

21. Geoforum Umhausen 17. – 18. Oktober 2019



Geoforum
Tirol



TAGUNGSBAND

Grußworte von Landeshauptmann-Stellvertreter ÖR Josef Geisler

Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Tagungsteilnehmer, Referenten und Organisatoren!

Zum 21. Mal, seit 1999, findet das Geoforum-Umhausen statt. Als interdisziplinäre Fachveranstaltung ist das Geoforum weit über Tirol hinaus bekannt und etabliert.

Zum großen Erfolg trägt zweifelsohne bei, dass sich der Tagungsort Niederthai mit seiner einzigartigen Landschaft als Umrahmung der Veranstaltung bestens eignet und dass die anwesenden Fachleute intensiven Erfahrungs- und Erkenntnisaustausch pflegen können. Anerkannte Expertinnen und Experten präsentieren ihre Ergebnisse und stellen sie dem Fachpublikum zur Diskussion. Die Verbindung von Praxis und Theorie wird dabei besonders „gelebt“.



Als für die Themenbereiche Naturgefahren und Wasserwirtschaft zuständiges Mitglied der Tiroler Landesregierung ist es für mich besonders begrüßenswert, dass sich das Geoforum Umhausen aus geologischer Sicht verstärkt den Themen Quell- und Grundwasser und damit der sicheren Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser zuwendet. Dies ist aus meiner Sicht nicht zuletzt auf Grund der zu erwartenden Klimaänderungen, aber auch wegen des steigenden Bedarfs an Trinkwasser von großer Bedeutung. Auch die Naturereignisse wie Hangrutschungen, Steinschläge, Block- und Felsstürze können die Sicherheit der Trinkwasserversorgung gefährden. So bleibt auch diese Thematik ein berechtigtes Anliegen des Geoforums.

Die Einbindung der Bevölkerung in die Tagung durch die öffentlichen Abendvorträge zeichnet das Geoforum Umhausen in besonderer Weise aus und zeigt: Geologie geht uns alle an. Der heurige Vortragende, ein sehr erfahrener Experte aus der Schweiz, wird mit seiner Expertise die Zukunft des Lebensraumes Alpen im Hinblick auf den Klimawandel und die Aktivitäten des Menschen beleuchten.

Ich bin sicher, dass das Geoforum auch heuer wieder dazu beitragen wird, dass geeignete Strategien für den Umgang mit dem Klimawandel entwickelt werden können. Der Tiroler Bevölkerung und unseren Gästen aus dem In- und Ausland wollen wir zeigen, dass die Zukunft nicht von Schreckensszenarien geprägt sein wird, sondern dass es wert ist, hier zu leben oder als Gast den wohlverdienten Urlaub in unserem schönen Land Tirol zu genießen.

Ich wünsche Ihnen, meine sehr geehrten Damen und Herren, eine spannende und abwechslungsreiche Tagung im Rahmen des 21. Geoforums Umhausen und möchte mich herzlich bei der kleinen Gruppe der Organisatoren dieser Tagung für ihr großes und langjähriges Engagement bedanken. Ich darf gleichzeitig meiner Zuversicht Ausdruck verleihen, dass die Erfolgsgeschichte des Geoforums noch viele Jahre weitergehen wird.

ÖR Josef Geisler
(Landeshauptmann-Stellvertreter von Tirol)

Grußworte 2019 von LA Klubobmann Bgm. Mag. Jakob Wolf

Sehr geehrte Tagungsteilnehmerinnen und Tagungsteilnehmer, sehr geehrte Vortragende, liebes Organisatorenteam!

Als Bürgermeister der Gemeinde Umhausen freut es mich sehr, dass ich heuer zum 21. Mal so viele Expertinnen und Experten hier in Niederthai zum Geoforum Umhausen begrüßen darf.



Das heurige Tagungsprogramm verspricht - so wie jedes Jahr seit 1999 - eine qualitativ hochstehende Fachveranstaltung, die viele der wichtigen Aspekte des Lebensraumes, wie ihn die Tiroler Bergwelt darstellt, anspricht und behandelt.

So stehen unter anderem natürlich auch die Naturereignisse, wie Felsstürze und Blockstürze im Fokus der Tagung. Aber auch die Gewährleistung der Bevölkerung mit sicherem und qualitativ einwandfreiem Trinkwasser ist - angesichts der zu erwartenden Klimaänderungen - zu Recht mehr und mehr ein Anliegen des Geoforums und damit in verstärktem Maß ein Thema der heurigen Tagung. Das Geoforum Umhausen ist somit eine Fachtagung, die Gemeinden, Straßenerhaltern und Wasserversorgungsunternehmen hilft, den alpinen Lebensraum „klimafit“ zu machen.

Als Bürgermeister der Gemeinde Umhausen begrüße ich es auch sehr, dass mit den öffentlichen Abendvorträgen die Bevölkerung in die Tagungen Geoforum Umhausen einbezogen wird. Dieses Angebot wird von den Einheimischen und Gästen im Ötztal und im nahen Inntal sehr gut angenommen, nicht zuletzt Dank der stets hervorragenden Vortragenden und ihrer interessanten und spannenden Themen, die sie behandeln. Dies ist auch heuer wieder zu erwarten.

So ist das Geoforum Umhausen längst nicht nur in der Bevölkerung zu einem Qualitätsbegriff geworden, sondern wird auch von der Landespolitik sehr geschätzt.

Mein Dank für die Erfolgsgeschichte „Geoforum Umhausen“ gilt auch heuer wieder dem Organisatorenteam, das mit viel Elan und Engagement für eine erfolgreiche Durchführung der Tagung gesorgt hat.

Ich wünsche Ihnen nun eine spannende und interessante Tagung und hoffe Sie auch 2020 zum 22. Geoforum Umhausen wieder begrüßen zu dürfen.

Mag. Jakob Wolf

(Klubobmann der Volkspartei im Tiroler Landtag und Bürgermeister der Gemeinde Umhausen)

Grußworte 2019 von Hofrat Dr. Gunther Heißel

Sehr geehrte Tagungsteilnehmerinnen und Tagungsteilnehmer, sehr geehrte Referenten!

Es ist für mich ein Zeichen der Wertschätzung, der seit 1999 jährlich stattfindenden Tagungen Geoforum Umhausen, wenn wir uns heuer zum 21. Mal hier in Umhausen treffen, um uns gemeinsam und interdisziplinär aus fachlicher Sicht mit Themen zu befassen, die das Leben in unserer engen Gebirgswelt mit ihrem begrenzten Siedlungs- und Freizeitraum prägen.



Es ist vor allem auch die zukünftige Entwicklung in diesem Lebensraum, der von Änderungen des Klimas, aber auch der menschlichen Lebensweise geprägt ist und geprägt sein wird, für das Geoforum von größtem Interesse. Wichtig ist es mir dabei zu betonen, dass die täglichen Horrorprophezeiungen, die in großer Vehemenz auf uns „hereinprasseln“, wohl der falsche Weg sind, ein Gefühl aufkommen zu lassen, dass das Leben in den Alpen - und darüber hinaus - auch weiterhin gut möglich sein kann. Um diesen alpinen Raum zukünftig für uns und für die Natur zu erhalten, werden wir allerdings Anpassungsstrategien entwickeln und durchziehen müssen. Dies haben auch die Generationen vor uns stets erfolgreich getan und es wäre daher nicht verständlich, wenn man das uns und den künftigen Generationen nicht zutrauen würde.

Das Geoforum Umhausen will daher mithelfen, Wege und Strategien zu entwickeln und aufzuzeigen, die es ermöglichen sollen, wie den alpine Raum für den Menschen lebenswert zu erhalten.

Die Wertschätzung, die das Geoforum Umhausen genießt findet sowohl in der Landespolitik, bei den Gemeinden, den Menschen, die zu den öffentlichen Abendvorträgen kommen und natürlich auch bei den Tagungsteilnehmern und den hervorragenden Referenten, aber auch bei den Medien ihren Ausdruck. Diese Wertschätzung hat das Geoforum Umhausen so erfolgreich gemacht.

Mein Dank gilt so allen, die am erfolgreichen Weg der Tagungen Geoforum Umhausen von 1999 bis heute teilgenommen haben. Das Geoforum Umhausen ist ein schöner Beweis, dass nur Teamarbeit zu einem nachhaltigen Erfolg führen kann.

Hofrat Dr. Gunther Heißel

(Präsident des Vereins Geoforum Tirol)

Bericht zum Tiefbrunnen für die WVA Kematen in Tirol (Trinkwasserprospektion und Ausführung)

Christian Kostrouch, Federico Faoro, Elisabeth Breitenlechner

K+U Umwelttechnik, Labor und Hydrologie GmbH, Eduard Bodem Gasse 5-7, Innsbruck

Kurzfassung:

Die Absicherung des künftigen Wasserbedarfes der Gemeinde Kematen in Tirol mit Erhöhung der Versorgungssicherheit wird in Zukunft durch den tieferen Grundwasserhorizont des Inn-Grundwasser-Begleitstromes im Inntal aus einer Tiefe von 95 - 115 m u Geländeoberkante GOK erfolgen. Die Exploration des bislang vorwiegend aus technischen Gründen nicht genutzten, aber in qualitativer Sicht sehr gut geschützten, Grundwasservorkommens konnte nur durch einen inter- und multidisziplinären Ansatz Hydro-/Quartär Geologie, Sedimentologie (Schwermineralanalysen), Seismischen Erkundungsmethoden (Refraktionsseismik), Paläobotanik (Altersbestimmung) sowie multipler Kombination von Bohrtechniken (Einsatz diverser Bohrverfahren zur Durchörterung der kaum bis sehr schwer bohrbaren unterschiedlichen Sedimentformationen) erfolgreich durchgeführt werden. Mittels geophysikalischer, geologischer (Bohrungen, Kartierung, Geochemie, Schwermineralanalyse) und hydrogeologischer (Hydrochemie, Isotopen-Hydrologie) Methoden wurde ein Sedimentationsmodell für den Inntalbereich bei Kematen erstellt.

Der Inntalboden ist gegenständlich oberflächennah (bis ca. 40 m u GOK) charakterisiert durch

1. Schwemmkegel der Melach mit den typischen Schwemmfächersedimenten aus dem Einzugsgebiet des Sellraintales (bohrtechnisch kaum bzw. sehr schwer mit unkalkulierbarem Aufwand zu durchörtern – Amphibolit und Gneisblöcke bis zum \varnothing 2m).
2. Zwischenschicht überwiegend Schluffe bis Feinsande (Lakustrine Phase) zwischen ca. 40 m und 70 m u GOK
3. tiefere Bereiche werden von typischen, im Quartär mehrphasig abgelagerten weitgestuften Inn-Kiesen und Sande bis 111 m u GOK aufgebaut [mit typischem Leitgeschiebe des Inntal-Gletschers (Julier Granit)]
4. Zwischen ca. 85-90 m u GOK Kies-Sedimentation unterbrochen durch die Ablagerung von hart gelagerten Feinsedimenten (Meltout-Till?).
5. Zielhorizont: 95-115 m u GOK weitgestufte Inn-Kiese und Sande mit typischem Leitgeschiebe des Inntal-Gletschers (Julier Granit)
6. Im Liegenden der Wechselfolge dicht hart bis sehr hart gelagerte Schluff/Sand (ggf. Grundmoräne?).

1. Einführung

Die Gemeinde Kematen bezieht das Trinkwasser bis dato ausschließlich aus den im Moränenhang (Stadien Gschnitz bis Egesen) befindlichen Quellen im Senderstal (ca. 7km Transportleitung). Die wasserrechtlich bewilligte Konsenswassermenge der jahreszeitlich stark schwankenden Quellen beträgt 24,6 L/s. Der Gemeinde Kematen stehen davon allerdings nur 10,6 L/s zur Verfügung, da 11,5 L/s an die Gemeinde Völs und 2,5 L/s an die Gemeinde Grinzens abgegeben werden müssen. Zur Überbrückung von Versorgungsengpässen v.a. im Winterhalbjahr besteht ein Wasserlieferungsübereinkommen mit der Gemeinde Axams von max. 5 L/s aus der im Mittelgebirge gelegenen Tiefbrunnenanlage der Gemeinde Axams, wobei vertraglich bei Eigenbedarf von Axams die Wasserlieferung an die Gemeinde Kematen ausgesetzt werden kann.

Demgegenüber stehen die Ergebnisse der Studie über die „Auswertung und Ergänzung von Daten zur hydraulischen Modellerstellung“ des Arbeitsbereiches Umwelttechnik, Institut für Infrastruktur der Bau fakultät der Universität Innsbruck (Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Wolfgang Rauch und Dipl.-Ing. Dr. techn. Robert Sitzenfrei), welche den zukünftigen Wasserbedarf der Gemeinde Kematen (inkl. Gewerbegebiet Kematen-Nord) mit rund 48 L/s ergab.

Ziel der ggst. Untersuchung mit Abteufen der Probebohrung GW70320081 war es daher das Potential der tieferen Grundwasserhorizonte für die Trinkwassernutzung zu explorieren.

2. Geologische Übersicht

Die Talflur von Kematen ist vor allem durch fluviatile Sedimente der Innschotterfazies (weitgestufte Kiese) gekennzeichnet. An den nördlichen, und vor allem an den südlichen Seitenzubringern verzahnen diese fluviatilen Innschotter-Sedimente mit Schwemmfächer-Sedimenten. In größeren Tiefen sind Sande unterschiedlicher Mächtigkeit möglich. Schluffe und Tone stellen im Inntal oftmals den Stauhohizont des oberen Porengrundwasserleiterbereiches dar.

Aus geologischer Sicht befindet sich das Untersuchungsgebiet in den bis zu 160 m mächtigen quartären Lockersedimenten des Inntales, umgeben von mächtigen teils reliktschen, mehrphasig angelegten Schwemmfächern und eiszeitlichen Terrassenschottern sowie angelagerten Eisrandterrassen. Neben fossilen Schwemmkegeln sind typische Eisrandterrassen markante Erscheinungsformen im Gelände. Es sind Sedimente der Rand- und Vorterrassen (hauptsächlich geröllführende Kiese), Sande und Tone der Vorterrasse von Afling, Sande des Inn im Bereich Afling, lokale Schwemmfächer und Deltasedimente mit kristallinen Anteilen sowie Paläoschwemmfächer des Axamer Baches (fluviatile, geröllführende Kiese mit hohen kalkalpinen Anteilen) als prägende Landschaftselemente anzuführen. Der von glazialen Kräften übertiefte Inntalboden ist mit quartären Lockersedimenten aufgefüllt. In diesem bis zu 160-180 m mächtigen Bereich kommen mehrere Schotterhorizonte vor, welche tiefergelegene Grundwasserhorizonte beherbergen (STEINBRENER, 2011).

Im Süden wird das Gebiet durch das Festgestein am Nordrand des Ötztal-Stubai kristallins begrenzt. Das kristalline Grundgebirge (Schiefergneise und Glimmerschiefer des Ötztal-Kristallinkomplexes) ist nur in

wenigen Bereichen des Kemater Gemeindegebietes aufgeschlossen (z.B. im Wurzelbereich des Melach-Schwemmfächers).

Der Ötztal-Stubai-Komplex bildet einen Teil der ostalpinen Decken, welche während der alpidischen Orogenese über die penninischen Einheiten geschoben wurde. Dieser Kristallinkomplex besteht zu einem überwiegenden Teil aus amphibolitfaziell geprägten Metamorphiten. Am Ostrand wird der Ötztal-Stubai-Komplex vom gering metamorphen Brennermesozoikum primär sedimentär überlagert (RODE, 2008).

2.1. Hydrogeologie

Im Bereich des Inntales zwischen Zirl und Innsbruck besteht ein durchschnittlich 1 bis 3 km breiter Talgrundwasserstrom (Inn-Begleitstrom). Die Mächtigkeit des oberen Grundwasserleiters beträgt rund 25-50 m (vgl. Amt der Tiroler Landesregierung, Wasser-Grundwasservorkommen in Tirol, 1977). Der Untergrund setzt sich vorwiegend aus gut sortierten Kiesablagerungen mit wechselgelagerten Sandlinsen zusammen. Darunter befinden sich weitere quartäre Horizonte aus Sanden und Kiesen sowie Grundwasserhorizonte, wobei dieser Bereich bislang nur spärlich untersucht ist.

Der Inntalboden selbst ist von mächtigen quartären Lockersedimenten gefüllt, die eine Mächtigkeit von bis zu 160-200 m u GOK aufweisen können (Gruber *et al.*, 2003; Preusser *et al.*, 2011; Steinbrener, 2011). Dabei wechseln Kieshorizonte mit mächtigen, feinkörnigen, aus sandig-tonigen Ablagerungen bestehenden Sedimenten ab, sodass die Existenz von mehreren, übereinander gelagerten Grundwasserhorizonten des Typs „leaky aquifer“ erklärt werden kann [vgl. Aric (1976), Bortenschlager (2003), Brüggemann (1992), Draxler (2003), Figala (1987), Magiera (2003), Patzelt (1972 und 1996), Van Husen (1990 und 2000)].

3. Voruntersuchungen

3.1. Geophysik

Im gegenständlichen Untersuchungsgebiet wurden 2 sich kreuzende Profile mit Auslage-längen von jeweils 470 m angelegt. Der Geophonabstand in den Profilen betrug 10 m. Die seismische Anregung erfolgte durch Kleinsprengungen in ca. 1,5 m Tiefe an mindestens 11 Punkten pro Auslage (48 Kanäle). Die Geophonsignale wurden mit zwei 24-kanaligen Bison-7024-Apparaturen registriert. Das Profil Ke1 verläuft WNW – OSO und das Profil Ke2 nahezu senkrecht dazu SSW NNO. Die Geophon-Erst-Einsatzzeiten wurden für jeden Schuss angerissen (Programm: FIRSTPIX) und die resultierenden Laufzeitkurven durch ein eben geschichtetes Modell nach der Interceptzeitmethode interpretiert. Anschließend wurde die Deckschichtmächtigkeit und die Refraktorgeschwindigkeit unter jedem Geophonpunkt mit der General Reciprocal Methode bestimmt (Programm: GREMIX). Die durch die Refraktionsseismik bestimmten Schichten unterschiedlicher Schallgeschwindigkeit wurden als Profilplots dargestellt.

Die geophysikalischen Untersuchungen aufgenommen in 2 Profilen Ke1 und Ke2 zur Erkundung des Untergrundes im Bereich der geplanten Probebohrung erbrachten Hinweise auf den mehrschichtigen Aufbau der Sedimentfolge, welche für die Bohrpunkt-Optimierung der Probebohrung GW70320081 genutzt

wurde. Die 3 Auswertemethoden, klassische GRM-Auswertung, tomographische Inversion und Delta-t-v-Inversion zeigen ein kongruentes Bild der Schichtabfolgen auf beiden Profilen.

Unter einer 5 – 6 m locker gelagerten Schicht finden sich stärker verdichtete Lockersedimente bis maximal 70 m die ab ca. 35 m wassergesättigt sind. Darunter zeigt sich eine relativ stark verdichtete Schicht aus Lockergestein mit Geschwindigkeiten über 2400 m/s, die üblicherweise zwar schon typisch für Festgesteine ist, aber hier aufgrund der Bohrungen in der Nähe des Messareals eher als Sand-Schluff Komplex identifiziert wird, die ebenfalls Geschwindigkeiten von 2400 – 2800 m/s erreichen kann. Das darunter liegende Festgestein zeigt sich nur in der Delta-t-v-Interpolation in einer Tiefe von maximal 160 - 180 m.

3.2. Probebohrung GW70320081

Aufgrund der positiven Resultate der refraktionsseismischen Untersuchung konnte ein Bohrpunkt für eine Probebohrung festgelegt werden. Zwischen Februar und Juli 2018 wurde die Probebohrung GW70320081 von der Firma ABT WASSER- UND UMWELTTECHNIK GMBH (Daimlerstraße 2, 87719 Mindelheim) bis eine Tiefe von 115,3 m u GOK niedergebracht.

Um die projektierte Endteufe erreichen zu können und einen Ausbau für einen Pumpversuch herstellen zu können mussten unterschiedliche Bohrverfahren angewandt werden mit mehrmaligem Wechsel des Bohrgerätes:

- 0 bis 49m unter GOK (DN508): „Direktes Symmetrixbohren“ (© Geomechanik-ABT)

Das anfallende Bohrgut wird über Druckluft zwischen dem Bohrgestänge und der mitgeführten Verrohrung nach Übertage abgefördert (keine Kerngewinnung)

- 49 bis 116m unter GOK (DN100): „weiterentwickeltes Rammkernverfahren“ (© Geomechanik-ABT)

Durchgehende Kerngewinnung – ungestörte Probe

Der Bohrgutaustrag erfolgt über das Innenrohr des Doppelwandgestänges (relativ kleiner Querschnitt). Das abzufordernde Bohrgut hat keinen Kontakt zur Bohrlochwand (ungestörte Probe für weitere Untersuchungen – z.B. Siebanalysen, Schwermineralanalysen usw.)

Bohrtechnisch handelt es sich bei der Probebohrung um ein sehr anspruchsvolles Bauwerk am Limit der heutzutage technischen Möglichkeiten. Insbesondere die harten und mächtigen Gneisblöcke des Melach-Schwemmfächers, die teils durch Auftrieb gekennzeichneten Sandlagen des trennenden Sand-/Schluffkomplexes, aber auch die lockere Lagerungsdichte der tiefen Inn-Kiesschichten stellten extrem große bohrtechnische Herausforderungen dar.

4. Ergebnisse

Der Nachweis von stark wasserführenden Inn-Kiesschichten (teil-gespannter Aquifer) unter dem Sand-Schluff-Komplex konnte positiv erbracht werden.

Nachstehend werden die im Bohrvortrieb (Probebohrung GW70320081) angetroffenen Lockergesteine in der Reihenfolge ihres Auftretens beschrieben:

1. **0,00 - 41,00 m u GOK** (Melach Fazies) - Schwemmfächer - (typische Schwemmfächer- bzw. Murschuttsediment aus Sand, Kies, Steine mit reichlich eingelagerten Kristallinblöcken /Findlingen (Gneise, Granatamphibolite), sehr schwer zu erbohren
2. **27,00 - 41,00 m u GOK** Melach Fazies (weitgestuftes Sand-, Kies Gemisch, GW-führend ab ca. 35 m, oberer GW-Horizont)
3. **41,00 - 72,00 m u GOK** trennender Sand-Schluff Komplex – feinkörnige Stillwassersedimente (spätglaziale Egesen (Allerød) –Interstadial See Ablagerungen - lakustrin). Melach Fazies (Zungenbecken)
4. **72,40 -113,00 m u GOK** Inn Fazies
 - 4a. **72,00 – 84,00** weitgestuftes Sand-, Kies Gemisch
 - 4b. **84,00 – 94,00 m u GOK** matrixgestützter Diamikt mit mäßig gerundeten Komponenten, schwer zu bohren.
Als Ausschmelz till (meltout till) interpretiert.
 - 4c. **94,00- 113,00 m u GOK** weitgestuftes Sand-, Kies Gemisch. Leitgeschiebe Julier Granit als Hinweis für Inn-Fazies
5. **113,00 -115,30 m u GOK** hart gelagerter, matrixgestützter Diamikt, feinkiesig (sandiger Matrix sowie eingelagerten feinkiesigen, gut gerundeten Komponenten). Als Grundmoräne interpretiert.

4.1. Pollenanalyse

Die Bohrkern der ggst. Aufschlussbohrung GW70320081 wurden für eine mögliche AMS Datierung evtl. vorhandenen biologischen Materials stichprobenartig auf z.B. ihre Pollenführung untersucht. Die Stichproben aus 58, 70, 89 und 113 lfm ergaben keine entsprechende Pollenfracht. Vertiefte Untersuchungen aus den konservierten Bohrkernen der ggst. Probebohrung (Inliner) sollen im Zuge der weiteren Projektbearbeitung noch folgen.

4.2. Altersdatierung

Bei den Bohrarbeiten für den Entnahmehrunnen GW70320078 (K+U Projekt 2017010) konnten organische Reste aus dem Sand/Schluff Komplex gewonnen und eine Altersdatierung des Sedimentes durchgeführt werden. Die C14 – Datierung eines Wurzelstückes – gefunden in einer Teufe von ca. 565,5 m ü A – ergab

ein Alter von 11.500 ± 40 BP (13.440 – 13.267 cal BP). Dieser Umstand lässt diese Sedimente der spätglazialen Phase (Ende des Allerød-Interstadials) zuordnen (Friedrich et al., 2001).

4.3. Schwermineralanalyse

Insgesamt wurden von jeder Probe mindestens 400, meist zwischen 500 und 700 Körner ausgezählt, wobei folgende Minerale erfasst wurden: Granat, Hornblende, Epidot/Zoisit, Apatit, Staurolith, Disthen, Turmalin, Zirkon, Rutil und Titanit. Vereinzelt wurden auch Körner von Andalusit und Sillimanit und einigen anderen, nicht aussagekräftigen Mineralen festgestellt (KRAINER, 2012).

Generell zeigen rezente Sande des Inn und der Melach deutliche Unterschiede, vor allem im Anteil an Staurolith: Sande aus dem Einzugsgebiet der Melach zeigen im Vergleich zum Inn (bei Kranebitten) deutlich höhere Gehalte an Staurolith. Die Gehalte an Apatit sind in den Innsanden etwas höher als in den Sanden der Melach. Sowohl Sande des Inn als auch der Melach werden dominiert von Granat und Hornblende, auch Epidot/Zoisit ist in etwas höheren Anteilen enthalten. Zirkon, Turmalin, Rutil und Titanit kommen sowohl in den Sanden der Melach als auch des Inn nur in geringen Mengen vor. Andere Schwerminerale (Andalusit) wurden nur in Form einzelner Körner beobachtet.

Bei den untersuchten Proben aus der Bohrung enthalten die Proben AW180218, AW180219, und AW180221 etwas geringere Gehalte an Staurolith und etwas höhere Gehalte an Apatit, außerdem zeigen diese Proben einen hohen Karbonatanteil und sind daher als Innsedimente zu betrachten. Die Proben AW180359, AW180360, AW180361 und AW180362 sind dagegen aufgrund der höheren Staurolithgehalte und geringeren Apatit-Anteile dem Einzugsgebiet der Melach zuzuordnen. Die Probe AW180220 ist dagegen nicht eindeutig zuordenbar, etwas höhere Apatitgehalte sprechen eher für Ablagerungen des Inn.

	AW 180218	AW 180219	AW 180220	AW 180221	AW 180359	AW 180360	AW 180361	AW 180362
Zirkon	2,1	3	2,7	3,1	2	0,4	1,5	1,5
Turmalin	0,5	0,9	0,5	0,6	0,7	0,4	0,6	0,1
Rutil	0,5	0,2	0,7	0,6	0,2	0,4	0,6	0,6
Granat	34,6	28	32	35,1	20,2	31	39,6	38,4
Apatit	7,2	9,8	9,7	6,2	5,4	2,2	4,8	2,3
Hornblende	36,5	48,2	36	40,5	51,7	36,7	33,4	27,1
Staurolith	9,7	4,3	11,9	5,4	10,2	24,4	13,9	24,1
Disthen	2,9	1,7	1,6	2	3,5	1,9	0,7	2,9
Epidot/Zoisit	5,5	3,5	4,5	5,7	5,2	2,6	5	2,7
Titanit	0,5	0,4	0,4	0,8	0,9	0	0	0,3

Tabelle 1:

Die Hauptkomponentenanalyse (PCA, principal component analysis) ist ein multivariates statistisches Verfahren zur Analyse eines Datensatzes mit verschiedenen voneinander abhängigen Variablen.

Im gegenständlichen Fall nutzen wir die PCA dazu, die wichtigsten Schwerminerale zur Unterscheidung der Sedimente des Melach-Schwemmfächers von denen des Inn zu identifizieren. Als Hauptkomponenten der Schwemmfächersedimente der Melach werden Turmalin, Apatit, Zirkon und Epidot ausgewählt. Die eben genannten Schwerminerale gruppieren also die Melachsedimente (Tiefenstufen 13-14m, 28-29m, 35-

36m und 50-51 m u. GOK) und grenzen sie von denen der Innkiese (Tiefenstufen 86-87m, 93-94m und 108-109 m u. GOK) ab, welche in ihrer Schwermineralzusammensetzung deutlich variabler sind. Der hohe Karbonatanteil in den Proben in den Tiefenstufen 86-87m, 93-94m und 108-109 m u. GOK bestätigt diese Kiese als Innsedimente.

Die Probe der Tiefenstufe 104-105 m u. GOK ist auf Grund der Schwermineralanalyse nicht eindeutig zuordenbar.

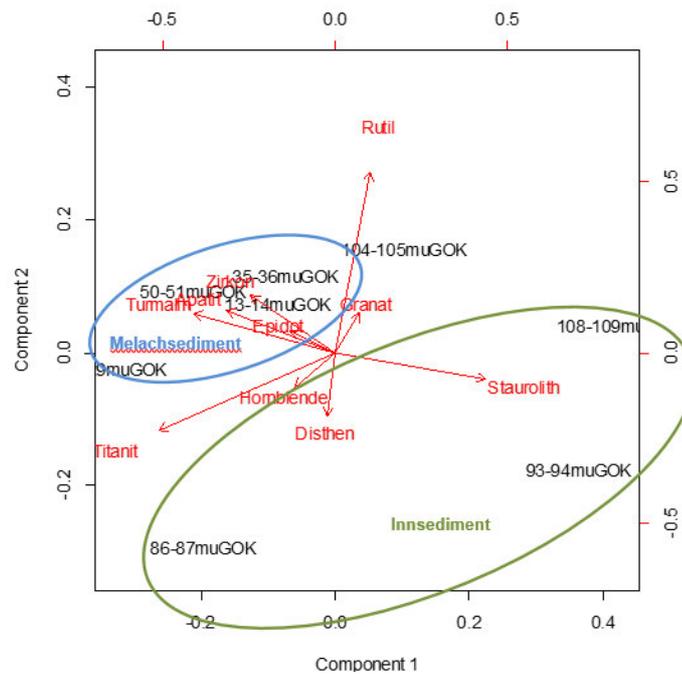


Abbildung 1 PCA Plot der Schwermineralproben der Probebohrung Kematen 2017020 (blau – Melachsediment, grün - Innsediment) (berechnet und dargestellt mit Hilfe der Statistik-Software GNU R)

4.4. Vorläufige Ergebnisse der Altersdatierung

Zum Zweck der Altersbestimmung der Wässer wurden aus der Probebohrung GW70320081 am Ende der Pumpversuche am 26.07.2018 bzw. am 01.08.2018 durch die Konsulenten folgende isopenhydrologische Proben entnommen und die Messergebnisse mit vorhandenen Messungen (GW70320058) des Untersuchungsgebietes verglichen:

- Bestimmung des Tritium-Gehaltes
- Bestimmung Sauerstoff-18/Deuterium

Die Proben wurden durch die Fa. Hydroisotop GmbH (akkreditiertes Prüflaboratorium nach EN ISO 17025) analysiert.

Die gegenständlichen vorläufigen Ergebnisse der Altersbestimmung sollen im Zuge des wasserwirtschaftlichen Versuches (2019-2021) durch weitere Untersuchung fortgesetzt sowie ggf. auf weitere

isotopenhydrologische Parameter (z.B. Datierung durch ^{85}Kr) erweitert werden, um bessere und detailliertere Interpretationsmöglichkeiten zu schaffen.

4.4.1. Tritium-Untersuchungen

Tritium (^3H) ist das einzige radioaktive Isotop von Wasserstoff mit einer Halbwertszeit von 12,32 Jahren [Lucas & Unterweger, 2000]. Es unterliegt dem β -Zerfall und zerfällt zu ^3He . Als Teil des Wassermoleküls H_2O nimmt es am Wasserkreislauf teil und ist somit ein idealer Tracer, da es das einzige Isotop ist, das tatsächlich das Grundwasser markiert. Es wird seit 1957 (erstmalig von Begemann und Libby) als Markierstoff zur Grundwasserdatierung verwendet [Clark & Fritz, 1997; Bauer et al., 2001; Aeschbach-Hertig, 2002]. Tritiumkonzentrationen werden in TU (tritium units) gemessen, dabei entspricht 1 TU in einem Liter Wasser etwa 0,119 Bq/L. Generell ist der Annahme zu folgen, dass das im Niederschlag vorhandene Tritium durch Versickerung in das Grundwasser gelangt und sich der Tritiumgehalt eines definierten „Wasserpaketes“ nur durch radioaktiven Zerfall mindert.

Anmerkung: Allgemein formuliert lässt sich Tritium als Tracer zur Altersbestimmung - infolge von komplexen Unsicherheiten – prinzipiell dazu verwenden einen Jungwasseranteil in einer Wasserprobe zu identifizieren. Über den Parameter Tritium ist eine absolute Altersbestimmung allerdings nicht möglich. Die resultierende Mittelverweildauer ist als indikative Information zu betrachten und stets im Kontext der vorliegenden hydrochemischen und hydrogeologischen Verhältnisse zu interpretieren.

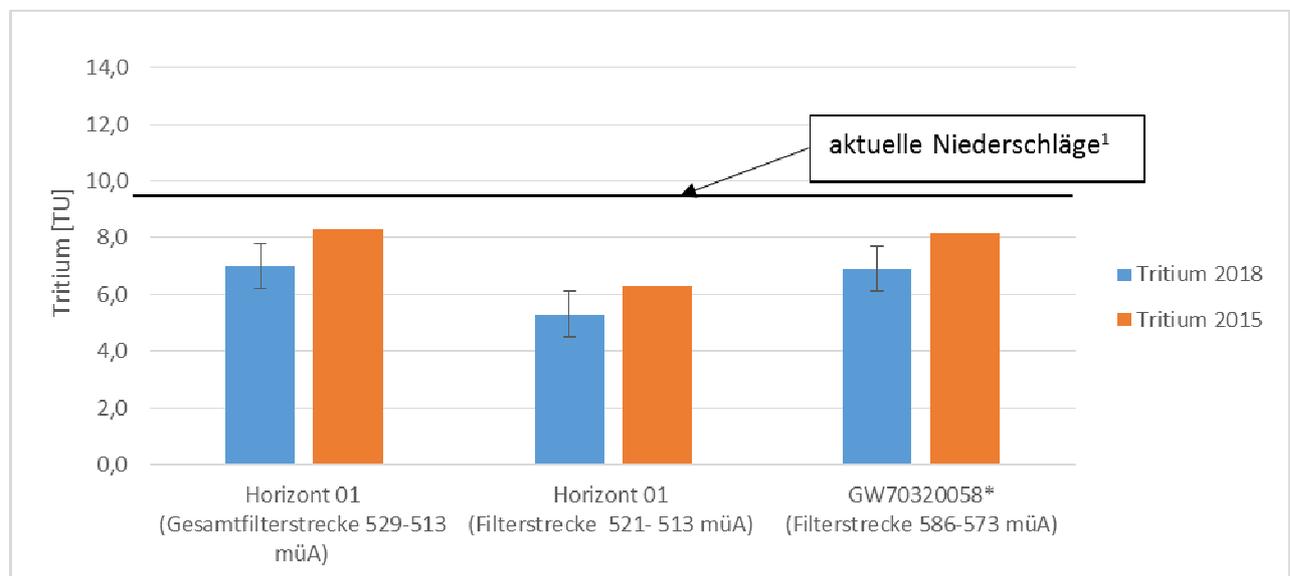


Abbildung 2: Grafische Darstellung der Tritiumgehalte

¹: Tritiumkonzentrationen aller ANIP-Niederschlagsstationen von 2010 bis 2012 (WASSERISOTOPENKARTE ÖSTERREICH. ERLÄUTERUNGEN. bmlfuw.gv.at); *: Brielmann, H., Humer, F. & Zieritz, I. (2015): Isotopenuntersuchungen an zusätzlichen Messstellen im Inntal. 27 S., Unpubl. Ber. Umweltbundesamt f. das Amt d. Tiroler Landesregierung, Innsbruck

Folgende Proben wurden am Ende der Pumpversuche aus der Probebohrung GW70320081 am 26.07.2018 bzw. 01.08.2018 aus dem Zielhorizont GW70320081-01 (ca. 529 - 513 m ü A) entnommen:

- Filterstrecken 93,7 -100,7 + 102,7-109,7 (abgepumptes Gesamtvolumen ca. 350 m³)
- Filterstrecke 102,7-109,7 mit Packer (abgepumptes Gesamtvolumen ca. 42 m³)

Die Ergebnisse liegen im Bereich von 5,3 (± 0,8) TU bis 7,0 (± 0,8) TU. Um eine Vergleichbarkeit der Tritium-Daten mit der *Wasserisotopenkarte Österreichs* zu erreichen, wurde in der u.a. Tabelle jede Tritium-Messung auf den Stichtag 15.07.2015 zerfallskorrigiert umgerechnet (siehe orange Balken in o.a. Abbildung 1).

