetzten Materialien beispielsweise durch Ausgasen, Eluate (Löslichkeiten) oder chemische Reaktionen mit den Umgebungsstoffen können bei der Verwendung der Biberschutznetze mit (oder ohne) Wirrgelege ausgeschlossen werden.

Ein entsprechender Nachweis ist im Rahmen der Umweltunbedenklichkeitsprüfung nach M Geok E am Institut der KIWA-TBU in Greeven erfolgreich geführt worden.

16. Ausblick

Die Biberschutznetze finden auch in Deutschland zunehmend Eingang in aktuelle Deichsanierungsprojekte. Mittlerweile sind Deichanlagen in Brandenburg, Sachsen und Bayern mit dem Schutzkonzept ausgerüstet. Ausschreibungen in Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen werden noch im aktuellen Jahr zu weiteren Deichsanierungsmaßnahmen mit Wühl- und Nagetierschutz führen.

Aber auch andere Tierarten können die Oberflächen von Deichen gefährden. Neben Kaninchen, die ebenfalls Tunnel anlegen, werden inzwischen Wildschweine mehr und mehr als Gefahr eingestuft.

Wildschweine werden nicht unmittelbar der Spezies „Wühl- und Nagetiere“ zugeordnet, sie graben auch keine Tunnelbauten in Deichanlagen, dennoch werden in zunehmendem Maße Schäden der Grasnarbe durch Wildschweineinwirkung auch an Deichen gemeldet. Interessanterweise konzentrieren sich die Schäden auf die luft- und wasserseitigen Flanken der Deichbauwerke und betreffen seltener das angrenzende Vorland. Dieser Effekt wird nach Aussagen der zuständigen Behörden dem Umstand zugeordnet, dass der Deichkörper aufgrund seiner beschränkten Zugänglichkeit und den ausgewogenen Feuchtigkeitsverhältnissen eine größere Artenvielfalt und Bestandsdichte an Kleinlebewesen (z.B. Würmer, Engerlinge, etc.) im Vergleich zum Vorland aufweist und dadurch für Wildschweine interessant wird.

Da einer intakten Grasnarbe im Hochwasserfall eine entscheidende Rolle für die Verhinderung von Oberflächenerosion zukommt, besteht ein Interesse an geeigneten nachhaltigen technischen Schutzmaßnahmen. Die Biberschutznetze mit aufextrudiertem Wirrgelege bilden mit dem Wurzelwerk der Grasnarbe eine geschlossene Einheit und erschweren es den Wildschweinen, die Narbe flächig zu durchwühlen. Damit der Wildschweinzahn durch das Sechseckgeflecht behindert werden kann, darf das Netz nicht zu tief liegen, da sonst der Oberboden über der Vernetzung abgeschält werden könnte.

Aufgrund der geringmächtigen Überdeckung von nur wenigen Zentimetern wäre ein ausgewachsenes Wildschwein in der frühen Phase der ersten Wachstumsperiode nach der Installation, in der noch kein ausreichender Verbund des Wirrgeleges mit dem Wurzelwerk und dem Untergrund entstanden ist im Zweifel in der Lage, das Netz anzuheben und den Anwachsprozess zu stören. Um dies zu unterbinden müssen die Netze bei der Anwendung als Wildschweinschutz im Rahmen der Installation mit dem Untergrund verbunden werden. Dies erfolgt mit einfachen Erdnägeln oder Stahlkrampen in einem festgelegten Raster. Das Raster orientiert sich an den Untergrundbedingungen sowie der Größe und Geometrie der Vernetzungsfläche.

Die Erfahrungen aus dem Deichabschnitt gegenüber der Insel Rügen in Mecklenburg-Vorpommern finden Eingang in aktuelle Planungen zur Wildschwein-Abwehr, bei denen derzeit verschiedene potentielle Ausführungsvarianten analysiert und bewertet werden.

Dass Wildschweine mittlerweile auch die natürliche Scheu vor Menschen und Siedlungen verloren haben, zeigen u.a. Beispiele aus Berlin und Brandenburg. Es ist aus Sicht der Tiere nachvollziehbar, dass die gepflegten Gärten und Parkanlagen eine große Anziehungskraft ausüben. Im Herbst liefern Laubbäume wie Eichen und Buchen große Mengen an Früchten, das ordentlich zu Haufen aufgeschichtete Laub ist

voller Kleinlebewesen, die Komposthaufen liefern immer etwas Schmackhaftes und im Frühjahr finden sich in den Parkanlagen in großer Zahl die besonders schmackhaften Blumenzwiebeln.

Es wird also auch zukünftig ein breites Feld für weitere Forschungsarbeiten und zu entwickelnde Nachweisverfahren geben.

Maccaferri stellt sich den Fragestellungen und arbeitet zielgerichtet mit akkreditierten Instituten zusammen, um den Erkenntnisstand weiter auszubauen und einen technischen Beitrag zur nachhaltigen Sicherheit der Deiche beizutragen.

Freitag 16. Oktober 2015

10:00-10:30

Geschiebemessungen an der Rofenache in Vent Historische Entwicklung und aktuelle Messergebnisse

Andrea Kreisler¹, Hugo Seitz^{1,2}, Johann Aigner¹, Helmut Habersack¹

¹) BOKU - Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiver Wasserbau (IWHW),
Muthgasse 107, 1190 Wien

²) Risk Consult Sicherheits- und Risiko-Managementberatung GmbH, Schottenring 35/4, 1010 Wien

Kurzfassung

An der hydrographischen Pegelmessstelle des Landes Tirol in Vent an der Rofenache sind ergänzend zur amtlichen Durchflussermittlung eine Geophonanlage über den gesamten Messquerschnitt, ein mobiler Geschiebefangkorb, sowie ergänzende Messeinrichtungen (z.B. Trübesonde, etc.) für die Erfassung des Sedimenttransportes installiert. Der Geschiebetransportprozess wird kontinuierlich mit der Geophonanlage erfasst, während mit dem Fangkorb bei ausgewählten Ereignissen direkte Geschiebeprobe entnommen werden.

Zusammen mit hydrologischen, geologischen, meteorologischen und ergänzenden Daten (z.B. Informationen über Feststoffquellen, Sedimentablagerungen, Gletscherhaushaltermittlung, etc.) erlaubt dies eine detaillierte Untersuchung der Transportprozesse an der Rofenache mit dem dazugehörigen Einzugsgebiet. Vor allem der Beginn der Geschiebebewegung, die Geschiebefracht und Geschiebetransportprozesse (Querschnittsverteilung und Periodizität der Geschiebebewegung) stehen im Mittelpunkt der Untersuchungen.

Seit dem Jahr 2000 werden durchgängig Geophonimpulse aufgezeichnet, seit 2007 ergänzt durch periodische Geschiebefangkorbmessungen zur Validierung der Aufzeichnungen - somit stehen seither durchgängig qualitativ und quantitativ hochwertige Geschiebedaten in zeitlicher und räumlicher sehr hoher Auflösung zur Verfügung durch dieses integrative Messsystem.

Abstract

At the Rofenache in Vent bedload monitoring is undertaken by direct (mobile bedload sampler) and indirect (geophones) measurement devices. Bedload transport process is detected continuously using the geophone device, whereas direct bedload measurements are undertaken at chosen flood events with the mobile Large Helley Smith bedload sampler.

This paper presents the used bedload monitoring methods and representative results of the bedload monitoring activities of the last years.

Einleitung

Geschiebeproblematik

Die Auswirkungen von Geschiebetransportprozessen sind als negative Begleiterscheinungen von Hochwasserkatastrophen offensichtlich. Das von Gewässern mitgeführte Geschiebe spielt bei Hochwasserereignissen eine wesentliche Rolle und kann sogar zu einer Verschlimmerung der Gefahrenlage und somit zu weitaus größeren Schäden führen als das bei Reinwasserabfluss der Fall wäre. Besonders an kritischen Gerinneabschnitten können (temporäre) Ablagerungen des Geschiebes an der Gerinnesohle während eines Hochwasserereignisses zu Ausuferungen führen. An Wildbächen kann es im Zuge von lokalen Starkregenereignissen zu Murgängen kommen.

Um das Schadensausmaß zu vermindern wurden und werden im Einzugsgebiet der Flüsse und Bäche unter anderem Wildbachsperrren errichtet, um Siedlungen und Infrastruktur durch Feststoffrückhalt zu schützen. In Kombination mit der Errichtung von Staustufen an den Flüssen weiter flussab und deren Kanalisierung im Zuge von Begradigungen und (Hochwasserschutz-)Verbauten kam es zu Geschiebedefiziten und in Folge zu Flusseintiefungen. Diese schleichenden Prozesse blieben längere Zeit unbemerkt. Über längere Zeiträume gesehen wurden die Auswirkungen offensichtlich. So tieft sich die Donau unterhalb von Wien jährlich bis zu 5 Zentimeter ein, gleichzeitig erhöht sich die Aulandschaft um bis zu mehrere Dezimeter infolge von Feinsedimentablagerungen von nach Hochwässern aus den Stauräumen ausgetragenen Feinsedimenten. Es ergaben sich durch die anthropogenen Eingriffe starke ökologische Defizite für die aquatischen Lebensräume.

Maßnahmen

Bisher wurden den Flusseintiefungen als Folge des gestörten Geschiebehaushalts durch Verbauungsmaßnahmen begegnet (z.B. Einbau von Sohlschwelen, Verklappung von Geschiebe, etc.). Es wurde versucht die Sohleintiefung zu stoppen bzw. zu verlangsamen, ohne jedoch die Ursachen der Problematik nachhaltig zu beseitigen. Durch die Siedlungs- und Nutzungstätigkeit im alpinen Raum ist es allerdings kaum möglich den Bächen und Flüssen den Raum und die Dynamik zurückzugeben, den diese für die Wiederausbildung ihres natürlichen Abflussregimes benötigen würden. Es ist jedoch möglich angepasste Strategien zu entwickeln, um Bäche und Flüsse wieder, zumindest streckenweise, in ein Gleichgewicht zu bringen. So kann z.B. durch spezielle Geschiebesperrren an Wildbächen einerseits ein auftretender Murgang gestoppt und somit das Siedlungsgebiet geschützt werden, andererseits durch eine gezielte Selbsträumung des Rückhaltebeckens dem Bach Geschiebe wieder zugeführt werden. An Flüssen sind streckenweise Flussaufweitungen und Renaturierungsmaßnahmen bereits ausgeführt worden. Es zeigte sich aber, dass die ausgeführten Renaturierungsmaßnahmen teilweise Defizite aufwiesen, da für die zugrunde liegenden Planungen qualifizierte Eingangsdaten fehlten. Die für die Planungen verwendeten gängigen Geschiebetransportformeln wurden teilweise in Labors entwickelt oder basieren auf stark vereinfachten Annahmen. Speziell die Transportprozesse während eines Hochwassers konnten bislang nicht erfasst werden.

Um gesicherte Eingangsdaten für Planungen und Modelle zur Verfügung zu haben ist die Kenntnis des Geschiebehaushalts und der tatsächlichen Transportprozesse essentiell.

Somit sind langjährige Datenreihen von Geschiebemessungen sowie deren Auswertung und Validierung unerlässlich.

Geschiebemessungen in Österreich

In Österreich wurden bereits vor ca. 80 Jahren erste Versuche unternommen den Geschiebetrieb an Flüssen zu quantifizieren (Mühlhofer, 1933). Auch liegen seit Beginn von Verbauungstätigkeiten an Wildbächen Erfahrungen mit Geschiebe und den Auswirkungen der Transportprozesse vor, welches in der Entwicklung von Gefahrenzonenplänen und empirischen Formeln mündete.

Durch die Wasserrechtsgesetznovelle 2003 wurde die gesetzliche Forderung gestellt die Durchgängigkeit der Flüsse sowohl für das aquatische Leben als auch für Sedimente herzustellen.

Auch für Eingriffe in den Gewässerhaushalt z.B. durch den Bau von Wasserkraftanlagen werden Sedimenthaushaltuntersuchungen durch langfristige Messreihen gefordert. So wurde 2001 für den Bau des Kraftwerks Strassen-Amlach an der Drau eine der ersten Geophonanlagen in Österreich als Beweissicherungsmaßnahme installiert. Die Universität für Bodenkultur war schon früh in die Geschiebehaushaltuntersuchungen wissenschaftlich eingebunden. Seit dem Jahr 1994 werden LHSS Messungen an der Drau in Dellach durchgeführt und ergänzend im Jahr 1995 eine Geschiebefalle (Slot Sampler) in der Drausohle eingebaut.

Der Hydrographische Dienst Tirol unter der Leitung von Dr. Gattermayr spielte eine Vorreiterrolle bei der Errichtung von weiteren Geschiebemessanlagen in Österreich. Im Jahr 2000 wurde die Anlage in Vent in Betrieb genommen. Die Anlage in Dellach wurde 2006 zu einer intergalen (immer noch weltgrößten) Geschiebemessanlage ausgebaut mit einer Geophonanlage über den gesamten 50m breiten Fließquerschnitt ergänzt durch 3, in der Flusssohle eingebauten, Geschiebefallen und weitere Messsysteme (Trübemessgeräte, Pegelanlage, Temperaturmesssonden, Hydrophone, etc.). Weitere Anlagen wurden in Folge errichtet, zuletzt auch an Wildbächen in enger Zusammenarbeit mit der WLW (Urslau, Gesäuse) oder von Energieversorgern (z.B. von der Tiwag im Ötztal und Stubaital als Beweissicherungsmaßnahmen im Zuge von Wasserkraftprojekten). Im Zuge des wasserbaulichen Gesamtprojektes an der Donau im Nationalpark Donauauen wurden intensive Geschiebestudien durchgeführt und spezielle Messgeräte entwickelt (Sohlschubspannungsmessgerät, Ultraschallsonden, etc.).

Einzugsgebiet und Hydrologie

Das hochalpine Einzugsgebiet der Messstation in Vent, dessen Vergletscherung derzeit nur noch bei rund 35 % liegt, umfasst eine Fläche von 98,1 km². Im Einzugsgebiet liegen die großen Gletscherguppen Hochjoch-, Hintereis-, Kesselwand-, Guslar- und Vernagtferner. Abb. 9 zeigt die kumulativen Massenbilanzen des Vernagtfeners, Hintereisfeners und Kesselwandfeners der letzten Jahre (Braun, 2002). Alle Gletscher verlieren seit 1850 kontinuierlich an Masse, die jährlichen Abflussspenden variieren sehr stark. In den Sommermonaten kann es in heißen, wolkenfreien Perioden fast täglich zu einem einjährigen Hochwasserereignis kommen (Abb. 11). Durch sehr heiße Sommer und geringe Schneefälle in den Wintermonaten davor kam es zu einer sehr starken Gletscherschmelze in den Jahren 2003 und 2015.

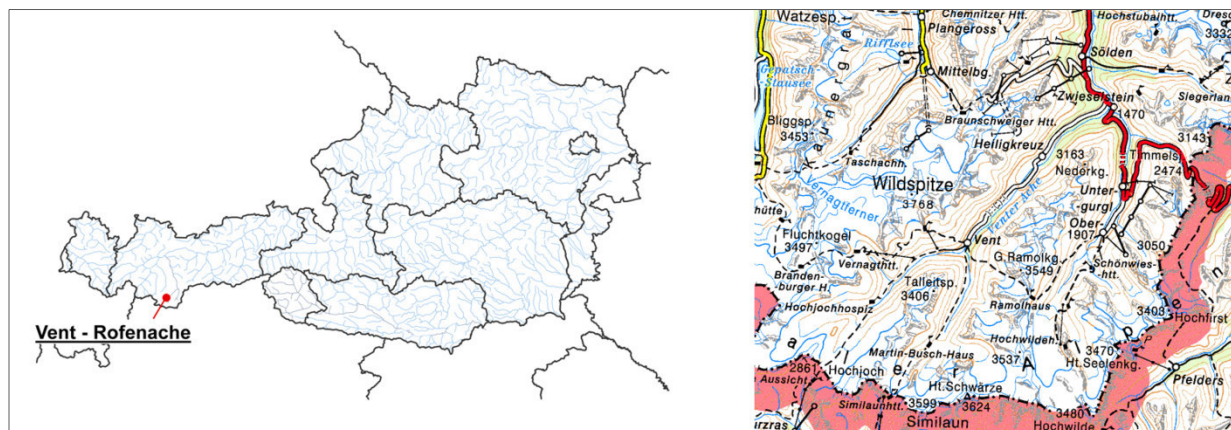


Abb. 8: Geographische Lage des Untersuchungsgebietes (digHAÖ,2009; ÖK500)

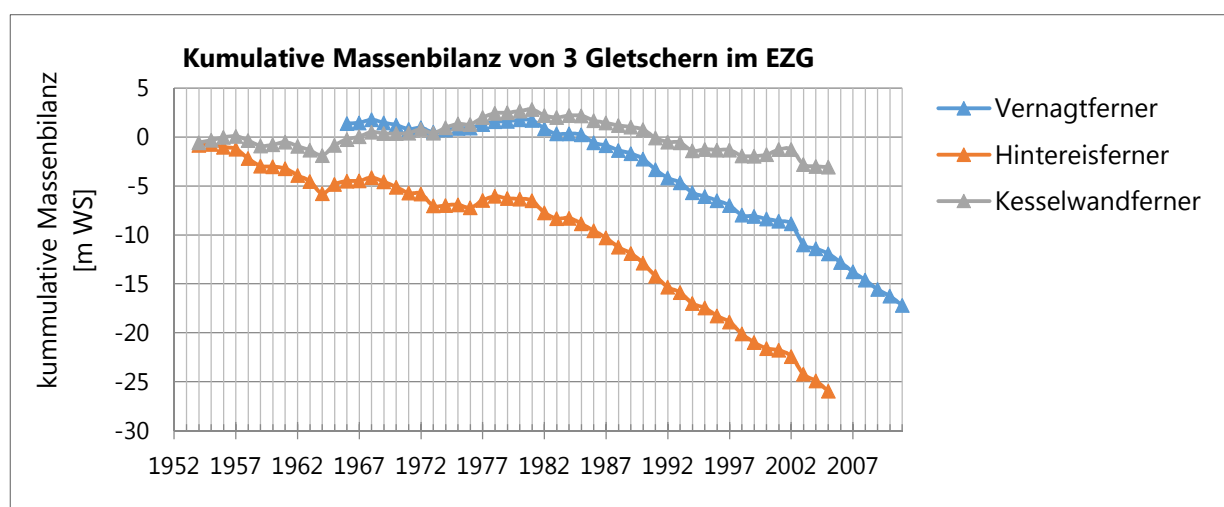


Abb. 9: Kumulative Massenbilanzen von 3 Gletschern (BAW)

Tabelle 1: Hydrologische Kennwerte Pegelstation Vent/Rofenache (hyd. Jahrbuch, 2012)

Messtellenummer	201350
Einzugsgebiet [km ²]	98.1
MQ (Reihe 1971 – 2012) [m ³ s ⁻¹]	4.55
NNQ (seit 1967) [m ³ s ⁻¹]	0.09
HHQ (seit 1967) [m ³ s ⁻¹]	109

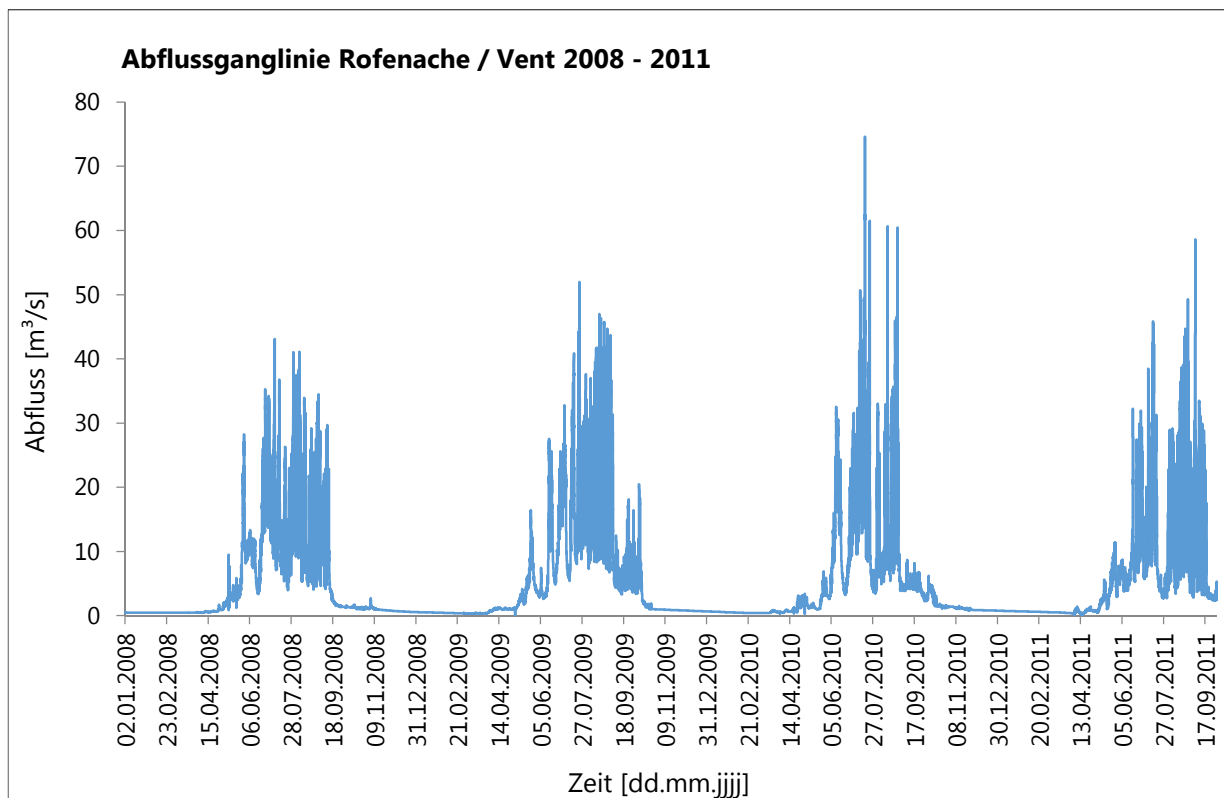


Abb. 10: Abflussganglinie Rofenache 2008-2011

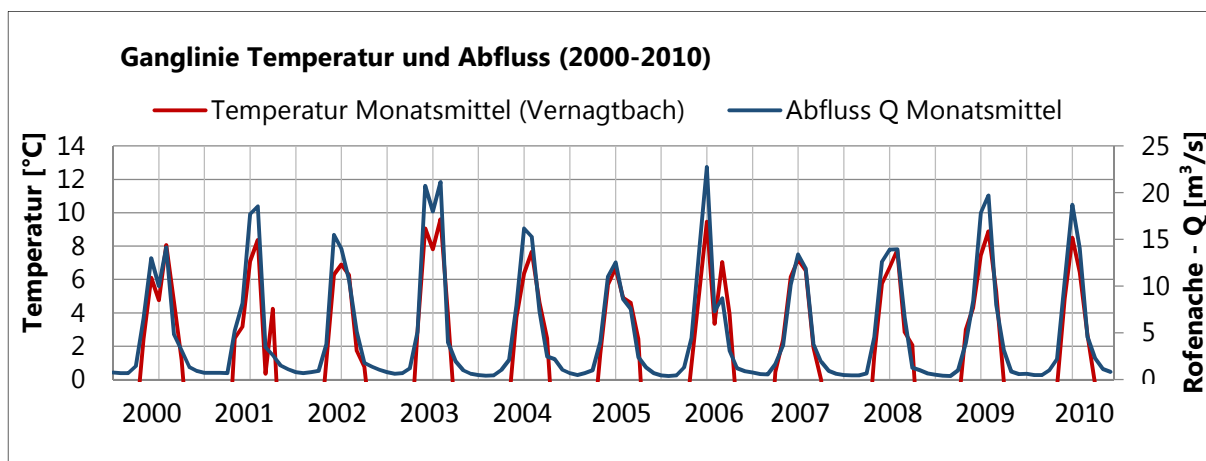


Abb. 11: Ganglinie Temperatur Vernagtbach (nur positive Werte berücksichtigt) und Abfluss Vent 2000 – 2010

Geologie

Die Rofenache folgt in ihrem Verlauf von der Quelle bis zur Einmündung in die Venter Ache hauptsächlich geologisch vorgegebenen Strukturen. Es herrschen die kristallinen und metamorphen Gesteine der Zentralalpen vor. Dazu zählen vorwiegend Paragneise und Glimmerschiefer sowie in geringen Anteilen Granitgneis, Kalk und Phyllite.

