

24. Geoforum Umhausen 20. – 21. Oktober 2022



Geoforum
Tirol

TAGUNGSBAND

**Grußworte von LA Klubobmann Bgm. Mag. Jakob Wolf,
Bürgermeister von Umhausen**

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer des
24. Geoforum 2022!



Als wir 1999 das Geoforum Umhausen das erste Mal abgehalten haben, waren wir zwar voller Enthusiasmus und Optimismus, trotzdem haben Herr Univ. Prof.

Dr. Helfried Mostler, der leider bereits verstorben ist, Dr. Gunther Heißel und ich als „Gründerväter“ nicht erwartet, so eine erfolgreiche Fachtagungsreihe aus der Taufe gehoben zu haben.

Es hat sich schon damals gezeigt, dass das einmalige Konzept der Tagung, nämlich seine interdisziplinäre Vorgehensweise, die auch genügend Freiraum für Fachdiskussionen inmitten eines angenehmen Ambientes bieten kann, und seine zunehmend internationale Teilnehmerzahl wohl einmalig und damit erfolgreich ist.

Auf meinen Vorschlag hin hat die Tiroler Landesregierung beschlossen, Herrn Hofrat Dr. Gunther Heißel für sein Engagement in Sachen Geoforum Umhausen am Hohen Frauentag (15. August 2022), der in Tirol ein Feiertag ist, mit der Verleihung der Verdienstmedaille des Landes Tirol auszuzeichnen. Die Tiroler Landesregierung will damit auch ihre Wertschätzung für das Geoforum Umhausen hervorheben und die Bedeutung dieser jährlichen Fachtagungen insbesondere für Tirol zum Ausdruck bringen.

Ich darf Ihnen nun eine interessante Tagung wünschen und bin überzeugt, dass das 24. Geoforum Umhausen 2022 an die erfolgreichen Geoforumstagungen seit 1999 anschließen wird. Ich hoffe sehr, dass ich Sie, meine Damen und Herren, auch 2023 beim „Vierteljahrhundert-Geoforum Umhausen-Jubiläum“ 2023 wieder zahlreich hier im schönen Umhausen-Niederthai begrüßen darf.

Mag. Jakob Wolf

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

Grußworte HR Dr. Markus Maaß, Bezirkshauptmann des Bezirkes Landeck



Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer des 24. Geoforums 2022!

Eine internationale und interdisziplinäre Fachtagung, die bereits seit nahezu einem Vierteljahrhundert erfolgreich in Umhausen stattfindet, hat nicht nur eine große Bedeutung innerhalb anderer ähnlicher Veranstaltungen, sondern sie ist auch sehr wichtig für die Menschen, die in den Alpen wohnen und arbeiten oder hier Urlaub machen.

Die Herausforderungen, die durch den engen und gebirgigen Lebensraum gegeben sind, kann man am besten durch vernetztes Vorgehen, das auf vernetztes Denken und Wissen aufbaut, zum Wohle der Bevölkerung meistern. Hier leistete das Geoforum seit seiner ersten Tagung im Jahre 1999 stets einen wichtigen und wertvollen Beitrag. Gerade auch der Bezirk Landeck, der - nicht zuletzt aufgrund seiner Topografie und Geologie - besonders von Naturereignissen betroffen ist, hat stets auf dieses Wissen der Geoforumsfachleute bauen können. Dies gilt natürlich auch für die Bezirks- und die Landesverwaltung, die wichtige Entscheidungen in Krisensituationen ohne fundierte Fachexpertisen nicht treffen kann.

So ist es auch verständlich, dass die Tiroler Landesregierung am 15. August 2022, dem Hohen Frauentag, den Mitbegründer des Geoforums, Herrn Hofrat Dr. Gunther Heißel mit der Verdienstmedaille des Landes Tirol für sein Engagement beim Geoforum Umhausen geehrt hat.

Ich wünsche der Tagung viele spannende Gespräche und Diskussionen und möge sie dazu beitragen, dass die Sicherheit im Alpenraum stetig verbessert wird und sie damit einen wertvollen Beitrag dazu leistet, dass der alpine Raum weiterhin für die Bevölkerung lebenswert bleibt.

Den Teilnehmerinnen und Teilnehmern des 24. Geoforums Umhausen wünsche ich einen schönen Aufenthalt in Umhausen-Niederthai und hoffe sehr, dass noch viele Geoforumstagungen in den nächsten Jahren stattfinden werden.

Dr. Markus Maaß

Bezirkshauptmann von Landeck
2022

Landeck, im September

Grußworte von Elmar Rizzoli, Leiter der Gruppe Tiroler Zentrum für Krisen- und Katastrophenmanagement



Sehr geehrte Tagungsteilnehmerinnen und Tagungsteilnehmer, sehr geehrte Referenten!

Seit der Gründung der „Gruppe Tiroler Zentrum für Krisen- und Katastrophenmanagement“ mit Wirkung vom 01.02.2021 stehe ich dieser als Leiter vor.

Auch im heurigen Jahr hat es wieder kleinere Adaptierungen innerhalb der Gruppe gegeben, sodass dieses Zentrum für Krisen- und Katastrophenmanagement nunmehr 3 Abteilungen umfasst, die Fachleute zum Krisenmanagement und zur Prävention vor Naturereignissen beinhalten. Der Fachbereich Landesgeologie, der sich in zahlreichen Krisensituationen, hervorgerufen durch teils katastrophale Naturereignisse, über viele Jahre bestens bewährt und ausgezeichnet hat, ist ein wichtiger Bestandteil dieses Zentrums für Krisen- und Katastrophenmanagement und bereits sehr gut integriert.

Als Leiter dieses Zentrums begrüße ich Fachtagungen, wie das seit 1999 erfolgreiche Geoforum Umhausen mit seiner ganzheitlichen Herangehensweise zu den Problemen und Problemlösungen angesichts des erwarteten Klimawandels sehr und ich freue mich daher auch sehr, auch heuer wieder an dieser interdisziplinär und international besetzten Tagung teilhaben zu können.

Für eine erfolgreiche und rasche Krisenbewältigung ist das möglichst optimale Zusammenspiel aller Kräfte unabdingbar. Dies bedeutet, dass Blaulichtorganisationen und Sachverständigenstab die Fähigkeit besitzen müssen Hand in Hand vorgehen zu können. Voraussetzung ist dabei auch, dass Sachverständige in der Lage sind, rasche Entscheidungen nicht nur den Entscheidungsträgern der Einsatzleitungen und der Blaulichtorganisationen verständlich und nachvollziehbar darlegen zu können, sondern dass dies auch gegenüber der betroffenen Bevölkerung in einer für sie verständlichen Art und Weise geschieht.

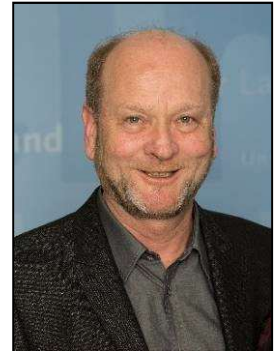
Dieses Zusammenspiel muss auch geübt werden, wobei neben theoretischen Übungsabläufen auch praktische Einsatzsituationen in die Übungen einzubeziehen sind. Diese Übungen sind in der Regel von Einsatzorganisationen und Experten gemeinsam durchzuführen. Das Fachwissen muss stets auf dem neuesten Stand sein. Das Geoforum Umhausen hat bereits in vielen Tagungen seit 1999 diese Anforderungen hervorgehoben, indem immer wieder neben Geologen, Geotechnikern, Wasserbauexperten und Meteorologen auch Krisenkommunikationsfachleute, Vertreter der Blaulichtorganisationen, Juristen und andere ihr diesbezügliches Fachwissen dargelegt und zur Diskussion gestellt haben.

Auch das 24. Geoforums Umhausen beschreitet weiterhin den bisherigen, sehr erfolgreichen Weg einer interdisziplinären Tagung. Ich darf daher meinem Wunsch zu einer sehr erfolgreichen Tagung 2022, aber auch zu den Geoforumstagungen der nächsten Jahre Ausdruck verleihen und dazu alles Gute wünschen

Elmar Rizzoli
(Leiter der Gruppe Tiroler Zentrum für Krisen- und Katastrophenmanagement)

Grußworte von Hofrat Dr. Gunther Heißel

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer des 24. Geoforum 2022!



Dass das Geoforum Umhausen heuer bereits zum 24. Mal stattfindet, ist allein schon ein Umstand, der mich sehr freut und ehrt.

Am Hohen Frauentag, also am 15. August 2022, habe ich aus den Händen der beiden Landeshauptleute Günther Platter (Nordtirol) und Arno Kompatscher (Südtirol) die Verdienstmedaille des Landes Tirol für meine Verdienste um das Geoforum Umhausen feierlich überreicht bekommen. Diese hohe Auszeichnung, die für mich wirklich etwas Besonderes ist, wurde mir auf Vorschlag von Herrn Klubobmann LA Bürgermeister Mag. Jakob Wolf durch Beschluss der Tiroler Landesregierung zuteil. So möchte ich mich bei der gesamten Tiroler Landesregierung sehr für die Verleihung der Verdienstmedaille und damit für die große Wertschätzung, die sie stets für das Geoforum gezeigt hat, bedanken.

Meine sehr geehrten Damen und Herren, liebe Vortragende und Tagungsteilnehmer seit dem ersten Geoforum Umhausen im Jahre 1999! Ich bin mir dessen bewusst, dass diese ehrende Auszeichnung natürlich auch Euch allen gilt. Sie zeigt, dass das Geoforum Umhausen innerhalb Tirols und weit darüber hinaus als interdisziplinäre und internationale jährliche Fachtagung einen hohen Ruf hat, der durch Eure Teilnahme, sowie durch eure interessanten Vorträge und Beiträge zustande gekommen ist. Ich darf Euch allen dafür herzlich Danke sagen.

Natürlich möchte ich meinen Dank auch meinem kleinen, aber schlagkräftigen Organisationsteam rund um Mag. Petra Nittel-Gärtner und Mag. Wolfram Mostler ausdrücken. Ohne sie könnten die Tagungen sicher nicht so perfekt organisiert werden. Dies gilt auch für die Landesgeologen unter der Führung von Mag. Thomas Figl, die den Tagungsablauf tatkräftig organisatorisch begleiten.

Für mich gilt daher die Auszeichnung auch ihnen.

Schließlich möchte ich betonen, dass die beiden Mitbegründer des Geoforums, der leider bereits verstorbene Univ. Prof. Dr. Helfried Mostler, sowie der Bürgermeister der Gemeinde Umhausen, Herr Klubobmann LA Mag. Jakob Wolf zu den tragenden Säulen des Geoforums gehören und daher für mich auch sie beide zu den Ausgezeichneten zu zählen sind.

Ich darf nun hoffen, dass das Geoforum mit eurer Hilfe, mit euren interessanten Vortragsbeiträgen und mit eurer Teilnahme dieser Auszeichnung der Verdienstmedaille weiter gerecht werden wird und dass wir diesen Erfolgsweg auch in Zukunft gemeinsam weitergehen werden.

In diesem Sinne wünsche ich uns allen einen interessanten und angenehmen Tagungsverlauf und hoffe, dass wir uns auch 2023 zum 25 Geoforum Umhausen gesund und zahlreich wieder treffen werden.

Hofrat Dr. Gunther Heißel
(Präsident des Geoforum Tirol)

Inhaltsverzeichnis

<i>Die Tragweite der Geothermie aus technischer und ethischer Sicht“ „BEER“ Die umweltfreundliche Methode zu fracken</i>	<i>7</i>
<i>Können wir in Zukunft noch Ski fahren?? – Die Veränderungen der Schneeparameter in mittleren alpinen Höhenlagen (Almen) in den vergangenen etwa 100 Jahren und mögliche Szenarien bis zum Jahr 2050.....</i>	<i>11</i>
<i>Methoden Ferndetektion alpiner Massenbewegungen</i>	<i>25</i>
<i>Polizeichroniken als Schatzkammer für den Naturgefahren-Ereigniskataster im Land Salzburg</i>	<i>33</i>
<i>Hangbewegungen und deren Auswirkungen auf Wohn- und Wirtschaftsgebäude im Alpenraum am Beispiel Grins.....</i>	<i>43</i>
<i>Geologie als Grundlage wasserwirtschaftlicher Planung in Vorarlberg.....</i>	<i>60</i>
<i>Geologische Verhältnisse bei der Zielbohrung Gerlos – Wald.....</i>	<i>68</i>
<i>Geotechnische Probleme beim Bau der Schlossgalerie Landeck – Fließ.....</i>	<i>80</i>
<i>L 76 Landecker Straße Neubau Schlossgalerie.....</i>	<i>94</i>
<i>ABENDVORTRAG</i>	<i>108</i>
<i>Das geologische Kartenblatt 114 Holzgau: Neue Wege in der quartärgeologischen und tektonischen Gliederung.....</i>	<i>109</i>
<i>„Wiederverwenden statt verschwenden“ Schonung der natürlichen Ressourcen am Beispiel der Kreislaufbaustelle Kraftwerk Sellrain</i>	<i>115</i>
<i>Intradisziplinäre Ansätze zur Erfassung von hydrogeologischen Bedingungen in einem alpinen Einzugsgebiet in Sibratsgfall (Bregenzerwald).....</i>	<i>127</i>
<i>Energieaufnahmefähigkeit von Drahtzäunen als Abrollschutz unter Verwendung von hochfesten Geflechten.....</i>	<i>137</i>

Die Tragweite der Geothermie aus technischer und ethischer Sicht“

„BEER“

Die umweltfreundliche Methode zu fracken

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Herbert Hofstätter

Montanuniversität Leoben

Allgemeines:

Erdöl- und Erdgaslagerstätten finden sich üblicherweise in von der Natur geschaffenen Speichergesteinen unterschiedlichster Art. Das Gleiche gilt auch für geothermische Lagerstätten. Diese Gesteine zeichnen sich dadurch aus, dass sie porös sind und in eben diesen kleinen Poren können die Kohlenwasserstoffe beziehungsweise das Heißwasser lagern. Neben dieser Grundvoraussetzung spielt aber auch die Durchlässigkeit dieser Porenräume – auch Permeabilität genannt – eine wesentliche Rolle um die Medien auch tatsächlich fördern zu können.

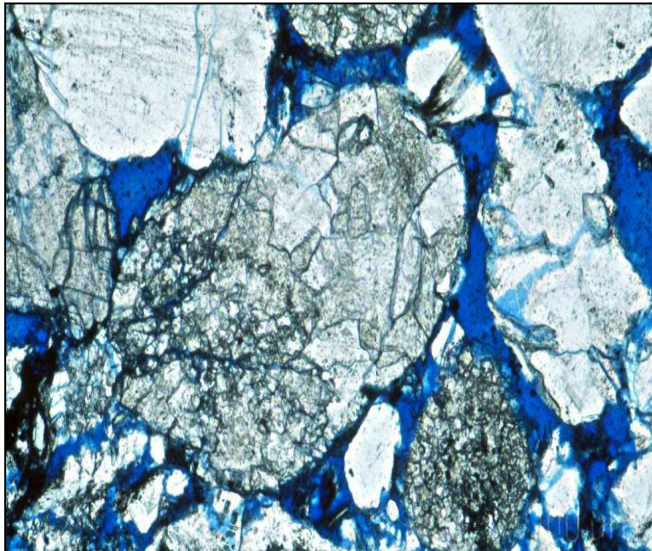


Abb.1: Mikroskopische Aufnahme eines Speichergesteins, die Porenräume sind blau eingefärbt

Sind nun die Fließwege nicht gegeben besteht die Möglichkeit einer Stimulation mit Säure. Dieses Verfahren erlaubt aber nur eine Anwendung im bohrlochnahen Bereich. Um Fließwege in mehrere hundert Meter Entfernung zu erzeugen, kann ein Fracking verfahren verwendet werden. Für diese Technologie hat die Menschheit bei Mutter Natur Anleihe genommen: Wer mit offenen Augen durch die Natur marschiert kann leicht die Unzahl an natürlichen Klüften sehen, aus denen bisweilen Wasser Austritt. Diese sind überwiegend durch die sogenannte Platen tektonik verursacht, bei der enorme Kräfte frei werden und die Gesteinsschichten aufbrechen. Ebendiese Technik macht man sich beim Fracking durch Anlegen von hydraulischem Druck zunutze und schafft damit in der Lagerstätte die künstlichen Fließwege.



Abb. 2: *Natürlich gefaltete und geklüftete Gesteinsschichten*

Da die künstlich geschaffenen Klüfte jedoch nicht freiwillig offen bleiben, werden sie durch das Einbringen von speziellen Materialien gestützt und damit ist der Zufluss für die Medien gesichert. Die Herausforderung dabei ist das Einbringen dieser Stützmittel an die richtige Stelle und dies über weite Strecken – nicht nur in vertikaler, sondern auch in horizontaler Richtung. Dazu braucht man ein flüssiges und pumpbares Transportmedium. Reines Wasser würde sich nicht eignen, zumal es keinerlei Tragfähigkeit besitzt, aber genau das wird für den Transport an Ort und Stelle benötigt. Dazu werden durch Zugabe von Additiven die chemischen und physikalischen Eigenschaften von Wasser angepasst um allen Anforderungen zu genügen. Die Fracking Technologie ist nicht neu, sie wird seit den vierziger Jahren des vergangenen Jahrtausends weltweit angewendet, auch in Deutschland und Österreich.

Bio Enhanced Energy Recovery (BEER):

Die Verwendung der verschiedensten Chemikalien bei den herkömmlichen Verfahren hat in der Vergangenheit oftmals heftige internationale Kritik hervorgerufen, bisweilen nicht zu Unrecht. Die Sorge um das Trinkwasser ist weit verbreitet, in den Medien wurden Horrorszenarien gezeigt, wobei Gas aus dem Wasserhahn austritt und sich entzündet. Letzteres ist technisch unmöglich und wurde später sogar vom Filmproduzenten als Fake bestätigt. Natürlich ist bereits in der Planungsphase die Beweissicherung der Integrität des Bohrlochs oberstes Gebot um eine Kommunikation mit dem Grundwasserträger ausschließen zu können. Die vielfach geäußerten Bedenken hinsichtlich Erdbeben sind unberechtigt: Mit den heutigen geophysikalischen Messmethoden lassen sich sogar die geringsten Erschütterungen messen, die aber von einem Menschen niemals wahrnehmbar sind. Diese Messungen sind aber für die Verfolgung der genauen Ausbreitung der künstlich erzeugten Klüfte von essentieller Bedeutung.

Um auch den umwelttechnischen Anforderungen zu genügen wurde an der Montanuniversität Leoben ein neues Verfahren entwickelt, bei dem nur Kaliumkarbonat und Stärke verwendet werden. Dank der hervorragenden Eigenschaften von Kaliumkarbonat kann damit allen chemischen Anforderungen genügt werden. Die Tragfähigkeit wird in erster Linie durch die Stärke bereitgestellt. Kaliumkarbonat ist hinlänglich in der Agrarindustrie als Düngemittel bekannt, Stärke wird unter anderem in der Lebensmittelindustrie verwendet. Dieses Verfahren wurde zur Beweissicherung von internationalen Firmen überprüft und bestätigt, sämtliche Additive sind behördlich genehmigt.

Mit diesem Verfahren konnte also ein ganz wesentlicher Beitrag zur Versorgungssicherheit mit Kohlenwasserstoffen geleistet werden, der allen technischen, umwelttechnischen aber auch ökonomischen Anforderungen genügt. Eine besondere Bedeutung gewinnt das Verfahren auch bei der Gewinnung von geothermischer Energie: Auch bei den Heißwasserlagerstätten wird oftmals zwar die erforderliche Temperatur angetroffen, nur der Zufluss ist mangelhaft und lässt eine wirtschaftliche Förderung nicht zu. Aber auch hier kann das „Bio Enhanced Energy“ Verfahren einen entscheidenden Beitrag zur Gewinnung von erneuerbarer Energie leisten. In allen Fällen ist jedoch vor der Anwendung des Verfahrens die Integrität des bestehenden und zu frackenden Bohrlochs zu beweissichern, um jedwede Kommunikation mit dem Grundwasserkörper ausschließen zu können.

Die Tragweite der Geothermie für die Erdöl- und Erdgasgewinnung:

Die Nutzung der geothermischen Energie zum Zwecke der Verstromung oder für Heizzwecke auf den verschiedensten Temperaturniveaus ist hinlänglich bekannt, leider aber in unseren Breiten weitgehend nur spärlich umgesetzt. Die geothermische Energiegewinnung kann aber auch für die Kohlenwasserstoffindustrie von enormer Bedeutung sein. Erdöl ist bekannt für sein interessantes Viskositätsverhalten. Die Viskosität steigt in der Regel mit fallender Temperatur exponentiell. Bedenkt man aber dass bei der Förderung im Steigrohr das Erdöl gravierend abkühlt und damit die Viskosität exponentiell steigt, bedeutet dies erhebliche Druckverluste im System und damit gravierende Verluste bei der Förderung. Kann hingegen die geothermische Energie aus der Lagerstätte soweit konserviert werden, dass die Temperaturverluste weitgehend verhindert werden, kann dies einen signifikanten Produktionsgewinn bedeuten. Aber noch viel wichtiger ist in vielen Fällen, dass die Ausfällung von Paraffinen und Asphaltene verhindert werden kann. Diese führen nämlich zu einer signifikanten Verkleinerung des Rohrquerschnittes und damit zu einem weiteren Produktionsabfall. Im „worst case szenario“ verschließt sich das Bohrloch total und die Förderung ist unterbrochen.

Um dieses Phänomen auch tatsächlich nutzen zu können wurde an der Montanuniversität Leoben ein Simulationsprogramm erstellt, welches alle kritischen Parameter die bei der geothermischen Energiegewinnung relevant sind berücksichtigt, gleichzeitig aber auch das Verhalten von Erdöl in der Produktionsphase mit einbezieht. Ein ganz wesentlicher Aspekt ist dabei auch die Verwendung der geeigneten Materialien, welche die Konservierung der geothermischen Energie auf dem Weg von der Lagerstätte nach Obertage erlaubt.

Die Nutzung der geothermischen Energie hat aber auch für die Erdgasproduktion eine besondere Bedeutung: Auch Erdgas reagiert bei der Förderung sehr sensibel wenn es eine Abkühlung erfährt. Das Volumen schrumpft massiv und die Fließgeschwindigkeit wird dadurch massiv reduziert. Dies wiederum hat zur Folge, dass die aus der Lagerstätte mitgeführten Flüssigkeitströpfchen bei Erreichen einer kritischen Geschwindigkeit nicht mehr ausgetragen werden können und sich im Bohrloch ansammeln. Diese Akkumulation hat wiederum zur Folge, dass ab einer gewissen Höhe der Wassersäule die Energie der Lagerstätte nicht mehr ausreicht und die Sonde stirbt. Die künstliche Förderung von Flüssigkeiten aus Gassonden ist zwar bis zu einem gewissen Maß technisch machbar, aber insbesondere für druckschwache und tiefe Bohrlöcher bedeutet dieses Phänomen das Ende der Produktion und damit den Verlust von Erdgasreserven. Mit der oben beschriebenen Energiekonservierung durch geeignete Isolationsmaterialien

kann aber auch dieses Problem über einen gewissen Zeitraum gelöst werden. Also ein weiterer Beweis für die weitreichende Tragweite der geothermischen Nutzung.

Zusammenfassung:

Zum Unterschied von anderen erneuerbaren Energiequellen steht die geothermische Energie permanent zur Verfügung, unabhängig von Jahreszeit und Wind und Wetter. Ebenso ist diese Art der Energiequelle weltweit verbreitet, wenngleich auch mit unterschiedlichen Temperaturgradienten. Ein limitierender Faktor mag die mangelnde Schüttung der Bohrlöcher aufgrund der bescheidenen Gesteinsdurchlässigkeiten sein. Aber auch hier kann Abhilfe mit einer neuen und umweltfreundlichen Frackingmethode geschaffen werden, welche auch aus ethischer Sicht vertretbar ist. Damit kann auch ein ganz wesentlicher Beitrag zur Energieversorgungssicherheit für die nächsten Generationen geleistet werden.

Die Tragweite der Nutzung von geothermischer Energie ist jedoch viel breiter als üblicherweise angedacht: Neben der Erzeugung von Strom und der Heißwassergewinnung kann die geothermische Nutzung auch einen wesentlichen Beitrag zur Erdöl- und Erdgasförderung leisten. Durch die Verwendung geeigneter Isolationsmaterialien kann nachweislich das Produktionsverhalten und somit die Wirtschaftlichkeit verbessert werden. Somit kann das ökonomische Limit von Lagerstätten weit in die Zukunft verschoben und damit die Ausbeutefaktoren der Lagerstätten verbessert werden.

**Können wir in Zukunft noch Ski fahren?? –
Die Veränderungen der Schneeparameter in mittleren alpinen Höhenlagen (Almen)
in den vergangenen etwa 100 Jahren und mögliche Szenarien bis zum Jahr 2050**

Günther Aigner

ZUKUNFT SKISPORT – research & consulting

Damit beschäftigt sich ein Skitourismusforscher:



**Wer kann sich das Skifahren
in Zukunft noch leisten?**

Meine These:

Das Skifahren wird zum Luxusport!

Damit beschäftigt sich ein Skitourismusforscher:



**Muss man sich
für das Skifahren schämen?**

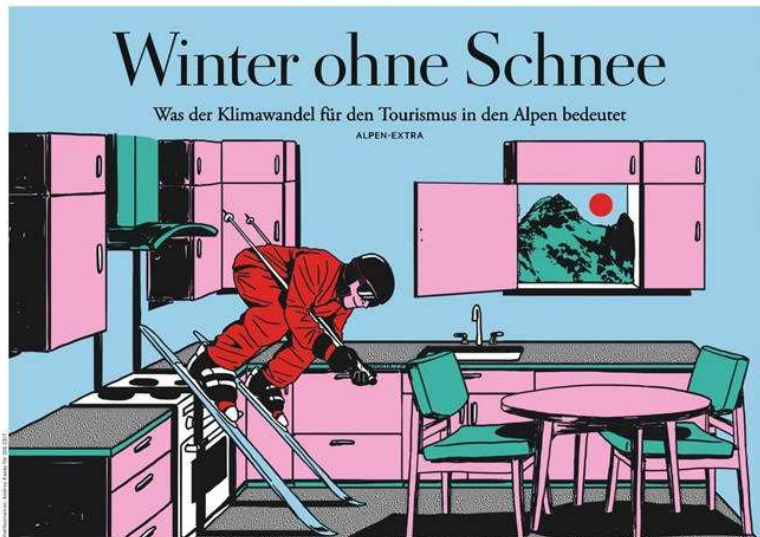
Meine These:

Das Image des Skifahrens ist bedenklich!

Darüber wollen wir heute reden:



**Werden wir in Zukunft noch
Schnee und Kälte erleben?**



Die ZEIT „Alpen-Ausgabe“ vom 09. Dezember 2021
 © Die ZEIT 2021



Winter sports
Skiing goes downhill

PUNTA SERAUTA, ST MORITZ AND WANLONG
 Global warming and ageing populations pose a double threat to winter sports. The industry's response is making it all worse

THE great limestone peaks of the Dolomites glow ochre and pink in the summer beginning of the Industrial Revolution have so far warmed the world by roughly

that the number of skier-days (visits to slopes for part of or a whole day) in world's main ski destinations fell from about 350m in the 2008-09 season to about 320m in 2015-16. This includes declines in the United States, Canada, France, Switzerland, Italy and, most markedly, fast-ageing Japan. The drop would be larger still were it not for breakneck growth in China, where skier-days nearly tripled the same period to 10m. American rescues (usually small ones) have been close

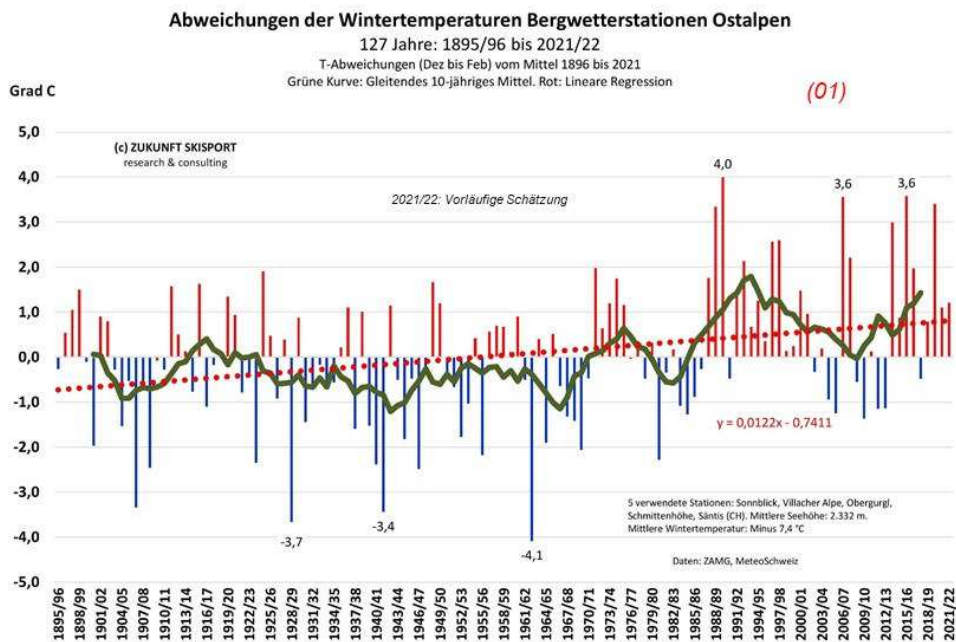
„Skiing goes downhill“ kann sinngemäß mit „Ski fahren geht den Bach hinunter“ übersetzt werden.

<https://www.economist.com/international/2018/01/27/winter-sports-face-a-double-threat-from-climate-and-demographic-change>

Werden wir in Zukunft noch Schnee und Kälte erleben?

Schritt 1: Der Blick in die Vergangenheit

7



Seit 1895/96 sind die Winter auf Österreichs Bergen um etwa 1,0 Grad (30-jähriges Mittel) bis 1,5 (linearer Trend) Grad Celsius milder geworden. Diese Erwärmung entspricht einem Anstieg der Schneegrenze um etwa 200 Meter.
(6, Abstract) (7, S. 45) (8) Die Extremwerte: Der Winter 1962/63 war um 4,1 °C kälter als das 126-jährige Mittel, 1989/90 um 4,0 °C zu mild.

8



1962/63: So sieht ein extrem kalter Winter aus
 Kältester Winter seit Beginn des Skisports
 Bisher letzte Seegfrörne am Bodensee
 Eisprozession von Hagnau (D) nach Münsterlingen (CH) am 12. Februar 1963
 © Picture Alliance Harry Flesch



18. Jänner 2007

Fotos: © Kitzbüheler Skiclub (K.S.C.)



20. Jänner 2007

2006/07: So sieht ein extrem milder Winter aus
 Zweitmildester bzw. mildester (je nach Station und Höhenlage) Winter seit Beginn des alpinen Skisports

Legendärer Wintersturm „Kyrill“ – bis 216 km/h (gemessen am Gaisberg / Salzburg). Fotovergleich Hahnenkammrennen Kitzbühel (Steilhangausfahrt / Brückenschuss). Der Sturm zerstörte in nur einer Nacht die rennfertige „Streif“. *„Aus meteorologischer Sicht sensationell war während des Sturmdurchganges ein Anstieg der Lufttemperaturen auf bis zu 20 °C, sodass mitten in der Nacht (!) zahlreiche Jänner-Temperaturrekorde regelrecht pulverisiert wurden.“*

www.zukunft-skisport.at

(11)

10

Die Station Vermunt (Montafon)



Das Schneemessfeld der hydrometeorologischen Station Vermunt (1.754 m)
Die Station kann auch in Zukunft auf ihrem seit 1926 angestammten Ort verweilen. Foto: illwerke | vkw

11

Herausragende Qualität der Messreihe



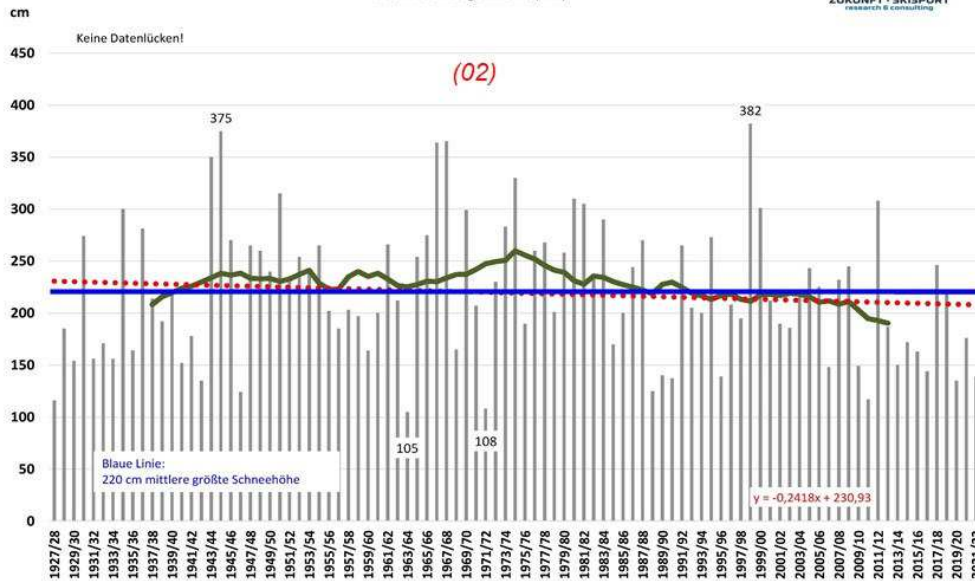
- Die hydrometeorologische Station „Vermunt“ liegt auf einer Seehöhe von 1.754 m. Der Standort der Station ist seit 1926 praktisch unverändert. Seit damals wird in Vermunt täglich nach den gleichen Kriterien der Schnee gemessen – selbst für die Zeit im Zweiten Weltkrieg gibt es nur Messlücken von wenigen Tagen. Alle Messrapporte sind nach wie vor archiviert. Das kann als absoluter Glücksfall für die Forschung bezeichnet werden und ist für eine Station in der alpinen Höhenstufe einzigartig.
- Wir können davon ausgehen, dass die Station noch viele Jahrzehnte verlässliche Daten liefern darf.
- Die historischen Schnee- und Niederschlagsmessungen in Vermunt waren zu keinem Zeitpunkt von touristischem Interesse. Vielmehr war für den Betreiber der tatsächlich gemessene Niederschlag als Grundlage für die Energieproduktion entscheidend. Eine „Manipulation“ der Schneedaten, wie es in wintertouristisch genutzten Gebieten manchmal misstrauisch geargwöhnt wird, wäre geradezu absurd.
- **Die Station Vermunt ist eine außerordentlich homogene Reihe. Sie ist eine der qualitativ hochwertigsten Schneemessreihen der Welt in der alpinen Höhenstufe – ein Glücksfall für die Forschung.**

12

Jährlich größte Schneehöhen in Vermunt (Montafon, 1.754 m)

95 Jahre: 1927/28 bis 2021/22

Grün: Gleitendes 20-jähriges Mittel, Rot: Lineare Regression
Daten: Vorarlberger Illwerke (VIW)



Jährlich größte Schneehöhen in Vermunt (1.754 m)

Die Trendlinie (rot) sinkt mit einer mittleren Rate von 24 cm pro 100 Jahre. Nicht statistisch signifikant.
Grün: Seit dem Maximum in den 1970er-Jahren ist ein sinkender Trend zu beobachten.

13

Zur Entwicklung der jährlich größten Schneehöhen

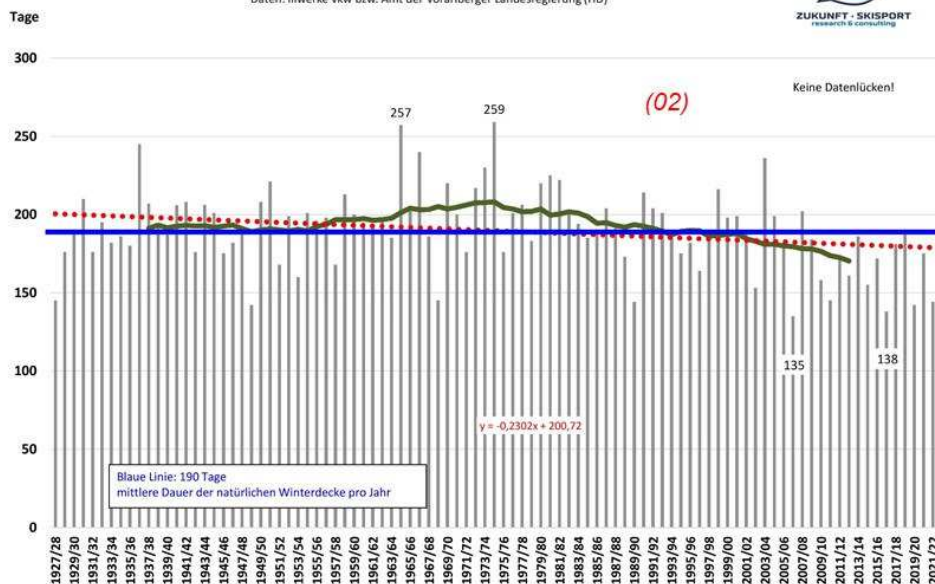


- Die Trendlinie (lineare Regression) fällt von 231 auf 208 cm. Das ist eine Abnahme von 23 cm oder 10,0 Prozent in 95 Jahren.
- Dieser leichte Rückgang ist nicht statistisch signifikant.
- Grüne Kurve: Im gleitenden 20-jährigen Mittel erreichen die Schneehöhen in den 1970er-Jahren ihr Maximum. Seither haben sie deutlich abgenommen.
- Die Extremwerte:
Die beiden Winter 1944/45 und 1998/99 brachten Schneehöhen von fast 4 m. Hingegen konnte 1963/64 und 1971/72 über den gesamten Winter jeweils keine Höhe der Schneedecke von mehr als 108 cm gemessen werden. Beide Extreme sind durchaus erstaunlich.