Bezeichnung	Tritium [TU] (2018)	Tritium [TU] (2015)
Horizont 01 (Gesamtfilterstrecke 529-513 müA)	7,0	8,3
Horizont 01 (Filterstrecke 521- 513 müA)	5,3	6,3
GW70320058* (Filterstrecke 586-573 müA)	6,9	8,19

Tabelle 2

4.4.2. Sauerstoff-18/ Deuterium-Untersuchungen

Die Isotope Sauerstoff-18/ und Deuterium sind Bestandteil des Wassermoleküls (H₂O) und bilden eine natürliche Markierung von verschiedenen Wasserpaketen. Normalerweise liegen $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^2\text{H}$ -Werte auf der meteorischen Wasserlinie (Abbildung 2).

Da die leichteren Isotope ¹⁶O und ¹H schneller verdunsten als die schwereren (¹⁸O, ²H) ist das Wasser in den Wolken bzw. im Regen leichter als Meerwasser. Daher ist die Abweichung vom Meerwasserstandard mit einem negativen (Minus-) Vorzeichen gekennzeichnet. Die Sauerstoff-18-Gehalte werden als Abweichung in Promille auf einen weltweiten Standard (SMOW „Standard Mean Ocean Water“ oder in Österreich V-SMOW „Vienna Standard Mean Ocean Water“) angegeben. Anhand der Sauerstoff-O18-Gehalte sind Aussagen zur Höhenlage des Neubildungsgebietes und somit zur Herkunft der Wässer möglich.

Die Ergebnisse zeigen Sauerstoff-18 Werte zwischen -13,33 ‰ und -13,49 ‰ (VSMOW). Zur Beurteilung wird die lokale Eichgeraden (Flauringer Tal) herangezogen (aus Bericht *ARGE Wasserversorgungsanlage Kematen – Ingenieurbüro Kirchbner – geo.zt Beratende geologen vom 15.10.2014*):

Bezeichnung	δO_{18} [‰]	Mittlere Höhe [müA]
Horizont 01 (Gesamtfilterstrecke 529-513 müA)	-13,33	ca. 1970
Horizont 01 (Filterstrecke 521- 513 müA)	-13,49	ca. 2060
GW70320058* (Filterstrecke 586-573 müA)	-12,25	ca. 1550
GW70320061**	-13,26 / -13,07	ca. 1960 / ca. 1890
Inn MO1**	-14,20 / -13,92	ca. 2340 / 2270
Inn MO2**	-14,19 / -13,93	ca. 2340 / 2270
Inn MO3**	-13,85 / -14,00	ca. 2200 / 2280
Melach MO1**	-13,43 / -13,32	ca. 2050 / 1970
Melach MO2**	-13,45 / -13,32	ca. 2050 / 1970

Tabelle 3

*: Brielmann, H., Humer, F. & Zieritz, I. (2015): Isotopenuntersuchungen an zusätzlichen Messstellen im Inntal. 27 S., Unpubl. Ber. Umweltbundesamt f. das Amt d. Tiroler Landesregierung, Innsbruck

** : ARGE Wasserversorgungsanlage Kematen – Ingenieurbüro Kirchebner – geo.zt Beratende geologen vom 15.10.2014)

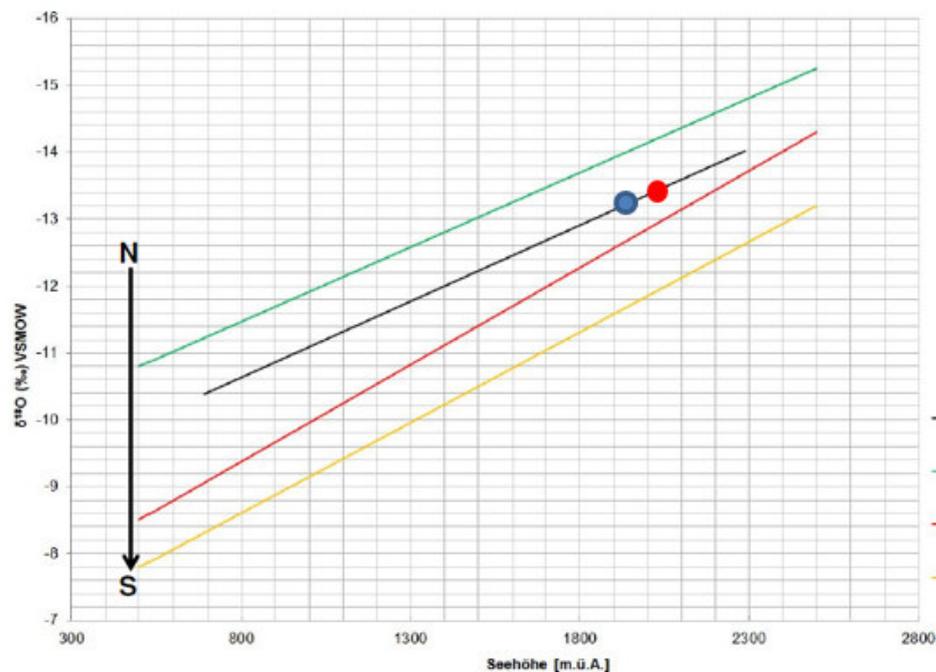


Abbildung 3: (Quelle: Gemeinde Kematen: ARGE Wasserversorgungsanlage Kematen, Ingenieurbüro Kirchebner, geo.zt beratende geologen, 2014, Bericht Geologie – Hydrogeologie, Talflur Kematen, Eichgeraden benachbarter Gebiete (grün = BEG, schwarz = Flauringer Tal, rot = Brenner, orange = Freienfeld), Korrelation zwischen Neubildungsgebiet und $\delta 18O$ –Werte: schwarze Linie gültig für Flauringer Tal.

4.4.3. Interpretation der vorläufigen Ergebnisse der Altersdatierung

Mit der Klassifizierung aus der Wasserisotopenkarte Österreichs zeigt die Grundwasserprobe aus der Gesamtfilterstrecke Horizont 1 (93,7 -100,7 + 102,7-109,7) mit einem Wert von 8,3 TU (zerfallskorrigiert auf Mitte 2015) prinzipiell überwiegende Wasseranteile aus den 1960-70er Jahren.

Die Probe aus der tieferen Filterstrecke Horizont 1 (102,7-109,7 m u GOK) zeigt abweichend von der Gesamtstrecke eine geringere Tritium-Konzentration von 6,3 TU (zerfallskorrigiert auf Mitte 2015). Dieser Umstand ist unter Betrachtung der Teufenlage als Mischwassersystem bestehend aus rd. 40 % älteren Wässern (> 60 Jahre) und rd. 60 % Anteil von Wässern aus der 1960-1970er Jahre zu interpretieren.

Zum Vergleich wird der obere, seichtere Horizont Entnahmehorizont GW70320058 (Brielmann *et al.*, 2015) herangezogen. Das Wasser des seichten Entnahmehorizontes zwischen 19,0 - 31,5 m u GOK, ca. 586 - 573,5 m.ü.A weist mit einem Tritiumwert von 8,19 TU eine höhere Jungwasserkomponente infolge „Tritium-Kontamination“ durch rezente Niederschlagswässer auf. Die deutliche Beeinflussung durch Niederschlags- und Oberflächenwasser wird auch durch die physikalisch-chemischen Grundwasseruntersuchungen hinsichtlich Nitrat- und Chlorid-Gehalten bestätigt.

Das Einzugsgebiet des Grundwasservorkommens lässt sich aus den O18-Untersuchung mit ca. 1970 - 2060 m ü A bestimmen.

5. Versuchsbrunnen GW70320082 / GW70320083

Aufgrund der positiven Erfahrung mit der Probebohrung werden zwei Versuchsbrunnen abgeteuft. Der mehrmalige Wechsel des Bohrverfahrens ist für den positiven Erfolg des Projektes entscheidend.

Die schwer zu erörternde Melachsedimente (ggf. Blöcke/Steine) werden durch Trockendrehbohrverfahren aus Bohrfährentechnik bzw. Gründungspfählen (Kellybohrung) erbohrt.

- **0 bis 49m uGOK (DN1500): Kellybohren** - zählt zu den gängigsten Trockendrehbohrverfahren und dient zur Herstellung von Bohrfählen mit großem Durchmesser (ab einer Größe von ca. 500 mm). Das Verfahren eignet sich für nahezu alle Boden- und Felsarten. Das Fördern des Baugrunds erfolgt mit relativ kurzen Drehbohrwerkzeugen, wie Schnecken, Kernbohrrohren, Eimern und Sonderbohrwerkzeugen. Charakteristisch bei diesem Verfahren ist das Bohrgestänge, die sogenannte Kellystange. Diese ist teleskopierbar und ermöglicht somit sehr große Bohrtiefen (aus Bohrgeräthersteller Homepage). Es wird ein Sperrrohr (DN1226) bis 49 m uGOK verlegt und mit dem Sand-Schluff Komplex eingebunden.
- **49 bis 111,9 m uGOK (1080/762) Greiferbohren** – ist ein Trockenbohrverfahren. Der Baugrund wird, je nach verwendetem Werkzeug, schneidend oder schlagend gelöst. Als Werkzeug hängt ein Bohrgreifer, Meißel oder Sonderwerkzeug an einem Seilbagger. Je nach Bodenart werden Bohrungen mit diesen Verfahren bis ca. 75 m abgeteuft.

Besonders problematisch ist die hohe Wasserauflast, welche zum Teil den Bohrvortrieb behindert. Durch das Beherrschen der z.T. extremen hydrostatischen Druckverhältnisse konnte die Greiferbohrung bis zu einer Tiefe von ca. 112 m abgeteuft werden.

6. Hydraulische Parameter

Um die hydraulische Durchlässigkeit zu bestimmen wurden am 24.07.2018, 25.07.2018 und 26.07.2018 an dem Pegel GW70320081-01 (Endteufe 110 m) die Kurzpumpversuche 1,2 und 3 durch die Fa. ABT durchgeführt. Die hydrologische und hydrogeologische Konzipierung und Betreuung erfolgte durch den Konsulenten. Die Kurzpumpversuche wurden als 3-stufiger Pumptest ausgelegt. Die Absenkungen sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Datum	Pumpstufe	Leistung	max. Absenkung Pegel 1 (110m) (Pumpepegel)	max. Absenkung Pegel 2 (89m) (Beobachtungspe- gel)	max. Absenkung Pegel 3 (41m) (Beobachtungspe- gel)
		[L/s]	[m]	[m]	[m]
24.07.2018	PST-1	8,3	5,72	0,16	0,31
	KZP-1 PST-2	9,6	7,75	0,17	0,33
25.07.2018	PST-1	9,3	5,35	0,19	0,47
	KZP-2 PST-2	13	8,55	0,25	0,47
	PST-3	15,7	k. Beharrung	0,28	0,47
26.07.2018	PST-1	10,7	6,61	0,23	0,48
	KZP-3 PST-2	15,6	10,99	0,32	0,48
	PST-3	14	9,71	0,29	0,47
Brunnenentwicklung am 31.07.18					
01.08.2018	PST-1	16	6,79	0,1	-

Tabelle 4: Ergebnisse der Kurzpumpversuche

Die Ergebnisse wurden mit verschiedenen Modellen ausgewertet (gespannter Aquifer nach Theis bzw. Cooper und „leaky“ Aquifer nach Hantush).

Sonde	Datum	Pumpstufe	Förderleistung [L/s]	K _f -Wert nach Theis [m/s] (gespannt)	K _f -Wert nach Cooper [m/s] (gespannt)	K _f -Wert nach Hantush [m/s] (leaky)
GW081/1 (110 m)	24.07.2018	PST-1	8,3	1,07 x 10 ⁻⁴	-	-
		PST-2	9,6			
	25.07.2018	PST-1	9,3	1,07 x 10 ⁻⁴	9,92 x 10 ⁻⁵	1,42 x 10 ⁻⁴
		PST-2	13			
		PST-3	15,7			
	26.07.2018	PST-1	10,7	1,12 x 10 ⁻⁴	1,93 x 10 ⁻⁴	1,14 x 10 ⁻⁴
		PST-2	15,6			
		PST-3	14			
	K_f - Mittelwert				1,25 *10⁻⁴ m/s	
Nach Brunnenentwicklung						
GW081/1 (110m)	01.08.2018	PST-1	16	4,8 x 10⁻⁴ m/s		

Tabelle 5

7. Hydrogeologische Charakterisierung

Der Verlauf der Ganglinien (Datenlogger mit 15-Minuten Messungsintervall) zeigt, dass das Grundwasserregime von den Inn-Wasserständen dominiert wird. Der ggf. Aquifer lässt sich als Inn-Grundwasser-Begleitstrom charakterisieren, wobei der Einfluss des Inns (Amplitude) mit zunehmender Entfernung zur Vorflut abnimmt.

Das typisch „winternivale“ Abflussregime des Inn mit der Bezeichnung „WIN - Charakteristik: deutlich“ (vgl. UBA 1996) ist auch auf die Grundwasserscharakteristik übertragbar. Der Grundwasserstand zeigt alljährlich in Korrelation zu den Abflussverhältnissen am Inn bei Einsetzen der Schneeschmelze in den Monaten April bis Mai einen kräftigen Anstieg, erreicht das Maximum im Juni / Juli, fällt dann und erreicht sein Minimum im Februar bis März. Besonders hohe Grundwasserverhältnisse (Extremwerte) resultieren im Juni bis Juli, wenn sich hohe Grundwasserverhältnisse mit zusätzlichen Hochwasserspitzenabflüssen am Inn, bedingt durch Starkregenereignisse oder langanhaltende Regenperioden, mit hohen Temperaturen und fortdauernder Schneeschmelze im Hochgebirge, überlagern.

Durch die Beobachtung des Wasserstandes des Oberflächenwasserpegels Inn-Zirl in Verbindung mit einer kontinuierlichen Beobachtung des Grundwasserstandes bei der Probebohrung (Horizont 01 – 93-110 m uGOK; Horizont 03, 40 m uGOK) könnte die folgende zeitliche Korrelation im Fall des Hochwasserereignisses (HW30) von Juni 2019 feststellen:

Tabelle 6

Messstelle	HW-Wert (Datum)	Abstand Inn	Zeitabstand
Pegel Inn-Zirl	595,364 (13.06.19 03:45 Uhr)	0	-
GW70320062	588,500 (16.06.19 14:00 Uhr)	700 m	ca. 82 h
GW70320081-01	589,610 (10.07.19 10:45 Uhr)	1600 m	ca. 27 T 7h
GW70320081-03	589,588 (10.07.19 16:15 Uhr)	1600 m	ca. 27 T 12 h

Dadurch kann man bestätigen, dass die wasserführenden Horizonte bei der Probebohrung im Rahmen des Inntal - „leaky“ Aquifers hydrostatisch verbunden sind.

8. Schutz und Schongebiete

8.1. Schutz der unmittelbaren Fassungsbauwerke (Zone I)

Unter Einhaltung brunnentechnischer Baugrundsätze und einschlägiger Leitlinien kann das Schutzgebiet der Zone I auf das direkte Brunnenbauwerk bzw. -schacht beschränkt werden. Gegen den unbefugten Zutritt sind die Anlagen entsprechend abzusichern.

8.2. Schutzgebiet Zone II

Die Schutzzone II (bakteriologische Schutzzone) kann generell entfallen, da sich das teil-gespannte Grundwasser als Tiefengrundwasser erwiesen hat. Neben der dichten Deckschichte ist eine ausreichend lange Verweilzeit des Grundwassers im Untergrund gewährleistet.

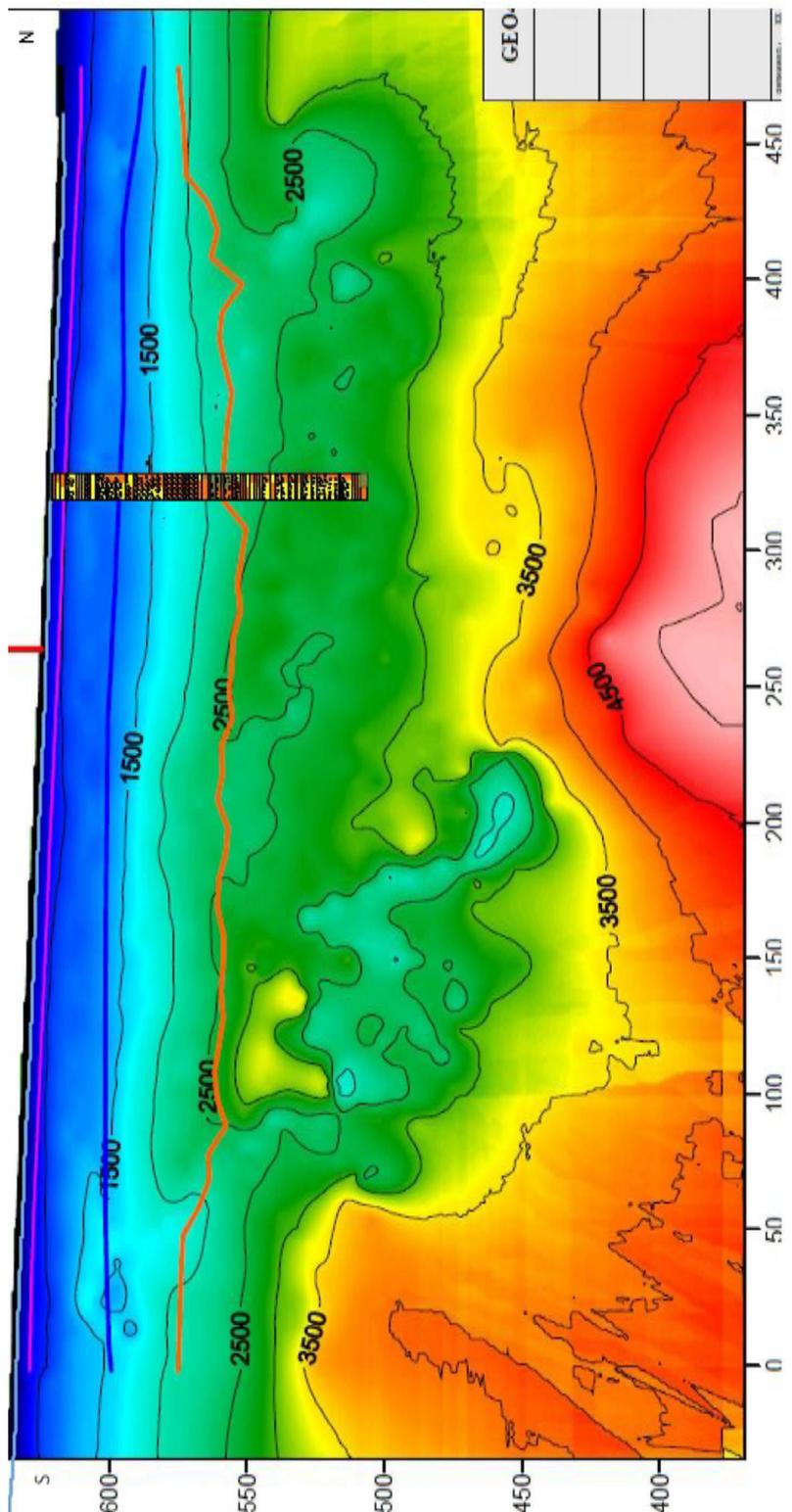
Beim gegenständlichen Aquifer handelt es sich um einen teilgespannten Grundwasserkörper mit einer ca. 30 m mächtigen, dichten, flächenhaft ausgebildeten Deckschicht über dem genutzten Grundwasserzielhorizont. Der beschriebene Schluff-/Sandkomplex schützt den genutzten Grundwasserhorizont gegen Einwirkungen, insbesondere Verunreinigungen von der unmittelbaren Erdoberfläche. Auf die Ausweisung eines Schutzgebietes II kann daher verzichtet werden.

8.3. Schutz des Einzugsgebiets (Zone III)

Gegenstand des ggst. Wasserwirtschaftlichen Versuches ist die Erhebung des Einzugsgebietes sowie die Ableitung von erforderlichen Schutzgebiets-Geboten und Verboten im Einzugsbereich.

Anhang

Profil Ke1 und 2 mit Bohrprofil GW70320081(Probebohrung), Bearbeitung K+U



Direktes Symmetrixbohrverfahren (© Geomechanik-ABT) Bohrung \varnothing DN 500 (14.02.-27.02.2018) 0,0-49,0 lfm



RB50-Bohrgerät, Gerät 7502, LKW 6414,
Bauweise Nr. 9506, 5267



Stahlrohr DN 500, Doppelwandgestänge für
Imlochhammer



Imlochhammer 12"



Weiterentwickeltes Rammkernverfahren mit Spülung und Doppelkernrohr (© Geomechanik-ABT) \varnothing DN 244/178; mit Rammkern (Inliner) \varnothing DN100 (05.03.-22.03.2018) 49,0 – 115,3 lfm



RB30-Bohrgerät, Gerät 7308



Rammkernanlage



Doppelkernrohr mit PE-Inliner DN100



Kellybohrung 0-49 m uGOK



Blöcke aus Melach Schwemmfächer



Kellybohranlage (bis 49 m uGOK)



Greiferbohranlage (von 49 bis 112 m uGOK)

Alpine Quellwässer und Klimawandel: Einflüsse auf Temperatur, Wasserchemie und Isotopenzusammensetzung

Martin Kralik¹ & Erika Papp²

1)Dept. f. Umweltgeowissenschaften, Universität Wien, Althanstr. 14, A-1090 Wien

2)Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A-1030 Wien

Kurzfassung

In der wissenschaftlichen Literatur gibt es nahezu keine Arbeiten über Änderungen in der Grundwasserqualität im Zusammenhang mit dem globalen Klimawandel. Das ist darauf zurückzuführen, dass bis jetzt kaum lang-zeit Daten existierten und anthropogene Aktivitäten und Änderungen in der Landnutzung in den Einzugsgebieten der Grundwässer dies unmöglich machten. Um diese Fragen zu beleuchten, wurden on-line Daten von Schüttungen, Temperaturen und Leitfähigkeiten bzw. vierteljährlichen Chemiedaten von 40 österreichischen Quellen untersucht. Diese sind über ganz Österreich (ca. 60.000 km²) verteilt und in deren Einzugsgebieten gab es nahezu keine Änderungen in der Landnutzung über die letzten 30-40 Jahre. Ungefähr 240.000 on-line Daten und 11.500 hydrochemische Analysen wurden auf Trends (1993-2013) hin untersucht und mit täglichen bzw. monatlichen Daten von meteorologischen Stationen und Oberflächengewässern in der Nähe der Quelleinzugsgebieten verglichen. Neunundzwanzig (74%) der ausgewählten Quellen weisen signifikante Temperaturanstiege auf. Dies betragen im Mittel 0.34 °C im Bereich von 0.06 bis 1.03 °C über den Zeitraum von 20 Jahren (1993-2013). Dieser Anstieg ist jedoch nur die Hälfte der mittleren Temperaturerhöhungen in den meteorologischen Stationen und in den Oberflächengewässern in der Nähe der untersuchten Quelleinzugsgebiete. Die elektrische Leitfähigkeit der Quellwässer nahm über diesen Zeitraum in 22 (56%) der Quellen im Mittel um 4.6% zu. Ebenso sank in 23 (66%) der untersuchten Quellen der gelöste Sauerstoffgehalt im Mittel um 9% ab. Die Schüttung blieb aber in den meisten Quellen konstant.

Abstract

Nearly no papers exist about the groundwater quality changes due to global change impacts. This is very difficult to evaluate due to so far missing long-term quality measurements and strong impacts by anthropogenic activities and land use changes. To avoid the complication by anthropogenic land use changes and activities the authors investigated the on-line discharge, temperature, and electric conductivity measurements as well as quarterly hydro-chemical analyses of 40 springs from a monitoring network all over the Austria (approx. 60,000 km²). All the selected springs have a recharge area with no or minimal anthropogenic impacts during the last 30 – 40 years. About 240,000 on-line measurements and 11,500 chemical analyses were evaluated for trends and compared to daily measurements at meteorological and surface water stations close to the recharge areas of the springs.

Forty springs have been selected for trend analysis over a period of 20 years (1993 – 2013). Twentynine (74%) of the selected spring show a significant mean increase in water temperature of 0.34 °C in the range of 0.06 to 1.03 °C. This increase is half of the air- and water temperature increase in meteorological stations and surface waters close to the recharge areas of the investigated springs. The electric conductivity linearly increased in 22 (56%) of the investigated springs at about 4.6%. In 23 (66%) springs the content of dissolved oxygen decreased over these 20 years at about 9% percent in their waters. The discharge, however, did not change significantly in most springs.

Einleitung

Der globale Luft-Temperaturanstieg ist über die letzten 150 Jahre und insbesondere während den letzten 30 – 40 Jahren weltweit gut dokumentiert. In den europäischen Alpen ist der Lufttemperaturanstieg noch höher im Bereich von 2 °C. Sehr wenige Studien existieren über die Änderung von Grundwassertemperaturen im Zusammenhang mit dem Klimawandel. Der Anstieg oder die Abkühlung der Quellwassertemperatur hängt neben der Entwicklung der Luft-temperatur im Einzugsgebiet, von der Niederschlagsmenge, der lokalen meteorologischen Entwicklung, der mittleren Verweilzeit im Untergrund und von dem natürlichen bzw. zusätzlich anthropogen induzierten Hitzefluss im Untergrund ab.

Langzeit - Messdaten

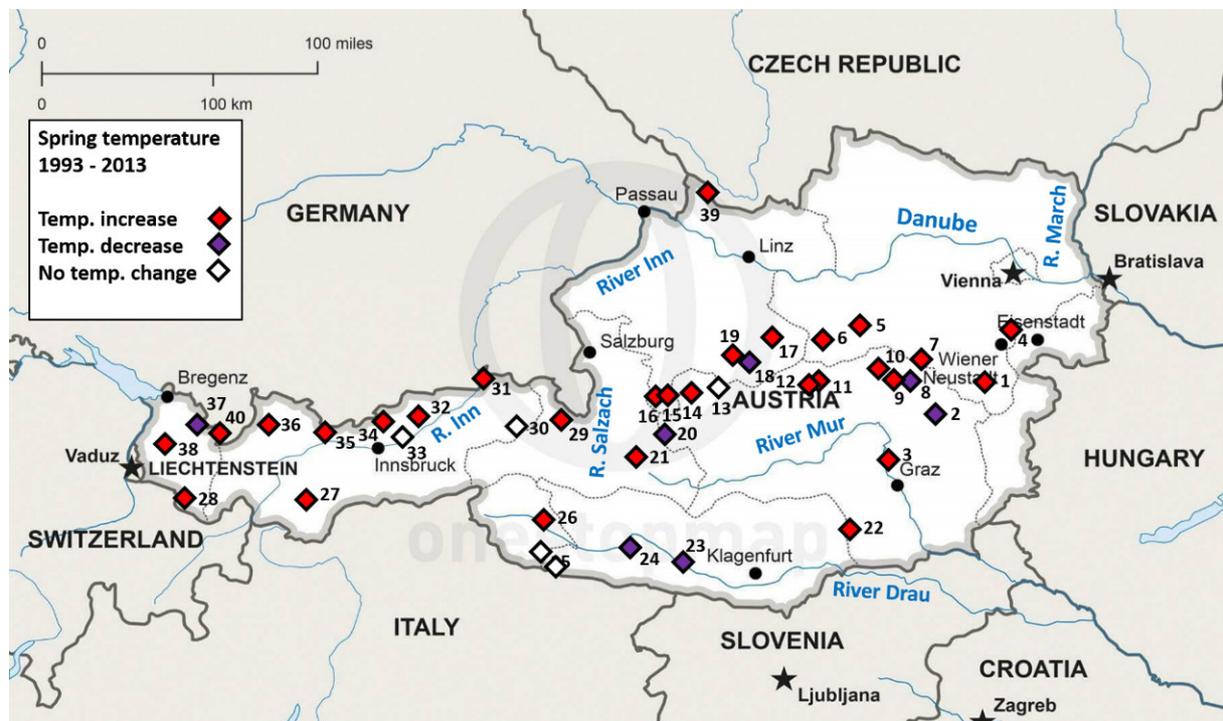


Abbildung 1: Ausgewählte Quellen mit steigenden (rot) und fallenden (violett) Temperaturtrends (1993-2013)

Es existieren nahezu keine Arbeiten über die Änderung der Wasserqualitätsdaten im Zusammenhang mit dem Klimawandel. Diese ist schwierig zu evaluieren wegen der oft fehlenden lang-zeit Qualitätsdaten, der Änderung der Landnutzung bzw. der starken Einflüsse durch menschliche Aktivitäten während der letzten Jahrzehnte. Um diese beiden letztgenannten Einflüsse auszuschließen wurden von den Autoren die on-line Schüttungs-, Temperatur- und Leitfähigkeits-Messungen bzw. die vierteljährlichen hydrochemischen Analysen von 40 ausgewählten Quellen der Monitoringnetzwerke des Hydrographischen Dienstes (Ehyd, 2019) und der Wassergütererhebung (GZÜV, 2006) ausgewertet (Tab. 1). Die Quellen sind über ganz Österreich (ca. 60.000 km²) verteilt. All diese 40 Quellen haben

Tabelle 1: Ausgewählte Quellen und deren mittlere Schüttungs-, Temperatur und Leitfähigkeitsdaten (1993-2013)

Nr.	HZB-Nr.	GZÜV Nr.	Name	Schüttung (L/s)	Temperatur (°C)	elektr. Leitfähigkeit (µS/cm)
1	395582	KK31800132	Ursulaquelle	15	8.6	240
2	395913		Brunnaderquelle	49	10.9	588
3	395855	KK60632072	Hammerbachquelle	191	8.9	352
4	396135	FW31000197	Fischa-Dagnitz Quelle	427	11.0	586
5	395574	KK32000222	Große Mühlquelle	534	7.1	355
6	395590	KK30500762	Reithbachquelle	250	7.1	302
7	396077		Wasseralmquelle	244	5.6	258
8	396093		Siebenquellen	372	5.4	251
9	395822	KK61310022	Roßlochquelle	382	6.2	285
10	396127		Pfannbauernquelle	307	6.7	336
11	395871	KK61101032	Wassermannsloch	523	6.5	212
12	395939	KK61221012	Schwabeltalquelle	104	5.7	240
13	395863	KK61245032	Sagtümpel	340	5.7	245
14	395905	KK61233022	Ödensee-Kaltwassertrichter	31	5.4	209
15	395053	KK40709012	Hirschbrunn-Seeaustritt	382	5.6	170
16	395038	KK40709022	Waldbachursprung	3130	4.2	149
17	395079	KK40909012	Steyernquelle	236	6.7	284
18	395111	KK40915012	Rettenbachquelle	1099	6.4	199
19	395012	KK40916012	Teufelskirche	1050	6.6	217
20	395897	KK61232042	Preunegger Siebenquellen	64	5.9	187
21	395244	KK52207872	Marbachquelle	446	5.3	230
22	395848	KK60308012	Reihbachquelle	19	6.0	121
23	395673	KK20201032	Union Quelle	319	8.3	331
24	395707	KK20613122	Fellbachquelle	154	7.4	388
25	395426	KK73710012	Schwarzbodenquelle	26	5.9	309
26	395384		Gossenbachquelle	19	3.2	28
27	395491	KK72250032	Ochsenbrunnquelle	93	5.7	70
28	395756	KK80120152	Fidelisquelle	304	5.7	143
29	395228	PG51200552	Friedlbrunn Quelle	79	8.1	495
30	395343	KK71410052	Schreiende Brunnen	74	6.4	269
31	395434	KK71340012	Blaue Quelle	735	8.0	568
32	395418	KK71250052	Katzensteigquelle	147	7.7	391
33	395350	KK71250172	Stubbachquelle	86	6.7	252
34	395327	KK71250072	Schwarzlackenquelle	228	4.8	295
35	395368	KK71230022	Schwarzbach - Moosquelle	90	3.8	193
36	395400	KK71130022	Lehnbachquellen	58	5.6	223
37	395749	KK80211152	Goldbachquelle	58	5.3	198
38	395731	KK80411252	Gerstenbödenquelle	35	5.7	194
39	395095		Geyerquelle	16	5.9	26
40	395764	KK80228152	Riezlern Aubachquelle	895	5.2	199

Einzugsgebiete, die während der letzten 30 – 40 Jahre keine oder minimale Änderungen erfahren haben. Ungefähr 240.000 on-line Messungen und 11.500 physikalisch-chemische Analysen wurden auf Trends hin analysiert und mit Trendentwicklungen an meteorologischen Stationen nahe der Quelleinzugsgebiete verglichen. Um die Höhe der Einzugsgebiete einzuschätzen und den Bezug zur Paläoklimatologie zu gewährleisten wurden die vorhandenen $\delta^{18}\text{O}$ -Messungen der Quellwässer und Niederschlagsstationen der Österreichischen Isotopenkarte (Kralik et al. 2015a) ausgewertet.

Niederschlags- und Oberflächengewässermessnetz für Isotopen (ANIP)

In Österreich wurden seit über 45 Jahren Monatsmischproben von mehr als 30 über ganz Österreich verteilten Niederschlagsstationen gesammelt und analysiert (**Isotopenmessnetz „ANIP“**; ANIP 2019). Die Daten dieser Stationen liefern die sogenannten „Input-Werte“ (^{18}O , ^2H , ^3H) und bieten unter anderem auch die Voraussetzung für Altersberechnungen der Mittleren Verweilzeit (MVZ) des Grundwassers. Überdies gibt es seit 2015 eine Karte (**Wasserisotopenkarte Österreichs**) samt Werten eines großen Teils in Österreich erhobener ^{18}O -, ^2H - und ^3H -Daten (Kralik et al. 2015a,b).

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Vierzig Quellen wurden zur Trendanalyse über 20 Jahren (1993 -2013) ausgewählt. Neunundzwanzig (74%) der ausgewählten Quellen zeigen einen signifikanten mittleren Anstieg in der Quellwassertemperatur von 0,34 °C mit einem Schwankungsbereich von 0,06 bis 1,03 °C. Dieser Anstieg ist nur die Hälfte der Temperaturanstiege in meteorologischen Stationen und in Oberflächengewässern in der Nähe der Einzugsgebiete der untersuchten Quellen. Die elektrische Leitfähigkeit der Quellwässer zeigt in 22 (56%) der untersuchten Quellen im Mittel einen signifikanten linearen Anstieg um 4.6% und der gelöste Sauerstoff sinkt in 23 (66%) der untersuchten Quellen im selben Zeitraum um 9%. Die Quellschüttung bleibt jedoch über diese 20 Jahre in den meisten Quellen konstant.