Die geologische Untersuchung einer Fangkorbprobe am „Institut für Angewandte Geologie“ der Universität für Bodenkultur in Wien ergab ebenfalls einen vorwiegenden Anteil an kristallinem Gestein von ca. 99 %. Der Rest setzt sich aus zuvor genannten Gesteinsarten zusammen.

Bau und Entwicklung des Pegels in Vent

- Bereits vor über 40 Jahren wurden Überlegungen zum Bau einer Pegelstelle in diesem hochvergletscherten Einzugsgebiet angestellt. Im Zuge des IHD-Forschungsprojektes „Eis- Wasser- und Wärmehaushalt im Rofental bei Vent“ konnte unter der Führung von Univ.Prof. Dr. Herfried Hoinkes, Institut für Meteorologie und Geophysik der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, die Verwirklichung dieser Maßnahme ins Auge gefasst werden.
- 1963 erfolgte die Installation eines Schreibpegels im Naturgerinne. Infolge der sehr turbulenten Abflussverhältnisse sowie der großen Sohlveränderung infolge des Geschiebetriebes konnten jedoch keine brauchbaren Aufzeichnungen gewonnen werden.
- Am 1. Juni 1966 wurde vom Hydrografischen Dienst Tirol in Zusammenarbeit mit der Studiengesellschaft Westtirol erstmals mit der Durchflussmessung begonnen.
- Mit den Bauarbeiten für einen neuen Pegel hat das Wasserbauamt Imst unter Dipl.-Ing. Walter Bupik am 13. Oktober 1966 begonnen. Im Dezember desselben Jahres wurden die Arbeiten zur Fertigstellung an die Wildbach- und Lawinenverbauung, Gebietsbauleitung Imst, unter OFR Dipl.-Ing. Dr. Emil Leys übergeben. Es wurde ein betoniertes Rechteckprofil vorgesehen, von dem die Sohle und der unterste Bereich der Leitwände mit Granit ausgekleidet wurden. Hinter der rechtsufrigen Leitwand wurde ein Messschacht samt Pegelhäuschen errichtet. Die Sohlsicherung erfolge durch Pilotierungen oberhalb und unterhalb des Bauwerkes. Die jeweiligen Bauabschnitte mussten während der Durchführung der Betonarbeiten aufgrund der tiefen Temperaturen eingehaust und beheizt werden. Am 12. Mai 1967 um 10:15 Uhr wurde der Pegel durch Auflegen des ersten Schreibstreifens in Betrieb genommen.
- In den folgenden Jahren kam es immer wieder zu Beeinträchtigungen der Messanlage z.B. Verlegung durch große Steine im Zulauf und Kolkbildung. Als erste Sanierungsmaßnahme wurde im Frühjahr 1969 eine massive Kolsicherung aus Flussbausteinen eingebaut.
- Am 8. Oktober 1969 führte die Gesellschaft für Strahlenforschung in München (Univ.Prof. Dr. Moser) Abflussmessungen mittels Tracer (Rhodamin WT-Lösung) durch. Vergleichsmessungen des Hydrografischen Dienstes und der Studiengesellschaft Westtirol bestätigten diese Ergebnisse.
- 1971 wurde das Bauwerk durch Vorsetzen einer „Wildbachsperre“ durch die Wildbach- und Lawinenverbauung Imst gesichert. Des Weiteren konnten auch sämtliche Schäden im Gerinne behoben werden.
- 1974 trat der Hydrografische Dienst Tirol dem Betreuungsdienst der Wildbach- und Lawinenverbauung bei.

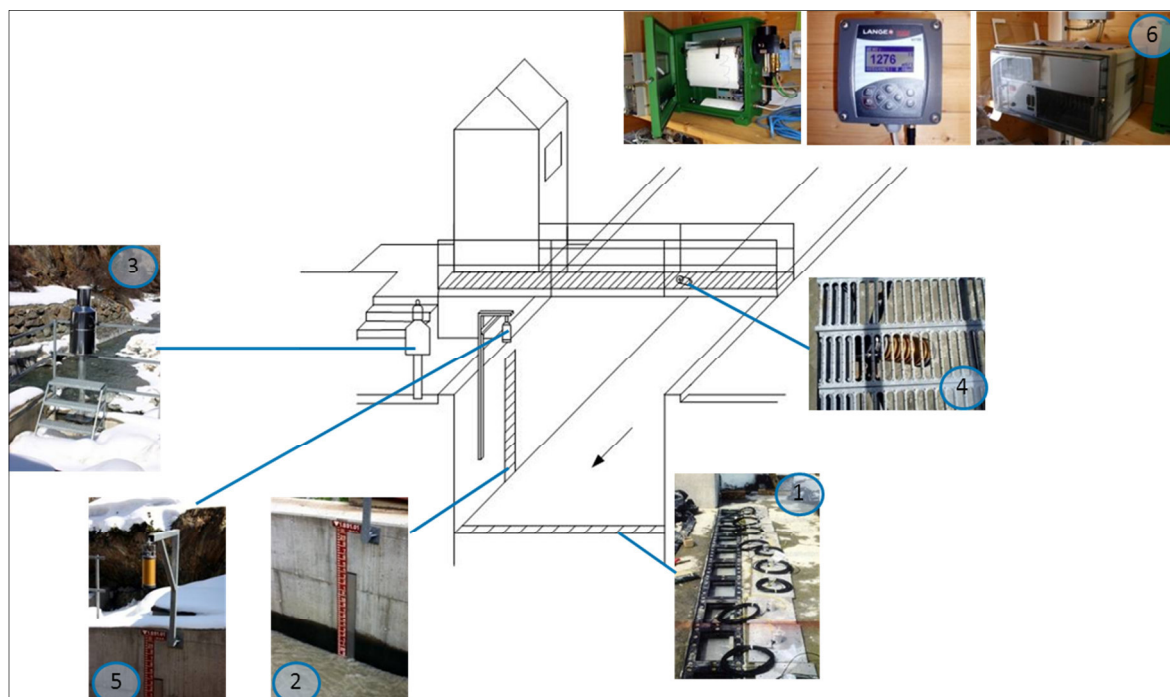
- Am 20. Februar dieses Jahres musste abermals ein großer Stein im Gerinne gesprengt werden.
- Am 19. Mai 1982 wurde ein Pneumatikpegel eingesetzt, da der Messschacht laufend versandete und dadurch der Schwimmerpegel falsche Aufzeichnungen lieferte. Bis die optimale Höhenlage für die Situierung der Ausperlöffnung gefunden werden konnte, musste diese in den folgenden Jahren aufgrund des Einsandens und des Sogeffektes insgesamt sechsmal versetzt werden.
- Eine neuerliche Sanierung des Gerinnes erfolgte im April 1989, da mehrere Steine der Sohlverkleidung herausgerissen waren. Die Wahl fiel auf den Einbau von „Mann-an-Mann“-verlegten U-Profilen.
- Im darauffolgenden Winter 1989/1990 begannen sich diese Profile infolge von Eisbildung im Gerinne zu deformieren, was zu einer erhöhten Wellenbildung und Abnützung der Profilkanten führte.
- 1994 wurde zudem das Fehlen von Granitquadern des Überfallbauwerkes festgestellt.
- Im Frühjahr 1997 fehlte bereits Teile der Verkleidung der Schwelle.
- Am 5. August des darauffolgenden Jahres unterspülte die hochwasserführende Rofenache die obere Hälfte der stählernen Sohlverkleidung, wodurch diese über den Messsteg hinweg ins Unterwasser fortgerissen wurde. Der Messsteg wurde dabei stark beschädigt.
- Aufgrund dieser Ereignisse und den Erkenntnissen aus den Vorjahren wurde noch im selben Jahr der Neubau des Pegels in die Wege geleitet, welcher im Frühjahr 1999 erfolgte (minimaler Durchfluss). Dem Beton wurde zum Schutz der Gerinnesohle Kupferschlacke (Fayalit) zugegeben. Im Zuge des Neubaus wurde die Geophonanlage mit errichtet.
- Bereits nach dem ersten Messsommer bot sich am Pegel Vent/Rofenache an der Gerinnesohle ein Bild der Zerstörung. Aufgrund des massiven Geschiebetriebes und der abrasiven Wirkung des Geschiebes wurde die spezielle Betonsohle des Messgerinnes über den Sommer hinweg geradezu „abgeschmirlgelt“. Im Durchschnitt verlor die Betonsohle mehr als 5 cm an Substanz, sogar die Bewehrung der Sohle wurde größtenteils völlig freigelegt.
- Aus Zeit- und Kostengründen entschloss man sich kurzfristig die Sohle im darauf folgenden Frühjahr mit Stahlplatten auszukleiden. Die Stahlplatten hatten eine Stärke von 15 mm und wurden kraftschlüssig über verschweißte Anker mit dem Untergrund verbunden. Diese Maßnahmen sollten nun den Bestand der Gerinnesohle sichern.
- Im Winter 2006/2007 musste man jedoch erneut feststellen, dass auch die 15 mm starken Stahlplatten durch den massiven Geschiebetrieb und die abrasive Wirkung des Gletscherschliffes im Hauptstromstrich des Gerinnes auf Blechstärke abgearbeitet wurden. Durch stellenweises Flickern der Stahlsohle (Schweißarbeiten) konnte man zwar über einen bestimmten Zeitraum entstandene Schäden vorübergehend beseitigen, jedoch das Ausmaß der schrittweisen Zerstörung an der stählernen Gerinnesohle machte eine erneute umfassende Sanierung unumgänglich. Gemeinsam mit Fachexperten anderer Disziplinen wurde ein nachhaltiges Schutzkonzept entwickelt. Das Gerinne wurde im März 2009 mit Gummiplatten ausgekleidet und die Geophonanlage erneuert mit neuer Technologie.
- Im Frühjahr 2015 mussten zuletzt kleinere Ausbesserungsarbeiten an der Gerinnesohle vorgenommen und ein defektes Geophon erneuert werden. Das Schutzkonzept für die Pegelanlage erscheint erfolgreich zu sein.

Methodik

Messstation Vent / Rofenache

Abb. 12 zeigt eine Skizze der Messstation. Folgende Messgeräte sind an der Station installiert:

- Geophonanlage
- Trübesonde
- Lattenpegel
- Drucksonde
- Radarsonde
- Temperatursensor
- Ombrometer
- Radarsonde



1. Geophonanlage, 2. Lattenpegel, 3. Ombrometer, 4. Radarsonde v – Oberflächengeschwindigkeit, 5. Radarsonde W – Wasserstandsmessung, 6. Pegelhaus

Abb. 12: Übersicht Messstation Vent / Rofenache



Abb. 13: Ansicht Messstation

Geschiebemessung an der Rofenache

Geschiebemessungen erfolgen an der Rofenache anhand direkter (Mobiler Geschiebefangkorb) und indirekter (Geophonanlage) Messmethoden.

Direkte Geschiebemessung - mobiler Geschiebefangkorb

1999 bis 2007 wurden Geschiebeentnahmen mittels eines einfachen Fangkorbes durchgeführt. Der Fangkorb konnte allerdings aufgrund der starken Strömung nicht definiert an der Gerinnesohle platziert werden. Es konnten erste Erkenntnisse zum Geschiebetrieb gewonnen werden.

Die direkte Erfassung des Geschiebetransportes erfolgt seit 2007 mit einem von DI Kerschbaumsteiner konzipierten mobilen Geschiebefangkorb („Vent Sammler“) nach dem Vorbild von Bunte (Bunte et al., 2004). Der Fänger wurde von DDI Seitz an die örtlichen Gegebenheiten angepasst und realisiert.

Der Fangkorb hat eine Öffnungsweite von 0,44 m Breite und 0,26 m Höhe. Das Netz hat eine Maschenweite von 3,5 mm * 6,5 mm und eine Maximallänge von 2 m. Das Ende wird mittels Zurrigurt zugebunden, was ein rasches Entleeren des Geschiebefängers ermöglicht. Abb. 14 zeigt Fotos des Geschiebesammlers. Eine Skizze mit den wesentlichen Abmessungen des Messgerätes zeigt Abb. 15.

Die Geschiebemessung mit dem mobilen Geschiebefänger erfolgt von einem Kranwagen aus. Der Fänger wird in der Mitte des Messprofils auf der Flusssohle aufgesetzt und nach einer vom Geschiebetrieb abhängigen Messdauer wieder emporgehoben, auf das Ufer zurückgeschwenkt und dort entleert.

Um die zeitliche Variabilität des Geschiebetransportes zu berücksichtigen, werden drei Messungen hintereinander durchgeführt. Die Bestimmung des Geschiebetriebs [kg/ms] erfolgt durch Mittelung der drei aufeinanderfolgenden Messungen. Die Rofenache weist einen stark ausgeprägten Tagesgang auf. Die

Geschiebemessungen werden in regelmäßigen Abständen über den Tag verteilt um die gesamte Abflusswelle zu erfassen.

Wichtig bei dem Messvorgang ist die Rückverankerung mittels Spannseil und Karabiner in der Ufermauer. Es wird hiermit ein Abdriften des Sammlers während des Messvorganges verhindert.

Die direkte Messung des Geschiebetransportes ermöglicht neben der Ermittlung des Geschiebetriebes auch die Bestimmung der Textur. Die Erstellung von Sieblinien und die Bestimmung der charakteristischen Korngrößen sind möglich. Die Öffnungsweite des Einlaufbereichs stellt die obere Grenze des erfassbaren Korngrößenspektrums dar, die Maschenweite des Fangnetzes begrenzt die minimal erfassbare Korngröße.

Zu Zeit ist es nur möglich die Geschiebemessung mit dem Fangkorb oberstrom der Geophonanlage durchzuführen.



Abb. 14: Geschiebemessung mit dem mobilen Geschiebefänger (a,b), Geschiebeprobe (c)

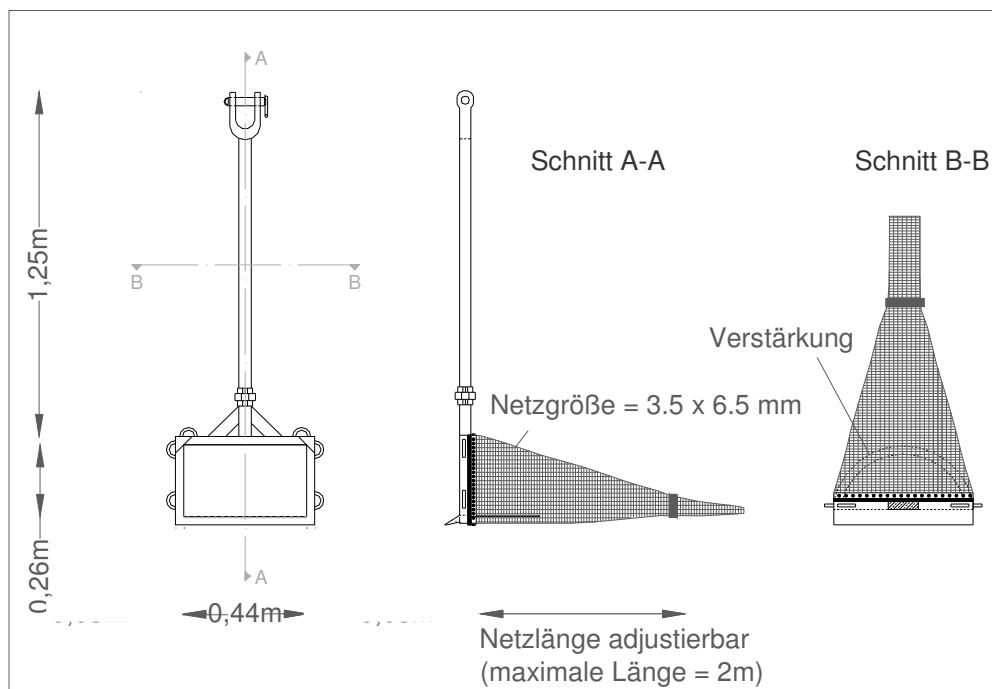


Abb. 15: Systemskizze Mobiler Geschiebefänger

Indirekte Geschiebemessung – Geophonanlage

Geophone sind Schwingungssensoren und stammen aus der seismischen Untergrunderkundung. Zur indirekten Messung des Geschiebetransportes werden die Geophone an der Unterseite von Stahlplatten angebracht (Abb. 16a). Diese Stahlplatten werden wasserdicht über das gesamte Flussprofil an der Gerinnesohle eingebaut.

Wird das Geschiebe über die Platten transportiert, so wird eine Vibration erzeugt, die vom Geophon registriert wird. Dieses Signal wird in ein elektrisches Spannungssignal transformiert und von einem Computersystem weiterverarbeitet. Durch diese automatisierte Messmethode ist es möglich, den Geschiebetransport kontinuierlich über die gesamte Flussbreite zu erfassen.

Abb. 16b zeigt ein Beispiel des Rohdatensignals, welches mit 10kHz erfasst wird. Folgende Daten werden von einer Software verarbeitet und abgelegt:

- kontinuierlich bei jedem Geophon:
 - Anzahl der Impulse / Minute (Nulldurchgang eines Schwellenwertes von 0.1 Volt)
 - Maximale Amplitude / Minute
 - Integral der quadrierten Mittelwerte / Minute
- bei Bedarf an einem einzelnen Geophon
 - Rohdatensignal
 - Sekundendaten

An der Messstelle Rofenache / Vent sind 13 Geophone bzw. seit 2009 12 Geophone eingebaut.

Durch die kontinuierliche und automatisierte Erfassung des Geophonsignals werden zeitlich hoch auflösende Angaben über die Querverteilung im Messprofil, die zeitliche Variabilität des Geschiebetransportes, sowie des Transportbeginns gewonnen.

Die Bestimmung der Korngrößen ist bei dieser indirekten Geschiebemessmethode nicht möglich. Eine Kalibrierung mit den Ergebnissen des mobilen Geschiebefängers ist erforderlich.

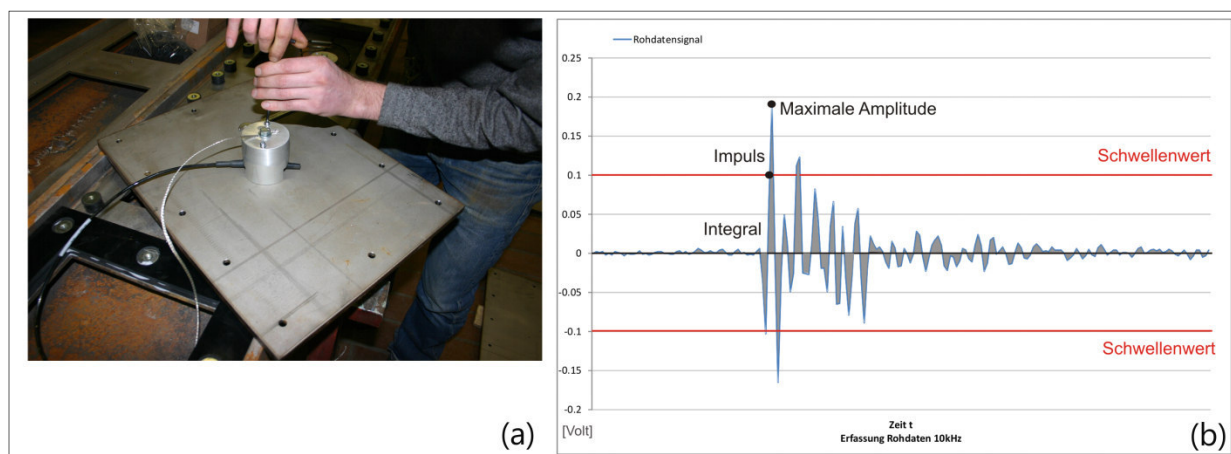


Abb. 16: Stahlplatte mit montiertem Geophon (a); Verarbeitung des Geophonsignals (b)

Siebanalyse

Die Geschiebeprobe, die mit dem mobilen Geschiebefänger entnommen werden, werden getrocknet und anschließend gesiebt. Ergebnisse der Siebanalyse sind die Trockenmasse der Geschiebeprobe und die Korngrößenverteilungen bzw. charakteristischen Korngrößen des Sedimentmaterials.

Ergebnisse

Die Ganglinien der Geophonimpulse und des Durchflusses ist für das Jahr 2012 beispielhaft in Abb. 17 dargestellt.

Die Anzahl der registrierten Geophonimpulse zeigt eine hohe Variabilität. Es zeigte sich, dass die Zahl der aufgezeichneten Geophonimpulse im Jahr 2010 um etwa das 12 fache größer war als im Jahr 2014, wo vergleichsweise wenig Geschiebetransport stattgefunden hat.

Das nivo-glaziale Regime der Rofenache, mit sehr niederen Durchflüssen im Winter und hohen Abflussraten in den Sommermonaten ist an allen Ganglinien der letzten Jahre klar erkennbar.

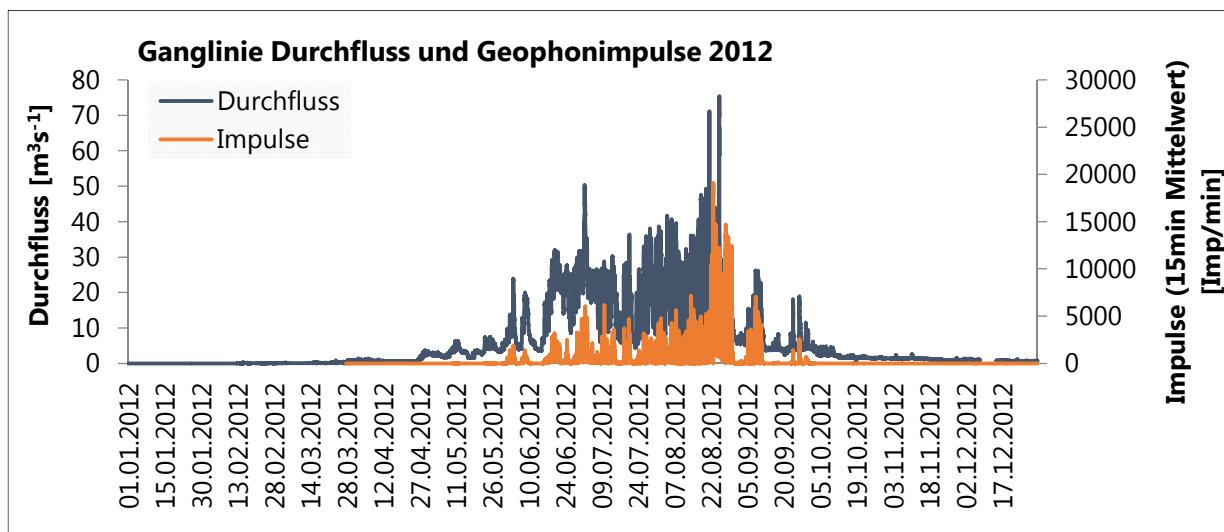


Abb. 17: Ganglinie Geophonimpulse und Durchfluss 2012

Zeitliche und räumliche Variabilität des Geschiebetransportes

Die kontinuierliche Datenerfassung der Geophonanlage ermöglicht es, den Geschiebetransportprozess ganzheitlich zu erfassen und den zeitlich und räumlich variablen Prozess näher verstehen und beschreiben zu können.