Dauer der natürlichen Winterdecke in Vermunt (Montafon, 1.754 m)

95 Jahre: 1927/28 bis 2021/22

Grün: Gleitendes 20-jähriges Mittel. Rot: Lineare Regression.
Daten: ilwerke vkw bzw. Amt der Vorarlberger Landesregierung (HD)



Dauer der Winterdecke in Vermunt (1.754 m)

Die Trendlinie (rot) sinkt mit einer mittleren Rate von 23 Tagen pro 100 Jahre. Nicht statistisch signifikant.
Grün: Seit dem Maximum in den 1970er-Jahren hat sich die Dauer der Schneebedeckungsperioden reduziert.

15

Zur Entwicklung der Schneebedeckungsperioden



- Die Trendlinie (lineare Regression) fällt von 201 auf 179 Tage. Das ist eine Abnahme von 22 Tagen oder 11,0 Prozent in 95 Jahren.
- Dieser leichte Rückgang ist nicht statistisch signifikant.
- Grüne Kurve: Im gleitenden 20-jährigen Mittel erreicht die Dauer der Winterdecke in den 1970er-Jahren ihr Maximum. Seither ist ein deutlich sinkender Trend erkennbar.
- Die Extremwerte:
Der Winter 1974/75 brachte mit 259 Tagen die längste jemals beobachtete durchgehende Schneebedeckungsperiode. Die Winterdecke dauerte vom 25. September bis zum 08. Juni an. Nur an 106 Tagen war die Station Vermunt in der Periode 1974/75 schneefrei.
Hingegen dauerte die Winterdecke im milden und schneearmen Winter 2006/07 (Wintersturm „Kyrill“) lediglich 135 Tage.

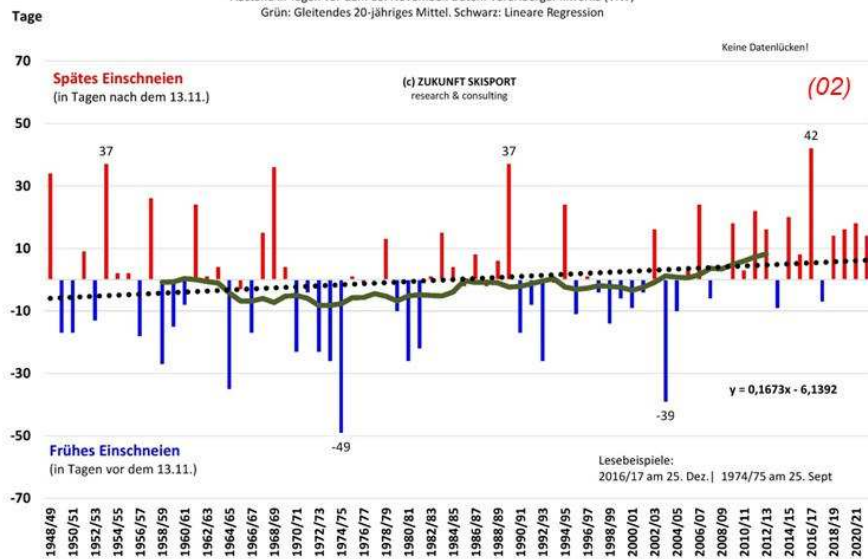
Anm: Der Fachausdruck „Winterdecke“ beschreibt die längste zusammenhängende Schneebedeckungsperiode eines Winters. Der Volksmund spricht bei ihrem Beginn vom „Einschneien“ bzw. „Zuaschneiben“ und am Ende vom „Ausapern“.

Beginn der Winterdecke in Vermunt (Montafon, 1.754 m)

74 Jahre: 1948/49 bis 2021/22

Abstand in Tagen vor dem 13. November. Daten: Vorarlberger Illwerke (VIW)

Grün: Gleitendes 20-jähriges Mittel, Schwarz: Lineare Regression



Zeitpunkt des „Einschneiens“ in Vermunt (1.754 m)

Im Mittel der vergangenen 74 Jahre hat sich die Winterdecke am 13. November gebildet.

Die Trendlinie (schwarz) zeigt eine Verspätung der Einschneizeitpunkte an – und zwar mit einer mittleren Rate von 17 Tagen pro 100 Jahre. Grün: Seit dem Minimum in den 1970er-Jahren wurde eine Verspätung der Einschneizeitpunkte festgestellt.

17

Zur Entwicklung der Einschneizeitpunkte



- Im Mittel der vergangenen 74 Jahre hat sich die Winterdecke am 13. November gebildet (= einschneien, „zaschneibn“).
- Die Trendlinie (lineare Regression) zeigt einen Trend zu verzögerten Einschneizeitpunkten von 17 Tagen pro 100 Jahre. Diese Verzögerung ist nicht statistisch signifikant.
- Grüne Kurve: Innerhalb der vergangenen drei Jahrzehnte zeigt sich ein klarer Trend zu späteren Einschneizeitpunkten.
- Die Extremwerte:
1974/75 bildete sich die Winterdecke ab dem 25. September, also 49 Tage früher. Hingegen schneite es in der Periode 2016/17 erst am 25. Dezember ein – das ist aus statistischer Sicht 42 Tage später.
- Die Spannweite zwischen diesen beiden Extremen liegt bei erstaunlichen 91 Tagen. Das heißt, dass der Beginn der Winterdecke in Vermunt um bis zu drei Monate variiert hat. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich diese Spannweite vergrößert.

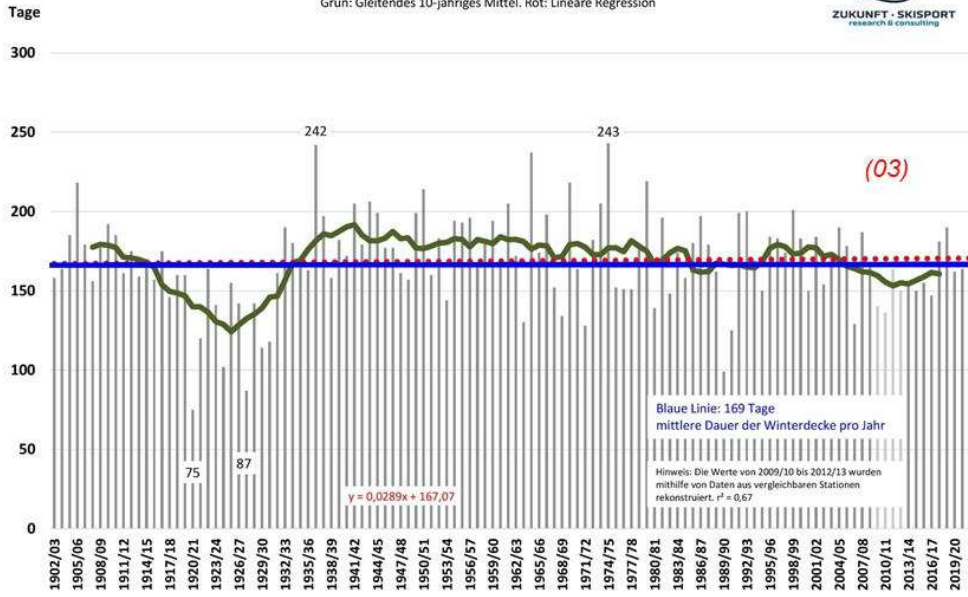
18

Dauer der natürlichen Winterdecke am Mitterberg (1.503 m)

120 Jahre: 1902/03 bis 2021/22

Mühlbach am Hochkönig (AUT). Daten: Fam. Radacher, LWD Sbg

Grün: Gleitendes 10-jähriges Mittel. Rot: Lineare Regression



Dauer der Winterdecke am Mitterberg (Mühlbach am Hochkönig, 1.503 m)

Die Trendlinie (rot) bleibt unverändert.

Grün: Auffällig sind das Minimum in den 1920er-Jahren und der konstante Rückgang in den vergangenen 8 Jahrzehnten.

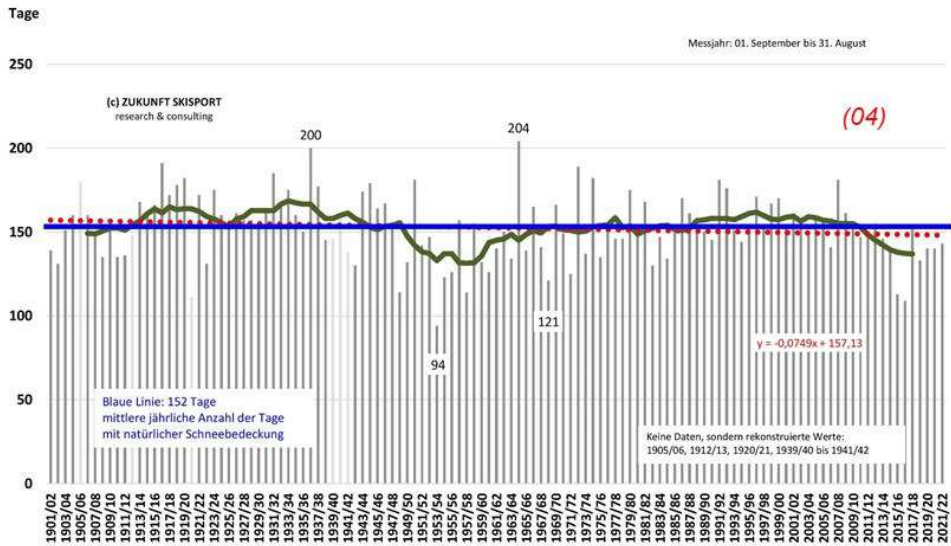
19

Tage mit natürlicher Schneebedeckung pro Messjahr in Gerlos (1.263 m)

121 Jahre: 1901/02 bis 2021/22

Daten: Amt der Tiroler Landesregierung (HD)

Grün: Gleitendes 10-jähriges Mittel



Tage mit natürlicher Schneebedeckung in Gerlos (Tirol, 1.263 m)

Die Trendlinie (rot) bleibt praktisch unverändert.

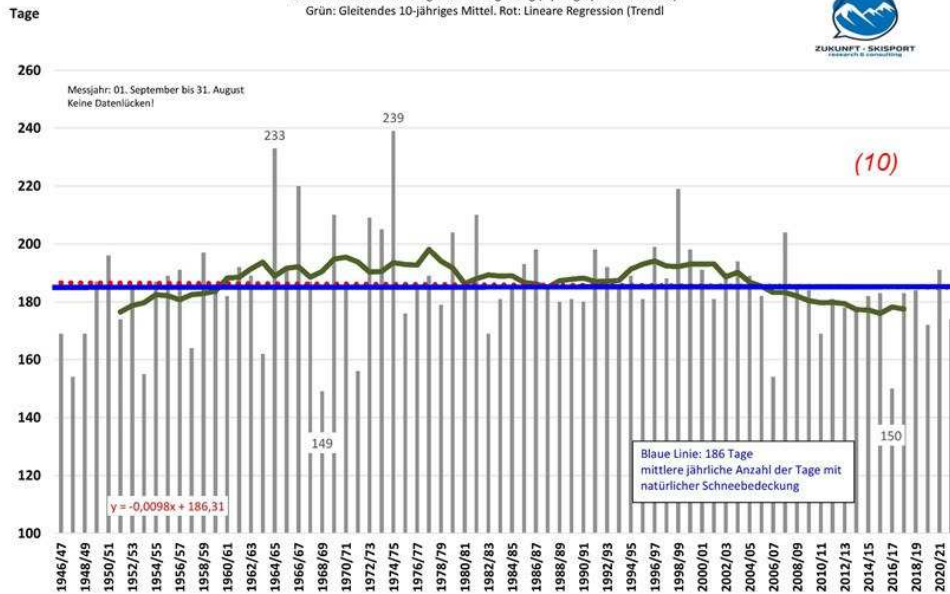
Grün: Auffällig sind die Minima in den 1950er-Jahren und in der Gegenwart.

20

Anzahl der Tage mit natürlicher Schneebedeckung pro Messjahr in Lech am Arlberg (1.470 m)

76 Jahre: 1946/47 bis 2021/22

Daten: Amt der Vorarlberger Landesregierung (Hydrographischer Dienst)
Grün: Gleitendes 10-jähriges Mittel, Rot: Lineare Regression (Trend)



Tage mit natürlicher Schneebedeckung in Lech am Arlberg (1.470 m)

Die Trendlinie (rot) bleibt praktisch unverändert.

Grün: Auffällig sind die Minima in den 1940er-Jahren und in der Gegenwart.

21



ZUKUNFT · SKISPORT
research & consulting

Werden wir in Zukunft noch Schnee und Kälte erleben?

Schritt 2:

Ein kurzer Blick in die Zukunft

22

Auswirkungen des Klimawandels bis 2050



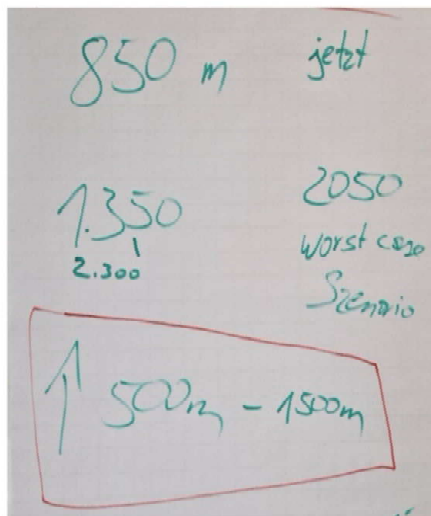
- Für die Einschätzung der Erwärmung der Winter bis zum Jahr 2050 stehen die offiziellen österreichischen Klimaszenarien ÖKS15 zur Verfügung. Sie repräsentieren den aktuellen Stand der Wissenschaft.
- Im „Worst Case“ wird von einer Erwärmung um bis zu 1,3 °C ausgegangen. *(9, S. 30) (5, S. 40f)*
Gleichzeitig soll der Winterniederschlag tendenziell zunehmen. *(9, S. 31, Abb. 2.8)*
Ausgangsbasis der Szenarien ist der Mittelwert 1971 – 2000 (9, S. 29)
- Allgemein wird angenommen, dass die Schneegrenze mit jedem Grad Erwärmung um etwa 120 bis 170 Meter ansteigt – im Winter stärker als im Sommer. *(6, Abstract) (7, S. 45) (8)*
- **Somit steigt die winterliche Schneegrenze im Worst-Case-Szenario bis zum Jahr 2050 – bei leicht zunehmendem Niederschlag – um gut 200 Meter an.**

23

Interpretation: Auswirkungen bis 2050



- Eine zunehmende winterliche Erwärmung würde vor allem in den Ballungsräumen dazu führen, dass kein Wintergefühl mehr erlebbar wäre.
- Sprich: Tiroler, die in der Inntalfurche wohnen, kämen im Alltag kaum noch mit dem Winter in Berührung. Ebenso beispielsweise Münchner, Linzer oder Wiener. Aber auch in den Tälern der klassischen Wintersportorte würden sich die Aussichten für das Langlaufen oder Winterwandern auf Naturschnee deutlich eintrüben.
- **Für ein dauerhaftes Ausbleiben des Schnees in unseren Almenregionen müssten die Erwärmungsraten weit über die Worst-Case-Szenarien hinausschießen. In den meisten der klassischen ostalpinen Skigebiete dürften die Auswirkungen der skizzierten Klimaszenarien bis 2050 kaum spürbar sein.**



Frage: Um wie viele Meter wird die Schneegrenze in Österreich ansteigen, wenn bis zum Jahr 2050 das "worst case"-Szenario (RCP8.5) der Klimamodellsimulationen eintritt?

Die Studierenden dieser FH-Kufstein-Klasse haben sich am Ende der Diskussion auf einen Anstieg der Schneegrenze um etwa 500 bis 1.500 Meter geeinigt. Das heißt, die gleiche Schneesicherheit wie heute auf 850 Meter Seehöhe wird im Jahr 2050 auf einer Seehöhe zwischen 1.350 und 2.350 Meter vermutet.

Die Wissenschaft (ÖKS-15-Klimaszenarien) legt uns einen „worst-case“-Anstieg von etwa 200 m nahe. Frage: Woher kommt dieser extreme „gap“?

→ Diskussion an der FH Kufstein,
BA-Studiengang „SKVM“, am 15. Oktober 2022

Fazit

- Die jährlich größten Schneehöhen in Vermunt sind seit 1927/28 leicht gesunken. Ähnliche Entwicklungen finden sich auf vielen weiteren ostalpinen Schneemessstationen auf Almeniveau.
- Die Dauer der Winterdecke (= längste Schneebedeckungsperiode des Winters) hat sich in Vermunt seit 1927/28 leicht verkürzt. Viele weitere ostalpine Stationen stützen diesen Trend. Manche Stationen zeigen sich seit Jahrzehnten unverändert.
- Im Mittel der vergangenen 20 Jahre hat sich die Winterdecke in Vermunt am 21. November gebildet („einschneien“, „zuaschneiben“). Wir sehen eine Verspätung von etwa 10 Tagen. Auch dieses Muster ist weitverbreitet.
- **Im Worst-Case-Szenario steigt die winterliche Schneegrenze bis 2050 um etwa 200 Meter an. In den meisten ostalpinen Skigebieten auf Almeniveau dürften die Auswirkungen dieser Veränderungen wenig spürbar sein.**
- Jedoch dürfte das „Winter-Feeling“ in den Ballungsräumen weiter abnehmen.
- Diese für den Wintersport vergleichsweise erfreulichen Aussichten dürften verpuffen: Unsere Gesellschaft glaubt nicht an eine Zukunft des Winters. Somit dürfte der Wintersport in der gesellschaftlichen Breite weiter abnehmen. Wir werden vermutlich eine selbsterfüllende Prophezeiung erleben.

Quellen | References – I



- (1) Daten: ZAMG (HISTALP). Downloadbar unter: <http://www.zamg.ac.at/histalp/dataset/station/csv.php>
- (2) Die Schneemessdaten werden seit mehr als neun Jahrzehnten von der Firma illwerke | vkw (ehemals: Vorarlberger Illwerke) erhoben und dem Amt der Vorarlberger Landesregierung (Hydrographischer Dienst, ehemals: Landeswasserbauamt) zur Verfügung gestellt. Die hier vorgelegten Schneedaten wurden uns vom Amt der Vorarlberger Landesregierung übermittelt – natürlich mit der Genehmigung der Firma illwerke | vkw. Vielen Dank dafür!
- (3) Die Schneedaten vom Mitterberg werden von der Familie Radacher für den Lawinenwarndienst Salzburg erhoben. Infos zu den Messungen beim Arthurhaus (Heidi Radacher) oder beim LWD Salzburg.
- (4) Die Schneedaten in Gerlos werden vom Amt der Tiroler Landesregierung (Hydrographischer Dienst) erhoben und sind dort abrufbar.
- (5) Chimani B. et al. (2016): ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich. Daten, Methoden und Klimaanalyse. Projektendbericht, Wien. Zitate auf der Seite 43.
<https://data.ccca.ac.at/dataset/endbericht-oks15-klimaszenarien-fur-osterreich-daten-methoden-klimaanalyse-v01>
- (6) Hantel M., Maurer C., Mayer D. (2012): The snowline climate of the Alps 1961 – 2010. In: Theoretical and Applied Climatology, 110, 517-537. Die Autoren berichten von einem Anstieg der Schneegrenze von 123 bis 166 m pro Grad Celsius Erwärmung. Siehe dazu den Abstract. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-012-0688-9>
- (7) Föhn, P. (1990): Schnee und Lawinen. In: Schnee, Eis und Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre. Internationale Fachtagung, Mitteilungen VAW ETH Zürich No. 108, S. 33–48. Auf Seite 45 wird ein Anstieg der Schneegrenze zwischen 100 und 166 m pro Grad Celsius Erwärmung skizziert.

26

Quellen | References – II



- (8) Haeberli, W. and Beniston, M. (1998): Climate change and its impacts on glaciers and permafrost in the Alps. *Ambio*, Vol. 27, S. 258–265.
- (9) Pröbstl-Haider, U., Lund-Durlacher, D., Olefs, M., Pretenthaler, F. (Hrsg.) (2020): Tourismus und Klimawandel. Österreichischer Special Report Tourismus und Klimawandel (SR 19), Springer Verlag Berlin, Heidelberg, S. 116. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-61522-5>
- (10) Die Schneedaten in Lech werden vom Amt der Vorarlberger Landesregierung (Hydrographischer Dienst) erhoben und sind dort abrufbar.
- (11) ZAMG (2017): Heute vor 10 Jahren: Sturm „Kyrill“. Artikel von Georg Pistotnik. Letzter Zugriff am 18. Jänner 2022. https://www.zamg.ac.at/cms/de/dokumente/wetter/news/2017-1/10-jahre-kyrill_zamg_170118

27



Das Lernvideo „Wie viele Menschen auf der Welt fahren Ski?“ findet ihr auf YouTube:
<https://www.youtube.com/watch?v=QxSxplYCVQM&t=6s>

(12)

ZUKUNFT SKISPORT
Consulting | Research | Marketing
Bichlnweg 9a / 9, A-6370 Kitzbühel
g.aigner@zukunft-skisport.at
www.zukunft-skisport.at



Der Tiroler Günther Aigner (1977 in Kitzbühel) ist einer der weltweit führenden Zukunftsforscher auf dem Gebiet des alpinen Skitourismus. Er absolvierte die Diplomstudien der Sportwissenschaft (2005) und der Wirtschaftspädagogik (2007) an der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck und an der University of New Orleans („UNO“, USA). Von 2008 bis 2014 leitete Aigner für den Tourismusverband „Kitzbühel Tourismus“ das Eventportfolio und das Wintermarketing.*

Seit 2014 führt er „ZUKUNFT SKISPORT – research & consulting“. Er berät alpine Destinationen und Skiresorts wie Lech-Zürs, Zell am See, Snow Space Salzburg, Dolomiti Superski oder Obertauern. Als „Speaker“ hält er Fachvorträge im In- und Ausland. Über Beiträge und Interviews nimmt er in TV-, Hörfunk- und Printmedien am öffentlichen Diskurs teil. Gastlektorate für Tourismus führten Aigner bis dato an Hochschulen in Hanoi (VNM), Baku (AZE), Sanya (CHN), Taschkent (UZB), Belgrad (SRB), Konstanz (DEU), Innsbruck, Salzburg, Kufstein, Krams, Dornbirn und Seekirchen (Schloss Seeburg) sowie als Referenten zum Ausbildungslehrgang der Österreichischen Staatlichen Skilehrer.

2019 war Günther Aigner beiträgender Autor im österreichischen Special Report „Tourismus und Klimawandel“ (ASR19) des Austrian Panel on Climate Change (APCC). Er ist Mitglied im Studienausschuss Nr. VII („Umwelt“) des Weltseilbahnverbandes (O. I. T. A. F.). Seit 2021 Doktratsstudium „Management“ an der Universität Innsbruck.

Methoden Ferndetektion alpiner Massenbewegungen

Wolfgang A. Lenhardt¹, Maria-Theresia Apoloner¹, Helmut Hausmann¹ und Alexandra Haberler²

¹Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, ²Geologische Bundesanstalt

We review a decade of detailed observation of the surface kinematics of large-scale mass movements with the help of in-situ Global Navigation Satellite Systems (GNSS) instruments. We cover the instruments and methods developed and applications in process monitoring as well as natural hazard warning and mitigation in the Mattertal, CH. We focus on a study area on the orographic right side of the Matter Valley above the communities of Täsch, Randa, Herbruggen and St. Niklaus, CH where numerous slope movements exist endangering the livelihood in the areas on the valley floor. The area is dominantly situated in permafrost and is very feature rich. Specifically, there exist active and relict rock-glaciers, landslides, solifluction, fractures, saggings etc. Furthermore, we will illustrate selected case studies of successful hazard management using near-real time kinematic observations.

Abstract

Instrumental recordings of landslides or rockfalls became abundant during the recent past. Massive rockfalls or mountain slides are now recorded across vast distances – that is 100's of km away from the source. Hence, the number of recordings has heavily increased – which can be attributed mainly to the improving density of seismic stations in the Eastern Alps. Whether or not this observed increase can be linked to the retreat of permafrost remains to be investigated. However, rapid detection of such incidents may assist in search- and rescue operations and safeguarding hiking trails.

Einleitung

Plötzliche Hangbewegungen und Felsstürze – und natürlich erst recht Bergstürze – gefährden nicht nur Verkehrswege, sondern den Tourismus sowie technische Einrichtungen und Staubecken, wie z.B. der Bergsturz von Vajont am 9. Oktober 1963, der im Piavetal zu einer Flutwelle führte, welche ca. 2.000 Menschenleben forderte. Aber auch Erdbeben können solche „gravitativen Massenbewegungen“ auslösen.

Unter gravitativen Massenbewegungen werden in der Folge Muren, Rutschungen, Fels- und Bergstürze verstanden. Die ersten zwei Gruppen werden meist durch exzessiven Niederschlag ausgelöst. Die letzten zwei Gruppen unterscheidet lediglich das involvierte Volumen. Massenbewegungen mit einer Kubatur > 1.000.000 m³ und einer Flächenausdehnung von 10 ha werden gemeinhin als Bergstürze bezeichnet (Abele, 1974).

Oft sind solche Ereignisse auch in größerer Entfernung – manchmal bis 200 km – von Erdbebenbeobachtungsstationen registrierbar. Dies ermöglicht binnen kürzester Zeit ein Szenario zu erstellen und ggf. Rettungs- und Sicherungsmaßnahmen durchzuführen.

Beobachtungen

Bereits in 1970er Jahren befasste man sich ausführlich mit den Auswirkungen von Massenbewegungen im Sinne von Prozessgeschwindigkeiten (Scheidegger, 1973) als auch deren Reichweite (Scheidegger, 1973; Tianchi, 1983; Evans & Hungr, 1993). Mit der Verfügbarkeit guter seismischer Messgeräte sowie der zunehmenden digitalen Fotodokumentation hat für die Erfassung von Massenbewegungen eine neue Ära begonnen – insbesondere seit der Nutzung von AlpArray (Fuchs, 2018a, 2018b).

Eines der ersten mit diesen Methoden sehr gut dokumentierten Felsstürze ereignete sich am 12. Oktober 2007 am Einserkofel der Sextener Dolomiten in Südtirol um 9:39 Ortszeit (Abb. 1). Es bildete sich eine dichte Staub- und Geröllwolke, die das gesamte Fischleintal erfüllte. Aufgrund der fortgeschrittenen Jahreszeit waren im Bereich des Felssturzes keine Wanderer und Bergsteiger unterwegs. Somit gab es weder Tote noch Verletzte. Trotzdem das Sturzvolumen nur ca. 60.000 m³ konnte das Ereignis über 200 km weit von den Messstationen der Österreichischen Erdbebendienstes erfasst werden. Die sogleich erfolgte Lokalisierung wies mit 1 km-Genauigkeit auf den Einserkofel hin. Aus der Registrierung wurde dann eine Pseudo-Magnitude von 2,0 bestimmt. Der Term „Pseudo-Magnitude“ wird deshalb verwendet, da es sich im engeren Sinn nicht um die klassische Magnitude eines tektonischen Erdbebens handelt (Richter, 1935), sondern um einen anderen Verformungsprozess, dem aber eine „Magnitude“ zugeordnet wird, als würde es sich um ein tektonisches Erdbeben handeln.

Am 20. Juli 2011 kam es an derselben Stelle übrigens zu einem weiteren Felssturzereignis. Die Kubatur betrug dabei aber laut Wikipedia lediglich 500 m³ (Einserkofel, 2022).



Abb. 1. Felssturz bei Sexten vom Einserkofel in Südtirol am 12. Oktober 2007. Foto: Dr. Jürgen Leikert.

Als weiteres Beispiel kann der Felssturz bei Mellau (Vorarlberg) am 12. Februar 2018 Uhrzeit um 21:02 Ortszeit dienen. Er wies eine Pseudo-Magnitude 0,6 auf. Dieses Ereignis wurde ausgewählt, weil es ein typisches Seismogramm eines Felssturzes zeigt (Abb. 2). Der Ersteinsatz ist undeutlich, das Signal „baut“ sich dann langsam auf, um danach wieder abzufallen. Das Signal ist also fast symmetrisch – und damit völlig untypisch für ein klassisches Erdbeben. Bei einem Erdbeben würde man den Ersteinsatz deutlich sehen. Dieser wird dann von einem dominanten sekundären Einsatz gefolgt (Scherwelle). Aus der Zeitdifferenz könnte man dann auch die Entfernung vom Hypozentrum ableiten. Diese Signalstruktur fehlt hier völlig. Außerdem ist der dominante Anteil der Schwingungsfrequenz viel zu niedrig.

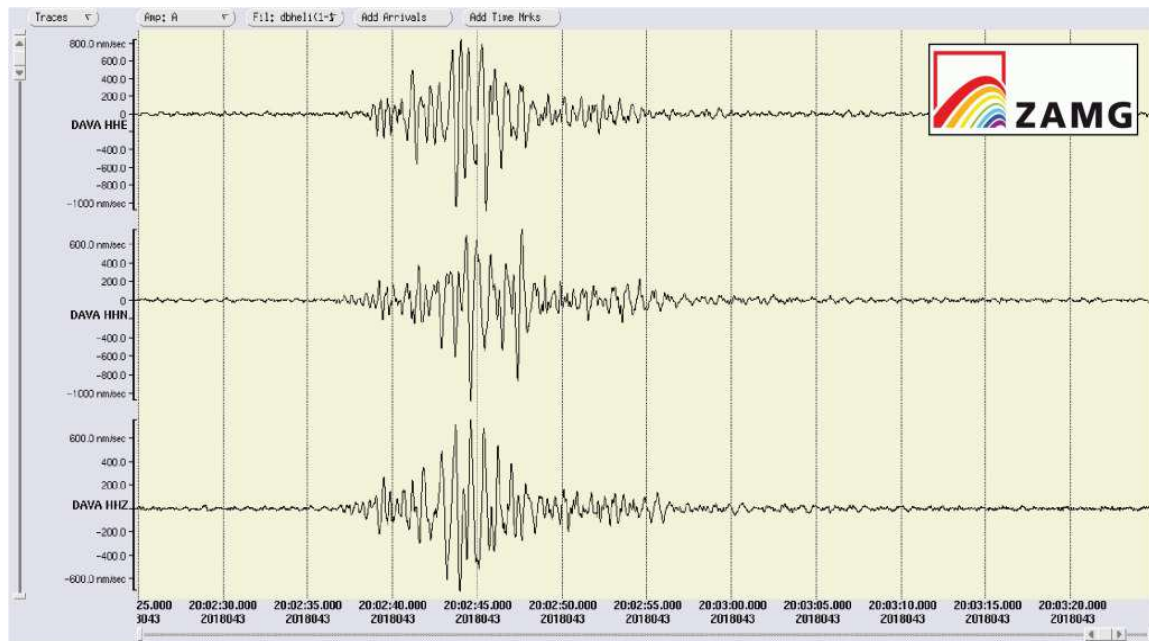


Abb. 2. Registrierung des Felssturzes bei Mellau (Vorarlberg) an der 8 km entfernten Station in Damüls.

Oft wird aber auch gar nichts registriert – wie z.B. am 4. Juli 2022, als ein größerer Felssturz von ca. 20.000 m³ am Nachmittag in der Iselschlucht bei Virgen, westlich von Mauterhorn in Osttirol, niederging. Obwohl die nächstliegende Erdbebenstation bei Abfaltersbach im Drautal weniger als 30 km entfernt liegt, waren dort keine auffälligen Erschütterungssignale erkennbar. Sichtlich war das Sturzvolumen zu gering oder der Sturzstrom zu langsam.

Damit stellt sich die Frage: Kam es zu einer Zunahme in den letzten Jahren? In Abb.3 ist die kumulative (!) Anzahl der seismischen Aufzeichnungen von Felsstürzen gezeigt. Da der kumulative Häufigkeitsverlauf nahezu linear verläuft, scheint kein rezenter Anstieg von Felsstürzen der Fall zu sein. Die Sprünge in der roten Kurve sind hauptsächlich auf Verdichtungen des seismischen Erfassungsnetzes zurück zu führen.

In Abb. 4 ist die räumliche Verteilung bestätigter Felsstürze (rot) und jene der unbekannteren Erschütterungsquellen (blau) dargestellt. Letztere konzentrieren sich hauptsächlich in Bereichen bestätigter Felsstürze. Es könnte also sein, dass es sich – wenigstens teilweise – um ferndetektierte Massenbewegungen handelt. Anders besehen ist das Messnetz im Bereich der bestätigten Felsstürze – vor allem in Tirol – relativ dicht.

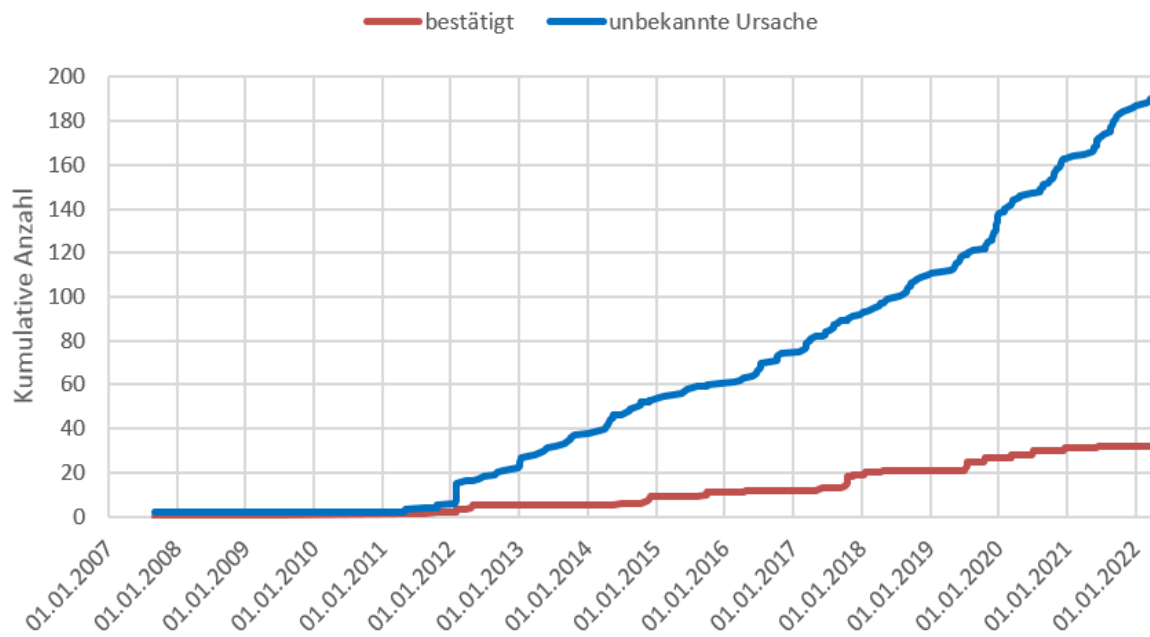


Abb. 3.

Abb. 3. Kumulative Anzahl von seismisch aufgezeichneten Massenbewegungen im Vergleich zu den Erschütterungsaufzeichnungen unbekannter Quellen.

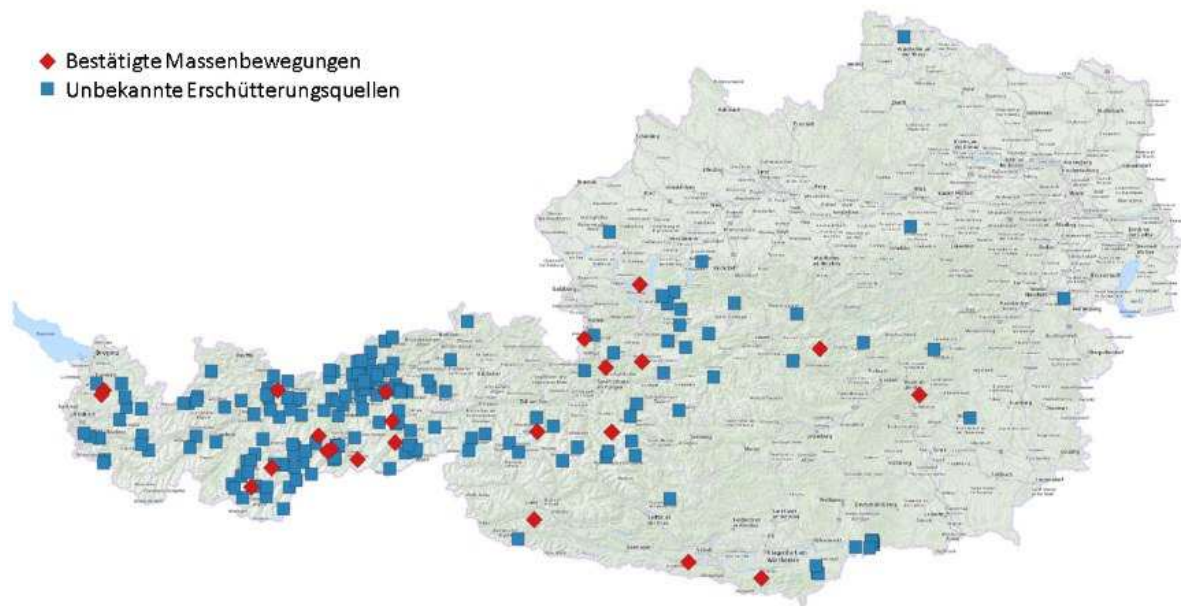


Abb. 4. Anzahl von seismisch aufgezeichneten und bestätigten Massenbewegungen (rot) im Vergleich zu den Erschütterungsaufzeichnungen unbekannter Quellen (blau).

Interpretationsversuche

Mit der Dynamik von Fels- und Bergstürzen haben sich bereits viele Autoren befasst (z.B. Erismann & Abele, 2001). Dazu zählt auch die Auslösung von Bergstürzen durch Erdbeben (z.B. Voight & Pariseau, 1978; Keefer, 1984; Harp & Wilson, 1995; Brückl et al., 2015).

Darauf basierend wurden auch das Erdbeben 1348 (Hammerl, 1992), welches sich höchstwahrscheinlich im Friaul ereignete, und die Bergstürze am Dobratsch (Till, 1907, Brandt, 1981) in Relation gesetzt. Dabei zeigt sich, dass ein Epizentrum im Friaul gerechtfertigt ist, und somit der Term „Villacher Erdbeben 1348“ seit 1992 überholt ist. Jedenfalls hatte das Erdbeben nicht nur Bergstürze hervorgerufen, sondern auch Angst und Schrecken, denn die ausgelösten Bergstürze dürfte mit einer Geschwindigkeit bis 200 km/h ins Tal abgefahren sein. Der ganze Prozess könnte nahezu 2 Minuten gedauert haben (Lenhardt, 2007).