Die Ursachen und das Ausmaß der Temperaturanstiege, der Anstiege an gelösten Stoffen und das Sinken der gelösten Sauerstoffgehaltes bzw. die Auswirkungen auf die Qualität der Quellwässer wird diskutiert

Literatur

ANIP – Austrian Network of Isotopes in Precipitation (2019): Österreichisches Netzwerk für Isotopen (^{18}O , ^2H , ^3H) in Niederschlägen und Oberflächengewässern. BMLFUW, Ämter d. Landesregierungen, AIT und Umweltbundesamt, Wien. Homepage des Umweltbundesamtes > Umweltsituation > Wasser > Isotope > Isotopenmessnetz ANIP –

Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV; BGBl. II Nr. 479/2006 i.d.g.F.): Verordnung des Bundesministers Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. (<https://wasser.umweltbundesamt.at/h2odb/fivestep/abfrageQdPublic.xhtml>)

Ehyd – Hydrographische Daten (2019): Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus; Abteilung - Wasserhaushalt (HZB). (<https://ehyd.gv.at/>)

Kralik, M., Benischke, R., Leis, A., Heiss, G., Wyhlidal, S., Grath, J., Hadrbolec, M., Zieritz, I. & Philippitsch, R. (2015a): Wasserisotopenkarte Österreichs (Internetversion). <https://secure.umweltbundesamt.at/webgis-portal/isotopen/map.xhtml>

Kralik, M., Benischke, R., Wyhlidal, S. & Philippitsch, R. (2015b): Erläuterungen zur Wasserisotopenkarte Österreichs: Der Niederschlags-, Oberflächenwasser-, Grundwasser- und Tiefengrundwasserstationen. 30 S., Bericht d. Bundesministerium f. Land-, Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. <http://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasserqualitaet/wasserisotopen.html>

Fokus Grundwasser – ausgewählten Untersuchungen des Umweltbundesamtes

Dr. Heike Brielmann

Umweltbundesamt GmbH, Abteilung Grundwasser; Spittelauer Lände 5, 1090 Wien

Voraussetzung für die nachhaltige Nutzung und den Schutz des Grundwassers sind umfangreiche Kenntnisse über diese Ressource. Dazu zählen Informationen über die hydrogeologischen Verhältnisse, die Art und den Umfang der Grundwasserneubildung, Wechselwirkungen mit Oberflächengewässern und vieles mehr.

Das Umweltbundesamt stellt dem Fachpublikum und der interessierten Öffentlichkeit dazu umfangreiche Datengrundlagen zur Verfügung. Im Folgenden werden beispielhaft drei ausgewählte Projekte vorgestellt:

Aktualisierte Hintergrundwerte der oberflächennahen Grundwässer in Österreich

Der Schutz der Ressource Grundwasser vor Verschlechterung und chemischer Verschmutzung und die Bewahrung des Grundwassers in weitestgehend natürlichem Zustand ist eines der Hauptanliegen des Grundwasserschutzes. Bei der Beurteilung der Grundwasserqualität und in Hinblick auf die Ableitung von Maßnahmen zur Verbesserung der Grundwasserqualität sind allerdings die natürlichen hydrogeologischen Gegebenheiten mit ihrem Einfluss auf die Grundwasserzusammensetzung zu berücksichtigen. Natürliche oder geogen erhöhte Konzentrationen können beispielsweise die Eignung des Wassers als Trinkwasser beeinträchtigen, führen aber nicht zwangsläufig zu einer Verfehlung des guten chemischen Zustandes für Grundwasser im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie und der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser. Grundlage derartiger Beurteilungen ist die Ermittlung von Hintergrundwerten der Grundwasserbeschaffenheitsparameter.

Basierend auf vorliegenden Langzeitreihen der Grundwasserüberwachung, der Berücksichtigung der geologischen regionalen Besonderheiten, einer geeigneten, reproduzierbaren und international vergleichbaren Methode und den gegenwärtigen gesetzlichen Vorgaben haben ExpertInnen des Umweltbundesamtes und der Geologischen Bundesanstalt im Auftrag des BMNT aktualisierte Hintergrundwerte für die Grundwasserkörper Österreichs erarbeitet. Dabei wurden über 2,5 Mio Einzeldaten von bis zu 2.571 Grundwassermessstellen erhoben, aufbereitet und geprüft.

Die untersuchten Parameter umfassen die elektrische Leitfähigkeit, den pH-Wert und Sauerstoffgehalt, die Hauptinhaltsstoffe Calcium, Chlorid, Hydrogenkarbonat, Kalium, Magnesium, Natrium und Sulfat, die Nebeninhaltsstoffe Eisen und Mangan, Nährstoffe wie Nitrat, Nitrit, Ammonium und Phosphat, den Spurenstoff Bor sowie die Metalle Aluminium, Arsen, Blei, Chrom, Cadmium, Nickel, Kupfer, Uran und Zink. Grundwassermessstellen wurden geologischen Klassen zugeordnet.

Die ermittelten Hintergrundkonzentrationen werden je Parameter in Karten und mittels Kurzbeschreibungen dargestellt. Zudem ist für jede geologische Klasse ein Datenblatt mit einer geologischen und hydrochemischen Beschreibung sowie Informationen zu hydrochemischen Besonderheiten verfügbar. Die Karten enthalten neben der flächenhaften Darstellung der Hintergrundkonzentrationen auch Informationen zu lokal erhöhten Werten.

DaFNE-Forschungsprojekt Uran im Grundwasser

Kurz nach Einführung eines Parameterwertes für Uran in der Trinkwasserverordnung von 15 µg/l wurden im Rahmen eines Sondermessprogramms der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV, BGBl. II Nr. 479/2006 i.d.g.F.) im Jahr 2013 erstmalig österreichweit Proben von insgesamt 1.940 Grundwassermessstellen auf ihren Urangehalt gemessen. Diese Untersuchungen zeigten, dass bundesweit insgesamt 33 Messstellen den Parameterwert der Trinkwasserverordnung von 15 µg/l überschreiten. Das entspricht 1,7 % der Messstellen. Analysiert wurden oberflächennahe Grundwasserkörper und Tiefengrundwasserkörper.

Die Ergebnisse zeigen auch, dass die Grundwasserqualität in Österreich nach derzeitigem Kenntnisstand großflächig nicht nennenswert durch Uran beeinträchtigt ist. Überschreitungen des Parameterwertes der Trinkwasserverordnung sind im Wesentlichen auf Einzelfälle beschränkt. Dies kann in einigen Regionen Österreichs aufgrund des geologischen Untergrundes natürliche Ursachen haben. In anderen Fällen, zum Beispiel im burgenländischen Seewinkel, lassen sich die Urankonzentrationen im Grundwasser nicht unmittelbar auf natürliche Ursachen zurückführen. Um bei Überschreitungen wirkungsvolle Maßnahmen setzen zu können, ist es jedoch notwendig, die Ursachen der erhöhten Urangehalte im Grundwasser genau zu kennen.

Erste Schritte in der Ursachenforschung wurden bereits gesetzt. Im Rahmen eines Projekts im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft wurden mögliche Eintragspfade für Uran ins Grundwasser untersucht und das Mobilitätsverhalten von Uran im Untergrund analysiert. Grundlage dafür waren umfangreiche Erhebungen zur Geologie, Hydrogeologie, Bodenbeschaffenheit, Hydrochemie und zu spezifischen Kennwerten der belasteten Grundwassermessstellen.

Ausgehend davon wurde 2017 ein DaFNE-Forschungsprojekt gestartet, bei dem ExpertInnen vom Umweltbundesamt, Geologischer Bundesanstalt, Universität Salzburg, Universität Wien, BOKU und AGES offene Fragen hinsichtlich geogener bzw. anthropogener Herkunft von Uran im Grundwasser klären sollen und abgeschätzt werden soll, ob bzw. wo Verhältnisse vorherrschen, die den Eintrag von Uran ins Grundwasser begünstigen.

In Tirol wurden die Quellwässer und das unmittelbare geologische Einzugsgebiet der Schwöbbrunnen oberhalb Silz und die Arbesseitenquelle bei Mayerhofen näher untersucht. Beide Quellen liegen mit durchschnittlichen Urangehalten von 31 µg/l bzw. 79 µg/l deutlich über dem Parameterwert für Trinkwasser von 15 µg/l.

Sondermessprogramm Spurenstoffe im Grundwasser

Organische anthropogene Spurenstoffe sind künstlich hergestellte Chemikalien, die durch menschliche Aktivitäten in niedrigen Konzentrationen in den Wasserkreislauf gelangen können.

Quecksilber ist ein Schwermetall, welches in der Umwelt sowohl natürlich, in Gesteinen oder durch Vulkanausbrüche, als auch durch Bergbau, Müll- oder Kohleverbrennung vorkommen kann.

In Bezug auf die Wasserqualität sind Spurenstoffe problematisch, wenn sie langlebig und im Wasser mobil sowie giftig für Mensch oder Umwelt sind.

Im Zuge des Sondermessprogramms wurde österreichweit eine repräsentative Stichprobe von 65 Grundwassermessstellen zweimalig beprobt. Im Grundwasser untersucht wurden synthetische organische Stoffe wie die per- und polyfluorierte Substanzen (PFAS), Organozinnverbindungen, polybromierten Diphenylether (PBDE) und die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK). Überdies wurden die Grundwasserproben auf das Schwermetall Quecksilber hin analysiert.

PFAS kommen aufgrund ihrer oberflächenaktiven Eigenschaften in einer Vielzahl von Produkten, Haushalts- und Konsumgütern zur Anwendung: Farben, Leder-, Textil- und Geschirrbeschichtungen, (Outdoor-)Kleidung, Schuhen, Teppichen, Verpackungen, Skiwachs, Boden- und Autopflegemitteln, Hydraulikflüssigkeiten.

Die Untersuchungen zeigen, dass anorganische und synthetische organische Spurenstoffe oder deren Abbauprodukte, auch wenn deren Verwendung bereits eingeschränkt oder eingestellt wurde, im Grundwasser zum Teil relativ häufig nachweisbar sind. Allerdings zeigen die Untersuchungen auch, dass sich die Nachweise auf einem sehr niedrigen Konzentrationsniveau bewegen. Gesetzliche Anforderungen an die Qualität von Grund- und Trinkwasser werden dabei nicht überschritten.

Georisiken und Sicherungsbauwerke gegen alpine Naturgefahren in Bayern – Herangehensweise der bayerischen Staatsbauverwaltung als Verkehrssicherungspflichtiger mit regionalen Besonderheiten am Beispiel „Fränkische Schweiz“

Andreas Koch¹, Philipp Jansen¹, Günter Landgraf², Florian Wild¹

¹ *Zentralstelle Ingenieurbauwerke und Georisiken, Landesbaudirektion Bayern, Schwere-Reiter-Straße 41, D-80797 München*

² *Staatliches Bauamt Bayreuth, Wilhelminenstraße 2, D-95444 Bayreuth*

1. Einführung

Die Bayerische Staatsbauverwaltung plant, baut, erhält und betreibt ein Straßennetz mit einer Streckenlänge von ca. 26.000 km. Diese setzt sich aus 2.500 km Bundesautobahnen und 6.000 km Bundesstraßen, deren Betreuung bayerischen Dienststellen im Auftrag des Bundes innehaben, zusammen (Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr, 2018). Weitere 14.500 km sind Staatsstraßen und 3.000 km Kreisstraßen, die von den Landkreisen in staatliche Verwaltung übergeben wurden.

Die Verkehrssicherungspflicht obliegt in Bayern gemäß § 3 Abs. 1 des FStrG bzw. Art. 9 BayStrWG dem Straßenbaulastträger. Zuständig in Bayern für den Bereich der Bundesautobahnen sind die beiden Autobahndirektionen (ABD Nordbayern und Südbayern). Für die Bundesstraßen, die Staatstraßen sowie die in staatliche Verwaltung übergebenen Kreisstraßen sind die 19 Staatlichen Bauämter mit Straßenbauaufgaben verantwortlich.

Auf Grund der landesweit wechselnden Morphologie, unter anderem geprägt durch die Mittelgebirgszüge der Fränkischen Alb, des Fichtelgebirges, des Bayerischen und des Oberpfälzer Waldes sowie die Gebirgszüge der bayerischen Alpen liegen Verkehrswege häufig an Fels- oder Lockergesteinshängen oder setzen die Herstellung von Fels- oder Lockergesteinsböschungen voraus.

2. Georisiken-Management in der bayerischen Staatsbauverwaltung

In jeder der oben genannten Dienststellen wurden spätestens im Jahre 2013 Mitarbeiter als „Ansprechpartner Fels“ benannt, die amtsintern die Bewältigung von auftretenden Georisiken koordinieren. Zusätzlich wurde im Jahr 2014 durch die damalige Oberste Bayerische Baubehörde (OBB) in der ehemaligen Zentralstelle für Brücken- und Tunnelbau (ZBT) an der Autobahndirektion Südbayern eine fachkundige Stelle geschaffen, die seitdem den Straßenbaulastträgern als zentraler Ansprechpartner zur Verfügung steht. Am 01. Sept. 2017 wurde die ZBT in Zentralstelle für Ingenieurbauwerke und Georisiken

(ZIG) umbenannt; ein Ausdruck dessen, dass die steigende Bedeutung der Bewältigung von Georisiken im Staatsministerium gewürdigt wird. Die Fachaufsicht über die ZIG wird unmittelbar durch das Referat 48 Brücken- und Tunnelbau des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr (StMB) wahrgenommen.

Organisatorisch ist die ZIG seit 01. Juni 2019 als Zentralstelle Ingenieur-bauwerke und Georisiken in der Abteilung 5: Ingenieurbau der Landesbaudirektion Bayern angesiedelt.

Die Aufgaben des Fachbereiches Georisiken in der ZIG sind vielfältig:

- Geogefahren und Geogefahrenmanagement (Einsichtnahmen vor Ort – auch mittels Seilzugangssystempositionierung, ingenieurgeologische Stellungnahmen, Mitwirkung bei der Vergabe von einschlägigen Leistungen an Ingenieurbüros und Fachfirmen, ingenieurgeologische Baubegleitung in besonderen Fällen)
- Gutachterliche Stellungnahmen zu Sicherungsbauwerken gegen alpine Naturgefahren in besonderen Fällen
- Bearbeitung von Meldungen über Georisiken der Autobahn- und Straßenmeistereien und Führung eines Ereigniskatasters für o.g. Straßen im Bayerischen Straßeninformationssystem (BAYSIS), landesweite Führung eines Katasters über vorhandene Sicherungsbauwerke
- Sammlung, Aufbereitung und Bereitstellung von Informationen für die Ansprechpartner Fels der staatlichen Bauämter
- Landesweite und länderübergreifende Arbeitskreise zu Sicherungsbauwerken (Bemessung, konstruktive Ausbildung, Erarbeitung von Vorgaben zur Überwachung und Prüfung von Sicherungsbauwerken) und zur digitalen Streckenwartung
- Durchführung von Schulungsveranstaltungen der bayerischen Staatsbauverwaltung zum Thema Georisiken
- Ziel ist insbesondere auch eine landesweit einheitliche Vorgehensweise bei der Bewältigung von Georisiken zu erreichen

Die o.g. Aufgaben werden von derzeit vier Ingenieurgeologen/Innen wahrgenommen, die alle eine Ausbildung zur Durchführung von Seilzugangssystempositionierung nach den *Technischen Regeln für Betriebssicherheit 2121, Teil 3* (Ausschuss für Betriebssicherheit, 2019) besitzen. Diese Ausbildung besitzen zudem einige Ansprechpartner Fels in den Ämtern.

3. Maßnahmenpriorisierung in Bayern

Um die Georisiken an Bayerns Straßen vor dem Hintergrund der Verkehrssicherungspflicht des Straßenbaulastträgers bewältigen zu können, erfolgte 2014 eine landesweite Datenerfassung von potentiell gefährdeten Straßenabschnitten über die Ansprechpartner Fels der staatlichen Bauämter. Zusätzlich wurde in Zusammenarbeit mit dem bayerischen Landesamt für Umwelt eine Zusammentragung historischer Ereignisse sowie ein laufender Abgleich mit bestehenden und sich in Arbeit befindlichen Gefahrenhinweiskarten vorgenommen. Hierbei ergab sich, dass sich vor allem die alpinen Bauämter, aber auch Bauämter mit Mittelgebirgen sehr intensiv mit Georisiken befassen müssen. Dem gegenüber besteht für einige Bauämter und auch die Autobahndirektionen wenig bzw. nur untergeordneter Handlungsbedarf. Die erfassten Bereiche wurden mit dem Kenntnisstand der vor Ort befindlichen Straßen- und Autobahnmeistereien abgeglichen und danach in Gefährdungsklassen unterteilt. Die erhobenen Daten wurden in einem Geoinformationssystem erfasst (vgl. Abb. 1).

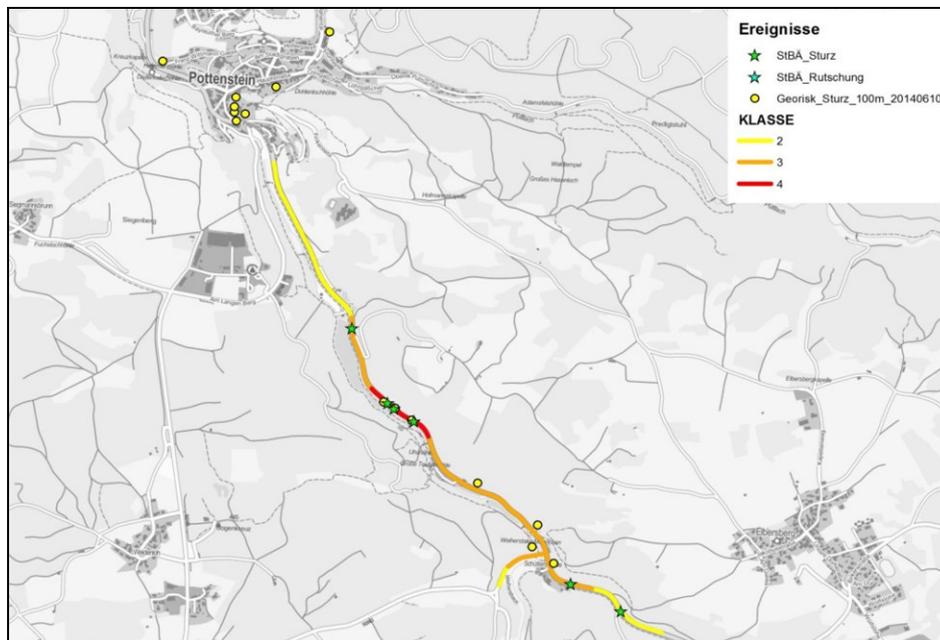


Abb. 1: Beispielhafte Visualisierung der Indizienklassen mittels GIS sowie des Ereigniskatasters (Sternchen: Ereignisse Sturz/Rutschung, Kreise: Georisiken-Kataster des Bayerischen Landesamtes für Umwelt)

Die Abarbeitung der vorhandenen potentiellen Gefährdungsbereiche (Begehung durch Fachgutachter, Planung der Maßnahme, Ausführung) erfolgt nach einer amtsinternen Priorisierung. Des Weiteren führt die ZIG ein tagesaktuelles Ereigniskataster, in dem vom Straßenbetriebsdienst im Rahmen der Streckenwartung erfasste Stein- und Blockschläge, Rutschungen, Muren sowie Erdfälle verzeichnet sind (vgl. Abb 2). Die Meldung erfolgt mittels standardisiertem Meldebogen und wird gemäß Geschäftsgang vom Straßenwärter über den Straßenmeister an den Ansprechpartner Fels des zuständigen Bauamtes zur Weiterleitung an die ZIG übersandt. Die Daten des Ereigniskatasters werden unter anderem als Handlungsgrundlage für die Beurteilung und die Dimensionierung von Sicherungsmaßnahmen an den

jeweiligen Straßenabschnitten herangezogen und dienen darüber hinaus auch der Priorisierung der o.g. Indizienklassen. Das Ereigniskataster ist intern im BAYSIS einsehbar.

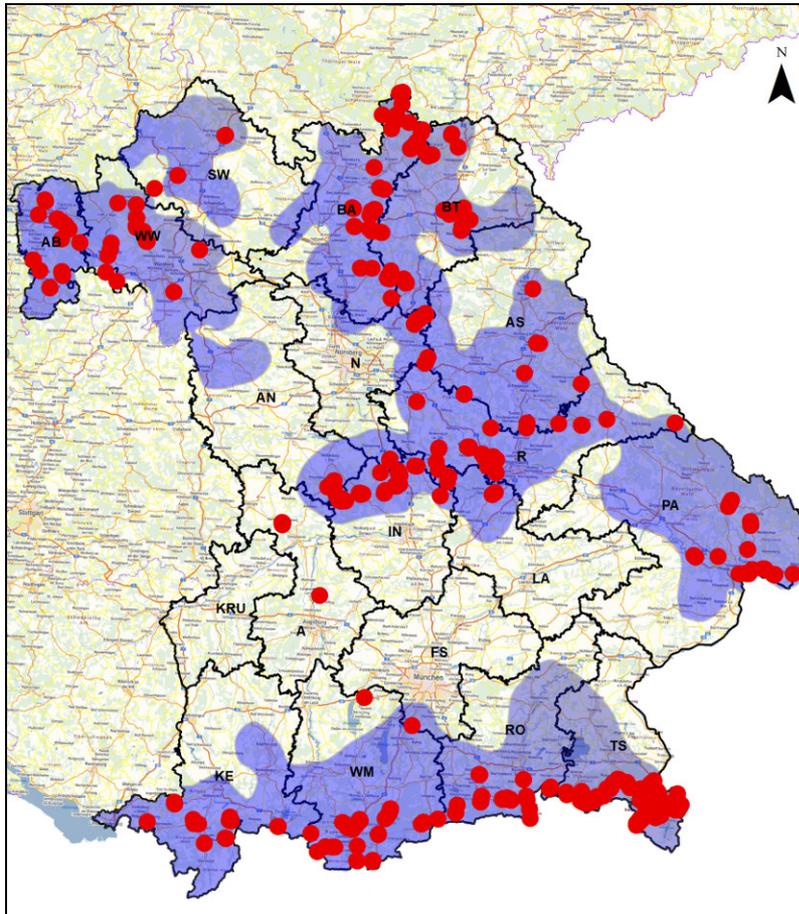


Abb. 2: Bereiche mit gemeldeten Ereignissen (blau), Verteilung der Sicherungsbauwerke (rote Punkte) und Grenzen der Staatlichen Bauämter

4. Sicherungsbauwerke gegen alpine Naturgefahren in der Straßenbauverwaltung Bayerns

Sicherungsbauwerke, die mindestens weit überwiegend dem Schutz einer Straße dienen, sind als Straßenbestandteil zu sehen. Die heute in Bayern bestehenden Sicherungsbauwerke wurden zu über 80 % seit dem Jahr 2000 und zu über 60 % erst nach dem Jahr 2010 errichtet. Die frühesten Bauwerke zur Abwehr von alpinen Naturgefahren stammen aus den 1950er Jahren, jedoch fehlen meist detaillierte Unterlagen.

4.1 Erfassung der Sicherungsbauwerke

Im Dezember 2016 wurden die Staatlichen Bauämter sowie die Autobahndirektionen durch das damalige Bayerische Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr aufgefordert, die in ihrem Zuständigkeitsbereich befindlichen Sicherungsbauwerke gegen alpine Naturgefahren mit Straßenbezug zu erfassen. Das Projekt mit der Bezeichnung „Erstsichtung Sicherungsbauwerke“ verfolgte dabei das Ziel einer einheitlichen Katalogisierung der entsprechenden Sicherungsbauwerke. Mit Hilfe eines standardisierten Erstsichtungsprotokolls wurden Angaben zur Verortung, der Art des Sicherungsbauwerks, der Zugänglichkeit und Einsehbarkeit sowie des augenscheinlichen Zustandes erhoben. Die Daten wurden

an die ZIG übermittelt und dort zusammengeführt. Anfang 2019 haben die Staatlichen Bauämter und Autobahndirektionen in Bayern die Erstsichtung der bestehenden Sicherungsbauwerke größtenteils abgeschlossen.

Das Erstsichtungsprotokoll wird außerdem bis zur Veröffentlichung einer in Arbeit befindlichen Richtlinie über die Kontrolle und Prüfung von Sicherungsbauwerken als Formular für eine regelmäßige Sichtung verwendet. Das Sichtungsintervall beträgt in der Regel ein Jahr, kann jedoch je nach Zustand des jeweiligen Sicherungsbauwerkes zwischen einem halben Jahr und 2 Jahren variieren.

4.2 Aktueller Bestand der Sicherungsbauwerke

Insgesamt liegen in Bayern über 1400 Sicherungsbauwerke vor, welche als Sicherung der Straße vor Sturz- und Rutschprozessen dienen. Dazu kommen in der Alpenregion mehr als 10.000 Sicherungsbauwerke gegen Lawinen, deren Erfassung aktuell noch nicht abgeschlossen ist.

4.3 Räumliche Verteilung der Sicherungsbauwerke

Die räumliche Verteilung der Sicherungsbauwerke in Bayern zeigt, dass neben den Alpenregionen auch die Bereiche der Fränkischen Alb, der Mittelgebirge und des Bayrischen Waldes mit Sicherungsbauwerken geschützt werden (vgl. Abb. 3).

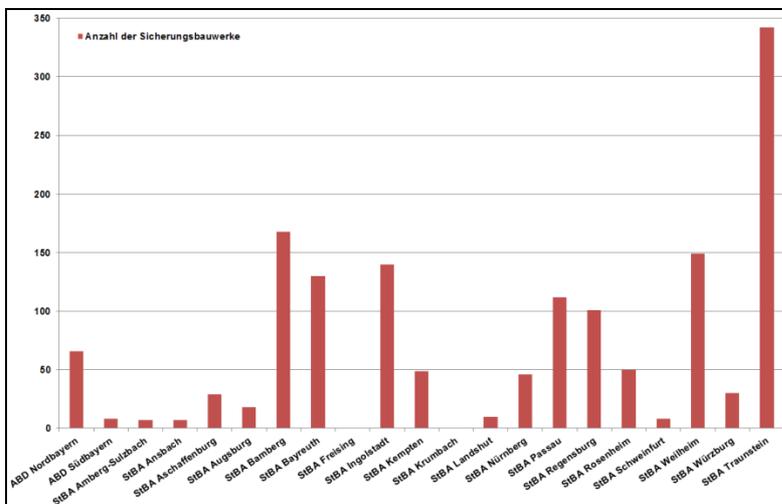


Abb. 3: Derzeitige zahlenmäßige Verteilung der Sicherungsbauwerke gegen Sturz- und Rutschprozesse auf die zuständigen Amtsbereiche

4.4 Zustand der Sicherungsbauwerke

Im Erstsichtungsprotokoll wurde der Zustand auf Grundlage einer augenscheinlichen Abschätzung eines fachkundigen Ingenieurs oder Geologen erhoben. Die Sicherungsbauwerke wurden in fünf Zustandskategorien eingeordnet (sehr gut (1), gut (2), ausreichend (3), schlecht (4) und ungenügend (5). Da sie überwiegend in den

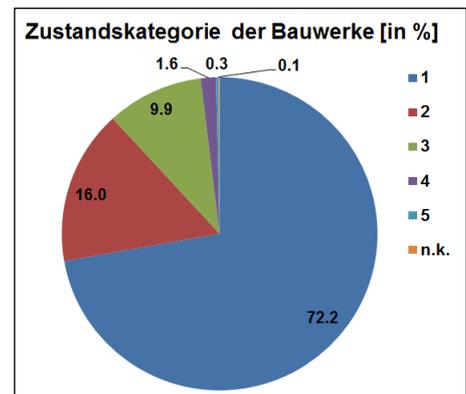


Abb. 4: Derzeitige prozentuale Verteilung der Zustandsnoten in der Datenbank Sicherungsbauwerke

letzten 10-20 Jahren gebaut wurden, befinden sich die bestehenden Sicherungsbauwerke überwiegend in einem guten Zustand (vgl. Abb 4).

Auf Grundlage dieser Erfassung wurden einige Bauwerke, deren Zustand einen Handlungsbedarf zur Folge hatte, bereits erneuert oder gewartet

4.5 Kontrollen und Prüfungen der Sicherungsbauwerke

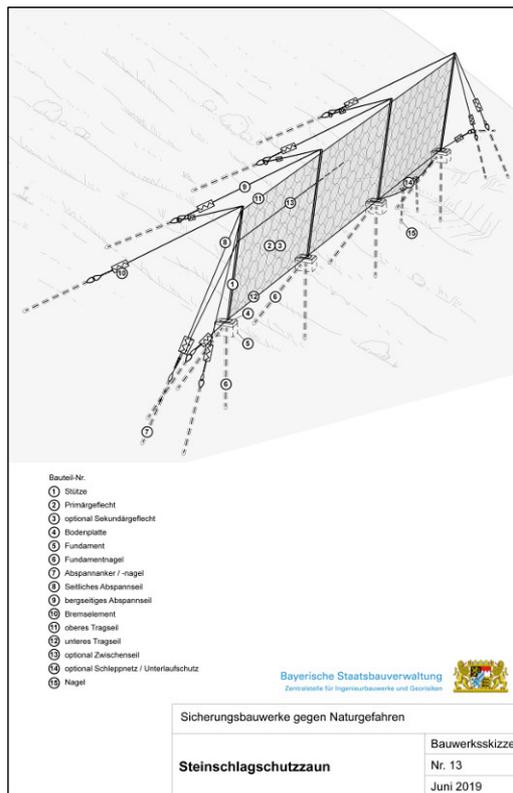


Abb. 5: Produktneutrale Systemskizze eines Steinschlagschutzzaunes

Bis heute gibt es in Deutschland kein Regelwerk, das Kontrollen oder Prüfungen von Sicherungsbauwerken gegen alpine Naturgefahren im Straßenbereich beschreibt. Daher wurde im Jahr 2017 eine Arbeitsgruppe unter der Leitung des heutigen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr zur Erstellung einer Richtlinie gegründet. Ähnlich der in Österreich angewendeten *ONR 24810* (Austrian Standards, 2017) sollen auch in Bayern regelmäßige Kontrollen und Prüfungen durchgeführt werden, um die Leistungsfähigkeit der vorhandenen Bauwerke zu gewährleisten.

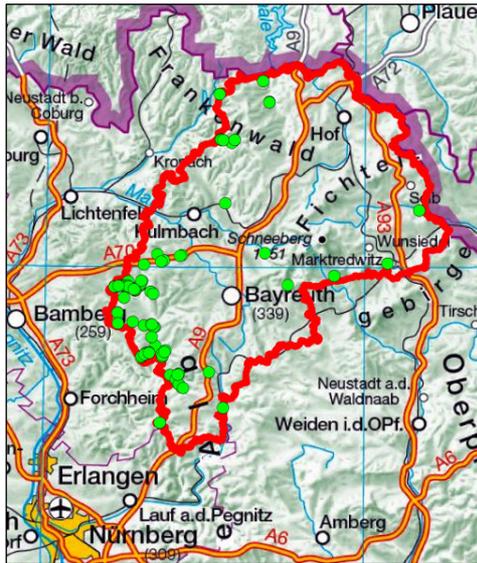
Neben der bereits genannten Österreichischen Norm *ONR 24810*, bieten das *Handbuch zur Kontrolle und zum Unterhalt forstlicher Infrastruktur* (KUI-Handbuch, 2012) der Schweizer Kantone Graubünden, Bern und Wallis sowie die entsprechenden Richtlinien der Eisenbahngesellschaften aus Deutschland und Österreich (*Richtlinie 836* der Deutschen Bahn AG, *Dienstbehelf DB 740, Teil 7* der Österreichischen Bundesbahnen Infrastruktur AG, 2011) mögliche Grundlagen (Koch, 2017).

Bauwerksdaten und -prüfungen werden in Deutschland mittels der Datenbank SIB-Bauwerke, deren Grundlage die *ASB-ING* (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2013) ist, verwaltet. Im Zuge der derzeit laufenden Neuprogrammierung auf die Version 2.0 wurden bereits Vorbereitungen getroffen sowie Anpassungen in die *ASB-ING* eingebracht, die es ermöglichen, zukünftig auch die Sichtung, Kontrolle und Prüfung von Sicherungsbauwerken zu dort zu verwalten.

Um eine einheitliche Benennung der Bauwerksarten und ihrer Bauteile zu gewährleisten, wurde die Erstellung von Systemskizzen in Auftrag gegeben, die produktneutral und schematisch die verschiedenen Sicherungsbauwerke darstellen (vgl. Abb.5). Darüber hinaus wurde ein detaillierter und bebildeter Schadenskatalog erstellt, der bekannte Schäden an Sicherungsbauwerken gegen Naturgefahren abbildet. Somit kann eine genaue Schadensbeschreibung und -einstufung für jedes Sicherungsbauwerk erfolgen

5. Beispiele aus der Fränkischen Schweiz

Das Staatliche Bauamt Bayreuth ist zuständig für das Gebiet der Landkreise Bayreuth, Kulmbach, Hof und Wunsiedel. Der Fachbereich Straßenbau betreut hierbei ein Netz von 360 km Bundes- und 718 km Staats- sowie 114 km Kreisstraßen in Auftragsverwaltung. Hiervon sind über 50 Streckenkilometer von einem potentiellen Risiko durch gravitative Massenbewegungen betroffen. Neben dem Fichtelgebirge im Osten des Amtsbereiches liegt der Schwerpunkt dabei in der sog. „Fränkischen Schweiz“ im südwestlichen Landkreis Bayreuth.



Für die Aufgabenbewältigung im Zusammenhang mit Georisiken wird am Staatlichen Bauamt Bayreuth derzeit ein eigenständiges Sachgebiet „Georisiken, Tunnelmanagement“ aufgebaut, dem auch der „Ansprechpartner Fels“ zugeordnet ist. Dieser ist u.a. für die Erstbeurteilung von Steinschlaggefährdungen und die Koordinierung bzw. Durchführung von Fellsicherungsmaßnahmen zuständig. Seit Einführung des Ansprechpartners Fels am Staatlichen Bauamt Bayreuth wurden seit 2014 ca. 130 Einzelbauwerke zum Schutz vor Georisiken errichtet. Dabei handelt es sich meist um Spritzbetonsicherungen, Felsnägel, Ankerbalken, Drahtseilsicherungen, Vernetzungen und Steinschlagsschutzzäune.

Abb. 6: Amtsbereich Staatliches Bauamt Bayreuth (rot) und gemeldete Ereignisse (grün)

5.1 Landschaftsbild - Tourismus - Naturschutz - Verkehrssicherheit

Das Gemeindegebiet von Pottenstein, 25 km südwestlich von Bayreuth gelegen weist mit seinen Tälern eine besondere Betroffenheit in Hinblick auf Georisiken auf. Das Landschaftsbild ist hierbei geprägt von durch die Erosion herauspräparierten Felswänden und -türmen und erhält dadurch einen großen touristischen Zuspruch. Weiterhin sind die Täler fast durchgängig als Hang- und Schluchtwälder oder als magere Trockenstandorte naturschutzfachlich sehr wertvoll.



Abb. 7: Südliche Ortseinfahrt von Pottenstein mit Zufahrt zum „Langen Berg“ und ortsüblichen, markanten Riffdolomit-Felsformationen

Anhand zweier Beispiele bei Pottenstein soll aufgezeigt werden, wie das Staatliche Bauamt als Straßenbaulastträger im Spannungsfeld zwischen Landschaftsbild, Naturschutz und intensiver touristischer Nutzung bei unterschiedlichen ingenieurgeologischen Ausgangsverhältnissen für die Aufrechterhaltung des Verkehrs und eine entsprechende Verkehrssicherheit der Straße sorgt.

5.2 Bundesstraße 470 südlich von Pottenstein – Spannungsfeld Landschaftsbild , Naturschutz und Verkehrssicherheit

Während einer Vegetationsfreistellung von Felsausbissen durch die Stadt Pottenstein an einem direkt an die Bundesstraße 470 angrenzenden, mit Felsriffen durchzogenen Hang wurden zwei absturzgefährdete Klüftkörper festgestellt. Die Einzelblöcke mit Kantenlängen von 2 bis 3 Metern wurden daraufhin vom Staatlichen Bauamt unter Vollsperrung der Straße kontrolliert zum Absturz gebracht und entfernt.

Im Zuge einer daran anschließenden, detaillierten Begutachtung des Felshanges durch ein Fachbüro wurden weitere potentiell absturzgefährdete Blöcke vorgefunden. Auf Grund der Unübersichtlichkeit des Geländes und dem zwischenzeitlich wieder aufgegangenen Bewuchs musste jedoch davon ausgegangen werden, dass Einzelkörper mit einer Kantenlänge von unter einem Meter nicht sicher erkannt werden können. Die im geotechnischen Gutachten empfohlenen Sicherungsmaßnahmen bestanden aus flächiger Beräumung, Sicherung von Einzelblöcken und der Errichtung von Steinschlagschutzzäunen.