Abb. 18 zeigt den Anteil der einzelnen Monate an der Jahressumme für die Jahre 2008-2014. Es ist deutlich sichtbar, dass der meiste Geschiebetransport in den Sommermonaten registriert wurde.

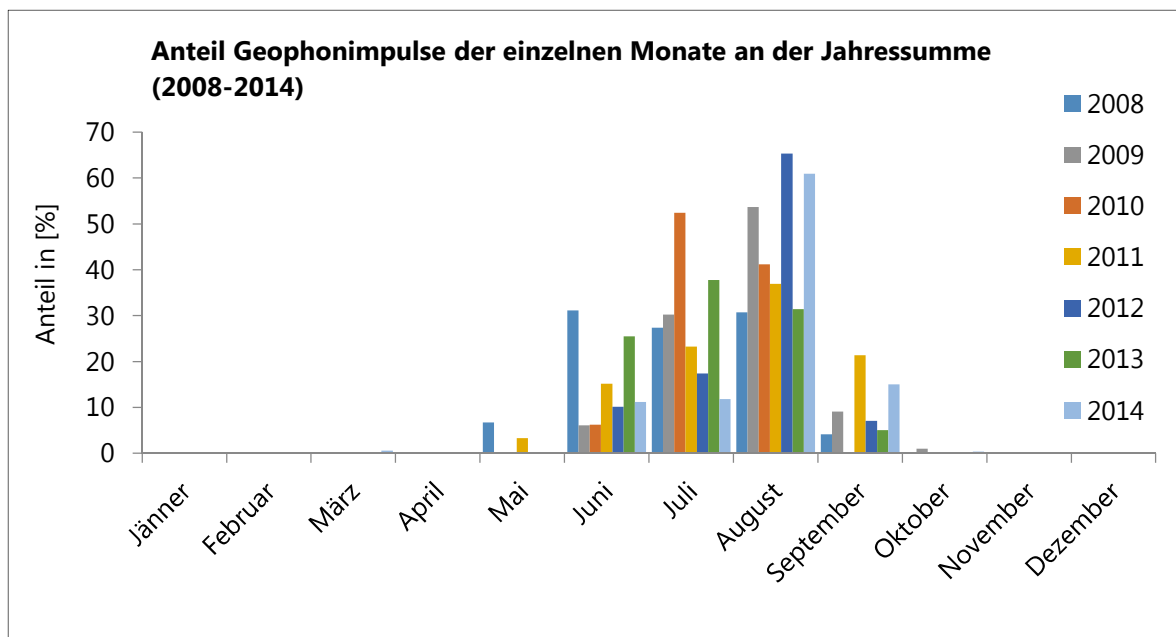


Abb. 18: Anteil der Geophonimpulse der einzelnen Monate an der Jahressumme

Die räumliche Verteilung der Geschiebetransportintensität in einem Messquerschnitt ist veränderlich. An der Messstation Vent findet der Geschiebetransport vermehrt auf der orografisch rechten Seite statt. Beispielhaft ist die Querverteilung in Abb. 19 dargestellt

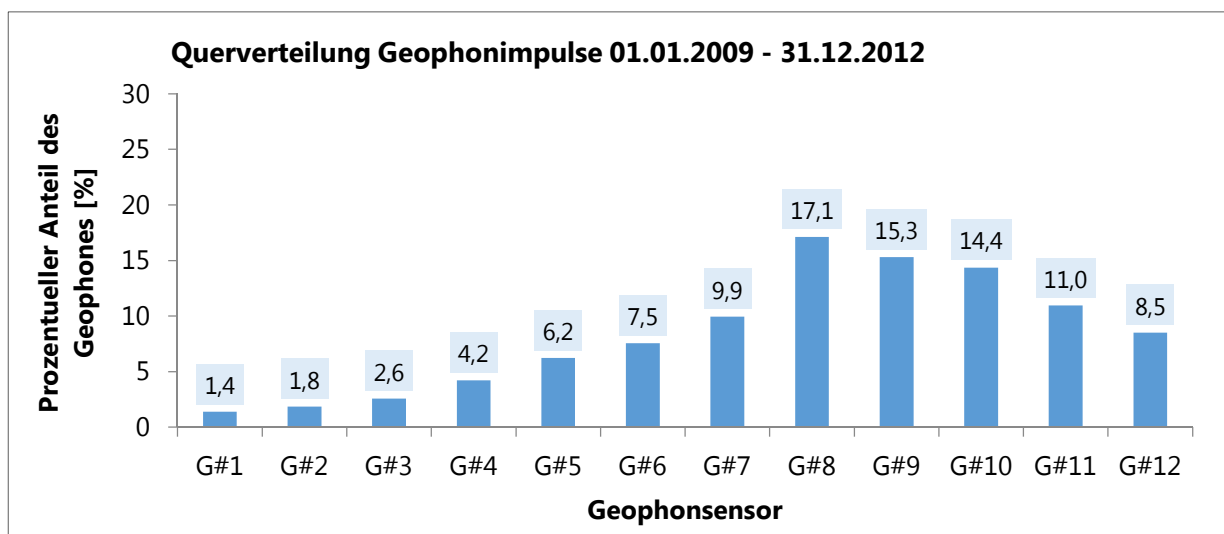


Abb. 19: Querverteilung der Geophonimpulse 01.01.2009 – 31.12.2012

Abb. 20 zeigt die zeitliche und räumliche Verteilung der registrierten Geophonimpulse an der Messstation im ausgewählten Zeitraum 01.06.2013 – 30.08.2013. Einzelne Geschiebeereignisse und die zeitliche und räumliche Variabilität des Geschiebetransportprozesses sind in dieser Abbildung klar ersichtlich.

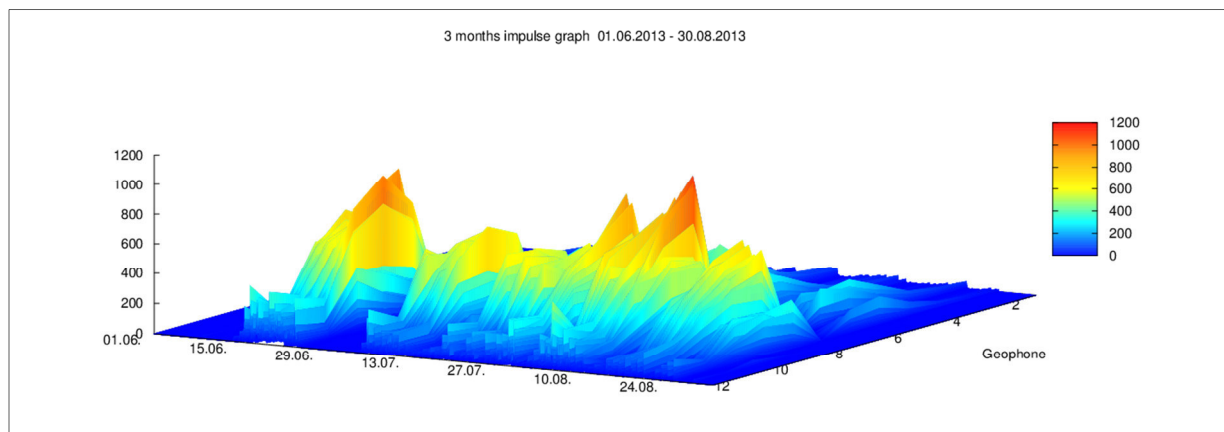


Abb. 20: Variabilität der Geophonimpulse 01.06.2013 – 30.08. 2013 (3D Darstellung)

Zusammenhang indirekte Geschiebemessung und Abfluss

Abb. 14 zeigt die Durchflussganglinie an der Rofenache und die zeitgleich registrierten Minutensummen bzw. 5-Minutenmittelwerte der Geophonimpulse. Der Tagesgang von Durchfluss und Geschiebetransportintensität vom 16.08.2011 ist in Abb. 14 - Wochenganglinie Geophonimpulse dargestellt.

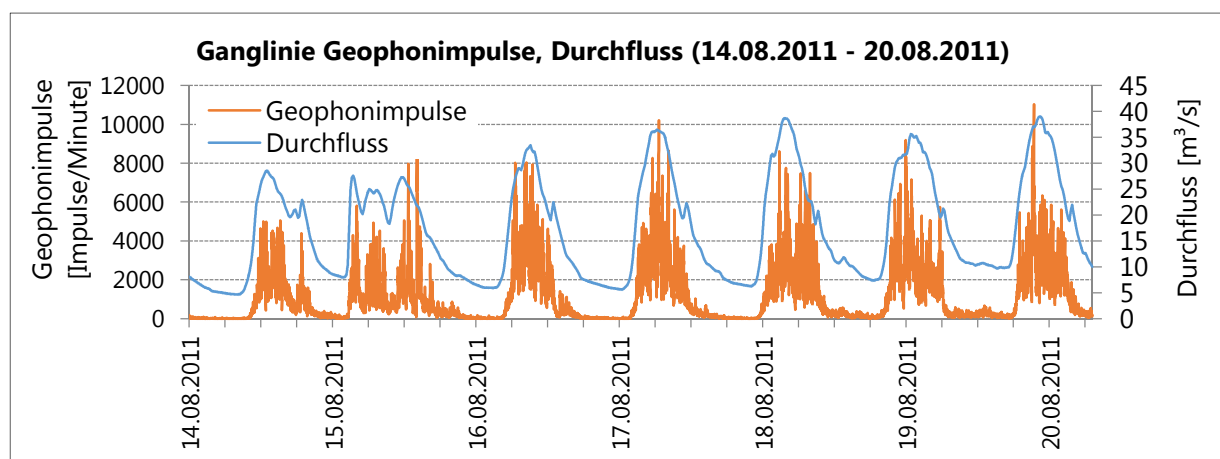


Abb. 21: Ganglinie Summe Geophonimpulse und Durchfluss 14.08.2011 bis 20.08.2011

Gleiche Abflussereignisse führen jedoch nicht immer zur gleichen Geschiebetransportintensität. Dadurch wird das Monitoring des Geschiebetransportprozesses und in weiterer Folge die Berechnung von Transportraten und Transportfrachten erschwert.

Ein starkes Regenereignis führte am 17.07.2010 zusätzlich zu dem von der Gletscherschmelze bedingten Abfluss zu einem raschen Anstieg des Abflusses bis zu einer Spitze von 75 m³/s. Auf Abb. 22 ist ersichtlich, dass in den Tagen vor dem Hochwasserereignis die registrierten Geophonimpulse eine starke Abhängigkeit vom Durchfluss aufweisen. Während des Hochwasserereignisses steigt die Anzahl der Impulse nur gering an. Am 18.07.2010 steigt, nach Abklingen der Hochwasserspitze, plötzlich die Anzahl der registrierten Geophonimpulse. In den nachfolgenden Tagen bleibt die Anzahl der Geophonimpulse auf hohem Niveau, folgt aber dem Tagesgang des Durchflusses. Das Ansteigen der Geophonimpulse kann auf eine erhöhte Verfügbarkeit des Geschiebematerials (z.B. Murenabgang) zurückgeführt werden.

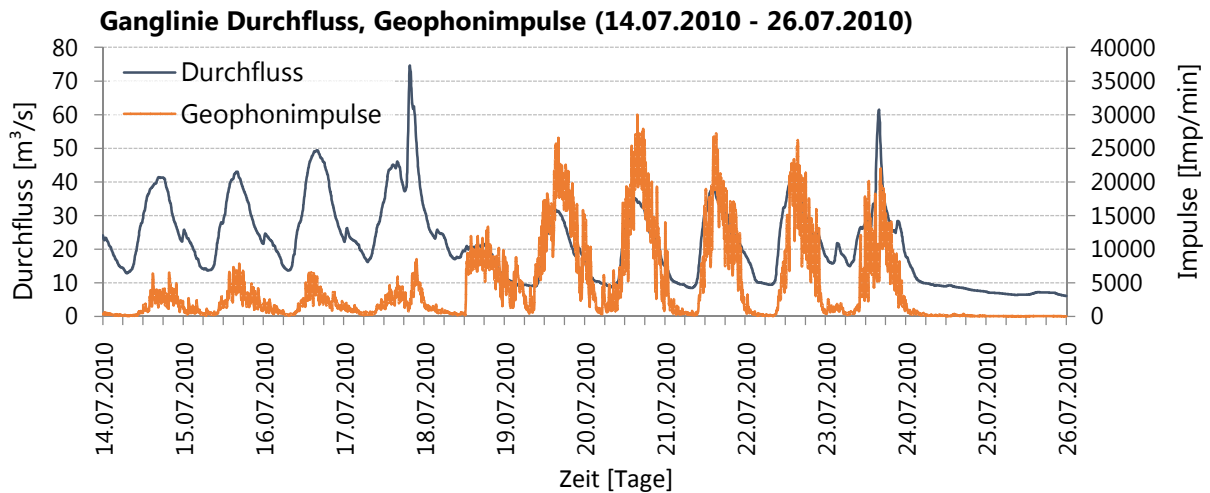


Abb. 22: Ganglinie Durchfluss, Geophonimpulse (14.07.2010 - 26.07.2010)

Zusammenhang direkte Geschiebemessung und Abfluss

Der Geschiebetrieb kann durch Fangkorbmessungen bestimmt werden. Die Hochrechnung des Geschiebetriebes [kg/ms] auf den Geschiebetransport [kg/s] im Profil erfolgt über die Querverteilung der erfassten Geophonimpulse.

Abb. 16 zeigt den ermittelten Geschiebetransport [kg/s] von den in den Jahren 2008 bis 2014 an der Messstation durchgeführten Fangkorbmessungen. Die Messwerte sind in dieser Abbildung dem Durchfluss gegenübergestellt. Mit steigendem Durchfluss ist auch mit größerem Geschiebetransport zu rechnen. Im unteren Durchflussbereich ist dieser Zusammenhang klar ausgeprägt. Je größer der Durchfluss wird, desto stärker streut dieser Zusammenhang. Über Korrelationen zwischen Geophonimpulsen, Durchfluss und direkter Geschiebemessungen mittels mobilem Fangkorb wurden Geschiebefrachten ermittelt (Abb. 17). Für die Gegenüberstellung der Ergebnisse der Fangkorbmessungen mit den Geophondaten muss berücksichtigt werden, dass die Geophone nur Steine größer ~20 mm registrieren.

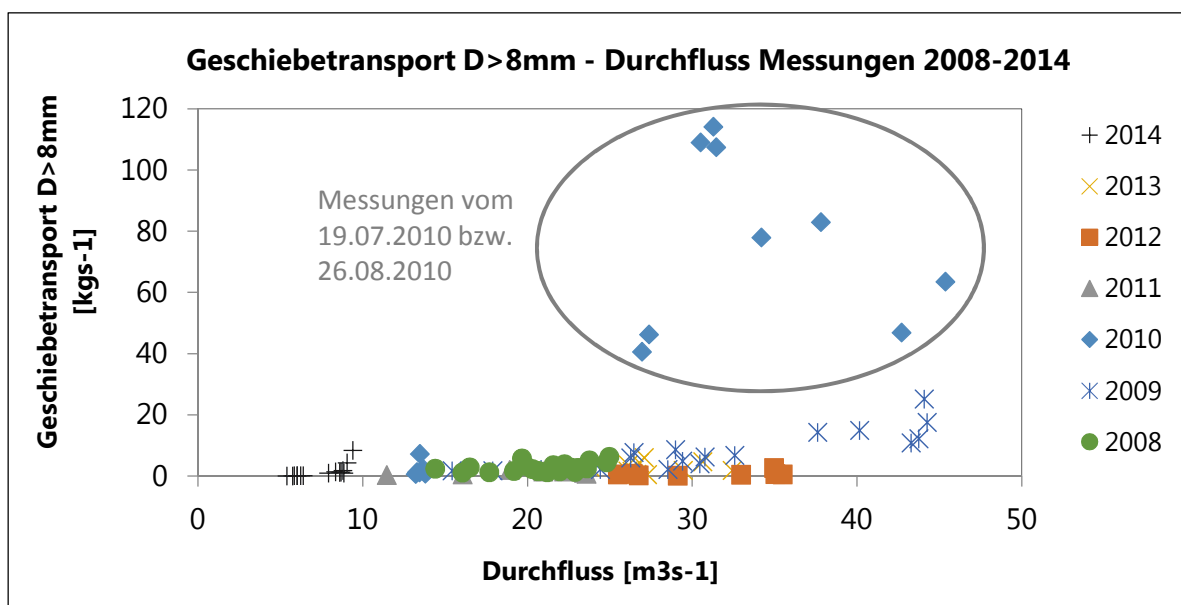


Abb. 16: Zusammenhang Geschiebetransport (Fangkorbmessung) $D > 8\text{mm}$ - Durchfluss 2008-2014

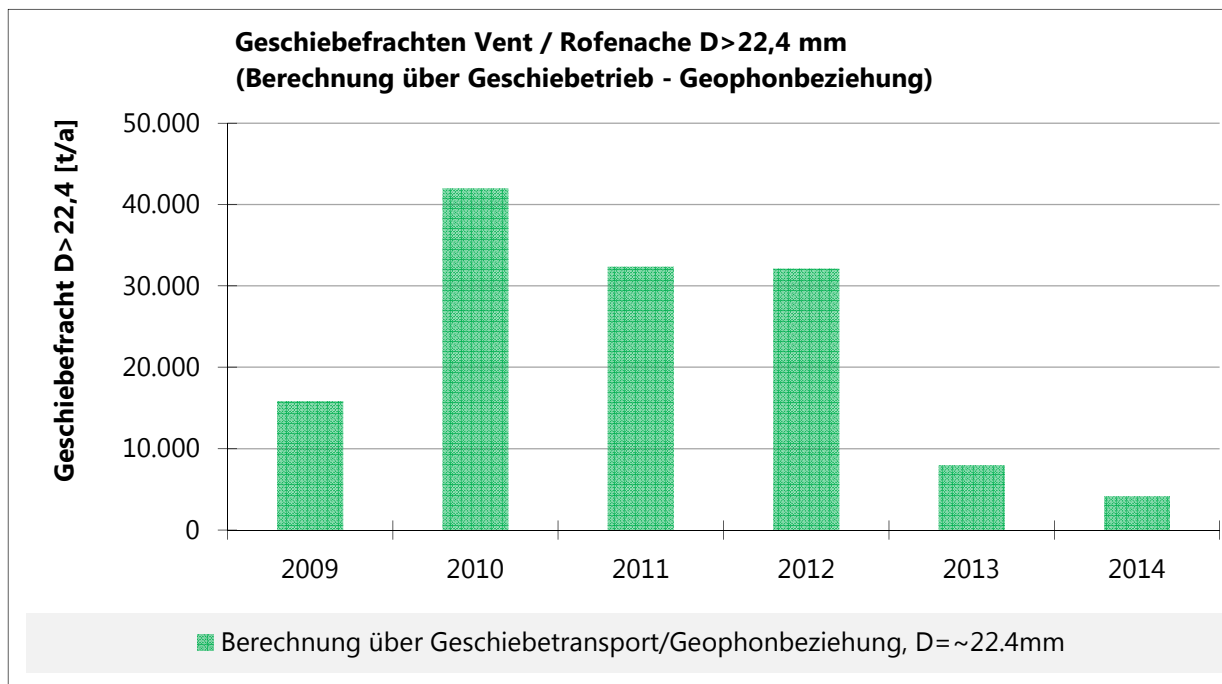


Abb. 17: Geschiebefrachten Vent / Rofenache $D > 22,4$ mm, Geschiebetrieb-Geophonbeziehung

Zusammenfassung und Ausblick

Der Geschiebetransport an der Rofenache wird durch die Kombination von indirekten und direkten Geschiebemessungen seit 2007 integrativ erfasst.

Der Geschiebetransportprozess wird kontinuierlich und automatisch mit der Geophonanlage aufgezeichnet. Geschiebetransportereignisse können analysiert werden. Die räumliche und zeitliche Variabilität des Geschiebetransportes wird erfasst. Durch die kontinuierliche Erfassung des Geschiebetransportprozesses mit den Geophonen kann an der Messstation der Bewegungsbeginn bei etwa $4 \text{ m}^3/\text{s}$ beobachtet werden. Dieser Wert ist als untere Grenze für den Bewegungsbeginn anzusehen.

Die direkte Beprobung mit dem Mobilten Geschiefefänger („Vent-Sammler“) hat sich bei kleinen bis mittleren Ereignissen bewährt. Die Probenentnahme mit dem Kranwagen ist gut durchführbar. Bei Hochwasserereignissen mit starkem Geschiebetransport ist die Beprobung mit dem Fangkorb nur eingeschränkt möglich. Zusätzlich wird bei der Probenentnahme mit dem Fänger nur ein begrenztes Korngrößenspektrum erfasst. Nach oben hin ist das Spektrum durch die Breite des Einlaufbereiches, nach unten hin durch die Maschenweite eingeschränkt.

Der beobachtete Geschiebetransport weist grundsätzlich eine Abhängigkeit vom Durchfluss auf. Die Güte der Geschiebetransport - Durchflussbeziehung wird jedoch auch durch andere Parameter (Geschiebeverfügbarkeit, Ereignisgeschichte...), die den Geschiebetransportprozess bestimmen, beeinflusst. Bei der Berechnung von Jahresfrachten muss dies beachtet werden.

Geschiebetransportfrachten für die Jahre 2009 – 2014 werden über die Geschiebetransport – Durchflussbeziehung und die Geophon – Geschiebetriebbeziehung ermittelt. Die Geschiebefracht für das Jahr 2014 ist im Vergleich zu den anderen Jahren gering, nach vorläufigen Auswertungen für das Jahr 2015 überproportional hoch.

Direkte (Fangkorb) und indirekte (Geophonanlage) Messmethoden an der Messstation Rofenache weisen einen guten Zusammenhang auf, somit können mit diesem integrativen Geschiebemesssystem gute Aussagen über die Transportprozesse getätigt werden.

Literatur

- Hydrografisches Jahrbuch (2012) Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Hydrografischer Dienst in Österreich, 2012, Band 120
- Regeln Geschiebemessungen (1992), DVWK, Verlag Paul Parey, Heft 127, S. 14 – 29
- Vent/Rofenache Pegelsanierung 1998/99 (1999), Amt der Tiroler Landesregierung – Abt. Wasserwirtschaft – Sachgebiet Hydrographie, Innsbruck,
- J. Pfister (2008): Chronologie – Problematik Pegel Vent/Rofenache Amt der Tiroler Landesregierung – Abt. Wasserwirtschaft – Sachgebiet Hydrographie, Innsbruck
- L. Mühlhofer (1933): Untersuchungen über die Schwebstoff- und Geschiebeführung des Inn nächst Kirchbichl (Tirol), Sonderdruck aus „Die Wasserwirtschaft“, Wien, , Hefte 1 bis 6, S. 23
- Bunte, K., S. R. Abt, J. P. Potyondy, and Ryan, S. E., 2004, Measurement of coarse gravel and cobble transport using portable bedload traps, J. Hydraul. Eng., 130, 879–893.
- H. Seitz (2008) Innovative Bed Load Measurement System for large Alpine Rivers, Universität für Bodenkultur Wien
- M. Kraler (2009): Geschiebetransportuntersuchungen mittels Geophon- und Fangkorbmessungen an der Rofenache/Vent/Ötztal und Dokumentation der Messanlage, Bachelorarbeit
- Kreisler, et al (2015): Geschiebetransportuntersuchung Rofenache, Tätigkeitsbericht 2008-2014
- Amt der Tiroler Landesregierung – Abt. Wasserwirtschaft – Sachgebiet Hydrographie Innsbruck, (1999): Vent/Rofenache Pegelsanierung 1998/99
- Bunte, K., S. Abt, J. Potyondy, and S. Ryan (2004) Measurement of Coarse Gravel and Cobble Transport Using Portable Bedload Traps: Journal of Hydraulic Engineering, v. 130, p. 879-893
- L. Braun (2002) Droht im nächsten Sommer Hochwasser vom Gletscher?, Fachvortrag, Bayerische Akademie der Wissenschaften

Freitag 16. Oktober 2015

11:00-11:30

Ingenieurgeologische Untersuchungen an einer Felsgleitung am Gepatschferner (Kaunertal, Tirol)

Vehling, Lucas¹, Moser, Michael¹, Glira, Phillipp², Baewert, Henning³ Morche, David³, Rohn, Joachim¹

¹Lehrstuhl für Angewandte Geologie, Universität Erlangen Nürnberg (Kontakt: lucas.vehling@fau.de)

²Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Photogrammetrie und Laserscanning TU-Wien

³Institut für Geowissenschaften und Geographie, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Zusammenfassung

Die aktive Felsgleitung befindet sich direkt an der orographisch rechten Flanke der in den letzten Jahrzehnten stark zurückschmelzenden Gepatschfernerzunge im Kaunertal. Bewegungsraten der Felsgleitung sowie Massentransporte durch Stein- und Blockschläge im kompletten von Instabilitäten gekennzeichneten Hangbereich und wurden mit multitemporalen LiDAR-Messungen ermittelt. Die Bewegungsraten der Felsgleitung lagen zwischen 2006 und 2014 bei durchschnittlich etwa einem Meter pro Jahr an den aktivsten oberen Hangpartien. Seit 2012 konnte eine Zunahme der Bewegungsraten gemessen werden, im Jahr 2014 wurden außerdem Bergzerreißungsspalten am Oberhang sichtbar. Im Zuge der Felsgleitungsprozesse wurden verstärkt Stein- und Blockschläge aus mehreren sich rasch vergrößernden Ausbruchsnischen mobilisiert. Allein zwischen September 2012 und August 2014 wurden durch die Sturzprozesse kleiner Magnitude ca. 100.000 m³ Gesteinsmaterial am Hangfuß auf dem Gletscher abgelagert.