Was das Holozän betrifft, so führt der fortschreitende Klimawandel sichtlich zu einem Rückgang des Permafrosts, und somit zu einer erhöhten Steinschlaggefahr. Kritischer sind jedoch massive gravitative Massenbewegungen, wie Bergstürze wie zum Beispiel am Piz Cengalo an der Grenze der Schweiz zu Italien am 27. Dezember 2011, bei dem 4 Millionen m³ ins Tal stürzten. Dies wurde auch in Österreich mit einer Pseudo-Magnitude von 2,7 an den Bebenstationen registriert. Die Felsblöcke stürzten mehr als 1.500 Höhenmeter ins unbewohnte Val Bondasca hinab. Ein anderes Ereignis im Pöllestal bei Sölden am 2. Oktober 2015 mit einem Sturzvolumen 200.000 m³ führte lediglich zu einer Pseudo-Magnitude von 1,2 (Fuchs et al., 2018a).

Der Permafrostrückgang führt sicherlich zu verstärkter Felssturztätigkeit, wie dies von Savi et al. (2020) aus den italienischen Ostalpen – insbesondere seit 2010 (möglicherweise angedeutet ein Jahr später in den Ostalpen Österreichs in Abb. 3) – beobachtet wurde, die auf eine Erhöhung der Permafrostgrenze um ca. 300 m zurückzuführen ist. Die Klimaerwärmung reduziert demzufolge die Hangstabilitäten in höheren Bereichen – auch durch den Gletscherrückgang, und die damit anheim gehende Exposition der Talflanken. Damit erhöht sich auch die Gefährdung des alpinen Tourismus, der immer weiter ins Hochgebirge vordringt. Dies wiederum resultiert in mehr Einsätzen der Bergrettung. Der 3-fache Anstieg während der letzten Jahre (s.a. Bergrettung, 2022) ist jedoch zumeist der Unerfahrenheit und der dem Hochgebirge nicht angepassten Ausrüstungsweise geschuldet. Jedoch erhöht sich damit natürlich die Gefahr zusätzlich einem Steinschlag ausgesetzt zu sein.

Wie erkennt man nun solche Massenbewegungen in den seismischen Aufzeichnungen? Damit befassten sich Fuchs et al. (2018a & 2018b) im Detail. Zum einen ließ sich zeigen, dass das Felssturzvolumen nicht mit der Pseudo-Magnitude korreliert. Das mag enttäuschend sein, deutet aber auf den komplexen Vorgang gravitativer Massenbewegungen hin. Es bedarf sehr genauer topografischer Information, gepaart mit exzellenten Simulationsprogrammen, die alle „Einflüsse“ – wie lokale Änderungen der geomechanischen Oberflächenrauigkeit (z.B. durch Steinströme oder Murenablagerungen) – berücksichtigen können. Eine Alternative bietet Manconi et al. (2016) an: Der Gebrauch der in Italien gebräuchlichen Duration-Magnitude, welche die Länge der seismischen Aufzeichnung oberhalb einer bestimmten Aufzeichnungsamplitude berücksichtigt. Die Autoren fanden, dass ein „ML/MD“ (Verhältnis der lokalen Magnitude zur „Duration Magnitude“) von weniger als 0,8 zu einer guten Unterscheidung zwischen tektonischen Erdbeben und

gravitativen Massenbewegungen führt. Weil die „MD“ in Österreich keine Anwendung findet – da sie nicht der Definition lt. Richter (1935) entspricht – sind solche Vergleiche noch ausständig.

Das Detektionslimit von Fels- und Bergstürzen hängt vom Felssturzvolumen, der Prozess- bzw. Fließgeschwindigkeit, der Topografie und der Stationsdichte ab. Ein genaues Limit ist daher situationsbedingt und lokal sehr unterschiedlich. Wichtig erscheinen Abgleiche mit Beobachtungen vor Ort. Deshalb steht die ZAMG auch laufend im Austausch mit der GBA (Abb. 5).

Als Auslöser der Massenbewegungen bieten sich in erster Linie meteorologische Bedingungen (Niederschlagsintensität: s.a. Krautblatter & Moser, 2009; Saisonalität: s.a. Bajni et al., 2021) an, wenngleich sehr starke regionale Unterschiede in der Steinschlag- bzw. Felssturz-Statistik in Abhängigkeit zur Geologie (z.B. Delonca et al., 2014; Glade et al., 2001) ausführlich dokumentiert wurden. Es liegt auf der Hand, dass der Topografie (Glade, 2005) und dem Bewuchs hier ebenfalls eine maßgebliche Rolle zukommt.

28	04.08.2012	11:23:00	Puitkogel (Nordflanke)/Hohe Geige (Ötztaleralpen)		http://www.youtube.com/watch?v=7UyqQbrlHR4	nur ungefähre Uhrzeit
29	24.08.2012		Vorderes Alpljoch oberhalb Drischlsteig (Gde. Imst)		http://www.geoforum-umhausen.at/aktuelles2013/Tagungsband_2013.pdf	zwischen 20:00 und 21:00 Uhr
30	10.09.2012	7:35:00	NO-Grat des Kellersberges in der Glocknergruppe (Abbruchrisse in ca. 2760-2800 m SH)		http://www.youtube.com/watch?v=02GwoCfWGs	Nachtstürze
31	23.10.2012		Schattseite (Gde. Hopfgarten in Deferegggen)		http://www.osttirol-heute.at/videos/video/latest/felssturz-hopfgarten-i-d	gegen 08:30 Uhr
32	07.11.2012		Westflanke der Bläse am Vilsalpsee (Gde. Tannheim)		http://www.meinbezirk.at/reutte/chronik/riesiger-felssturz-am-vilsalpsee-d397625	gegen 21:00 Uhr
33	25.11.2012	11:29:04	Nenzinger Himmel	1,0		
34	29.04.2013		Ingelsberg, Gde. Bad Hofgastein		http://www.slomove.eu/de/news.asp?aktuelles_action=300&aktuelles_image_id=7	Sturzereignisse auch ab 21.07.2012, im Juni 2010, 2
35	13.05.2013	23:38:00	oberhalb der Schildalmgalerie an der Felbertauernstraße (Gde. Matrei in Osttirol)		http://www.geoforum-umhausen.at/aktuelles2013/Tagungsband_2013.pdf	
36	24.07.2013		Hohe Warte - NO-Flanke (Gde. Vals)		http://tirol.orf.at/news/stories/2594595/	am Nachmittag
37	10.07.2014		unweit der Tappenkaralm (Gde. Kleinarl)		http://salzburg.orf.at/news/stories/2657033/	
38	12.08.2014	20:04:12	Gröden Dolomiten	0,4		
39	27.08.2014		Großes Fleißtal (Gde. Heiligenblut)		https://www.youtube.com/watch?v=YN1tYEDhco	Datum unsicher
40	24.05.2015	19:45:00	Pletzackkogel (Gde. Kramsach)		http://www.kramsach.at/system/web/GetDocument.ashx?fileid=954974	Uhrzeit nicht auf die Minute genau
41	16.11.2014		Rabenstein im Passolunfer (Südtirol)		https://www.youtube.com/watch?v=Si2xqfJdAw	
42	24.11.2014	16:27:20	Tirols	1,5		
43	25.11.2014	2:46:29	Neuertift im Stubaietal	0,7		
44	16.01.2015	19:22:50	Fürnitz	1,0		
45	16.01.2015	19:23:00	Rote Wand am Dobratsch		http://www.kleinezeitung.at/k/kaernten/villach/4652325/DOBRATSCH_Eine-steinerne-Spur-der-Verwustung	
46	30.09.2015	20:38:18	Schwarz	0,0		
47	30.09.2015		Eibschrofen (Gde. Schwarz)		https://www.tirol.gv.at/meldungen/meldung/artikel/ersteinschaetzung-der-landesgeologie-keine-gefahr-fuer-siedlungsraum/	
48	02.10.2015	15:58:56	Sölden	1,2		
49	02.10.2015		Schartkogel (Ötztaleralpen)		https://www.tt.com/panorama/natur/10657382-91/%C3%86tzaler-felssturz-kam-einem-erdbeben-gleich-scp	

Abb. 5. Beispiel aus der Datenbank der Geologischen Bundesanstalt (GBA). In „rot“ bestätigte seismische Aufzeichnungen.

Schlussfolgerungen

Eine prähistorische Rückverfolgung von Massenbewegungen, die Rückschlüsse auf mögliche stärkere Erdbeben in der Vergangenheit erlaubt (s.a. Crozier, 1991, Daxer et al., 2022), kann für langfristige Erdbebengefährdungsbestimmungen verwendet werden.

Gefährdete Bereiche können aber im Detail durch oberflächenseismische Messungen (Glade et al., 2005) und mit Hilfe geomagnetischen und geoelektrischen Untersuchungen hinsichtlich potenzieller Gleithorizonte (z.B. Gallistl et al., 2018) eingegrenzt werden. Das ist in der Praxis wegen der Geländebedingungen jedoch oft nur sehr schwer möglich. Praktischer erscheinen detailhafte Topografieerfassungen und Modellberechnungen hinsichtlich der Mobilisierung von Gesteinsmassen durch Niederschlag. Eine genaue Untersuchung ist für den Ostalpenraum noch ausständig.

Das Hauptproblem bei der Gefahreinschätzung liegt in der notwendigen nahezu meter-genauen topografischen Erfassung, der wenigstens stundengenauen meteorologischen Parametermessung und den lokalen geologischen Gegebenheiten, denn diese Genauigkeiten sind verständlicherweise kaum zu erreichen. Dies führt in der Praxis zu relativ ungenauen Angaben bezüglich der gefährdeten Bereiche.

Praktisch gesehen, ist die schnelle Ferndetektion vorrangig, da dies zu einer frühest möglichen Einleitung von Rettungs- und Bergungsmaßnahmen führt, denn eine Fernerfassung von Fels- und Bergstürzen ist in

vielen Fällen heute möglich. Dafür erscheint es notwendig automatische Detektionsalgorithmen – wie Hidden Markov Models und Autoregressive Prediction (Fuchs, 2018a) und/oder der Duration Magnitude „MD“ (Marconi et al., 2016) – zu entwickeln, die natürlich umso besser funktionieren, je mehr zuverlässige Erdbeben-Messstationen verfügbar sind. Natürlich müssen solche Algorithmen auch verschiedene seismische Frequenzbänder und alle drei Komponenten berücksichtigen.

Die Fusion der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) mit der Geologischen Bundesanstalt (GBA) ab 1.1.2023 zur GeoSphere Austria (GSA) kann nur die Zusammenarbeit auf diesem sehr wichtigen Untersuchungsgebiet zusätzlich fördern. Auch erscheint eine verstärkte Zusammenarbeit mit der Universität für Bodenkultur („Alpine Naturgefahren“) und der jeweiligen Landesgeologie auf diesem Sektor zielführend.

Literatur

- Abele, G. 1974. Bergstürze in den Alpen, ihre Verbreitung, Morphologie und Folgeerscheinungen (= Wissenschaftliche Alpenvereinshefte. Bd. 25, ISSN 0084-0912). Deutscher Alpenverein, München 1974, S. 21, (Zugleich: Karlsruhe, Universität, Habilitationsschrift, 1972).
- Bajni, G., Camera, C.A.S. & Apuani, T. 2021. Deciphering meteorological influencing factors for Alpine rockfalls: a case study in Aosta Valley. *Landslides*, doi 10.1007/s10346-021-01697-3.
- Bergrettung, 2022. <https://www.bergrettung-innsbruck.at/category/einsatz-2/>, abgerufen am 26.7.2022.
- Brandt, A. 1981. Bergstürze an der Villacher Alpe (Dobratsch)/Kärnten/Österreich. Unpubl. Diss., Universität Hamburg, Deutschland.
- Brückl, E., Binder, D. & Mertl, St. 2015. Seismic Sources from Landslides and Glaciers. *Encyclopedia of Earthquake Engineering*, doi 10.1007/978-3-642-36197-5_385-1, 34 Seiten.
- Crozier, M.J. 1991. Determination of palaeoseismicity from landslides. *Proc. of 6th International Symposium on „Landslides - Glissements de terrain“*, Balkema, D.H. Bell (ed.), Vol.1, 1992, 1173–1180.
- Daxer, Ch., Ortler, M., Fabbri, S.C., Hilbe, M., Hajdas, I., Dubois, N. Piechl, T., Hammerl, Ch., Strasser, M. & Moernaut, J. 2022. High-resolution calibration of seismically-induced lacustrine deposits with historical earthquake data in the Eastern Alps (Carinthia, Austria). *Quaternary Science Reviews*, Volume 284, 2022, 107497, ISSN 0277-3791, <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107497>, 23 Seiten.
- Delonca, A., Gunzburger, Y. & Verdel, T. 2014. Statistical correlation between meteorological and rockfall databases. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 14, 1953–1964, www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/14/1953/2014/
- Einserkofel, 2022. <https://de.wikipedia.org/wiki/Einserkofel>, abgerufen am 26.7.2022.
- Erismann, T.H. & Abele, G. 2001. *Dynamics of Rockslides and Rockfalls*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 120 Abb., 10 Tabellen, 316 Seiten.
- Evans, S.G. & Hungr, O. 1993. The assessment of rockfall hazard at the base of talus slopes. *Canadian Geotechnical Journal*, 30, 620–636.
- Fuchs, F., Lenhardt, W., Hibert, C., Bokelmann, G. & AlpArray Working Group 2018a. Searching fore- and afterslides of gravitational mass movements. *Tagung der European Seismological Commission in Malta*.

- Fuchs, F., Lenhardt, W., Bokelmann, G. & the AlpArray Working Group 2018b. Seismic detection of rockslides at regional scale: examples from the Eastern Alps and feasibility of kurtosis-based event location, *Earth Surf. Dynam.*, 6, 955–970, <https://doi.org/10.5194/esurf-6-955-2018>.
- Glade, T. 2005. Linking debris-flow hazard assessments with geomorphology. *Geomorphology* 66 (2005) 189–213.
- Glade, T., Kadereit, A. & Dikau, R. 2001. Landslides at the Tertiary Escarpments of Rheinhessen, Germany. *Zeitschrift für Geomorphologie Suppl.* Vol. 125. pp. 65–92.
- Glade, T., Stark, P. & Dikau, R. 2005. Determination of potential landslide shear plane depth using seismic refraction — a case study in Rheinhessen, Germany. *Bull. Eng. Geol. Environ.* 64 (2), 151–158. <https://doi.org/10.1007/s10064-004-0258-1>.
- Gallistl, J., Wigand, M., Stumvoll, M., Ottowitz, D., Glade, T. & Flores Orozco, A. 2018. Delineation of subsurface variability in clay-rich landslides through spectral induced polarization imaging and electromagnetic methods. *Engineering Geology* 245, 292–308.
- Hammerl, Ch. 1992. Das Erdbeben vom 25.Jänner 1348 - Rekonstruktion des Naturereignisses. Unpubl. Diss., Universität Wien.
- Harp, E.L. & Wilson, R.C. 1995. Shaking Intensity Thresholds for Rock Falls and Slides: Evidence from the Whittier Narrows and Superstition Hills Earthquake Strong Motion Records. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 85, 1739–1757.
- Keefer, D.K. 1984. Landslides caused by earthquakes. *Bull. Geol. Soc. Am.* 95, 406–421.
- Keefer, D.K. & Wilson, R.C. 1989. Predicting earthquake-induced landslides, with emphasis on arid and semi-arid environments. In 'Landslides in a Semi-Arid Environment', Inland Geological Society, P.M. Sadler & D.M. Morton (eds.), Vol.2, 118–149.
- Krautblatter, M. & Moser, M. 2009. A nonlinear model coupling rockfall and rainfall intensity based on a four year measurement in a high Alpine rock wall (Reintal, German Alps). *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, 1425–1432.
- Lenhardt, W.A. 2007. Earthquake triggered landslides in Austria – Dobratsch revisited. *Jb. Geol. B.-A.*, Band 147, Heft 1+2, S. 193–199, 5 Abb., Wien.
- Manconi, A., Picozzi, M., Coviello, V., De Santis, F. & Elia, L. 2016. Real-time detection, location, and characterization of rockslides using broadband regional seismic networks. *Geophysical Research Letters* 43(13), <https://doi.org/10.1002/grl.54655>.
- Richter, C.F. 1935. An instrumental earthquake magnitude scale. *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol.25, 1–32.
- Savi, S., Comiti, F. & Strecker, M.R. 2021. Pronounced increase in slope instability linked to global warming: A case study from the eastern European Alps. *Earth Surf. Process. Landforms.* 2021; 46:1328–1347.
- Scheidegger, A.E. 1973. On the prediction of the reach and velocity of catastrophic landslides. *Rock Mechanics*, 5, 231–236.
- Tianchi, L. 1983. A mathematical model for predicting the extent of a major rockfall. *Z. Geomorph., N.F.*, 27, 473–482.
- Till, A. 1907. Das große Naturereignis von 1348 und die Bergstürze des Dobratsch. In den Mitteilungen der K.k. Geographischen Gesellschaft, Bd.50, Wien, 535–645.
- Voight, B. & Pariseau, W.G. 1978. Rockslides and avalanches: An introduction. Publ. in '*Rockslides and avalanches*', 1–63.

Polizeichroniken als Schatzkammer für den Naturgefahren-Ereigniskataster im Land Salzburg

Aurelia Liegler

iC consulenten GmbH, Zollhausweg 1, 5101 Bergheim bei Salzburg

Abstract

Ein Tsunami am Wolfgangsee im Jahr 1907 ausgelöst durch einen Felsrutsch; eine Lawine welche 1965 einen Reisebus Richtung Obertauern erfasste und 14 Todesopfer forderte; der Rekordwinter 1951 welcher unzählige Häuser und Berghütten zerstörte und in ganz Europa zu einem Schneechaos führte – diese Naturgefahrenereignisse und fast 4000 weitere Ereignisse sind in den Polizeichroniken des Landes Salzburg beschrieben.

Diese wertvollen Bücher, begonnen als Dokumentationsmethode der Gendarmerie in der Zeit Kaiser Franz Josephs I., erlauben einen Blick um mehr als 160 Jahre in die Vergangenheit – mit dem ersten dokumentierten Naturgefahrenereignis im Jahre 1855. Teils akribische Berichte von lokalen Gendarmerie- und Polizeibeamten beschreiben für den Menschen und dessen Siedlungsraum und Infrastruktur relevante Ereignisse und Gefahrenbereiche bzw. Schlüsselstellen.

Ein möglichst umfangreicher Ereigniskataster stellt die Basis für jede Gefahren- und Risikobeurteilung durch Naturgefahren dar. Hier sind vor allem genaue Beschreibungen, Fotos und der Hergang der Ereignisse sehr wichtig, nicht nur reine Zahlen und Statistiken.

Die Chronik-Bücher enthalten nicht nur Naturgefahren-Ereignisse, sondern jegliche Art von Fällen, die von der Polizei/Gendarmerie vor Ort bearbeitet wurden bzw. die wichtigsten Ereignisse des Jahres im jeweiligen Polizei-Rayon. Diese mussten nach relevanten Daten durchforstet und oft aus der Kurrent-Schrift übersetzt werden, welche bis in die 1960er Jahre verwendet wurde. Die teilweise umfangreichen Einträge wurden zusammengefasst, kategorisiert, vorhandene Fotos digitalisiert und nach einer Gegenkontrolle mit bereits vorhandenen Einträgen in die Datenbanken der Systeme des Landes Salzburg (Wasserinformationssystem, SAGIS) eingetragen.

Fast 4000 Ereignisse konnten mit unterschiedlicher Genauigkeit zugeordnet werden, wobei auch eine Einschätzung zur Genauigkeit miteinfasst wurde (nach [2]). Circa ein Viertel der Ereignisse fallen unter eine ungenaue oder nicht mögliche Verortung. Nicht verortbare Ereignisse bzw. jene Ereignisse mit großräumigeren Ortsangaben wurden im SAGIS am Standort des jeweiligen Gemeindeamtes eingetragen, um anzuzeigen, dass sich diese Ereignisse in der entsprechenden Gemeinde ereignet haben. Dies beinhaltet auch flächendeckende Ereignisse wie z.B. Hochwasser oder Hagel in größeren Gebieten.

Die aus den Chroniken gewonnenen Daten erweitern unsere Grundlagen für Risikoanalysen, Raumordnung und Planung/Dimensionierung von Schutzbauwerken massiv. Das in der Richtlinie ONR 24800 empfohlene Bemessungsereignis mit einer Jährlichkeit von 100 bzw. 150 Jahren für die Gefahrenzonenplanung und Planung von Schutzmaßnahmen kann dadurch wesentlich realistischer angesetzt werden als zuvor.

EINFÜHRUNG

Die Chroniken der Polizei (und ehemals Gendarmerie) in Österreich sind handgeschriebene Bücher, welche jedes Jahr die wichtigsten Ereignisse der Polizei-Einsätze im entsprechenden Polizei-Rayon (Zuständigkeitsbereich) aufzeichnen sollten. Diese Methode der Dokumentation wurde Mitte des 19. Jahrhunderts, ca. 1850 mit der Gründung der Gendarmerie implementiert und war bis ca. 2005 verpflichtend. Die Bücher beinhalten Ereignisse wie Verbrechen, Unfälle oder Naturkatastrophen in den jeweiligen Polizei-Rayonen. Letztere Einträge beinhalten wertvolle Informationen zur Ergänzung für bereits vorhandene Naturgefahren-Ereigniskataster, welche dadurch bis zu 160 Jahre in die Vergangenheit ergänzt werden können. Die Einträge reichen von heute noch bekannten Ereignissen wie das Rekord-Hochwasser 2002 bis zu kuriosen, vergessenen Ereignissen wie z.B. ein Tsunami am Wolfgangsee, welcher durch einen Felsrutsch ausgelöst wurde.

Die Salzburger Landesregierung führte, teilweise zusammen mit der Geologischen Bundesanstalt [2], ein Pilotprojekt durch, in dem Naturgefahrenereignisse aus den vorhandenen Polizeichroniken des Landes Salzburg gefiltert, digitalisiert und in den Ereigniskataster im Salzburger Geographischen Informationssystem (SAGIS) eingespeist und dargestellt werden.

Für das Amt der Salzburger Landesregierung wurde 2016 durch die Geologische Bundesanstalt (S. Melzner [2]) ein Projekt gestartet, in dem Naturgefahrenereignisse aus den vorhandenen Polizeichroniken der Bezirke Salzburg Stadt, Salzburg Umgebung und Hallein gefiltert und digitalisiert wurden. Diese Daten wurde daraufhin überarbeitet und adaptiert und erstmals in das Wasserinformationssystem (WIS) und Salzburger Geographisches Informationssystem (SAGIS) der Salzburger Landesregierung eingespeist. Diese adaptierte Datenaufnahme und -verarbeitung wurde anschließend auf das gesamte Landesgebiet von Salzburg erweitert.

AUFNAHME

Die Polizeichroniken des Landes Salzburg bestehen aus einer Reihe von handgeschriebenen Büchern. Diese werden von den jeweiligen Polizeistationen im Archiv verwahrt, an die auch die Chroniken der umliegenden aufgelassenen Polizei-/Gendarmeriestationen übergeben wurden.

Die Chroniken wurden in den jeweiligen Polizeistationen im Zeitraum von 2016 - 2019 gesichtet und nach Einträgen von Naturgefahrenereignissen durchsucht. Es wurden über 193 Bücher von über 70 Polizei-/Gendarmerierayonen bearbeitet. Bis ca. 1960 sind die Einträge größtenteils in Kurrentschrift geschrieben und mussten somit für die weitere Verarbeitung übersetzt werden. Alle handschriftlichen Einträge wurden abgetippt und digital aufbereitet. Die relevanten Einträge wurden abfotografiert, katalogisiert und digitalisiert. Die Chroniken der Bezirke Salzburg Stadt, Salzburg Umgebung und Hallein wurden als erstes 2016 von S. Melzner [2] im Zuge des Projektes „NARIS“ aufgenommen und ein Aufnahmekonzept erstellt. Diese Daten wurden 2017 geprüft, überarbeitet und erstmals in das Wasserinformationssystem (WIS) und Salzburger Geographisches Informationssystem (SAGIS) der Salzburger Landesregierung eingespeist. Daraufhin wurden die relevanten Daten der Chroniken der restlichen Bezirke bis 2020 aufgenommen und nach dem gleichen Schema (Aufnahmeschema nach S. Melzner [2], adaptiert) verarbeitet.

Die Chroniken der Bezirke Salzburg Stadt, Salzburg Umgebung und Hallein wurden bereits 2016 von der Geologischen Bundesanstalt im Zuge des Projektes „NARIS“ aufgenommen (S. Melzner [2]). Diese Daten

wurden 2017 geprüft, überarbeitet und erstmals in das Wasserinformationssystem (WIS) und Salzburger Geographisches Informationssystem (SAGIS) der Salzburger Landesregierung eingespeist. Daraufhin wurden die relevanten Daten der Chroniken der restlichen Bezirke bis 2020 aufgenommen und nach dem gleichen Schema verarbeitet.

Die Genauigkeit der Beschreibungen in den Chroniken variiert sehr stark, da es lange Zeit kein bestimmtes Schema zur Aufnahme von Naturgefahrenereignissen gab. Teilweise beschreiben die Einträge akribisch den Hergang eines Ereignisses, während andere Einträge nur grobe Daten und Fakten nennen.

Auffällig ist, dass in der Zeit des ersten und zweiten Weltkrieges die Einträge in die Chroniken spärlicher betrieben wurden bzw. oft auf das Kriegsgeschehen fokussiert waren. Es ist davon auszugehen, dass in dieser Zeit einige Naturgefahrenereignisse nicht in den Polizeichroniken dokumentiert wurden.

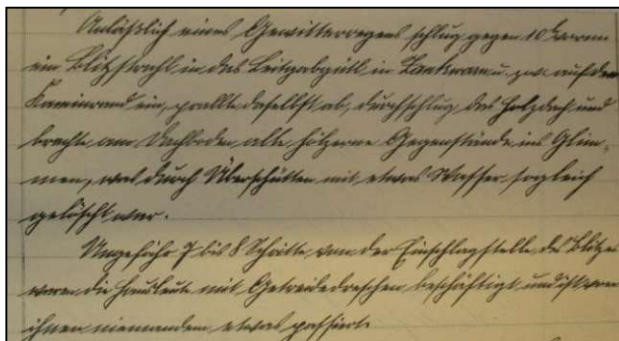


Abbildung 1 Abbildung 1 Handschriftlicher Eintrag in der Polizeichronik Mariapfarr (Bezirk Tamsweg)

VERARBEITUNG DER DATEN: METHODE

Die digitalisierten relevanten Chroniken-Einträge wurden anschließend in vorhandene Geoinformationssysteme der Landesregierung Salzburg (WIS, SAGIS) eingepflegt.

Das Wasserinformationssystem beinhaltet verschiedene Datenbanken, welche in Form von Layern im SAGIS ersichtlich gemacht werden können. Die Verarbeitung erfolgte nach unterschiedlichen Schemata in drei verschiedenen Punktlayern, welche schlussendlich im SAGIS unter der Kategorie „Naturgefahren“ zu finden sind:

1. Ergänzung des vorhandenen Layers „Massenbewegung“ mit dem vorgegebenen Angaben-Schema im WIS
2. Erstellung eines neuen Layers „Lawine“ mit einem abgeänderten Angaben-Schema im WIS
3. Erstellung eines neuen Layers „Polizeichroniken Ereignisse“ mit den Kategorien, welche nicht den obigen Layern entsprechen (z.B. Erdbeben, Sturm, etc.) → Excel-Tabelle dargestellt im SAGIS und direkt dort editierbar (Schema nach S. Melzner [2], adaptiert)

Die räumliche Zuordnung wurde durch die Ortsbeschreibungen in den Einträgen möglichst genau (Angabe des Grundstücks als Vorgabe im WIS) durchgeführt. Die Angaben zur Genauigkeit der Verortung im Layer „Polizeichroniken Ereignisse“ reichen von 1 (genaue Angabe, z.B. Adresse) bis 4 (sehr vage, z.B. größere Regionen) – das Schema wurde übernommen aus [2]. und wurden angelehnt an [2]. Die Genauigkeitsangaben der Ereignisse im Ereigniskataster wurden an das vorhandene Schema angepasst.

Nicht verortbare Ereignisse bzw. jene Ereignisse mit großräumigeren Ortsangaben wurden im SAGIS am Standort des jeweiligen Gemeindeamtes eingetragen, um anzuzeigen, dass sich diese Ereignisse in der entsprechenden Gemeinde ereignet haben. Dies beinhaltet auch flächendeckende Ereignisse wie z.B. Hochwasser oder Hagel in größeren Gebieten.

Die erstellten Ereignistyp-Kategorien und die Zuweisung der verschiedenen Layer sind in folgender Tabelle aufgelistet:

Tabelle 1 Kategorien der digitalisierten Naturgefahrenereignisse und Einordnung in die verschiedenen Layer

Ereignis-Kategorien
Layer: Massenbewegung
Rutschung, Setzung, Hangmure
Steinschlag, Felssturz, Bergsturz
Eissturz, Geländesenkung, Sonstiges
Layer: Lawine
Lawine
Layer: Polizeichroniken Ereignisse
Hochwasser/Überschwemmung
Hochwasser/Vermurung
Hagelsturm
Gewitter
Schnee (Extremereignis)
Eisstrom
Erdbeben
Sturm
Temperaturextrem

Der Layer „Lawine“ wurde im Ereigniskataster eigens erstellt, da die Angaben in der Eingabemaske des Layers „Massenbewegung“ nicht auf das Ereignis einer Lawine passten und eine eigene Darstellung im Ereigniskataster seitens des Landesgeologischen Dienstes gewünscht wurde.

Der Layer „Polizeichroniken Ereignisse“ beinhaltet alle Kategorien, welche nicht in den vorhandenen Layern „Massenbewegung“ und „Lawine“ enthalten sind. Dieser Layer steht zur Einsicht zur Verfügung bzw. auch Verarbeitung von anderen (öffentlichen) Diensten (z.B. Wildbach und Lawinenverbauung, Hydrographischer Dienst, Forschungsarbeiten, etc.) und ist nicht jederzeit öffentlich einsehbar. Die Daten müssen beim Landesgeologischen Dienst angefragt werden.

Die verschiedenen Layer enthalten relevante Daten zum Zeitpunkt, Ort, Ereignistyp, Genauigkeit der Verortung, Hergang des Ereignisses, Angaben zum Schadensausmaß, eine Archiv-Nummer und ggf. digitalisierte Fotos zu den jeweiligen Ereignissen (Schema nach S. Melzner [2], adaptiert).. Die Eingabeschemata sind in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellt.

Vor der Eintragung in den Ereigniskataster wurden überprüft, ob die jeweiligen Chronik-Ereignisse bereits durch das Land Salzburg dokumentiert worden sind. Mehrfache Einträge in verschiedenen Chroniken wurden bestmöglich in einen Eintrag zusammengefasst.

In manchen Fällen sind in den Einträgen der Chroniken mehrere Prozesse gleichzeitig beteiligt/beschrieben. Hier wurden mehrere Ereignispunkte aus einem Eintrag erstellt, z.B. ein Starkregenereignis mit Hagel,

welches Hochwasser und Hangbewegungen auslöste oder Vermurungen an mehreren Orten. Auch kommt es vor, dass Beschreibungen uneindeutig sind oder andere Begriffe verwendet wurden als die heute gängigen Begriffe für Naturgefahren-Prozesse (z.B. wird eine Hangmure als Rutschung bezeichnet). Es werden häufig lokale Ortsbezeichnungen gebraucht wie z.B. „Teufelsbadstube“ für einen bestimmten Abschnitt des Mühlbaches (Hochkönig) oder historische Bauerngutsnamen wie z.B. die „Karlerkeusche“ in Ramingstein, welche durch Recherche in den Gemeinden, mit ehemaligen Beamten und historisch bewanderten Ortsansässigen ausfindig gemacht werden mussten. Aus diesen Gründen ist es in manchen Fällen schwierig eine eindeutige Einordnung oder Verortung vorzunehmen.

Es wurde vor allem auch darauf geachtet, dass relevante Beschreibungen zum Hergang des Ereignisses in die Datenbanken mit einfließen, um den beschriebenen Naturgefahrenprozess zu rekonstruieren und die Ursache und den Auslöser des Ereignisses so gut wie möglich identifizieren zu können.

EREIGNIS POLIZEICHRONIK: B 158 Wolfgangsee Straße, km 29,8, Felssturz/Rutschung
Tsunami, auf GP 916/1
WIS-ID: A10809453

Teil von:
Typ: Ereigniskataster Subtyp: Massenbewegung Status: besteht Seq:
Sparte:
Behörde:

Anmerkung:
Gegen 19.00 Uhr rutschte in der Nähe des Gasthauses „Lueg“ bei km 30 der „Grazer Reichsstraße“ vom steilen Abhang eine ganze Waldparzelle 400 m hoch und 300 m breit ab und riss einen tiefer liegenden Felskopf mit sich. Die gewaltigen Stein-, Erd- und Holzmassen stürzten in den Wolfgangsee.
Durch den heftigen Druck wurde der See am gegenüberliegenden Ufer bei Fürberg ca. 210 m über das Ufer hinausgetrieben. Beim Rückschlag des Sees ablag eine Welle ca. 8 m hoch über das steile Ufer empor und brach über die damalige Bahnstrecke und Reichsstraße und prallte gegen den Gasthof „Lueg“.
Durch die abgestürzten Gesteinsmassen wurde die Reichsstraße in einer Länge von 100 m ganz in den See gerissen und eine 400 m lange Strecke des Bahnkörpers stark beschädigt. Außerdem wurden die Badehütten bei Lueg fast ganz zerstört.
Sachschaden: Bundesstraße, Bahnstrecke, Gasthof Lueg, Badehütten
Quelle: Polzeichroniken (Archiv-Nr.: SG15)

Berechtigungskategorie Kategorie laufende Nr:
Ereigniskataster

Lage/Gebiet (1/1)
Lage: RW/HH: 453162,9507999999/290244,5046
Umgebung: Höhe (m):
Gebiet: Erfassung:

Bezirk	Gemeinde	Katastralgemeinde	Grundstück
Salzburg-Umgebung (503)	St. Gilgen (50330)	St. Gilgen (56107)	916/1

Gewässer (0)
Rechte (0)
Dokumentenanhänge (1)
Art: Dokument
Name: 2015-02-07_Artikel
Version: 1
Beschreibung: Landeskompensanz
Urkunde:
Personen zur Anlage (0)
Anschrift der Anlage (0)
Beziehungen zur Anlage (2)
Beziehung: Anlage Typ Subtyp
fielt in: B 158 - Felsstürze bei km 29,450 und 29,8 Gutachten Gutachten für Geologie
fielt in: B 158 Gutachten Gruppe an Gutachten
Objekte zur Anlage (0)
Attribute (6)
Ereigniskataster Massenbewegung (nur aktuelle Werte) alle Werte anzeigen
Ereignisbeginn (*): 07.04.1907 19:00 25.04.2017
Waarum: was ist bedroht/gefährdet
Auslöser: Sonstiges 25.04.2017
Sonstiger Auslöser: unbekannt 25.04.2017
Was: Ereignisphänomen: Steinschlag, Felssturz, Bergsturz 25.04.2017
Was ist bedroht: Gebäude, Straßen, Wohnhaus, Sonstiges 25.04.2017
Sonstiges bedroht: Gebäude und Infrastruktur rund um den See 25.04.2017

EREIGNIS POLIZEICHRONIK: Lawine, Brettereck/Gemeindestraße Hintermuh, auf GP 785/7
WIS-ID: A10983429

Teil von:
Typ: Ereigniskataster Subtyp: Lawinen Status: besteht Seq:
Sparte:
Behörde:

Anmerkung:
Gegen 07.00 Uhr ging eine Staublawine vom Brettereck ab und verschüttete die Mür und die Gemeindestraße bei km 1,0 auf einer Länge von 30 m, einer Breite von 25 m und einer Höhe von 3 m. Eine Person wurde mitgerissen und leicht verletzt.
Personenschaden: Verletzter (1)
Sachschaden: Straße (Sperrung und Räumung)
Quelle: Polzeichroniken (Archiv-Nr.: MU16)

Berechtigungskategorie Kategorie laufende Nr:
Ereigniskataster

Lage/Gebiet (1/1)
Lage: RW/HH: 461813,5922/18205,7084
Umgebung: Höhe (m):
Gebiet: Erfassung:

Bezirk	Gemeinde	Katastralgemeinde	Grundstück
Tamsweg (505)	Muhr (50505)	Vordermuh (58035)	785/7

Gewässer (0)
Rechte (0)
Dokumentenanhänge (0)
Personen zur Anlage (0)
Anschrift der Anlage (0)
Beziehungen zur Anlage (0)
Objekte zur Anlage (0)
Attribute (5)
Lawine (nur aktuelle Werte) alle Werte anzeigen
Warum? Lawinenauslösung: Unbekannt 07.09.2017
Was? was ist bedroht/gefährdet: Sonstiges: Straße, Weg
WAHNT? Ereignisbeginn (*): 15.02.1962 07.09.2017
Aufnehmer/Weider: Polizei
SCHADEN: Kurzbeschreibung Gesamtschaden (*): Personenschaden: Verletzter (1) 07.09.2017
Sachschaden: Straße (Sperrung und Räumung)

Abbildung 2 Eingabeschema der Layer „Massenbewegung“ (links) und „Lawine“ (rechts) des Ereigniskatasters im Wasserinformationssystem (WIS) der Salzburger Landesregierung

Best. Objekt bearbeiten

Polizeichroniken

Jahr
1855

Monat
5

Tag
31

Beschreibung
Ungewöhnlich starker Föhnsturm - ein Feuer im Sponbergerhaus wurde durch diesen stark verbr

Beschreibung Zusatz
Der Schaden beträgt laut Chronist 626.640 Gulden R. M.