Nach Abstimmung mit der Höheren Naturschutzbehörde musste auf die flächige Beräumung des Geländes verzichtet werden, da am betreffenden Hang das einzige oberfränkische Vorkommen der Gebirgsschrecke vorliegt. Die Gebirgsschrecke gilt außerhalb der Alpen wegen der wenigen, kleinen und

isolierten Populationen als vom Aussterben bedroht (Regierung von Oberfranken, 2016). Die Sicherungsbauwerke, die möglichst nah an der Fahrbahn angeordnet werden mussten, durften nach Auflage der Höhere Naturschutzbehörde nur unter Aufsicht einer naturschutzfachlichen Baubegleitung hergestellt werden. Neben zahlreichen Einzelsicherungen wurden zum Schutz der Straße im Streckenabschnitt insgesamt 475 m Steinschlagschutzzäune mit einem maximalen Energieaufnahmevermögen zwischen 1.000 und 2.000 kJ und Höhen von 3,0 m bis 4,5 m errichtet (vgl. Abb. 8).

Im laufenden Unterhalt ist aus naturschutzfachlichen Gründen die Trasse der Steinschlagschutzzäune in regelmäßigen Abständen von einer Verbuschung und einem damit einhergehenden Laubeintrag freizuhalten, um eine Nährstoffanreicherung zu verhindern.



Abb. 8: Südliche Ortszufahrt von Pottenstein mit Steinschlagschutzzäunen

Trotz der naturschutzfachlichen Auflagen, hat sich mit den ausgeführten Sicherungsmaßnahmen in Hinblick auf die Verkehrssicherheit eine gute Lösung ergeben. Jedoch muss hier das Landschaftsbild in der sog. „Erlebnismeile“ von Pottenstein Einbußen hinnehmen.

5.3 Staatsstraße 2163 „Langer Berg“ bei Pottenstein – Sanierungsbedürftiger Streckenabschnitt und Steinschlagrisiko

Als „Langer Berg“ wird in Pottenstein ein etwa 800 m langer Streckenabschnitt der Staatsstraße 2163 bezeichnet, der das Stadtgebiet im Tal des Weiherbaches bzw. der Püttlach mit dem städtischen Gewerbegebiet und den Freizeiteinrichtungen auf der Hochfläche verbindet. Die aktuelle Trasse wurde in

den 30er Jahren des vergangenen Jahrhunderts errichtet, wobei die schon vorher vorhandene, historische Linienführung im unteren Teil vollständig überbaut wurde. Der Aufstieg wurde der felsigen Talflanke mit aufwändigen Stützkonstruktionen (Trockenmauern, Steilböschungen mit Steinsatz) und Sprengarbeiten abgerungen. Die Stützkonstruktionen haben also mittlerweile ein Alter von über 80 Jahren erreicht.

Vor Ort zeigt die stellenweise nur 5,5 m breite Fahrbahn seit längerem zunehmend Verformungen und Schäden in Form von hangparallelen Rissen, die auf Bewegungen im Untergrund hindeuten. Daher wurde in Zusammenarbeit mit dem Zentrum Geotechnik an der TU München eine umfangreiche Erkundung des Bestandes durchgeführt.

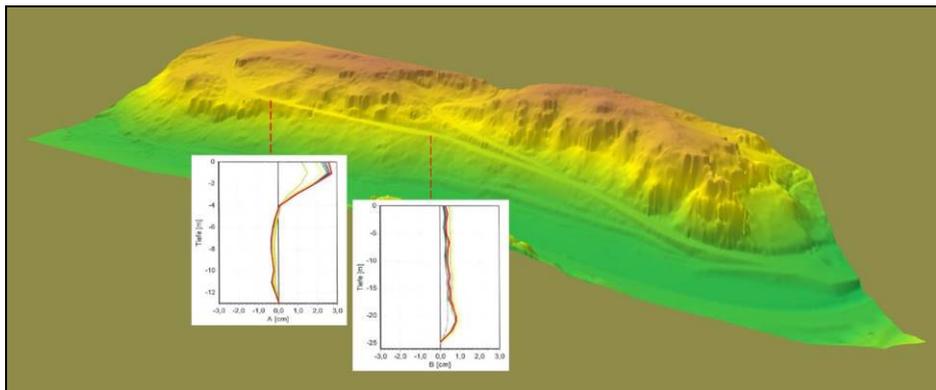


Abb. 9: 3D-Modell des „Langen Berges“ mit Inklinometermessdaten (TU München, 2019)

Durch die Installation einer messtechnischen Überwachung, bestehend aus sieben Inklinometern und mehreren Oberflächen-Messpunkten, konnte festgestellt werden, dass zwei verschiedene Mechanismen zu den Fahrbahnschäden führen. Zum einen befindet sich etwa in der Mitte des „Langen Berges“ eine natürliche Auffüllung einer Geländeerinne, die sich in Form einer tiefliegenden Rutschung insgesamt in Richtung Tal bewegt (vgl. Abb. 9 rechts), zum anderen wurden im Bereich der Steinschichtungen oberflächennahe Bewegungen festgestellt (vgl. Abb. 9 links), die darauf schließen lassen, dass die Hinterfüllungen der Steinschichtungen zur Abtragung der Verkehrslasten nicht mehr ausreichen.

Seit Beginn der Messungen im November 2014 haben sich im Bereich der tiefliegenden Rutschung Horizontalverschiebungen von insgesamt ca. 1 cm ergeben, wohingegen die obere Steinschichtung bis Mitte 2018 bereits Verformungen von über 2,5 cm aufweist.

Damit wurde hier im Zeitraum zwischen November 2017 und Juli 2018 der gesetzte Warnwert von 2,0 cm überschritten, was noch vor dem Ausbau des Streckenabschnittes „Langer Berg“ Sicherungsmaßnahmen zur Aufrechterhaltung des Verkehrs erforderlich machte. So wurde ab Ende 2018 der Streckenabschnitt für den Schwerverkehr gesperrt. Da sich dieses alleine als nicht ausreichend erwiesen hat, um eine Zunahme der Verschiebungen zu verhindern (bis Juli 2019 Verschiebung bis 2,7 cm), werden im Herbst 2019 bautechnische Sicherungsmaßnahmen für die betroffene Steinschichtung durchgeführt.

Hierbei wird die bestehende Steinschichtung auf einer Fläche von ca. 600 m² mit einer 30 cm dicken Spritzbetonschale versehen und die Lasten über 130 Felsnägel mit Längen von ca. 12 m in den

anstehenden Fels abgetragen. Als Besonderheit gilt auch hier, dass auf Grund der naturschutzfachlichen Anforderungen die Inanspruchnahme der umliegenden Flächen nicht zugelassen wird und sämtliche Arbeiten von der bestehenden Fahrbahn aus durchgeführt werden müssen.

Durch die weitere messtechnische Überwachung soll im Anschluss geprüft werden, ob durch die Maßnahme die Verschiebungen zum Stillstand kommen und der Streckenabschnitt u. U. auch wieder für den Schwerverkehr freigegeben werden kann.

Zusätzlich befinden sich am „Langen Berg“ oberhalb der Staatsstraße potentiell absturzgefährdete Blöcke. Ein beauftragtes Fachbüro erarbeitete Maßnahmen zur Sicherung, die auch in diesem Bereich in enger Abstimmung mit den Naturschutzbehörden erfolgen müssen. Es soll im Bereich der höheren, in Richtung der Stadt Pottenstein liegenden Felswände auf einer Geländestufe in der Hangmitte ein Steinschlagschutzzaun mit einer Länge von ca. 60 m und einem Energieaufnahmevermögen von 500 kJ bei einer Höhe von 3,0 m hergestellt werden. Auf der darunter folgenden Geländestufe wird ein 1,5 m hoher Abrollschutz installiert. Die daran anschließende und unmittelbar bis zur Fahrbahn reichende Felswand wird auf einer Höhe von etwa 10 m mit einer temporären Vernetzung versehen. Diese ist nach Vorgabe der Höheren Naturschutzbehörde als Vorhang auszubilden und im Rahmen des Straßenausbaus nach Schaffung eines ausreichenden Auffangraumes wieder zu entfernen. Des Weiteren sind lokal Unterfangungen aus Spritzbeton und Sicherungen mit Felsnägeln erforderlich.

Eine Besonderheit bei den Sicherungsmaßnahmen stellt die sog. „Kugel“ dar (vgl. Abb. 10). Dabei handelt es sich um einen fast kugelförmigen, massigen Einzelblock mit ca. 6 m Durchmesser, der 20 m über der Fahrbahn punktuell und geneigt auf einem labilen Auflager ruht. Das Auflager besteht aus einer Felsscheibe, die bereits rückwärtig angelegte Trennflächen aufweist. Die „Kugel“ wurde unmittelbar nach ihrer näheren Erkundung mit Zementmarken als Bewegungsanzeiger versehen und wird seitdem in regelmäßigen Abständen kontrolliert. Die Ausbildung von kugelförmigen Verwitterungsblöcken ist typisch für die Fränkische Alb.

Als Sicherung ist vorgesehen, den Block für die Dauer der Baumaßnahme temporär rückzuverhängen. Im Anschluss erfolgt die dauerhafte Sicherung des Blockes, indem das straßenseitige Auflager mittels eines rückverankerten Stahlbetonbalkens ertüchtigt und die horizontale Auflagerfläche durch eine Spritzbetonunterfangung vergrößert wird.

Alternative Maßnahmen, wie beispielsweise eine sprengtechnische Beseitigung oder die Beräumung des Blockes als Ganzes, scheiden auf Grund einer nahe gelegenen Tankstelle, des unweiten Gewerbegebiets und der talseitig liegenden Bebauung aus.

6. Zusammenfassung

Die Bayerische Staatsbauverwaltung hat durch die Einrichtung von Ansprechpartnern Fels in allen Staatlichen Bauämtern mit Straßenbauaufgaben die Voraussetzung geschaffen, die Verkehrsteilnehmer

vor gravitativen Massenbewegungen im Rahmen des wirtschaftlich Vertretbaren zu schützen. Die Zentralstelle Ingenieurbauwerke und Georisiken an der Landesbaudirektion Bayern steht diesen als zentraler Ansprechpartner zur Verfügung und steuert über die Führung von Ereigniskataster, Priorisierungslisten und Ausbildungsmaßnahmen eine landesweit einheitliche Herangehensweise. Hierbei sind aber immer die regionalen, insbesondere durch die ingenieurgeologischen Verhältnisse bedingten, Besonderheiten, wie beispielsweise spezielle Verwitterungsformen zu beachten. Abschließend nicht unerwähnt bleiben soll, dass bei der Nutzung von Straßen trotz aller Bemühungen ein Restrisiko aus gravitativen Massenbewegungen verbleibt.

Quellenverzeichnis

Amt für Wald- und Naturgefahren (2012): KuFI-Handbuch: Handbuch zur Kontrolle und zum Unterhalt forstlicher Infrastruktur, Graubünden

Ausschuss für Betriebssicherheit (2019): Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) 2121, Teil 3: Gefährdung von Beschäftigten durch Absturz bei der Verwendung von Zugangs- und Positionierungsverfahren unter Zuhilfenahme von Seilen, Dortmund

Austrian Standards (2017): ONR 24810:2017-02: Technischer Steinschlagschutz – Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung, Wien

Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (Hrsg.) (2018): Straßen und Brücken in Bayern, 7. Ausgabe, München.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2013): ASB-ING: Anweisung Straßeninformationsbank Segment Bauwerksdaten, Berlin

Deutsche Bahn AG (1999): RIL 836 – Erdwerke planen, bauen und Instand halten, Frankfurt am Main

Koch, Andreas (2017): Georisiken – Prüfung von Sicherungsbauwerken, Tagungsband 5. VFIB-Erfahrungsaustausch, 2017, Seiten 40-51.

ÖBB Infrastruktur AG (Hrsg.) (2011): Dienstbehelf 740, Teil 7: Böschungs- und Lehnensicherung, Wien

Regierung von Oberfranken, Höhere Naturschutzbehörde (2016): Gebirgsschrecke bei Pottenstein – Ein Relikt aus den Eiszeiten, Bayreuth

Technische Universität München, Zentrum Geotechnik (2019): St 2163 – Langer Berg bei Pottenstein, Sechster Zwischenbericht zu Inclinometermessungen, München

Sedimente der Tiroler Seen als Archive für postglaziale Extremereignisse

Patrick Oswald ⁽¹⁾, Markus Erhardt ⁽²⁾, Florian Birkner ⁽³⁾, Gerald Degenhart ⁽²⁾, Markus Aufleger ⁽³⁾, Johanna Pöll ⁽¹⁾, Jyh-Jaan Steven Huang ⁽¹⁾, Michael Strasser ⁽¹⁾, Jasper Moernaut ⁽¹⁾

1) *Institut f. Geologie, Univ. Innsbruck*

2) *Universitätsklinik f. Radiologie, Med. Univ. Innsbruck*

3) *Arbeitsbereich Wasserbau, Institut f. Infrastruktur, Univ. Innsbruck*

Abstract

Actual risk- and hazard assessments for environmental extreme events such as floodings or earthquakes might be insufficient, as there is only little knowledge about their possible magnitude and frequency based on historic documentation. We overcome this limitation by investigating the sedimentary successions of several Tyrolean lakes as pre-historic archives for hazardous environmental impacts. In two case studies we demonstrate the great potential of the acquired multi-disciplinary datasets and their interpretation for environmental extreme events. Piburgersee turned out to be an appropriate pre-historic floods record by sedimentological and geomorphological aspects as well as by containing a complete post-glacial sedimentary succession. A historical M5.3 earthquake in Namlos (1930 AD) left a specific sedimentary fingerprint in the sediments of Plansee by multiple subaqueous landslide activity shown in reflexion seismic profiles and sediment cores. As a potential site for recording strong shaking, Plansee (and also Piburger See) will be investigated for pre-historic strong earthquakes.

Hintergrund und Motivation

Häufig basieren Statistiken und Abschätzungen zu Gefahrenpotential von extremen Naturereignissen, wie beispielsweise Hochwasser oder Erdbeben, auf historischen Aufzeichnungen. Die Wiederkehrrate solcher Ereignisse ist oft niedriger als die Dauer der historische Dokumentation (zB. circa 400 Jahre für Erdbeben in Tirol, Hammerl et al., 2017) und somit sind Risiko- und Gefahrenabschätzungen mit einer hohen Wahrscheinlichkeit, unzureichend beziehungsweise könnte die maximal-mögliche Magnitude solcher Ereignisse unterschätzt sein. Um in Zukunft Entscheidungsträger und Politiker eine verlässlichere Abschätzung über Häufigkeit, Magnitude und Eintrittswahrscheinlichkeit möglicher Naturgefahren Szenarien bieten zu können, ist eine Untersuchung von geologischen Archiven, welche über die Zeit der historischen Aufzeichnung hinausreichen, unerlässlich.

In dieser Hinsicht bieten lakustrine Sedimente vielversprechende Archive, da sie seit dem Rückzug der Gletscher eine kontinuierliche Sedimentation haben, sehr sensibel gegenüber raschen Umweltveränderungen oder Klimaänderungen sind und meist gut datierbar sind. Vorangegangene limnogeologische Studien weltweit konnten aufzeigen, dass charakteristische detritische Lagen in Zusammenhang mit lokalen Starkregenereignissen oder raschen Schneeschmelzperioden stehen können (Gilli et al., 2013), oder multiple subaquatische Rutschungen oder in-situ Deformationsstrukturen Anzeiger für starke Erdbeben sein können (e.g. Kremer et al., 2017; Monecke et al., 2006).

Diese Kurzfassung soll einerseits einen Einblick in die in den letzten zwei Jahren generierten multi-disziplinären Datensätze geben und andererseits das große Potential dieser Datensätze als Archive für prähistorische Naturereignisse aufzeigen, welche durchaus einen beträchtlichen gesellschaftlichen Wert haben können.

Seesedimente als Archiv für (Paläo-)Starkniederschläge – Fallbeispiel Piburger See

In der Limnogeologie wird die Bezeichnung „Flutlage“ für eine detritische Ablagerung in einem Seesystem verwendet, welche in Zusammenhang mit einer Stunden bis Tage dauernden Spitze in der Schüttung des Zuflusses steht. Eine solche Abflussspitze repräsentiert häufig ein Starkniederschlag oder eine rapide Schneeschmelzperiode, welche nicht selten katastrophale Murgänge wie beispielsweise Sellrain/Paznaun Juni 2015 und Schnann August 2018 zur Folge haben.

Wissen über Auftreten, Häufigkeit und die maximal mögliche Intensität solcher Ereignisse speziell auch mit der Fragestellung inwiefern diese sich mit dem Klimawandel verändern, können aus den zeitlich hochauflösenden lakustrinen Sedimentarchiven erarbeitet werden (Gilli et al., 2013). Hierfür eignet sich der Piburger See aus mehreren Gegebenheiten besonders gut. Einerseits besitzt der Piburger See (0.13 km² groß und maximal 29m tief), in einer hochglazial-ausgeschürften Talschulter im Eingang des Ötztals

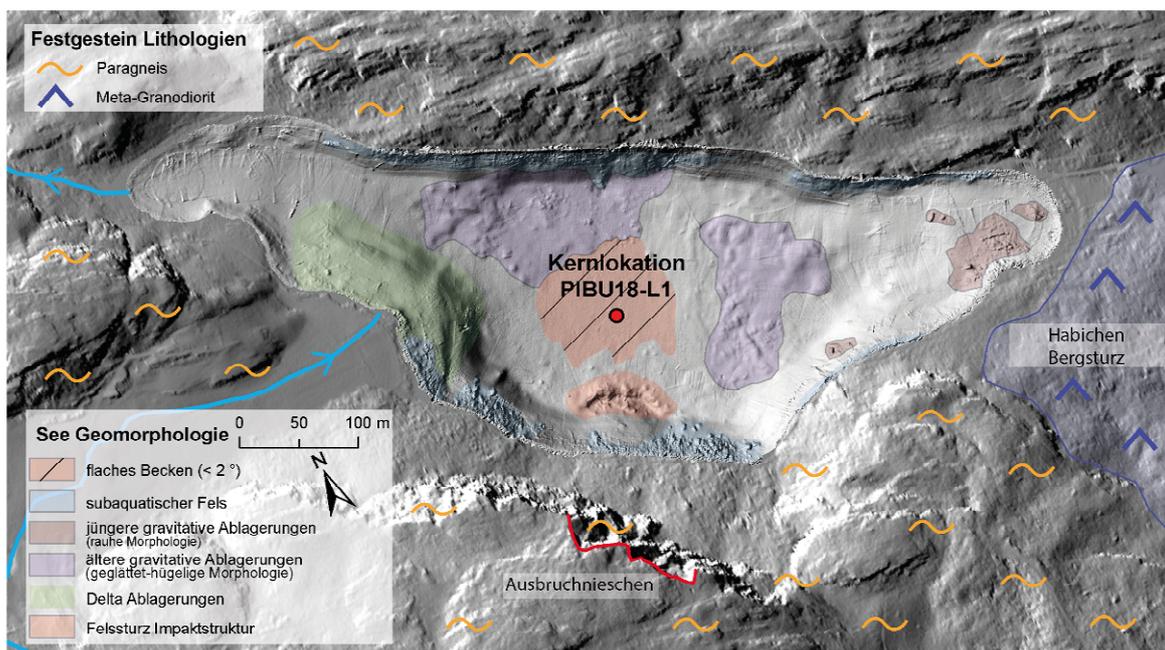


Abbildung 1: geologisch-geomorphologisch interpretierte Karte des Piburger Sees und seiner Umgebung. Die bathymetrische Karte wurde von dem Department Wasserbau (UIBK) mittels Kongsberg GeoSwath Plus gemessen. Der 12 m lange Sedimentkern wurde mittels UWITEC Piston-Kernsystem von der schwimmenden Plattform Helvetia, ETH Zürich entnommen. Quelle DGM: Land Tirol - data.tirol.gv.at

liegend, nur einen oberirdischen Zufluss aus einem klar definierten hydrologischen Einzugsgebiet (1.6 km²). Des Weiteren, besteht der See geomorphologisch nur aus einem Becken, in welchem alle detritischen Sedimentationsereignisse abgelagert werden. Während der kleine Zufluss im SW ein kleines Delta in das Becken vorbaut, besteht der Großteil der Ufer-nahen Hänge aus dem umliegenden Festgestein beziehungsweise mehr oder weniger mit Sediment bedecktem Felsschutt (Süden und Norden, siehe Abb 1). Nur ein kleiner Bereich im zentralen Becken ist wirklich flach (Hangneigungen < 2 Grad), was wahrscheinlich der Fläche des Paläo-Piburger Sees vor dem weiteren Aufstauen durch einen oder mehrere der Bergstürze von Habichen (siehe Poscher und Patzelt, 2000) entspricht. Auch die Habicher Bergstürze selbst haben im Piburger See seine Spuren hinterlassen, was sich einerseits durch die unruhige und nach W abfallende Morphologie und andererseits sedimentologisch durch mehrmaligen Eintrag von Granodiorit-Schutt widerspiegelt. Im südlichen Teil der bathymetrischen Karte ist ein sichelförmiger Rücken zu erkennen. Dieser kann als Impaktstruktur eines lokalen Felssturzereignisses aus der südlich angrenzenden Wand gedeutet werden (Ausbruchnischen rot markiert in Abb. 1).

Das Sediment des Piburger Sees besteht vorwiegend aus einem aus der Wassersäule abgelagerten dunkelbraunen, feinlaminierten bis massigen Organik-reichen Schlamm, welcher hauptsächlich aus feinsten, organischen Kolloiden, aber auch aus Chitinpanzer und Kieselschalen von Mikroorganismen und äolisch-eingetragene Makroreste von Landpflanzen wie zB. Blätter und Nadeln besteht. In diesem auch als „Hintergrundsediment“ bezeichneten braunen Schlamm sind detritische Lagen eingeschaltet. Diese detritischen Lagen lassen sich bereits durch Standardanalysen wie lithologische Beschreibung oder Messung petrophysikalischer Parameter sehr gut charakterisieren (Abb. 2). Mittels beispielsweise geochemischen Untersuchungen wie dem Messen des C/N Verhältnisses kann die Wasser- oder Landherkunft des im Sediment enthaltenen organischen Material bestimmt werden und somit zu einer verlässlichen Interpretation dienen.

Die detritischen Ablagerung im Piburger See, welche als Flutlagen charakterisiert werden können, sind normal gradiert von Fein/Mittel-Sand bis Ton und wenige Millimeter bis mehrere Zentimeter mächtig. Bereits makroskopisch und im Computertomographie (CT) Bild heben sie sich vom Hintergrundsediment ab (Abb. 2). Unter Verwendung der Messungen von Magnetischer Suszeptibilität (Proxy für detritischen Eintrag e.g. Gilli et al., 2013) und das logarithmisch korrigierte Verhältnis des inkohärenten und kohärenten Molybdän Signals (Proxy für relativen Organik-Gehalt e.g. Huang et al., 2016) untermauert die Interpretation (Abb. 2). Zudem zeigt auch das C/N Verhältnis dieser Ereignislage deutlich auf einen Landursprung des detritischen Sediments hin.

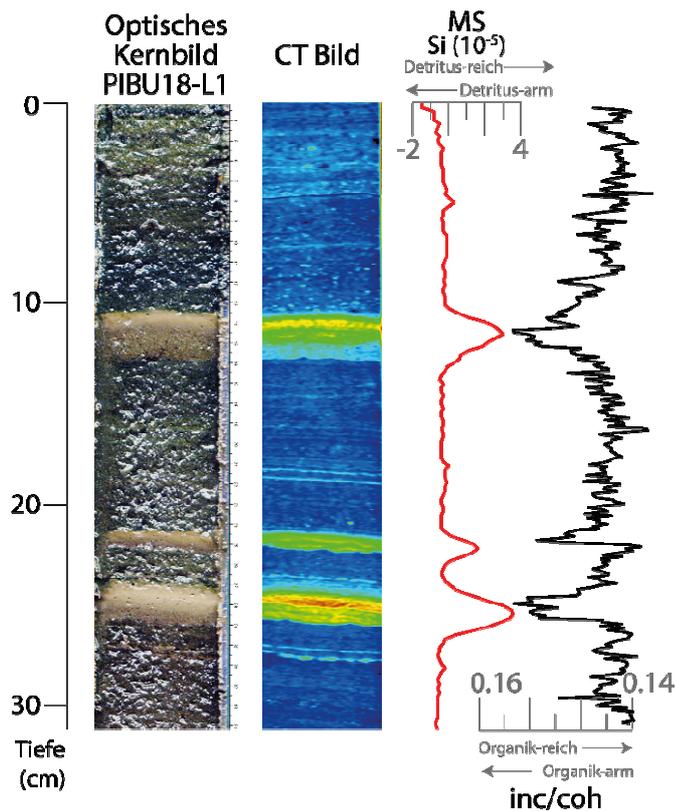


Abbildung 2: Flutlagen im Piburger See angezeigt durch Multi-Proxy Datensätze. Kernbild, MS (Magnetische Suszeptibilität) und inc/coh Messungen wurden mittels Scanner (SmartCIS, MSCL und ITRAX) der Austrian Core Facility (<https://www.uibk.ac.at/geologie/corescanlab/>) gemessen. Die Computertomographie (CT) Untersuchung wurde an der Universitätsklinik für Radiologie der Med.Univ. Innsbruck durchgeführt.

Mittels radiometrischer Datierungen (^{210}Pb und ^{137}Cs Thies et al., 2012; ^{14}C unsere laufenden Studien) konnte eine Flutlage in 12cm Kerntiefe im Rahmen des radiometrischen Messfehlers in Verbindung mit einer der im Oberinntal historisch dokumentieren, starken Niederschlagsperiode 1867, 1876 oder 1877 in Verbindung gebracht werden. Unter Betrachtung dieser Ereignislage als historische Kalibration für Starkniederschläge und unter Verwendung eines vorläufigen Altersmodells des 12 Meter langen Sedimentkerns, können Flutereignisse über das ganze Holozän untersucht werden. Erste statistische Untersuchungen des Datensatz ergeben ein Starkniederschlagsereignis mit nicht definierter Intensität alle circa 180 Jahre im Piburger See, wobei Konzentrationen der Ereignisse im mittleren Holozän und seit circa 2000 Jahren (cal BP) auftreten.

Seesedimente als Archiv für Stark-Erdbeben – Fallbeispiel Plansee

Die intraplaten-tektonische Situation der zentralen Ostalpen um Tirol äußert sich mit relativ geringen Deformationsraten ($\sim 1\text{mm/a}$), was sich in einer moderaten aber für Österreich erhöhten Seismizität speziell im zentralen Inntal widerspiegelt (Reiter et al., 2018). Aus den historischen Archiven sind mehrere zerstörerische Beben (zB. ML5.2 in Hall 1670, ML5.3 in Namlos 1930; Hammerl, 2017) bekannt.

Eine paläoseismologische Studie für den Großraum Tirol, welche den Zeitraum der historischen Aufzeichnungen um ein Vielfaches verlängern und somit auch die Risikoabschätzungen verbessern würde, gibt es bislang noch keine. Die Gründe dafür sind vor allem, dass aktive Störungen nicht direkt untersucht werden können, da in den häufig störungsparallelen Talungen durch rasche Oberflächenprozesse (hohe Sedimentations- und Erosionsraten) und intensiven anthropogenen Einfluss (Besiedlung und landwirtschaftliche Nutzung) potentielle geomorphologische Erscheinungen eines Starkbebens nicht erhalten bleiben. Ein möglicher Ansatz trotzdem prähistorische Starkbeben untersuchen zu können, verfolgen wir mit der Untersuchung von Seesystemen, welche in der Paläoseismologie als s.g. sekundäre oder „off-fault“ Archive bezeichnet werden. Hierbei wird nicht die Ruptur der aktiven Störung studiert, sondern die durch die Erdbebenerschütterung ausgelösten sekundären Auswirkungen und Oberflächenprozesse im regionalen Umfeld des Epizentrums.

Unter einer ganzen Sammlung von verschiedenen seismisch-induzierten Phänomenen in Seesystemen, haben sich vor allem in größeren und tieferen Seen multiple subaquatische Rutschungen, die zeitgleich in verschiedenen Subbecken auftreten weltweit als verlässlicher Erdbeben Proxy herausgestellt (e.g. Kremer et al., 2017). Um solche subaquatische Rutschungen kartieren und den zugrundeliegenden Prozess derer Ablagerungen untersuchen zu können, ist ein multidisziplinärer Ansatz aus geophysikalischen, sedimentologischen und geochemischen Methoden notwendig, was wir in laufenden Studien (Interreg-V Projekt ARMONIA, TWF Projekt Tyrol on Shaky Slopes) gerade unter anderen auch am Plansee durchführen und in nachfolgendem Absatz genauer erläutert werden soll.

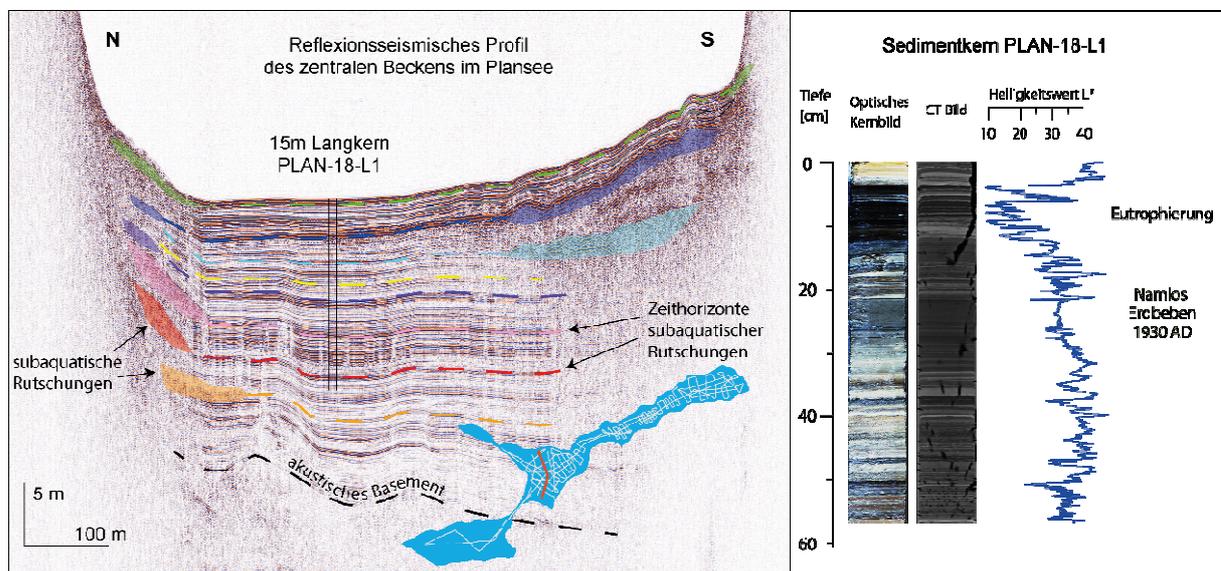


Abbildung 3: links: interpretierte subaquatische Rutschungen und deren zugehörige Zeithorizonte in einem reflexionsseismischen Profil im zentralen Becken des Plansees. Die Seeumrisskarte zeigt das engmaschige Gitter der seismischen Linien (weiß) und die Lokation des dargestellten Profils (rot). Rechts: Mittels multidisziplinärer Daten an dem Sedimentkern lassen Rückschlüsse über anthropogene Einflüsse (Eutrophierung) und Naturereignisse wie das Namlos 1930 AD Erdbeben zu. Die Reflexionsseismik wurde mittels einem Geopulse „Pinger“ 3.5 kHz Single-Channel Seismik gemessen.

Ein engmaschig gemessenes Gitter aus reflexionsseismischen Profilen (Quelle: Geopulse Single-Channel Seismics; 3.5 kHz Frequenz) liefert einen quasi-3D Einblick in die postglaziale Sedimentfüllung des Plansees mit einer theoretischen vertikalen Auflösung von 20 cm. Rutschungen, welche durch eine chaotische seismische Fazies und eine hügelige Geometrie charakterisiert sind, werden über den ganzen See kartiert. Treten die Rutschungen innerhalb der seismischen Auflösung im selben „Zeithorizont“ auf (wie in Abb. 3), kann dies ein vorläufiges Indiz für ein Stark-Erdbeben sein, muss aber noch anhand sedimentologischer, petrophysikalischer und geochemischer Untersuchungen am Sedimentkern verifiziert werden. Neben all diesen Parametern stellt eine Korrelation einer bestimmten Ablagerung mit einem historisch-belegten Ereignis eine zuverlässige Kalibration als Erdbeben-Indikator für den jeweiligen See dar.

Die reflexionsseismischen Messungen im Plansee (maximal 77 m tief und 4.2 km² inklusive der mittels künstlichem Kanal verbundene Heiterwangersee) zeigen oberhalb eines unregelmäßigen akustischen Basements, welches als hochglaziale Erosionsdiskordanz interpretiert werden könnte (Abb. 3), mehr oder weniger das glaziale Becken-auskleidende parallele Reflektoren, welche die postglaziale Sedimentfüllung darstellt. Zwischengeschaltet finden sich am Becken-Hang-Übergang einige subaquatische Rutschungen, von denen mehrere in denselben Zeithorizonten vorliegen. Nach einer ersten Interpretation treten beispielsweise im obersten und jüngsten Horizont (grün in Abb. 3) insgesamt sieben relativ kleine Rutschungen alleine in dem zentralen Hauptbecken des Plansees auf.

Ein Sedimentkern aus dem zentralen Becken des Plansee zeigt, dass das Sediment vorwiegend klastisch dominiert ist und eine sub-mm Lamination zeigt. Der Plansee ist heutzutage als nährstoffarm (oligotroph) eingestuft, jedoch zeigt das Sediment des mittleren bis späten 20. Jahrhunderts (4-12 cm in Abb. 3) anhand der Dunkelfärbung eine deutliche Eutrophierung des Seesystems. In dem Hintergrundsediment sind Ereignislagen unterschiedlicher Natur und Herkunft zwischengelagert. Ähnlich wie im Piburger See treten normal-gradierte Ablagerungen auf, welche in Zusammenhang mit Starkniederschlägen gebracht werden können und von den vielen den See umgebenden alluvialen Fächern geschüttet werden. Neben den Flutlagen sticht eine weitere dunkelgraue Ereignislage bei 22-26cm Tiefe mit deutlich unterschiedlicher Charakteristik hervor. Zunächst scheint die Lage visuell sehr homogen und markant und verschiedene Datensätze wie auch im Helligkeitswert L*, oder CT Wert in Abb. 3 heben dies hervor. Bei genauerer Betrachtung der Daten kann diese Ablagerung in zwei homogene Sedimentpakete untergliedert werden, welche sich nur geringfügig in Farbe, L* unterscheiden. Eine Interpretation liegt nahe, dass es sich dabei um Ablagerungen zweier Trübestrome handelt, die unmittelbar nacheinander an der Kernlokation abgelagert worden sind. Die zeitlich unmittelbare Ablagerung wird auch durch die Abwesenheit einer für Turbidite am Top typische aus der Suspensionswolke rieselnde Tonkappe zwischen den beiden Lagen bestätigt. Die Korngrößen dieser beiden s.g. amalgamierten Turbidite sind sehr homogen verteilt und es lässt sich nur in den untersten Millimeter der jeweiligen Lage eine leichte Gradierung erkennen. Eine Kern-zu-Seismik Korrelation bringt diese Ereignislage auf das Zeitniveau des grünen Zeithorizonts mit multiplen Rutschungen. Ein interpretiertes Altersmodell der ersten 150 Jahren mittels Radionuklid-Datierung (²¹⁰Pb, ¹³⁷Cs), lässt Rückschlüsse zu, dass es sich hierbei um die

sekundären Effekte des circa 17 km entfernten M_L 5.3 Namlos Erdbeben in 1930 AD handelt. Die remobilisierten Volumina, der durch die Erdbebenererschütterung ausgelösten subaquatischen Rutschungen, sind im Vergleich zu älteren Zeithorizonten relativ gering. Unabhängig vom Auslösungsprozess, scheinen die älteren Ereignisse auf das Seesystem hinsichtlich remobilisierten Volumina deutlich stärker eingewirkt haben.