1. Einleitung

Gravitative Massenbewegungen sind weitverbreitete natürliche Prozesse, die vor allem in alpinen Hochgebirgen aufgrund der hohen Reliefenergie intensiven Gesteinsverwitterungsprozessen und geotechnischen Gebirgseigenschaften auftreten. Aus diesen Prozessen erwachsen Naturgefahren, sofern sie in bewohnten oder touristisch genutzten Gebieten auftreten. In neuzeitlich enteisten Gebieten wird eine Intensivierung der gravitativen Prozesse erwartet (Harris et al. 2009), denn durch den schnellen Gletscherrückzug werden glazial übersteilte Hangflanken kaltklimatischen Verwitterungsprozessen ausgesetzt (Ballantyne 2002). Weiterhin bereiten Entlastungsvorgänge und Entspannungsprozesse durch die Erweiterung von Rissen im Fels Massenbewegungen vor. Auf diese Weise können ganze Bergflanken in relativ kurzer Zeit destabilisiert werden, vor allem wenn diese bereits eine geringe Gebirgsfestigkeit aufgrund persistenter Trennflächensysteme aufweisen (Jaboyedoff et al. 2012). Deshalb zeigen einige Arbeiten eine Zunahme von Massenbewegungen im proglazialen alpinen Raum (z.B. Noetzi et al. 2003, Fischer et al. 2006, Vehling et al. 2015). Die Gneise des Ötztalkristallins waren im Kaunertal bereits in den vergangenen Jahrzehnten von Massenbewegungen betroffen und sind daher seit mehreren Jahrzehnten Gegenstand der ingenieurgeologischen Forschung (z.B. Zischinsky 1969, Tentschert 1998, Heißel & Weber 2000, Zangerl et al. 2010). In dieser Arbeit werden erste Ergebnisse zum Bewegungsverhalten der Felsgleitung an der 'Schwarzen Wand' im oberen Kaunertal präsentiert. Die Arbeiten wurden im Rahmen des DFG/FWF-Paketprojekts PROSA (Hochaufgelöste Messungen der Geomorphodynamik in sich schnell

verändernden proglazialen Systemen der Alpen) durchgeführt. Dieses interdisziplinäre Forschungsprojekt, an dem österreichische und deutsche Universitäten beteiligt sind, beschäftigt sich mit den Folgen der Gletscherschmelze im Sedimenthaushalt in den seit 1850 eisfrei gewordenen Gebieten (Heckmann et al. 2012).

2. Lage und geologisch-morphologischer Überblick

Die Felsgleitung 'Schwarze Wand' befindet sich im oberen Kaunertal auf 2400 - 2.900 m ü. NN und grenzt unmittelbar an den Gepatschferner (Abb. 23, Abb. 24). Der Ortsname 'Schwarze Wand' bezeichnet in den topographischen Alpenvereinskarten den kompletten Gebirgszug östlich der Gletscherzunge, dessen höchster Gipfel die Schwarzwand Spitze (3467 m ü. NN.) ist. Der Begriff 'Schwarze Wand' wird in dieser Arbeit im engeren Sinne für den geotechnisch hochaktiven, unteren süd-west exponierten Hang der Schwarzwand Spitzen verwendet.

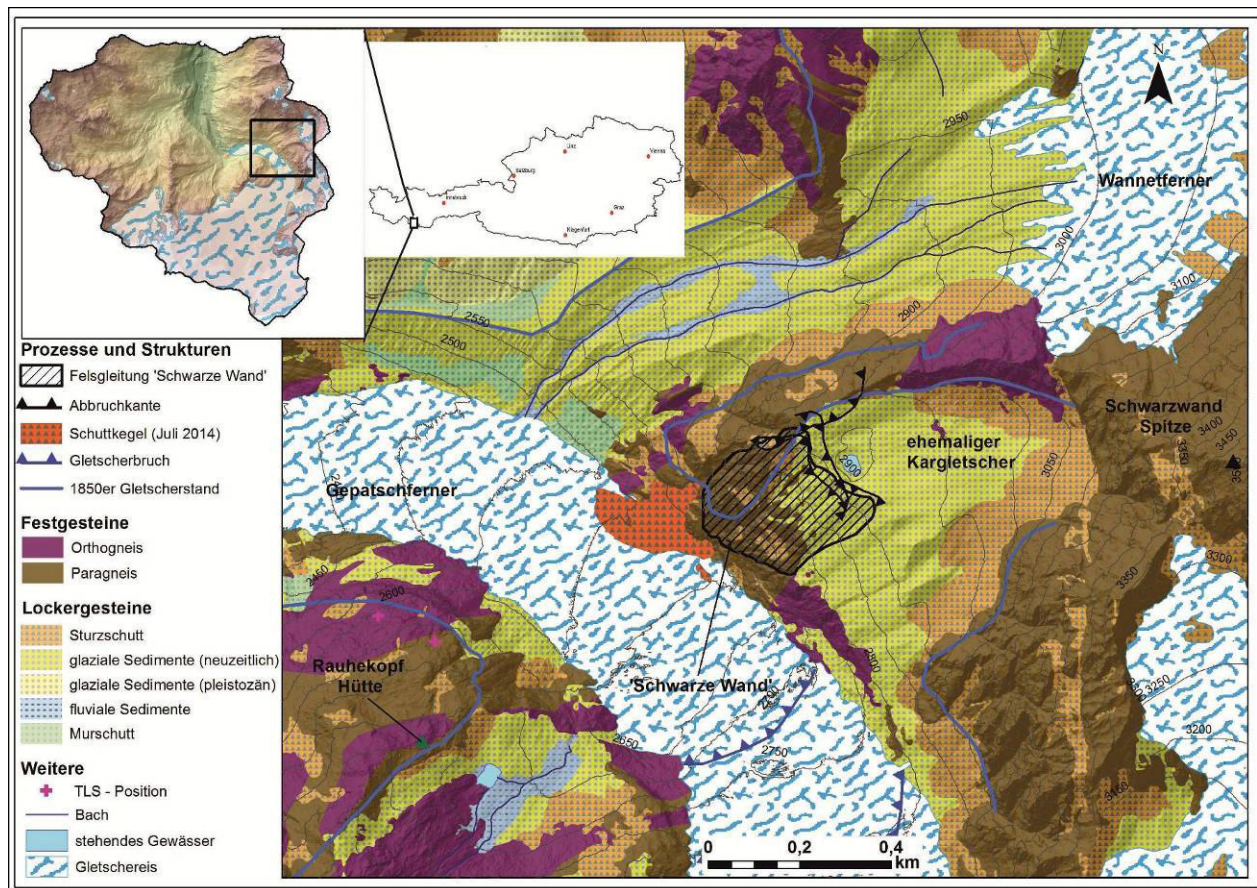


Abb. 23: Lage und geologisch-morphologischer Überblick der 'Schwarzen Wand' im oberen Kaunertal Die kleine Abbildung oben links zeigt das hydrologische Einzugsgebiet der Stauwurzel des Gepatschspeichers, welches das Arbeitsgebiet des PROSA-Projekts darstellt. Die aktive Felsgleitung ist durch die schraffierte Fläche gekennzeichnet. Die Höhenlinien sind ellipsoidische Höhen (bezogen auf den Ellipsoid ETRS89).

Geologisch betrachtet gehören die 'Schwarze Wand' und die umliegenden Gebirgszüge zum Ötztalkristallin. Die dominierenden Gesteinsarten sind Para- und Orthogneise, lokal kommen zudem Amphibolit und Glimmerschiefer vor. Als Ganggesteine treten Granitporphyr, Basalt und Diabas auf. Die Gebirgsfestigkeit wird hauptsächlich durch die Trennflächeneigenschaften bestimmt: Es existieren bis zu

vier engmaschige (0,2 - 2 m) Kluftsysteme. Vor allem die Großklüfte und tektonischen Lineamente weisen eine hohe Persistenz auf und zerlegen das Gebirge weitläufig. Die komplette unmittelbare Umgebung der 'Schwarzen Wand' ist vom neuzeitlichen Gletscherrückgang stark betroffen. Bis 1850 bedeckte der damals noch mächtige Wannetferner die nördliche Flanke der 'Schwarzen Wand'. Im Süden lag ein kleiner Kargletscher, der heute komplett ausgeschmolzen ist. Beide Gletscher besaßen eine Verbindung zur Gepatschgletscherzunge, die seit 1850 im Bereich der 'Schwarzen Wand' mehr als 100 m Mächtigkeit verloren hat. Der Gletscherstand um 1850 ist als dicke hellblaue Linie in Abb. 23 eingezeichnet.

Das Klima ist mit einer mittleren Jahrestemperatur von $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ an der 4 km westlich gelegenen Klimastation Weißsee (2540 m)¹ periglazial geprägt. Die Niederschläge liegen dort im langjährigen Mittel zwischen 1000 und 1300 mm pro Jahr. Gemäß des Permafrostschlüssels von Haeberli (1975) existiert Permafrost im Fels wahrscheinlich an einigen Bereichen der 'Schwarzen Wand'. Vor allem die von direkter Sonneneinstrahlung geschützt gelegenen Nischen und Rinnen sind vermutlich davon betroffen.

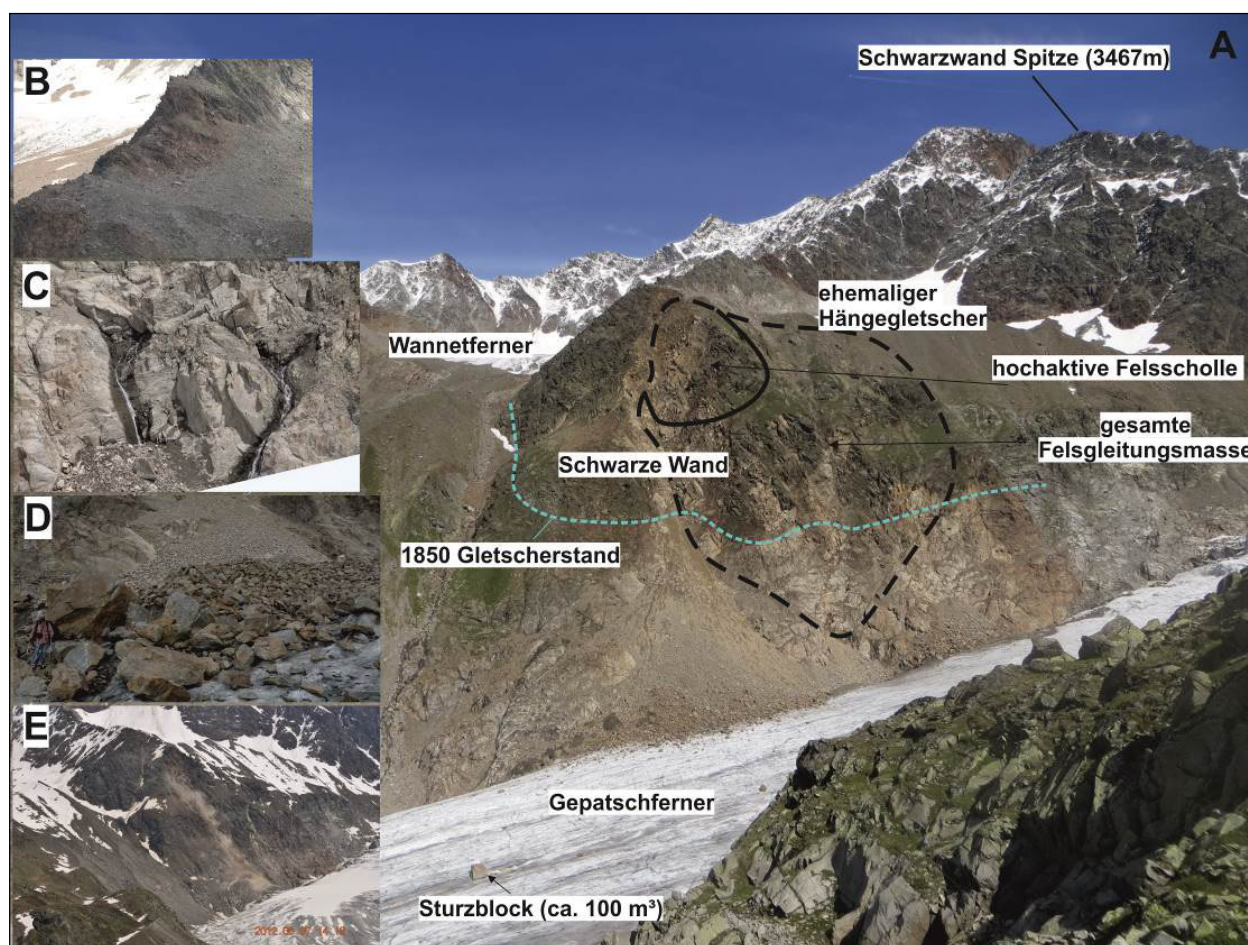


Abb. 24: A (großes Foto – Blick Richtung Osten): Panoramafoto der 'Schwarzen Wand', aufgenommen vom Gegenhang. Die ungefähren Umrisse der zurzeit (Stand: Spätsommer 2014) aktiven Hangbereiche sind eingezeichnet. B: Der weitgehend zerlegte Grat zwischen ehemaligem Hängegletscher und Wannetferner. C: Wasseraustritte an der Basis der 'Schwarzen Wand'. D: Frisch abgelagerter Sturzschutt auf dem Gletscher an der Basis der 'Schwarzen Wand'. E: Ein Steinschlagereignis hinterlässt eine Staubwolke.

¹ Die Klimadaten wurden freundlicherweise von der TiWAG (Tiroler Wasserkraftwerke AG) zur Verfügung gestellt.

3. Methoden

Die 'Schwarze Wand' und die Umgebung wurden geologisch-morphologisch kartiert. Neben Geländeaufnahmen dienten Orthofotos und digitale Schummerungskarten ('Hillshades') der Identifikation der geotechnisch relevanten Prozesse, Strukturen und Formen. Im Zuge der Geländekampagnen wurden zudem vom Gegenhang aus Fotos aufgenommen, anhand derer wichtige Strukturen auf der schwer zugänglichen 'Schwarzen Wand' erkannt und interpretiert werden konnten.

Zur Bestimmung der Bewegungsmuster der Felsgleitung und der durch Sturzprozesse mobilisierten Materialmengen, wurden luft- und bodengestützte LiDAR-Daten herangezogen. Multitemporale LiDAR-Daten eignen sich zur flächendeckenden Untersuchung und Bilanzierung von gravitativen Prozessen an schwer zugänglichen instabilen Felshängen, an denen komplexe räumliche Bewegungsmuster vorliegen, die nicht durch einzelne geodätische Messpunkte abgebildet werden können (z.B. Abellan et al. 2014). Im Rahmen des PROSA-Projekts wurden im Juli 2012 und September 2012 LiDAR-Befliegungen des kompletten oberen Kaunertals durchgeführt. Im Juli 2014 erfolgte eine Teilbefliegung. Ein weiterer luftgestützt aufgenommener LiDAR-Datensatz aus dem Jahr 2006 wurde von der Tiroler Landesregierung zur Verfügung gestellt.

Sowohl die relative Genauigkeit, als auch die absolute Genauigkeit der streifenweise aufgenommenen Punktwolken konnte durch die Anwendung einer neu entwickelten Streifenausgleichungsmethode auf wenige cm verbessert werden. In Glira et al. (2015a) wird die Auswahl der dazu notwendigen Korrespondenzen beschrieben, während in Glira et al. (2015b) die gesamte Methode und die damit erzielten Genauigkeiten für die Befliegung vom Juli 2012 vorgestellt werden. Die Punktdichte der PROSA-Befliegungen liegt zwischen 11 und 16 Pt/m², die der 2006er Daten bei 4 Pt/m². Aus den LiDAR-Datensätzen wurden zunächst digitale Geländemodelle mit einer Zellgröße von 0,5 m in SAGA-GIS (www.saga-gis.org) berechnet. Danach wurde an den vier multitemporalen digitalen Geländemodellen eine automatische Rasterkorrelation ('feature tracking' - Scambos et al. 1992) in SAGA-GIS durchgeführt. Bei der Verwendung dieses SAGA-GIS-Moduls werden reale (x-y-z-Richtung) Versatzbeträge markanter Oberflächenformen in digitalen Schummerungskarten zweier digitaler Geländemodelle automatisch erkannt und quantifiziert. Der resultierende Datensatz enthält für jede Zelle einen Versatzbetrag und muss im Anschluss manuell korrigiert werden um unrealistisch hohe Versatzbeträge, die durch die isolierte Bewegung einzelner Blöcke oder Korrelationsfehler hervorgerufen wurden, zu entfernen. So können räumlich variable, jedoch im Wesentlichen kohärente Bewegungen an größeren Objekten erkannt und quantifiziert werden (vgl. Dusik et al. 2015).

Um die durch diese Methodik ermittelten Bewegungsraten abzusichern und die Messauflösung der Methode zu ermitteln wurde dieselbe Prozedur auf einen stabilen Felshang ähnlicher Oberflächenrauigkeit, Hangneigung und Morphologie angewendet. Dabei wurden Versatzdistanzen von durchschnittlich 0,25 m zwischen den PROSA ALS-Datensätzen und durchschnittlich 0,35 m zwischen dem Datensatz der Landesregierung und den PROSA-ALS-Daten gemessen. Diese scheinbaren Bewegungen sind vor allem durch Ungenauigkeiten bei der automatischen Rasterkorrelation und der Berechnung der Geländemodelle aus den Punktwolken bedingt, da die Lagegenauigkeit der Punktwolken sehr gut ist und aufgrund der Stabilität des Hanges eigentlich keine Bewegung messbar sein sollte. Bei der Interpretation der Ergebnisse sollte demnach immer berücksichtigt werden, dass erst ab einem Versatz von mindestens

0,5 m (bzw. 0,7 m) (doppelte Messauflösung - vgl. Dusik et al. 2015) definitiv von einer Felsbewegung ausgegangen werden kann.

Die durch Sturzprozesse in den Ausbruchsnischen mobilisierten und auf dem Sturzschuttkegel abgelagerten Materialmengen wurden per multitemporalen terrestrischem Laserscanning (TLS) quantifiziert. Die Punktwolken der jeweiligen Scans bestehen aus ca. 4,3 Mio. Punkten (2014) und 12,5 Mio. Punkten (08.2012). Aufgrund der unterschiedlichen Ausdehnung der verschiedenen Scans und der unterschiedlichen Punktzahl ergeben sich verschiedene mittlere Punktabstände. Diese schwanken zwischen ca. 128 mm (08.2012) und ca. 145 mm (2014). Analog zu den luftgestützten Daten wurde auch hier aus jeder Punktwolke ein digitales Geländemodell berechnet. Die Referenzierung der einzelnen durch TLS generierten Geländemodelle wurde an stabilen Bereichen der Felswand durchgeführt. Stabile Areale sind Bereiche in denen es zu keinerlei oder nur geringen Sturzaktivitäten kommt. Dabei wurden die einzelnen Scans lediglich zueinander referenziert und nicht in einem globalen Koordinatensystem um lediglich die durch Sturzprozesse mobilisierten Materialmengen zu quantifizieren und nicht die Bewegung der kompletten Bergflanke durch die Felsgleitungsaktivitäten. Bei dieser Referenzierung entstand ein Fehler, welcher als RMS-Wert angegeben wird. Als Referenz diente die Punktwolke aus dem September 2012. Dementsprechend ist der RMS-Wert hier auch am kleinsten (0,03 mm), während er für die anderen Punktwolken deutlich größer ist (0,07 m – 0,16 m). Mithilfe dieses Fehlerwertes lässt sich ein Level of Detection Threshold (LoD) berechnen, welches bei der Kalkulation der Volumen- und Oberflächenänderungen berücksichtigt werden muss. Alle Werte, welche kleiner als das LoD sind, können nicht als signifikante Veränderungen angesehen werden und werden daher bei der Volumenberechnung ausgeschlossen. Die Berechnung des Volumens zwischen den Aufnahmezeitpunkten erfolgte mittels des in SAGA GIS (Version 2.0.8) integrierten 'Cut and Fill' Modules.

4. Ergebnisse und Diskussion

Die im Untersuchungszeitraum identifizierten und bilanzierten Massenbewegungen betreffen zwei Prozessgruppen: Zum einen treten zeitlich hochfrequente Sturzprozesse (4.1) in Form von kleineren Magnituden ($< 10 \text{ m}^3$) auf. Vereinzelt wurden auch größere Blockschläge bis zu 100 m^3 registriert. Zum anderen bestimmen großräumigere Gleitprozesse im Fels (4.2) die Dynamik der Hangflanke.

4.1. Stein- und Blockschläge

Während der Geländearbeiten im Sommer wurden vor allem in den Mittags- und Nachmittagsstunden stündlich mehrmals Steinschläge beobachtet. Diese entstammten im Jahr 2012 zunächst aus der tief eingeschnittenen Steinschlagrinne oberhalb des großen Schuttkegels (s. Abb. 24). Die größeren Blöcke erreichten Volumina von bis zu 100 m^3 und gelangten über den Sturzschuttkegel am Hangfuß hinaus auf den Gletscher. Dort befindet sich ein Wanderweg, der zur Rauhekopfhütte führt. Der größte Block (100 m^3 - markiert in Abb. 24) wurde im Juli 2014 mobilisiert. Bei diesem Ereignis betrug der Schattenwinkel 22° und der Fahrböschungswinkel maximal 27° . Beide Winkel zeugen von einer erhöhten Dynamik der Blocks, die durch seine kubische Form und den Sturz auf das Gletschereis bedingt ist. Seit dem Jahr 2014 breitete sich die Steinschlagaktivität kontinuierlich auf größere Hangbereiche aus, sodass neben der Hauptausbruchsnische weitere aktive Ausbruchsnischen entstanden. Insgesamt wurden während der terrestrischen LiDAR-Messungen von August 2012 bis August 2014 etwa knapp 100.000 m^3 Sturzmaterial

an der kompletten ‚Schwarzen‘ Wand durch Steinschläge mobilisiert. Dieser Wert ist als grobe Annäherung zu betrachten, da einige Bereiche durch die Abschattung aufgrund von Felsvorsprüngen nicht mit in die Bilanzierung einfließen konnten. Durch die Steinschlagaktivität entstand im Verlauf von wenigen Jahren ein mehr als hundert Höhenmeter hoher Schuttkegel unterhalb der aktivsten Ausbruchnische auf dem Gepatschgletscher (Abb. 24).