Ereignis TYP
Sturm

Auslöser
Feuer/Föhnsturm

Schaden
Sachschaden: 101 Gebäude; gesamt 626.640 Gulden R. M.

Ort
Markt St. Johann

Genauigkeit Verort.
2

VerortAN

Quelle
Chronik PI St. Johann/Pg.

ArchivNr
SIJo01

Abbrechen Speichern

Abbildung 3 Eingabeschema des Layers „Polizeichroniken Ereignisse“ im SAGIS der Salzburger Landesregierung, Schema nach [2], adaptiert

ERGEBNISSE – ENDPRODUKT ERWEITERTER EREIGNISKATASTER

Fast 4000 Naturgefahrenereignisse wurden im Ereigniskataster des Landes Salzburg ergänzt. Eine genaue Aufschlüsselung der Ereignisanzahl pro Ereignistyp ist in

Tabelle 2 ersichtlich. Die Angaben in Tabelle 2 im Layer „Massenbewegung“ beziehen sich nur auf Ereignisse, welche nicht bereits im Ereigniskataster des Landesgeologischen Dienstes vorhanden waren. Einträge von bereits vorhandenen Ereignissen wurden gegebenenfalls textlich oder bildlich ergänzt.

Hochwasserereignisse wurden nicht in den Layer „Hochwasserdokumentation“ des Ereigniskatasters aufgenommen, da hier der Hydrographische Dienst des Landes Salzburg zuständig ist. Die Daten sind intern (Landesregierung Salzburg) verfügbar zur weiteren Verwendung durch den hydrographischen Dienst.

Circa ein Viertel der Ereignisse fallen unter eine ungenaue oder nicht mögliche Verortung.

Als erstes Naturgefahrenereignis, welches in den Polizeichroniken dokumentiert wurde, ist ein Föhnsturm im Jahr 1855, wodurch sich ein Hausbrand in St. Johann ausbreitete und ca. 50 Wohnhäuser und 50 Wirtschaftsgebäude komplett abbrannten.

Auffallend in den Daten sind gewisse Extrem-Ereignisse oder Zeiträume, in denen sich Ereignisse einer Kategorie häufen bzw. über große Regionen zum gleichen Zeitpunkt dokumentiert wurden. Beispiele dafür sind der Lawinen-Winter im Jänner 1951 oder Vermurungen und Rutschungen im Juli 1954.

Tabelle 2 Anzahl der Ereignisse, welche durch die Polizeichroniken im Ereigniskataster ergänzt werden konnten, aufgelistet nach der Kategorie Ereignistyp

Kategorie Ereignistyp	Anzahl Ereignisse
Layer: Massenbewegung	
Rutschung, Setzung, Hangmure	216
Steinschlag, Felssturz, Bergsturz	177
Eissturz, Geländesenkung, Sonstiges	2
Layer: Lawine	
Lawine	732
Layer Polizeichroniken Ereignisse	
Hochwasser/Überschwemmung	1137
Hochwasser/Vermurung	759
Hagelsturm	232
Gewitter	212
Schnee (Extremereignis)	154
Eisstrom	21
Erdbeben	66
Sturm	236
Temperaturextrem	45

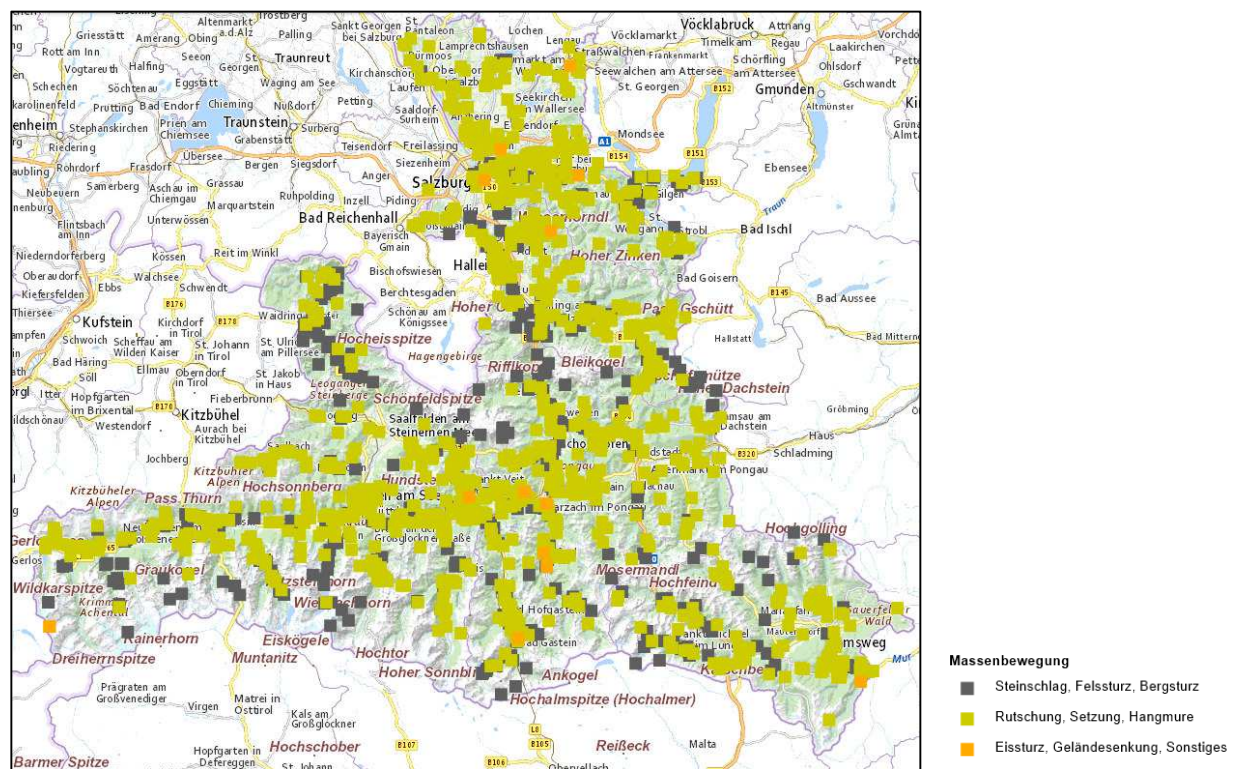


Abbildung 4 Ereigniskataster Layer „Massenbewegung“ im SAGIS, ergänzt mit den dokumentierten Ereignissen der Polizeichroniken; insgesamt wurden 396 Ereignisse zum Bestandskataster hinzugefügt

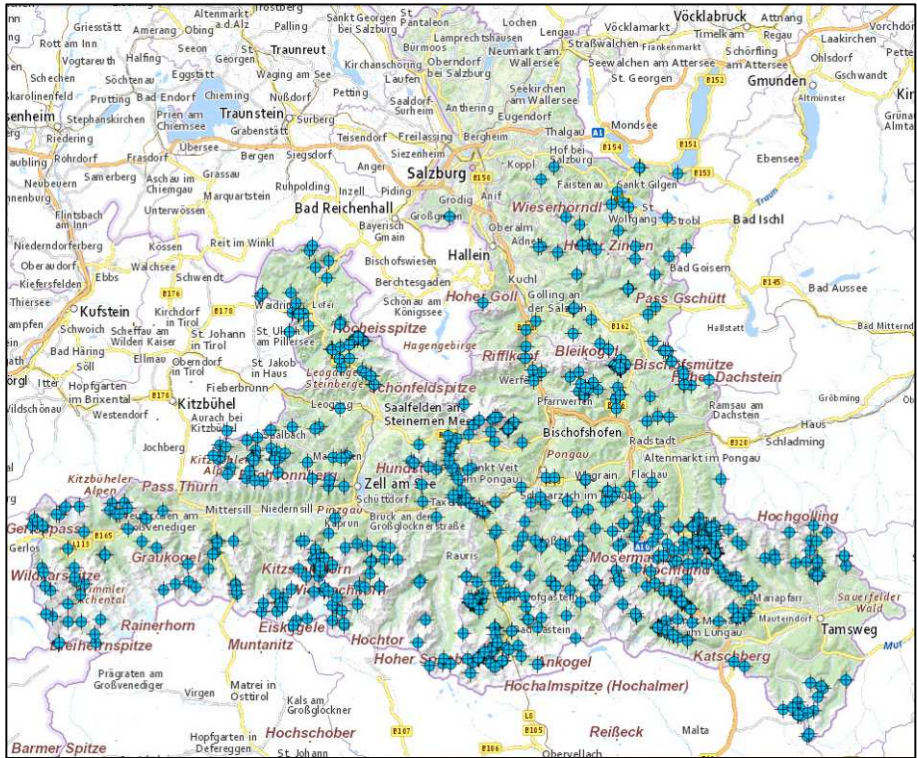


Abbildung 5 Neu erstellter Ereigniskataster Layer „Lawine“ im SAGIS; es wurden 688 Lawinen-Ereignisse digitalisiert

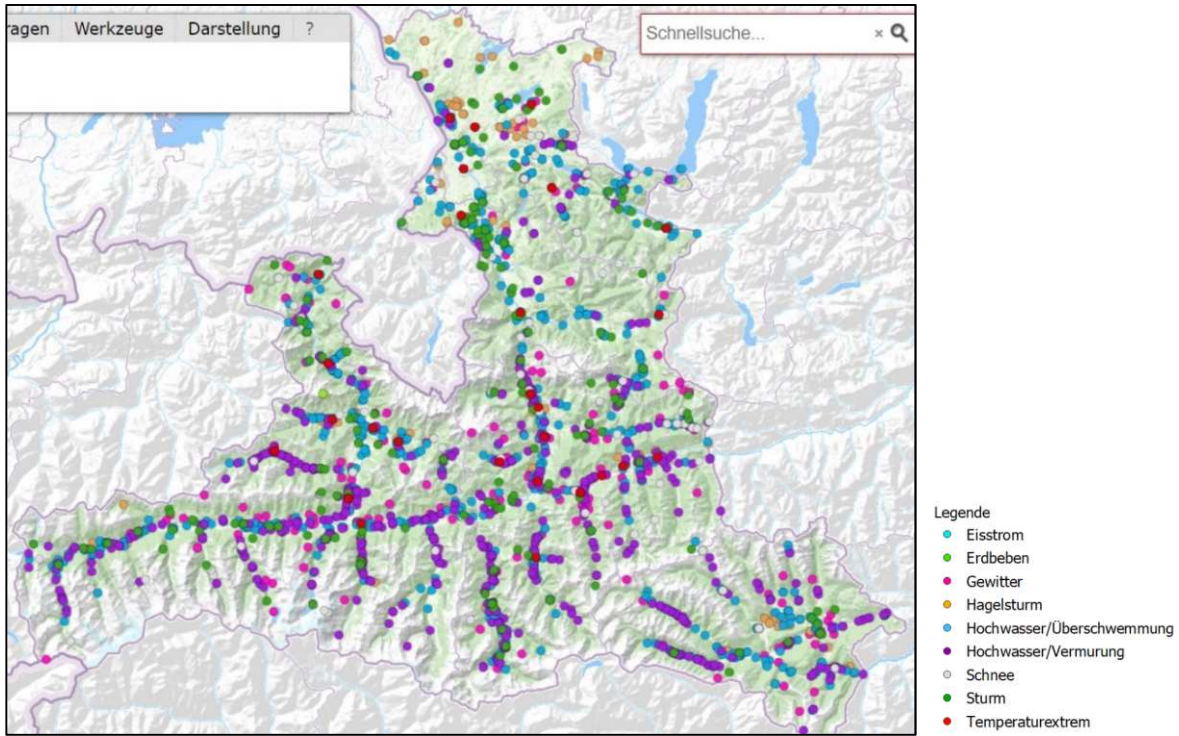


Abbildung 6 Neu erstellter Ereigniskataster Layer „Polizeichroniken Ereignisse“ im SAGIS; es wurden insgesamt 2862 Ereignisse digitalisiert

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Der Ereigniskataster ist ein zentrales Tool für eine umfassende Beurteilung von Naturgefahren-prozessen. Zusammen mit Beobachtungsmethoden der aktuellen Situation oder eines aktuellen Ereignisses erlaubt dieser eine fundierte Prozessanalyse, sowie Gefahren- und Risikoeinschätzung. Im gegenständlichen Projekt wurden wertvolle Daten zu historischen Naturgefahrenereignissen gewonnen und in den bestehenden Naturgefahren-Ereigniskataster bzw. in das Geoinformations-system (SAGIS) des Landes Salzburg eingespeist. Fast 4000 Ereignisse konnten mit unterschiedlicher Genauigkeit zugeordnet werden. Die Einspeisung in das SAGIS erlaubt eine zentrale Verwaltung der Daten im Raum Salzburg. Die gewonnenen Daten stehen digital zur Weiterverwendung bereit, sind teilweise öffentlich zugänglich bzw. können bei der Salzburger Landesregierung angefragt werden.

Diese neuen Daten erweitern unsere Grundlagen für Risikoanalysen, Raumordnung und Planung/ Dimensionierung von Schutzbauwerken massiv. Das in der Richtlinie ONR 24800 empfohlene Bemessungsereignis mit einer Jährlichkeit von 100 bzw. 150 Jahren für die Gefahrenzonenplanung und Planung von Schutzmaßnahmen kann dadurch wesentlich realistischer angesetzt werden als zuvor.

Ähnliche wertvolle Daten schlummern noch in den Polizeichroniken der übrigen Bundesländer. Eine entsprechende Erhebung deren und Erweiterung des Ereigniskatasters im Rest von Österreich mit dieser Methode würde in ganz Österreich eine wesentlich besser fundierte bzw. realistischere Gefahren- und Risikoanalyse erlauben.

Ein wesentlicher Verbesserungspunkt für vorhandene Ereigniskataster wäre eine flächige Darstellung des Prozessraumes bzw. des Auslöse- und Ablagerungsbereiches (z.B. Anrissstellen, Lawinenkegel, etc.). In den Ereigniskataster der Schweizer Kantone ist dies Standard; in Österreich besteht hier noch Aufholbedarf. Die Darstellung von Naturgefahrenprozessen als Punkte ist teilweise uneindeutig und lässt viel Spielraum für falsche Interpretation (Auslöseort vs. Ablagerungsort und Transitstrecke).

Besonders wichtig wäre die Weiterverwendung der gewonnenen Daten und die Zusammenarbeit mit anderen öffentlichen Stellen wie z.B. der Wildbach- und Lawinenverbauung (Murgang- und Lawinenereignisse) und des Hydrographischen Dienstes des Landes Salzburg (Hochwasserereignisse). Ein zentrales System in Anlehnung an die Schweizerischen Geografischen Informationssysteme der Kantone wäre wünschenswert. Die Aufnahme und Darstellung der Ereigniskataster in den einzelnen Bundesländern (GIS-Systeme) sollte zudem vereinheitlicht werden.

Die Ereigniskataster der verschiedenen öffentlichen Stellen sollten zusammengeführt werden und gesammelt sowie einheitlich dargestellt werden, um eine mehrfache Bearbeitung und lückenhafte Dokumentation zu vermeiden. Anwender der Ereigniskataster, welche schlussendlich Gefahren- und Risikoanalysen und -beurteilungen durchführen, müssen ein zentrales System zu Verfügung haben, um eine bestmögliche Risikominimierung für den Menschen und dessen Siedlungsraum und Infrastruktur zu ermöglichen.



Abbildung 7 Felssturz 1966 auf der Gasteiner Straße - dieser Teil der Straße ist heute durch einen Tunnel ersetzt

LITERATUR

[1] Chronik-Bücher der Salzburger Polizei-Stationen

[2] Melzner, S. (2016): Projekt NARIS, Erstellung eines Ereignis- und Schadenskatasters auf Basis der Chroniken der Gendarmerie und Polizei Salzburg, Geologische Bundesanstalt, Wien, August 2016

[3] Melzner, S. & Braunstingl, R. (2017): Erstellung eines Ereignis- und Schadenskatasters auf Basis der Chroniken der Polizei Salzburg. - In: Wimmer- Frey, I., Römer, A. & Janda, C. (Red.): Arbeitstagung 2017- Angewandte Geowissenschaften an der GBA, 208-209, Wien.

[4] Amt der Salzburger Landesregierung: Wasserinformationssystem Salzburg, WISOnline Portal, https://service.salzburg.gv.at/wisonline/wbo_main.aspx

[5] Amt der Salzburger Landesregierung: SAGIS online, <https://www.salzburg.gv.at/sagismobile>

Hangbewegungen und deren Auswirkungen auf Wohn- und Wirtschaftsgebäude im Alpenraum am Beispiel Grins

Tanzer Ludwig

AdTLR Abt. Hochbau,



Quelle Tanzer

Allgemeines:

In der Gemeinde Grins im Bezirk Landeck gibt es ein Bestandsbauwerk „Einfamilienhaus“ in massiver und komplexer Bauweise etwa 30 Jahre alt. Es macht hier den Anschein, dass das Gebäude auf GB 1386/3 im südwestlichen Bereich einer Setzung und einer leichten Drehbewegung unterworfen ist. Die südwestlichen Gebäudebereiche reißen vom nordöstlichen Bauwerksbestand ab. Aufgrund von Rissen, die die Tragsicherheit und/oder Dauerhaftigkeit des Bauwerkes beeinträchtigen können wurde ein Überwachungssystem installiert.

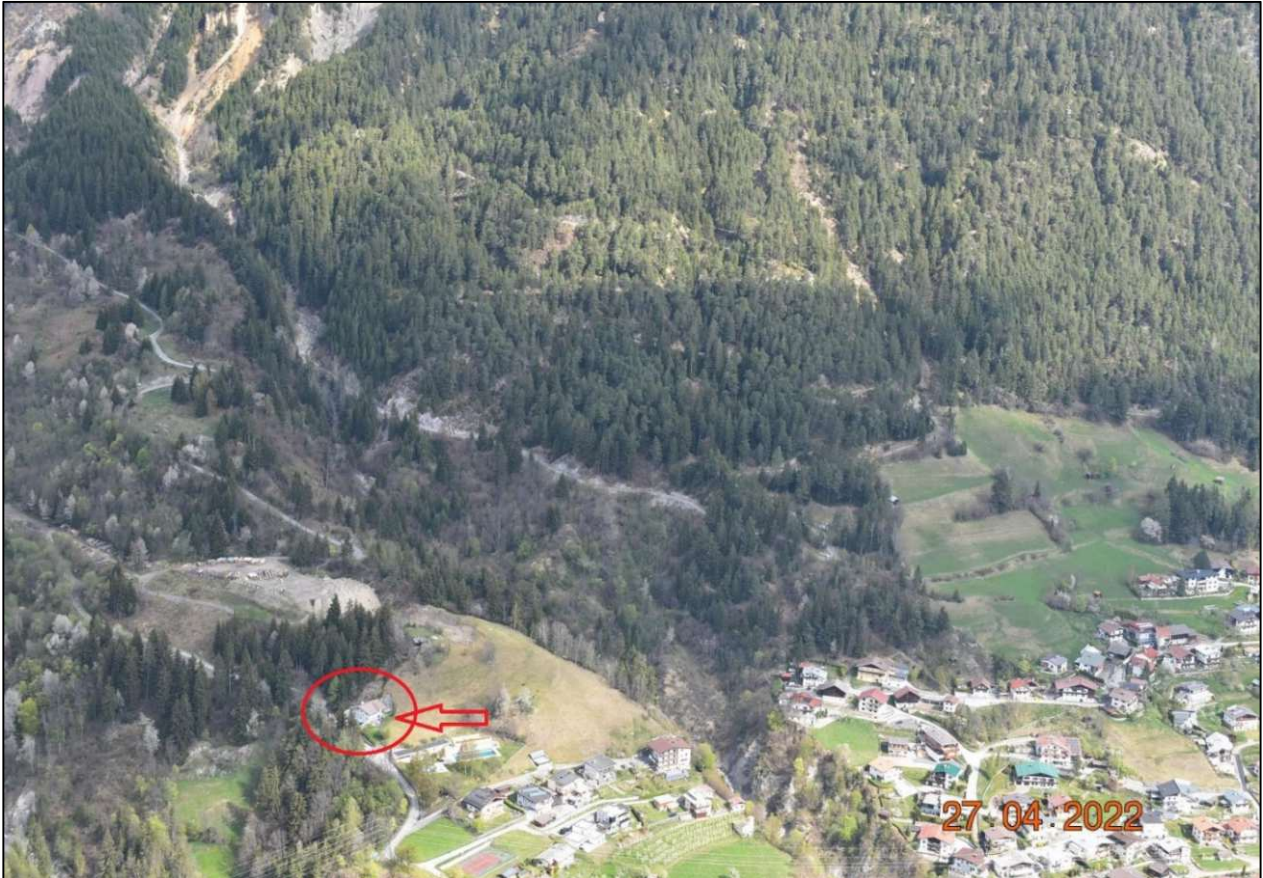




Bild 1: Das betroffene WH von außen



Bild 2: Außenansicht Vorderseite

1. Befundaufnahme am 18.02.2022

Aufgrund des Gebäudezustandes wurden zwei weitere Überwachungssysteme installiert. Somit befinden sich die Sensoren im Wohn- Esszimmer, Kellergeschoss und Stiegenhaus. Die Alarmmeldungen ergehen an vier ausgewählte Telefonnummern welche im schlimmsten Fall sofort reagieren und kontrollieren können.



Bild 3: Risse KG mit Überwachungssystem



Bild 4: Riss durch das Kellergeschoss

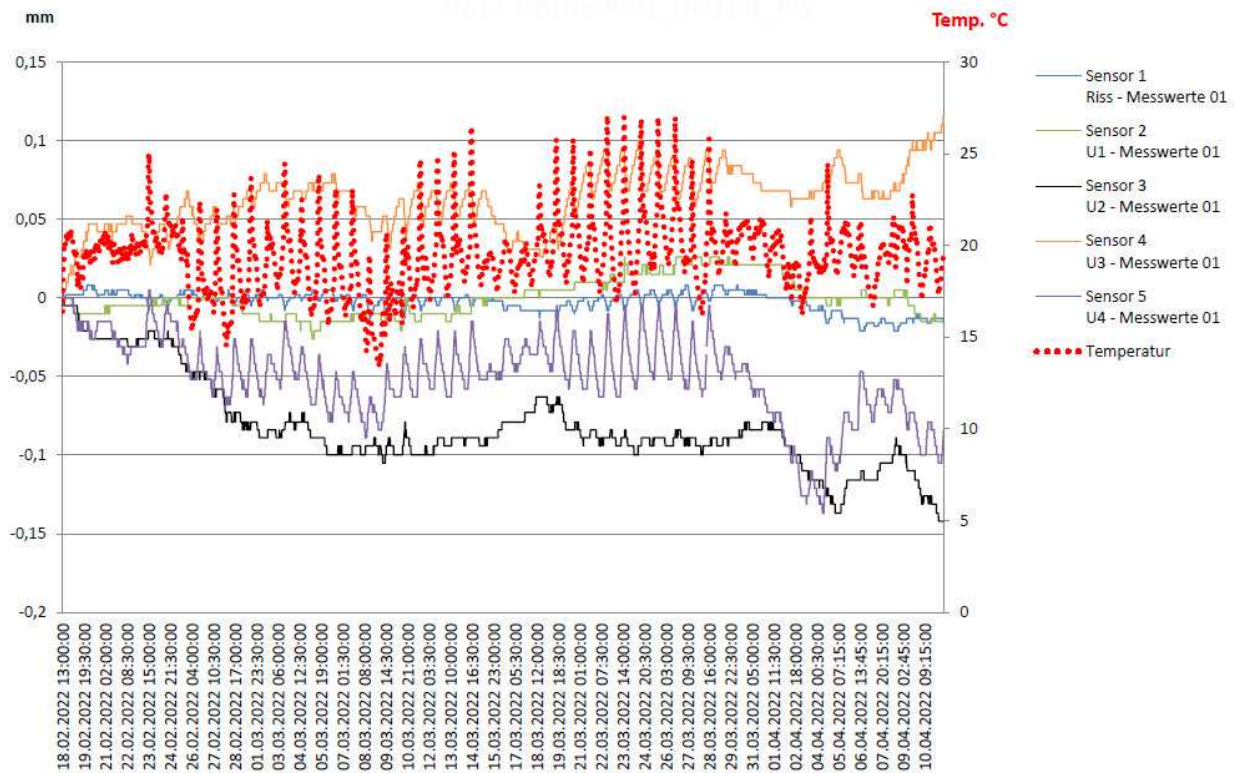


Bild 5: Messauswertung KG

2. Befundaufnahme am 07.03.2022

Begehung anlässlich der Alarmauslösung vom 27.02.2022.

Der Rissensor U4 (Sensor 5) ist in der Esszimmerwand Norden unter Herrgott über einen Vertikalen Riss montiert. Er misst die Rissaufweitung des vorhandenen vertikalen Risses.

Der Sensor löste auf Grund Rissbewegung größer 0,5 mm am 27.02.2022 aus. Die Rissbewegung war negativ. D.h. der bereits vorhandene Riss ging auf. Dies eben um größer 0,5 mm Rissweite.

Im Raum selbst sind weitere Sensoren montiert, welche unterschiedliche Rissbewegungen zeigen.

Vor Ort wurden alle Rissensoren ausgelesen. Die restlichen Rissensoren sind bis dato noch ohne Alarmmeldung. Auch die Sensoren im KG und Stiegenhaus. Seit der Alarmmeldung wurde die Situation über Fernauslesung beobachtet. Seit dem 27.02.2022 bis zur Befundaufnahme am 07.03.2022 nahm die Rissöffnung von 0,5 mm auf 0,65 mm zu. Es sind auffällige Rissbildungen im beobachteten Bereich ersichtlich. Es kann letztendlich tatsächlich eine Rissbewegung größer 0,5 mm konstatiert werden kann. Beobachtet man den gesamten Rissverlauf des gegenständlichen Sensors, hat sich die Rissbewegung über ca. 1 Monat kumuliert. Der zusätzlich installierte Erschütterungssensor hat bis dato nicht ausgelöst. Die Temperatur lag im Beobachtungszeitraum zwischen ca. 20 und 23 Grad. Eine temperaturbasierte Rissbewegung liegt nicht vor. Der Rissalarm bei gegenständlichem Sensor wurde neu eingestellt. In der nun bekannten Rissbewegung (Riss öffnet sich) wird der Alarm wiederum auf + 0,5 mm programmiert, gesamt daher + 1,0mm bis zum nächsten Alarm. Gegen die bekannte Rissbewegung (Riss schließt sich) wird der Alarm nun auf 1,5 mm einprogrammiert. Die Rissbewegungen sind weiter zu beobachten. Die Alarmer aller Sensoren sind nach wie vor scharf und aktiv. Das Datenübermittlungsintervall wurde auf 7 Tage belassen. Es wurde empfohlen das durch Geologen die Hangsituation kontrolliert wird.



Bild 6: angeschlagener Sensor

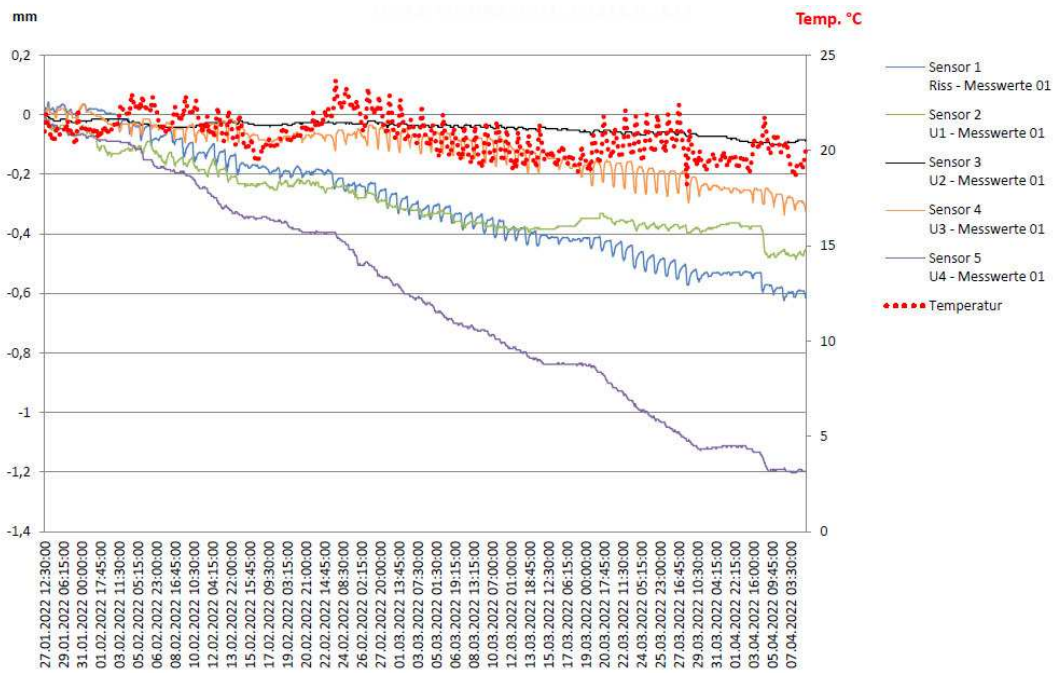


Bild 7: Messauswertung EG

Zusammenfassend ist der Alarm am Rissensor U4 keinen Temperaturdehnungen und/oder Verkürzungen geschuldet. Es liegt eine stetige Rissöffnung, bedingt durch Spannungen vor.

Die Situation wird auf Grund der Alarmmeldung in der kommenden Zeit engmaschig beobachtet.

Global betrachtet, über den aufgezeichneten Zeitraum von ca. 1 Monat, kann gesagt werden, dass keine relevante temperaturbedingte Rissbewegung zu unterstellen ist und eine globale Zunahme aller beobachteten Rissweiten (bis auf Sensor U2) abzulesen ist. Eine Bewegung des Gebäudes kann daher nicht ausgeschlossen werden. Die Rissweitzunahme von 0,65 mm / Monat ist auffallend.

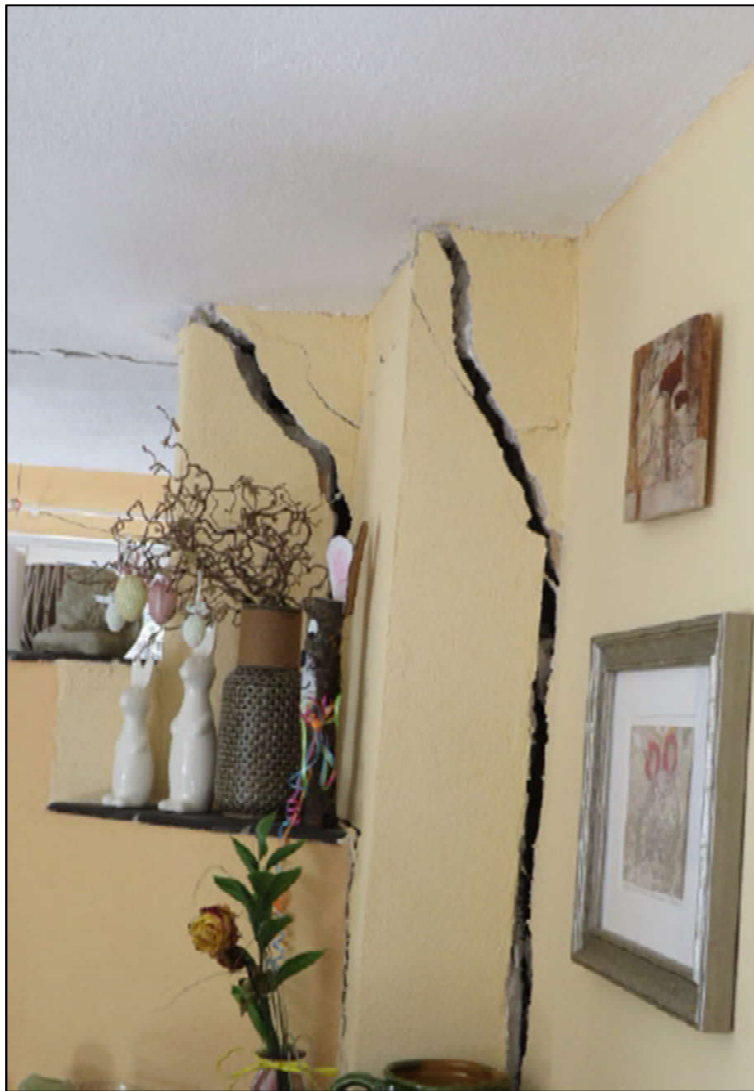


Bild 8: Wohnzimmer/Kaminbereich



Bild 9: Überwachungssystem



Bild 10: Rissensor

Befundaufnahme am 10.04.2022

Anlässlich der Alarmauslösung vom 28.03.2022:

Alarmauslösung an Rissensor U1 (Aufnahmestation Stiegenhaus) am 28.03.2022.

Der Rissensor U1 (Sensor 1) ist im Schlafzimmer im EG im Nahbereich einer Außentüre an einem deckennahen, horizontalen Riss montiert. Er misst die Rissaufweitung des vorhandenen horizontalen Risses. Der Sensor löste auf Grund Rissbewegung größer 0,5 mm am 28.03.2022 aus.

Die Rissbewegung war negativ. D.h. der bereits vorhandene Riss ging auf. Dies eben um größer 0,5 mm Rissweite. An der Aufnahmestation Stiegenhaus selbst sind weitere Sensoren montiert, welche unterschiedliche Rissbewegungen zeigen. Die Sensoren U3 und U4 zeigen ebenfalls zunehmende Rissöffnung. Die Rissensoren der Aufnahmestation im Heizraum im KG sind bis dato noch ohne Alarmmeldung. Seit dem 28.03.2022 bis zur Befundaufnahme am 12.04.2022 nahm die Rissöffnung von 0,5 mm auf ca. 0,72 mm zu. Es kann letztendlich tatsächlich eine Rissbewegung größer 0,5 mm konstatiert werden. Die Temperatur lag im Beobachtungszeitraum zwischen ca. 13 und 18 Grad. Eine temperaturbasierte Rissbewegung liegt nicht vor. Die Rissbewegungen sind weiter zu beobachten. Die Alarme aller Sensoren sind nach wie vor scharf und aktiv. Es liegt eine stetige Rissöffnung, bedingt durch Spannungen vor.



Bild 11: Rissensor Stiegenhaus

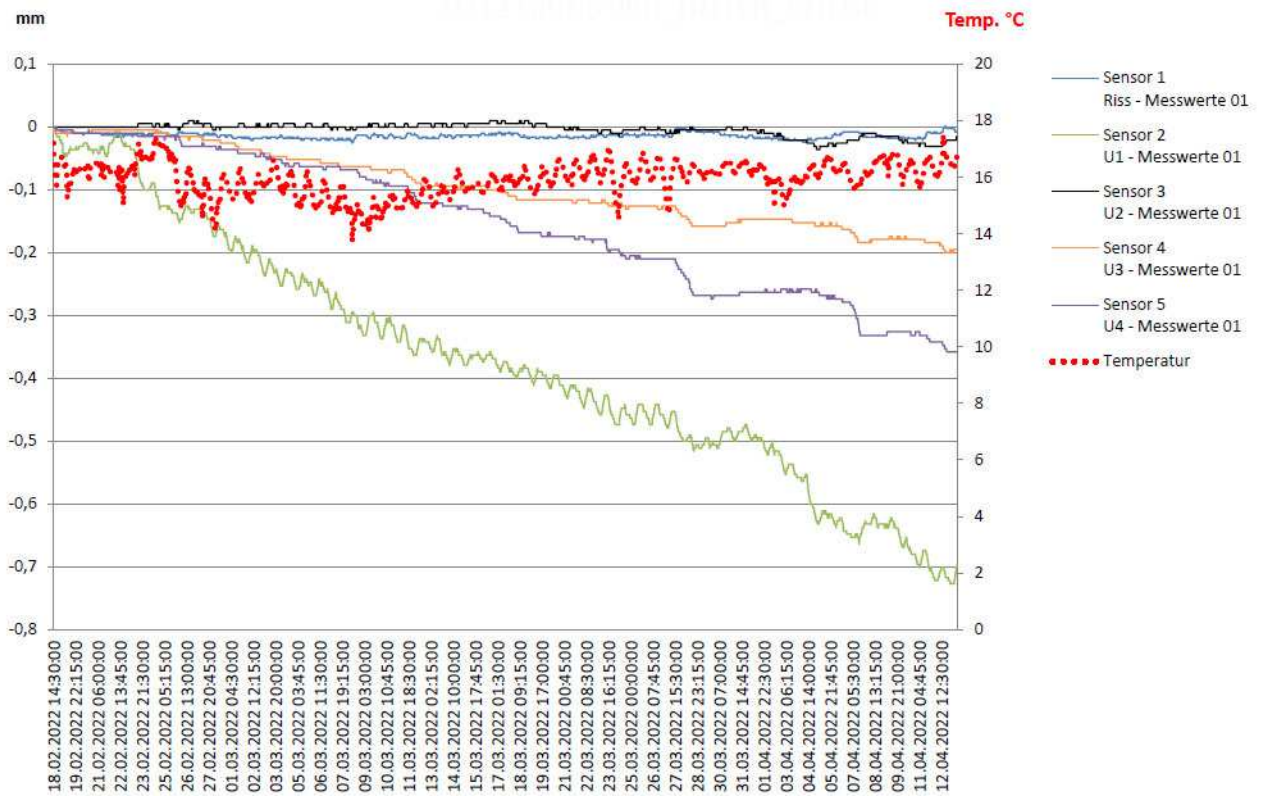


Bild 12: Messauswertung Stiege



Bild 13: Überwachungssystem Verbindung in das KG



Bild 14: Riss KG

Schlussfolgerung

Vor Ort wurde angegeben, dass sich die Rissbildung ab 2018 massiv intensiviert habe. Die Rissbildung ist der Baubehörde bekannt. Das Gebäude wird vermessungstechnisch beobachtet. Fakt ist, dass das Gebäude erheblich beschädigt ist. Statisch konstruktive Rissbildung liegt vor. Die Rissbildung hat sich nicht stabilisiert, sondern nimmt ständig zu. Die derzeitigen Einwirkungen sind jedenfalls bereits massiv. Es kommt aus Sicht der Sachverständigen zu einer Verschiebung und Verkippung der vorderen S-W Gebäudekörpers Richtung Tal. Es ist daher essenziell, ob sich die Hangbewegung stoppen oder stabilisieren lässt. Dies muss jedoch von Seiten der Landesgeologie bewertet werden. Fakt ist jedoch, dass eine erhebliche Rissbildung vorliegt und diese außerhalb der Toleranzen im Hochbau liegt.