Ausblick

Der Hauptfokus laufender Studien wird darin liegen an ausgewählten Tiroler Seen (Plansee, Piburger See und Achensee) interdisziplinäre Datensätze hinsichtlich Naturgefahrenforschung zu erheben, analysieren und interpretieren. Für die vorgestellten Datensätze gilt es sowohl für Flutlagen als auch Erdbebenhorizonte eine Kalibration der Intensität (zB. Ereignis-Mächtigkeiten oder remobilisiertes Volumina) mit gemessenen Abfluss- oder makroseismischen Daten durchzuführen. Die daraus resultierenden prähistorischen Datensätze über Häufigkeit und Intensität dieser Naturgefahren würden speziell hinsichtlich Verbesserung von Risiko- und Gefahrenpotentialabschätzungen einen großen Beitrag leisten.

Danksagung

Die laufenden Studien werden durch das Interreg-V Projekt „ARMONIA“ und das Tiroler Wissenschaftsförderung Projekt „Tyrol on Shaky Slopes“ finanziert.

Referenzen

- Gilli, A., Anselmetti, F. S., Glur, L., & Wirth, S. B. (2013). Lake Sediments as Archives of Recurrence Rates and Intensities of Past Flood Events, 47, 225–242.
- Hammerl, C. (2017). Historical earthquake research in Austria. *Geoscience Letters*, 4(1), 99.
- Huang, J. J., Huh, C. A., Wei, K. Y., Löwemark, L., Lin, S. F., Liao, W. H., et al. (2016). Disentangling natural and anthropogenic signals in lacustrine records: An example from the Ilan Plain, NE Taiwan. *Frontiers in Earth Science*, 4(November), 1–12.
- Kremer, K., Wirth, S. B., Reusch, A., Fäh, D., Bellwald, B., Anselmetti, F. S., et al. (2017). Lake-sediment based paleoseismology: Limitations and perspectives from the Swiss Alps. *Quaternary Science Reviews*, 168, 1–18.
- Monecke, K., Anselmetti, F. S., Becker, A., Schnellmann, M., Sturm, M., & Giardini, D. (2006). Earthquake-induced deformation structures in lake deposits: A Late Pleistocene to Holocene paleoseismic record for Central Switzerland. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 99(3), 343–362.
- Reiter, F., Freudenthaler, C., Hausmann, H., Ortner, H., Lenhardt, W., & Brandner, R. (2018). Active seismotectonic deformation in front of the Dolomites indenter, Eastern Alps. *Tectonics*, 1–30.
- Thies, H., Tolotti, M., Nickus, U., Lami, A., Musazzi, S., Guizzoni, P., et al. (2012). Interactions of temperature and nutrient changes: Effects on phytoplankton in the Piburger See (Tyrol, Austria). *Freshwater Biology*, 57(10), 2057–2075.

Fachberichte: Vermitteln komplexer Sachverhalte

Ruedi Krähenbühl

BauGrundRisk GmbH, Sennensteinstrasse 5, CH-7000 Chur, www.baugrundrisk.ch

Zusammenfassung

Kaum etwas wird heute in unserer Arbeitswelt einfacher, alles ist komplexer. Das stellt immer höhere Anforderungen an Autoren von Fachberichten. Komplexe Sachverhalte an meist nur beschränkt Sachverständige klar zu vermitteln ist anspruchsvoll.

Fehlleistungen auf dem Bau, in der Produktion, bei der Planung, in der Rechtssicherheit, etc., beruhen meist auf Missverständnissen. Deren Ursprung liegt in einer mangelnden Kommunikation. Ist uns bewusst, dass wir in Fachberichten Kommunikation betreiben? Autoren sind oft in den über Jahrzehnte gehüteten Berichtstraditionen von Dienstleisterbüros gefangen.

Ein Hinterfragen nach dem Stellenwert unsere Fachberichte in der heutigen Zeit, ob sie noch zeitgemäß sind und wie groß gegebenenfalls der Aufwand ist, nachhaltige, kommunikative Verbesserungen vorzunehmen, kann langfristig auch geschäftlich lohnenswert sein.

1. Nachfrage nach Fach- und Expertenberichten

Die Nachfrage nach Fachberichten, Gutachten, Stellungnahmen, Expertisen hat nicht ab- sondern zugenommen. Im Zeitalter, wo sich jeder Entscheidungsträger bei seinen Entscheiden absichern will, um von anderweitigen Interessentenvertretern nicht derart angefochten zu werden, dass er um seine Existenz bangen muss, sind Fachberichte im Aufwind. Bei jedem großen Projekt braucht es für alles und jedes eine schriftliche Stellungnahme. Mündlich reicht schon aus Gründen des Qualitätsmanagements nicht mehr.

2. Der heutige Zeitgeist gibt den Takt an

Wir leben in einer **Arbeitswelt**, wo niemand mehr Zeit hat. Jeder weiß, dass man Zeit nicht einfach hat, man muss sie sich nehmen. Die notorische Zeitlosigkeit ist eine direkte Konsequenz des seit Jahrzehnten herrschenden Klimas des **Preiszerfalls**. Dieser hat die Schmerzgrenze längst überschritten. Es genügt nicht mehr ausreichend Zeit mit der Optimierung von Organisation, Abläufen und mit höherer Intensität zu gewinnen.

Der Dienstleistungssektor unterliegt heute den gleichen Bedingungen wie die Wirtschaft. Wo die Marche tief ist muss der Durchsatz erhöht werden. Projektleiter bewältigen gleichzeitig immer mehr Projekte, Bauleiter immer mehr Baustellen. Der Mensch ist nur begrenzt stressfähig und gehäufte Burnouts reißen Lücken in den Betrieb. Die logische Konsequenz ist, jeder Betrieb muss zwangsläufig die **Qualität** reduzieren. Dies wollen die Auftraggeber nicht, daher vergeben sie Arbeiten nicht am Billigsten (nach

Duden: billig = minderwertig). Mit der Wortwahl schön man die Vergabe zum "Günstigsten", d.h. optimierte Preis/Leistung bzw. /Qualität. Optimierte gilt für beide Seiten!

Der Preis ist stets definiert. Die Qualität lässt sich im **Dienstleistungssektor** nicht exakt bestimmen. Projektleitungen und Bauherrenvertreter sind heute kaum noch gewillt, bei den Projekten die Qualität durchzusetzen. Wer will sich schon permanent exponieren? Anbieter die ungenügende Qualität erbringen, kommen bei der nächsten Vergabe wieder zum Zug, wenn der Preis tief genug liegt. Seit Jahren sind das längst Realitäten und es ist kein Ende in Sicht.

Fazit: Heute erhält man minderwertige Qualität. Unvollständige, unausgeglichene Projekte werden realisiert. Auf schlechten Grundlagen basierende Projekte sind immer übersteuert. Dieser Tatsache wollen die Auftraggeber nicht in die Augen schauen. Im Infrastrukturbau heisst schlechte Qualität mehr Unterhalt, verfrühte Instandsetzungen und über die gesamte Nutzungsdauer von 80 Jahren massiv überhöhte Kosten. Das bezahlt der Steuerzahler.

Fakt ist: Jedes Bauwerk kostet für die Entstehung und über die Nutzungsdauer entsprechend seiner Funktion einen bestimmten Betrag. Die einzige Frage ist, wann wir diesen Betrag bezahlen. Spart man bei der Planung und Ausführung, steigen die Kosten während der Nutzungsdauer. Würden Bauherren und deren Vertreter sich diese Erkenntnisse vergegenwärtigen, könnte dies die heutige Arbeitswelt verändern. Begeisterung und Initiative wären am Bau wieder anzutreffen. Freude am gegenseitigen Vertrauen könnte sich bei allen Beteiligten auch positiv auf ihr privates Umfeld und auf deren Gesundheit auswirken.

Leider wollen die **Auftraggeber**, speziell jene die gegenüber der Gesellschaft in einer hohen Verantwortung stehen, die Vertreter der öffentlichen Hand, das Dreiecksdilemma von Preis, Zeit und Qualität partout nicht sehen. Geiz ist geil?

Wir können weiter jammern. So lange es unserer Gesellschaft so gut geht wie heute, wird sich nicht viel ändern. Was wir aber tun können, ist zu versuchen, uns auf diese Gegebenheiten möglichst gut einzustellen und damit umzugehen.

Heutige Randbedingungen am Bau:

- der Billigste ist der Attraktivste 
- daher hat niemand mehr Zeit 
- technisches wird nebensächlich 
- juristisches ist im Aufwind 
- Priorität Umwelt vor Baugrund 

Fig. 1: Hässliche Randbedingungen im Bauwesen, die in den Vordergrund rücken.

3. Sind unsere Fachberichte noch zeitgemäß?

Wenn Fachberichte aus Zeitmangel nicht mehr gelesen oder infolge Unübersichtlichkeit und mangelnder Kommunikation nicht verstanden werden, kann dies **weitreichende Konsequenzen** haben. Das Projekt kann auf falschen Annahmen basieren, was überbeuerte, riskante und später schadhafte Bauwerke verursachen kann. Im Schadensfall werden alle Beteiligten miteinbezogen auch jene, welche Grundlagen geliefert haben. Versicherungen und Juristen nehmen rasch auf jenen Regress, bei dem Lücken ausfindig zu machen sind.

Neben einem korrekten, fachlichen Inhalt muss das Ziel daher für jeden **Berichtverfasser** sein, möglichst rasch erfassbare, verständliche und nachvollziehbare Dokumente zu erstellen. Wenn der Fachspezialist die anstehenden Problemstellungen gelöst hat und mit seinen Untersuchungen den Baugrund erfasst hat, dann erachtet er seine Arbeit meist als erbracht. Es lohnt sich jedoch, einen zusätzlichen Aufwand für die Art und die Form der Berichterstattung zu betreiben.

Ein guter Fachbericht ist:

- vollständig und fachlich korrekt
- übersichtlich in der Darstellung
- klar in der Aussage
- nachvollziehbar und plausibel



Fig. 2: Anforderungen die an einen guten Fachbericht gestellt werden.

Auf dem was wir verstanden haben bauen wir unser Wissen weiter auf. Dem was wir nicht verstanden haben gehen wir aus dem Weg. Mit guten Berichten kann der Fachspezialist einen wesentlichen Beitrag zum Gelingen eines Bauwerks, bis hin zur Prävention von Schadenfällen leisten. Gleichzeitig hinterlässt der Autor einen überzeugenden Eindruck seiner Berufsgattung.

4. Wo liegen die Hauptschwierigkeiten?

Unsere primäre Aufmerksamkeit gilt jeweils dem Erfassen des Problems sowie eine Strategie zu entwickeln, wie wir es lösen können. Bei nicht alltäglichen Fragestellungen liegt die **Herausforderung** darin, die Zusammenhänge zu erkennen und zu verstehen. Ist das Ziel erreicht, erachten wir unsere Arbeit als erledigt und es geht nur noch darum, dies in einem Bericht zusammenzufassen.

Unsere Schwierigkeiten:

- Das Problem erfassen
- Das Problem verstehen
- Das Verstandene vermitteln
- Kompliziertes vereinfachen

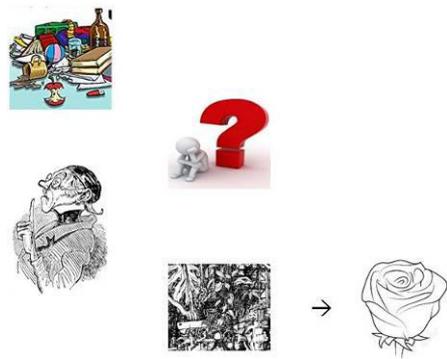


Fig. 3: Ein Fachbericht als Ergebnis einer Untersuchung stellt hohe Anforderungen.

Leider genügt dies im Regelfall nicht. **Kommunikation** ist anspruchsvoll und wenn uns daran liegt, dass der Adressat den Bericht versteht, sind wir in hohem Masse gefordert, da es sich bei diesem meist nicht um einen unmittelbar Fachkundigen handelt.

5. Was sind die Grundpfeiler guter Fachberichte

"Kommunikation ist das, was beim Empfänger ankommt" [1, 2].



Fig. 4: Zentrale Grundsätze, welche die Verständlichkeit fördern.

Gerne neigen wir dazu, viel zu schreiben und eine Fülle von **Informationen** zu liefern. Zu viele Informationen können verwirren. Ein Minimum darf nicht unterschritten werden. In gewissen Belangen muss ausführlich berichtet werden. Es ist ein Balanceakt. Eine Kommunikationsstrategie kann hier helfen.



Fig. 5: Jeder Fachbericht hat eine Grundstruktur, die einzuhalten ist.

Der Befund und die Beurteilung dürfen nicht vermischt werden. Leider wird dies unbewusst oft gemacht. Im Befund sich keine Fehler erlaubt, sonst wurde ungenau gearbeitet. In der **Interpretation** ist hingegen jeder Autor frei. An dieser kann man nicht aufgehängt werden und ist sie noch so absurd. Natürlich wird vom Berichtbesteller vorausgesetzt, dass die Interpretation stets der Wahrheitsfindung dient.

Es lohnt sich, ein **Berichtskonzept** zu erstellen. Was kommt in die Anhänge, wie wähle ich die Berichtgliederung, welche Kapitel sind sinnvoll, was soll die Kernaussage der Folgerungen sein? Es hilft der Kommunikation sehr, wenn man sich Rechenschaft darüber ablegt, welche Kapitel in der textlichen Ausführung wie gestaltet werden sollen.

6. Bewusst differenzierte Abhandlung der Berichtskapitel

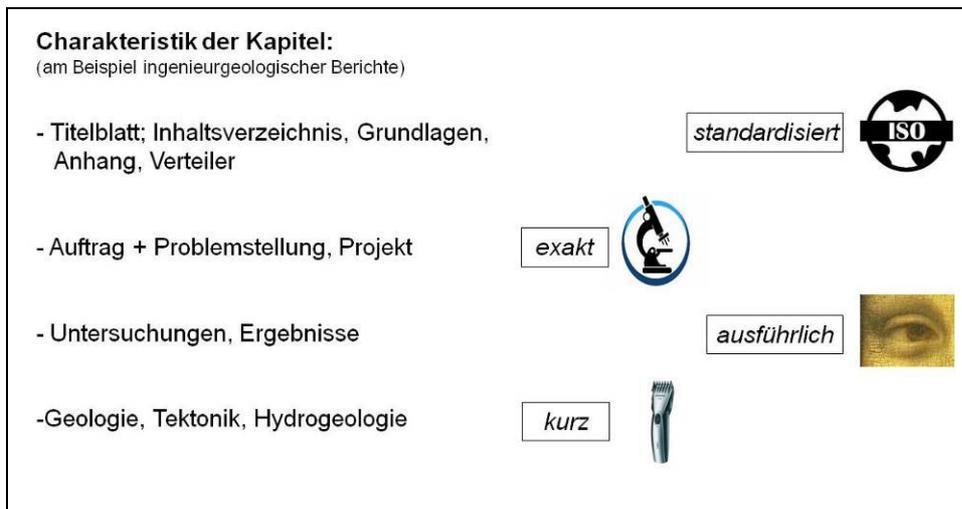


Fig. 6a: Es ist kommunikativ förderlich, wenn man sich an gewisse Grundsätze hält.

Der Auftrag, die Problemstellung, etc., sollen möglichst exakt erläutert sein, damit stets klar ist bei welchen **Randbedingungen** der Fachbericht erstellt wurde. Bei ändernden Bedingungen hat der Bericht möglicherweise nicht mehr die volle Gültigkeit. Allfälligen Regress auf den Berichtverfasser, weil Mängel im Bericht geltend gemacht werden, kann so vermieden werden.



Fig. 6b: Ausführungsart der Kapitel in der Fortsetzung von Fig. 6a.

Wenn die **Unsicherheiten** explizit benannt werden, ist der Besteller konkret damit konfrontiert. Er kann sich überlegen ob er damit leben kann, ob er das Projekt darauf auslegt oder ob weitere Abklärungen sinnvoll sind. Zudem gibt es dem Berichtautor die Möglichkeit sich immer konkret und ohne Verwendung des "unsicheren" Konjunktivs auszudrücken. Dies fördert die Glaubwürdigkeit des Berichtverfassers. Hand auf das Herz, haben nicht wir Geologen oft ein Glaubwürdigkeitsproblem?

Werbeplakate von Politik und Konsumwirtschaft werden verstanden. Plakativ verfasste **Folgerungen** ebenfalls.

7. Wie Printmedien gelesen werden

Studien haben aufgezeigt, wie der Alltagsleser beim Lesen der Printmedien vorgeht. Es ist gut dies zu wissen. Im Umfeld der kostbaren Zeit können wir unsere Fachberichte entsprechend konzipieren und gestalten.

Wer geht nach dem Erfassen des Titels eines Fachberichts nicht direkt in die Anhänge/ Beilagen und dabei zuallererst zu den Bildern, um dann zu entscheiden ob er den Bericht studieren will oder ihn beiseitelegt?

Wie Printmedien gelesen werden:

- Lesen der Titel
- Sichten der Bilder
- Lesen Bilderbeschriftung
- Leseauswahl nach Überschriften



Fig. 7: Der Leser verweilt nur kurz bei jedem Spot, packt es ihn nicht, geht er zur nächsten Seite, zum nächsten Artikel oder zur nächsten Zeitschrift.

8. Visualisierungen sparen viel Zeit

Visualisierungen (Anhang):

- einfach + aussagekräftig
- od. prägnant, kraftvoll
- mit zielführendem Titel
- od. Bildertext mit Botschaft
- helfen viel Text zu sparen



Schachspiel



schachmatt

abc

Fig. 8: Was aus Visualisierungen klar hervorgeht, muss im Text nicht erläutert werden.

Wenn es gelingt ein Thema, einen **Fragekomplex**, eine Detailfrage auf einer Seite zu visualisieren, braucht es eine Seite weniger Text - der möglicherweise gar nicht gelesen wird -, verkürzt sich eine Arbeitssitzung um eine halbe Stunde und bleibt den Teilnehmern beim Gehen ein Bild im Kopf hängen.

Visualisierungen beinhalten in Fachberichten Grafiken, Tabellen, Diagramme, Skizzen, Pläne, Profile, Bilder, etc. Gerne greift man auf **Standardvisualisierungen** zurück, die von EDV Programmen, von früheren Berichten, aus der Literatur, etc., vorgegeben oder vorhanden sind. Man glaubt damit Zeit einzusparen. Hinterfragen Sie jede Visualisierung. Ist sie treffsicher, bringt sie das Thema auf den Punkt, kann man sie verbessern, aufpeppen, zu einem Blickfang werden lassen? Der Aufwand hierfür ist meist bescheiden, die Wirkung dagegen groß.

Wer als Leser für eine gewisse Fragestellung die Art der Visualisierung kennt und einer Abänderung davon begegnet, dem wird die Neugier geweckt. Dann hat man den Leser aktiviert. Ihrer **Kreativität** sind keine Grenzen gesetzt, wenn sie zum Ziel einer besseren Kommunikation führt.

9. Übersichtlichkeit



Fig. 9: Übersichtlichkeit als bewusst eingesetztes Mittel der Kommunikation.

Wenn die fachlichen Fragestellungen beantwortet sind und dies mit dem letzten Satz im Fachbericht niedergeschrieben ist, betrachten wir die Arbeit als erledigt und man geht nach der obligaten Berichtskontrolle zu der nächsten Problemstellung über. Vergessen Sie nicht den **3. Blick**, es lohnt sich.

Im Regelfall kann man die Übersichtlichkeit mit kleinem Aufwand wesentlich verbessern. Der Blickfang soll stets auf dem Wesentlichen sein. Bei jeder Visualisierung, bei jedem Textabschnitt kann man sich kurz überlegen, was ist das Wesentliche.

Und zu guter Letzt gilt der **Kommunikationsgrundsatz**: Weniger ist mehr. Ein überladenes Dokument ist abweisend, ein übersichtliches einladend.

Wenn der Autor einen Fachbericht nicht als eine Last sondern als eine Herausforderung betrachtet, ist er auf guten Wegen Kommunikation zu betreiben. Missverständnisse werden reduziert und der Grundstein für ein zielsicheres Arbeiten mit **Erfolg** auf Antrieb ist gelegt. Es ist unser volkswirtschaftlicher Beitrag an die Gesellschaft. Packen wir es an.

Literaturverzeichnis

- [1] Geoforum Umhausen 2005: Mag. Sabine Volgger und Thomas Schonherr; "Kommunikation vor und nach der Krise - ein Erfahrungsbericht"
- [2] Inghard Langer, Friedrich Schulz von Thun, Reinhard Tausch 2019: Sich verständlich ausdrücken, Buch ISBN 978-3-497-02532-9, Ernst Reinhard Verlag.

„Geotechnik-Erlass“ – Erfordern (nur) hochrangige Straßenbauprojekte einen Prüfgeologen und Prüfgeotechniker?

G. Poscher

geo.zt gmbh - poscher beratende geologen

Historie

Im Zuge von Rechnungshofprüfungen rückten Ende der 1980-iger und der frühen 1990-iger Jahre Projekte im Zuge des Ausbaus der Phyrn-Autobahn und der S16 Arlberg-Westrampe (Langener Tunnel) ins Zentrum des Interesses und beschäftigten fortan auch das Gericht. Generell zeigten sich mehrfach unangenehme Kostenentwicklungen bei Projekten des hochrangigen Straßenbaus, sodass seitens des Ministeriums Maßnahmen ergriffen wurden.

„Ausgehend von den Erfahrungen in der Vergangenheit, in der periodisch eine „Hitparade“ der Baukostenüberschreitungen erstellt hätte werden können, hat das Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten ab der ersten Hälfte 1993 neue und klare Regelungen in Form der Geologenerlässe geschaffen.“ (Schwinghammer 1997).



Abbildung 1: Presseartikel zum sogenannten „Pyhrnautobahn-Skandal“ aus der Tiroler Tageszeitung vom 28. November 1995

Der erste „Geologenerlaß“ (Zahl 800.040/5-VI/a/93) vom 5. Mai 1993 wurde 1997 durch den sogenannten „Geotechnikerlaß“ (Zahl 800.040/35-VI/B/7a/97) vom 18. November 1997 ersetzt, der unverändert seit nunmehr über 20 Jahren in Kraft ist und für den hochrangigen Straßenbau (Schnellstraßen, Autobahnen) Anwendung findet.

„Diese ersten Erlässe 1993 wurden in die Planungsdienstanweisungen als auch in die Tunnel-RVS eingepasst. Durch Installation des Vier-Augen-Prinzips sollten zukünftig Kostensteigerungen zur Folge Realisierung des Baugrundrisikos auf Grund von Erkundungs- und Planungsmängeln reduziert werden.“
(Schwinghammer 1997)

Betreff: Allgemeine bautechnische Angelegenheiten;
geotechnische Maßnahmen; Fassung 1997

Das Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten gibt in Ergänzung der Dienstanweisung zur Erarbeitung der Projekte für

Maßnahmen der Bundesstraßenverwaltung vom 10. März 1997, Zl. 800.040/1-VI/B/97 und/oder den allgemeinen Festlegungen gemäß Beilage 5 zum Fruchtgenußvertrag, Zl. 800.040/10-VI/B-97, zwischen dem Bund und der ASFINAG folgendes bekannt:

Im Zuge der Planung und Ausführung von Bundesstraßen- und/oder ASFINAG-Bauvorhaben (Erd-, Brücken-, Tunnelbauten udgl.) ist der Frage der Untergrunderkundung bzw. Geotechnik verstärktes Augenmerk zuzuwenden.

Unter Geotechnik wird dabei der Überbegriff für alle Erdwissenschaften verstanden, wobei für Erd-, Brücken-, Tunnelbauten udgl. insbesondere die Geologie und Bodenmechanik von Bedeutung sind. Die Untersuchungen dienen der Klärung der komplexen geologischen Verhältnisse, der quantifizierten Beschreibung des Gebirges als Bauraum, Baugrund und Baustoff sowie der Ermittlung von physikalischen und Projektierungskennwerten als Grundlage für die optimale Anpassung von Bau- und Bergbaumaßnahmen an den Untergrund.

Abbildung 2: „Geotechnikerlaß“ (Zahl 800.040/35-VI/B/7a/97) vom 18. November 1997, Vorwort zu den Bestimmungen des Erlasses (Seite 1, 2)

Waren ursprünglich auch die Projekte an den Bundesstraßen durch den Geologenerlaß erfasst, so zeigte sich mit der Verlängerung der Bundesstraßen in Österreich, dass die Bundesländer großteils auf die weitere Anwendung dieses Erlasses verzichteten, während seitens der ASFINAG der Erlaß umfassend und konsequent umgesetzt wird. Dabei hat sich zunehmend der Standard etabliert, dass bei komplexen Infrastrukturprojekten Prüfgeologe und Prüfgeotechniker als Prüfteam tätig sind.

Ziele, Vorgaben und Umsetzung des „Geotechnik-Erlasses“

Der Geotechnikerlass 1997 normiert Ziele und gibt u.a. folgende Vorgaben zur Umsetzung:

- Die Prüfung des Projektes bzw. der Projektunterlagen hat begleitenden Charakter und beginnt spätestens mit der Planung und Durchführung der ersten Baugrunderkundungsmaßnahmen.

- Die Prüfung hat umfassenden Charakter bis hin zur Ausschreibung der Bauarbeiten und umfasst auch die Überprüfung der Massenermittlung im Leistungsverzeichnis unter Bezugnahme auf die grundlegenden geologisch-geotechnischen Erkenntnisse.
- Eine wesentliche Festlegung im Geotechnikerlass besagt, dass der planende Geologe und Geotechniker in der Bauausführungsphase nicht mit der baugelologischen und geotechnischen Dokumentation betraut werden darf und auch weitere Unvereinbarkeiten zu berücksichtigen sind (vgl. Abbildung 3).

Vereinbarkeit von Dienstleistungen in einem Projekt																	
Die gegenständliche Matrix "der Vereinbarkeiten von Dienstleistungen" stellt einen wesentlichen Bestandteil zur Sicherung des freien, fairen und lauter Wettbewerbes dar und schließt aus Sicht des AG Unvereinbarkeiten infolge von potentiellen Interessenskonflikten aus. Sie bezieht sich jeweils auf ein Projekt und betrifft sowohl Bieter als auch Bietergemeinschaften, wodurch sie auch die Zulässigkeit von Mitgliedern einer Bietergemeinschaft bzw. ARGE als auch von Subunternehmer regelt.																	
Abk.	Leistungsgegenstand (gilt auch für nicht explizit genannte, jedoch vergleichbare und einem Leistungsgegenstand zuordenbare Leistungen)	PS	KU	BK-P	BK-B	BauKG	ÖBA	ÖkoBA	R&U	R&U-L	TP	TP-A	SN	Bgd	PrGeo	BauDP	BauAlt
PS	Projektsteuerung (inkl. Planungskoordination)			x	o												
KU	Koordination Raum und Umwelt			x	o				x								
BK-P	Begleitende Kontrolle in der Planungsphase					o			x	x	x		o	o	o		
BK-B	Begleitende Kontrolle in der Bauphase						x	x	x	x		o	o	o	o		x
BauKG	BauKG					u											
ÖBA	Örtliche Bauaufsicht, techn. Bauaufsichten							x									x
ÖkoBA	Ökologische Bauaufsicht, Umweltbaubegleitung											u	u	x	o	o	x
R&U	Fachplaner Raum und Umwelt																o
R&U-L	Landschaftspf. Begleitplanung																o
TP	Fachplaner - technisch, wenn am Bauprojekt seitens AG nicht beteiligt													o		o	o
TP-A	Fachplaner - technisch (mit Ausschreibungs- oder Ausführungsplanung)						spiegelgleich wie rechts oben							x	o	o	x
SN	Statisch konstruktive Nachprüfung (Prüfstatiker)														x		x
Bgd	Leistungen Baugrund, Geologie etc.															x	x
PrGeo	Prüfgeologe (Geotechnik-Erlass)															x	x
BauDP	Detailplanung / Ausführungsplanung für AN Bau																
BauAlt	Planung von Alternativen etc. für AN Bau																

Legende:
 o Vereinbarkeit gegeben
 o ohne bzw. mit nur geringfügiger zeitlicher Überlappung des Leistungszeitraumes (< 3 Monate) zulässig
 x Leistungen innerhalb eines Projektes (auch ohne zeitliche Überlappung) unvereinbar
 u wie o, Vereinbarkeit bei ÖBA-Leistungen mit Auftragswert für ÖBA in der Unterschwellen gegeben
 Sofern eine Leistung nicht untergliedert ist (z.B. einzelne Fachplaner oder Planungsphasen), ist die Vereinbarkeit untereinander gegeben.

Abbildung 3: „Unvereinbarkeitsmatrix“ für Dienstleistungen (ASFINAG 2018)

- Im Bereich des hochrangigen Straßenbaus ist der Geotechnikerlaß sowohl für Kunstbauten (wie Gründung von Brücken, offenen Bauweisen), für Erdbaustrecken, und insb. für Tunnelprojekte anzuwenden.
- Das Prüfmandat ist an Ziviltechniker gebunden, welche mit dem Projekt ansonsten nicht befasst sind.
- Die Prüfleistungen sind vom Bauherrn auszuschreiben und zu vergeben.

Leistungsbilder

War die Frühphase der Umsetzung des Geotechnikerlasses in Abhängigkeit der Auftraggeber-Organisation (verschiedene Autobahnverantwortlichkeiten, Zuständigkeiten der Bundesländer) je nach Organisation und auch regional unterschiedlich gehandhabt, so hat sich zwischenzeitlich in der ASFINAG ein Standard in der Leistungsbeschreibung der in umfassender Weise durchzuführenden Prüfleistungen etabliert.

Die Leistungsbilder umfassen im Regelfall:

- Überprüfung der Projektgrundlagen (Recherche, Kartierung etc.) und Prüfung der Defizitanalyse
- Prüfung des Baugrunderkundungsprogrammes (Umfang, Methodik) und
- Prüfung der Erkundungsberichte und der geotechnischen Berichte i.S. „Geotechnischer Untersuchungsberichte“ unter Berücksichtigung der maßgeblichen Regelwerke sowie
- Prüfung der Objektberichte (Erbau, Gründungen, Objekte) i.S. „Geotechnischer Entwurfsberichte“ sowie
- sämtlicher Berichtsunterlagen zur Geologie, Hydrogeologie, Geotechnik, Geomechanik, Geochemie.
- Prüfung der Ausschreibungsunterlagen (Bau- und Dienstleistungen)
- inkl. Erstellung der Prüfberichte bzw. Gutachten

Rollenverständnis von Prüfgeologen und Geotechniker

Die Umsetzung von Leistungsbildern und das Rollenverständnis der Prüfer aus den Fachbereichen Geologie und Geotechnik ist erfahrungsgemäß individuell und damit unterschiedlich angelegt. Je nachdem liegt die Bandbreite der Tätigkeit von Prüfern zwischen dokumentierter Prüftätigkeit nach Regelwerk bis hin zu einer konstruktiven Mitwirkung bei planerischen Überlegungen.

Bei begleitenden Prüfmandaten gehört es beispielsweise zu unseren Grundsätzen Kartierungsarbeiten im Gelände stichprobenhaft zu überprüfen, vor allem aber die Bohrkernaufnahme an den vorliegenden Bohrprofilen an ausgewählten Bohrkernen zu überprüfen.

Ein wesentlicher Punkt in der Frühphase eines Projektes ist die Überprüfung von Defizitanalyse und Unterlagenrecherche, insb. die Überprüfung der Vollständigkeit von verfügbaren Projektunterlagen. Es kann durchaus vorkommen, dass wir diesen Leistungsteil nicht nur überprüfen, sondern gezielt nachrecherchieren.

Obwohl die vertraglichen Leistungsbilder für Prüfgeologie/Prüfgeotechnik ein hohes Maß an Standardisierung ausweisen, weist die Einbindung von Prüfgeologen und Prüfgeotechniker in den Planungsprozess Unterschiede auf.

Aus persönlicher Sicht ist es für alle Projektbeteiligten von großem Vorteil, wenn die Prüfer in die laufenden Planungsschritte eingebunden sind und aktiv an den Planungs- und Projektbesprechungen teilnehmen.

Standen in der Frühphase der Umsetzung des Geologenerlasses alleine geologisch-geotechnische Fragen im Vordergrund, so hat sich das Spektrum zwischenzeitlich um die Themen Genehmigungsfähigkeit von

Einreichunterlagen und die Ausschreibungssicherheit von Bauprojekten i.S. eines Anti-Claim-Managements erweitert.

Zu erwähnen ist, dass der/die Prüfer hinsichtlich ihrer Verantwortung und Haftung für die Planung mit dem Planer in einem Boot sitzen und einer besonderen Sorgfaltspflicht unterliegen.

Fallbeispiele

Im Laufe der letzten 15 Jahre wurden von uns einerseits für Projekte des hochrangigen Straßenbaus eine Reihe von Prüfmandaten abgewickelt, andererseits verfügen wir aus zahlreichen Projekten aus der Position des Planers heraus auch über die Erfahrungen des „Geprüften“.

Tabelle 1: Prüfmandate 2013 – 2019 (ZT-Poscher, geo.zt gmbh) - Erfahrungen

Projekt	Phase	Zeitraum	Planer	Umfang des Mandates	
				Erk.Begleit.	Prüf-GA
A12 Tschirganttunnel ^{*)}	EP, BP	2003 - 2008	Intergeo-TIWAG	E + B	SN + GA
A12 Tunnel Roppen 2. Röhre	BP	2005 - 2007	Bernard.Verbundplan	--	GA
S10 Mühlviertler Schnellstr.	BP	2007 - 2010	ILF-iC-GWU	E + B	SN + GA
A26 Linzer Autobahn 1.Ph.	EP, BP	2007 - 2016	IG/BGG/GC.W-Stadl.	E + B	SN + GA
S16 Perjontunnel 2. Röhre	BP	2010 - 2017	Bernard-3G	E	GA
S16 Arlbergtunnel (Si-Tech.)	BP	2013	iC	--	GA
A9 Tunnelkette Klaus	BP	2013 - 2014	GC.W-Stadlmann	--	GA
A7 Mühlkreisautobahn	EP, BP	2015 - ff	GC.W-OM	E + B	SN + GA
S18 Bodenseeschnellstraße	VE, EP	2018 - ff	3P-bfgh	E + B	SN + GA
A26 Linzer Autobahn - 2.Ph.	BP	2019 - ff	GC.W-Stadlmann	E + B	

^{*)} ILF-Mandat: ab 2005 John & Poscher; Projektbezeichnungen in Graumarkierung: Abwicklung in Prüf-ARGE

EP ... Einreichprojekt; BP ... Bauprojekt

E ... Prüfung des Baugrunderkundungskonzeptes inkl. Bohrkerndokumentation

B ... Begleitender Prüfprozess im Rahmen der laufenden Planung

SN ... Planungsbegleitende Stellungnahmen des/der Prüfer zu den einzelnen Fachbereichen

GA ... Prüfgutachten Baugeologie / Geotechnik zu vorliegenden Projektunterlagen

Zu den „Lessons Learned“ – sowohl aus der Sicht des Prüfers als auch des Planers - wollen wir im Vortrag einige Fallbeispiele vorstellen.