4.2. Felsgleitungen

Die großräumige Felsgleitungsaktivität seit der ersten LiDAR-Messung 2006 ist in Abb. 25 quantitativ auf Basis eines Rasters mit 2 m Zellgröße dargestellt. Bezüglich der Gleitprozesse ist der aktivste Hangbereich die nördliche obere Flanke. Dort wurden Versatzbeträge von bis zu 10 m aus den LiDAR-Daten ermittelt. In Richtung Süden nehmen die Bewegungsbeträge kontinuierlich ab, an der südlichen Flanke liegen sie zwischen 1 m und 4 m. Daraus ergibt sich eine leichte Rotation der gesamten Massenbewegungen gegen den Uhrzeigersinn. Dies wird auch anhand der im Zuge der Rasterkorrelation ermittelten Bewegungsvektoren (schwarze Pfeile in Abb. 25) deutlich. Abseits der Felsgleitungsmasse sind punktuell ebenfalls Versatzbeträge ermittelt worden. Diese wurden durch kleinere isolierte Bewegungen im Lockermaterial, hervorgerufen durch Steinschläge, Murgänge oder andere hangaquatische Prozesse verursacht, die jedoch in keiner direkten Verbindung zur großräumigen Felsgleitung stehen. Sie konnten auch im Zuge der manuellen Nachbereitung des Versatzrasters nicht gänzlich entfernt werden, schmälern aber nicht die generelle Aussagekraft der Messergebnisse.

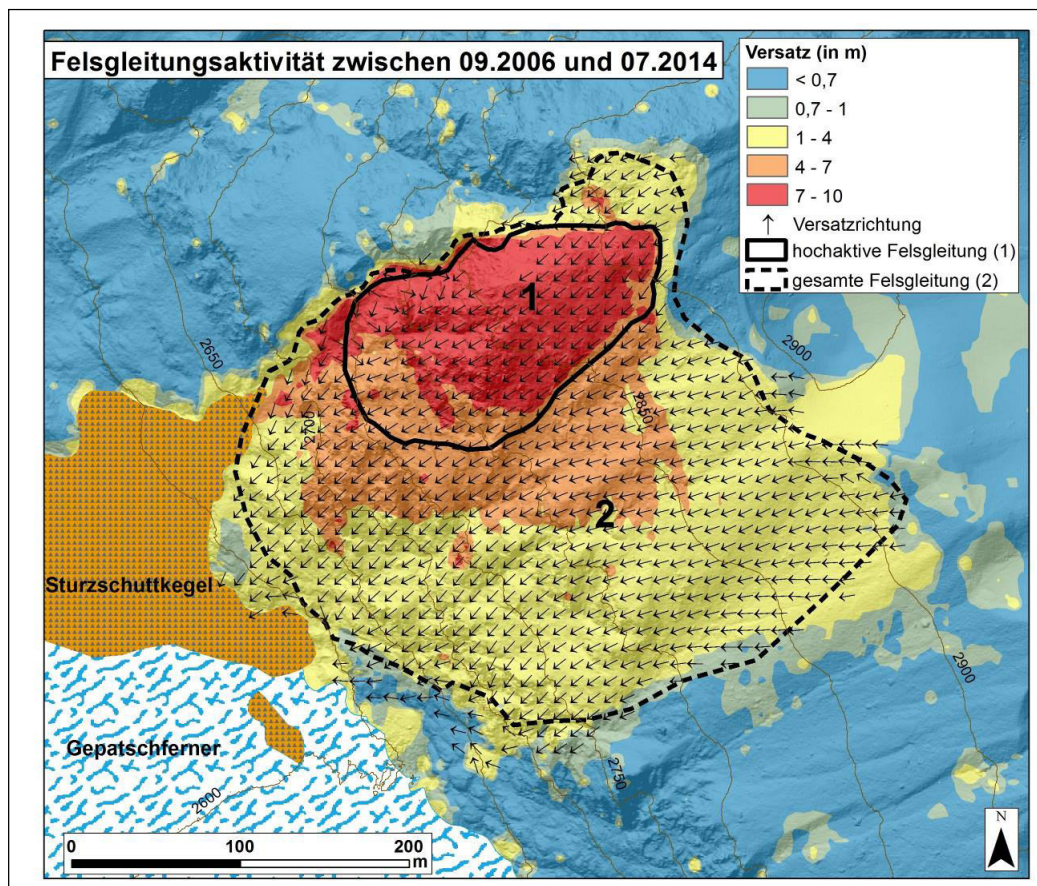


Abb. 25: Versatzbeträge an der Felsgleitung 'Schwarze Wand' zwischen 2006 und 2014. Neben einer hochaktiven kleineren Felsscholle (1) ist eine größere Felsmasse, die nahezu den kompletten Hang umfasst, in Bewegung geraten.

Die Bewegungsraten und auch die morphologischen Strukturen auf der Felsgleitung sprechen dafür, dass die zurzeit aktive Felsgleitung in zwei Teile untergliedert werden muss: Eine hochaktive kleinere Masse im oberen Teil (Nr. 1 in Abb. 25) und eine größere Gesamtmasse (Nr. 2 in Abb. 25). Dabei ist zu beachten, dass die kleinere Masse (1) ein Teil der Gesamtmasse (2) darstellt. Die Bewegungsmuster und Versatzbeträge sind für beide Gleitkörper separat in Tab. 1 zusammengefasst.

Tab. 1: Bewegungsmuster und Bewegungsraten der Gleitmassen (s. Abb. 25)

Zeitraum	hochaktive Masse (1)			gesamte Masse (2)		
	mittlere Bewegungsrichtung (in°)	mittlere absolute Versatzdistanz (m)	mittlere relative Versatzdistanz (m/a)	mittlere Bewegungsrichtung (in°)	mittlere absolute Versatzdistanz (m)	mittlere relative Versatzdistanz (m/a)
01.09.2006 - 04.07.2012	233 (+/-9)	3,9 (+/- 1)	0,7	230 (+/- 21)	2,0 (+/- 1,2)	0,4
04.07.2012 - 25.09.2012	205 (+/-14)	0,6 (+/- 0,2)	2,7	169 (+/- 40)	0,3 (+/- 0,2)	1,8
25.09.2012 - 18.07.2014	241 (+/-21)	3,9 (+/- 1,1)	2,1	239 (+/- 21)	2,0 (+/- 1,3)	1,1
01.09.2006 - 18.07.2014	224 (+/-29)	8,0 (+/- 1,6)	1	229 (+/- 25)	4,0 (+/- 2,5)	0,5

An beiden Gleitkörpern ist seit 2012 eine Erhöhung der Bewegungsraten auszumachen. Auch wenn das relativ kleine Messintervall zwischen Juli 2012 und September 2012 von Unsicherheiten geprägt ist, da sich die Bewegungsraten dort relativ nah an der Messauflösung befinden, kann im folgenden Messintervall von September 2012 bis Juli 2014 definitiv Beschleunigung erkannt werden. Diese Beschleunigung ging mit zudem mit einer merklichen Intensivierung der Steinschlagaktivität aus der Hauptausbruchsnische einher. Um die Volumina beider Felsgleitungsmassen möglichst exakt zu bestimmen wurde entlang von Hangprofilen in Esri-ARC-Gis eine potentielle Gleitfläche modelliert, die von der Hangoberfläche zum Zeitpunkt Juli 2014 subtrahiert wurde. Eines dieser geotechnischen Profile befindet sich in Abb. 27. Hierfür wurde bei beiden Massen eine leicht listrische Gleitfläche angenommen (s. fett-gestrichelte Linie in Abb. 27). Mit dieser Methode konnte, im Gegensatz zu gängigen Faustformeln zur Berechnung des Volumens von Gleitkörpern (z.B. Cruden & Varnes 1996), die unregelmäßige Geländeoberfläche berücksichtigt werden und so die Genauigkeit der Volumenabschätzung erhöht werden. Für Gleitmasse 1 ergibt sich demnach ein Volumen von ca. 120.000 m³, Gleitmasse 2 umfasst ca. 1.100.000 m³. Trotz der relativ aufwändigen Volumenbestimmungen sind die ermittelten Werte als grobe Abschätzungen anzusehen, da die Tiefenlage der Gleitfläche lediglich anhand der Hangmorphologie im Profil abgeschätzt werden konnte. Aufgrund der schwierigen Geländesituation konnten keine geophysikalischen Profile aufgenommen werden.

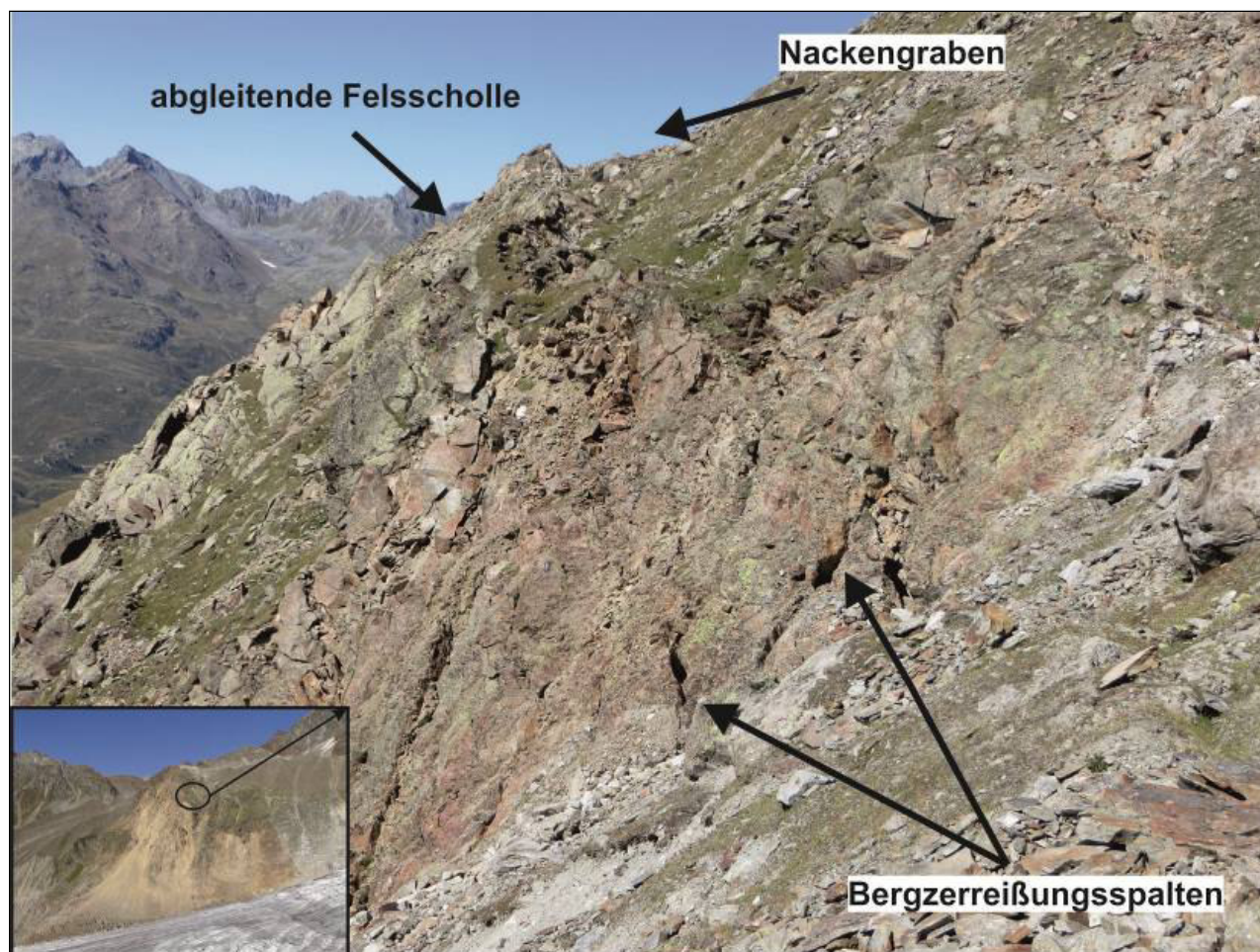


Abb. 26: Risse und Bergzerreißungsspalten im oberen Bereich der hochaktiven Felsgleitungsscholle.

Im Orthofoto von Juli 2014 sind erstmals Ansätze von höhenlinienparallelen Bergzerreißungsspalten sichtbar. In älteren Aufnahmen konnten keine Spalten erkannt werden, da der komplette Versatzbetrag auf mehrere kleine Bewegungszonen entlang des dichten Trennflächengefüges verteilt war, die zum Teil unter einer geringmächtigen Moränen- bzw. Hangschuttdecke verborgen lagen. Bei einer Begehung der Felsgleitungsmasse im Sommer 2015 konnten zahlreiche Bergzerreißungsspalten und größerer Risse im Fels auf der Felsgleitungsmasse festgestellt werden (Abb. 26). Sie bestätigen das Bild einer stark fragmentierten Felsmasse ohne größere diskrete Bewegungszonen, sondern mit zahlreichen hangparallelen Rissen, die zum Teil nur wenige Meter auseinander liegen. Diese Beobachtung erklärt die aus den ALS-Daten abgeleiteten kleinräumig variablen Versatzbeträge (Abb. 25).

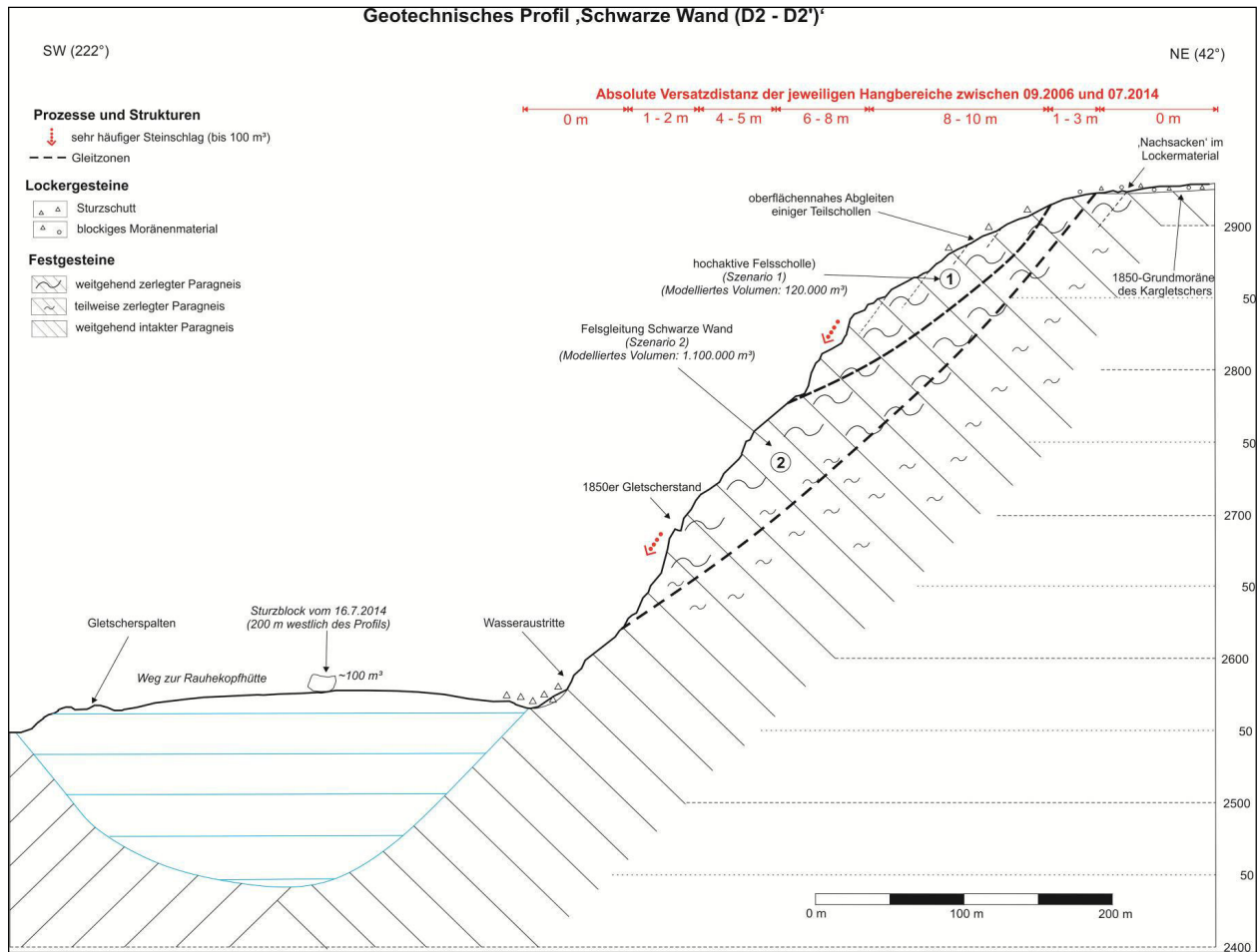


Abb. 27: Geotechnisches Profil an der Felsgleitung 'Schwarze Wand'.

5. Fazit und Ausblick

Die räumlich hochaufgelösten LiDAR-Messungen vermögen die wichtigsten geotechnischen Prozesse an der 'Schwarzen Wand' zu quantifizieren. Aus den Geländebeobachtungen und den Bewegungsdaten konnten zwei wesentliche Schlussfolgerungen gezogen werden:

1. Durch Stein- und Blockschläge ($< 100 \text{ m}^3$) wurde zwischen August 2012 und August 2014 ca. 100.000 m^3 Sturzschutt mobilisiert und am Fuße der 'Schwarzen' Wand abgelagert. Die Sturzschuttakkumulation steht in direktem prozessualen Zusammenhang mit der Felsgleitung, da diese das Ausbruchgebiet der Steinschläge übersteilt und die Verbandfestigkeit des Gebirges am Oberhang herabsetzt.
2. Die Felsgleitung an der Schwarzen Wand bewegte sich seit 2006 in ihren aktivsten Bereichen um mindestens einen Meter pro Jahr. Seit 2012 ist eine Zunahme der Bewegungsraten messbar. Anhand der Bewegungsdaten wird von einer Aufteilung der gesamten Felsgleitungsmasse in zwei unterschiedlich aktive Teilbereiche ausgegangen, die ein Volumen von 120.000 m^3 bzw. $1.100.000 \text{ m}^3$ umfassen. Seit 2014 desintegriert die bewegte Felsmasse in weitere Teilschollen, ein Prozess, der sich im Jahr 2015 fortzusetzen scheint. Dadurch nimmt auch das Volumen der Felsgleitungsschollen kontinuierlich ab. Ähnliche Beobachtungen wurden Ende der 1990er Jahre an der Fels-Eis-Gleitung an Weißsee Spitze wenige Kilometer westlich der 'Schwarzen' Wand gemacht (Heißel & Weber 2000).

Oben diskutierte Analysen und Interpretationen ergeben sich aus dem Stand der Forschung durch die Auswertungen der LiDAR-Messungen bis zum Sommer 2014. Aufgrund der hohen Dynamik können sich die Konfigurationen, vor allem die hier vorgenommenen räumlichen Abgrenzungen und Abschätzungen der bewegten Volumina, rasch ändern. Um zukünftige Dynamiken zu verfolgen ist eine Fortsetzung der LiDAR-Messungen im Gange. Auch die Methoden, die automatische Bildkorrelation zur Ableitung der Bewegungsraten zu verbessern werden zurzeit verbessert.

6. Literatur

Abellán, A., Oppikofer, T., Jaboyedoff, M., Rosser, N. J., Lim, M. & Lato, M. J. (2014): Terrestrial laser scanning of rock slope instabilities. - *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 39 (1): 80-97.

Ballantyne, C. K. (2002): Paraglacial geomorphology. - *Quaternary Science Reviews*, vol. 21: 1935-2017.

Cruden, D. M., Varnes, D. J. (1996): Landslide Types and Processes. - In: Turner, A.K., Schuster, R.L. (Eds): *Landslides: Investigation and Mitigation Special report*, vol. 247: 36-75. - National Academy of Sciences, USA.

Dusik, J.-M., Leopold, M., Heckmann, T., Haas, F., Hilger, L., Morche, D., Neugirg, F., Becht, M. (2015): Influence of glacier advance on the development of the multipart Riffeltal rock glacier, Central Austrian Alps. - *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 40: 965-980.

Glira, P., Pfeifer, N., Briese, C., Ressler, C., (2015a): A correspondence framework for ALS strip adjustments based on variants of the ICP algorithm. - *Journal for Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science* 2015(4): 275-289.

Glira, P., Pfeifer, N., Briese, C., Ressler, C., (2015b): Rigorous strip adjustment of airborne laserscanning data based on the ICP algorithm. - *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* (accepted).

Harris, C., Arenson, L. U., Christiansen, H. H., Etzelmüller, B., Frauenfelder, R., Gruber, S., Haeberli, W., Hauck, C., Hoelzle, M., Humlum, O., Isaksen, K., Kääh, A., Kern-Luetschg, M. A., Lehning, M., Matsuoka, N., Murton, J. B., Noetzli, J., Phillips, M., Ross, N., Seppala, M., Springman, S. M., von der Muehll, D. (2009): Permafrost and climate in Europe: Monitoring and modelling thermal, geomorphological and geotechnical responses. - *Earth Science Reviews*, 92 (3-4): 117-171.

Fischer, L., Purves, R.S., Huggel, C., Noetzli, J., Haeberli, W. (2012): On the influence of topographic, geological and cryospheric factors on rock avalanches and rockfalls in high-mountain areas. - *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 12: 241-254.

Haeberli, W. (1975): Untersuchungen zur Verbreitung von Permafrost zwischen Flüelapass und Piz Grialetsch (Graubünden). Mitteilungen der VAW-ETH. - 221 S. ETH Zürich.

Heckmann, T., Haas, F., Morche, D., Schmidt, K.-H., Rohn, J. Moser, M. Leopold, M., Kuhn, M., Briese, C., Pfeifer, N. & Becht, M. (2012): Investigating an alpine proglacial sediment budget using field measurements, airborne and terrestrial LiDAR data. - IAHS Publication / International Association of Hydrological Sciences (2012).

Heißel, G., Weber., C. (2000): Die Massenbewegungen an der "Weißseespitze" in den Jahren 1996-1999 im Gletscherschigebiet Kaunertal / Tirol. - Internationales Symposium Interpraevent 2000, Bd. 1: 227-237. Villach / Österreich.

Jaboyedoff, M., Derron, M.H., Jakubowski, J., Oppikofer, T., Pedrazzini, A. (2012): The 2006 Eiger rockslide, European Alps. - In: Clague, J. & Douglas, S. (Eds.): Landslides: Types, Mechanisms and Modelling: 282-295. - Cambridge University Press, Cambridge.

Noetzli, J., Hoelzle, M., Haeberli, W. (2003): Mountain permafrost and recent Alpine rock-fall events: a GIS-based approach to determine critical factors. - 8th International Conference on Permafrost: 5 S. Zürich.

Scambos, T. A., Dutkiewicz, M.J., Wilson, J.C., Bindschadler, R.A (1992): Application of image cross correlation to the measurements of glacier velocity using satellite image data. - Remote Sensing of Environment, vol. 42(3): 177-186.

Tentschert, E. (1998): Das Langzeitverhalten der Sackungshänge im Speicher Gepatsch (Tirol, Österreich). - Felsbau, Bd. 16(3): 194-200.

Vehling, L., Rohn, J., Moser, M. (2015): Quantification of small magnitude rockfall processes at a proglacial high mountain site, Gepatsch glacier, Tyrol (Austria). - Z. Geomorph. Supplementary Issue (PrePub): 1-16.