Bild 15: Eingang WH Grins

Aufgrund dieser gesammelten Daten und Überprüfungen, Überwachungen, Besichtigungen, sowie mehreren Befundaufnahmen des Wohnhauses und der Hanglage/Rutschung, etc. wurde von der Baubehörde ein Bescheid mit Betretungsverbot ausgestellt. Das Wohnhaus ist unbewohnbar und wird bis spätestens Frühjahr 2023 zum Abriss freigegeben.



Bild 16: Ansicht von der Vogelperspektive



Bild 17: Betroffenes Gebäude von oben











Geologie als Grundlage wasserwirtschaftlicher Planung in Vorarlberg

Rufus J. Bertle, Heiner Bertle und Karoline Bertle

GEOGNOS Bertle ZT GmbH, Kronengasse 6, 6780 Schruns

1.Grundsätzliches

Das Amt der Vorarlberger Landesregierung, Abt.Wasserwirtschaft, hat seit ca. 2005 für verschiedene Talschaften im Land Vorarlberg Grundwassermodelle auf der Grundlage der zum Teil seit Jahrzehnten durchgeführten Grundwasser-pegelmessungen und auf der Grundlage moderner Laserscan Höhenmodelle erstellt. Im Jahre 2020 wurde das Büro GEOGNOS Bertle ZT GmbH beauftragt, das hydrogeologische Modell für das „Äußere Montafon“ zwischen Bludenz Brunnenfeld und der taleinwärtig von Schruns gelegenen Talverengung von Gortniel / St. Gallenkirch zu erstellen. Dieses Grundwassermodell schließt talauswärts an das seit 2007 bestehende Grundwassermodell „Walgau“ an. Die hydrologische Modellierung des Grundwasserfeldes im „Äußeren Montafon“ wurde durch das Büro TK Consult, Zürich, in enger Abstimmung mit GEOGNOS Bertle ZT GmbH durchgeführt.

Bei der Erstellung des horizontalen Finite-Elemente-Modellnetzes wurden von TK Consult der von GEOGNOS Bertle ZT GmbH vorgegebene Modellrand sowie folgende weitere Strukturen berücksichtigt:

- Linke und rechte Gerinnebegrenzung der III
- Gewässerachsen bzw. Umrandung der übrigen Oberflächengewässer (Speicherseen in Rodund bzw. frühere Baggersee)
- Lage der Grundwassermessstellen sowie der öffentlichen und privaten Grundwasserfassungen- und Versickerungen
- Relevante Bruchkanten ermittelt aus dem digitalen Oberflächenmodell

Dieses unstrukturierte Modellnetz (Dreieckselemente) besitzt eine max. Elementfläche von 500 m² und besteht aus rund 57.000 Modelknoten und 113.000 Elementen. Es weist eine Gesamtfläche von ca. 11 km² auf. Im Zuge der Überführung des horizontalen Modellnetzes in ein 3 D Modellnetz wurde zwischen der Geländeoberkante und der Stauoberfläche, die von GEOGNOS Bertle ZT GmbH vorgegeben wurde, numerische Schichten eingefügt, deren max. Mächtigkeit 5 m beträgt. Unmittelbar unterhalb der Geländeoberfläche wurden Modellschichten mit einer Mächtigkeit von 1 m bis 2 m eingebaut. Es resultieren somit max. 56 Elementschichten sowie ein 3 D Modellnetz, das aus rund 1,2 Mio. Modellknoten und 2,4 Mio. Elementen besteht.

In einem iterativen Prozess zwischen den beiden beauftragten Planern wurden das Modell bzw. die Randbedingungen abgestimmt, bis die modellierten Zustandsgrößen des Grundwasserhaushalts (insbesondere Wasserspiegellage in den zahlreichen Kontrollpegeln) mit den beobachteten und zu

erwartenden Werten im Wesentlichen übereinstimmen, d.h. eine möglichst geringe Differenz zwischen Modellierung und „Natur“ erzielt wurde. Ziel war es, eine optimale Übereinstimmung zwischen den Messungen der Periode 2008 – 2019 und den Modellergebnissen unter Berücksichtigung der hydrogeologischen Vorstellungen erzielen zu können.

2. Geländesituation, geologische Verhältnisse

Das „Äußere Montafon“ wird zwischen Tschagguns Mauren / St. Gallenkirch Gortniel und dem Talausgang in Lorüns / Bludenz durch drei weit ins Tal vorstoßende Geländerücken bzw. Engstellen im Talverlauf in vier Teilbecken untergliedert. Das am weitesten taleinwärts gelegene und kleinste Talbecken von Tschagguns Mauren bis Tschagguns Böldmenstein wird durch den gegen NW vorstoßenden Felsrücken von Böldmenstein vom großen Talbecken von Schruns Tschagguns getrennt. Das Talbecken von Schruns Tschagguns wird am talauswärtigen Rand (NW) durch die Engstelle von Kaltenbrunnen vom Teilbecken Vandans – St. Anton i. M. und dieses an seinem nördlichen Rand wiederum durch den weit ins Tal vorstoßenden bewaldeten Felsrücken des Lorünser Berges, der sich östlich talein des Ortskernes von Lorüns befindet, vom Becken von Lorüns getrennt. Das Becken von Lorüns wird am NW lichen Rand, das ist der Talausgang des Montafons im Bereich des früheren Zementwerkes, durch den Steilhangfuß der Gavalina Alpe bzw. durch den gegen W vorspringenden Geländerücken des Lärchenbühels gegen das Grundwasserbecken des Walgaves bzw. des Äußeren Klostertales begrenzt.

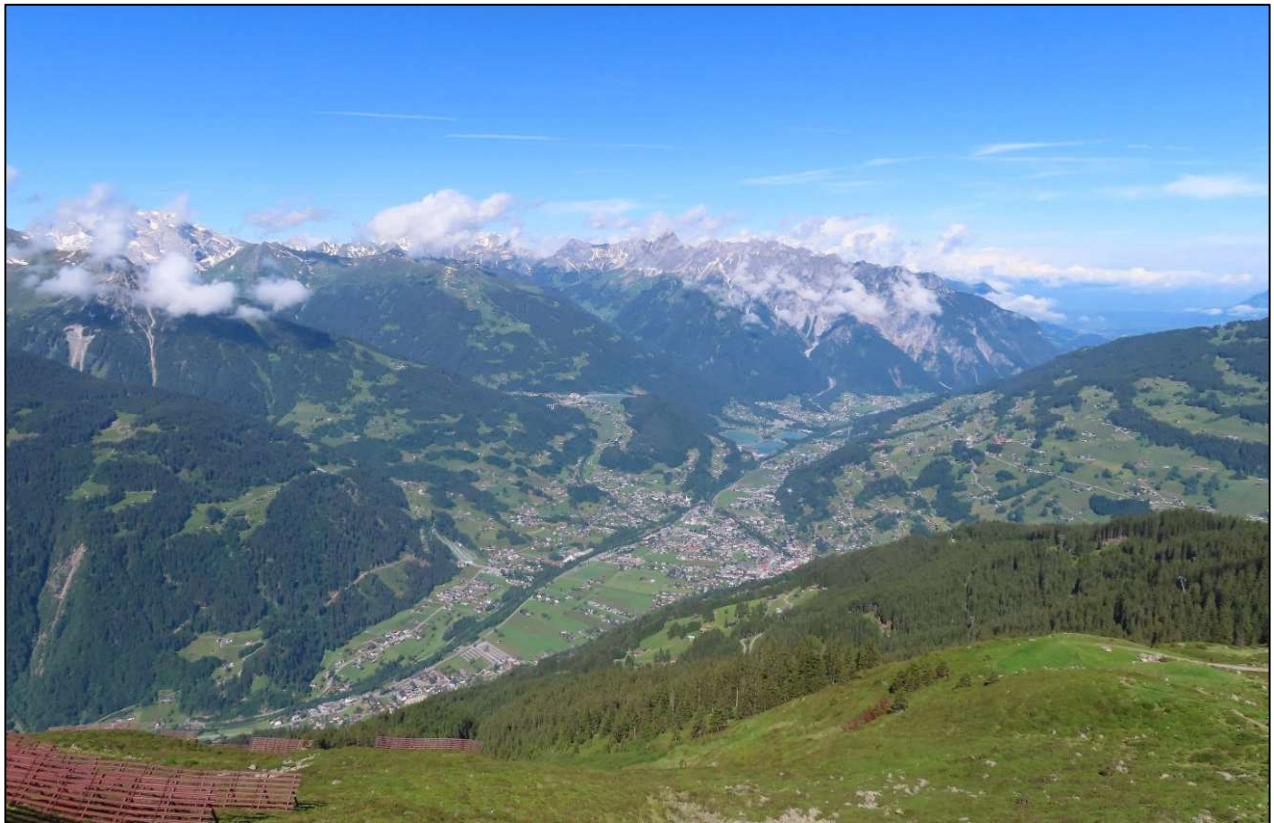


Bild 1: Foto des Projektbereiches (Vordergrund Becken von Schruns)

Der Talboden des Äußeren Montafons wird aus südöstlicher Richtung kommend durch die Ill durchflossen. Der Talboden fällt von ca. m 740 ü.M. im SE im Bereich von Tschagguns Mauren auf ca. m 570 ü.M. am NW lichen Talausgang des Montafons ab. In diesem Abschnitt des Tales fließen der Ill aus nordöstlicher Richtung die Litz im Gemeindegebiet von Schruns und von S bzw. SW die Bachläufe des Gampadelsbaches, des Rasafei und des Rellsbaches als Hauptseitenzubringer zu.

Die Lage der Ill im Talboden ist insbesondere durch die mächtigen Schuttkegel der zuvor genannten Hauptseitenzubringer sowie zusätzlich durch die großen Schuttkegel des Mustergiel und Vensertobels in Vandans und des Tränenbaches in St. Anton i. M. / Prazalanz bestimmt. Die mächtige Schüttung der Litz hat bewirkt, dass die Ill im Teilbecken von Schruns Tschagguns eher am S lichen bzw. SW lichen Rand des Beckens verläuft, während sie im Ortgebiet von Vandans eher an den E lichen bzw. NE lichen Rand gedrückt wurde. Der mächtige Schuttkegel von St. Anton Prazalanz hat die Ill wiederum an den S lichen Rand zum Südfuß des Lorünser Berges gedrängt. Im Becken von Lorüns fließt die Ill – bedingt durch die seit über 100 Jahren ausgeführten Schutzbauten – entlang dem NE lichen Rand des Beckens und wird erst talauswärts von Lorüns durch den Felsrücken des Lärchenbühels bzw. Rappenkopfes wieder an den S lichen Rand des Talbodens gedrängt.

Mit Ausnahme von kleinen Resten von Auwald entlang der Ill (beide Bachufer), entlang des Rellsbaches bzw. des Vensertobels sowie in der Lorünser Au talauswärts von Lorüns und mit Ausnahme des mächtigen Schuttkegels des Tränenbaches talauswärts von St. Anton i. Montafon ist der Talbodenbereich des Äußeren Montafons durchgehend landwirtschaftliche Wiesenfläche bzw. Dauersiedlungsraum. Im Bereich von Rodund Vandans wird der Talboden zusätzlich durch die großen Staubecken von Illwerke vkw AG (Kraftwerksanlagen Rodund) genutzt.

Der flach gegen NW abfallende Talboden des Montafons versteilt sich im Bereich der großen Schuttkegel der Seitenzubringer auf max. ca. 20% (meist ca. 10% bis 15%). In den Bereichen außerhalb der mächtigen Schuttkegel der Seitenzubringer steigt das Gelände beidseits des Talbodens wesentlich steiler, größtenteils felsdurchsetzt in nordöstlicher bzw. südwestlicher Richtung an. Steile felsdurchsetzte Talränder nahe dem Bachlauf der Ill befinden sich im taleinwärtigen Bereich bei „Bödmenstein / Tschagguns“, zwischen der Pfarrkirche von Tschagguns und Rodund, im Bereich des Lorünser Berges (alle südlich der Ill), zwischen Schruns Gauenstein und Kaltenbrunnen / talein des früheren Bggersees („Hosensee“) bis St. Anton i.M. NE der Ill sowie nördlich bzw. nordöstlich des Ortskernes von Lorüns (nördlich der Ill) und schließlich am talauswärtigen Ende des Montafons bei der Einmündung der Alfenz in die Ill (südliches Ufer der Ill).

Die Talachse des Montafons verläuft +/- SE NW und damit +/- parallel bis subparallel zur Davenna Störung, die mit mehreren Brüchen den am N lichen Talausgang befindlichen Davennastock durchschneidet. Der Talboden des Äußeren Montafons verläuft damit +/- rechtwinklig zum Streichen der Schichtglieder der beiden geologischen Großeinheiten des Äußeren Montafons, nämlich den Gneisen, Amphiboliten und Glimmerschiefern des Oberostalpinen Silvrettakristallins und den diesen Kristallinsockel transgressiv überlagernden Sedimentgesteinen der Nördlichen Kalkalpen. Die kristallinen Gesteine der Silvrettadecke sind im Projektbereich nur taleinwärts der Linie Rellstal–Bahnhof Vandans–Roter Stein den Untergrund bildend, während die zum Teil verkarstungsfähigen Sedimentgesteine der Nördlichen Kalkalpen insbesondere talauswärts dieser Linie den Untergrund aufbauen. Lediglich südlich der Ill im Abschnitt

zwischen dem Ortszentrum von Tschagguns und dem Bachlauf des Rellsbaches sind – in einer tektonischen Muldenform – nochmals Karbonatgesteine und andere Sedimente in die kristallinen Gesteine des Grundgebirges der Silvretta eingeschaltet. Die Sedimentgesteine der Nördlichen Kalkalpen bestehen insbesondere aus Tonschiefern und Sandsteinen (Alpiner Bundsandstein, Alpiner Verrucano, Partnach und Raibl Formation) sowie aus Mergeln und Karbonaten sowie Gips, die alle eine mehr oder weniger starke Verkarstung aufweisen können. Die verkarstungsfähigen Karbonate und evaporitischen Gesteine sind an die Alpine Muschelkalk Formation, die Arlberg Formation, die Raibl Formation (Gipshorizont), den Hauptdolomit sowie die Plattenkalk Formation und schließlich in sehr geringen Anteilen an den Oberrhätalk gebunden.

Die Karbonatgesteine der Nördlichen Kalkalpen sind zwar an der Geländeoberfläche max. bis zur Linie Rasafei – Ortszentrum von Schruns aufgeschlossen, in den dem Büro GEOGNOS Bertle ZT GmbH vom AG zur Verfügung gestellten Erdsondenbohrungen aus dem Talbodenbereich wurden jedoch verkarstungsfähige Karbonate und damit mögliche Bergwasserträger (siehe unten) überraschenderweise auch im Ortskern von Gantschier (Bereich Kirche) sowie insbesondere am taleinwärtigen Rand von „Zelfen“ / Tschagguns sowie südöstlich unterhalb von Böldmenstein und sogar am taleinwärtigen Ende des Projektgebietes in Tschagguns Mauren erbohrt. Das Vorhandensein von karbonatischen Gesteinen im Untergrund des Talbodens im Bereich Tschagguns Zelfen, d.h. am nördlichen Hangfuß des Bergstockes der Hora ist unter Berücksichtigung der regionalen geologischen Situation durchaus möglich, das Vorkommen dieser karbonatischen Gesteine taleinwärts von „Böldmenstein“ in Tschagguns Mauren hingegen sehr überraschend.

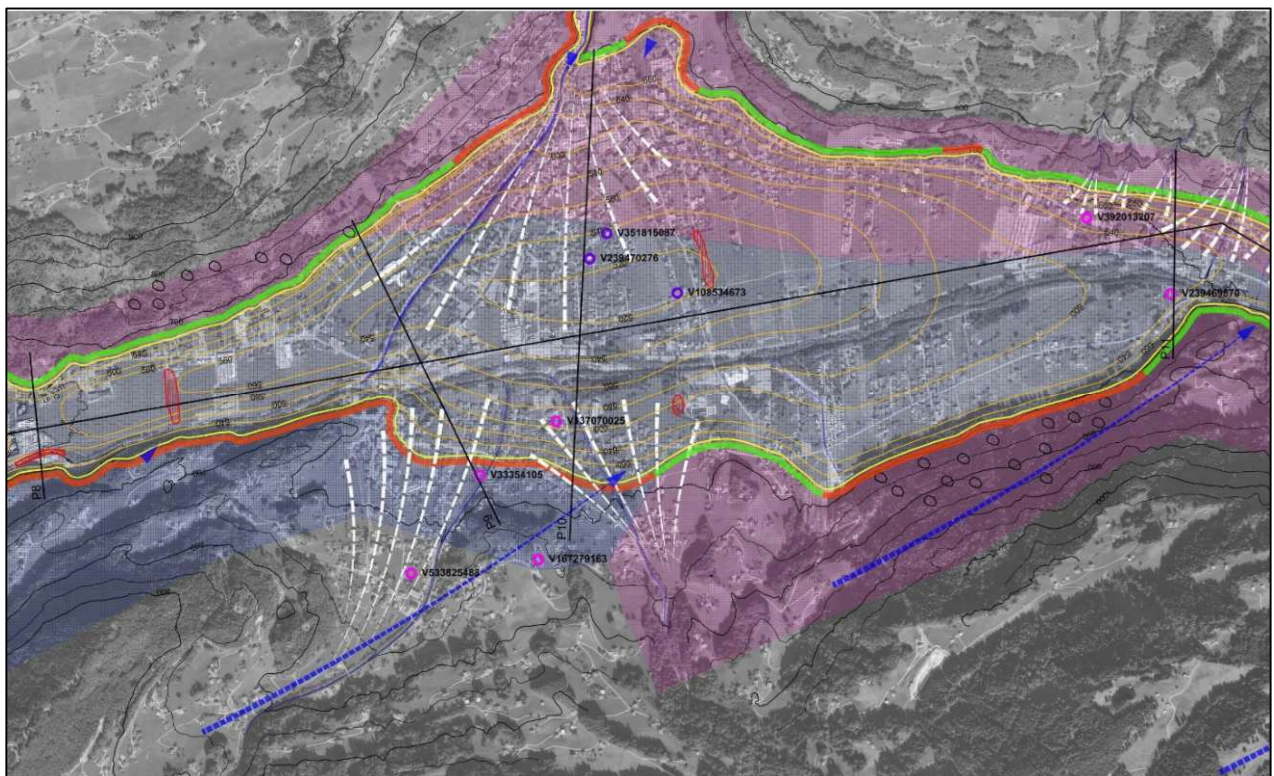


Bild 2: Ausschnitt aus hydrogeologischer Karte mit Modellrand und Randzuflüssen

Auf Grund der unterschiedlich guten Lösbarkeit der die verschiedenen Gesteine aufbauenden Minerale weisen Bergwässer aus den kristallinen Regionen, d.h. Bergwässer, die im Silvrettakristallin zirkulieren, eine deutlich geringere Mineralisation auf als Bergwässer, die in karbonatischen verkarsteten Gesteinen fließen. Bei starken unterirdischen Zuflüssen in das Grundwasserfeld ist daher anzunehmen, dass Bergwasserströme aus karbonatischen Bereichen zu einer erhöhten Leitfähigkeit des Grundwassers bzw. von Grundwasserkörpern führen. Im Zuge der hydrogeologischen Geländeaufnahmen wurde daher in allen zugänglichen Pegeln bzw. Brunnen im Talbodenbereich sowie bei allen Seitenzuflüssen und bei Quellaustritten neben der Grundwassertemperatur auch die elektrische Leitfähigkeit gemessen.

Entlang von vermuteten +/- NW SE streichenden Störungen (parallel zur Davennastörung, siehe oben) wurde das Montafon während der letzten Eiszeiten tiefreichend ausgeschürft. Wie die ausgewerteten Erdsondenbohrungen im Becken von Schruns sowie Vandans – St. Anton i. M. zeigen, liegt die Felssohle des Äußeren Montafons zum Teil deutlich unter 130 m unter der derzeitigen Geländeoberfläche. In Bereichen, in denen härtere Gesteine quer bzw. rechtwinklig zum Talverlauf durchziehen, wurden im Zuge der Glazialerosion Felsschwellen ausgebildet und in jenen Bereichen, in denen sehr weiche Gesteine (Gips!) den Talboden queren, tiefreichende Becken. In der Sohle des ausgeschürften Tales bzw. teilweise auch in den randlichen tiefer liegenden Einhängen wurden dichte (Grund) Moränen abgelagert. Nach dem Rückzug der eiszeitlichen Gletscher wurde das Äußere Montafon einerseits durch die Ill und andererseits insbesondere durch die größeren seitlichen Zubringer Litz, Gampadelsbach, Rasafei, Rellsbach und Mustergiel sowie durch das Gipsbruchtobel aufgeschottert. Diese Schuttfächer der Seitenzubringer verzahnen sich im heutigen Talbodenbereich mit den eher grobkörnigen sandigen Kiesen bzw. Schottern der Ill. Da das Liefergebiet der Illschotter taleinwärts des Projektbereiches und das Liefergebiet der Litz +/- nur aus kristallinen Gesteinen besteht, sind sich die Schotter der Ill und jene der Litz im Teilbecken von Schruns Tschagguns petrographisch und hydraulisch sehr ähnlich und bilden damit einen +/- homogenen Grundwasserkörper. Dem gegenüber weisen die Liefergebiete des Gampadels-, Rasafei-, Rells-, Mustergiel und Tränenbaches einen deutlich heterogener aufgebauten Untergrund mit grobkörnigen mur- bzw. bachschuttbildenden Karbonaten und zwischengelagerten feinkörnigen Murletten (insbesondere aus Tonschiefer, Mergeln und feinkörnigen Sandsteinen entstanden) auf. Daher ist talauswärts des Teilbeckens von Schruns Tschagguns, d.h. ab Vandans Rodund bis hinaus zum taleinwärtigen Rand des Teilbeckens von Lorüns mit deutlich inhomogeneren Grundwasserkörpern, d.h. auch mit verschiedenen Grundwasserstockwerken mit verschiedenen Druckniveaus zu rechnen.

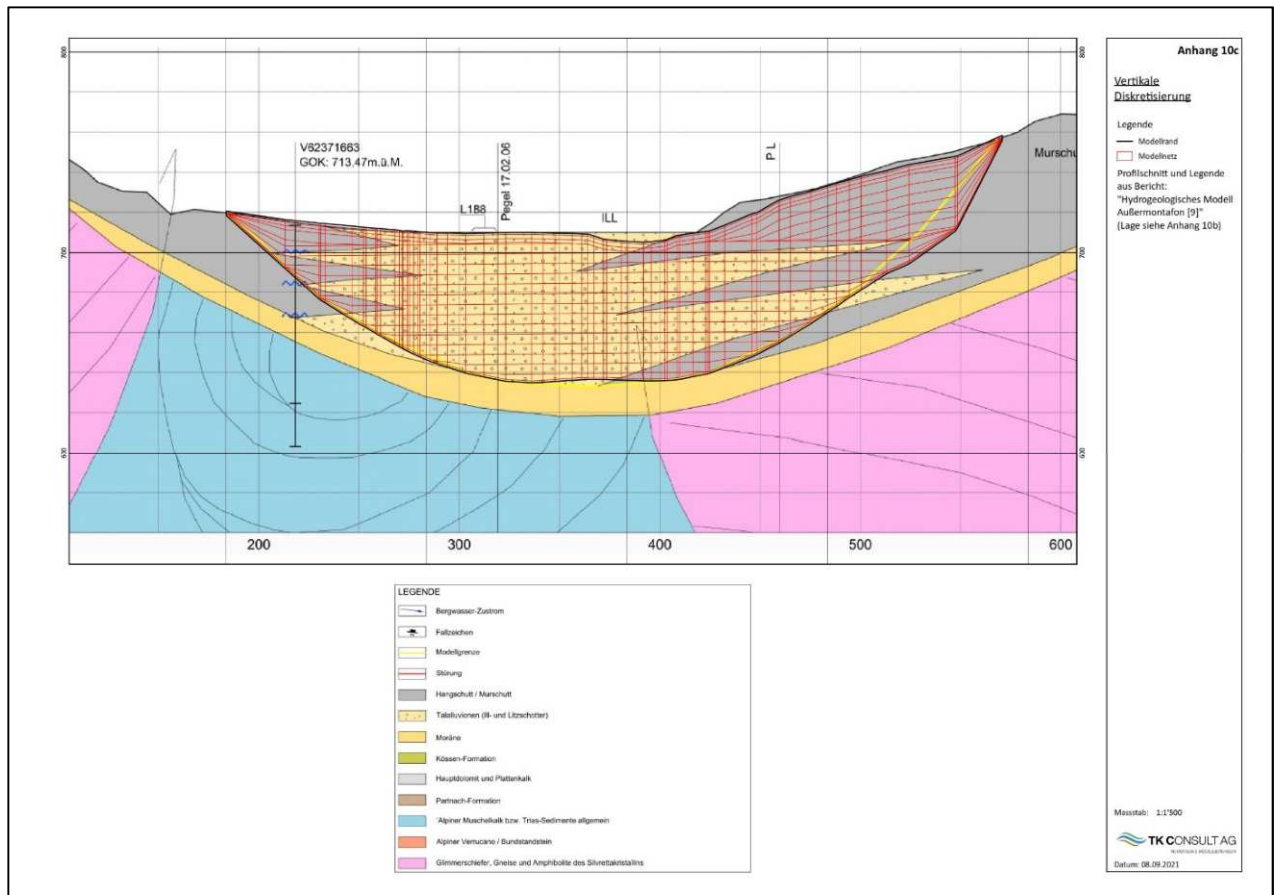


Bild 3: Überführung hydrogeologischer Schnitt in Modellnetz Simulation

Hinsichtlich der Nutzung des Grundwasserkörpers im Talboden des Montafons ist festzuhalten, dass dieser durch Grundwasserentnahmen derzeit verhältnismäßig gering genutzt ist. So sind im Teilbecken von Schruns Tschagguns mit den Grundwasserentnahmen und -rückgaben der REHA Schruns und verschiedener touristischer Einrichtungen (hier bis ca. 20 l/s Einzelentnahme) größere Grundwassernutzungen bewilligt. Zum überwiegenden Teil handelt es sich hier um Grundwasserwärmepumpen, die dieselbe Menge entnommenen Grundwassers wieder in den Grundwasserkörper durch Versickerung zurückgeben.

Im Teilbecken Vandans – St. Anton liegen mit der Grundwasserentnahme ELB Form GmbH, dem Trinkwasserpumpwerk Zwischenbach-Vandans (15 l/s), sowie dem Trinkwasserpumpwerk Vens-Vandans (30 l/s) und der ARA Montafon mit 19 l/s größere bewilligte Grundwassernutzungen.

Im Teilbecken von Lorüns sind mit Grundwassernutzungsanlagen für Gewerbebetriebe nur zwei größere Grundwasserentnahmen ganz am Rande des Projektbereiches vorhanden.

Die Speisung des mit den o.a. angeführten Brunnenanlagen genutzten Grundwasserkörpers des Äußeren Montafons erfolgt durch den III Begleitgrundwasserstrom, der aus südöstlicher Richtung aus dem Inneren Montafon kommend dem Teilbecken von Schruns Tschagguns zufließt, durch Litz Begleitwasser aus dem Silbertal sowie insbesondere durch Bergwasserzutritte an verschiedensten Stellen und durch den im Talboden fallenden und versickernden Niederschlag. Hinsichtlich der Wasserführung im Bachlauf der III ist

zu berücksichtigen, dass über den weitaus größten Teil des Jahres der größte Teil des natürlichen Abflusses der Ill nicht im Bachlauf sondern über den Triebwasserweg der Illwerke vkw AG und damit ohne direkten Kontakt zum Grundwasserkörper erfolgt. Dieses aus dem Hinteren Montafon bzw. der Silvretta stammende Wasser wird über die Kraftwerksanlagen Latschau und Rodund und in weiterer Folge über den Stollen des Walgauwerkes am Grundwasserkörper des Äußeren Montafons vorbeigeleitet. Zusätzlich wird Wasser der Ill am talauswärtigen Rand des Teilbeckens von Schruns Tschagguns eingezogen und ebenfalls den Stauseen von Rodund und in weiterer Folge dem Walgauwerk zugeleitet. Dies gilt auch für fast alle größeren Seitenzubringer südlich der Ill. Von den größeren Seitenzubringern verbleiben lediglich noch der Mustergielbach in Vandans sowie die Litz in Schruns neben den unterirdischen Bergwasserzutritten als größere Zuflüsse zum Grundwasserkörper des Äußeren Montafons.

Diese Bergwasserströme sind insbesondere an mehr oder weniger verkarstungsfähige Gesteine, d.h. an die Karbonate der Nördlichen Kalkalpen bzw. an die in die kristallinen Gesteine des Silvrettakristallins eingefalteten Karbonatzüge sowie an Großhangbewegungen innerhalb des Silvrettakristallins gebunden. Die an die karbonatischen Gesteine gebundenen Bergwasserströme sind daher im Abschnitt von Bartholomäberg Roter Stein bis nach Tschagguns Mauren auf den Bereich südlich bzw. südwestlich der Ill beschränkt, talauswärts von Bartholomäberg Roter Stein jedoch auf beiden Talseiten vorhanden. Im Teilbecken von Schruns Tschagguns bzw. taleinwärts von Bartholomäberg Roter Stein bis hinein zum SE lichen Ende des Projektgebietes in Tschagguns Mauren sind nur wenige Bergwasserzutritte bekannt.

3.Zusammenfassung

Auf der Grundlage der verfügbaren veröffentlichten geologischen Karten (z.B. Blatt Rätikon der GBA Wien), auf der Grundlage der Auswertung der übermittelten Bohrprofile und von eigenen Projektunterlagen bzw. geologischen Beobachtungen während der letzten 50 Jahre wurde ein hydrogeologisches Untergrundmodell des „Äußeren Montafons“ erstellt. Im Zuge der hydrogeologischen Modellerstellung wurde das „Äußeren Montafon“ in vier Teilbecken, die untereinander und gegen die taleinwärts bzw. talauswärts anschließenden Talböden durch Engstellen bzw. Sohlschwellen getrennt sind, untergliedert.

Im Bereich der beiden taleinwärtig gelegenen Teilbecken von Tschagguns Mauren und Schruns Tschagguns wird der nördliche bzw. orographisch rechte Talrand des Montafons durch kristalline Gesteine des Silvrettakristallins gebildet. Ein größerer Teil des Felsuntergrundes in der Talsohle sowie der orographisch linke südliche Rand des Montafons in diesem Bereich wird insbesondere im südlichen (taleinwärtigen) Talbereich überraschender Weise von verkarstungsfähigem Karbonatgesteinen, die in das Silvrettakristallin eingefaltet bzw. eingeschuppt sind, aufgebaut. An diese Karbonatgesteine kann eine stärkere Bergwasserführung gebunden sein. Die Talbodenverfüllung selbst wird im Raum von Schruns Tschagguns durch homogen und einen isotropen Grundwasserleiter bildende Schotter der Ill und der Litz gebildet. Im Becken von Schruns Tschagguns liegt der Grundwasserspiegel in der Lockermaterialverfüllung bis zur Engstelle von Kaltenbrunnen tiefer als die Illsohle, gegen talauswärts und zusätzlich künstlich durch die Wehrschwelle der Beileitung der Ill nach Rodund angehoben liegt der Grundwasserspiegel auf bzw. höher als die Bachsohle der Ill. Dies wird durch Grundwasseraustritte in der Trockenperiode in das Bachbett der Ill angezeigt.

Das in der Mitte des „Äußeren Montafons“ gelegene Teilbecken von Vandans St. Anton i. Montafon, weist die derzeit größten bewilligten Grundwasserentnahmen im Talbodenbereich auf. Die beiden Ränder sowie die Felssohle dieses Teilbeckens werden +/- durchgehend von Karbonatgesteinen der Nördlichen Kalkalpen gebildet. Lediglich orographisch rechtsseitig nördlich der III im Siedlungsgebiet von Kaltenbrunnen ist auch das Silvrettakristallin (hier als Basis der sedimentären Schichtfolge der Kalkalpen) anstehend. An die verkarstungsfähigen Gesteine der Trias, insbesondere an den Hauptdolomit, die Raibl Formation mit ihren Gipsen und an die Karbonate der Arlberg bzw. Muschelkalk Formation ist eine (bekannte) größere bis große Bergwasserführung gebunden, die teilweise in die Lockermaterialverfüllung des Talbodens unterirdisch abfließt. Die Mächtigkeit der Lockermaterialverfüllung in diesem Teilbecken weist die größten Mächtigkeiten im „Äußeren Montafon“ mit bis zu ca. 180 m vertikal auf.

Bedingt durch die stark Mur und Bachschutt führenden Seitenzubringer ist die Lockermaterialverfüllung des Teilbeckens von Vandans – St. Anton i. M. deutlich inhomogener und weist sehr wahrscheinlich mehrere Grundwasserhorizonte- bzw. stockwerke auf. Hier wurde – zur Vereinfachung des Simulationsmodelles – als erste Annäherung die Anwendung eines homogenen und isotropen Grundwasserleiters als Modellgrundlage empfohlen. Die Grundwasserleitung wurde somit isotrop und homogen angesetzt, die Randzuflüsse bzw. die Leakage Werte für die III wurden schwankend bei der instationären Modellierung berücksichtigt.

Durch Abflussmessungen in der III und auf Grund eigener Beobachtungen konnte nachgewiesen werden, dass im Bereich knapp talein von St. Anton i. M. ca. 550 l/s Grundwasser in die III exfiltrieren. Weitere ca. 1.000 l/s Grund /Bergwasser fließen der III talaus von St. Anton i. M. bis Lorüns nochmals zu.

Das am weitesten talauswärts gelegen Teilbecken von Lorüns wird allseits von Sedimentgesteinen der Nördlichen Kalkalpen begrenzt. Hier ist seit langem auf der S lichen orographisch linke Talseite eine starke Bergwasserführung, die teilweise in die Lockermaterialverfüllung des Talbodens abfließt, bekannt. Im Gegensatz zum taleinwärts gelegenen Teilbecken von Vandans – St. Anton i. M. fehlen im Teilbecken von Lorüns starke Seitenzubringer, weshalb die Verfüllung des Talbodens +/- allein durch die III erfolgte. Deshalb kann hier von homogenen und +/- isotropen Grundwasserverhältnissen im Talboden ausgegangen werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Simulationsmodell soweit angepasst werden konnte, dass beim weitaus größten Teil der vorhandenen Grundwasserpegel max. Abweichungen von ca. 0,15m und die tatsächlich beobachteten Grundwasserexfiltrationen bzw. -infiltrationen an der III abgebildet werden konnten.

Geologische Verhältnisse bei der Zielbohrung Gerlos – Wald

Wolfgang Gadermayr

Ingenieurbüro geo² zt gesmbH; Almufertweg 8, 5400 Hallein; gadermayr@salzburg.co.at

Der Reinhaltverband Oberpinzgau West betreibt einen Abwasserkanal, welcher die Siedlungsgebiete von Königsleiten (Gemeinde Wald im Pinzgau – Gerlos) zur entsorgt. Dabei wurde bis ca. 2005 das Abwasser von Königsleiten in die Kanalisation von Gerlos gepumpt. Aufgrund des technischen Aufwandes für den Betrieb der Pumpen wurde die Errichtung eines neuen Abwasserkanals von Königsleiten zum Anschluss im Salzachtal in der Gemeinde Wald im Pinzgau geplant.

Mit der Planung des Abwasserkanals und des Anschlusses an den RHV Pinzgau West wurde das Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Schüffl - Dipl.-Ing. Forsthuber, Salzburg beauftragt und ein Projekt erstellt.

Der Kanal wurde wasserrechtlich mit Bescheid des Amtes der Salzburger Landesregierung vom 18.08.1998, Zl. 1/01-11.831/159-1998 bewilligt.

Aufgrund der Tatsache, dass gegenständlicher Kanal über anspruchsvolle Steilhänge führt, wurde das Ziviltechnikerbüro Mag. Wolfgang Gadermayr über das Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Schüffl - Dipl.-Ing. Forsthuber, Salzburg am 31.05.2001 mit der geologisch- geotechnischen Baubegleitung des Bauvorhabens beauftragt.

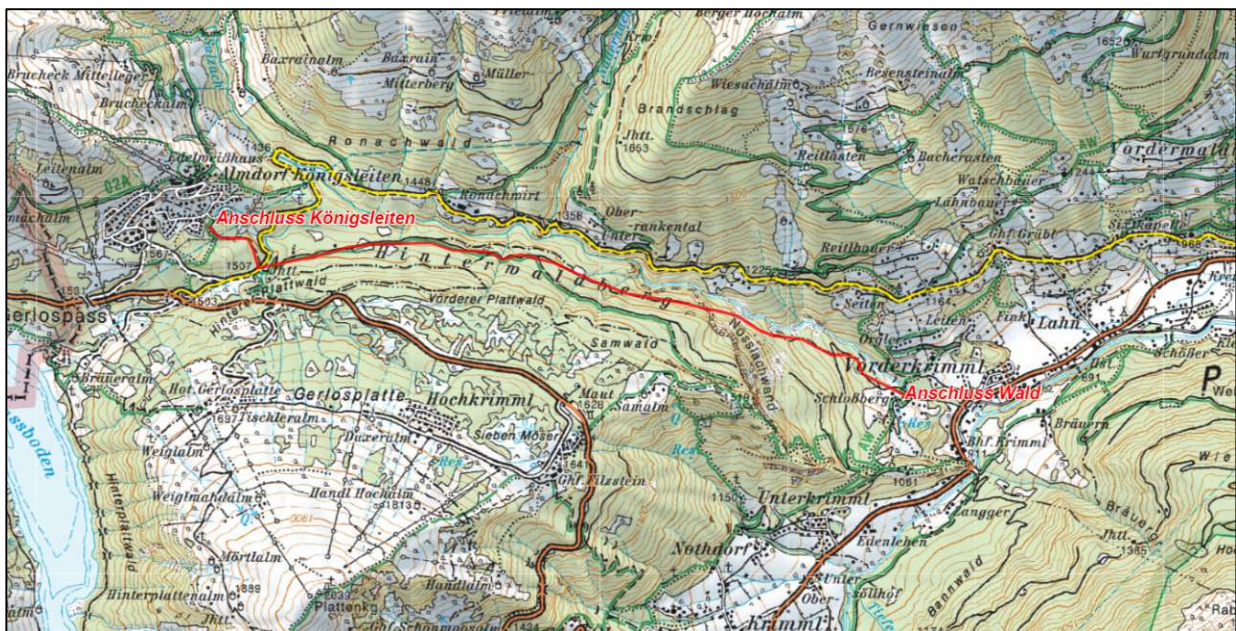


Abb. 1: Lage des geplanten Abwasserkanals

Der Kanal sollte rechtsufrig der Salzach an der Hanglehne des Hinterwaldbergs nach Wald im Pinzgau gebaut werden, wobei ein Großteil des Kanals entlang von bestehenden Forststraßen gebaut werden konnte. Im mittleren Bereich ist eine Steilstufe zu überwinden, wobei der Abwasserkanal hier entlang eines

Weges am Wandfuß eingebaut werden sollte und anschließend überdeckt würde. Östlich dieser Wandstufe verläuft der geplante Abwasserkanal quer zu einer, als „Schutthalde“ angesprochenen Steilhang, welcher direkt zur Salzach führt.