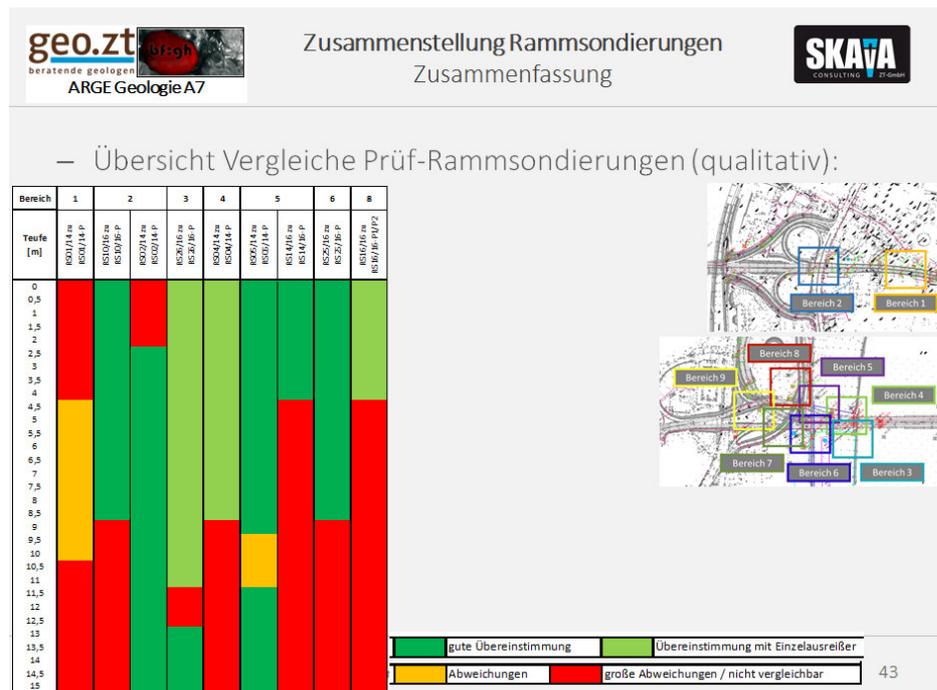


Abbildung 4: Fallbeispiel einer Überprüfung von Ergebnissen der Bodenerkundung: A7 Bypassbrücken Donau/Linz durch das Prüfteam (geo.zt – bf:gh – Skava)

Erfordern (nur) hochrangige Straßenbauprojekte einen Prüfgeologen und Prüfgeotechniker?

Aus unserer Erfahrung hat sich das System „Prüfgeologie-Prüfgeotechnik“, wie es im hochrangigen Straßenbau Österreichs Anwendung findet sowohl aus Prüfer- als auch aus Planersicht bewährt. Eine Aktualisierung des Erlasses wäre nach über 20-jähriger Erfahrung zwar angebracht, allerdings wird diesen Erfordernissen durch die „zeitgemäße“ Umsetzung in den Leistungsbeschreibungen weitestgehend entsprochen.

Aufgrund dieser durchwegs positiven Erfahrungen stellen wir uns die Frage, weshalb dieses Prinzip bislang nicht auch für andere Arten von Infrastrukturprojekten oder für andere komplexe geotechnische Aufgaben Anwendung findet.

An den Kosten kann es wohl kaum liegen, denn diese sind im Vergleich zu den Kosten für die Planungsleistungen relativ gering.

Es wird Argumente geben darauf zu verzichten wie bspw.

- Aufblähung des Projektteams mit zusätzlichem Zeit- und Koordinierungsaufwand,
- hohe fachliche Kompetenz des Bauherrn und daher Verzicht auf Prüfung durch Dritte,
- Risiko von Konflikte zwischen konkurrierenden Fachkollegen auf dem Rücken des Projektes u.v.a.m.

Dabei bleibt jedoch einiges auf der Strecke, wie

- ein kritisches 4-Augen-Prinzip, das durchaus in gegenseitiger kollegialer Achtung gelebt werden kann,
- eine zusätzliche Expertise durch zumeist sehr planungserfahrene Fachkollegen was der Planungssicherheit dient,
- eine gutachterliche Absicherung von Einreichprojekten in kritischen Fachbereichen, die nicht selten im Instanzenzug zu bestehen haben und
- letztlich auch eine Unterstützung der geologisch-geotechnischen Planer, die bei Mitwirkung eines Prüfteams nicht die gesamte Last ihres Fachbereiches alleine zu schultern haben.

Es bleibt somit übrig diese Diskussion anzustoßen. Vorschlagsweise könnten für die Einsetzung eines Prüfteams im Fachbereich Geologie-Geotechnik die Dimensionen eines Projektes (Investitionsrahmen) in Kombination mit der maßgeblichen „Geotechnischen Kategorie“ (ÖN B 1997-2) als Kriterien herangezogen werden.

Literatur

Schwinghammer, K. (1997): Die Risiko- und Kostenreduktion im Straßenbau infolge Geologenerlass.-TU Graz, Inst. f. Bodenmechanik und Grundbau, Mitteilungsheft 15 (Beiträge zum 12. Christian Veder Kolloquium),

Anspruchsvoller Tunnelbau im Ortszentrum von Ischgl

Rufus J. Bertle und Heiner Bertle

GEOGNOS Bertle ZT GmbH, Kronengasse 6, 6780 Schruns

To increase comfort for the guests of ISCHGL, Silvrettaseilbahn AG constructed 2 tunnels below the centre of the village. The tunnels were constructed in 1997 and 2015. Soil consists of coarse grained moraine and partly fluvial sediments with intercalated large boulders. Overburden of the tunnels is only between 4,0 and 19,50 meters, therefore special attention to the reduction of settlement at the surface and of the overlying buildings had to be paid. Both tunnels were constructed within 3 months each. Based on the regional geological situation the moraine of ISCHGL is interpreted to be part of the Gschnitz stadium.

Die Silvrettaseilbahn AG als Betreiberin des Schigebietes ISCHGL hat in den letzten Jahren alle Talzubringer vom Ortskern von Ischgl in das Schigebiet erneuert. Zwei der drei Talzubringer-Seilbahnen befinden sich dabei talauswärts des Ortskernes im Bereich „Prenner“ und eine Seilbahnanlage taleinwärts des Ortskernes, der auf einem quer zum Haupttal verlaufenden Geländerücken situiert ist. Dieser Geländerücken wird am Ostrand im Talstationsbereich der 3-S-Pardatschgratbahn und der 8-EUB Fimbabahn durch den Bacheinschnitt des Fimbabaches, der von südlicher Richtung kommend das Haupttal erreicht, begrenzt. Zudem hat dieser Geländerücken bewirkt, dass der Hauptbach des Paznauns, die Trisanna, an den orographisch linken Talrand des Haupttales gedrängt wurde. Die Böschung vom Ortskern von Ischgl fällt sowohl in Richtung der Engstelle des Haupttales (gegen N), als auch gegen den Fimbabach hin (d.h. gegen Südosten) mit einer ca. 40° steilen Böschung, die in weiten Bereichen bebaut ist ab. Lediglich vom Geländerücken gegen taleinwärts (Richtung Westen) ist das Hanggefälle geringer. Hier wurde der dicht bebaute Hauptteil des Ortskernes über die vergangenen Jahrhunderte errichtet.

Um den Zugang zu den Seilbahnanlagen / Talzubringern für die Gäste zu erleichtern, hat die Silvrettaseilbahn AG im Jahre 1997 den „Dorftunnel“ errichtet. Dieser weist eine Länge von ca. 185m und einen Querschnitt von ca. 22m² auf. Nach ca. 1/3 der Tunnellänge (von SE her) wurde ein vertikaler Zugangsschacht mit Aufzugsanlage (Tiefe ca. 22 m) errichtet. Die Überlagerungshöhen zwischen der Tunnelfirste und dem Gelände bzw. den nächstgelegenen Fundamenten betrug lediglich zwischen 4,0 m und 19,50 m. Beim Vortrieb des Tunnels und des Schachtes mussten teilweise Blöcke bis und über 2m Durchmesser gelöst oder abgekeilt bzw. gesprengt und gesichert werden. Der Tunnel wurde nach dem Ausbruch mit 2 Förderbändern ausgestattet, die Sicherung des Ausbruchhohlraumes erfolgte mit einer bewehrten Spritzbetonschale.

Nach der Neuerrichtung der Pardatschgratbahn im Jahre 2014 hat die Besucherfrequenz bei diesem Talzubringer stark zugenommen. Daher hat sich die Silvrettaseilbahn AG entschieden, für die verbesserte Zugänglichkeit der Gäste von der Landesstraße her einen weiteren Tunnel unter dem Ortskern von Ischgl

hindurch zu errichten. Dieser Tunnel mit einer Länge von ca. 130 lfm, einem Ausbruchsquerschnitt von ca. 25 m² und einer Steigung von 3% weist Überlagerungshöhen von ca. 7 bis 16 m zur Geländeoberfläche bzw. zu den nächstgelegenen Fundamenten von Gebäuden auf. Die Planung und Ausschreibung sowie Bewilligung dieses Tunnels („Tunnel Prenner“) wurde innerhalb von 3 Monaten durchgeführt, sodass Mitte Mai 2015 mit dem Aushub und der Sicherung der bis zu 17 m hohen Baugrube auf der Fimbabach-Seite (auf der Seite der Seilbahnanlagen) begonnen werden konnte. Nach Fertigstellung der Baugrube wurde Mitte Juni 2015 der Tunnelanschlag durchgeführt und nach 2 Monaten der Durchschlag erreicht. Nach einem weiteren Monat war der Tunnel fertiggestellt.

Auf Grund der Erkenntnisse aus dem Jahre 1997 und den Beobachtungen in den verschiedenen Baugruben im Ortskern von Ischgl während der darauf folgenden Jahre, konnte davon ausgegangen werden, dass auch der „Tunnel Prenner“ sowie der Dorftunnel durchgehend in Lockermaterial aufgefahren wird. Diese aus der regionalen geologischen Situation abgeleitete Erkenntnis wurde noch während der Errichtung der Baugrube für den Tunnel Prenner durch 2 Bohrungen geprüft und bestätigt.

Die Beobachtungen beim Dorftunnel 1997 und in den umliegenden Baugruben ließen erwarten, dass auch im „Tunnel Prenner“ gemischtkörniges von zahlreichen Großblöcken durchsetztes Moränenmaterial angetroffen werden wird. Auf diese für den Tunnelbau eher ungünstige Kornverteilung des Lockermaterials wurden die statische Bemessung des Tunnels und die Ausschreibung ausgelegt.

Beim Ausbruch des Tunnel Prenner wurden jedoch ab ca. der Hälfte des Tunnels, d.h. in jenem Bereich der die größte Überlagerung aufweist, in der Strosse bzw. dem unteren Teil der Kalotte fluviatile Sedimente, die von bindiger Moräne überlagert wurden, angefahren. Die scharfe Grenze zwischen den liegenden fluviatilen Sedimenten und der hangenden Moräne taucht in der Tunnelachse in beide Richtungen steiler als der Tunnel selbst ab, weshalb zu den beiden Portalen hin nur die von grobkörnigen Blöcken durchsetzte Moräne das Gebirge bildet. Die fluviatilen Sedimente werden als interstadiale Ablagerung interpretiert, die von wahrscheinlich während dem Gschnitz-Stand abgelagerter Randmoräne des Trisanna-Gletschers überlagert wurde. Gem. HERTL 2001 sollen sich die Randmoränen des Egesen-Stadiums bei Valzur (ca. 150 hm höher als der Ortskern von Ischgl) taleinwärts von Ischgl befinden. Da die Gschnitz-Moränen generell höhenmäßig tiefer als die Egesenzeitlichen Moränenstände liegen, wird eine Einstufung der Randmoränen von Ischgl in das Gschnitz-Stadium angenommen.

Der Ausbruch des Tunnels „Prenner“ erfolgte im konventionellen Vortrieb mit einem Tunnelbagger, der die Ortsbrust in bis zu 15 Abschnitten öffnete. Der Ausbruch erfolgte im Schutz eines mit jedem Abschlag weiter vorgetriebenen Spieß-Schirmes, bei jedem Abschlag wurde ein Tunnelbogen zur zusätzlichen Stützung eingebaut. Zur Reduktion der Oberflächensetzungen (Gebäude!) wurde die Ortsbrust in bis zu 15 Teilabschnitte geteilt, mit Spritzbeton und in größeren Teilen auch mit IBO-Anker in der Ortsbrust gesichert.

Mit den gewählten Maßnahmen konnten bei beiden Tunneln die Setzungen im Rahmen der Vorgaben gehalten bzw. unterschritten werden und die Rissbildungen an den Gebäuden (historische Kirche und Friedhofsmauer, Hotels und Wohngebäude) – mit Ausnahme eines Gebäudes ohne entsprechende Gründung – vermieden werden. Im Vergleich zum Dorftunnel 1997 kam beim Tunnel „Prenner“ 2015 erschwerend hinzu, dass ca. 30 lfm der neuen Tunnelröhre vom Ausbau her auf eine bis ca. 2,0 m heranreichende Bebauung mit Gebäuden ausgelegt werden musste. Diese sehr nahe heranreichende zukünftige Bebauung reduziert die Tragwirkung des Erdreiches massiv und bedingt einen sehr schweren Tunnelausbau mit einer zusätzlichen Lage Stahlgitterträger und zusätzlichen Baustahlgitterlagen.

Die Störungsdatenbank der Geologischen Bundesanstalt – Chancen und Anwendungen

E. Hintersberger¹, C. Iglseder, G. Griesmeier, B. Huet, R. Schuster

¹)*Geologische Bundesanstalt, Abt. Kristallingeologie*

In den letzten Jahrzehnten wurden geologische Daten und Informationen immer umfangreicher und vielschichtiger. Um diese Daten zu sammeln und digital verfügbar zu machen, wurden und werden gerade an der Geologischen Bundesanstalt (GBA) verschiedene Datensätze entwickelt. Einer davon ist die Störungsdatenbank der GBA, die Informationen über verschiedene Deformationsereignisse an einzelnen Störungen bzw. Störungssystemen beinhaltet (Hintersberger et al., 2017). Neben kinematischen und zeitlichen Eigenschaften sowie metamorphen Bedingungen mit entsprechenden publizierten Referenzen, verfügt die Störungsdatenbank auch über die Möglichkeit, die Qualität der eingetragenen Daten abzuschätzen. Die so charakterisierten Störungsinformationen können dann mit Hilfe einer Identifikationsnummer (TEKL_NMB) mit der entsprechenden Störungsgeometrien in verschiedenen Datensets oder 3D-Modellen verknüpft werden. In einem weiteren Schritt wurden auch die Deckengrenzen in die Störungsdatenbank als eigenständige Gruppe integriert. Im Folgenden wird die Bedeutung und Verwendung dieser nationalen Störungsdatenbank dargestellt werden.

Die Störungsdatenbank der GBA wurde anfänglich für den Maßstab 1:1.000.000 entwickelt. Sie ist über den WMS (WebMapService) der multi-thematischen geologischen Karte der GBA einsehbar. Störungen und Scherzonen wurden auf diesem Maßstab in Störungssysteme bzw. in Störungssets zusammengefasst. Beim Klicken auf eine der Störungslinien erscheint neben den in der Datenbank gespeicherten Informationen auch ein Link zum Thesaurus der GBA, wo die Störung bzw. das Störungssystem oder Störungssset in ihrer geographischen Lage definiert sind. Als Störungssset wird eine Anordnung von parallel verlaufenden Störungen bezeichnet, welche kinematisch und zeitlich in Verbindung stehen, wobei aber die Abstände zwischen den einzelnen Störungen den beobachteten Versatz entlang der Störungen übertreffen. Störungsssets wurden vor allem im Bereich der Nördlichen Kalkalpen definiert (siehe Abb. 1).

Dabei spielte neben einer geometrischen Anordnung auch ein ähnliches Verhalten während mindestens eines Deformationsereignisses eine wichtige Rolle. Die zeitliche Einordnung der Deformationsereignisse an den einzelnen Störungen, Störungssystemen und Störungsssets ist oft nur schwer möglich. Daher wurde die geologische Entwicklung der Ostalpen in sogenannte Geoevents unterteilt (Hintersberger et al., 2017, basierend auf Schuster & Stüwe, 2010, Schuster et al., 2014, Schuster, 2015), um eine leichtere Sortierung zu ermöglichen.

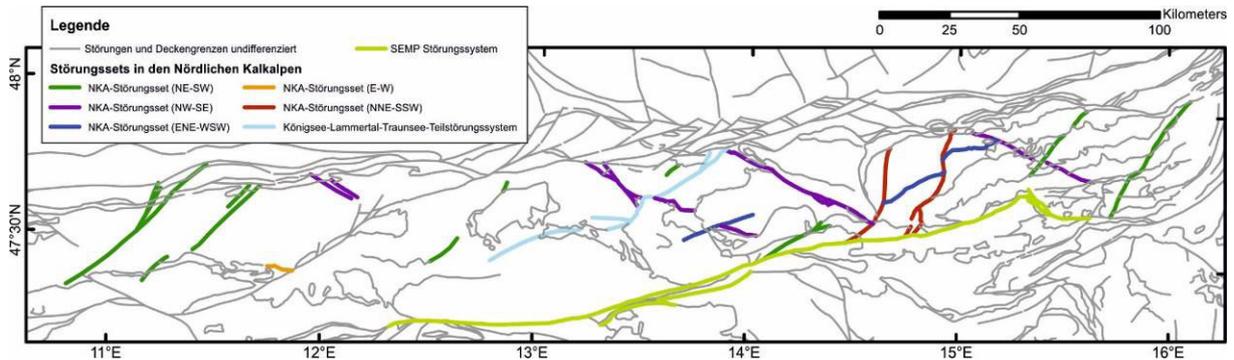
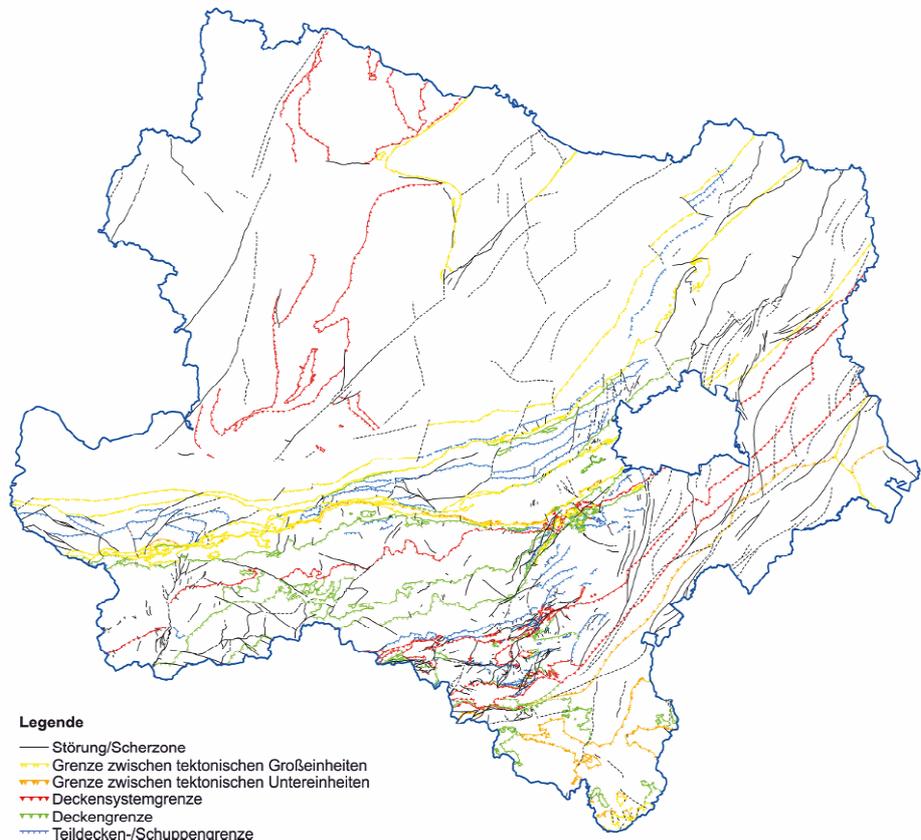


Abb. 1: Unterteilung der Störungen in den Nördlichen Kalkalpen (NKA) in Störungssets im Störungsdatensatz 1:1.000.000. Das Salzach-Ennstal-Mariazell-Puchberg (SEMP) Störungssystem ist als Beispiel für ein Störungssystem dargestellt.

Basierend auf der gedruckten geologischen Karte von Niederösterreich im Maßstab 1:200.000 (Schnabel et al., 2002) bzw. deren digitaler Form, wurde in den letzten zwei Jahren, im Rahmen eines vom Land Niederösterreich finanzierten Projektes, der vorhandene Datensatz überarbeitet, mit störungsrelevanten Attributen ergänzt und an den aktuellen Wissensstand angepasst. In der Störungsdatenbank wurden dabei Informationen zu regionalen bzw. lokalen Störungen und Scherzonen (soweit vorhanden) eingearbeitet und ergänzt. In einem weiteren Schritt wurde Information aus der Literatur speziell zu quartärer Deformation entlang der Störungen eingearbeitet. Diese gesammelte Information dient als Grundlage zur qualitativen Einstufung der Störungen hinsichtlich ihrer quartären Aktivität in die folgenden Stufen: gesichert mit Erdbeben, gesichert, indirekt belegt, vermutet, nicht aktiv, keine Info vorhanden.

Abbildung 2: Sortierung der Deckengrenzen in Niederösterreich nach ihrer höchsten Hierarchiestufe.



In einem weiteren Schritt wurden die bis dahin ausgeklammerten Deckengrenzen zwischen tektonischen Einheiten unterschiedlichen Rangs (Tektonische Groß- oder Untereinheit, Deckensystem, Decke) in die Datenbank integriert. Hierbei entwickelten wir eine Hierarchie parallel zu den tektonischen Einheiten (Abb. 2). Das Bezugselement in der Hierarchie der Deckengrenzen sind einzelne Segmente von Deckengrenzen. Da Decken häufig über mehr als eine liegende Decke überschoben wurden, werden in diesem Fall die Deckengrenze in mehrere Segmente untergliedert und, vergleichbar mit Störungen und Scherzonen, mit einer eigenen TEKL_NMB versehen. Dadurch wird ein Segment jeweils durch eine hangende und liegende Decke definiert., z.B. das „Segment der Deckengrenze zwischen Laab- und Lunz-Decke“ (siehe Tabelle 1). Dabei wird als erstes die liegende und als zweites die hangende Decke genannt. Mehrere Segmente bilden zusammen die Basis einer Decke, z.B. die „Basis der Lunz-Decke“. Teile dieser Deckenbasis können wiederum als Grenze zwischen höheren tektonischen Einheiten gelten (siehe Tabelle 1). In einer weiteren, über die TEKL_NMB verknüpften Tabelle werden neben der zeitlichen Einordnung und den kinematischen Charakteristika der Bewegung an den einzelnen Segmenten auch der jeweils maximal erreichte Metamorphosegrad erfasst. Somit steht zum ersten Mal ein geschlossenes, tektonisches und geodynamisches Bild für ein Landesgebiet in Österreich im Maßstab 1:200.000 zur Verfügung.

Trotz anfänglicher Entwicklung der Störungs- und Deckengrenzen-Datenbank für bestimmte Maßstäbe, ist ihre Anwendbarkeit jedoch im Prinzip nicht maßstabsgebunden. So kann die in der Datenbank gespeicherte Information zu einzelnen Störungen bzw. Deckengrenzen auch durch einfache Abfragen erreicht werden. Andererseits können auch Deckengrenzen und Störungen auf Spezialkarten in lokalen Maßstäben mittels der TEKL_NMB mit den Informationen in der Störungsdatenbank verknüpft werden.

Referenzen:

- HINTERSBERGER, E., IGLSEDER, C., SCHUSTER, R. & HUET, B. (2017): The new database “Tectonic Boundaries” at the Geological Survey of Austria. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **157**, 195–207, Wien.
- LINZER, H.-G., DECKER, K., PERESS ON, H., DELL’MOUR, R. & FRISCH, W. (2002): Balancing lateral orogenic float of the Eastern Alps. – Tectonophysics, **354/3–4**, 211–237, Amsterdam.
- SCHNABEL, W. (KOORD.), FUCHS, G., MATURA, A., ROETZEL, R., SCHARBERT, S., KRENMAYR, H.-G., EGGER, J., BRYDA, G., MANDL, G., NOWOTNY, A. & WESSELY, G. (2002): Geologische Karte von Niederösterreich 1:200.000 – Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- SCHUSTER, R. (2015): Zur Geologie der Ostalpen. – Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, **64**, 143–165, Wien.
- SCHUSTER, R. & STÜWE, K. (2010): Die Geologie der Alpen im Zeitraffer. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark, **140**, 5–21, Graz.
- SCHUSTER, R., DAURER, A., KRENMAYR, H.G., LINNER, M., MANDL, G.W., PESTAL, G. & REITNER, J.M. (2014): Rocky Austria: The Geology of Austria – brief and colourful. – Geological Survey of Austria, 80 S., Wien.

Tabelle 1: Hierarchie der Deckengrenzen mit entsprechenden Bereich der TEKL_NMB, bevorzugter Bezeichnung, Anwendungshinweis sowie einem Beispiel.

TEKL_NMB	Klassifikationseinheit	Anwendungshinweis	Beispiel
55000-59999	Segmente zwischen Decken	= Basiseinheit, die entsprechend der hier angegebenen Hierarchie weiter zusammengefasst werden kann. Für den Fall, dass eine Decke auf mehrere Decken überschoben wurde, wird die Deckengrenze in Segmente unterteilt, sodass ein Deckengrenzensegment stets durch eine tektonische Einheit im Hangenden und im Liegenden definiert ist.	Das Segment der Deckengrenze zwischen Laab- und Lunz-Decke (55083)
51000-51999	Basis einer Decke, bestehend aus mehreren Segmenten	Entsteht aus der Kombination eines oder mehrerer Deckengrenzensegmente an der Basis einer Decke.	= Teil der Basis der Lunz-Decke (51015)
50500-50999	Grenze zwischen Deckensystemen	Falls die Basis einer Decke (bzw. ein Segment) gleichzeitig auch die Grenze zwischen zwei Deckensystemen darstellt, so wird dieses entsprechend gekennzeichnet.	= Teil der Grenze zwischen dem Rhenodanubischen und dem Tirolisch-Norischen Deckensystem (50526)
50100-50499	Grenze zwischen tektonischen Untereinheiten	Falls ein Segment gleichzeitig auch die Grenze zwischen zwei tektonischen Untereinheiten darstellt, so wird dieses entsprechend gekennzeichnet.	= Teil der Grenze zwischen den Unteren Penninischen Decken und dem Oberostalpin (50102)
50010-50099	Grenze zwischen tektonischen Großeinheiten	Falls ein Segment gleichzeitig auch die Grenze zwischen zwei tektonischen Großeinheiten darstellt, so wird dieses entsprechend gekennzeichnet.	= Teil der Grenze zwischen dem Penninikum und dem Ostalpin (50011)
50000	Alpine Überschiebungsfrent / Basis des Alpidischen Orogens	Falls eine Grenze zwischen tektonischen Großeinheiten gleichzeitig auch Teil der Alpenen Überschiebungsfrent ist, so wird dieses entsprechend gekennzeichnet.	Diese Grenze zwischen der Eurasischen Platte und dem Alpenen Orogen verläuft häufig an der Basis der Allochtonen Molasse.

Felssturz Pürgg – Erfolgreiche Umsetzung eines Monitoring- und Schutzprojekts

Alexander Radinger¹, Johann Golser¹, Andreas Schober²

¹Geodata ZT GmbH, Hans Kudlich Straße 28, 8700 Leoben

²Geoconsult ZT GmbH, Hölzlstraße 5, 5071 Wals

(mit freundlicher Unterstützung der Wildbach- und Lawinerverbauung, Gebietsbauleitung Steiermark Nord)

Abstract

In November 2017, as well as in January 2018, two rockfalls occurred in the area of the Pürggerwand (village Pürgg, market town of Stainach-Pürgg, district of Liezen). Here, individual blocks crashed into the vicinity of the settlement area. From the market town of Stainach-Pürgg, represented by Gebietsbauleitung Steiermark Nord der Wildbach- und Lawinerverbauung, a protection project was set up, consisting of a fundamental risk analysis and scenario assessment, the establishment and operation of a monitoring and alarm system and the construction of structural protection systems (rockfall protection dam and caseback) elaborated. The protective measures should sustainably reduce the risk situation for the leisure facilities (natural pool and tennis court) and for parts of the settlement area. The Pürggerwand represents a south-exposed rock formation with wall heights up to 180 m to the north of the municipality of Stainach-Pürgg. On the plateau of the cliff, open fissures with direction NW-SW as well as doline-like structures threaded on a curved line can be recognized. Below the shrine in the south is a steep (30 ° - 45 °) inclined scree slope. Below are meadows that lie on alluvial fans. On the slope there are numerous references to historical and recent rockfall and rockfall events with partially closed coarse block heaps. In the vicinity of the residential buildings are several old blocks with cubature of several 10 cubic meters. As part of the monitoring, a total of 12 fissurometers and 18 3D targets were installed along the gullies and in the wall. To measure the targets, a solar-powered total station was installed. After a construction period of about 8 months, the rockfall protection dam with a dam crown length of 310 m, a dam crown width of 4.0 m and a maximum height of 8.0 m was completed. After completion of the dam, the lower level (tennis court, swimming pool, municipal area) could be released again. Monitoring will continue until the end of 2019. The designation of the new hazard zone plan is still pending.

Im November 2017, sowie im Jänner 2018 ereigneten sich im Bereich der Pürggerwand (Ortschaft Pürgg, Marktgemeinde Stainach-Pürgg, pol. Bez. Liezen) zwei Felsstürze. Hierbei stürzten Einzelblöcke bis in die Nähe des Siedlungsraumes.

Von der Marktgemeinde Stainach-Pürgg, vertreten durch die Gebietsbauleitung Steiermark Nord der Wildbach- und Lawinerverbauung wurde ein Schutzprojekt, bestehend aus einer grundlegenden Risikoanalyse und Szenarienbeurteilung, der Einrichtung und dem Betrieb eines Monitoring- und Alarmsystems und der Errichtung baulicher Schutzanlagen (Steinschlagschutzdamm und Fallboden) ausgearbeitet. Durch die Schutzmaßnahmen sollte die Gefährdungssituation für die Freizeitanlagen (Naturbad und Tennisplatz) und für Teile des Siedlungsraums nachhaltig verringert werden.

Die Pürggerwand stellt eine südexponierte Felsstufe mit Wandhöhen bis zu 180 m nördlichen der Gemeinde Stainach-Pürgg dar. Am Plateau des Schrofens sind offene Zerrklüfte mit Richtung NW-SW

sowie an einer gekrümmten Linie aufgefädelt dolinenartige Strukturen zu erkennen. Unterhalb des Schrofens schließt im Süden ein steiler (30°- 45°) geneigter Schutthang an. Darunter folgen Mähwiesen, welche auf Schwemmfächern liegen.

Am Einhang befinden sich zahlreiche Hinweise auf historische und rezente Steinschlag- und Felssturzereignisse mit zum Teil geschlossenen Grobblockhalden. Im Nahbereich der Wohngebäude finden sich mehrere alte Blöcke mit Kubaturen von mehreren 10er Kubikmetern.

Im Rahmen des Monitorings wurden insgesamt 12 Fissurometer und 18 3D Targets entlang der Zerrklüfte sowie in der Wand installiert. Zur Messung der Targets wurde eine solarbetriebene Totalstation installiert.

Nach einer Bauzeit von ca. 8 Monaten wurde der Steinschlagschutzdamm mit einer Dammkronenlänge von 310 m, einer Dammkronenbreite von 4,0 m und einer Höhe von max. 8,0 m fertiggestellt. Nach der Fertigstellung des Dammes konnten die Unterlieger (Tennisplatz, Schwimmbad, Gemeindegebiet) wieder frei gegeben werden. Das Monitoring wird bis Ende das Jahres 2019 weitergeführt. Die Ausweisung des neuen Gefahrenzonenplanes steht noch aus.

Keywords: Rockslide, Rockfall, Protective Structures, Monitoring, Drone data

Einleitung

Im November 2017, sowie im Jänner 2018 ereigneten sich im Bereich der Pürggerwand Felsstürze (*Abb. 1*). Hierbei stürzten Einzelblöcke bis in die Nähe des Siedlungsraumes (*Abb. 2*). Die Pürggerwand stellt eine südexponierte Felsstufe mit Wandhöhen bis zu 180 m nördlichen der Gemeinde Stainach-Pürgg dar.



Abb. 1: Felssturzbereich Pürgger Wand.



Abb. 2: Einzelblöcke des Felssturzes im siedlungsrelevanten Raum.

Geologie und Morphologie

Die Pürggerwand besteht aus Gesteinen der Dachsteindecke. Die oberjurassischen Kalke sind massig bis gebankt und stark zerklüftet (*Abb. 3*). Der Auflockerungsgrad variiert von mäßig aufgelockert, aufgelockert bis lose.



Abb. 3: Pürggerwand, Aufnahme vom 22.08.2018, (Ausbruch rot markiert).

Am Plateau der Wandstufe flacht das Gelände ab und baut sich aus Gesteinen des Ostalpins, mit Basiskonglomerat- und Brekzien auf. Insgesamt werden drei steilstehende Sets bei den Klüften und Störungen beobachtet: K1 (fällt mit 86° nach S-SSE ein) und K2 (fällt mit 51° nach SSE ein). K1 & K2 streichen W-E, senkrecht darauf findet sich ein N-S streichendes mit 85° nach E einfallendes weiteres Trennflächensystem (K3).

Am Plateau des Schrofens sind offene Zerrklüfte mit Richtung NW-SW (*Abb. 4*) sowie an einer gekrümmten Linie aufgefädelt dolinenartige Strukturen zu erkennen.



Abb. 4: Zerrklüfte am Plateau der Pürggerwand.

Unterhalb des Schrofens schließt im Süden ein steiler (30° - 45°) geneigter Schutthang an. Darunter folgen Mähwiesen welche auf Schwemmfächern liegen

Am Einhang befinden sich zahlreiche Hinweise auf historische und rezente Steinschlag- und Felssturzereignisse mit zum Teil geschlossenen Grobblockhalden. Im Nahbereich der Wohngebäude finden sich mehrere alte Blöcke mit Kubaturen von mehreren 10er Kubikmetern.

Maßnahmenplanung

Von der Marktgemeinde Stainach-Pürgg, vertreten durch die Gebietsbauleitung Steiermark Nord der Wildbach- und Lawinenverbauung wurde ein Schutzprojekt, bestehend aus einer grundlegenden Risikoanalyse und Szenarienbeurteilung, der Einrichtung und dem Betrieb eines Monitoring- und Alarmsystems und der Errichtung baulicher Schutzanlagen (Steinschlagschutzdamm und Fallboden) ausgearbeitet. Durch die Schutzmaßnahmen sollte die Gefährdungssituation für die Freizeitanlagen (Naturbad und Tennisplatz) und für Teile des Siedlungsraums nachhaltig verringert werden.

Monitoring

Insgesamt wurden 12 Fissurometer und 18 3D Targets entlang der Zerrklüfte sowie in der Wand installiert. In *Abb. 5* und *Abb. 6* ist die Lage der Fissurometer sowie der Messpunkte (Targets) abgebildet. Zur Messung der Targets wurde eine solarbetriebene Totalstation installiert (*Abb. 7*).

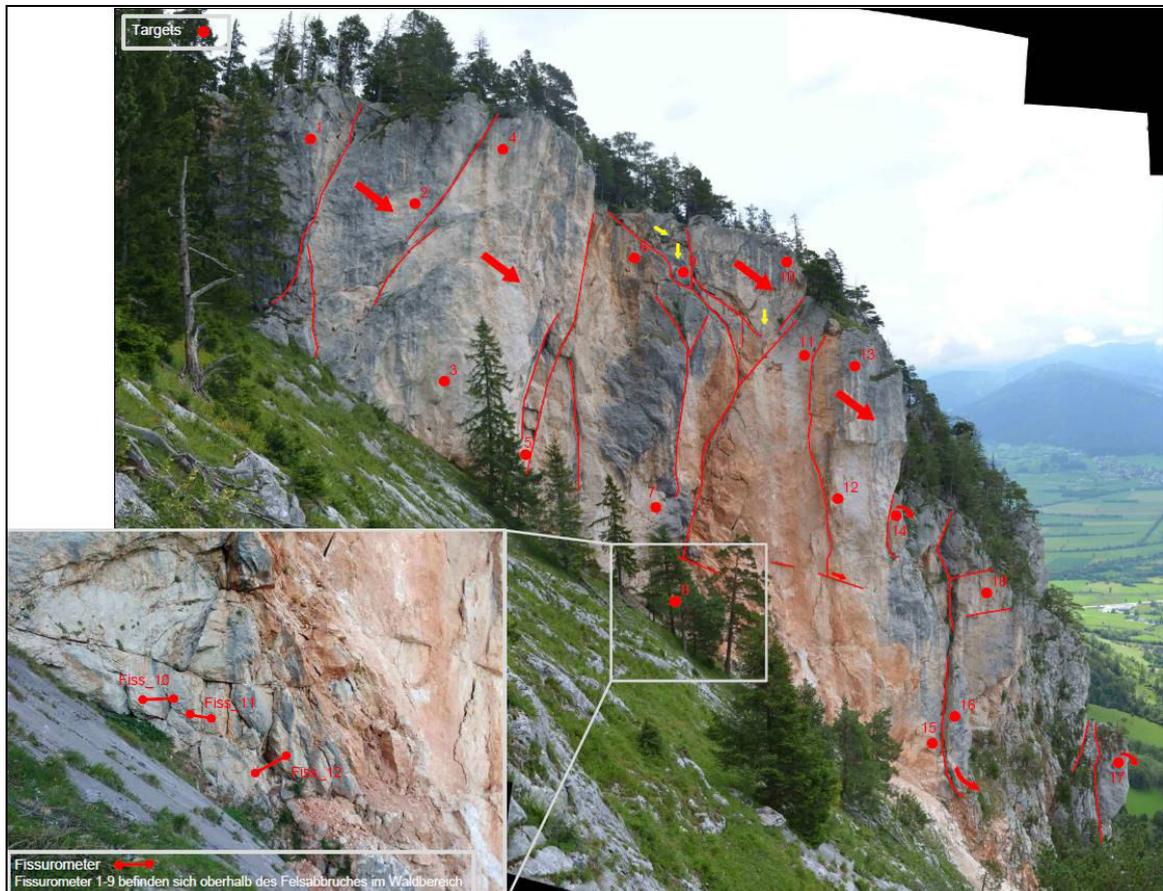


Abb. 5: Übersichtsdarstellung zu den 3D Verformungsmesspunkten (Targets 1 - 18) und Fissurometer 10 - 12 in der Pürggerwand (Standpunkt Totalstation NW der Wand).