Wheaton, J. M. (2008): Uncertainty in Morphological Sediment Budgeting of Rivers. Unpublished PhD Thesis. - 412 pp. University of Southampton.

Zangerl, C., Eberhardt, E., Perzmaier, S. (2010): Kinematic behaviour and velocity characteristics of a complex deep-seated crystalline rockslide system in relation to its interaction with a dam reservoir. - Eng. Geol., vol. 112: pp. 53-67.

Zischinsky, U. (1969): Über Sackungen. - Rock Mech., vol. 1: pp. 30-52.

Freitag 16. Oktober 2015

11:30-12:00

Der Laufende Berg“- eine über 200 Jahre andauernde Massenbewegung im Zillertal

Hans Schroll¹, Wolfram Mostler²

¹ Amt der Tiroler Landesregierung, Allgemeine Bauangelegenheiten; Fachbereich Landesgeologie, Herrengasse 1-3, Innsbruck

² Ingenieurgeologie Mostler, Innrain 6-8, A-6020 Innsbruck

Einleitung und Veranlassung

Nach historischen Aufzeichnungen haben sich im Gehänge in dem sich die Kirche Maria Rast befindet, zumindest seit dem Jahre 1794 n.Chr. immer wieder Hangbewegungen ereignet. Markante Ereignisse sind auch noch mit dem Jahre 1914, als der gesamte talseitige Turm der Kirche abstürzte, vor allem aber mit 3 Bergstürzen im Mai, Juli und August des Jahres 1926 dokumentiert. Spätestens seit einem Artikel im „Tiroler Grenzboten“ vom Oktober 1926 wurde dieses Gebiet dann als „Der Laufende Berg“ in Tirol bezeichnet.

Das besagte Gelände befindet sich östlich der Ortschaft Zell im Zillertal wo sich der Gerlosbach, unmittelbar vor seiner Mündung ins Zillertal in einer Schluchtstrecke tief in den Innsbrucker Quarzphyllit eingeschnitten hat. An der orographisch linken Seite dieses Gehänges führt die Gerlosbundesstraße (B165) über mehrere Kehren hinauf in die Ortschaft Hainzenberg und in weiterer Folge über den Gerlospass nach Salzburg (Abb. 1).

Bekannt bei Geologen und Mineralogen ist dieser Geländeabschnitt vor allem weil hier sich hier ein seit dem Jahre 1640 dokumentiertes bedeutendes Bergbaurevier des Goldbergbaus Zell am Ziller befindet.

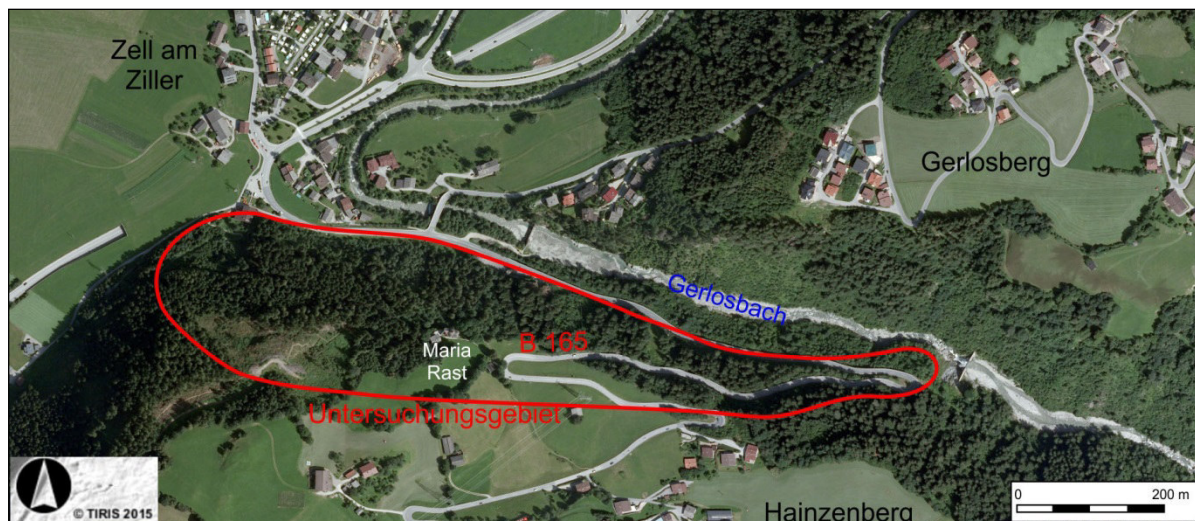


Abb. 1: Übersichtslageplan mit dem Untersuchungsgebiet Orthofoto (tiris)

Bis in jüngste Zeit hat sich das Gehänge unmittelbar oberhalb der Gerlosbundesstraße als instabil erwiesen, sodass schon vor 2000 Beobachtungen (Messungen) durch die Straßenmeisterei Zell am Ziller stattgefunden haben.

Im Jahre 2010 erfolgte auf Ersuchen des für den Bereich Hainzenberg zuständigen Waldaufsehers Hannes Frontull, dem im Gelände unterhalb der Kirche Maria Rast (Abb. 2) immer wieder sich neu öffnende Spalten im Waldboden aufgefallen sind, eine Begehung gemeinsam mit Landesgeologie, WLV, Straßenmeisterei, Gemeinde Hainzenberg und BFI. Daraufhin wurde beschlossen ein einfaches Messprogramm zur Beobachtung möglicher Hangbewegungen im Gelände unmittelbar talseitig der Kirche Maria Rast mittels insgesamt 4 Rohrextensometer zu installieren. Im Jahr 2011 wurde mit regelmäßigen Aufzeichnungen der Veränderungen an den 4 Messstellen durch den Waldaufseher begonnen.



Abb. 2: Blick auf das in Bewegung befindliche Gelände talseitig der Kirche Maria Rast

Am 18.10.2012 ereignete sich ein Felssturz auf die B165 mit Einzelblöcken, die bis auf die Brücke nach Rohrberg gefallen sind. Nachdem die Extensio- metermessungen an allen 4 Stellen jährliche Bewegungsraten zwischen 2 cm und 8 cm, mit leicht zunehmende Tendenz ergeben haben, wurde im Jahr 2014 von Seiten des Amtes der Tiroler Landesregierung beschlossen eine geologische Geländeaufnahme als Basis für eine fachliche Einschätzung der Situation erstellen zu lassen und daraus allfällig zu treffende Sicherungs- bzw. Schutzmaßnahmen abzuleiten. Zudem soll ein dem Stand der Technik entsprechender Vorschlag zur Beobachtung/Überwachung der Hangbewegungen erfolgen. Dazu wurde mit März 2014 das Technische Büro für Geologie ig.m, Mag. Wolfram Mostler vom Amt der Tiroler

Landesregierung beauftragt, eine Befundung in Form einer geologischen Detailkartierung im betroffenen Hangbereich und dessen unmittelbaren Umfelds durchzuführen.

Das festgelegte Untersuchungsgebiet umfasst das Gehänge bergseits der B165 bis zur 1. Kehre, ab einer Höhe von ca. 600 m bis in etwa 770 m ü. A. reichend, wobei sich die Geländearbeiten auf den talseitigen Abschnitt unterhalb der Kirche Maria Rast der Gemeinde Hainzenberg konzentriert haben.

Geländebefund

Von der westlichen Kartierungsgrenze im Bereich der untersten Kehre des Wallfahrtsweges ab etwa 611 m ü. A. stehen bereits die Festgesteine immer wieder ohne Überlagerung an. Auffallend sind die steil stehenden Schieferungsflächen die W/E streichend und steil nach Süden, selten auch nach Norden einfallend, Felswände bilden (Abb. 3).



Abb. 3: Steilstehende Schieferungsflächen bilden die Felswände im stabilen Westabschnitt

Einzelne freiliegende Festgesteinswände sind nicht selten bis zu 10 m hoch mit eher glatter, selten rauer Oberfläche. Die Aufschlüsse sind meist nur mit Flechten bewachsen, frische Abbruchflächen sind in diesem Bereich nicht erkennbar. Blockwerk tritt nur sehr selten auf, Blockschutthalden fehlen gänzlich.

Es zeigen sich an der Oberfläche Spuren alter Bergbautätigkeit, in Form eines alten halbkreisförmigen Entnahmebereichs, 2 erdfallähnliche etwa 1 m tiefe Trichter mit bis zu 4 m Durchmesser. Bergseits des Wallfahrtsweges vermitteln deutlich schieferungsparallele Vortriebsspuren ($178^{\circ}/70^{\circ}$) mit Querklüften (K1 =

70°/75° und $K2 = 90°/30°$) eine bergbauliche Abtragstätigkeit. Anzeichen von Hangbewegungen gibt es im westlichen Untersuchungsabschnitt nicht.

Die westliche Grenze zwischen dem stabilen Abschnitt und einem instabilen Bereich lässt sich entlang einer NNW/SSE streichenden gut 40 m langen kluffartigen Abbrisszone erkennen, die den scharfen Westrand der Massenbewegung Maria Rast bildet. Sie wird begleitet von bis zu 3 m breiten offene Spalten und quer dazu markanten mehrfachen, bis zu 6 Abtreppungen, die sich über mehrere Meter weiter nach Osten hin fortsetzen. Dieser Abschnitt ist auch der Bereich, wo die Extensometer-Messstrecke 4 situiert war (Abb. 4).



Abb. 4: Westrand der Massenbewegung Maria Rast mit Extensometerrohr 4

An die westliche Abbruchkante angrenzend folgt eine NW/SE verlaufende Steilwand unmittelbar talseitig des Wallfahrtsweges und weiter in etwa WSW/ENE Richtung begrenzt durch eine Steilwand unmittelbar unter der Kirche Maria Rast. In diesem Geländeabschnitt sind die größten Vertikalabsätze mit Höhen bis zu 20 Meter entwickelt (Abb. 5).



Abb. 5: Senkrechte bis 20 m hohe Abbruchwand unterhalb der Kirche Maria Rast

Schließlich springt die Geländekante östlich der Kirche in einer SW/NE Wand wieder etwas weiter nach Norden vor, sodass insgesamt hier eine grob halbkreisförmige Begrenzung dieses Felssturz-Abbrissbereiches entstanden ist.

Der südliche Abschnitt, d.h. das Gelände oberhalb der Abbruchkante zeigt keinerlei Anzeichen von Spalten oder Rissen. Dort tritt nur mehr das unbedeckte glazial überprägte Fels oder vereinzelt auch noch mit Moränen bedeckte Festgestein auf.

Am Fuß der steilen südlichen Abbruchkante zeigt sich im zentralen Bereich eine schwache Einmuldung, die intern aber auch in annähernd E/W gerichtete durch Spalten getrennte Stufen gegliedert. Neben den groben Sturzblöcken - in diesem Bereich sind die größten Sturzblöcke (Felspartien) der Massenbewegung zu finden - treten besonders im westlichen Teil auch noch Moränenblöcke (Erratika) auf. Spalten liegen teils offen (Abb. 6), zum Teil sind sie mit auch mit groben steinigem Schutt verfüllt.

Dieser Bereich ist etwa 25 – 35 m breit und wird im Norden durch einen mehr oder weniger E/W verlaufenden ca. 80 m lange hohen 2 – 5 Meter wallartigen Felsrücken (Abb. 7) begrenzt, der wiederum durch weit geöffnete Spalten zerschnitten und Versatzstrukturen, praktisch an Ort und Stelle zerfallen (zerlegt) ist.



Abb. 6: Offene Spalten mit gespannten Wurzeln im zentralen Bereich der Massenbewegung



Abb. 7: Wallartiger Felsrücken durch N/S Kluft zerlegt im Bereich von Messpunkt SP 34

Nördlich an den zerlegten, wallartige Felsrücken anschließend, folgen nochmals treppenartige Absätze die ebenfalls grob E/W orientiert sind in einer etwa 10 – 20 m breiten Zone. Anschließend an diesen stark strukturierten Bereich folgt die nördliche Abbruchkante, von der aus sich ein relativ einheitlich gegliederter grobblockiger Schuttfuß bis zur Bundesstraße hinab anschließt. Die bis zu 50 m breite Blockwerkhalden erstreckt sich ausgehend von der nördlichen Abbruchkante bis zur Straße hinab und hat eine durchgehende Länge von über 200 Meter. Zwischen kleineren Felsköpfen treten auch Blöcke bis zu 1.5 m Kantenlänge hervor. Letztere sind jedoch bereits dicht bewachsen und sind von jüngerem Blockschutt bedeckt. Diese Blöcke erreichen eine Größe von bis zu ca. 80*45*25 cm, dominierend sind jedoch plattige Blöcke von 25 – 35 cm Länge und 15- 18 cm Breite. Sie sind es die sich jüngst von der nördlichsten Abrisszone gelöst haben. Die Bruchformen besitzen überwiegend einen plattigen Habitus. Vereinzelt finden sich in der Schutthalde jedoch auch Blöcke mit kubischem Umriss, hauptsächlich sind dies Gneisblöcke (Moränenmaterial).

Östlich an diesen Geländeabschnitt angrenzend, ist eine weitere Abbruchkante entwickelt. Diese ist mit etwa 5-6 m deutlich niedriger und erstreckt sich über eine Länge von ca. 25 Meter in E/W Richtung. Nach Norden hin fällt sie weniger stark gegliedert mittelsteil ab. Die Orientierung der glatten von Schieferungsflächen geprägten Abrisswand schwankt zwischen 184°/82° und 198°/65°. Als zweite Trennflächenorientierung treten steilstehende N/S orientierte Klüfte auf.

Eine weitere grob halbkreisförmig umrissene Abbruchnische mit einer Ausdehnung von ca. 50 Meter erstreckt sich östlich von vorhin beschriebener Abbruchwand mit einer scharfen „gezackten“ Abrisskante im Quarzphyllitfels (bedingt durch die N/S gerichtete Klüfte im Verschnitt mit der E/W gerichteten Schieferung) mit Absatzhöhen von ca. 2- 3 Meter. Der Fuß dieser Ausbruchsnische wird ebenfalls von E/W streichenden flachen Mulden und Rücken etwa 15 m breit gebildet (Abb. 8). Im Norden anschließend erfolgt der Übergang zur Blockschutthalde bis zur Straße hinab (Abb.9).



Abb. 8: Östlicher Abbruchbereich mit niedrigeren Versatzhöhen und Rohrextensometer Messstelle 1



Abb. 9: Alte Blockschutthalde am Fuß der Massenbewegung

Der weitere Verlauf nach Osten ist eher unscharf sowie durch eine Überlagerung mit Hangschutt geprägt, jedoch sind auch dort noch Felsrippen mit E/W Trennflächen entwickelt, auch sind hier noch Abrisse und Spalten erkennbar, bis etwa 50 m westlich des kleinen Grabengerinnes.

Ergebnis der Geländeaufnahmen

Nach Fertigstellung der Geländeaufnahmen und nach Auswertung des Geländebefundes ist davon auszugehen, dass die Massenbewegung Maria Rast eine großdimensionierte Hangbewegung darstellt, die eine deutliche südliche und westliche Begrenzung besitzt, nach Osten hin weniger klar zu fassen ist. Insgesamt nimmt diese mobile Masse eine maximale Länge von etwa 300 Meter ein. Die Breite – ohne Berücksichtigung des vorgelagerten Blockschuttfußes - verringert sich sukzessive von Westen nach Osten von maximal etwa 60 Meter auf bis zu 10 Meter.

An den steilen bis senkrechten Schieferungsflächen sind im westlichen Abschnitt der Massenbewegung insbesondere unterhalb der Kirche Maria Rast Absturzhöhen bis zu 20 Meter entwickelt. Im Bereich der weiter östlich liegenden Abbruchkanten gehen diese kontinuierlich bis auf weniger als 3 Meter zurück.

Von der Hangbewegungen ist - grob geschätzt – eine Kubatur von etwa 100 000 m³ betroffen.

Als Schwächezone im Gebirge sind in diesen Abschnitten vor allem die Haupttrennflächen des Innsbrucker Quarzphyllits, die E/W gerichteten mehr oder weniger saigeren Schieferungsflächen zu sehen, an denen sich die Felssturzmasse unterhalb der Kirche Maria Rast abgelöst hat.

Am Fuß der Abrisszone ist dadurch eine grobblockige Sackungsmasse mit mehr oder weniger zusammenhängenden Felsrücken entwickelt, die derzeit – so zeigen es die ersten Vermessungsdaten – durch Senkungen, und Bewegungen in nördliche Richtung einen Druck auf eine weiter nördlich befindliche Abbruchkante ausüben, welche zu Bewegungen dort und in der Folge zu Abstürzen in Richtung auf die bestehende Schutthalde, bergseitig der B 165, geführt hat.

Die Geländebefunde ergaben auch deutlich 2 aktive Steinschlagschneisen (Abb. 9) bis zur Straße hinab, geprägt durch frisches Blockwerk, welche auch auf die letzten Sturzereignisse von 2012 und vom März 2014 zurückzuführen sind und die zu einer vorübergehenden Sperre der Straße und einer Beräumung durch eine Fachfirma geführt haben.



Abb. 10: Aktive Steinschlagschneise am Fuß der Massenbewegung Maria Rast

Die Annahme dass die Massenbewegung mit der ehemaligen Bergbautätigkeit in diesem Gebiet, die noch vor 1630 begonnen wurde und bis ins Jahr 1926 fortgesetzt wurde, mit Schächten die bis mehr als 200 Meter unter die derzeitige Talsohle reichen in Zusammenhang stehen könnte, ist zwar zu vermuten, kann aber nicht zweifelsfrei bestätigt werden. Eindeutige obertägige Spuren einer Bergbautätigkeit finden sich nur mehr westlich außerhalb der Bewegungsmasse. Alte Bergbaukarten hingegen zeigen, dass Untertage mehrere Stollen bis weit in das Gebiet der Massenbewegung hineinreichen, sogar bis in den mehr oder weniger offensichtlich stabilen Abschnitt im Osten des Gehänges.

Gegen die Annahme, dass es sich um einen Talzus Schub handeln könnte, sprechen die relativ enge und räumliche Begrenzung der Rutschmasse auf den untersten Abschnitt des Geländes orographisch links des Gerlosbaches und vor allem die Tatsache, dass im Gebirge oberhalb der Abbruchkanten keine Anzeichen von Hangbewegungen/Hangabrissen mehr erkennbar sind.

Es stellt sich auch die Frage, ob das Wasser in den Spalten entlang der Schieferung im Festgestein durch die Wirkung von Bergwasser (Kluftwasserschub) Hangbewegungen induzieren kann.

Nicht auszuschließen, ist ein negativer Einfluss des Gerlosbaches für die Massenbewegung an seinem linken Einhang. Dieser Einfluss ist einerseits in einer erosiven Tätigkeit am Hangfuß zu sehen, sowie andererseits in einer möglichen Subrosionstätigkeit durch den begleitenden Grundwasserstrom innerhalb der Rutschmasse vorgelagerten Sturzhalde.

Überwachungsmaßnahmen

Neben der Erhebung eines Geländebefundes war es unbedingt erforderlich ein begleitendes Messprogramm zur Feststellung bzw. Überwachung der Hangbewegungen einzurichten. Schon mit Beginn der geologischen Aufnahmen wurden daher im Untersuchungsgebiet, insbesondere in jenen Abschnitten in denen die stärksten Hangbewegungen zu vermuten waren, 47 Punkte vermarktet.

Diese wurden nach einer Nullmessung am 28.4.2014 durch den Vermessungsdienst des Landes vorerst 14-tägig gemessen, in der Folge dann in monatlichen Messserien an mehr den Messorten im Bereich des Gehänges beider Abbruchzonen. Bisher sind bereits 24 Folgemessungen durchgeführt worden.

Auswertung der bisherigen Vermessung Maria Rast nach insgesamt 24 Messfolgen

(Vermessen und dargestellt durch die Abteilung Geoinformation, Amt der Tiroler Landesregierung)

Messreihe Mai 2014 bis August 2014

- Die Messwerte von Mai 2014 bis August 2014 zeigen an allen Messpunkten nur sehr geringe Bewegungsraten mit keinem einheitlichen Trend.

Messreihe von September 2014 bis September 2015

Die Messwerte von September 2014 bis September 2015 zeigen alle denselben Trend einer mehr oder weniger gleichmäßigen Bewegung im mm-Bereich pro Monat mit Richtung Nord

- Die Bewegungsraten reichen von max. 11,5 cm/a bis min 0,5 cm/a
 - max. Bewegungsrate (11,5 – 7 cm/a): direkt unterhalb der Kirche und unterhalb der östlichen Abbruchnische
 - mittlere Bewegungsrate (7 – 4 cm/a): an den Randbereichen der max. Bewegungsraten
 - min. Bewegungsrate (4 – 1 cm/a): entlang der Geländekanten

Bewegungsrichtung grundsätzlich Richtung N (=Fallrichtung des Hangs)

kleinere Abweichungen Richtung NE oder NW

- In den Monaten März bis Mai (März, April) maximale Bewegungsraten
- Bereiche mit maximalen Bewegungsraten stimmen zum Teil mit aktiven Steinschlagbereichen überein (z.B. direkt unterhalb von Wallfahrtskirche; zentraler Bereich)

Schutzmaßnahmen

Als Reaktion auf die Bewegungen an der nördlichen Abbruchwand, die zu den Blockstürzen und Steinschlagereignissen in jüngster Zeit geführt hat, war die Notwendigkeit von Steinschlagschutzmaßnahmen für die B 165 unbedingt erforderlich. Zur Sicherung der Straße in dem Abschnitt unterhalb der Kirche Maria Rast wurde die Errichtung eines Steinschlagschutznetzes als zielführend angesehen. Die Bemessungsgrundlagen für das Steinschlagschutznetz, basierend auf dem

Geländebefund und den dort erhobenen Daten, wurden vom Büro ZT W3 Willi Wanker nach Ermittlung Steinschlagsimulation durchgeführt. Dieses Netz der Energieklasse 500 kJ mit einer Netzhöhe von 3 Meter und einer Neigung von 10° konnte auf einer Länge von 200 Meter zwischen 607 m und 622 m ü. A. nach Osten ansteigend, schließlich im Jahre 2015 fertiggestellt werden.

Große Hangbewegung, wie sie im Jahre 1926 aufgetreten sind, können durch diese Maßnahme aber nicht aufgehalten werden. Derartige Ereignisse sind mit dem jetzigen Kenntnisstand zwar nicht auszuschließen, aber auch nicht zu erwarten. Außerdem würden die nunmehr vorgeschlagenen und derzeit bereits laufenden Beobachtungs- und Überwachungsmaßnahmen derartige Sturzprozesse rechtzeitig vorher erkennen lassen.

Literatur

Bauer, Johannes Karl (1980): Der Goldbergbau Zell am Ziller, Tirol. Eine historische Betrachtung- Jahrb. Geol. B. - A. Band 123, Heft 1 S. 143 – 168. Wien September 1980

Schulz. O., Wenger H., (1980): Die Goldlagerstätte Zell am Ziller, Tirol - Eine lagerstättenkundliche Betrachtung, Jahrb. Geol. B. - A. Band 123, Heft 1 S. 113 – 141. Wien September 1980

Summary

The mass movement „Maria Rast“ started more than 200 years ago in the area left sided the downvalley end off the Gerlosbach, resulting in rockfall events destroying the downhill tower off the Church named Maria Rast. This movement with a dimension of about 100 000 m³ ist still going on as field observations indicates and as it was confirmed by geodetic surveying. Movement reaches up to 11 cm per year, particularly on top of the center of the blocky slope. Whether the ancient gold mining site was inducing the mass movement or not cannot be answered without doubt. The participation of groundwater as a driving force for the observed movement is as likely as not.

The area of mass movement could be clearly defined by field investigations. Based on them a protective concept for the road B165 to Gerlos was established in terms of a rockfall protection barrier system with a net of high tensile steel wire. Although a large scale mass movement is not expected, further geodetic surveying are essential to get alerted if such events would occur.