Abb.2. Wandstufe in der Abwasserkanaltrasse



Abb.3. „Schutthalde“ im Trassenbereich

Geologische Verhältnisse

Der Untersuchungsbereich befindet sich in der Grenzzone zwischen den paläozoischen Quarzphylliten und den karbonatischen Gesteinen der sog. „Krimmler Trias“. Die tektonische Grenze verläuft nördlich der Salzach und wird großteils durch Moränen, lehmigen Hangschutt und Rutschmassen überdeckt.

Der Bereich nördlich der Salzach wird durch mächtige, lehmige Rutschmassen gebildet, die sich aus spät- und postglazialen Ablagerungen zusammensetzen. Im Bereich der „Alten Gerlosstraße“ B 165 wurden mehrere aktive Talzuschübe festgestellt, wobei laut Auskunft der Bundesstraßenverwaltung und des Geologischen Dienstes des Landes Salzburg jener Bereich, östlich des Nößlachbauer, zu den aktivsten zählt. Hier werden **Talbewegungen bis zu 0,2 m/Jahr** gemessen. Die Zone des Hangkriechens (Talzuschub) ist an der Oberfläche durch Schiefstellungen des Bewuchses („drunken forest“), Krummwuchs und frische, offene Bruchlenden im Boden deutlich zu erkennen. An der B 165 sind Setzungen, Spalten in den Bauwerken und Beschädigungen der Asphaltdecke die Folge dieser tiefreichenden Massenbewegung. Die Front dieser Massenbewegung erreicht die Salzach und „kriecht“ über die steilstufenbildenden Dolomitwände der Krimmler Trias. Dadurch wird die Salzach in südlicher Richtung abgelenkt und versteilt die unterhalb der Nößlachwand befindlichen Hänge.

Die **Nößlachwand** wird aus gebankten bis geschichteten Dolomit- und gipshältige Dolomitmikrobrekzien (Rauhwacken) aufgebaut. Der bis zu 400 m hohe Wandbereich ist durch mehrere Bänder gegliedert in welchem ältere Wege verlaufen.

Die Dolomite und Rauhwacken fallen flach in den Wandbereich (W bis SW) ein und bilden eine Synklinale (Falte) deren östlicher Schenkel steil nach Süden einfällt. bedingt durch diese tektonische Beanspruchung treten im Wand- und Gratbereich der Nößlachwand oberflächenparallele Zerrklüfte auf, die teilweise korrosiv geweitet sind. Im Gipfelbereich der Nößlachwand (ca. 1500 m Sh) treten diese Zerrklüfte gehäuft, in einem Winkel von ca. 30° schräg zum Wandabbruch auf (NE-SW streichend). Diese Spalten sind bis zu 1 m offen und teilweise korrosiv geweitet (Karst) und daher befahrbar (begehbar). Die Spalten sind teilweise mit lehmigen und steinigen Ablagerungen verfüllt.

Im mittleren Bereich der Nößlachwand, treten dunkelgraue Kalkschiefer auf, die etwas flachere Hangpartien bilden. Im Liegenden (darunter) folgen beige, stark kalkhaltige Sericitschiefer sowie Wechsellagerungen von Dolomit-Kalkmarmor und Dolomitschiefer, die an Steilhangbereichen unter den quartären Lockersedimenten hervortreten.



Abb. 4. Korrosiv geweitete Zerrspalte im Gipfelbereich und Spaltenfüllung mit steinigen Nachbrüchen

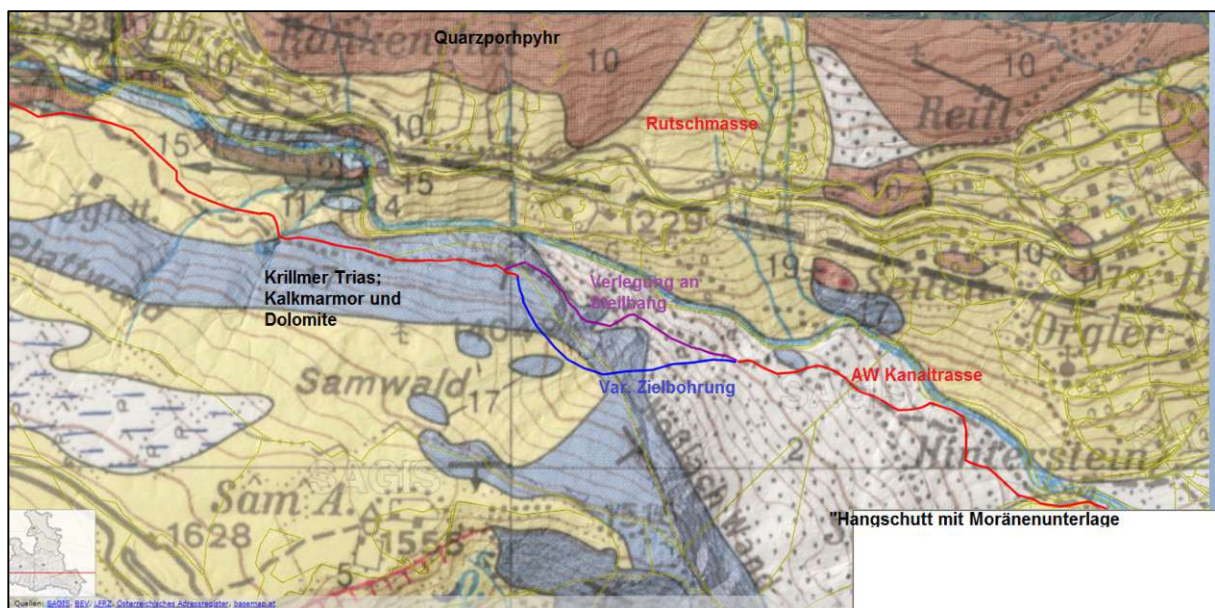


Abb. 5: Auszug aus der geologischen Karte

Bei den Kartierungen wurde festgestellt, dass entgegen den ursprünglichen Annahmen bei der Planung, der „Steilhang“ mit den „Hangschuttmassen“ nur oberflächlich von steinigem Hangschutt bedeckt ist, darunter wurden steinig- blockig durchsetzte Schluffsande angetroffen, welche als **spätglaziale Hangverfüllungen** anzusprechen sind.

Im Zuge der Vorerkundung für die Beurteilung der Standsicherheit dieses Hanges wurde festgestellt, dass bereits bei geringen Bodeneingriffen großflächige Nachböschungseffekte auftreten. Damit würden die für die Herstellung der Künette erforderlichen Bodeneingriffe umfangreiche Hangsicherungsmaßnahmen erfordern, welche entgegen einer wirtschaftlichen Verlegung dieser Trassenvariante stehen. Außerdem wäre das hohe Steinschlagrisiko zu beachten, welches ebenfalls aufwändige Sicherungsmaßnahmen erfordert hätte.

Zudem wurde festgestellt, dass durch die tiefreichende Hangbewegung der nördlichen Seite der Salzach vorhandenen Rutschmassen, die Salzach in die südliche Seite verdrängt wird und somit auch die südliche Talflanke destabilisiert wird. Dies führt zu Rutschplanken und Abstürzen von eingelagerten Steinen und Blöcken sowie tief reichenden Hangbewegungen, welche zu einem unkalkulierbaren Betriebsrisiko der ursprünglichen Variante führt.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurden mehrere Trassenvarianten für die Realisierung untersucht.

- **Variante 1 (oberirdische Querung am Wadfuß) ca. –740 lfm**

Ursprungsvarinate mit Querung am Wandfuß und des „Steilhanges“

- **Variante 2 (Bohrung Nößlachwand) Bohrung ca. 740 lfm**

Anspruchsvoller Steilbereich wird mit einer Zielbohrung in den Gesteinen der Krimmler Trias gequert

- **Variante 3 (Nößlachbauer) –1.900 lfm**

Umgehung des steilen Hangbereiches der Nößlachwand durch Verlegung an die nördliche Salzachseite (Hangbewegungen nachgewiesen), daher nicht weiter verfolgungswürdig

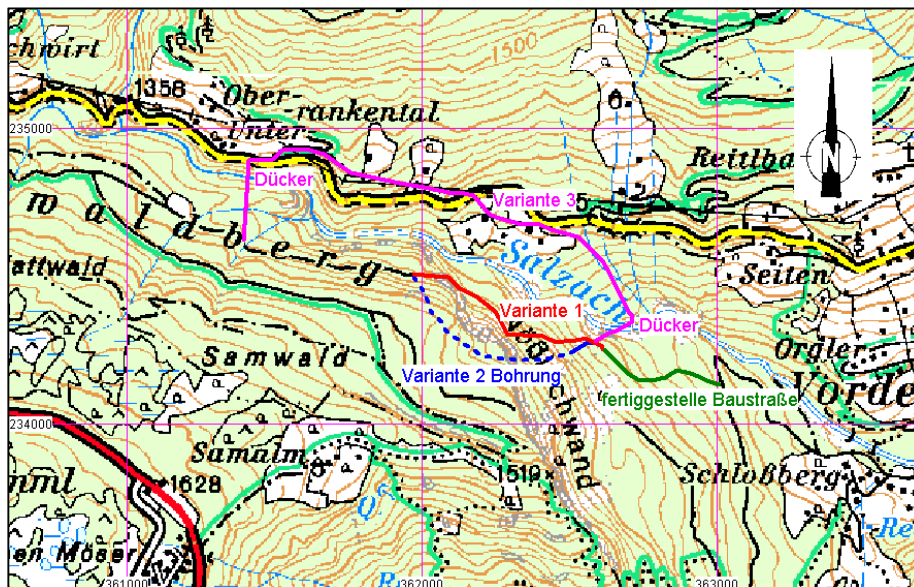


Abb. 6. Lage der Varianten (Auszug aus BEV, ÖK)

Da die beiden oberirdisch verlegten Varianten 1 und 3 mit einem unkalkulierbaren Betriebsrisiko behaftet sind, wurde die Variante 2 (Zielbohrung) weiter verfolgt und wasserrechtlich bewilligt.

Planung der Zielbohrung

Die Bohrung durchörtert die Gesteine der Krimmler Trias. Dabei handelt es sich um Kalk- und Dolomitmarmor und gipsführende Rauhwacken sowie Sericitschiefer und Kalkschiefer. Die Gesteine fallen generell nach Süden bis SW ein und sind lokal tektonisch stark beansprucht und besonders oberflächennah stark geklüftet.

Aufgrund des generell hohen Karbonatgehaltes der Gesteine (Verkarstung) und der tektonischen Beanspruchung der Gesteine entwässern diese Bereiche vollständig unterirdisch und sind als verkarstet zu bezeichnen.

Im Bereich des Gipfels der Nößlachwand wurden Kluftabstände von ca. 8 m kartiert. Die Begehungen des Wandbereiches ergaben, dass offene oder verfüllte Klüfte und Karstspalten über 5 cm Öffnungsweiten in einem mittleren Abstand von ca. 50 – 80 m auftreten. Mit zunehmender Felsüberdeckung dürfte der mittlere Kluftabstand rasch zunehmen und damit die Klufthäufigkeit abnehmen.

Es wurde in der Ausschreibung darauf hingewiesen, dass bei der Bohrung mehrere „offene Klüfte“ vorhanden sein werden, welche auch zu Spülverlusten führen. **Es ist jedoch zu beachten, dass auch Klüfte mit einer Öffnungsweite > 2 m (karstbedingt) angetroffen werden können.**

Alle bei der Bohrung durchörterten Gesteine sind verkarstet. Mit offenen oder mit verfüllten (grobklastische Sedimente, Lehm und/oder erratischen Sedimenten) Karsthohlräume können im gesamten Bohrbereich auftreten. Für den Fall des Antreffens von derartigen Hohlräumen sollte nach Möglichkeit versucht werden, das in der Spülung austretende Bohrklein auf die Art der Füllung zu untersuchen. Mit großer Wahrscheinlichkeit wird es jedoch in diesem Fall zu einem vollständigem Spülwasserverlust kommen.

Vor der Ausführung explizit auf die Verkarstung der Gesteine hingewiesen, wobei als „Karsthohlraum“ ein großlumiger Hohlraum im Gebirge, welcher mit Luft (vadose Zone), Wasser und/oder heterogenen Lockermassen (Nachbrüche) verfüllt ist.



Abb.7. Arten von Karsthohlräumen

Ausführung der Zielbohrung

Bei der Herstellung der Bohrung wurde eine Pilot-Zielbohrung von der westlichen Seite vorgetrieben (fallender Vortrieb). Dabei kam ein Zielbohrkopf mit Spülantrieb zum Einsatz. Bei der Spülung gelangte ursprünglich Wasser-Bentonitgemisch zum Einsatz, wobei ein Spüldurchsatz von ca. 10 l/s angenommen wurde. Nach Fertigstellung der Pilotbohrung, \varnothing 162 mm sollte mit einem Raise-Bohrkopf (Aufweitung) die Bohrung auf den Enddurchmesser, \varnothing 250 mm aufgeführt werden.

Für den Fall von größeren Spülwasserverlusten ist eine Zementierung der offenen Trennflächen (Klüfte und Schieferung) vorgesehen. Kleinere Spülwasserverluste können mit sog. „Pillen“, einem stärker viskosen Spülmittelzusatz, abgedichtet werden.

Im Juni 2022 wurde die 752 m lange Pilotbohrung angeschlagen und konnte bis Station 460 m ausgeführt, wobei bis Station 362 m keine Spülungsverluste festgestellt wurden. Danach wurde ein vollständiger Spülungsverlust festgestellt, die Spülung auf Wasser umgestellt. Eine Dokumentation der durchörterten Gesteine (Bohrkleinaufnahme) konnte damit nicht mehr erfolgen.

Die Bohrung wurde bis 460 m vorangetrieben und vor der Zementation eine Bohrlochvermessung durchgeführt. Bei dieser wurde die Sonde mit Wasser eingespült, wobei die am Bohrgestänge befestigte Sonde beim Rückziehen abgerissen ist (Gestängebruch).

Bei der Auswertung der Messdaten wurde festgestellt, dass bei einer Teufe von 434 bis 442 ein Absacken des Rohrstranges gemessen wurde. Die gemeinsame geologische Beurteilung ergab, dass die Bohrung höchstwahrscheinlich eine (karst)-verfüllte Kluft unbekannter Raumlage durchörtert hat. Auch hier war die Bohrung zunächst standfest, erst nach dem Ausspülen von Feinteilen aus dem Kluffüllung kam es zu einem Nachsacken der Kluffüllung, die zu dem Gestängebruch geführt hat. Dies wurde dadurch vermutet, da ein SS-förmiges Verbiegen des Rohrstranges auf einen Nachbruch von oben hinweist (Durchbiegung von ca. 6° gemessen)

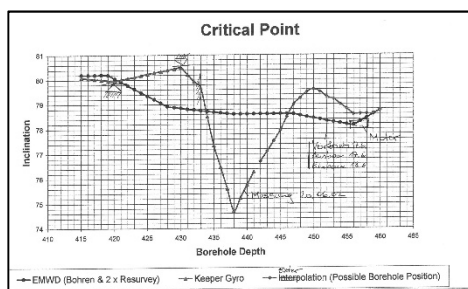


Abb. 8: Auswertung der Bohrlochvermessung

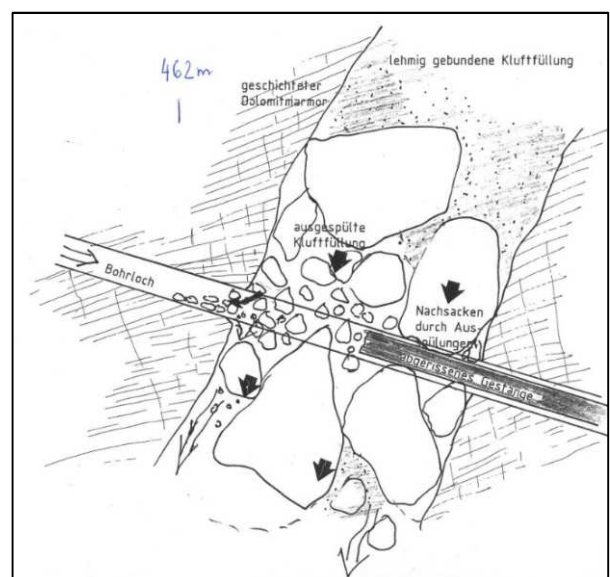


Abb. 9: Skizze des Bohrlochs mit dem abgerissenen Bohrgestänge

Nach der Zementation und des „ersten Side-tracks“ konnte die Bohrung bis 589 m (also etwa 163 m vor dem Wiederaustritt) ausgeführt werden, es wurden erneut an 365 m Spülungsverluste festgestellt. Eine Zementation war nicht ausreichend erfolgreich um eine Abdichtung zu erreichen. **In Abänderung der ursprünglichen Planung wurde die Spülung wiederum nur mit Wasser ausgeführt.**

Bei Station 462 m kam es zu einem erneuten Gestängebruch, der Zielbohrkopf konnte nicht mehr erreicht werden. Auch diese Bohrung musste ausgegeben werden.

Nachdem auch die dritte Pilotbohrung mit einem Gestängebruch endete, wurde zur Finalisierung der Bohrung ein Stollen- Gegenvortrieb durchgeführt, welcher von der östlichen (unteren) Seite begonnen wurde. Dieser wurde in zyklischer Weise vorangetrieben und zeigte bei der Dokumentation keine nennenswerten Karsthohlräume. Im Stollen wurden Kluftwasserzutritte bis zu 5 l/s gemessen. Mittels Stollenaufweitung konnte das Bohrloch mit dem Zielbohrkopf und dem abgebrochenen Gestänge vorgefunden und geborgen werden.



Abb. 10. Stollenortsbrust mit dem Bohrloch

Zur Verifizierung der Bergwasserverhältnisse wurde ein Packertest durchgeführt, welcher im Bohrloch einen Wasserdruck von 1,0 bar (10 m Wassersäule) zeigte.

- Nach dem Schließen des Bohrlochs kam es zu einem linearen Anstieg des Wasserdrucks bis 0,6 bar. Danach verflachte der Anstieg um sich asymptotisch auf einen Druck von 1,02 bar (extrapoliert) einzustellen.
- Unter Annahme eines Bohrlochgefälles von 15% resultiert, dass ca. 40 Bohrmeter oberhalb der Mündung in den Stollen sich ein **singulärer Hohlraum** befindet aus welchem offensichtlich das dem Bohrloch austretende Wasser stammt. Die Kubatur dieses Hohlraumes wurde mit ca. 16 m³ ermittelt.
- Unter Berücksichtigung der geologisch- hydrogeologischen Verhältnisse wird die in der geologischen Prognose angenommene Verkarstung offensichtlich bestätigt. Damit kann angenommen werden, dass der Bergwasserspiegel maximal 10 m über der Ortsbrust liegt.

Die chemische Untersuchung ergab keine Hinweise auf sulfthaltige Wässer, es handelt sich um ein weiches bis mittelhartes Wasser mit überwiegendem Karbonathärteanteil (Karstwasser).

Aufweitungsbohrung

Die Aufweitung der Pilotbohrung DN 112 mm auf 444 mm (Aufweitungsbohrkopf) auf einer Länge 496 lfm erfolgte im Dezember 2004. Die anschließende Kamerabefahrung zeigte zwei Zonen mit Nachbrüchen der Bohrlochwandung, Anzeichen der Zementationen und Verfestigungen, welche im Zuge der Pilotbohrung ausgeführt wurden, konnten nicht festgestellt werden.

Die finale Kamerabefahrung zeigte ferner einen lateralen und vertikalen Versatz im Bereich der Nachbrüche, was auf eine mangelhafte Führung des Gestänges und zu kurze Stabilisatoren zurückgeführt wurden.



Abb.11. Im Stollen zurückgelassener Bohrkopf.

Nach einer finalen Spülung des Bohrlochs konnte im Sommer 2005 das Abwasserkanalrohr als HDPE Schlauch Ø 330 mm, DN 250 mm eingezogen werden. Der Einbau erfolgte ohne Probleme.

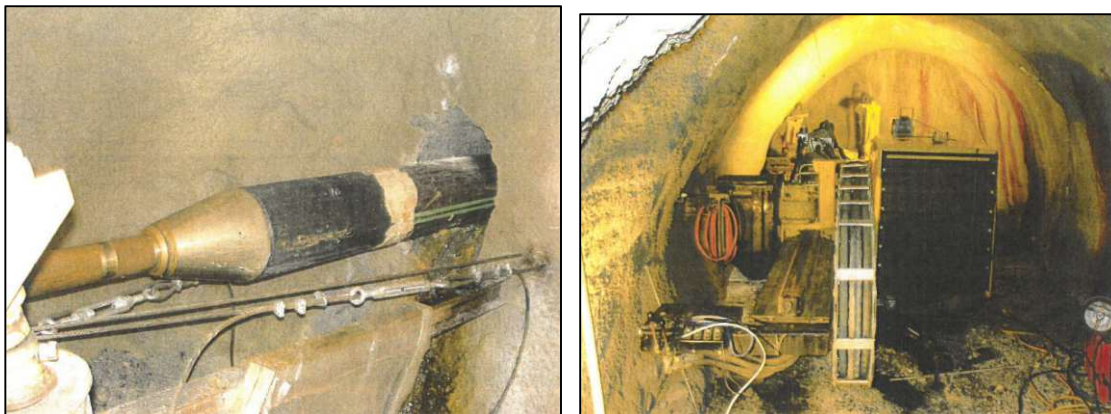


Abb.12. Einzug des Abwasserkanalrohres bis zum Stollen.

In weiterer Folge konnte das Abwasserkanalrohr an der Stollenseite an Konsolen befestigt und bis zum Portal eingebaut werden, wo es mit der bereits verlegten Leitung zum Schlußberg verbunden wurde.

Der Austrittspunkt der Bohrung wurde zementiert und abgespannt, wobei der Ringraumdruck in der Bohrung gemessen wird.

Betrieb der Abwasserleitung

Im Zuge des Betriebs des Abwasserkanals wurden in der Stollenstrecke sowie in der Bohrlochstrecke keine Störungen festgestellt. Der Ringwasserdruck im Bohrloch zeigte seit Betriebsbeginn konstante Werte, unabhängig von den hydrometeorologischen Verhältnissen, von 1,5 bar und somit konnten keine Veränderungen gegenüber der Herstellung beobachtet werden.

Im Portalbereich kam (erwartungsgemäß) es zu massiven Schäden an den Luftbögen der Portalsicherung, wobei diese nur zum Schutz des Vortriebs dienten. Der Stollen muss nur noch für betriebsinterne Kontrollzwecke begangen werden.

Im Zuge der Sanierung wurden diese Luftbögen abgebaut und die Portaltür, welche im anstehenden Festgestein situiert wurde, zeigte keine Schäden.



Abb. 13. Portal im Sommer 2004 (Stollenvortrieb).



Abb. 14. Portal mit den beschädigten Luftbögen 2019.

Außerdem wurde festgestellt, dass die auf den Konsolen angehängte Leitung deformiert wurde, was auf Bewegungen der „Hangschuttmassen“ zurückgeführt wurde. Diese Bewegung liegt bei etwa 0,45 m seit Betriebsbeginn.

Die unter Spannung stehende Abwasserkanalleitung wurde spannungsfrei gelegt und an der Verbindung vom Portal (Festgestein) zu der Lockermaterialstrecke wurden zwei Gleitmuffen eingebaut, welche Bewegungen schadlos aufnehmen können.

Zusammenfassung

Die Herstellung des Abwasserkanals stellte eine hohe Herausforderung an die technische und geologische Planung und Bauaufsicht dar, wobei die ursprüngliche Variante mit der oberirdischen Verlegung bei der Herstellung einen enormen, wirtschaftlich nicht vertretbaren Aufwand dargestellt hätte und auch im Betrieb bereits nach wenigen Jahren zu einem irreversiblen Schaden durch die Hangbewegungen geführt hätte. Die vergleichenden Beobachtungen des Hangbereiches zeigten, dass sich dieser in den 15 Jahren seit der Herstellung des Bauvorhabens massiv verändert hat und von mehreren Blockstürzen betroffen war.

Aus diesem Grund war die Realisierung der Variante mit der Zielbohrung, trotz der technischen Schwierigkeiten bei der Herstellung der Pilotbohrung die technisch- wirtschaftlich günstigste Variante.

Die geologischen Beschreibungen in den Gutachten wurden nur teilweise umgesetzt, insbesondere die nachgewiesene Verkarstung dieser Gesteine hätte eine besondere Sorgfalt bei der Zementation der Pilotbohrung erfordert. Durch die Umstellung der Spülung von Bentonit auf Reinwasser wurde dieser Karsthohlraum massiv entfestigt und destabilisiert, wodurch es zu dem „Nachsacken“ des Bohrverlaufs und den Gesteingebrüchen kam.

Die Ansprache von verfüllten Karsthohlräumen erfordert eine sorgfältige Dokumentation des ausgebrachten Bohrkleins. Änderungen der Färbung, der Größe der cuttings und der Bohrparameter lassen auf Karstfüllungen schließen. Bei gegenständlicher Bohrung wurde dieses Karstphänomen seitens der ausführenden Firmen als „geologische Störung“ interpretiert. Aufgrund des vollständigen Spülungsverlustes in der sensiblen Bohrstrecke ab 450 m konnte daher keine geologische Interpretation anhand der Cuttings erfolgen.

An Unterlagen standen zur Verfügung:

- BRAUNSTINGL, R.: Befund und Gutachten des geologischen Amtssachverständigen: in wasserrechtlichem Bewilligungsbescheid des Amtes der Salzburger Landesregierung vom 18.08.1998, Zl. 1/01-11.831/159-1998.
- BRAUNSTINGL, R.: RHV Oberpinzgau West, Verbandssammler Königsleiten/Wald; geologische Stellungnahme.- Zl. 206-603/1/1639-2001 vom 25.06.2001.
- KARL, F. & SCHMIDEGG, O.: Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 151, Krimml.- M 1:50.000; Geol. Bundesanstalt, Wien, 1979.
- Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Schüffl - Dipl.-Ing. Forsthuber, Salzburg: Bergableitung Königsleiten.- Lageplan mit Trassenvermessung und Schuttbereichen.- Plan M 1:1.000.
- GADERMAYR, W: Abwasserkanal Wald im Pinzgau, Ableitung von Königsleiten, Abschnitt Nösslachwand.- Unveröff. Aktenvermerk vom 14.06.2001 (Ortsbesichtigungen 31.05.2001 und 06.06.2001)
- GADERMAYR, W: Abwasserkanal Wald im Pinzgau, Ableitung von Königsleiten, Abschnitt Nösslachwand.- Unveröff. Aktenvermerk vom 19.06.2001 (Ortsbesichtigung 19.06.2001),
- GADERMAYR, W: RHV Pinzgau West, Verbandssammler Königsleiten-Wald, Geologisch-Geotechnische Untersuchungen.- Unveröff. Gutachten als Variantenstudie vom 19.07.2001.
- Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Schüffl - Dipl.-Ing. Forsthuber, Salzburg: Lageplan Variante Felsbohrung, LROPWO99, M 1:2.000 vom 08.11.2001
- Directional drilling and MWD service: Lageplan der Bohrung Königsleiten-RHV Oberpinzgau West, Vorabzug M 1:1.000 (proj. Grundriß und Längenschnitt M 1:500).

Geotechnische Probleme beim Bau der Schlossgalerie Landeck – Fließ

Jörg Henzinger¹, Michael Henzinger², Thomas Deutschmann¹, Peter Puschnik³

¹ Geotechnik Henzinger ZT GmbH, Grinzens; ²Amberg Engineering, ³Geobüro Puschnik



Abbildung 1: weitgehend fertiggestellte Galerie

1. Voraussetzungen

Das Amt der Tiroler Landesregierung hat aufgrund der bestehenden Gefährdung der Landesstraße „L76 - Landecker Straße“ durch Steinschlag, Blocksturz und Murereignisse zwischen km 0,72 und km 1,75 ein Galeriebauwerk geplant. In den letzten Jahren war die Landesstraße L76 häufig durch Blocksturzereignisse und Murereignisse temporär gesperrt.

Das Büro Baumann + Obholzer ZT GmbH wurde mit der Planung des Galeriebauwerkes beauftragt. Die geotechnische Betreuung des geplanten Bauvorhabens erfolgt durch das Büro Geotechnik Henzinger ZT GmbH. Grundlage der Planung für die Galerie war die Erhebung des Geländes durch das Büro Geotechnik Henzinger ZT GmbH und durch das Geobüro Puschnik im Frühjahr 2018. Folgende Erhebungen wurden durchgeführt:

- Erhebung der geologischen Grundlagen und Darstellung der bestehenden Sicherungen
- Aufnahme der Felsböschungen
- Ausarbeitung von Vorschlägen für mögliche Sicherungsmaßnahmen
- Erstellung eines geologischen und geotechnischen Berichtes zur Gründung des Bauwerkes

2. Geologie und Untergrundverhältnisse

2.1. Geologie und Gelände

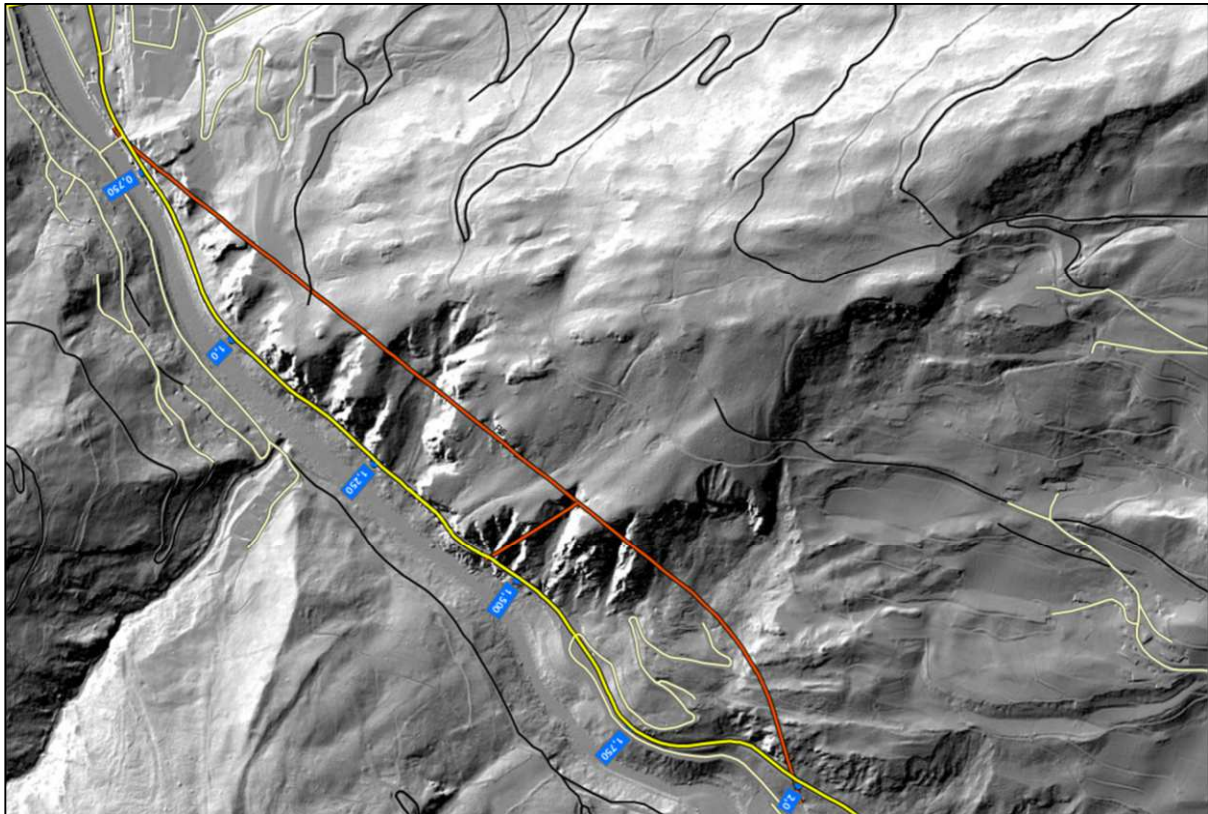


Abbildung 2: Geländestruktur

2.1.1. Geologisches Gesteinsinventar

Glimmerschiefer / Granatglimmerschiefer: teilweise sehr stark verfalltet, plattige bis quaderförmige Blöcke;
Gneis bis Schiefergneis: bildet im Vergleich zum Schiefer größere und würfeligere Blöcke aus.

2.1.2. Tektonik

Der westliche Abschnitt ist von Talzuschubstrukturen gekennzeichnet: Abrisskanten, Nackentäler, Sägezahnprofil; maßgebliche Trennflächen (Störungen) streichen W-O und N-S; infolge der großräumigen, horizontalen und vertikalen Ausdehnung sind die beiden Hauptstörungssysteme Wandbildner und an der starken Zerrfurchung zwischen km 0,700 und 1,600 ursächlich beteiligt. In diesem Abschnitt liegt das größte Gefahrenpotential bei den noch in der Wand hängenden Blöcken bzw. Keilen.

Schieferungsflächen stellen bevorzugte Trennflächen und Ablöseflächen dar. Ungünstig wirken sich schleifende Verschnitte zwischen Straßenböschungen und Schieferungsflächen aus.

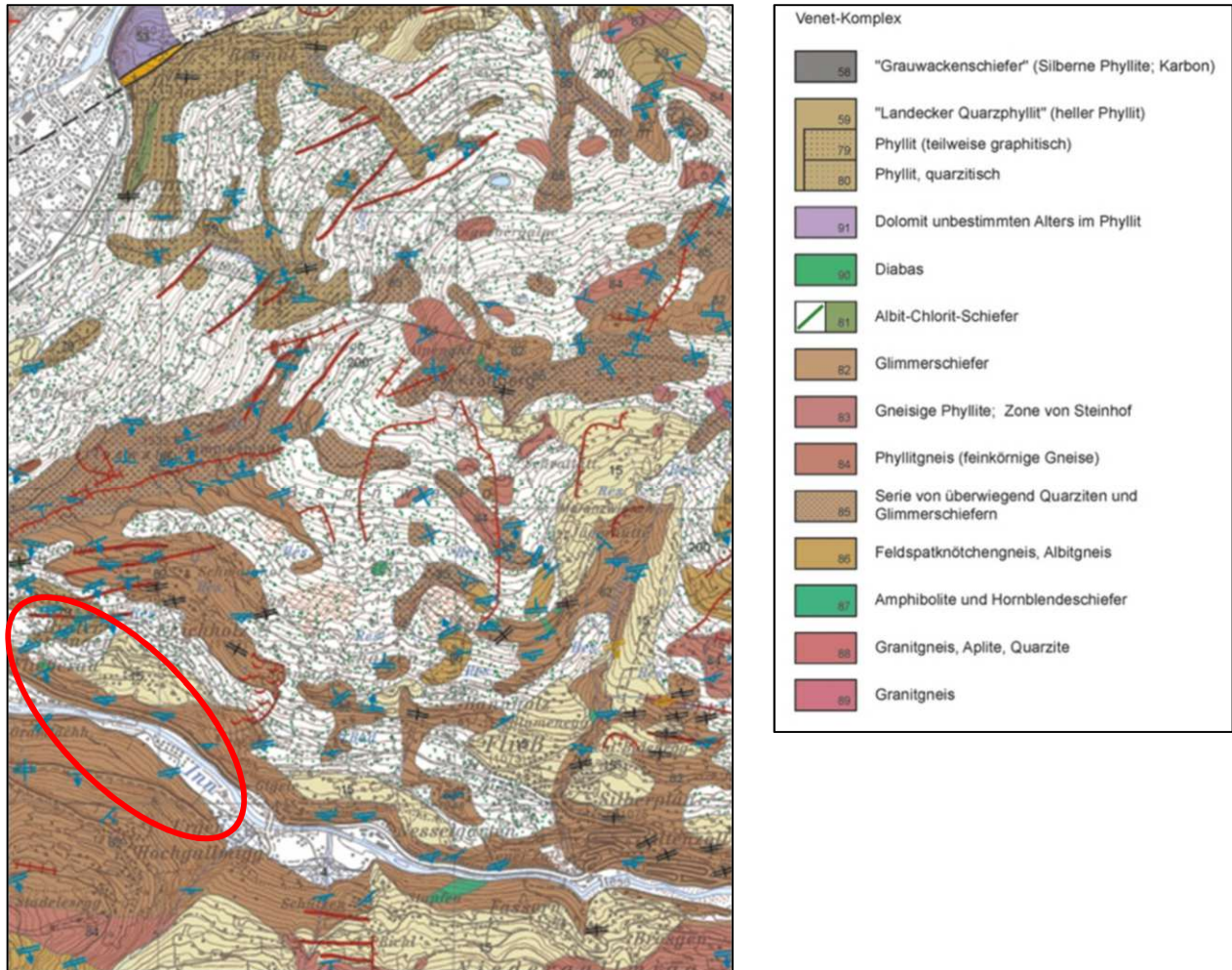


Abbildung 3: Ausschnitt geologische Karte Blatt 144 - Landeck, GPA

2.1.3. Liefergebiete für Blockschläge und Blockstürze

Über den sehr steilen Felswänden breiten sich terrassenförmige und mittelsteil geneigte Flächen bis 45° aus. Entlang der Kante zu den felsigen Abbrüchen sind kaum Blöcke mit mehr als 0,5 m Kantenlänge vorhanden. Aus geologischer Sicht geht das größte Gefahrenpotential von den bis zu 200 m hohen Wandabschnitten aus. Darüber liegende Abschnitte werden seit Generationen bewirtschaftet und gepflegt und beinhalten kein erkennbares Liefergebiet für kleinere, mittlere und größere Ereignisse.