Abb. 6: Lage der Fissurometer 1 - 9 oberhalb der Pürggerwand im Bereich der Zerrklüfte.



Abb. 7: Totalstation (links) und Solaranlage unterhalb der Pürggerwand.

Im Rahmen des Monitorings erfolgte eine tägliche Baustellenfreigabe, basierend auf meteorologischen Daten und den Messdaten, welche mittels Kronos (Datenintegrationsplattform von Geodata ZT GmbH) vor 06:30 Uhr, sowie im Tagesverlauf beobachtet und analysiert wurden:

Im 30 Minutentakt erfolgte die Übermittlung folgender Daten der 3D Messpunkte 1 – 18 (Abb. 5):

- Vertikalverformung (HValueDelta): Hebung und Senkung.
- Längsverformung (XValueDelta): Verkürzung bzw. Verlängerung der Entfernung zur Wand.
- Querverformung (YValueDelta): Verschiebung quer zur Wand SE-NW.

Im 15 Minutentakt erfolgt die Übermittlung der Verformungsänderung (Dehnung und Stauchung) der Fissurometer F01 - F12 (temperaturkompensierte Darstellung der Fissurometerdaten) (Abb. 5 und Abb. 6).

In Abb. 8 ist das Zeit-Verformungsdiagramm der 12 Fissurometer über den gesamten Projektzeitraum dargestellt.

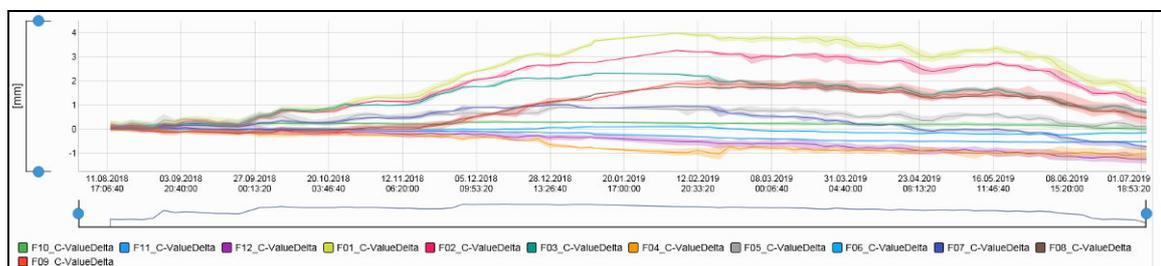


Abb. 8: Zeit-Verformungsdiagramm der Fissurometer F01-F12 im Zeitraum vom 09.08.2018 – 03.07.2019.

Alle Messsysteme zeigen seit Messbeginn am 10. August 2018 stabile und plausible Messdaten. In den Daten zeigt sich ein deutlicher Tagesgang (Temperatur) und es spiegeln sich Witterungsänderungen (Niederschlag, Wind) wieder.

Die Verformungen der Fissurometer liegen bisher im Millimeterbereich. Die größten Veränderungen wurden dabei bei den Fissurometern F01-F02 beobachtet (ca. 3-4 mm). Bei Fissurometer F04 hingegen kam es zu einer leichten Stauchung von max. 1 mm. Letzt genannte Messpunkte sind an Block 5 installiert. Hier lässt sich eine leichte Bewegung von Block 5 ableiten. Die übrigen Fissurometer zeigten keine signifikanten Verformungen.

Die Veränderungen bei den 3D Punkten lagen im Millimeterbereich und zeigten eine stärkere Empfindlichkeit gegenüber Witterungsänderungen. So wurde beispielsweise zwischen 24.10.2018 und 25.10.2018 eine Sturmwarnung mit Sturmböen bis zu 90 km/h für Aigen im Ennstal ausgerufen, was sich durch eine starke Schwankung in den 3D Punkten widerspiegelt. Ebenso konnte ein temporärer Ausfall der 3D Punkte mit dem Einsetzen von Schneefall oder der Bildung von Nebel korreliert werden.

Das Monitoringsystem wurde alarmfähig ausgestaltet und in einem Alarmplan integriert. Für die Messsysteme wurden nach einer entsprechenden Beobachtungszeit Alarmwerte festgelegt. Die Datenintegrationsplattform KRONOS übernimmt die Alarmierung, bei Überschreitung der Alarmwerte mittels SMS und / oder E-Mail an vordefinierte Empfänger aus dem Alarmplan.

Bauausführung

Vor der eigentlichen Dammerstellung wurden Rodungs- und Holzbringungsarbeiten entlang des Schutthanges durchgeführt. Nach Beendigung dieser vorbereitenden Arbeiten konzentrierten sich die Arbeiten auf die Herstellung des Dammes im westlichen Abschnitt. Im Herbst 2018 wurde beschlossen die ursprüngliche Dammkronenlänge von 150 m auf ca. 300 m Richtung Osten zu verlängern. Zeitgleich wurde mit der Herstellung der Steinschichtung begonnen. Im April 2019 wurde die Einbindung des westlichen Dammes in das Urgelände fertiggestellt. Parallel zu den Erdarbeiten erfolgte die Humusierung der talseitigen Dammböschung sowie der bergseitigen Fallbodenböschung. Im Mai und Juni 2019 konzentrierten sich die Arbeiten auf die Herstellung des westlichen Dammbereiches. Die Dammkrone folgt dem Verlauf des Zufahrtsweges, und weist im östlichen Bereich ein Gefälle von bis zu 20 % auf. Das östliche Damme gewährleistet einen Zugang zum Fallboden, um diesen gegebenenfalls zu warten. Die dadurch entstehende Öffnung ist durch einen kleinen vorgelagerten Damm gesichert.

Begleitend zu den Bauarbeiten erfolgte eine wöchentliche Baustellenbegehungen durch Geologen und Geotechniker. Die Geländebegehungen wurden durch Drohnenbefliegungen unterstützt. Zusätzlich erfolgte ca. 14-tägig eine Kontrolle des Verdichtungsgrads und Verformungsmoduls durch Lastplattenversuche. Insgesamt wurden 20 statische und 11 dynamische Lastplattenversuche durchgeführt. Die Mindestanforderungen an die Verdichtung orientierten sich dabei an der RVS 08.03.01 für das Unterbauplanum. Alle Versuche wurden auf verdichtetem Material durchgeführt. Die Mindestanforderung an den Verformungsmodul lag bei $\geq 35 \text{ MN/m}^2$ für Ev1 bzw. bei $\geq 38 \text{ MN/m}^2$ für Evd. Der geforderte Verhältniswert von $\text{Ev}2/\text{Ev}1$ wurde mit $\leq 2,5$ definiert. Wurden die Mindestanforderungen an den Verformungsmodul bzw. der erforderliche Verdichtungsgrad nicht erreicht, wurde nachverdichtet oder das Dammschüttmaterial neu abgestimmt.

Fertigstellung

Nach einer Bauzeit von knapp 7 Monaten (03.09.2018 bis 13.12.2018 und vom 04.03.2019 bis 04.07.2019) konnte der Steinschlagschutzdamm fertiggestellt werden und der Gemeinde Pürgg/Stainach am 05.07.2019 übergeben werden.

Bauwerksabmessungen:

- Dammkronenlänge: 310 m
- Dammkronenbreite: 3,3 - 4,0 m
- Fallbodentiefe: 7,3 - 8,0 m
- Fallbodenbreite: 7,8 - 8,9 m
- Böschungsneigung talseitig: 34 - 40°
- Böschungsneigung bergseitig: 51 - 54°



Abb. 9: Fertiggestellter Steinschlagschutzdamm Pürgg.

Tektonik der östlichen Stubai Alpen und Stand der Kartierung auf dem Kartenblatt UTM2228 Neustift Ost

Martin Reiser¹, Jürgen Reitner¹, Michael Lotter¹, Wolfgang Frank² & Manfred Rockenschaub¹

1) *Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, 1030 Wien. martin.reiser@geologie.ac.at*

2) *Universität Wien, Althanstraße 14, 1090 Wien*

Das in Bearbeitung befindliche Kartenblatt UTM 2228 Neustift (ehemals BMN 147 Axams) stellt die westliche, bzw. nordwestliche Fortsetzung der bereits erschienenen Kartenblätter BMN 148 Brenner und BMN 175 Sterzing dar. Die Paragneise, Orthogneise, Glimmerschiefer und Amphibolite der Ötztal-Decke (Ötztal-Bundschuh-Deckensystem) bilden die Basis der Oberostalpinen Decken (sensu SCHMID et al., 2004; Abb. 1) in den östlichen Stubai Alpen. Darauf folgen die primär auflagernden Metasedimente des Brenner Mesozoikums mit einer Schichtfolge vom Perm bis in den Jura. Während der Kreide wurden die Decken des Drauzug-Gurktal-Deckensystems, die Steinach-Decke und die Blaser-Decke auf das Ötztal-Bundschuh-Deckensystem überschoben. Dabei zeigen sich deutliche Parallelen zu den Gurktaler Alpen, auf der Ostseite des Tauernfensters (vgl. HOLDHAUS, 1921; TOLLMANN, 1975, IGLSEDER, 2019). Die Steinach-Decke gliedert sich in die retrograd überprägten (Granat-)Glimmerschiefer der Gschnitz-Decke im Liegenden und die Quarzphyllite und Grünschiefer der Obernberg-Decke im Hangenden. Letztere führt lokal prograden Chloritoid und zeigt keine Anzeichen einer retrograden Metamorphose. ⁴⁰Ar/³⁹Ar-Analysen in einem N-S-Profil durch die Obernberg-Decke zeigen variszische Abkühlalter zwischen 321 und 311 Ma im Norden und alpidische Abkühlalter zwischen 95 und 84 Ma im südlichen Teil (FRANK et al., 1987; ROCKENSCHAUB et al., 2003). Dieses Ergebnis deckt sich mit Dünnschliff-Beobachtungen, die an der mylonitisch überprägten Basis eine zunehmende südost-gerichtete Deformation und eine jüngere Glimmergeneration zeigen. Aufgrund der lithologischen und petrologischen Unterschiede wird vorgeschlagen, die beiden Teildecken als eigenständige Decken zu klassifizieren und den Begriff „Steinach-Decken“ als informellen Überbegriff zu erhalten. Die Blaser-Decke repräsentiert den Mesozoischen Anteil des Drauzug-Gurktal-Deckensystems und besteht aus kalkalpinen triassischen bis jurassischen Schichtgliedern, die, im Gegensatz zum Brenner Mesozoikum, alpidisch nicht metamorph überprägt wurden. Sie liegt tektonisch dem Brenner Mesozoikum auf und wird südlich des Gschnitztals wiederum von den Paläozoischen Metasedimenten der Steinach-Decken überschoben.

Die Kartierung auf dem Blatt Neustift Ost folgt diesem Modell für die eoalpidische Tektonik und strebt eine Neugliederung des Kristallins nach modernen, lithodemischen Kriterien (NACSN, 2005) an. Darüber hinaus soll eine Beschreibung und eine, auf Datierungen basierte, zeitliche Einordnung der spätglazialen Gletscherstadiale erfolgen. Die systematische Erfassung und prozessorientierte Klassifizierung von gravitativen Massenbewegungen stellt einen weiteren Aspekt dar, der auf bisherigen Kartenwerken vor allem im Kristallin kaum berücksichtigt wurde.

LEGENDE

OBEROSTALPIN

Drauzug-Gurktal-Deckensystem

"Steinach-Decken"

Obernbergtal-Decke

Nösslach-Decke?

Gschnitztal-Decke

Blaser-Decke

Ötztal-Bundschuh-Deckensystem

Metamorphes Permomesozoikum
d. Ötztal-D. ("Brenner Mesozoikum")

Ötztal-Decke inkl.
Patscherkofelkristallin (PK)

Tirolisch-Norisches Deckensystem

Karwendel thrust sheet

Bajuvarisches Deckensystem

Tannheim thrust sheet

Silvretta-Seckau Deckensystem

Decke/n der
"Innsbrucker Quarzphyllitzone"

UNTEROSTALPIN

Radstadt-Deckensystem

Tarntal- & Hippold-Decke

PENNINIKUM

Matrei-Nordrahmen-Zone- &
Glockner-Deckensystem

Matrei-Zone-, Reckner- &
Glockner-Decke

SUBPENNINIKUM

Modereck-Deckensystem

z.B. Wolfendorn-Decke

Venediger-Deckensystem

z.B. Tux-Decke

↗ Deckengrenze 1.Ordnung

↘ Deckengrenze 2.Ordnung

— Bruch, Störung

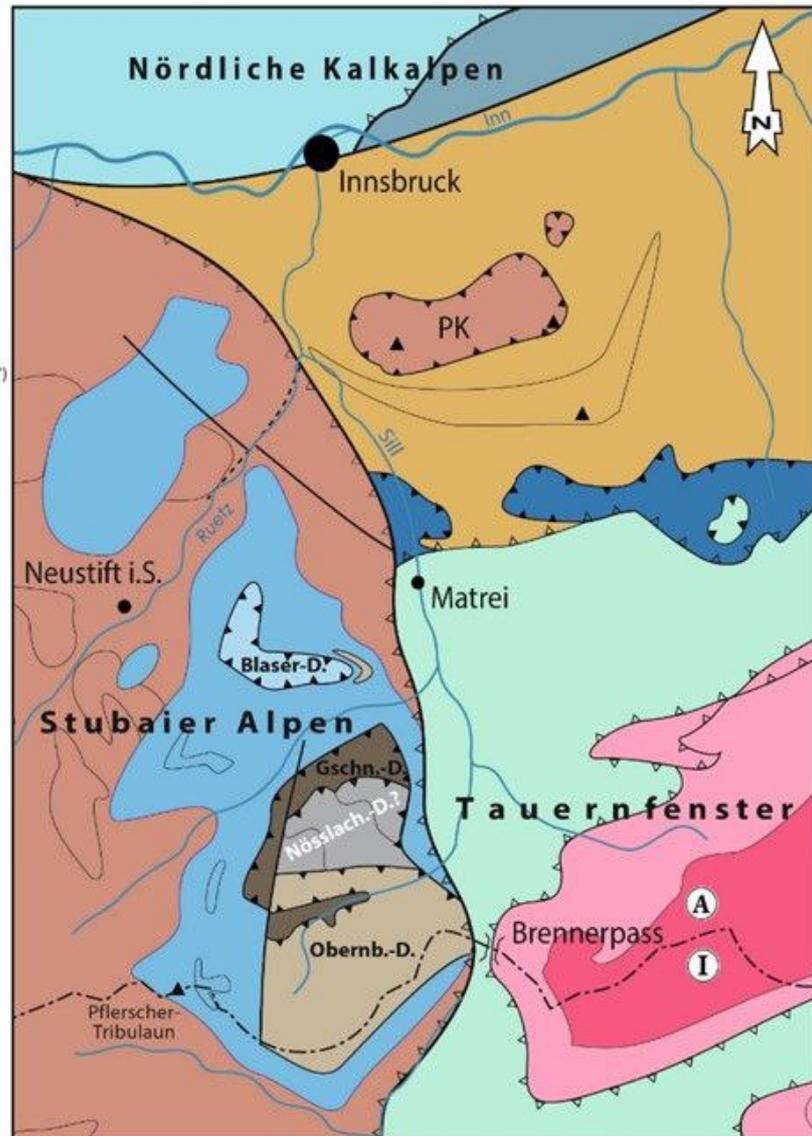


Abb. 1: Tektonische Übersicht der östlichen Stubai Alpen und angrenzender Gebiete. Modifiziert nach ROCKENSCHAUB et al. (2003). Die Einteilung der Decken in den Nördlichen Kalkalpen folgt dem Modell von Kilian & Ortner (2019)

Literatur

FRANK, W., HOINKES, G., PURTSCHELLER, F., THÖNI, M., FLÜGEL, H.W. & FAUPL, P. (1987): The Austroalpine Unit West of the Hohe Tauern: The Ötztal-Stubai Complex as an Example for the Eoalpine Metamorphic Evolution. – In: FLÜGEL, H. & FAUPL, P. (Eds.): Geodynamics of the Eastern Alps, 179–225, Wien (Deuticke).

HOLDHAUS, K. (1921): Über den geologischen Bau des Königstuhlgebietes in Kärnten. – Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien, 14, 85–103, Wien.

IGLSEDER, C. (2019): Geologische und Tektonische Karte der Gurktaler Alpen 1:250.000. – In: GRIESMEIER, G.E.U. & IGLSEDER, C. (Eds.): Arbeitstagung 2019 der Geologischen Bundesanstalt. – Geologie des Kartenblattes GK25 Radenthein-Ost (Murau), 48–54, Geologische Bundesanstalt, Wien.

KILIAN, S. & ORTNER, H. (2019): Structural evidence of in-sequence and out-of-sequence thrusting in the Karwendel mountains and the tectonic subdivision of the western Northern Calcareous Alps. *Austrian Journal of Earth Sciences*; in press.

NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE (2005): North American stratigraphic code. *AAPG Bulletin*, 89(11), 1547-1591.

ROCKENSCHAUB, M., KOLENPRAT, B. & FRANK, W. (2003): Geochronologische Daten aus dem Brennergebiet: Steinacher Decke, Brennermesozoikum, Ötz-Stubai-Kristallin, Innsbrucker Quarzphyllitkomplex, Tarntaler Mesozoikum. – In: ROCKENSCHAUB, M. (Ed.): Arbeitstagung 2003 der Geologischen Bundesanstalt, Geologische Karteblätter 148 Brenner, 175 Sterzing, 117–124, Geologische Bundesanstalt, Wien.

SCHMID, S.M., FÜGENSCHUH, B., KISSLING, E. & SCHUSTER, R. (2004): Tectonic map and overall architecture of the Alpine orogen. – *Eclogae Geologicae Helveticae*, 97/1, 93–117, Lausanne.

TOLLMANN, A. (1975): Die Bedeutung des Stangalm-Mesozoikums in Kärnten für die Neugliederung des Oberostalpins in den Ostalpen. – *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie: Abhandlungen*, 150/1, 19–43, Stuttgart.

Ösenankerzäune – Erste Ergebnisse der Prüfung dieses einfach zu errichtenden Abrollschutzes

Andreas Koch¹, Philipp Jansen¹, Holger Böse²

¹ Landesbaudirektion Bayern, Zentralstelle Ingenieurbauwerke und Georisiken, Schwere-Reiter-Straße 41, 80797 München

² Landesbetrieb Straßenbau NRW, Regionalniederlassung Südwestfalen, Rheinstraße 8, 58097 Hagen

Zusammenfassung

Ösenankerzäune werden seit Jahrzehnten als Abrollschutz gegen Stein- und Blockschlag an Verkehrswegen eingesetzt. Bislang gab es jedoch keine belastbaren Kenntnisse über das tatsächliche Energieaufnahmevermögen dieser einfach zu errichtenden Konstruktionen. Die Bayerische Staatsbauverwaltung hat daher - in Abstimmung mit Straßenbaubehörden anderer Bundesländer - im Juni/Juli 2019 Versuche zur Rückhaltefähigkeit von Ösenankerzäunen durchgeführt, die von der Technischen Universität München (TUM), Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt, Lehrstuhl für Metallbau messtechnisch begleitet wurden. Zusammenfassend kann als Versuchsergebnis festgehalten werden, dass Ösenankerzäune in der gewählten Versuchskonfiguration mit Voll- oder Hohlstäben im Durchmesser von 28 bzw. 32 mm, drei Tragseilen mit 12 mm Durchmesser und V-förmiger Rückabspannung der Steher sowie bei Verwendung eines hochscherfesten Geflechtes in der Lage waren, Felsblöcke mit einer Sturzenergie von 50 kJ sicher und weitgehend unabhängig von der Treffergeometrie zurückzuhalten.

Abstract

Low energy rock fall protection systems have been used as a roll-off construction against rock impact incidents on traffic routes for decades. However, so far there has not been any reliable data of the actual energy absorption capacity of these easy-to-build structures. In coordination with road authorities of other federal states of Germany, the Bavarian road administration has therefore carried out a series of experiments to quantifiably test these low energy rock fall protection systems in terms of their mechanical retainment capacity. These in situ-tests were conducted in collaboration with the Technical University of Munich (TUM), Faculty of Civil, Geo and Environmental Engineering, Chair of Metal Structures, which provided the mechanical measurement technology. In summary, it can be stated as a result of the experiments that the conducted test configuration, which was built with 28 mm or 32 mm solid or hollow rods, three 12 mm diameter horizontal ropes and V-shaped restoring of the rods as well as using a high-performance steel wire mesh, is able to retain boulders with 50 kJ of energy safely and widely independent of the tested hit geometry.

1. Anlass

In der Bundesrepublik Deutschland mangelt es derzeit an einschlägigen Richtlinien zur Planung und Ausführung von technischem Steinschlagschutz. Eine nationale Norm, wie sie beispielsweise in Österreich als ONR 24810:2017-02: „*Technischer Steinschlagschutz – Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung*“ existiert, gibt es derzeit nicht. Daher ist seit 2018, auf Initiative der Staatsbauverwaltung Bayerns, der sich weitere Bundesländer angeschlossen

haben, ein Merkblatt über die Bemessung und konstruktive Ausbildung von Sicherungsbauwerken zur Abwehr von Georisiken an Straßen in Bearbeitung. Das Merkblatt soll den Straßenbauverwaltungen sowie den mit der Problematik befassten Firmen und Ingenieurbüros fachlich verbindliche Hinweise zum technischen Steinschlagschutz geben.

Die Erarbeitung dieses Merkblatts „Sicherungsbauwerke – Bemessung und konstruktive Ausbildung“ ist bei der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) angesiedelt. *„Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) ist ein gemeinnütziger technisch-wissenschaftlicher Verein. Sie wurde 1924 gegründet. Das Hauptziel der FGSV ist die Weiterentwicklung der technischen Erkenntnisse im gesamten Straßen- und Verkehrswesen. Dabei wirken Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft zusammen. Sie entsenden insgesamt über 2.500 Mitarbeiter in die zahlreichen Fachgremien. [...]“* (FGSV o. J.). Die unter der FGSV vereinigten Fachgremien reichen von der Verkehrsplanung über den Straßenentwurf, dem Verkehrs- und Infrastrukturmanagement, dem Erd- und Grundbau, den Gesteinskörnungen, Ungebundenen Bauweisen bis hin zu den Asphalt- und Betonbauweisen (FGSV 2018). Die Thematik des technischen Steinschlagschutzes ist unter der Arbeitsgruppe „Erd- und Grundbau“ als Arbeitskreis des Arbeitsausschusses „Grundbau“ verortet.

Der Arbeitskreis setzt sich aus Vertretern der Straßenbauverwaltungen Bayerns, Baden-Württembergs, Hessens, Nordrhein-Westfalens und Rheinland-Pfalz, eines Ingenieurbüros für Geotechnik, eines auf alpine Sicherungstechnik spezialisierten Unternehmens sowie aus Vertretern von entsprechenden Herstellerfirmen zusammen.

Im Zuge der Gremienarbeit wurde das Thema Niedrigenergiesysteme behandelt. Zu diesen Systemen zählen die sogenannten Ösenankerzäune, bekannt auch als Steherzäune und mit weiteren diversen Lokalnamen belegt. Insbesondere die Verwendbarkeit dieser Systeme hat zu Diskussionen geführt. Anders als bei den Steinschlagschutzzäunen mit definierten Energieaufnahmekapazitäten fehlte eine solche Angabe bei den Ösenankerzäunen, da diese keine einheitliche, durch Hersteller geprüfte Bauweise haben. Versuche bezüglich ihres Rückhaltevermögens waren den Arbeitskreismitgliedern nicht bekannt. Ihre Energieaufnahmekapazität in marktüblicher Bauweise ist aber einerseits für die zukünftige Festlegung des Einsatzzwecks und andererseits auch für die Bewertung der hohen Anzahl von Bestandsbauwerken von großer Bedeutung.

2. Hintergrund

Ösenankerzäune werden unter anderem durch die deutschen Straßenbauverwaltungen seit Jahrzehnten konstruktiv verbaut. Der Einsatz eines Ösenankerzäuns weist gegenüber den nach EAD 340059-00-0106 *„Falling rock protection kits“* (EOTA 2018) geprüften Steinschlagschutzzäunen der *Energy level classification* „0“ einen erheblichen Preisvorteil auf. Darüber hinaus können Ösenankerzäune in aktuellen Schadensfällen durch jede Fachfirmen schnell und ohne langwierige Vorlaufzeiten aus bei den Firmen lagerndem Material errichtet werden, so dass die Sperrzeit von Verkehrswegen verringert wird. Weiterhin sind die Marktpreise für entsprechende Installationen hinlänglich bekannt, so dass bei entsprechender Dringlichkeit auch eine freihändige Vergabe erfolgen kann. Nicht zuletzt sind Ösenankerzäune in der

Montage, Wartung und Unterhalt unkompliziert, da keine speziellen Herstellervorgaben zu berücksichtigen sind. Auch beeinträchtigen sie das Landschaftsbild in nur unerheblichem Maße, so dass die Akzeptanz dieser Bauweise bei den amtlichen und ehrenamtlichen Vertretern des Naturschutzes in der Regel eher gegeben ist. Geprüfte Systeme werden erst ab einem Energieaufnahmevermögen von 100 kJ angeboten und sind somit in Einsatzbereichen für Niedrigenergiesysteme oft überdimensioniert. Daher sind Ösenankerzäune in Niedrigenergiebereichen häufig angemessener.

Die praktischen Erfahrungen der Mitglieder des Arbeitskreises haben dies bestätigt und gezeigt, dass die Verwendung von Ösenankerzäunen im Niedrigenergiebereich durchaus ihre Berechtigung hat. Verschiedene Beispiele verdeutlichen, dass die Zäune Stein- und Blockschläge erfolgreich zurückgehalten haben. Ein plakatives Beispiel zu diesem Einsatzbereich zeigt die Abbildung 1.



Abb. 1: Beispiel eines belasteten Ösenankerzauns oberhalb einer Straße
(Foto: Dr. J. Matthesius)

Einen Hinweis zu der Energieaufnahmekapazität der Niedrigenergiesysteme enthält die ONR 24810:2017-02 bei der Definition zum Abrollschutz. Demnach ist der Abrollschutz *zum Auffangen von abrollenden Steinen mit geringen Geschwindigkeiten, Kubaturen und Energien* (ONR 24810). Die Energieaufnahmekapazitäten werden mit deutlich weniger als 50 kJ angenommen (ebd.). In Gesprächen mit Systemherstellern und Fachfirmen wurde die Energieaufnahmekapazität der Ösenankerzäune, je nach Ausführung, bislang mit 3 bis 20 kJ, bei Verwendung eines hochscherfesten Drahtgeflechtes bis 35 kJ, veranschlagt.

3. Zielsetzung der Versuche

Auf Grund der mangelnden Kenntnisse über die Energieaufnahmekapazität wurde die Absicht verfolgt, unterschiedliche Varianten von Ösenankerzäunen zu testen. Ziel dieses Forschungsprojektes war die Erlangung von Kenntnissen über die Energieaufnahmevermögen der zu testenden Varianten sowie der Beanspruchung der unterschiedlichen Bauteile im Ereignisfall durch 1:1-Feldversuche. Durch die Tests verschiedener Konstruktionsvarianten sollten die in der Praxis verwendeten Bauweisen geprüft werden, um im Anschluss Entscheidungsgrundlagen für den Verbau von Niedrigenergiesystemen ableiten zu können.

4. Methodischer Ansatz

4.1 Bisläng verbaute Varianten

Zu Beginn wurden die marktüblichen Ausführungsvarianten des Ösenankerzauns erkundet. Dazu sind Vertreter/Innen einiger Straßenbauverwaltungen, verschiedener Ingenieurbüros mit Schwerpunkt alpine Naturgefahren, als auch ausführender Unternehmen angesprochen worden. Demnach werden für Steher durchwegs gerippter Betonstabstähle im Durchmesser 28 mm mit vorgefertigter Öse oder Gewindestabstähle der Güte B500B im Durchmesser 28 mm (in Einzelfällen auch 32 mm) oder aber Selbstbohrnägel verwendet. Zur Führung des oberen Tragseils werden auch Ringmuttern oder Ankerkopfsen benutzt. Die Angaben zum Abstand der Steher variieren von 2,5 bis 4,0 Meter. Als Geflecht kommen vorwiegend Viereckdrahtgeflechte mit Maschenweiten von 60/60/3,1 mm und einer Zugfestigkeit des Stahldrahts von 400 bis 550 N/mm² oder hochscherfeste Stahldrahtgeflechte mit einer Zugfestigkeit des Stahldrahts von größer 1.770 N/mm² zum Einsatz. Meistens wird das Geflecht mit Klammern an den Tragseilen befestigt. Die übliche Ausführungshöhe beträgt 1,0 bis 1,5 Meter. Zumindest bei den 1,5 Meter hohen Zäunen werden in der Regel drei Tragseile (Stahldraht mit einem Durchmesser von 11 oder 12 mm) eingebaut, wobei die beiden oberen Tragseile meist locker geführt werden. Das obere Tragseil durchläuft dabei die Öse der Ringmutter. Das mittlere Tragseil wird über Muttern mit aufgeschweißter Öse oder über Seilbrücken geführt. Die Ausführung des unteren Tragseils variiert: Einige führen das untere Tragseil ebenfalls locker, bei anderen wird es fixiert. Eine Fixierung des unteren Tragseils erfolgt zum Beispiel mittels Verwendung einer doppelten Seilklemme oder einer Krallplatte: Diese kommt insbesondere dann zum Einsatz, wenn der Ösenankerzaun als Aufständigung einer talseitig anschließenden Vernetzung errichtet wird. Bei einer lockeren Führung des unteren Tragseils hingegen finden beispielsweise Muttern mit aufgeschweißten Haken, Seilbrücken oder Kreuznägel (auch T-Nägel genannt), die beim Verpressen des Stehers miteinzementiert werden, Verwendung. Bei den Kreuznägeln handelt es sich um Betonstabstahl in Durchmessern von 12 bis 16 mm, der T-förmig verschweißt wird. Je nach Topographie werden diese Kreuznägel auch zwischen den Stehern verwendet, um das Tragseil einschließlich Geflecht bodenschlüssig zu fixieren. Die Ausführungen der Rückabspannung variieren zwischen keiner Abspannung, einer Abspannung je Steher, V-förmigen Abspannungen und weiteren Ausführungsvarianten. Die Abspannungen werden sowohl mit Felsnägeln, als auch mit Seilankern realisiert.

4.2 Festlegung der Ausführung zur Versuchsdurchführung

Aus diesen unterschiedlichen Ausführungen sind im Rahmen des Arbeitskreises folgende Varianten für die zu prüfenden Ösenankerzäune ausgewählt worden:

Für die Ausführung der Steher wurde Gewindestabstahl der Güte B500B im Durchmesser 28 mm als auch Hohlstabnägel (R32-360) vorgesehen. Die Kopfausbildung erfolgte jeweils mit einer Ringmutter. Als Geflechte wurden das hochscherfeste Stahldrahtgeflecht Tecco G65/3 der Fa. Geobruigg (Zugfestigkeit des Stahldrahts: $\geq 1.770 \text{ N/mm}^2$) und das Viereckgeflecht, 60/60/3,1 mm aus dem Produktprogramm der Fa. Trumer Schutzbauten GmbH (Zugfestigkeit des Stahldrahts: 400 - 550 N/mm^2) ausgewählt. Die Tragseile wurden mit einem Durchmesser von 12 mm ausgeführt und wurden ohne Fixierung eingebaut. Die Führung des oberen Tragseils erfolgte durch die Ringmutter, die des mittleren und unteren Tragseils über Muttern mit aufgeschweißter Öse. Die Rückabspannung erfolgte V-förmig. Die Höhe des Zauns wurde auf 1,50 Meter festgelegt.

4.3 Versuchshalle – Durchführung und erste Ergebnisse

Um die zuvor zitierten Schätzwerte der Energieaufnahmefähigkeit im Vorfeld der Feldversuche auf Ihre Realitätsnähe zu prüfen und um Versuchskosten einzusparen, wurden Laborversuche in einer Halle der Technischen Universität München vor den 1:1-Feldversuchen durchgeführt.

Für die Laborversuche wurden Zäune mit drei Feldern mit je drei Metern Länge errichtet. Die Höhe betrug 1,50 Meter. Die Steher wurden mit Gewindestabstahl der Güte B500B im Durchmesser 28 mm verwendet und V-förmig rückabgespannt. Die Tragseile wurden jeweils seitlich abgespannt. Die Steher als auch die Aufnahmepunkte der Abspannungen wurden in Bodenschienen fixiert. Als Geflechte wurden das Tecco G65/3 und ein 60/60/3,1 mm der Firma Trumer verwendet. Die Befestigung des Geflechts erfolgte sowohl mit zwei als auch mit drei Tragseilen. Abbildung 2 zeigt schematisch die Ausführung des Ösenankerzäuns zur Versuchsdurchführung samt den einzelnen Bauteilen.

Der den stürzenden Felsblock simulierende Prüfkörper wies einen Durchmesser von 50 cm auf, wurde in der oberen Hälfte des mittleren Zaunfeldes positioniert und bis zum Versagen des Systems belastet. Mit dieser Versuchsanordnung liegt ein höherer Lastfall als bei einer Lasteinbringung zwischen mittlerem und unterem Randseil vor, weiterhin wird der Einfluss des Mittelseils begrenzt. Als Prüfkörper wurde eine Halbkugel verwendet, die die Kraft gleichmäßig und langsam auf das Geflecht aufbringt. Die Abbildung 3 zeigt schematisch die Versuchsanordnung, die Abbildungen 4 a und b zeigen eine Ansicht des Versuchsaufbaus und des Prüfkörpers.