Freitag 16. Oktober 2015

12:00-12:30

Erfahrungen bei Einbau, Messung, Auswertung und Interpretation von Inklinometern

M. Holzmann, S. Perzlmaier, M. Heidegger, U. Tschögele, B. Hofer

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

Inklinometerinstallation

Die Erfahrungen der TIWAG mit dem Ausbau von Bohrungen als Inklinometermessstellen reichen bis in die frühen 90er Jahre zurück. Mit den ersten eingebauten Inklinometern an den westlichen und östlichen Hängen des Gepatschspeichers sollten die basalen Scherzonen der tiefgründigen Massenbewegungen Hochmais und Klasgarten detektiert werden. Die Pegel bestehen aus gemufften Vollrohren; in den Muffen wurden die Vollrohre mit Setzungsspiel eingebaut (Abb. 1). Die Idee war, zusätzlich zu den horizontalen auch die vertikalen Verschiebungen zu messen, auszuwerten bzw. zu interpretieren. Der Ausbau des Bohrloches erfolgte nach Erreichen der Teufe in mehreren Schritten: 1) stellen des Inklinometers 2) ziehen der Verrohrung um wenige Meter und Füllen von Quarzfilterkies 3) bestimmen der verkiesten Höhe mittels Sondiergestänge; die Arbeitsschritte 2) und 3) wurden solange wiederholt, bis der Inklinometerausbau fertiggestellt war. Die Sondierung nach einem Füllvorgang ist erforderlich um ausschließen zu können, dass der Kies nicht zwischen Pegelrohr und Bohrlochverrohrung (Bohrung im Lockergestein) eingebracht wird, da es sonst beim Ziehen der Verrohrung zum Abreißen des Pegels kommen würde.

Die Planung der Arbeitsschritte und der Einbau selbst erfolgten und erfolgen durch Mitarbeiter der TIWAG, welche auch die Wartung, Messung und Auswertung der Inklinometer durchführen.

Im Zuge der Ausarbeitung der Einreichunterlagen zum Projekt Speicherkraftwerk Kühtai wurden im Jahre 2007 und 2008 im Längental insgesamt vier Inklinometer an den potentiellen Speicherhängen installiert: drei vertikale Inklinometer und ein Inklinometer um 30 Grad gegen die Vertikale geneigt. Die 30 Grad gegen die vertikale geneigte Bohrung wurde im Bereich eines Felskopfes abgeteuft. Der Ausbau der Inklinometer erfolgte nach dem Schema wie oben beschrieben. Aufgrund der nicht plausiblen Messergebnisse im geneigten verkiesten Inklinometer wurde dieser 2008 durch ein vertikales ersetzt.

Zur Vertiefung bzw. Erhöhung des Kenntnisstandes der Geometrie und Kinematik der tiefgründigen Massenbewegungen entlang des Gepatschspeichers wurden in den Jahren 2009 bis 2011 7 Bohrlöcher als Inklinometermessstellen ausgebaut. Das tiefste Inklinometer reicht 230 m unter GOK. Der Ausbau erfolgte zum Teil mit Einbau von Setzungsspiel der Rohre zwischen den Muffen, teils ohne. Die Bohrlöcher wurden im Bereich des anstehenden Gebirges mit Zementsuspension verfüllt, innerhalb der stark zerlegten Massenbewegung mit Quarzfilterkies verfüllt. Beim Ausbau kam bei ausgewählten Inklinometern eine weitere Methode zum Einsatz, bei der mit dem Inklinometerrohr gleichzeitig ein Filtergewebeschauch, Textilgewebepacker und Injektionsschläuche in das Bohrloch mitgeführt wird. Um den Bergwasserspiegel messen zu können und Rückschlüsse auf die Durchlässigkeit des Untergrundes schließen zu können wurden ausgewählte Pegel vor dem Einbau in das Bohrloch perforiert.

Neben den bereits erwähnten Ausbauten wurden unter anderem Inklinometer am Druckschachthang des Kaunertalkraftwerks sowie im Oberen Gericht (Projekt GKI) installiert.

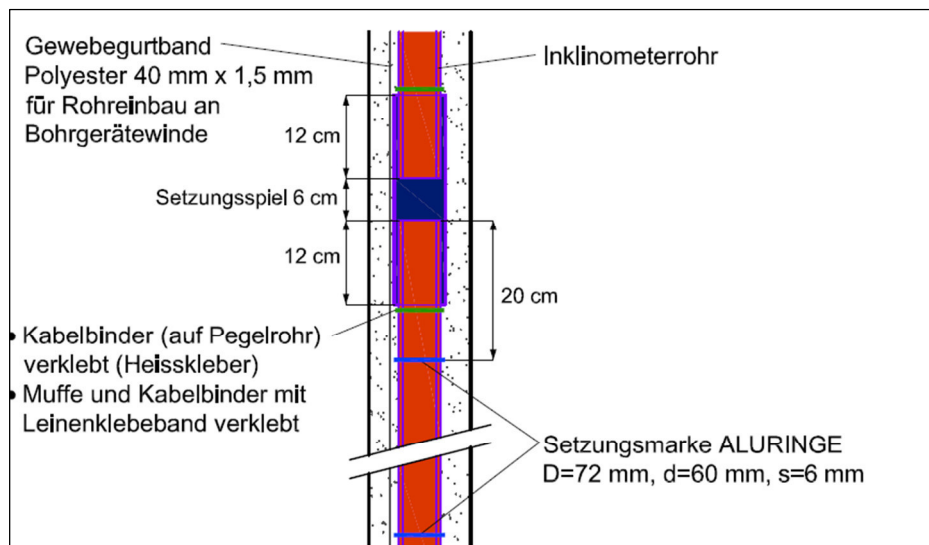


Abb. 1: Einbau der Inklinometerrohre mit Setzungsspiel in der Muffe

Messung

Die erste Messung des Pegels erfolgt wenige Tage nach Baufertigstellung. Die Nullmessung, welche als Referenz für alle weiteren Messungen herangezogen wird, muss nicht zwingend die erste Messung nach Baufertigstellung sein. Die Erfahrung zeigt, dass bei Inklinometern, welche mit Quarzfilterkies verfüllt wurden, die Konsolidierung des Bohrloches einige Monate (über das Winterhalbjahr) andauert.

Die Messungen erfolgen mit Ein- oder Halbmetersonden im Umschlagprinzip. Die Inklinometer im Längental werden ca. alle zwei Jahre gemessen; jene in Gepatsch im Jahres- bzw. Halbjahresrhythmus. Zusätzlich werden bei jeder Messung die Inklinometerköpfe geodätisch aufgenommen, um die Untergrundverformungen lagegenau darstellen zu können.

Interpretation

Bei der Interpretation von Inklinometermessungen werden exemplarisch zwei Messungen aus verschiedenen Bohrlöchern, abgeteuft an den Speicherhängen Gepatsch, dargestellt. Beim Einbau des Pegels mit Setzungsspiel bildet sich eine Gliederkette zwischen den Inklinometerrohren aus (Abb. 2); der Drehpunkt bildet sich in der Muffe des Pegels aus (siehe Abb. 1). Die Interpretation der Messung ist schwierig; die Detektion der basalen Scherzone dauert auf Grund des Pegelverlaufs deutlich länger als bei Inklinometern, welche ohne Setzungsspiel eingebaut wurden (Abb. 3). Beide Messungen wurden mit der Bedingung ausgewertet, dass der Bewegungsnullpunkt am Fuß liegt. In beiden Fällen, die Inklinometer reichen in das anstehende Gebirge, ist die Randbedingung bei der Auswertung gerechtfertigt.

Resümee

Auf Basis der gewonnenen Erfahrungen der letzten Jahre ist der Einbau von Inklinometern mit Setzungsspiel nicht zielführend. Die gemessenen Setzungsanteile der Pegel sind im Grunde schwer zu interpretieren bzw. sind die Nachteile in der Messung der Horizontalverformungen, auf Grund der Ausbildung einer Gliederkette im Bohrloch, groß. Bewährt hat sich die Kombination von Inklinometer mit

Grundwassermessstelle; neben der Messung von Verformungen und Grundwasserspiegelhöhen sind auch Rückschlüsse auf die Durchlässigkeit der stark zerlegten Massenbewegungen möglich.

Der größte Aufwand beim Einbau ergibt sich, wenn das Inklinometerrohr im Filtergewebeschauch in das Bohrloch eingebracht wird und die Injektionsschläuche mitgeführt werden müssen. Das Risiko sich das Inklinometer beim Einbau zu beschädigen, (z.B. durch aufschneiden/aufreißen des Filtergewebeschauchs beim Ziehen der Verrohrung mit aufgesetzter Krone, Abreißen der Injektionsschläuche) ist bei dieser Ausführungsvariante am größten. Bei wenig standfestem und zu durchlässigem Bohrloch bzw. Untergrund ist allerdings diese Art des Einbaus sowie das in Kauf nehmen eines höheren Einbaurisikos erforderlich.

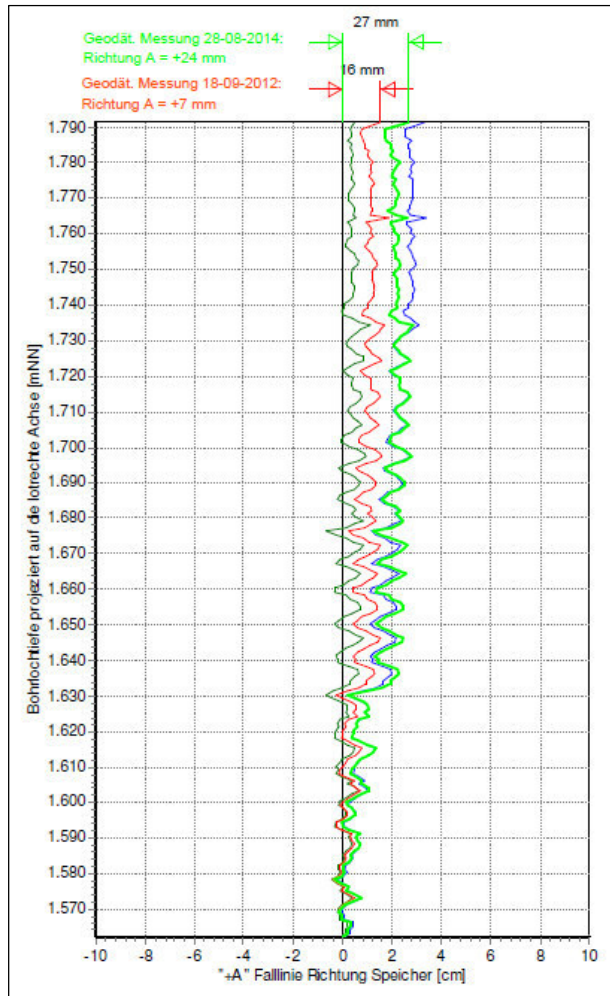


Abb. 2: Einbau mit Setzungsspiel

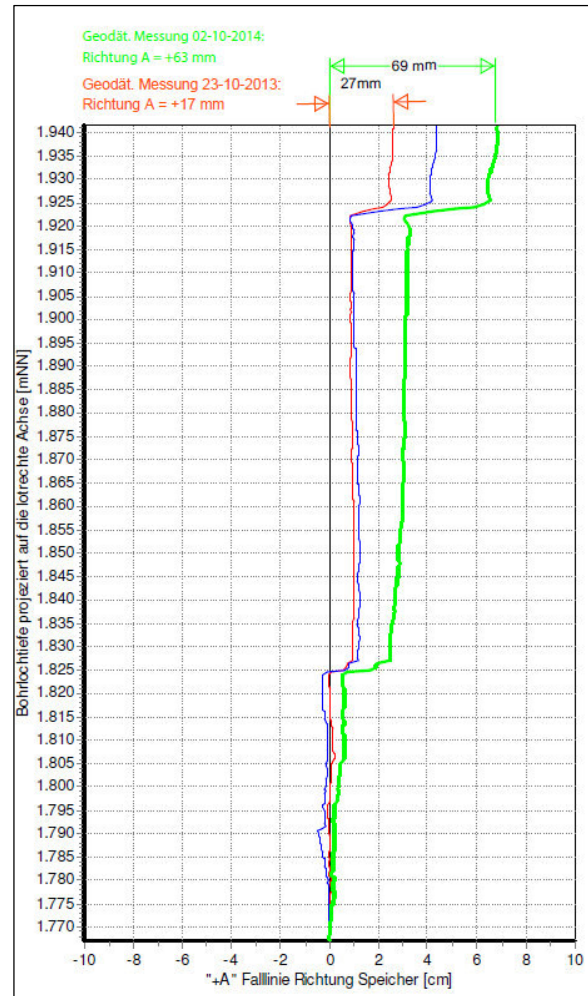


Abb. 3: Einbau ohne Setzungsspiel

Freitag 16. Oktober 2015

12:30-13:00

Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung – von der Verbauung zum Schutzkonzept

Siegfried Sauermoser

Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung, Sektion Tirol, Wilhelm Greilstrasse 9

Zusammenfassung:

Der Forsttechnische Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung wurde im Jahre 1884 als Folge der schweren Hochwässer im Südalpenraum im Jahre 1882 gegründet. Seither wurden im gesamten Bundesgebiet eine Unzahl von Wildbach-, Lawinen- und Steinschlagschutzmaßnahmen errichtet. Basis für die Finanzierung der Projekte sind das Katastrophenfondsgesetz bzw. das Wasserbautenförderungsgesetz 1985. Es zeigte sich zunehmend, dass die Errichtung von Technischen Schutzmaßnahmen alleine nicht ausgereicht hat, tatsächlichen Schutz zu bieten. Aus diesem Grunde wurde im Jahre 1975 die Gefahrenzonenplanung für Wildbäche- und Lawinen im Sinne einer vorbeugenden Strategie gegen Wildbäche und Lawinen eingeführt. Seither sind Gefahrenzonenpläne vor und nach Verbauung verpflichtende Projektbestandteile der Projekte der Wildbach- und Lawinerverbauung. Ebenso ist eine Kosten-Nutzen- Untersuchung und die Eingliederung der Projekte in eine transparente Prioritätenreihung vorzusehen. Die Technische Richtlinie für die Wildbach- und Lawinerverbauung auf Basis des Wasserbautenförderungsgesetzes – Stand März 2015 – bildet die Grundlage für die Projektierungen der WLV

Einleitung

Tirol ist ein Gebirgsland und lt. Aufzeichnungen der Wildbach- und Lawinerverbauung werden derzeit 2229 raumrelevante Wildbacheinzugsgebiete und 2630 raumrelevante Lawineneinzugsgebiete registriert.

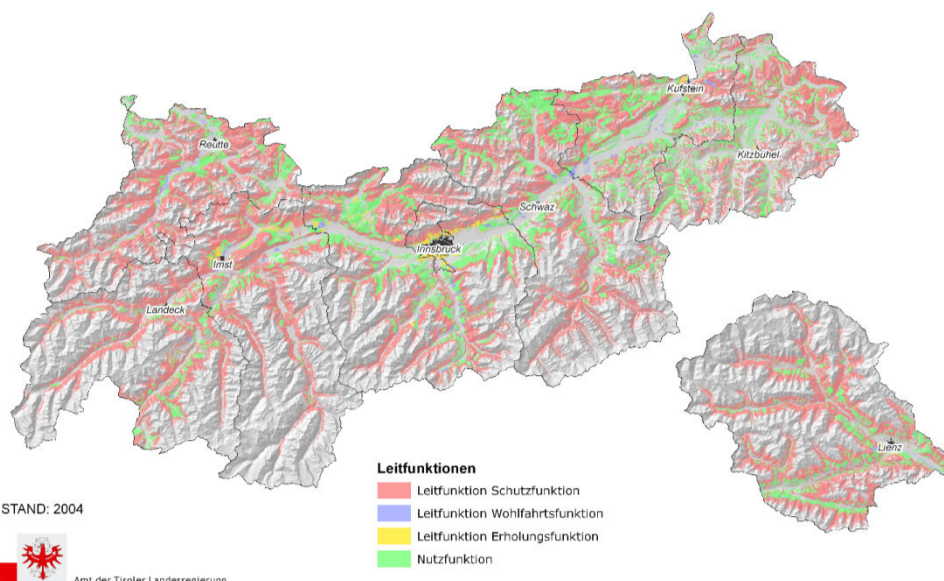


Abb.1 Waldentwicklungsplan für Tirol



Abb.2: Blick ins oberste Paznauntal auf die Gemeinde Galtür.

Neben diesen ausgewiesenen Gefahrengeländen gibt es noch eine große Anzahl von Gebieten mit geologischen Gefährdungen wie Steinschlag oder Rutschungen. Ca. 60% des Tiroler Waldes sind Schutzwald, das heißt die vordringliche Funktion dieser Wälder ist der Schutz von Infrastruktureinrichtungen. Gefährdungen durch Wildbäche, Lawinen und Steinschlag sind somit in einem Gebirgsland wie Tirol nichts neues, die Frage ist, wie eine Gesellschaft des 21. Jahrhunderts mit dieser Art von Bedrohungen umgeht.

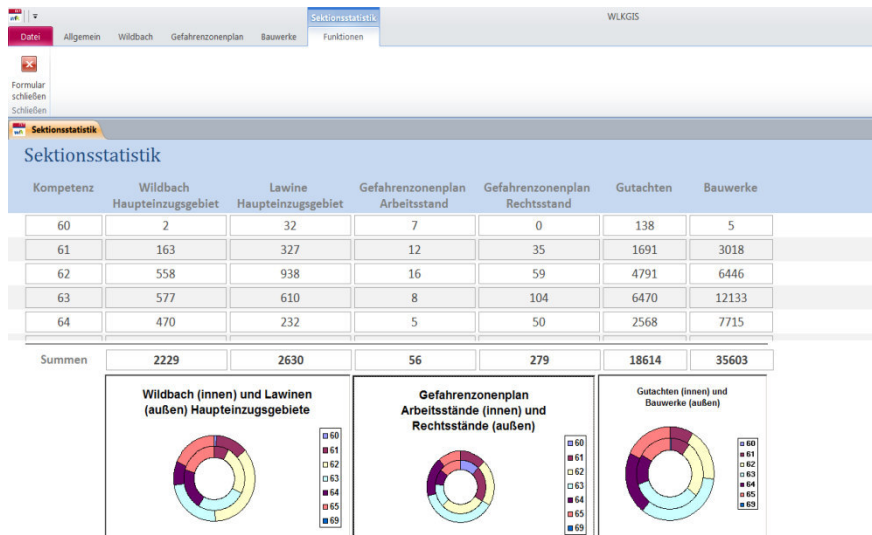


Abb.3: Statistik Sektion Tirol, Wildbach- und Lawineneinzugsgebiete, Gefahrenzonenpläne

Historische Betrachtungen

Naturkatastrophen waren immer schon Teil eines Gebirgslandes wie Tirol, bereits in den Jahren 1553 oder 1669 wird zum Beispiel von schweren Murenkatastrophen im Lahnbach in Schwaz berichtet. Ebenfalls sind Lawinenereignisse ein Teil der Landesgeschichte, beispielsweise sei auf die Lawinenkatastrophe 1951 oder 1999 hingewiesen.

Seit ca. 130 Jahren werden Wildbäche- und Lawinen vom Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung verbaut. Basis für diese Tätigkeit war das am 30. Juni 1884 erlassene Gesetz „betreffend Vorkehrungen zur unschädlichen Ableitung von Gebirgswässern“. Bereits dieses Gesetz bezog sich nicht nur auf die Technischen Verbauungen, sondern berücksichtigte die Möglichkeit von Maßnahmen auf der Fläche. Auf Basis des Wildbachverbauungsgesetzes wurden unzählige Verbauungsmaßnahmen in Wildbächen und Lawenstrichen durchgeführt, eine Erhebung der Schutzbauten im Rahmen des Bauwerkskatasters ergibt für Tirol die Zahl von ca. 40 000 Schutzbauten.

Mittlerweile wurde das Wildbachverbauungsgesetz durch das Forstgesetz 1975 abgelöst, im Rahmen dieses Gesetzes wurden erstmals die Aufgaben der Dienststellen in einem Gesetz klar definiert und auch die Gefahrenzonenplanung wurde im Rahmen des Forstgesetzes eingeführt.

Die Finanzierung von Schutzbauten wird einerseits im Katastrophenfondgesetz, andererseits im Wasserbautenförderungsgesetz geregelt. Seit der Novelle des WBFG 1985 ist auch die Errichtung von Schutzbauten nicht nur gegen Wasserverheerungen, Muren oder Lawinen, sondern auch gegen Steinschlag und Rutschungen beinhaltet. Diese Novellierung wurde deshalb notwendig, da es zu diesem Zeitpunkt keinen Rechtstitel für die Errichtung von Steinschlagschutzbauten gab. Auch in der rechtlichen Regelung der Gefahrenzonenplanung 1975 spielt die Gefährdung durch Steinschlag und Rutschung nur eine untergeordnete Rolle, es wird lediglich die Ausscheidung von sog. Braunen Hinweisbereichen empfohlen. Zu erwähnen ist, dass auch die Sicherung und Verbesserung des ökologischen Zustandes der Gewässer ein öffentliches Interesse ist, soweit damit die in § 1, Abs.1Z1lit.a und b WBFG angeführten Ziele – nämlich Schutz gegen Hochwasser und Muren – miterfüllt werden.

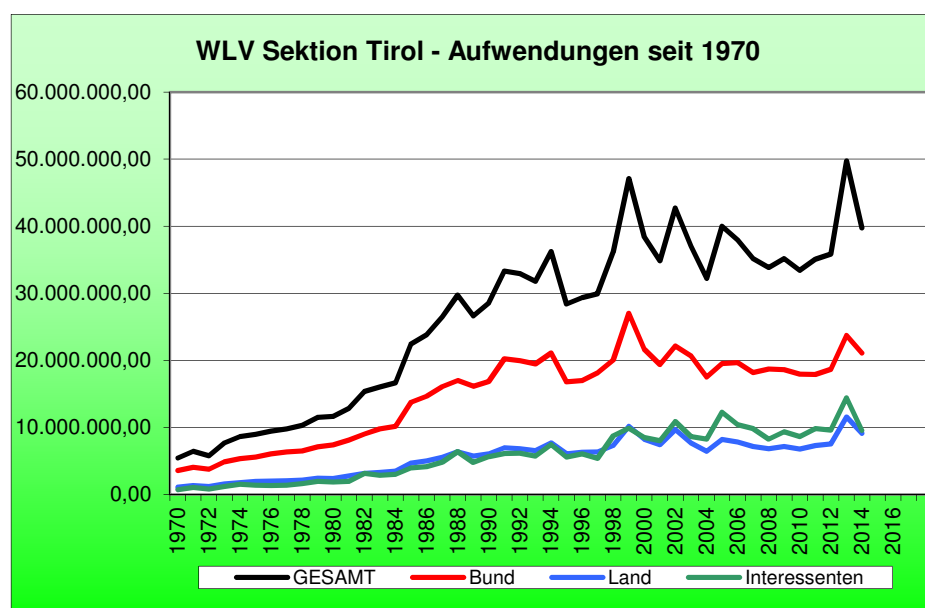


Abb.4: Finanzielle Aufwendungen der Wildbach- und Lawinenverbauungen seit 1970

Verbauung versus Schutzkonzept

Was verstehen wir unter einem Schutzkonzept?

Gemäß ONR 24800 ist ein Schutzkonzept eine der Planung von Schutzmaßnahmen zu Grunde liegende Strategie, die die effektivste und wirtschaftlichste Kombination von Maßnahmen umfasst.

Gemäß ONR 24802, Pkt 7.3:

Die Festlegung des Schutzkonzeptes dient der Entwicklung einer Strategie, welche die effektivste und wirtschaftlichste Kombination von Schutzmaßnahmen umfasst und grundsätzlich die Art und Funktion der erforderlichen Schutzbauwerke bestimmt. Dieser Festlegung geht ein Vergleich aller technisch möglichen und wirtschaftlich vertretbaren Varianten einschließlich einer „Nullvariante“ (keine Schutzmaßnahmen) voraus.