2.2. Geotechnische Situation von km 0,72 bis km 1,75

Im Bereich der geplanten Galerie wird das Gelände durch steil stehende Felswände mit einer Höhe bis 200 m gebildet. Die Felswände werden durch tief eingeschnittene Rinnen durchzogen. Der anstehende Glimmerschiefer weist einen hohen Dichtungsgrad mit teilweise geöffneten Klüften auf. In diesem Straßenabschnitt besteht eine hohe Block- und Felssturzgefahr.

Die Untergrundverhältnisse im Straßenbereich wurden durch 8 Kernbohrungen aufgeschlossen. Folgende zusammenfassende Angaben können zu den Untergrundverhältnissen im Straßenbereich angegeben werden.

Lockergestein:

Die weitgehend gemischtkörnige Felsüberlagerung besteht aus örtlichen Aufschüttungen, aus fluvialen Ablagerungen und aus Hangschutt. Sie ist meist locker bis mitteldicht gelagert. Aufgrund der Steilheit des Geländes hatte die talseitige Gründung der Galerie im Lockergestein auf Pfählen oder Betonpfeilern bis zum Fels zu erfolgen.

Im Straßenabschnitt km 0,94 bis km 1,05 besteht die straßennahe Einschnittsböschung aus Innsedimenten mit großen gerundeten Blöcken.

Festgestein:

Das erbohrte Festgestein außerhalb der Störungszonen war als insgesamt kompakt anzusprechen. Mit einer Verwitterungsschwarte von 2 bis 3 m war zu rechnen. Im Bereich der Störungszonen ist der Fels stark zerlegt. Zu beachten ist, dass örtlich die Schieferung hangparallel bzw. schleifend zum Hang mittelsteil bis steil nach SE bis SW einfällt. Die Felsoberfläche wurde durch eine genaue Kartierung aufgenommen, die Schieferungs- und Kluffflächen wurden in Wandabschnitten dargestellt.



Abbildung 4: Kluffsysteme, Schieferung



Abbildung 5: Keilausbruch, verbleibender Felskörper am Kopf der Felswand

3. Planung Galerie

Die Planung der Galerie erforderte aufgrund notwendiger Sichtverhältnisse in einer Galerie eine wesentlich gestrecktere Linienführung, als die bestehende Straße aufwies. Dies erforderte einerseits massive Felsabträge und andererseits örtlich die talseitige Gründung von Hangbrücken.

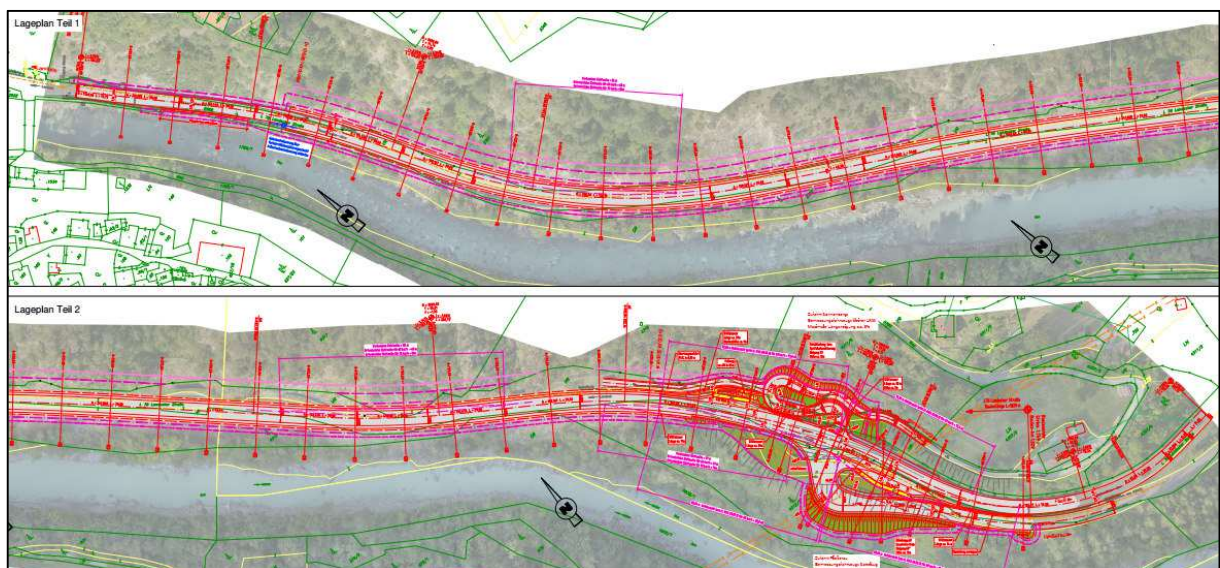


Abbildung 6: Lageplan Linienführung

3.1. Bemessung auf Blocksturz

Aufgrund der Kartierung, der Erfahrung aus dokumentierten Steinschlägen und aufgrund der Situation, dass die Böcke aus dem Landecker Quarzphyllit schnell zerfallen, wurde als Bemessungsblock ein 10 m³ Block gewählt. Diese Blockgröße wurde mit der Landesgeologie abgestimmt. Weiters wurde angenommen, dass die Fallgeschwindigkeit 25 m/s beträgt. Diese Bemessung laut der Astra-Richtlinie 12006 (Ausgabe 2008 V2.03) ergab eine 2,5 m (Talseite) bis 5 m hohe Überschüttung der Galerie. Die Neigung der Überschüttung wurde mit 2:3 gewählt.

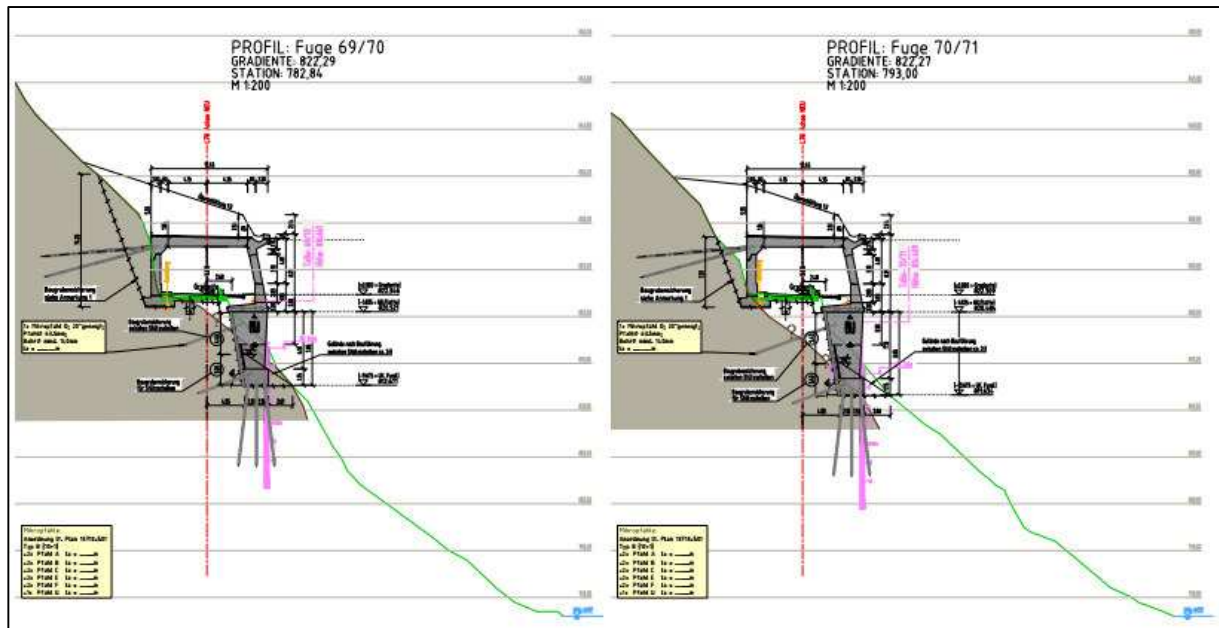


Abbildung 7: Galeriequerschnitte Südseite, Gründung im steilen Fels

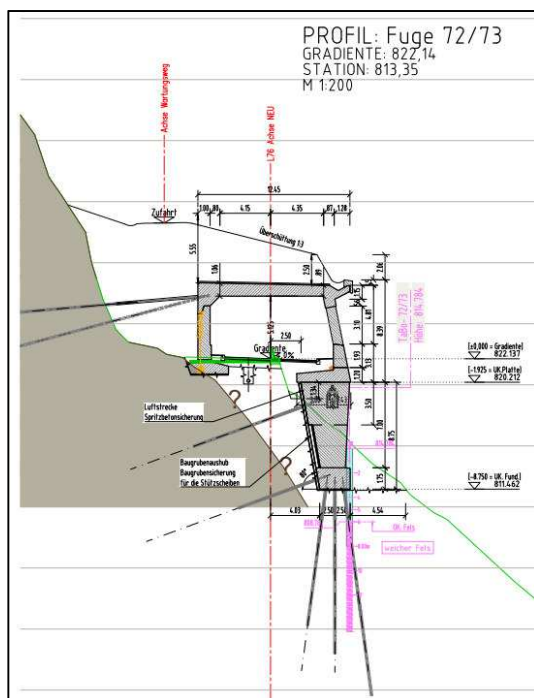


Abbildung 8: Gründung im Lockergestein

3.2. Gründung der Galerie

Die Gründung der Galerie war besonders auf der Talseite eine Herausforderung. Mit Hilfe von Tastbohrungen wurde für jeden Pfeiler die Felshöhe erkundet. Die Gründung erfolgte im Lockergestein, aber auch im Fels mit verpressten Kleinbohrpfählen (Typ GEWI). Mit Hilfe von Zugversuchen wurden die Mantelreibungswerte für das Lockergestein und den Fels ermittelt.

Folgende Grenzmantelreibungen wurden für die Bemessung der Pfähle angesetzt:

Fels:	700 kN/m ²
Lockergestein:	160 kN/m ²

An der Bergseite erfolgte die Gründung je nach Standsicherheit des Untergrundes auf Fels, Pfählen und im Lockergestein.

4. Errichtung der Galerie

4.1. Herausforderung Felsabtrag, Felssicherung

Die grundsätzliche Bedingung für die Errichtung der Galerie war der durchgehende Schutz der Arbeitnehmer über den Errichtungszeitraum von 2 Jahren. Dies erforderte, dass große Felskörper örtlich mittels Ankerungen gesichert werden mussten. Der Schutz von kleinen Steinkörpern erfolgte mittels Felsvernetzung und bei sehr hohen Felswänden mittels Steinschlagschutzsystemen (Steinschlagnetze).



Abbildung 9: Baufeld mit Felsabtrag bei den einzelnen Pfeilern



Abbildung 10: Felsabtrag mittels Bagger und Sprengung



Abbildung 11: schrittweise Sicherung der Felsböschungen



Abbildung 12: Kopfsicherung von Felsfeilern



Abbildung 13: Abbruch eines Felsfeilers an einem Wochenende noch bevor die Sicherung oder der Abtrag festgelegt werden konnte, Ausbruch an weitgehend schieferungsparalleler Klufffläche



Abbildung 14: Abbruchfläche endet ca. 10 m oberhalb der Straße



Abbildung 15: nördlicher Pfeiler, Verankerung von Felsplatten und des Kopfes des darunter befindlichen Keilausbruches



Abbildung 16: Steinschlagnetze im Bereich der hohen nördlichen Felswände

4.2. Gründung Talseite

Die Gründung an der Talseite erfolgte abhängig von den angetroffenen Verhältnissen im Fels, aber auch im Lockergestein mit bis 30 m hohen Pfeilern auf Pfählen. Im nördlichen Abschnitt der Galerie konnte die Galerie auf die bestehende talseitige, neu verankerte Straßenmauer gegründet werden.



Abbildung 17: talseitige Pfeiler beim Südportal



Abbildung 18: talseitige Pfeiler mit Höhe bis 30 m



Abbildung 19: Gründung der Pfeiler im steilen Fels



Abbildung 20: Pfeilergründung auf Pfählen



Abbildung 21: Verankerung der Galerie an der Bergseite

5. Zusammenfassung

Die Galerie wird Ende des Jahres 2022 fertiggestellt. Während des Baues der Galerie sind keine Personenunfälle passiert, welche auf den Felsabtrag und die Gründung zurückzuführen sind.

L 76 Landecker Straße Neubau Schlossgalerie

Günter Guglberger

Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Brücken- und Tunnelbau, Herrengasse 1-3, 6020 Innsbruck

Abstract

Der Neubau der 720 m langen Schlossgalerie zum Schutz der L 76 Landecker Straße vor Steinschlag- und Blocksturzereignissen ist mit einer Investitionssumme von 38,00 Mio. € derzeit eines der großen Baulose der Landesstraßenverwaltung Tirol. Die Bauarbeiten begannen im Frühjahr 2020.

Derzeit sind die Sicherungsmaßnahmen und die Betonbauarbeiten abgeschlossen. Mit einer Fertigstellung der gesamten Arbeiten und einer Verkehrsfreigabe auf der L 76 wird im Oktober 2022 gerechnet.

New construction of the Schlossgalerie

The new construction of the 720 m long Schlossgalerie to protect the L 76 Landecker Straße, from falling rocks and blocks is currently one of the major construction projects of the Tyrolean provincial road administration. It is calculated with an investment sum of € 38.00 million.

Construction work began in spring 2020. Currently, the securing measures and the concrete construction work have been completed. Completion of the entire work and opening to traffic on the L 76 is expected in Oktober 2022.

1. Allgemeines

Die L 76 Landecker Straße beginnt im Tiroler Oberland im Stadtzentrum der Bezirkshauptstadt Landeck und führt Richtung Süden nach Fließ. Beim Südportal des Landecker Tunnels mündet die L 76 in die B 180 Reschenstraße.

Eine Vielzahl von Blocksturzereignissen und Verbrüchen auf die Landesstraße L 76 auf den ersten 1,50 km des Straßenabschnittes im Norden, haben immer wieder zu umfangreichen Sperren der Landecker Straße geführt. Zahlreiche Sicherungsmaßnahmen wie Steinschlagschutznetze, Ankerbalken sowie Einzelpunktsicherungen sind Zeitzeugen der massiven Bestrebungen, diesen Verkehrsweg sicher aufrecht zu erhalten. Bei einer Sperre der L 76 ist eine Zu- und Abfahrt zum bzw. vom Landecker Talkessel Richtung Süden nur über den rd. 7,00 km langen Landecker Tunnel möglich.

Bergseitig der Landecker Straße stehen im betroffenen Abschnitt bis zu 200 m hohe, stark zerfurchte und steil stehende Felswände an, dabei sind die Böschungen in steile Pfeiler und keilförmige Ausbrüche bzw. Erosionsrinnen (Störungen) gegliedert. Die Talseite der Straße ist durch Sicherungs- bzw. Stützbauwerke wie hohe Schwergewichtsmauern, Halbbrücken mit Gewölbekonstruktionen sowie von steilen anstehenden Felsböschungen geprägt.

Aufgrund der absturzgefährdeten Felsmassen, der Steilheit des Geländes und der hohen Blocksturzenenergien sind Netzbarrieren im Ereignisfall nur bedingt wirksam, daher ist in diesem Bereich der Neubau einer Steinschlaggalerie zur Sicherheit des Verkehrsweges und der damit verbundenen Erreichbarkeit der Gemeinden des Oberen Gerichtes einschließlich des Sonnenplateau (Serfaus, Fiss, Ladis) und des Kaunertals unumgänglich.

Eine Verlegung der L 76 an das orographisch linke Ufer des Inns ist aufgrund der geologischen Situation (große Rutschmassen zum Inn) nicht möglich, aus Wirtschaftlichkeits- aber auch aus Sicherheitsgründen (Fluchtwegsituation) wurde der Errichtung einer Galerie gegenüber der Errichtung eines Tunnelbauwerkes der Vorzug gegeben.

Namensgeber der 720,00 m langen Galerie ist das unmittelbar bei Baubeginn oberhalb der Straße liegende Schloß Landeck.



Bild 1 Übersicht der Baustelle

2. Geologie, Geotechnik

Geologisch ist der Einhang zur L 76 der Landecker Phyllitgneiszone zuzuordnen. Das Festgestein ist aufgrund der tektonischen Beanspruchung meist eng geschiefert und weist überwiegend eine plattige Struktur auf.

Die zahlreichen Verbrüche und Blockstürze auf die Straße zeigen, dass der anstehende Fels örtlich stark aufgelöst ist und aufgrund der engständigen Schieferung und der tektonischen Beanspruchung dem Verwitterungsprozess (oberflächennah veränderliches Gestein) stark ausgesetzt ist. Dies führt zu den laufenden Nachbrüchen. Das Gestein verwittert aufgrund der niedrig gradigen Metamorphose schnell.

Die oft ungünstig einfallende Schieferung und Klüftung mit vielfach ebenen und glatten Trennflächen, erhöhen die Absturzgefahr von größeren und kleineren Felskörpern erheblich.

Zahlreiche Keil- und Plattenausbrüche aus den bestehenden Felsböschungen weisen ebenfalls auf die hohe Gefährdung dieses Straßenabschnittes hin. Felsabbrüche bis mehrere 10er m³ mit hohen Aufprallenergien sind im betroffenen Abschnitt möglich und auch als Blocksturzereignisse über einen längeren Zeitraum hin dokumentiert. Aufgrund der Geländesituation mit den stark zerfurchten Felswänden ist damit zu rechnen, dass abstürzende Blöcke und Felskörper vor dem Erreichen der Galerie zerbrechen und überwiegend als 1-5 m³ große Blöcke das Galeriedach erreichen. Dies zeigen auch die Fotos mit den dokumentierten Blocksturzereignissen.



Bild 2 fertig gestellte, gesicherte Felsböschung

3. Galeriebau, Grundlagen der Konstruktion

Die Länge der Galerie wurde aufgrund der topographischen Gegebenheiten und der erforderlichen Portallagen mit 720,00 festgelegt. Aufgrund der massiven Erdauflast (Dämpfung der Aufprallenergie) und der damit einhergehenden Erddruckbelastung wurde für das Schutzbauwerk ein Rahmenquerschnitt mit einer talseitigen Neigung der Wand bzw. der trapezförmigen Stützen (Verringerung der Spannweite der Tragwerksdecke) von $11^\circ=1:5$ gegenüber der Vertikalen gewählt.

Als Bemessungsereignis für das Bauwerk ist ein Blocksturz von 10 m^3 mit einer Fallgeschwindigkeit von 25 m/s maßgebend.

Der Regelquerschnitt ist so konzipiert, dass die Bezugsebene in Querrichtung immer horizontal liegt, während das Querprofil der Fahrbahn sich davon unabhängig um die Höhenbezugslinie dreht.

Die Regelblocklänge beträgt 10,00 m, gemessen entlang der Innenkante der talseitigen Wand am Anschnitt Stütze/Tragwerksdecke.

Aufgrund der gewählten Straßenradien kann auf eine im Grundriss gekrümmte bzw. vielfach-polygonale Ausführung der Galerie sowie auf die Ausbildung von Kurvenverbreiterungen verzichtet werden, d.h. das Bauwerk verläuft blockabschnittsweise gerade immer mit der gleichen Breite.

SCHLOSSGALERIE LANDECK Regelquerschnitt 2 (Stützenscheiben) M 1:50

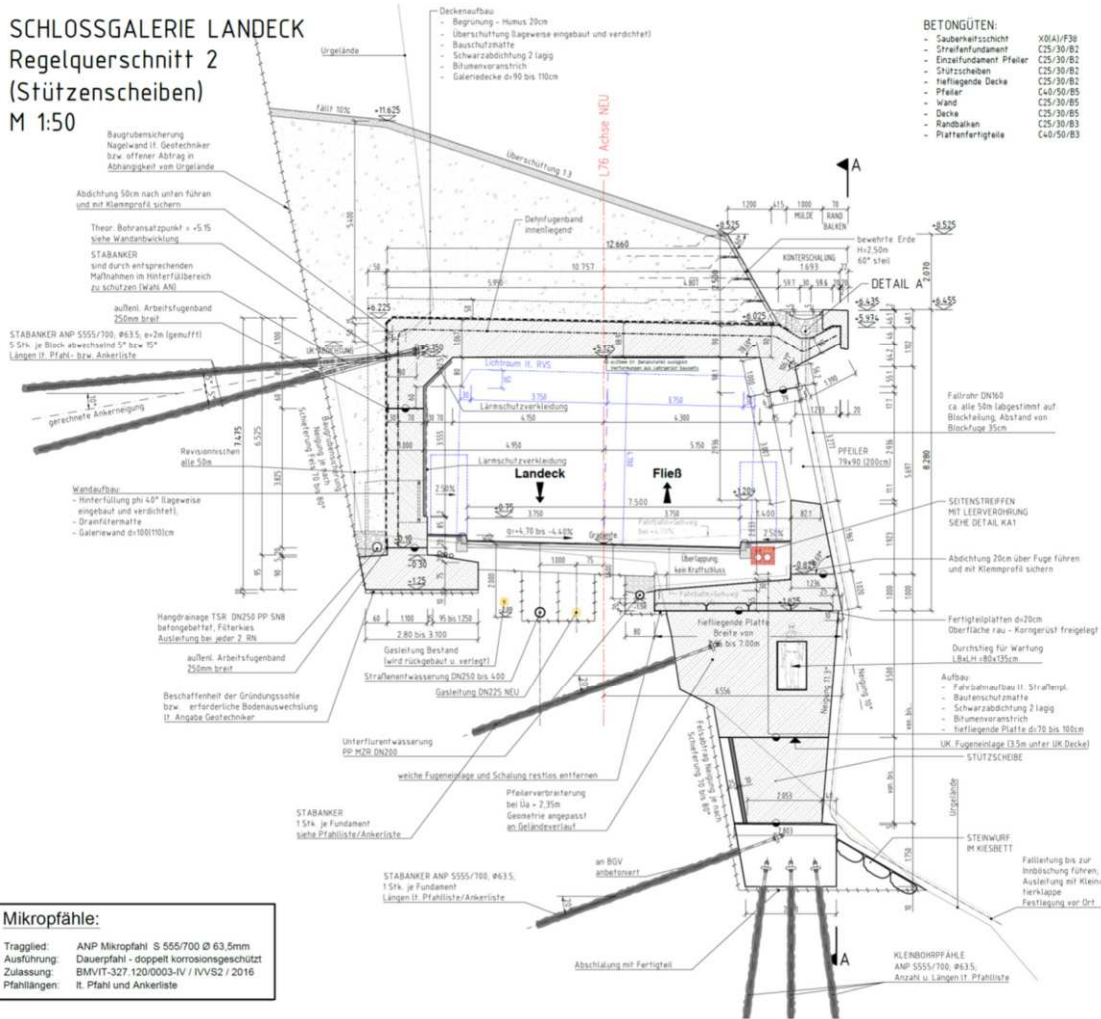


Bild 3 Regelquerschnitt



Bild 4 Regelquerschnitt fertig gestellt

Die Bodenaufschlüsse (Kern- bzw. Tastbohrungen) zeigten, dass das Galeriebauwerk nur teilweise auf Fels gegründet werden kann. Bergseitig ist eine Flachfundierung mit entsprechenden Fundamentgrößen sowohl im Lockermaterial als auch auf Fels möglich, talseitig wurde für alle Pfeilerscheiben eine Tiefgründung mittels doppelt korrosionsgeschützten GEWI-Pfählen DN 63,5 mm gewählt.

Die talseitige Gründung der Blöcke 1-16 und 59-61 erfolgt über einen Lastverteilkragen auf Micropfählen GEWI DN 63,5. Die aufgesetzte Brüstungswand verteilt im offenen Galeriebereich die konzentrierten Stützenlasten (trapezförmige Stützen 90(200) x 80cm) gleichmäßig auf den Verteilkragen.

Bei den Blöcken 17-58 sowie 62-74 werden in den Blockfugen geteilte Stützscheiben mit einer Gesamtbreite von 150 cm (2*75cm) hergestellt, die die Lasten vor den bestehenden Stützmauern und Gewölbekonstruktionen nach unten führen und über ein Fundament mit Tiefgründung in den Untergrund ableiten.

Die Geometrie dieser Stützpfiler wird jeweils an die örtlichen Gegebenheiten angepasst, die als Pendelstützen ausgebildet und mittels GEWI-Pfählen rückverankerten Pfeilerscheiben erreichen dabei Höhen von bis 26,00 m.

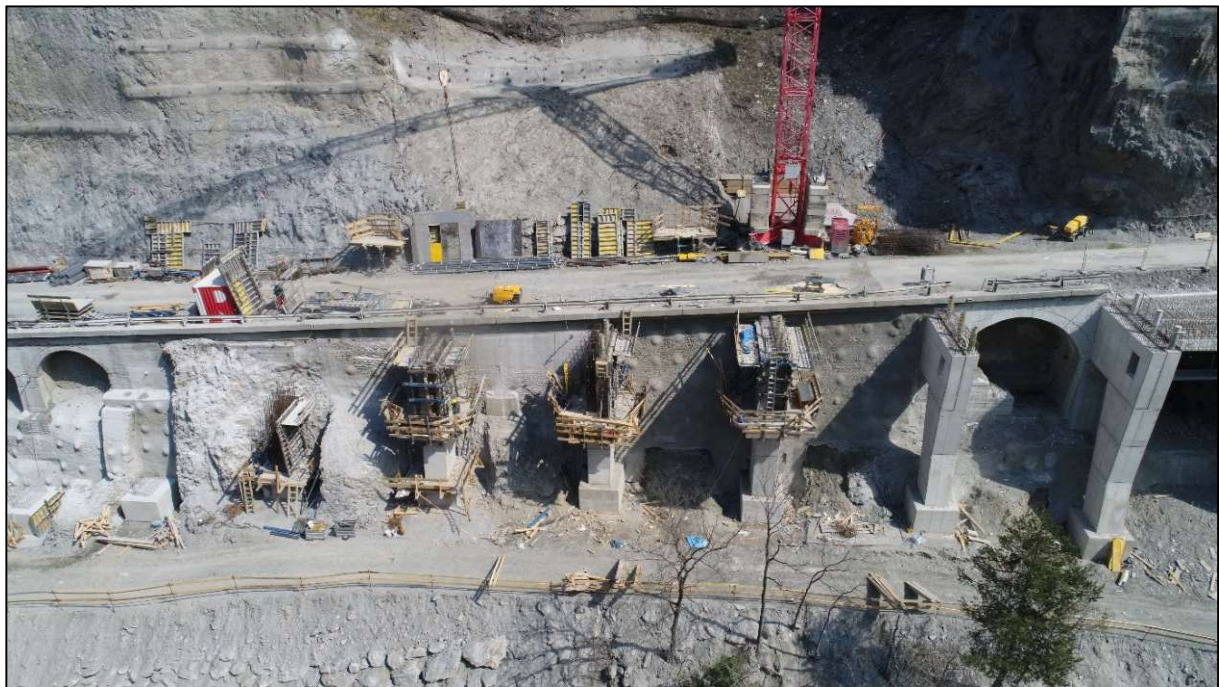


Bild 5 talseitige Pfeilerscheiben

Die bis zu 5,50 m überschüttete Tragwerksdecke nimmt angepasst an den Kräfteverlauf von talseitig 90 cm auf bergseitig 110 cm zu. Das bergseitige Rahmeneck ist mit einer massiven Voute ausgebildet, die Horizontalkräfte resultierend aus der Erddruckbelastung werden im Rahmeneck mit Stabankern (ZVP GEWI 63,5) rückverhängt.

Bedingt durch die unterschiedlichen Hangneigungen infolge des Felsabtrages (Regelfläche, Bauweg, Verbruch-Störzone mit zurückliegenden Tälern) war das Abstecken und zielgenaue Bohren dieser Rückverankerung besonders aufwendig. Nachdem diese Pfähle in die Tragwerksdecke einbinden und vorab der Betonbauarbeiten gebohrt werden mussten, gibt es im Zuge der Einbindung der Pfähle in die Tragwerks-Bewehrung bei falscher Lage keine Korrekturmöglichkeit.



Bild 6 bergseitige Rückverankerung

Das Hinterfüllen und Verdichten des Arbeitsraumes hinter der bergseitigen Galeriewand hat mit besonderer Sorgfalt und mit kleinem Gerät zu erfolgen, um eine Beschädigung der doppelt korrosionsgeschützten GEWI-Anker hintanzuhalten. Der erforderliche Verdichtungswert für das Hinterfüllen ist mit $E_{v1}=35 \text{ MN/m}^2$ fixiert, auf die Prüfung des Verhältniswertes E_{v2}/E_{v1} muss verzichtet werden, da der Hinterfüllungskörper platzbedingt nur mit dynamischer Lastplatte überprüft werden kann.

Das Galeriebauwerk ist talseitig mind. 2,50 m überschüttet. Diese Überschüttung wird mit einer 60° steilen bewehrten Erde-Konstruktion gestützt. Die Überschüttung fällt mit 1:3 vom anstehenden Hang weg und hat über der bergseitigen Wandhinterkante des Galeriebauwerkes eine Höhe von 5,50 m.

Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Gestaltung der Portalbauwerke gelegt, ebenfalls wird zum Schutz der Anrainer auf der gegenüberliegenden Talseite, auf der bergseitigen Galeriewand, ein Lärmschutz integriert.



Bild 7 Portal Landeck

Wegen des Platzbedarfes des neuen Galeriebauwerkes ist es erforderlich, mit der gesamten Straßenachse talseitig abzurücken. Durch die steil anstehenden Felswände mit Höhen bis zu 200 m ist eine Verlegung der Straßenachse Richtung Berg aufgrund des erforderlichen Felsabtrages aus geotechnischer aber auch aus baupraktischer bzw. baulogistischer Sicht nicht möglich.

Der zusätzliche Platzbedarf in der Lage, bedingt durch die Konstruktionsstärken der berg- und talseitigen Rahmenwand sowie den beidseitig angeordneten 1,00 m breiten Wartungswegen in der Galerie, erfordert eine Abrückung des talseitigen Straßenrandes von bis zu 5,00 m.

Nachdem der Bestand der L 76 im Neubaubereich der Galerie bereits teilweise mit massiven Schwergewichtsstützmauern sowie Halbbrücken aus Gewölbekonstruktionen talseitig gestützt bzw. gesichert wird, muss infolge dieser Abrückung auf weiten Strecken des Galeriebauwerkes eine Hangbrückenkonstruktion für die talseitige Fahrbahn im Schutzbauwerk integriert werden. Hervorgerufen durch die topographische Lage der Baustelle sind massive und sehr hohe talseitige Stützpfeiler die Folge dieser Achsverschiebung.

Die Breite der Hangbrückensegmente ist dabei von Block zu Block unterschiedlich (angepasst an das bestehende Gelände), die überschüttete Brückenplatte der Hangbrücke spannt von Pfeilerscheibe zu Pfeilerscheibe und wird talseitig vom massiven Brüstungsträger gestützt.

Das Galeriebauwerk ist im Bereich der Tragwerksdecke zweilagig isoliert, wobei die Abdichtung von der Vordachauskragung über die Deckenplatte bis 50 cm unter die bergseitige Arbeitsfuge Wand/Decke

gezogen wird. Im Deckenbereich wird die Abdichtung durch eine Bauschutzmatte geschützt. Für die erdberührten vertikalen Flächen ist eine Vertikaldrainagematte vorgesehen.

Für die routinemäßige Bauwerksinspektion ist unterhalb der Brückenplatte ebenfalls von Pfeilerscheibe zu Pfeilerscheibe laufend ein Wartungssteg angeordnet.

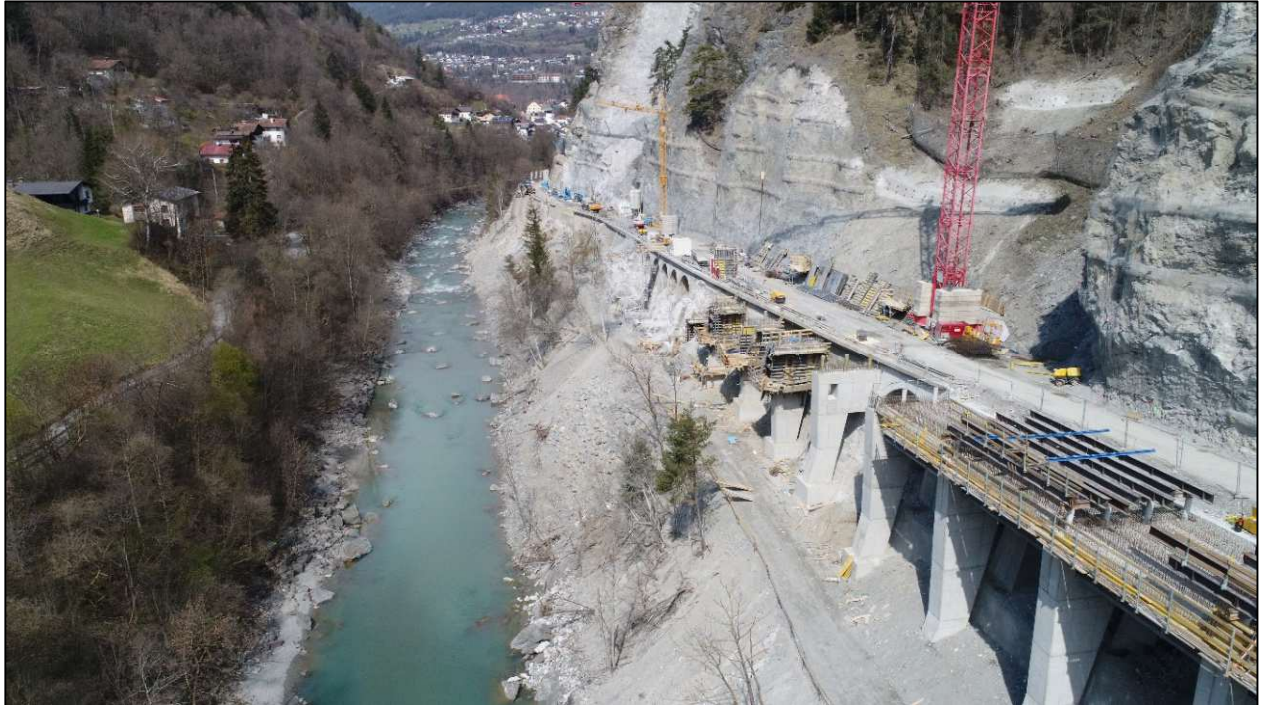


Bild 8 Halbfertigteile Hangbrücke

4. Bauablauf

Für einen Großteil der Arbeiten war während der Bauzeit eine Vollsperrung der L 76 möglich. Dies ist dem sehr schwierigen und technisch anspruchsvollen Felsabtrag (70.000 m^3) geschuldet

Trotz umfangreicher geologischer und geotechnischer Aufschlüsse vor Beginn der Arbeiten stellte sich die Qualität des anstehenden Felsen viel schlechter als erwartet dar. Tiefliegende ungünstige Schichtungen sowie massive Auflockerungen und Störungen in großen Höhen erforderten aufwendige Sicherungsarbeiten mit Ankerbalken und Einzelpunktsicherungen in Höhen von 60-80 m über Straßenniveau. Viele Sicherungsarbeiten konnten dabei nur händisch oder mit Schreitbaggern am Seil in großen Höhen und durch das Installieren von zwei Hubsteigern mit Ausladungen von 60 m sowie zahlreichen Hubschrauberversorgungsflügen bewerkstelligt werden.



Bild 9 Felsabtrag



Bild 10 Felssicherungsmaßnahmen

Ein massiver Felssturz kurz nach Beginn der Bauarbeiten außerhalb des bespielten Baufeldes in der Größenordnung von rd. 8.000 m³ erschwerte die Zugänglichkeit der Baustelle durch die vertikale Trennung erheblich.



Bild 11 Felssturz 08.06.2020

Baugistisch war neben dem Felsabtrag die Herstellung der hohen Pfeilerscheiben, ebenfalls immer angepasst an den Bestand, eine der größten Herausforderung.

Für die Erreichbarkeit der Fundierungsebene war dabei die Errichtung einer zusätzlichen Baustraße im Nahbereich des Inns erforderlich. Durch die Steilheit des anstehenden Geländes und die schon vorhandenen Stützkonstruktionen des rd. 30 m höher liegenden Straßenabschnittes waren hier ebenfalls zahlreiche Sicherungsmaßnahmen im Gelände notwendig.