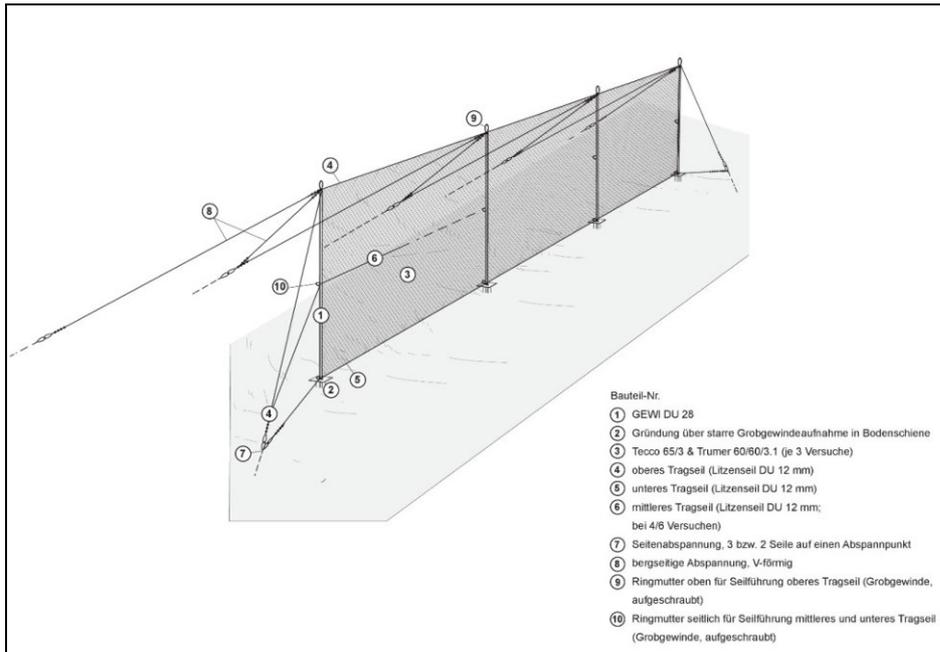


Abb. 2: Ausführung des Ösenankerzauns zur Versuchsdurchführung

Um die Verformungen im Rahmen der Versuche zu erfassen wurden eine 3D-Kamera und Seilzugsensoren eingesetzt (vgl. Abb. 3). Die Dehnungen an den Gewindestangen und den Seilverankerungen wurden mittels Dehnmessstreifen gemessen. Am Probekörper befand sich eine Kraftmessdose.

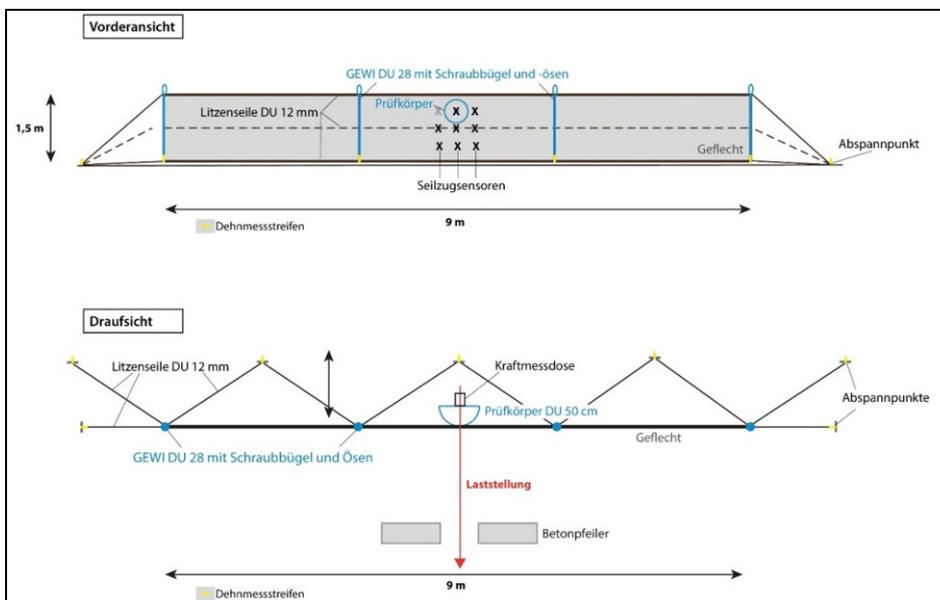


Abb. 3: Aufbau der Versuche in der Halle



Abb. 4: a) Aufbau des Tests in der Versuchshalle, b) Ansicht des Versuchsaufbaus und des Prüfkörpers

Die Abbildung 5 zeigt einen Versuchsaufbau mit Geflecht Trumer 60/60/3,1 mm, der bis zum Versagensfall belastet wurde.



Abb. 5: Belasteter Zaun aus dem Laborversuch

Die Ergebnisse der Laborversuche ergaben eine statische Kraft, der die einzelnen Versuchsvarianten bis zur maximalen Auslenkung standgehalten haben, beziehungsweise die Kraft, bei der das System versagt hat. Mittels Umrechnung dieser ermittelten statischen Kräfte konnten die von den Systemen rückhaltbaren dynamischen Lasten abgeschätzt werden. Die Versuchsauswertung im Einzelnen wird in dem beauftragten Prüfbericht des Instituts für Metallbau enthalten sein und steht zum Zeitpunkt der Schriftfassung noch aus.

4.4 Durchführung der Feldversuche

Für die Durchführung der Feldversuche wurde eine etwa 70° geneigte Steilwand eines aufgelassenen Steinbruchs in der Umgebung von Garmisch-Partenkirchen genutzt. Die Ermittlung der Rückhaltefähigkeit der verschiedenen, getesteten Varianten von Ösenankerzäunen erfolgte mittels Freifallversuchen. Die

Ösenankerzäune wurden in der Steilwand über Hüllrohre als Aufnahmepunkte für die Steher eingebaut; die Einbindetiefe der Hüllrohre betrug dabei einen Meter in den dort anstehenden Plattenkalk. Der Zaun selbst hatte eine Ausführungshöhe von 1,5 Meter über Geländeoberkante und war ca. 30° bergseits gegen die Fallrichtung geneigt. Es wurden jeweils fünf Felder aufgebaut, die Feldbreite betrug 2,5 Meter. Die Steher wurden V-förmig mit Seilen im Durchmesser 12 mm an Abspannpunkten rückgespannt. Alle Ösenankerzäune wurden mit drei Tragseilen (Top-, Mittel- und Bodenseil), die ebenfalls einen Durchmesser von 12 mm aufwiesen, ausgeführt. Das obere Tragseil wurde seitlich mit ca. 45° abgespannt, das mittlere und untere Tragseil mit dementsprechend flacherem Winkel auf den gleichen, geringfügig talseits versetzten Abspannnagel geführt. Diese Abspannnägel wurden überdimensioniert und nicht ausgetauscht, da sich aus den vorgeschalteten Laborversuchen ergeben hat, dass eine Überlastung dieser Bauteile auszuschließen ist. Die Befestigung des Drahtgeflechtes erfolgte bergseits der Steher. An den oberen und unteren Tragseilen wurde es umgeschlagen und mittels Verbindungsclips aus hochscherfestem Material an jeder Masche des Geflechtes befestigt. Diese Ausführungsvariante führt am unteren Tragseil zu einer optisch unschönen Ausbildung aus talseits umgeschlagenem Geflecht, welches dann wieder nach bergseits geführt werden muss (sofern die Einrichtung der häufig sinnvollen Einfallschürze notwendig ist), hat sich aber in den Versuchen bewährt. Eine Befestigung mittels Pressklauen aus normal festem Material reicht hingegen nicht aus und führte zu einem früheren Versagen des Gesamtaufbaus (vgl. Abschnitt Ergebnisse).

Der Abwurf der Prüfkörper in den zu prüfenden Zaun erfolgte von einem an der Steinbruchoberkante positionierten Kran mittels Hubschrauberklinke im freien Fall. Als Prüfkörper wurden unbearbeitete Felsblöcke verwendet. Abbildung 6 zeigt eine Übersicht der Feldversuchsordnung.



Abb. 6: Aufbau des Feldversuchs

Die Feldversuche sind mit Energieeinträgen von 10 kJ bis 63 kJ durchgeführt worden. Um diese Energieeinträge mit dem Prüfkörpern zu erreichen, ergaben sich Freifallhöhen von 16,0 bis 28,2 Meter. In Tabelle 1 sind die getesteten Varianten aufgeführt. Zur Prüfung des Verhaltens der Ösenankerzäune bei mehrfach nacheinander auftretenden Treffern, wie sie in der Realität immer wieder geschehen, wurden bei zwei Versuchen weitere Prüfkörper in den bereits belasteten Zaun fallen gelassen.

Als Mess- und Beobachtungstechnik wurden bei den Feldversuchen hochauflösende Kameras und Dehnmessstreifen an den Gewindestangen und Seilverankerungen eingesetzt.

Tabelle 1: Varianten der Feldversuche

Steher	Geflecht	Tragseile	Masse Prüfkörper	Abwurfhöhe	res. Energie
GEWI DU 28	Tecco 65/3	3	167,0 kg	21,8 m	35 kJ
GEWI DU 28	Tecco 65/3	3	175,3/71,5/87,9 kg	23,3/23,3/23,3 m	40/16/20 kJ
GEWI DU 28	Tecco 65/3	3	267,6 kg	22,9 m	60 kJ
GEWI DU 28	Trumer 60/60/3,1	3	171,5 kg	20,8 m	35 kJ
GEWI DU 28	Trumer 60/60/3,1	3	90,0 kg	22,7 m	20 kJ
GEWI DU 28	Trumer 60/60/3,1	3	64,8 kg	16,4 m	10 kJ
GEWI DU 28	Trumer 60/60/3,1	3	65,3 kg	16,0 m	10 kJ
IBO 32-360	Tecco 65/3	3	264,5 kg	19,3 m	50 kJ
IBO 32-360	Trumer 60/60/3,1	3	84,4 kg	18,1 m	15 kJ
GEWI DU 28	Tecco 65/3	3	267,1/231,0/172,0 kg	19,0/27,5/28,2 m	50/63/47 kJ

4.5 Ergebnisse der Feldversuche

Mit den in Tabelle 1 genannten Versuchsvarianten wurden folgende Energieeinträge **erfolgreich** zurückgehalten:

- **60 kJ:** im Versuchsaufbau mit den Stehern aus Vollstäben im Durchmesser 28 mm und dem hochscherfestem Geflecht Tecco G65/3. Treffergeometrie: Horizontale und vertikale Mitte des oberen Mittelfeldes.
- **50 kJ:** im Versuchsaufbau mit den Stehern aus Vollstäben im Durchmesser 28 mm und dem hochscherfestem Geflecht Tecco G65/3. Treffergeometrie: Direkt auf einen Steher des Mittelfeldes, Mitte der unteren Hälfte.
- **50 kJ:** im Versuchsaufbau mit den Stehern aus Hohlstäben (R32-360) und dem hochscherfestem Geflecht Tecco G65/3. Treffergeometrie: Horizontale und vertikale Mitte des oberen Mittelfeldes. Bei dem Versuch ist ein Steher gebrochen (Biegeriss/-bruch), der Felskörper wurde jedoch erfolgreich zurückgehalten.
- **10 kJ:** im Versuchsaufbau mit den Stehern aus Vollstäben im Durchmesser 28 mm und dem Geflecht Trumer 60/60/3,1 mm. Treffergeometrie: Horizontale und vertikale Mitte des oberen Mittelfeldes.



Abb. 7: Belasteter Zaun aus dem Feldversuch

Ein **Versagen** des Versuchsaufbaus erfolgte bei folgenden Varianten:

- **35 kJ:** im Versuchsaufbau mit den Stehern aus Vollstäben im Durchmesser 28 mm und dem hochscherfestem Geflecht Tecco G65/3. Treffergeometrie: Horizontale und vertikale Mitte des oberen Mittelfeldes. Versagen: Initiales Rückhalten des Prüfkörpers, jedoch anschließende Zerstörung der zur Befestigung des Drahtgeflechtes an den Tragseilen verwendeten Pressklauen und hierdurch bedingtes Öffnen des unteren Netzstoßes. Durch die entstandene Öffnung fiel der Prüfkörper. Hieraus ergab sich in den weiteren Versuchen die technische Lösung eines Umschlagens des Drahtgeflechtes um das obere und untere Randseil.
- **15 und 35 kJ:** im Versuchsaufbau mit den Stehern aus Vollstäben im Durchmesser 28 mm und dem Geflecht Trumer 60/60/3,1 mm. Treffergeometrie: Horizontale und vertikale Mitte des oberen Mittelfeldes.
Versagen: Durchschuss durch das Geflecht.
- **63 kJ:** im Versuchsaufbau mit den Stehern aus Vollstäben im Durchmesser 28 mm und dem hochscherfestem Geflecht Tecco G65/3. Treffergeometrie: Horizontale und vertikale Mitte des oberen, mitte-außengelegenen Feldes. Der Versuchsaufbau war durch einen Versuch im benachbarten Feld bereits vorbelastet. Versagen: Durchschuss durch das Geflecht.

Zusammenfassend kann aus den Versuchsergebnissen festgehalten werden, dass Ösenankerzäune in der gewählten Versuchskonfiguration mit Vollstäben im Durchmesser von 28 mm, drei Tragseilen mit 12 mm, V-förmiger Rückabspannung der Steher unter Einsatz des hochscherfestem Geflecht Tecco G65/3 in der Lage waren Felsblöcke mit 50 kJ sicher und weitgehend unabhängig von der Treffergeometrie zurückzuhalten, sofern das Drahtgeflecht um das obere und untere Tragseil umgeschlagen wurde. Ösenankerzäune mit dem Geflecht Trumer 60/60/3,1 mm konnten Felsblöcke mit 10 kJ zurückhalten, hielten einem Energieeintrag von 15 kJ jedoch nicht stand.

5. Diskussion

Mit einem Energieaufnahmevermögen von gesichert 50 kJ sind die grundsätzlichen Erwartungen an den Ösenankerzaun mit hochscherfesten Drahtgeflecht deutlich übertroffen worden. Dies gilt sowohl für die Verwendung eines Gewindestabstahles (Vollstabnagel) als auch bei Selbstbohrnägeln (Hohlstabnagel), wenn gleich es bei letzteren zu einem Bruch des Stehers gekommen ist. Bei Anwendung eines einfachen Drahtgeflechtes bewegte sich das Rückhaltevermögen mit gesichert 10 kJ im Bereich des zuvor in der Fachwelt vermuteten Energiebereiches.

Die Verwendung von Felsblöcken ist im Hinblick auf die Reproduzierbarkeit der Tests zu diskutieren. Dazu wäre ein genormter Block erforderlich gewesen. Felsblöcke bilden aber die reale Situation eines Lastfalls im Gelände ab, so dass für die Zielsetzung dieser Tests die Wahl auf diese Versuchsanordnung gefallen ist.

Bei der Betrachtung der Versuche fällt auch auf, wie stark sich das System im Falle eines Einschlags verformt. In Bezug auf das untere Trageil ist daher zu hinterfragen, ob die Verwendung von Kreuznägeln zur bodenschlüssigen Befestigung des unteren Trageils in der Mitte der Felder ohne eine Zementeinbettung sinnvoll ist. Im Falle eines Ereignisfalls ist zu befürchten, dass diese Kreuznägeln herausgerissen und weggeschleudert werden. Gerade bei der Verwendung der Zäune in der Nähe der Verkehrswege kann das zu einer zusätzlichen Gefährdung führen.

Ösenankerzäune sind trotz der unerwartet hohen Energieaufnahmekapazität nach wie vor als Abrollschutz zu betrachten. Einen Einsatz als Steinschlagschutzzaun kann das System schon aus Gründen der niedrigen Bauhöhe nicht leisten. Dennoch liegen mit den unterschiedlichen Versuchskonfigurationen nun Einschätzungen zu deren Energierückhaltevermögen vor, so dass diese Systeme gezielter eingesetzt bzw. bereits verbaute Systeme anhand der Geländesituation besser bewertet werden können.

Im den Tests wurde das Produkt Tecco G65/3 verwendet, weil es zum Zeitpunkt der Planung der Versuche das einzige auf dem Markt zur Verfügung stehende Geflecht aus hochscherfestem Draht war. Zwischenzeitlich bietet zumindest die Fa. Trumer Schutzbauten GmbH ein ähnliches Produkt (Sigma 50/50/3,2 mm) an. Eine Betrachtung der Kennwerte führt die Autoren ausdrücklich zu der Einschätzung, dass auch mit diesem oder ähnlichen hochscherfesten Geflechten vergleichbare Werte erreicht werden können.

Der bei der Technischen Universität München beauftragte Prüfbericht wird weitere detaillierte Ergebnisse über die aufgetretenen Belastungen der einzelnen Bauteile enthalten. Nach Vorlage werden diese zu diskutieren sein und u.U. Erkenntnisse enthalten, die zu einer weiteren Erhöhung des Rückhaltevermögens von Ösenankerzäunen führen. Dies darf allerdings nicht dazu führen, dass die Einfachheit, das gute Kosten-Nutzen-Verhältnis sowie die schnelle Realisierbarkeit des Abrollschutzes verschlechtert werden. Denn nach den vorliegenden Ergebnissen sind Ösenankerzäune als Abrollschutz weiterhin das erste Mittel zur Erfüllung der Verkehrssicherungspflicht bei gravitativen Massenbewegungen durch den Straßenbaulastträger.

Quellenverzeichnis

EOTA - European Organisation for Technical Approvals (2013): *ETAG 27: Guideline for European Technical Approval of Falling Rock Kits*. Edition September 2012. Amended April 2013. Online verfügbar unter: <https://www.eota.eu/en-GB/content/etags/26/>. Abgerufen am: 26.07.2019.

EOTA - European Organisation for Technical Assessment (2018): *Falling rock protection kits*. EAD 340059-00-0106. Online verfügbar unter: <https://www.eota.eu/en-GB/content/eads/56/>. Abgerufen am: 02.07.2019.

FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (o. J.): Der Verein. Online verfügbar unter: <https://www.fgsv.de/forschungsgesellschaft.html>. Abgerufen am: 28.06.2019.

FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (2018): FGSV Organigramm. Online verfügbar unter: <https://www.fgsv.de/gremien.html>. Abgerufen am: 28.06.2019.

Geobruigg (o. J): Technical data sheet: High-tensile steel wire mesh Tecco® G65/3. Online verfügbar unter: https://www.geobruigg.com/datei.php?src=portal/downloadcenter/dateien/downloadcenter/level1-data-sheets/TECCO/L1_TECCO-G65-3mm_3.5m_TechData_190507_e.pdf. Abgerufen am: 28.06.2019.

Trumer Schutzbauten GmbH (o. J. a): Technische Daten zum Viereckgeflecht 60/60/3,1. Online verfügbar unter: <https://de.trumer.ca/products/slope-stabilization/60-60-31/>. Abgerufen am: 19.07.2019.

Trumer Schutzbauten GmbH (o. J. b): Technische Daten zum Hochleistungsgitter Sigma 50/50/3,2. Online verfügbar unter: <https://de.trumer.ca/products/slope-stabilization/sigma-50-50-32/>. Abgerufen am: 19.07.2019.

Gibt es hydrogeologische Hinweise auf einen Gipskarst am Fernpass?

Christian Wolkersdorfer^{1,2}

¹Department of Environmental, Water and Earth Sciences, Tshwane University of Technology, Private Bag X680, Pretoria, 0001, Südafrika; ²Weidach 16, 6632 Ehrwald/Tirol; E-Mail: christian@wolkersdorfer.info

Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit der vor sechs Jahren aufgestellten Hypothese, dass der Fernpass/Tirol durch Sulfatkarst geprägt ist, wurden drei unterschiedliche hydrogeologische Methoden verwendet, um diese Hypothese zu prüfen. Dabei handelt es sich um hydrogeochemische Untersuchungen, eine Frachtberechnung und eine chemisch-thermodynamische Modellierung mit dem Programm PHREEQC. Unabhängig voneinander zeigen die drei Methoden, dass sich keine Belege für nennenswerte Ablagerungen von Sulfatgesteinen aus Gips oder Anhydrit am Fernpass finden lassen, die einen weitflächigen Sulfatkarst belegen könnten.

Abstract

In connection with the hypothesis that the Fernpass/Tyrol is characterized by sulphate karst, three different hydrogeological methods were used to investigate this hypothesis. These are hydrogeochemical investigations, a mass balance calculation and a chemical-thermodynamic modelling with the code PHREEQC. Independently of each other, the three methods show that no evidence could be found that there are substantial deposits of sulphate rocks composed of gypsum or anhydrite on the Fernpass, which could prove an extensive sulphate karst.

Einleitung

Vor sechs Jahren hat Mostler (2013) beim Geoforum Umhausen die Hypothese vorgestellt und publiziert, dass die Entstehung des Fernpasses neben dem Bergsturzereignis im Wesentlichen auf einen Sulfatkarst zurückzuführen sei. Dies führte er auf Ergebnisse von Laserscandaten und Geländebegehungen zurück, in denen klar abgrenzbare Dolinen vorgefunden wurden. Tatsächlich sind Gipsvorkommen am Fernpass vor allem nahe des Fernsteinsees beschrieben (Gasser 1913), wo sie auch abgebaut wurden (Ampferer 1905). Über Erdfälle um Reutte infolge von Gipskarst berichten Henzinger et al. (2011) oder Tilch et al. (2014). Am Fernpass existiert eine große Anzahl von Dolinen, die schon von Abele (1964) detailliert kartiert wurden. More und Wolkersdorfer (2019) führen einen Teil davon auf interne Erosion zurück. Wenn es einen substantiellen Beitrag von Sulfatgesteinen mit Gips ($\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) und Anhydrit ($\text{Ca}[\text{SO}_4]$) als Hauptgesteinsbildner zur Entstehung des Fernpasses gibt, dann sollte sich deren Vorhandensein auch heute noch in den hydrochemischen Signaturen des Quell- und Oberflächenwassers nachweisen lassen (Bassanit ist für die nördlichen Kalkalpen nicht in der Literatur beschrieben).

Bisher gibt es über die hydrogeologischen Verhältnisse am Fernpass/Tirol keine umfassenden, publizierten Ergebnisse, wird von den wenigen Angaben in Köhler (1986), More und Wolkersdorfer (2019)

und Wolkersdorfer et al. (2017) abgesehen. Gleichwohl existieren hydrogeologische Untersuchungen, die im Zuge des Neubaus der Fernpasstrasse in den 1980er Jahren angestellt wurden (Schuch 1981), zwei Gutachten über das Tredlloch in Biberwier (Müller 1984; Wolkersdorfer 2014) und neuerer Untersuchungen für die Erfassung potentieller Trinkwasservorkommen entlang des Fernpasstunnels (Köhler und Lumasegger 1992). Eine umfassendere Darstellung ist derzeit vom Autor in Bearbeitung, daher kann hier nur eine kurze Zusammenfassung eines Teilaspekts erfolgen.

Untersuchungen

Untersuchungsansätze

Basierend auf dem Titel dieser Untersuchung wird folglich ein konzeptionelles geologisches und hydrogeologisches Modell angenommen, bei dem der Fernpass das Ergebnis eines Gipskarstes ist. Unter dieser Annahme gäbe es am Fernpass größere Bereiche mit Gips ($\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) oder Anhydrit ($\text{Ca}[\text{SO}_4]$). Es wäre somit zu erwarten, dass sich dies in den hydrochemischen Eigenschaften der Wässer am Fernpass bemerkbar macht. Weiterhin sei angenommen, dass seit der Fernpass-„Entstehung“ nicht bereits der gesamte Gips/Anhydrit gelöst und folglich „transportiert“ wurde, wovon nicht ausgegangen werden kann.

In diesem Beitrag werden drei Ansätze verfolgt, um das vorgenannte konzeptionelle hydrogeologische Modell zu verifizieren. Sie werden in den folgenden Kapiteln erläutert: a) eine hydrogeochemische Vergleichsbetrachtung, b) eine Berechnung der Frachten und folglich der Verwitterungsrate des Gips/Anhydrits und c) eine chemisch-thermodynamische Modellierung.

Hydrogeochemische Vergleichsbetrachtung

Wie Wagner et al. (2003) berichten, ist in der kalkigen Fazies des Hauptdolomits/Raibler Schichten Ca^{2+} das dominierende Kation (1,07 mmol/L zu 0,20 mmol/L), während in der dolomitischen Fazies ein annähernd ausgeglichenes Ionenverhältnis von Ca^{2+} und Mg^{2+} vorherrscht (1,01 mmol/L zu 0,71 mmol/L). Sulfatkonzentrationen sind in der kalkigen Fazies niedrig, wohingegen sie in der dolomitischen Fazies höher sind, was die Autoren auf gipsführende Aquifere zurückführen. Sollte eine Dominanz von Gips/Anhydrit am Fernpass existieren, wäre folglich ein ähnliches Verhältnis der beiden Kationen Calcium und Magnesium und des Anions Sulfat wahrscheinlich.

Bei der Modellierung mit dem Programm PHREEQC (V 3.5, WATEQ4F Datenbank) wurde in zwei Modellierungen zunächst Regenwasser mit Dolomit ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$) und dann Regenwasser mit Gips ins Gleichgewicht gesetzt und eine mittlere Wassertemperatur von 10 °C angenommen. Erwartungsgemäß stellt sich eine Wasserqualität ein, bei der die Molverhältnisse von $[\text{Ca}^{2+}]$ und $[\text{Mg}^{2+}]$ bzw. von $[\text{Ca}^{2+}]$ und $[\text{SO}_4^{2-}]$ identisch sind. Von 62 zwischen 2005 und 2019 analysierten Wasserproben im nördlichen Bereich des Fernpasses (Tabelle 1 in More und Wolkersdorfer 2019) weisen lediglich fünf ein annähernd identisches Molverhältnis auf wie im bayrischen Teil. Dabei handelt es sich um das Wasser des Blindsees, des Mittersees, der Trinkwasserversorgung von Biberwier, einer Quelle nördlich der Trinkwasserversorgung und der Auslauf des Max-Braun-Stollens in die Loisach. Alle anderen analysierten

Wässer besitzen ein $[\text{Ca}^{2+}]:[\text{Mg}^{2+}]$ -Verhältnis von 2,1:1, somit höhere Molkonzentrationen an $[\text{Ca}^{2+}]$ als $[\text{Mg}^{2+}]$. Keine Wasseranalyse weist ein $[\text{Ca}^{2+}]:[\text{SO}_4^{2-}]$ -Verhältnis von annähernd 1:1 auf; somit finden sich am nördlichen Fernpass keine Gipswässer *sensu stricto*. Das Wasser mit den höchsten Molkonzentrationen an Calcium und Sulfat ist ein Geothermiewasser in Biberwier, bei dem 3,32 mmol/L an Calcium, 1,83 mmol/L Magnesium sowie 4,31 mmol/L Hydrogencarbonat und 1,58 mmol/L Sulfat analysiert wurden.

Verwitterungsrate des Gips/Anhydrits

Unter der Annahme, dass sich der Abfluss der Loisach und des Dorfbaches in der zurückliegenden Zeit nicht erheblich verändert hätten und dass ein Großteil des Wassers über Quellen und oberflächlich den Fernpass verlässt, lässt sich die Verwitterungsrate potentieller Gips- oder Anhydritvorkommen am Fernpass abschätzen. Diese Annahme beruht darauf, dass die hydraulische Leitfähigkeit der Lockergesteine am Fernpass verhältnismäßig gering ist, wie Schuch (1981) und More und Wolkersdorfer (2019) zeigen konnten. An der Messstelle Schmittenskapelle der Loisach betrug der Abfluss zwischen 2007 und 2008 im Mittel 732 L/min ($n = 5$, $\sigma = 127$ L/min) und an der Messstelle Ehrwalder Straße des Dorfbaches 225 L/min ($n = 7$, $\sigma = 152$ L/min), zusammen 957 L/min. Bei einer mittleren Sulfatmolkonzentration von 0,254 mol/L ($n = 49$, $\sigma = 0,107$ mol/L) entspricht dies einer jährlichen Gipsverwitterung von 9,9 t/a oder $4,3 \text{ m}^3/\text{a}$ ($\rho_{\text{Gips}} = 2,317 \text{ t/m}^3$). Da die Fläche der Fernpassablagerungen nördlich der Fernpasshöhe etwa $4 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ beträgt, wäre folglich für die Verwitterung von 1 m Gipsablagerungen ein Zeitraum von 950.000 a nötig. Selbst bei einer Verzehnfachung der Wassermengen oder unter Annahme einer Sulfatkonzentration von 1,6 mmol/L aus der Geothermalbohrung ergeben sich noch 95.000 oder 305.000 a, um 1 m Sulfatgestein zu verwittern und 31.000 a, wenn beide Annahmen getroffen würden.

Chemisch-thermodynamische Modellierung

Mittels chemisch-thermodynamischer Modellierungen lassen sich die Mineralphasen identifizieren, die den Chemismus eines Wassers maßgeblich kontrollieren („kontrollierende Phase“). Als kontrollierende Phasen werden in der Regel alle Phasen angenommen, deren Sättigungskoeffizient (SI) zwischen -1 und +1 liegt, also im Wesentlichen gesättigt gegenüber dem Wasser ist. Wenn folglich Gips oder Anhydrit als kontrollierende Phasen für den Chemismus des Wassers gefunden werden, ist davon auszugehen, dass es im Untersuchungsgebiet wesentliche Massen an diesen Sulfatmineralen gibt. Insgesamt lagen 40 vollständige Wasseranalysen aus den Jahren 2005 bis 2019 vor, die zur Modellierung herangezogen werden konnten. Die wenigen Werte in den Wasseranalysen, bei denen Ionen unter der Nachweisgrenze lagen, wurden durch die Hälfte der Nachweisgrenze ersetzt. Wie die Ergebnisse zeigen, ist keines der analysierten Wässer gegenüber Gips oder Anhydrit gesättigt. Vielmehr liegen die Sättigungskoeffizienten (SI) zwischen -1,8 und -2,9 für Gips und zwischen -2,1 und -3,4 für Anhydrit. Alle Wässer sind jedoch gegenüber Calcit ($-0,6 < \text{SI} < 0,8$) und 65% davon gegenüber Dolomit ($-1,6 < \text{SI} < 1,4$) gesättigt. Dies ist ein Hinweis darauf, dass das Einzugsgebiet der untersuchten Wässer, wie bei den geologischen Verhältnissen am Fernpass zu erwarten war, von Kalkstein und Dolomitstein bestimmt ist.

Schlussfolgerung

Auf Basis der hier vorgestellten hydrogeochemischen Ergebnisse kann nicht davon ausgegangen werden, dass am Fernpass die Auflösung von Gips oder Anhydrit ein dominierender Prozess war und somit liegt auch kein Gipskarst *sensu stricto* vor. Daher muss folglich aufgrund der Ergebnisse aus der hydrogeochemischen Betrachtung und der Modellierung mit PHREEQC das Eingangs angenommene konzeptionelle Modell eines großflächigen Gipskarsts am Fernpass verworfen werden.

Danksagung

Der Autor dankt der National Research Foundation (NRF) Südafrika unter dem SARChI Chair für Mine Water Management für die Finanzierung des Aufenthalts in Tirol. Dank auch an die LMU München, die es ermöglichte, in zwei Sommern studentische Geländeübungen im Zwischentoren durchzuführen, in dessen Rahmen die vorgestellten Geländeuntersuchungen im Wesentlichen erfolgten. Ich danke allen meinen Studenten und meinen beiden Töchtern, die mich zwischen 2007 und heute regelmäßig mit ins Gelände begleiten und kritische Diskussionen darüber führen, wie der Fernpass entstanden sein könnte und wie die Ergebnisse der Wasseranalysen zu interpretieren sind. Ohne Fragen gibt es keine Antworten.

Literatur

- Abele, G. (1964): Die Fernpaßtalung und ihre morphologischen Probleme. – Tübinger Geograph. Stud., 12:1–123, 7 Abb., 4 Bilder, 3 Tab., 1 Faltkarte.
- Ampferer, O. (1905): Geologische Beschreibung des Seefelder, Mieminger und Südlichen Wettersteinge-birges. – Jb. k.-k. geol. R.-A., 55:451–562, 16 Abb.
- Gasser, G. (1913): Die Mineralien Tirols einschließlich Vorarlbergs und der Hohen Tauern. – 548 S., Innsbruck (Wagner).
- Henzinger, J., Henzinger, C. & Hoffmann, P. (2011): Tiefgründung bei Sulfatkarst-Bohrpfahlgründung beim Neubau des Erlebnisbades Ehrenberg in Reutte. Tagungsband 8. Österreichische Geotechniktagung 2011, Wien, 2011-02-03 – 04. – S. 1-13, 10 Abb.
- Köhler, M. (1986): Lermooser Tunnel (Außerfern, Tirol) – Baugeologische Verhältnisse, Prognose und tektonische Schlußfolgerungen. – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, 13(15):363–379, 1 Abb., 1 Taf.
- Köhler, M. & Lumasegger, M. (1992): Hydrogeologische Untersuchung des Fernpaßgebietes. – 239 S., Innsbruck (ILF Consulting).
- More, K. S. & Wolkersdorfer, Ch. (2019): An analogue Toma Hill formation model for the Tyrolian Fernpass rockslide. – Landslides, 15 Abb., 7 Tab.; doi:10.1007/s10346-019-01211-w.
- Mostler, W. (2013): Der Fernpassbergsturz in völlig neuem Lichte. Tagungsband Geoforum Umhausen, Umhausen. – S. 20–28, 8 Abb.
- Müller, H. (1984): Hydrogeologisches Gutachten für Grundstück 1913/14 in Biberwier. – 5 S., 1 Abb.; Innsbruck (Agrargemeinschaft Biberwier).

- Schuch, M. F. (1981): Bericht über die Ergebnisse der Hydrogeologischen Untersuchungen im Bereiche des Weißen-, Mitter- u. Finstersees. – 14 S., 1 Abb., 8 Beil.; Innsbruck (Michael F. Schuch).
- Tilch, N., Römer, A., Gruber, A., Lotter, M., Winkler, E. & Schattauer, I. (2014): Erkundung des Untergrundes bei Weißenbach (Lechtal, Bezirk Reutte) im Umfeld der Gips-führenden Raibler Schichten mittels (aero)geophysikalischer Methoden – erste Ergebnisse Tagungsband Geoforum Umhausen, Umhausen. – S. 197–210, 10 Abb.
- Wagner, B., Töpfner, C., Lischeid, G., Scholz, M., Klinger, R. & Klaas, P. (2003): Hydrogeochemische Hintergrundwerte der Grundwässer Bayerns. – GLA Fachbericht, 21:1–250, 107 Abb., 15 Tab.
- Wolkersdorfer, Ch. (2014): Gutachten „Tredelloch“ 2014. – Unveröff. Bericht für Familie Tomelič in 6633 Biberwier. – 16 S., Pretoria (Tshwane University of Technology).
- Wolkersdorfer, Ch., More, K. S. & Lupankwa, M. (2017): Analoge Modellierung von Tomahügeln [An analogue Toma Hill Model]. Tagungsband Geoforum Umhausen, Umhausen. – S. 61–69, 3 Abb., 2 Tab.

Danksagung:

Unser besonderer Dank gilt Herrn Landeshauptmann-Stellvertreter ÖR Josef Geisler, der – wie schon in den vergangenen Jahren – auch heuer das Geoforum Umhausen maßgebend unterstützt und mit seiner Wertschätzung für die Tagung wesentlich zu deren erfolgreichen Ablauf beiträgt.

Seit der ersten Tagung Geoforum Umhausen im Jahr 1999 ist die Gemeinde Umhausen ein unverzichtbarer Partner des Geoforums. Dem Bürgermeister der Gemeinde Umhausen, Herrn Landtagsabgeordneten und Klubobmann Mag. Jakob Wolf möchten wir daher auch heuer sehr danken, dass diese für unsere Tagungen unverzichtbare Partnerschaft nunmehr zum 21. bestens funktioniert.

Die Unterstützung der Gemeinde zeigt sich dankenswerter Weise auch in der mit großem Engagement ausgeführten Mitarbeit durch Frau Lisa Falkner.

Herr Manfred Scheiber (Raiffeisenbank Vorderes Ötztal, Filiale Ötz) hat auch heuer wieder die Gestaltung des Werbeplakates für den öffentlichen Abendvortrag übernommen, damit die Bevölkerung möglichst zahlreich durch diese Abendveranstaltung an der Tagung teilnehmen kann. Vielen herzlichen Dank dafür!

Ich möchte aber auch dem Organisationsteam – allen voran Mag. Petra Nittel-Gärtne und Mag. Wolfram Mostler, sowie Frau Claret Riedl, Mag. Thomas Figl, Mag. Johann Schroll und Mag. Dr. Werner Thöny, Roman Außerlechner, MSc und Katharina Gröbner, MSc – sehr danken. Ohne dieses kleine, aber dafür umso tatkräftigere Team wäre die Organisation der Tagung nicht möglich.

Dr. Gunther Heißel



projekt-partner

QUALITÄTSSICHERUNG
RECYCLINGBAUSTOFFE

koordination mediation kommunikation



FRÖSCHL BAU



PLATTNER & CO



Baugesellschaft m.b.H.