Ein Schutzkonzept – zum Unterschied einer reinen technischen Verbauung – wird dem Interessenten (meistens der Gemeinde) dann angeboten, wenn diese einen Verbauungsantrag stellt. Dieser ist lt. WBFG zwingend notwendig, die WLW wird nicht von Amts wegen (außer in der Gefahrenzonenplanung) tätig.

Wesentliche Teile davon sind eine

- ✓ Gefahrenpotenzialerhebung (Gefahrenzonenplan vor Verbauung, Gefahrenzonenplan nach Verbauung),
- ✓ Vorstudie nach Antrag durch die Gemeinde
- ✓ Schutzprojekt incl. technischer, forstlich-biologischer oder wirtschaftlicher Maßnahmen
- ✓ Kollaudierung mit Sicherstellung des Betriebes und Erhaltung gem. ONR 24803, ONR 24807 und ONR 24810
- ✓ Koordinierte laufende Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Schutzbauten bzw. Schutzkonzepten gem- ONR 24803, ONR 24807 bzw. ONR 24810

Gefahrenzonenplanung:

Rechtliche Basis für die Gefahrenzonenplanung ist das Forstgesetz 1975, derzeit werden in Tirol die letzten beiden noch offenen Gemeinden bearbeitet. Grundsätzlich gilt das Vorhandensein eines vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft genehmigten Gefahrenzonenplanes als Voraussetzung für die Einleitung eines Genehmigungsverfahrens für Schutzmaßnahmen der Wildbach- und Lawinerverbauung. Der Genehmigung von Maßnahmen zum Schutz vor Erosion, Runsenbildung, Rutschungen gem. §9 Abs.1Z3-5 WBFG, ist für das bezugshabende Gemeindegebiet ein flächenhaftes Gutachten zugrunde zu legen, welches die Gefährdungen im raumrelevanten Bereich objektbezogen kartographisch darstellt. Für Sturzprozesse (Steinschlag, Rutschungen) ist für das bezugshabende Gemeindegebiet eine nach der Intensität abgestufte, parzellenscharfe Gefahrenkarte (Braun/Braun intensiv) iSd. Schriftenreihe der Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK 2015) zugrunde zu legen und in der Folge in den Gefahrenzonenplan zu integrieren.

Die Gemeinden interessiert aber auch der Verlauf von Gefahrenzonen nach durchgeführten Schutzmaßnahmen. Im Rahmen einer Projektierung ist somit ein Gefahrenzonenplanentwurf nach durchgeführter Verbauung auszuarbeiten, die Gemeinde sollte wissen, wofür das Geld investiert wird und welche künftige Auswirkung die Schutzbauten auf die Raumordnung haben werden. Idealerweise wird ein

überarbeiteter GZP-Vorschlag bei der Kollaudierung der Schutzmaßnahmen übergeben. Diskutiert wird in diesem Zusammenhang die Beurteilung von Restrisiken nach Verbauungen und wie weit Gefahrenzonen zurück genommen werden dürfen. Eine Rücknahme bedeutet meistens unmittelbar ein Nachrücken des Siedlungsgebietes, weshalb die Rücknahmen von Gefahrenzonen im Regelfall eher vorsichtig erfolgt. Ein einheitliches Regelwerk über die Berücksichtigung von Schutzbauten in der Raumplanung wie in der Schweiz (siehe Romang 2008) vorgeschlagen existiert in Österreich derzeit noch nicht.

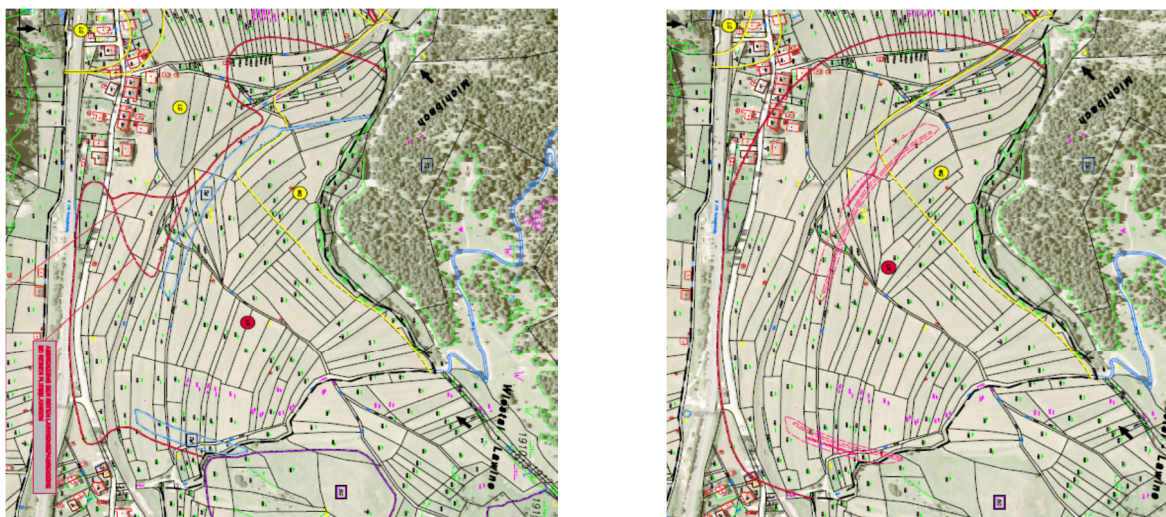


Abb.5: Gefahrenzonenplan vor und nach Verbauung, Wiestallawine, Gemeinde Bichlbach, Bezirk Ausserfern

Vorstudie und Prioritätenreihung

Wird seitens der Gemeinde ein Verbauungsantrag eingereicht, wird dieser geprüft und für das ev. geplante Vorhaben eine Vorstudie (Schutzkonzept) erstellt. Im Rahmen dieser werden alle Möglichkeiten der Prävention geprüft, die Lösung muss nicht unbedingt eine technische Schutzmaßnahme sein. Auf Grund einer Punktezahl wird das Vorhaben einer Dringlichkeitsreihung zugeordnet.

PROJEKTE	PRIORITÄTENEIHLUNG: VERBAUUNGSANSICHTEN	GEMEINDEN	KATEGORIE	PRIORITÄT	DREIENSTELLE	DATUM	
GENELLE PROJEKTE	= BIRNENFELS FS	Obstl (9H)	A	8,0	6,2	Oberes Inntal	21.12.2012
SOFORTMASSNAHMEN	= FIMBERBACH	Ischgl (3A)	A	8,0	6,2	Oberes Inntal	
BETRIEBSMASSNAHMEN	= ST-JAKOB FS	Sanik Jakob in Deferegggen (L)	A	7,5	6,5	Osttirol	19.02.2009
UFG	= AUSSERVALGRATEN LAWINEN	Außervallgraten (LZ)	A	7,0	6,5	Osttirol	12.03.2012
PROJEKTBEREICHEN	= AXAMERBACH	Axams (L)	A	7,0	6,3	Mittleres Inntal	
VORSTUDIEN	= DORFBACH HATTING	Hattling (L)	A	7,0	6,3	Mittleres Inntal	
SCHNELLE PROJEKTE	= GELLOSBRACH	Gellos (SZ)	A	7,0	6,3	Mittleres Inntal	
VORSTUDIEN	= KÖNIGSBRACH	Königsbrach (BR)	A	7,0	6,4	Oberes Inntal	13.11.2008
PROJÄTBEREICHEN	= KREINERBACH/VEINENBACH	Arsling (LZ)	A	7,0	6,5	Osttirol	28.09.2005
MITTELFRISCHEN	= NIEHLBACH	Sanik Johann im Walde (LZ)	A	7,0	6,5	Osttirol	17.12.2003
PROJEKTE	= RAIENBACH	Arsling (LZ)	A	7,0	6,5	Osttirol	23.09.1992
VORSTUDIEN	= BOSSBACH	Nassenath (IM)	A	7,0	6,5	Oberes Inntal	
PROJÄTBEREICHEN	= WARTSCHENBACH	Gamberg (LZ)	A	7,0	6,5	Osttirol	17.05.2011
DRUCKVERSION		Leier (LZ)	A				
PROJÄTBEREICHEN		Nußdorf-Obere (LZ)	A				
FILTER	= ALLERHEILIGENHOF-LAWINE	Innsbruck (I)	A	6,5	6,3	Mittleres Inntal	
Bezeichnung:	= BICHL FS	Neusift im Stubaital (L)	A	6,5	6,3	Mittleres Inntal	
Dienststelle:	= RABACH	Plattlerbach (BL)	A	6,5	6,3	Mittleres Inntal	
<Dienststelle>	= JOHANNESBACH	Silben (LZ)	A	6,5	6,5	Osttirol	02.05.2011
<Stunde>	= KÖNIGSBRACH	Jocheberg (KB)	A	6,5	6,4	Unteres Inntal	28.09.1996
<Geraden>	= LAFAIRNBACH	Phunds (L)	A	6,5	6,2	Oberes Inntal	
Kategorie:	= LEHNBACH	Miesing (IM)	A	6,5	6,2	Oberes Inntal	
<Kategorie>	= PATSCHERBACH	Patsch (L)	A	6,5	6,3	Mittleres Inntal	
FILTRAMASSNAHMEN	= PETTAU FS	Pettau (L)	A	6,5	6,3	Mittleres Inntal	
SEWUTER	= THAUER LANGENBACH	Thaur (L)	A	6,5	6,3	Mittleres Inntal	
	= WATTENBERG	Wattenberg (BL)	A	6,5	6,3	Mittleres Inntal	
	= ZEINSBACH	Pettau am Arberg (LA)	A	6,5	6,2	Oberes Inntal	

Abb.6: Auszug aus der Prioritätenreihung – Projektverwaltungsmodul der Sektion Tirol

Schutzprojekt incl. technischer, forstlich-biologischer oder wirtschaftlicher Maßnahmen

Nach grundsätzlicher Sicherstellung der Finanzierung durch die Finanzierungspartner wird seitens der Dienststellen ein Schutzprojekt ausgearbeitet, welches gem. Techn Richtlinie Pkt 3.2 den speziellen Zielsetzungen des Schutzes vor Wildbächen, Lawinen und Erosion zu folgen hat. Unter anderem werden dort der Erhaltung und Verbesserung des ökologischen Zustandes der Gewässer in den Einzugsgebieten bzw. der Erhaltung und Verbesserung des Schutzwaldes mit langfristiger Schutzwirkung eindeutige Bedeutung zugewiesen.

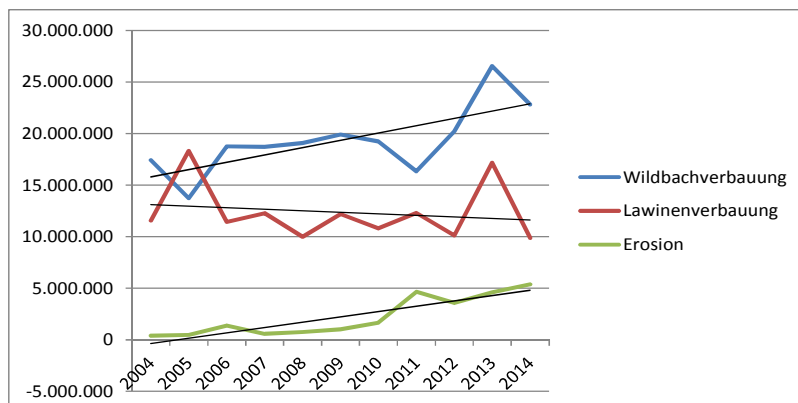


Abb.7: Entwicklung Schutzmaßnahmen Wildbach, Erosion, Lawinenschutz in den letzten 10 Jahren

Im Bundesland Tirol zeigt sich deutlich die Zunahme der Aufwendungen für Steinschlagschutzmaßnahmen im letzten Jahrzehnt, während die Aufwendungen für die Lawinerverbauung im Abnehmen begriffen sind. Die markante Zunahme der Aufwendungen für Wildbachverbauungsmaßnahmen ist vor allem durch die Hochwasserereignisse 2013 und 2014 bedingt. Ebenfalls ist die Intensivierung der Instandsetzungen vor allem ein Grund für die Zunahme der Aufwendungen im Bereich Wildbachverbauung.

Koordinierte laufende Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Schutzbauten bzw. Schutzkonzepten gem. ONR 24803, ONR 24807 bzw. ONR 24810

Im Zuge der Kollaudierung von Schutzmaßnahmen werden diese den Interessenten zur weiteren Betreuung übergeben. Wichtig dabei ist der deutliche Hinweis auf eine laufende Kontrolle gem. den einschlägigen Normenwerken. Die Funktionsfähigkeit kann zum Beispiel bei Geschiebebecken durch ein Vor- oder Teilverfüllung beeinträchtigt sein, was im Falle des Auftretens eines Bemessungsereignisses von Bedeutung sein kann. Seitens der WLW werden derzeit alle von der WLW mitfinanzierten Schutzbauten in einen Bauwerkskataster aufgenommen und einer Bewertung (Erstaufnahme) unterzogen. Im Sinne eines systematischen Qualitätsmanagements sind regelmäßig Prüfungen gem. Pkt. ONR 24803 Pkt 5.3.4, ONR 24807, Pkt 5.3.4 und ONR 24810, Pkt 7.3.5 durchzuführen.

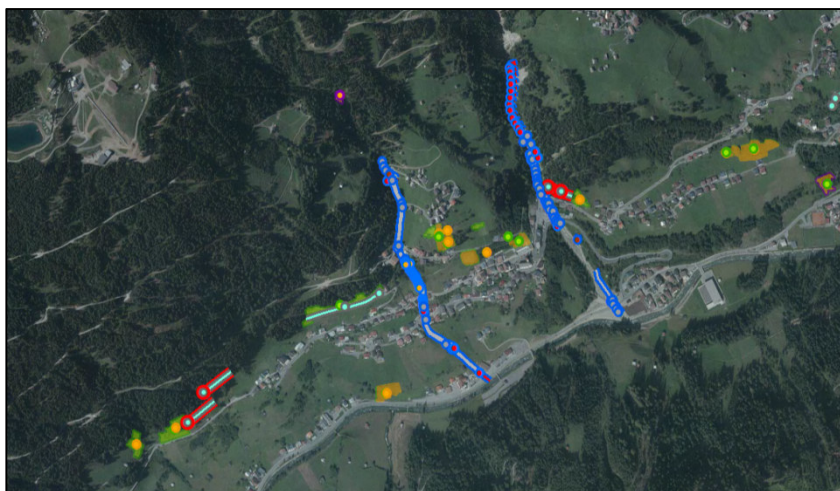


Abb. 8: Bauwerkskataster WLV Sektion Tirol – Auszug Gemeinde Kappl



Abb. 9: Kronenoffene Sperre im Märzbach, Gde. Stumm/Stummerberg

Ausblick, Probleme

Die Prüfung und Anpassung bestehender Schutzbauten wird zweifellos in den nächsten Jahren ein Schwerpunkt der Aufgaben der Wildbach- und Lawinerverbauung gemeinsam mit den Interessenten sein. Dabei zeigen sich deutlich die Schwierigkeiten der Festlegung eines „Bemessungsereignisses“ für Erosionsprozesse wie Muren oder Steinschlagereignisse. Erscheint dies bei reinen hydraulischen Abflussprozessen noch einigermaßen statistisch ableitbar, so erleben wir vor allem bei Muren oder murartigen Abflussprozessen häufig deutliche Überraschungen. Für diese Prozesse erscheint eine Bauwerksdimensionierung mit einer deutlichen Reservekapazität empfehlenswert. Jüngstes Beispiele für diese Erkenntnis ist das Ereignis im Schallerbach in der Gemeinde See im Juni 2015.

Ebenso problematisch ist die Bewertung von bestehenden Schutzbauten und ihr Verhalten bei Überlastfällen. Nur die konsequente Untersuchung vorerst aller Schlüsselbauwerke mit Bewertung ihrer Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit in Abhängigkeit des relevanten Gefahrenprozesses kann diesbezüglich Abklärung bringen.



Abb.10: Murreignis Schallerbach, Gde. See, Juni 2015

Literatur:

ÖROK, Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung; Fachliche Empfehlungen und Materialienband; Österreichische Raumordnungskonferenz, Schriftenreihe Nr. 193, Wien März 2015

Technische Richtlinie der Wildbach- und Lawinenverbauung; TRL-WLV Gemäß § 3 Abs. 1, Z1 und Abs. 2 WBFV 1985; Fassung März 2015

Richtlinie für die Gefahrenzonenplanung; BMLFUW –LE 3.3.3/0185-IV/5/2007, August 2010

ONR 24803: Schutzbauten der Wildbachverbauung, Betrieb, Überwachung und Instandhaltung, 1.2.2008

ONR 24807: Permanenter technischer Lawinenschutz, Überwachung und Instandhaltung; 15.12.2011

ONR 24810: Technischer Steinschlagschutz; Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung; 15.1.2013

Romang Hans (Ed.) 2008: Wirkung von Schutzmassnahmen. Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern. 289 S.

Danksagung:

Für die hohe Wertschätzung und Unterstützung des 17. Geoforum Umhausen“ möchten wir dem Landeshauptmann-Stellvertreter, Herrn ÖR Josef Geisler ganz besonderen Dank sagen.

Ohne Unterstützung der Gemeinde Umhausen würde den jährlichen Tagungen „Geoforum Umhausen“ ein wichtiges Standbein fehlen. Herrn Bürgermeister LA KO Mag. Jakob Wolf wollen wir für diese Unterstützung sehr danken.

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

Herr Manfred Scheiber (Raiffeisenbank Vorderes Ötztal, Filiale Ötz) hat auch heuer wieder dankenswerter Weise die Gestaltung des Werbeplakates für den öffentlichen Abendvortrag übernommen und so mitgewirkt das Interesse der Bevölkerung zu wecken.

Ein besonderer Dank gilt natürlich auch dem kleinen, aber sehr effizienten Organisationsteam der Tagung.

Verein Geoforum Tirol

15. Oktober 2015



projekt-partner



koordination mediation kommunikation



FRÖSCHL BAU



Baugesellschaft m.b.H.



Anschrift der Vortragenden „17. Geoforum 2015“ in alphabetischer Reihenfolge:

Dipl.-Ing. Michael Arndt

MACCAFERRI DEUTSCHLAND GmbH
Kurfürstendamm 226
D-10719 Berlin
Tel.: +49 30 88007979
office@maccaferri.de

Mag. Dr. Rufus J. Bertle

GEOGNOS BERTLE ZT GmbH
Technische Geologie Ziviltechniker GmbH
Kronengasse 6
A-6780 Schruns
Tel.: +43 5556 72002-0
office@geologie-bertle.at
www.geognos.at

Mag. Thomas Figl

Amt der Tiroler Landesregierung
Allgemeine Bauangelegenheiten
Fachbereich Landesgeologie
Herrengasse 1-3
A-6020 Innsbruck
Mobil: +43 676 885084321
thomas.figl@tirol.gv.at

Dr. Walter Frei

GeoExpert AG
P.O. Box 325
Tannenstrasse 93
CH-8424 Embrach / Switzerland
Tel.: +41 71 652 60 70
Mobile.: +41 79 709 09 74
w.frei@geoexpert.ch
www.geoexpert.ch

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 Michael Holzmann

Abteilung Wasserkraftplanung, Team Geotechnik.
Talsperrenverantwortung
TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG, Eduard-Wallnöfer-
Platz 2
A-6020 Innsbruck
Tel.: +43 (0) 50607 21314
Mobil.: +43 (0) 699 1257 2314
michael.holzmann@tiwag.at

DI Annegret Jenner

Wildbach- und Lawinenverbauung
Externer
GBL Oberes Inntal
Langgasse 88
A-6460 Imst
Tel.: +43 (5412) 665 31 – 18
Mobil.: +43 (664) 859 10 80
annegret.jenner@die-wildbach.at
die-wildbach.at

Dr. Antoine Kies

Professeur émérite Universität Luxemburg
Fakultät für Naturwissenschaften, Technologie und
Kommunikation
162 A, avenue de la Faïencerie
L-1511 Luxembourg
(+352) 46 66 44 6328
antoine.kies@uni.lu

Dr. R. Krähenbühl

BauGrundRisk GmbH
Sennensteinstr. 5
CH-7000 Chur
081 250 63 84/ 079 945 63 97
baugrundrisk@bluewin.ch

Dr. Lutz Katzschmann

THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR UMWELT UND
GEOLOGIE
Abteilungsleiter Abteilung 6 : Geologischer
Landesdienst, Boden, Altlasten
Post: Göschwitzer Str. 41 |
D-07745 Jena;
Arbeitsort: Carl-August-Allee 8-10
D-99423 Weimar
Tel: +49 (0) 3641 684-600
www.tlug-jena.de
lutz.katzschmann@tlug.thueringen.de

Mag. Michael Lagger

Ingenieurbüro für Geologie und Hydrologie
Auf Arzill 100
A- 6460 Imst
Tel.: +43(0)69919714614
geologie.lagger@aon.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

Univ.-Prof. Mag.rer.nat. Dr.mont. Reinhard F. Sachsenhofer

Chair in Petroleum Geology
Department Applied Geosciences and Geophysics
Montanuniversität
A-8700 Leoben
Tel.: 03842-402-6300
[reinhard.sachsenhofer\(at\)unileoben.ac.at](mailto:reinhard.sachsenhofer(at)unileoben.ac.at)

DI Siegfried Sauermoser

Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektionsleiter Sektion Tirol
Wilhelm-Greil-Straße 9
A-6020 Innsbruck
Tel.:+43 (512) 58 42 00 - 60
Mobil.:+43 (664) 532 75 07
siegfried.sauermoser@die-wildbach.at
die-wildbach.at

Dr. Sven Schmidt

THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE
Referent – Ingenieurgeologie, Abteilung 6,
Geologischer Landesdienst, Boden, Altlasten
Referat 62 | Rohstoffgeologie, Infrastrukturgeologie,
Ingenieurgeologie
Post: Göschwitzer Str. 41 |
D-07745 Jena;
Hausanschrift: Carl-August-Allee 8-10
D-99423 Weimar
Tel: +49 (0) 3641 684-643
www.tlug-jena.de;
sven.schmidt@tlug.thueringen.de

Mag. Johann Schroll

Amt der Tiroler Landesregierung
Allgemeine Bauangelegenheiten
Fachbereich Landesgeologie
Herrengasse 1-3
A-6020 Innsbruck
Mobil: +43 676 885084322
johann.schroll@tirol.gv.at

DDI Hugo Seitz

Risk Consult Sicherheits- und Risiko-
Managementberatung Ges.m.b.H.
Schottenring 35/4
A-1010 Wien
Tel.:+43 1 532 13 08 731
Mobil.:+43 676 83 9 83 731
h.seitz@riskconsult.at
<http://www.riskconsult.at>

DI Alois Simon

Amt der Tiroler Landesregierung
Abteilung Forstplanung
6020 Innsbruck . Bürgerstraße 36
Tel: +43 512 508 4549
forstplanung@tirol.gv.at
<http://www.tirol.gv.at/wald>

Dr. Heinz Surbeck

Nucfilm GmbH,
Fineta
CH-1792 Cordast
heinz.surbeck@sensemail.ch

Dipl.-Geogr. Lucas Vehling

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl für Angewandte Geologie
Schlossgarten 5
D- 91054 Erlangen / Germany
Tel.: +49 (0)9131 8523422
lucas.vehling@fau.de

DI Josef Walch

Bezirkshauptmannschaft Reutte
Bezirksforstinspektion Reutte
6600 Reutte . Obermarkt 7
Tel.: +43 5672 6996 5780
bh.reutte@tirol.gv.at
<http://www.tirol.gv.at/reutte>

Univ. Prof. Dr. Leopold Weber

Ministerialrat i.R.
Gentzgasse 129/2/45
A-1180 Wien
office@geologie-weber.at