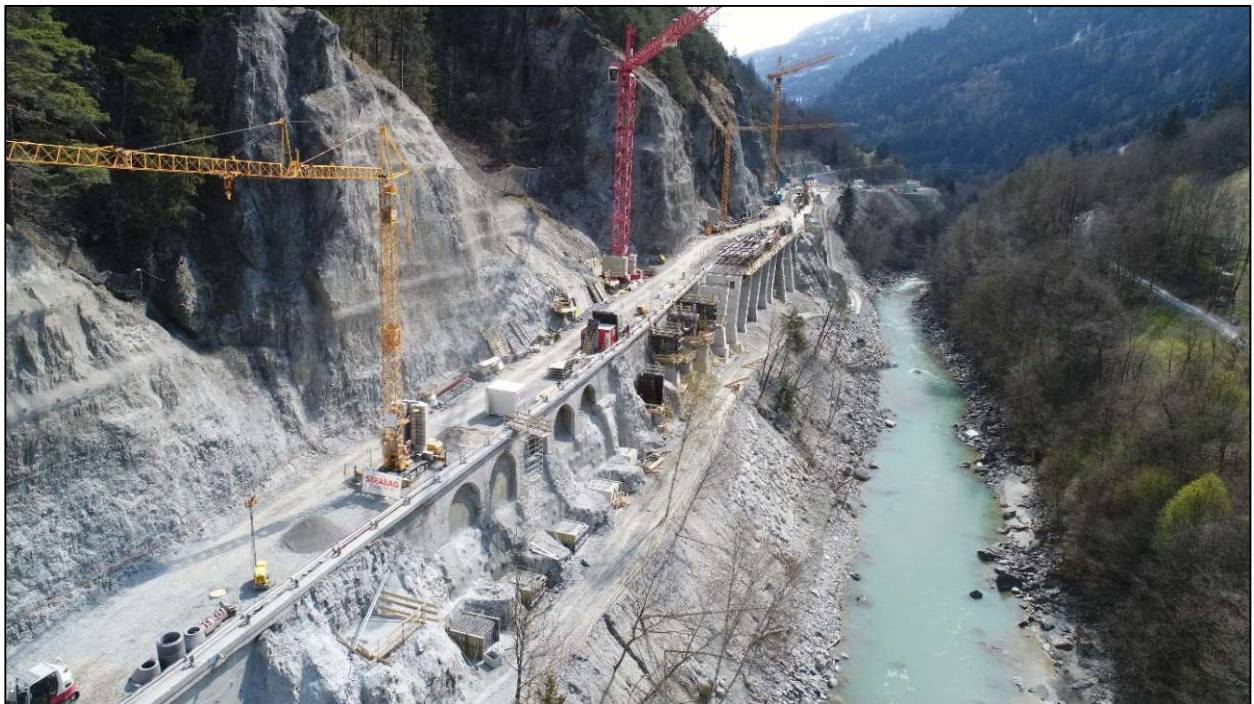


Bild 12 Lage der Baustelle mit hangseitigen Felsicherungen und talseitigem Bauweg

Die Brückenplatte der Halbbrücke wurde als Halbfertigteil konzipiert. Dadurch konnte man sich aufwendige Tragwerksschalungen sowie Lehrgerüste in großen Höhen unterhalb der Brückenplatte ersparen. Das Halbfertigteil wurde auf das Eigengewicht sowie die zusätzlich erforderliche Betonstahlbewehrung und Nutzlast aus den Bauarbeiten bemessen, für den Lastfall Betonage musste die Tragwerksplatte zusätzlich nach oben aufgehängt werden.

Nach dem Fertigstellen der talseitigen Pfeilerscheiben mit der Hangbrückenkonstruktion sowie der bergseitigen Galeriewand zum Schutz der Verkehrsteilnehmer werden die Bauarbeiten mit einspuriger Verkehrsführung über das Baulos durchgeführt. Kurzfristige Sperren zum Vorfahren des Deckenschalwagens sind auch hier erforderlich.

Die talseitige Galeriekonstruktion mit Pfeilerscheiben, talseitiger Brüstungsträger und Galeriestützen sowie die bergseitige Galeriewand werden im Vorlauf hergestellt, im Nachlauf wird mittels Schalwagen die Tragwerksdecke (2 Blöcke/Woche) betoniert. Die Ausschalfzeiten der Decke werden mit dem System Concremote der Firma Doka über den Wert der Betonreife überprüft. Der Wert für das Absenken des Schalwagens beträgt dabei 80% der Würfeldruckfestigkeit des Tragwerksbetons

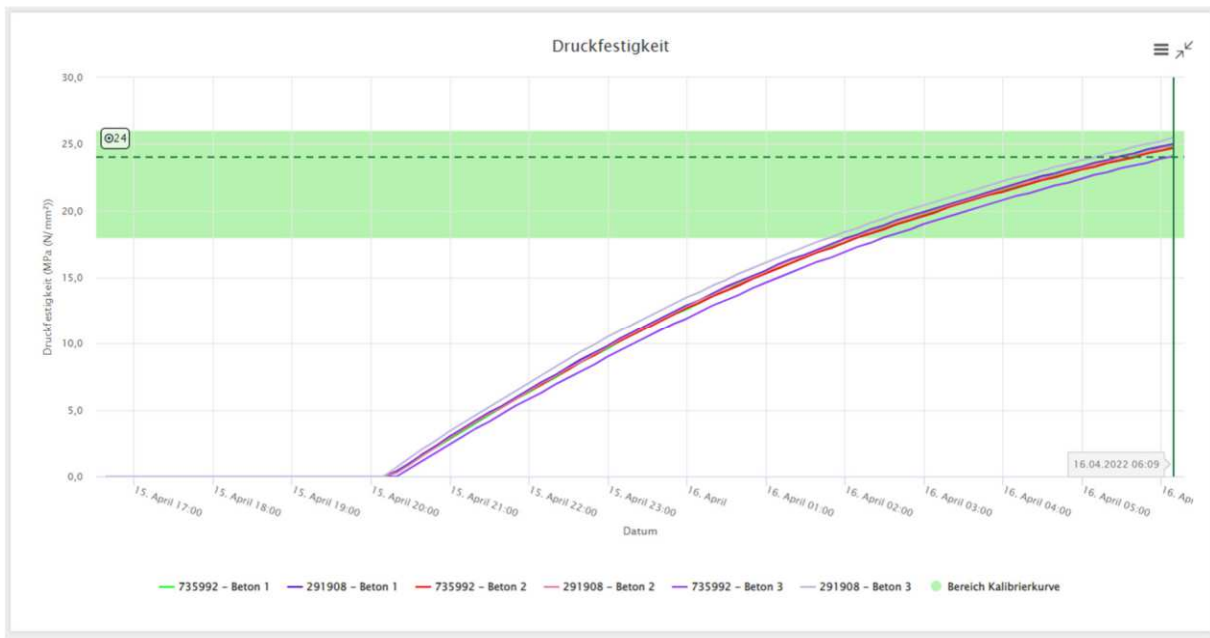


Bild 13 Druckfestigkeitsentwicklung Tragwerksdecke



Bild 14 Taktbetrieb Tragwerksdecke

5. Zusammenfassung

Der Neubau der Schlossgalerie ist eines der momentan größten Bauprojekte der Landesstraßenverwaltung Tirol. Die Bauarbeiten begannen im Frühjahr 2020. Massive Sicherungsmaßnahmen im Zuge des bergseitigen Felsabtrages sowie ein Felssturz in der Größenordnung erschwerten die Bauarbeiten. Glücklicherweise verliefen die Bauarbeiten bis dato unfallfrei.

Derzeit sind die Sicherungsmaßnahmen und die Betonbauarbeiten abgeschlossen. Mit einer Fertigstellung der gesamten Arbeiten und einer Verkehrsfreigabe auf der L 76 wird im Oktober 2022 gerechnet.



Bild 14 Fertigstellung Betonbau

Planung:	Baumann+Obholzer ZT GmbH, Innsbruck
Geotechnik	Dipl.Ing. Dr. techn. Jörg Henzinger, Grinzens
ausführende Firma:	STRABAG AG, Zirl
Bauaufsicht:	Land Tirol / Baubezirksamt Imst
Massen:	
Spezialtiefbau:	
Spritzbeton	8.000 m ²
Nägel	15.000 lfm
Micropfahl GEWI DN 63,50	16.000 lfm
Betonbau:	
Beton	24.000 m ³
Stahl	3.500 to
Erdbau:	
Felsabtrag	70.000 m ³
Hinterfüllung	40.000 m ³
Baukosten:	€ 38.000.000.-

ABENDVORTRAG



Der **grüne Hebel** für eine nachhaltige Energieversorgungssicherheit

Öffentlicher Abendvortrag im Rahmen
des Geoforums Umhausen von

**Univ-Prof. Dipl.-Ing.
Dr. mont. Herbert Hofstätter**

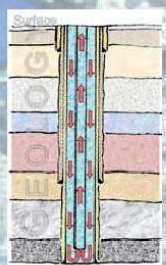
Montanuniversität Leoben
Department of Petroleum Engineering
Chair of Petroleum and Geothermal Energy Recovery



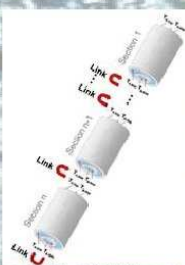
© Univ-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Herbert Hofstätter



© RAG Archiv



© Univ-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Herbert Hofstätter



© RAG Archiv

Donnerstag, **20.10.2022**

Lärchensaal (Feuerwehrgebäude)

Niederthai

Beginn: 19:00 Uhr

Eintritt frei!

Mit Unterstützung der

**Raiffeisenbank
Vorderes Ötztal**



Bitte um Beachtung der geltenden Coronabestimmungen.

Das geologische Kartenblatt 114 Holzgau: Neue Wege in der quartärgeologischen und tektonischen Gliederung

Alfred Gruber¹, Michael Lotter¹, Rüdiger Henrich²

¹Mag. Alfred Gruber, Dr. Michael Lotter, Abteilung für Sedimentgeologie bzw. Abteilung für Ingenieurgeologie, Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A-1030 Wien; alfred.gruber@geologie.ac.at; michael.lotter@geologie.ac.at

²Prof. em. Dr. Rüdiger Henrich, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Postfach, 330 440, D-28334 Bremen; henrich@uni-bremen.de

Topographischer Überblick

Die neue Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000 Blatt 114 Holzgau (veröffentlicht 2022) umfasst einen großen Ausschnitt der östlichen Allgäuer Alpen sowie einen kleineren Anteil der Lechtaler Alpen. Der Blattrahmen reicht vom Tannheimer Tal im Norden bis zu den Ortschaften Holzgau und Gramais im Süden. Ungefähr ein Drittel des Kartenblatts im Nordwesten liegt auf deutschem Staatsgebiet, von dem ein ca. 3 km breiter Streifen der Geologie entlang der Grenze mit dargestellt wird. Der Südteil des Kartenblatts zeigt einen Ausschnitt des Lechtals zwischen Holzgau im Südwesten und Stanzach im Nordosten. Weitere wichtige Täler auf dem Kartenblatt sind das Vilsalp-, Schwarzwasser-, Hornbach- und Bernhardstal orographisch links des Lechs und das Bsclaber, Gramaiser und Grießbachtal orographisch rechts. Auf der Karte liegen einige der Hauptgipfel der Allgäuer Alpen wie der Hochvogel (2592 m), das Gaishorn (2247 m), der Krottenkopf (2656 m) und die Urbeleskarspitze (2632 m). Markante Gipfel südöstlich des Lechtals stellen die Ruitelspitze (2580 m), die Lichtspitze (2356 m) und die Pfeilspitze (2469 m) dar. Die Staatsgrenze entlang des Allgäuer Hauptkamms stellt auch die Wasserscheide zwischen den hydrographischen Einzugsgebieten der Iller und des Lechs dar.

Geologischer Rahmen und neue tektonische Gliederung

Das Kartenblatt beinhaltet größtenteils oberostalpine Decken der westlichen Nördlichen Kalkalpen und zu einem kleinen Teil die liegenden penninischen Deckeneinheiten. Die Schichtfolge der Kalkalpen reicht vom untertriassischen Alpinen Buntsandstein bis zu den oberkretazischen Gesteinen der Gosau-Gruppe. Der Trias-Anteil nimmt mehr als die Hälfte der dargestellten Geologie ein und wird flächenmäßig vom Hauptdolomit dominiert. Daneben sind die Nordalpinen Raibler Schichten, der Plattenkalk, die Kössen-Formation und der Oberrhätkalk von Bedeutung. Die Jura-Abfolge wird dominant von der Allgäu-Formation vertreten, die auf dem Kartenblatt ihre Typlokalität aufweist. Der oberjurassische Radiolarit der Ruhpolding-Formation ist ein wichtiges Leitgestein für den strukturellen Bau. In den ausgeprägten Synklijalstrukturen sind die klastischen, synorogenen kretazischen Gesteine der Tannheim- und Losenstein-Formation, der Lech-Formation und der Gosau-Gruppe erhalten. Letztere sind maßgebend für die Gliederung des Deckenbaus und die zeitliche Zuordnung der Deformationsereignisse.

Im Zuge der strukturellen Neuuntersuchung der tektonischen Hauptelemente der westlichen Nördlichen Kalkalpen wurde der bisherige klassische Deckenbau sensu Ampferer & Hammer (1911), Ampferer (1912) und Tollmann (1970, 1976) von Mandl et al. (2017), Kilian & Ortner (2019) und Ortner & Kilian (2022) revidiert. Für das Kartenblatt ergeben sich daraus folgende Konsequenzen: Die bisherige Allgäu-Decke des liegenden bajuvarischen Deckensystems wird nun gemäß Kilian & Ortner (2019) als Tannheim-Decke bezeichnet, wobei sich bezogen auf GK 114 Holzgau deren Umfang nicht ändert. Die bisherige Lechtal- und Inntal-Decke werden hingegen zu einer tektonischen Einheit des hangenden tirolisch-norischen Deckensystems zusammengefasst und nun gemäß Mandl et al. (2017) als Inntal-Lechtal-Decke bzw. nach Kilian & Ortner (2019) als Karwendel-Decke bezeichnet (vgl. Gruber et al., 2022). Die Deckengrenze bildet die Lechtal-Überschiebung (Abb. 1).

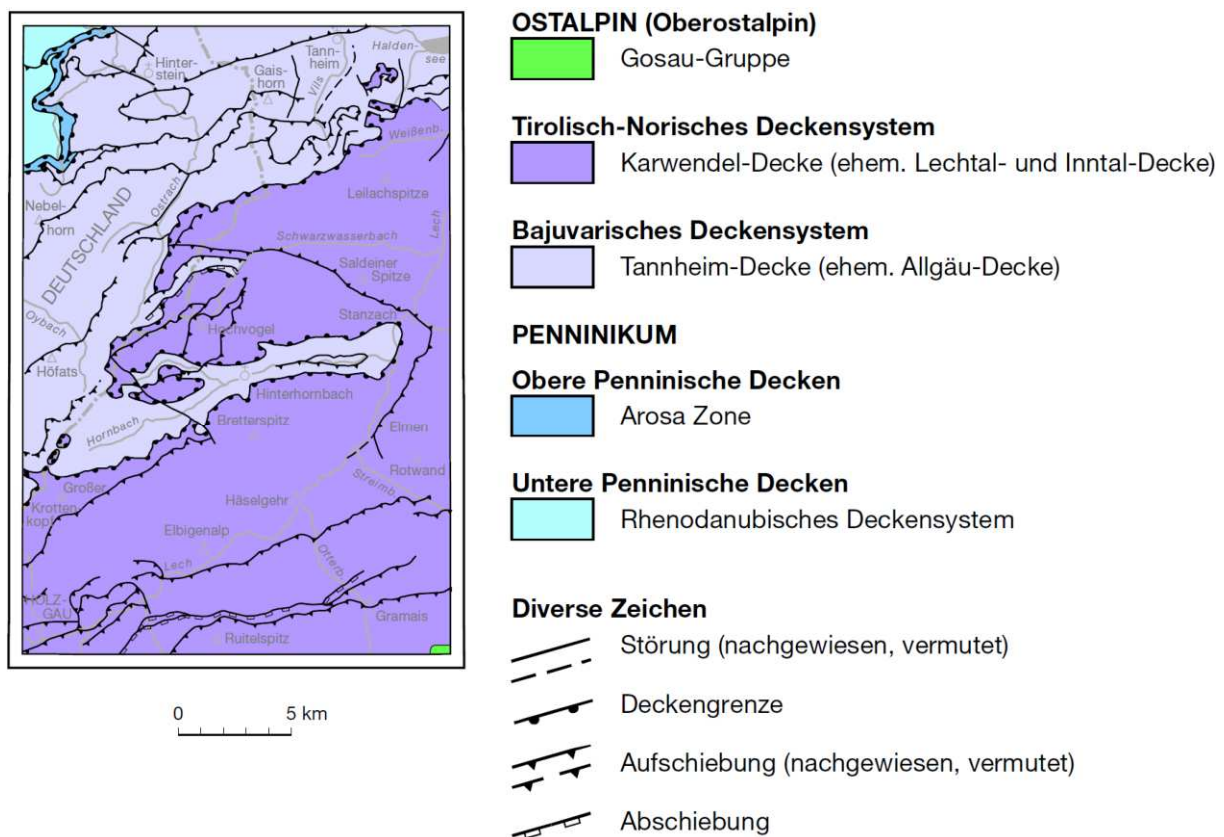


Abb. 1: Geologisch-tektonische Übersicht der Geologischen Karte Blatt 114 Holzgau.

Das tektonische Muster des Kartenblatts GK 114 ist durch großräumige Falten- und Überschiebungsstrukturen mit NE-SW- bis E-W-Streichrichtung geprägt. Der Faltenbau zeichnet sich durch NW-Vergenz und vielfach durchgescherte Faltenschenkel aus. Die Hauptfaltung wie auch die Deckenbildung erfolgte während des eoalpidischen Deformationsereignisses in der späten Unterkreide. Dadurch kam es innerhalb der Nördlichen Kalkalpen an der Lechtal-Überschiebung zur Stapelung der Karwendel- auf die Tannheim-Decke. Infolge der oberkretazischen bis paläogenen Einengung wurden

bestehende Falten- und Deckenstrukturen weiter verformt, wiederverfaltet und verschuppt (*out-of-sequence*-Strukturen). Daraus resultieren unter anderem die Saldeiner- und Burkopf-Überschiebung, das Hinterstein-Fenster und Hornbach-Halbfenster sowie die komplexen Schuppenzonen in den Gebieten um das Luitpold-Haus und das Vogelhörnle.

Neuerungen in der Darstellung quartärgeologischer Inhalte

Die quartären Legendeneinträge am Kartenblatt folgen konsequent dem Prinzip der Unterscheidung von lithogenetischen (Sedimentkörper/Ablagerungen) und geomorphologischen (Oberflächenausprägung) Einheiten sowie weiteren diversen Phänomenen (Steinbichler et al., 2019). Dies bedeutet beispielsweise im Fall der glazigenen Ablagerungen, dass bei den Würm-spätglazialen Seiten- und Endmoränen zwischen den eigentlichen Ablagerungen (im Wesentlichen Diamikte) und den häufig ausgeprägten Wallformen als geomorphologischen Elementen differenziert wird (Abb. 2). Nach lithostratigraphischen Gesichtspunkten wird zwischen Würm-hochglazialen und Würm-spätglazialen Bildungen unterschieden. Aufgrund des Fehlens absoluter Datierungen (Expositions- und Radiokarbonalter) sowie von Moränen der „Kleinen Eiszeit“ (LIA), die zur Bestimmung der Schneegrenzdepression (ELA) notwendig sind, kann das Würm-Spätglazial auf dem Kartenblatt nicht weiter in das Gschnitz- und das Egesen-Stadial untergliedert werden. Immerhin konnte eine durchgehende lithogenetische Differenzierung zwischen Grund- und Ablationsmoränenablagerungen einerseits und End- und Seitenmoränenablagerungen andererseits, teils mit Hilfe von DGM-Auswertungen (Laserscan), vorgenommen werden.

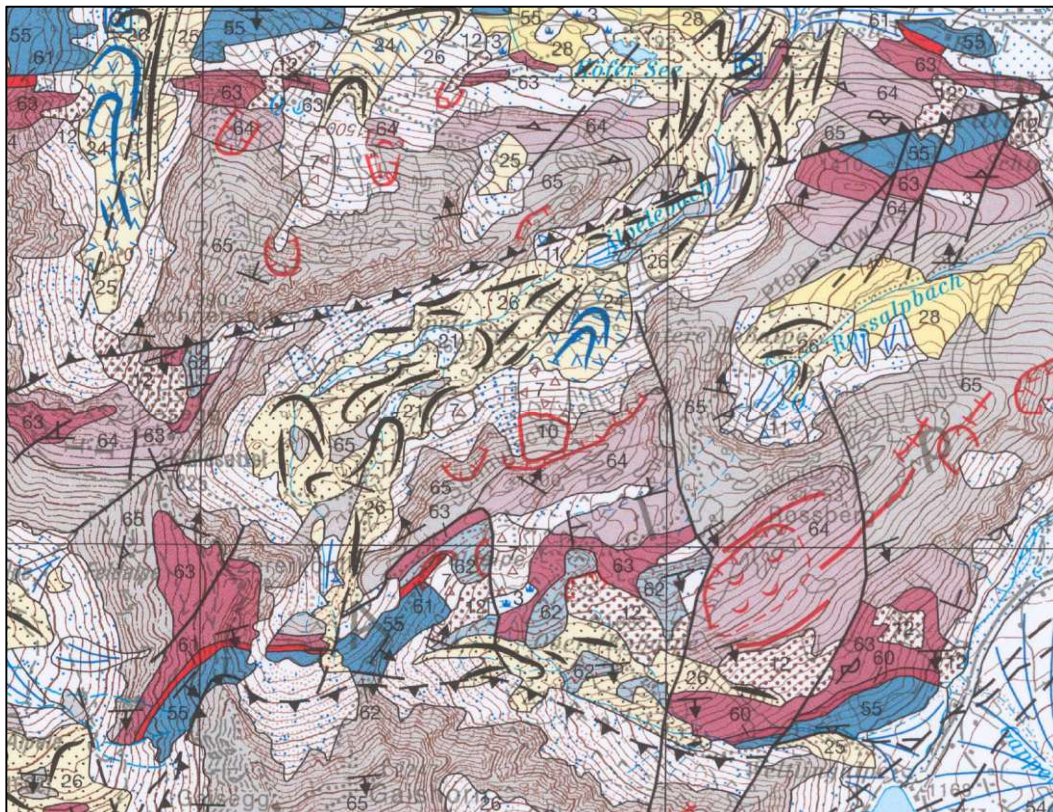


Abb. 2: Fallbeispiele von glazigenen Ablagerungen und gravitativen Massenbewegungen südwestlich von Tannheim; zur Legende siehe GK 114 Holzgau.

Auch im Falle der gravitativen Massenbewegungen wurde das lithogenetische Prinzip angewandt. Grundsätzlich werden Massenbewegungen gemäß dem prozessorientierten Bearbeitungsstandard (vgl. Zangerl et al., 2008, cum lit.) nach Kinematik (Bewegungsmechanismus) und Materialzusammensetzung (Fest- oder Lockergestein) klassifiziert. Bei langsamen und langfristig ablaufenden Prozessen (Fließen, Gleiten) ist die Abgrenzung zwischen einem zwar (initial) dislozierten, aber noch in einem kartierbaren Festgesteinsverband befindlichen Areal einerseits und einem durch Umlagerung und Zerlegung neu gebildeten Lockergesteinskörper andererseits nicht immer zweifelsfrei zu entscheiden. Bei ersterem werden die lithostratigraphischen Einheiten der Festgesteinsebene weiterhin ausgeschieden und die gravitativen Prozesse in einer darüber liegenden Ebene phänomenologisch mit Punkt- und Liniensignaturen eigens gekennzeichnet. In letzterem Fall wird eine lithogenetische, Würm-spätglaziale bis holozäne Neubildung ausgeschieden. Bei schnell ablaufenden gravitativen Sturzprozessen entstehen immer lithogenetische Neubildungen (Felssturzablagerung, Hangablagerung). Eine Besonderheit stellt die Ausscheidung der Gleitmasse im Verband als lithogenetische Einheit dar (Lotter et al., 2021): Sofern bei einem Gleitprozess der Gesteinsverband des Ausgangsmaterials erhalten bleibt, ist es sinnvoll, dessen geologische und geomorphologische Einheiten zu kartieren und maßstabsabhängig in die Karte einzutragen (Abb. 3). Beim Transport über tektonische oder lithostratigraphische Grenzen hinweg ist der abgeglittene Gesteinsverband als neuer Sedimentkörper zu betrachten, um die Lagerungsverhältnisse der anstehenden Gesteinseinheiten nicht zu verfälschen. Eine besondere Anfälligkeit für die Ausbildung dieser geologisch-geotechnischen Konstellation ergibt sich bei der stratigraphisch oder tektonisch bedingten Auflagerung von mechanisch harten, spröde-kompetenten über weichen, duktil-inkompetenten Gesteinen. Auf dem Kartenblatt 114 Holzgau gibt es dazu mehrere Fallbeispiele.

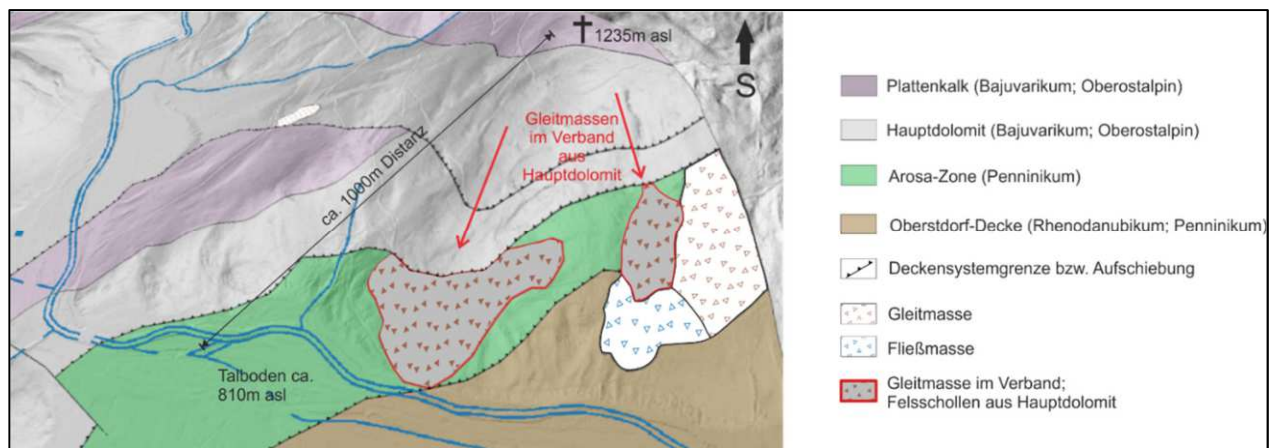


Abb. 3: Vereinfachte Darstellung von Gleitmassen im Verband als lithogenetische Einheiten auf anstehenden Sedimentgesteinen. Ausschnitt aus dem Grenzbereich Bajuvarisches und Penninisches Deckensystem im Nordwestteil des Kartenblatts GK 114 Holzgau (aus Lotter et al., 2021).

Fazit

Die Geologische Bundesanstalt entwickelt das aktuelle geologische Kartenwerk auf Basis eines GIS-basierten Drei-Schichten-Modells weiter. Dieses umfasst die Ebenen der Festgesteine und der Gesteine der

neogenen (ggf. auch paläogenen) Becken, denen ein tektonisches Modell (Deckensysteme, Decken) übergeordnet ist, sowie die Ebene der Lockergesteine des Quartärs. Ziel ist ein moderner, blattschnittfreier, in Punkten, Linien und Flächen untergliederter geologischer Datensatz. Um die dafür notwendige, österreichweit einheitliche Generallegende zu erstellen, bedarf es einer konsequenten Definition und Homogenisierung der geologischen Einheiten nach lithologischen, lithostratigraphischen, lithodemischen und lithogenetischen Gesichtspunkten.

Danksagung

Jedes geologische Kartenprojekt der Geologischen Bundesanstalt setzt einen intensiven wissenschaftlichen Austausch zwischen einer Vielzahl hausinterner und externer Experten voraus. Die Autoren danken daher allen auf dem Kartenblatt GK 114 Holzgau aufgeführten Kartierern, insbesondere Johann Gruber, Katrin Büsel, Hugo Ortner und Patrick Oswald sowie den zahlreichen Diplomanden von R. Henrich. Zudem benötigt die Finalisierung eines Kartenblatts zahlreiche redaktionelle und technische Arbeitsschritte. Hier gilt unser Dank Gerhard Bryda, Mathias Steinbichler, Jürgen Reitner, Jacek Ruthner, Martin Schiegl und Andreas Melichar für deren wertvollen Beitrag.

Literaturverzeichnis

Ampferer, O. (1912): Gedanken zur Tektonik des Wettersteingebirges. – Verhandlungen der k. k. Geologischen Reichsanstalt, **1912**, 197–212, Wien.

Ampferer, O. & Hammer, W. (1911): Geologischer Querschnitt durch die Ostalpen vom Allgäu zum Gardasee. – Jahrbuch der k. k. Geologischen Reichsanstalt, **61**, 531–710, Wien.

Gruber, A., Lotter, M. & Brandner, R. (Red.) (2022): Erläuterungen zur Geologischen Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 88 Achenkirch. – 296 S., 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, **112/1**, 62–83, Wien. <https://dx.doi.org/10.17738/ajes.2019.0005>

Lotter, M., Steinbichler, M. & Reitner, J.M. (2021): Ergänzung und Erratum zu „Begriffskataloge der Geologischen Landesaufnahme für Quartär und Massenbewegungen in Österreich“ (Steinbichler et al., 2019). – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **161/1-4**, 157-160, Wien.

Mandl, G.W., Brandner, R. & Gruber, A. (2017): Zur Abgrenzung und Definition der kalkalpinen Deckensysteme (Ostalpen, Österreich). – In: Wimmer-Frey, I., Römer, A. & Janda, C. (Red.): Arbeitstagung 2017 – Angewandte Geowissenschaften an der GBA, 254–255, Wien.

Ortner, H. & Kilian, S. (2022): Thrust tectonics in the Wetterstein and Mieming mountains, and a new tectonic subdivision of the Northern Calcareous Alps of Western Austria and Southern Germany. – International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau), **111**, 543–571. <https://doi.org/10.1007/s00531-021-02128-3>

Steinbichler, M., Reitner, J.M., Lotter, M. & Steinbichler, A. (2019): Begriffskataloge der Geologischen Landesaufnahme für Quartär und Massenbewegungen in Österreich. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **159**, 5–49, Wien.

Tollmann, A. (1970): Tektonische Karte der Nördlichen Kalkalpen, 3. Teil: der Westabschnitt. – Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien, **62** (1969), 78–170, tektonische Karte 1:100.000, Wien.

Tollmann, A. (1976): Monographie der Nördlichen Kalkalpen: Teil III: Der Bau der Nördlichen Kalkalpen: Orogene Stellung und regionale Tektonik. – 449 S., Wien (Franz Deuticke).

Zangerl, C., Prager, C., Brandner, R., Brückl, E., Eder, S., Fellin, W., Tentschert, E., Poscher, G. & Schönlaub, H. (2008): Methodischer Leitfaden zur prozessorientierten Bearbeitung von Massenbewegungen. – Geo.Alp, 5, 1–51, Innsbruck–Bozen.

„Wiederverwenden statt verschwenden“
Schonung der natürlichen Ressourcen am Beispiel der Kreislaufbaustelle
Kraftwerk Sellrain

BSc Friedrich Darimond, Ing. Manuel Venier, Bmstr. Dipl.-Ing. Stefan Rainer

HTB Baugesellschaft m.b.H.

Abstract

In view of the current general geopolitical situation, the armed conflicts in the immediate vicinity and the associated energy shortages, as well as the climate change in Europe with heat records and devastating forest fires, the sustainable use of domestic energy sources and raw materials is becoming increasingly important.

In order to implement the sustainability and climate strategy "Leben mit Zukunft" ("Living with a Future") proclaimed by the Land of the Tyrol and to become energy self-sufficient by 2050, hydropower as a resource must be expanded as the most important energy source in the restructuring of our energy system.

In the Sellrain Valley, the six local communities have founded the "Kraftwerksellrain GmbH" for this purpose and decided to build a hydropower plant for the long-term use of the existing hydropower potential.

This article highlights the difficulties in implementing sustainability concepts in the construction of this plant. Furthermore, the additional costs of processing and interim storage in contrast to simple final landfilling are described, with the acceptance of longer transport routes and considerably higher CO₂ pollution. In the absence of interim landfill permits, suitable materials extracted from the construction site have to be disposed of as waste and new raw materials without better suitability have to be extracted from quarries and transported to the construction site at high energy costs.

The impression could arise that sustainable project implementation is desired by politicians and publicised in public, but that this is slowed down by obstacles such as long official procedures and months-long deadlines.

For the future, we have to change our attitude towards valuable raw materials and the framework conditions in such a way that projects in the sense of a circular construction site can be implemented more easily and the enormous resource saving potential through the processing of "excavated waste" instead of final landfilling can be used.

Zusammenfassung

In diesem Artikel werden die Schwierigkeiten bei der Umsetzung von Nachhaltigkeitskonzepten am Beispiel einer Kraftwerksbaustelle im Sellraintal beleuchtet. Weiters werden die Mehraufwände bei der Aufbereitung und Zwischenlagerung im Gegensatz zur einfachen Enddeponierung bei Akzeptanz von längeren Transportwegen und erheblich höheren CO₂-Belastungen beschrieben. Bei ausbleibenden (Zwischen)deponiegenehmigungen müssen geeignete und auf der Baustelle gewonnene Materialien als Müll enddeponiert werden und neue Rohstoffe ohne bessere Eignung mit hohem Energieaufwand in Steinbrüchen abgebaut und zur Baustelle gebracht werden.

Es könnte der Eindruck entstehen, dass von der Politik eine nachhaltige Projektumsetzung erwünscht und in der Öffentlichkeit publiziert wird, diese aber mit Hindernissen wie langen Behördenverfahren und monatelange Fristen ausgebremst wird.

Für die Zukunft müssen wir unsere Einstellung zu wertvollen Rohstoffen und die Rahmenbedingungen so ändern, dass das enorme Ressourceneinsparungspotential durch die Aufbereitung von „Aushubabfällen“ anstelle der Enddeponierung genutzt und Projekte im Sinne von Kreislaufbaustellen einfacher umgesetzt werden können.

Projektbeschreibung und Hintergrund

Bei Betrachtung der aktuellen geopolitischen Großwetterlage, der kriegerischen Konflikte in unmittelbarer Umgebung und den damit verbundenen Energieengpässen bzw. der Klimaveränderung in Europa mit Hitzerekorden und verheerenden Waldbränden, rückt die nachhaltige Nutzung von heimischen Energieträgern und Rohstoffen immer mehr in den Mittelpunkt.

Um die vom Land Tirol ausgerufene Nachhaltigkeits- und Klimastrategie „Leben mit Zukunft“ umzusetzen und bis zum Jahr 2050 energieautonom zu werden, muss das heutige Energiesystem gravierend geändert werden. In Tirol muss hierfür die Ressource Wasserkraft als wichtigster Energieträger beim Umbau dieses Systems ausgebaut werden. Weiters müssen wir durch effizienzsteigernde Maßnahmen den Energiebedarf gegenüber heute in etwa halbieren und andere fossile Energieträger wie Öl, Kohle und Gas nahezu vollständig durch erneuerbare Energieträger ersetzen. (1)

Im Sellraintal haben die sechs örtlichen Gemeinden Oberperfuss, Unterperfuss, Grinzens, St. Sigmund, Sellrain und Gries im Sellrain die KW Sellrain GmbH gegründet und den Bau einer Wasserkraftanlage zur langfristigen Nutzung des vorhandenen Wasserkraftpotentials beschlossen.

Mit dem Bau dieses Kraftwerks wurde von der neu geschlossenen Gesellschaft das Spezialtiefbauunternehmen HTB Baugesellschaft m.b.H. beauftragt. Der Startschuss zur Umsetzung des Bauvorhabens erfolgte im Herbst 2021. Das Projekt wird in Zukunft einen wesentlichen Beitrag zur regionalen Kreislaufwirtschaft nach ökologischen, ökonomischen und sozialen Gesichtspunkten leisten.

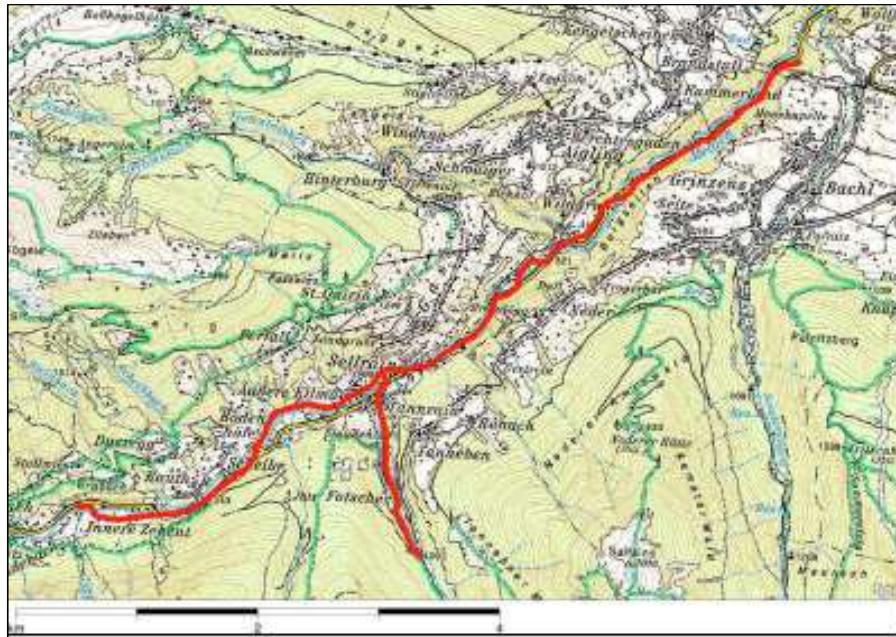


Abbildung 8: Projektgebiet und Trassenverlauf Druckrohrleitung KW Sellrain

Als Gewässer für die Wasserkraftgewinnung werden die Melach und der Fotscher Bach genutzt. Wie aus der Abbildung zwei ersichtlich wird, besteht die Anlage grundsätzlich aus zwei Wasserfassungen, welche die behördlich abgestimmten Triebwassermengen in die Druckleitungen einziehen. Für den Transport der Wassermassen bis zum Krafthaus, welches sich unter Tage und kurz vor Talausgang befindet, werden ca. 9235 Laufmeter unterirdische Druckrohrleitungen durch das Tal verlegt. Die Durchmesser der Beileitung des Fotscherbachs, der Hauptleitung der Melach sowie die weiterführende Vereinigungsleitung bis zum Krafthaus liegen bei Nenndurchmessern von 1000mm bis zu 1300mm.



Abbildung 9: Wasserfassung Melach, Stand Juli 2022



Abbildung 10: Rohrlager DN1000mm Guss

Für den Zusammenschluss der Hauptleitung und der Nebenleitung dient das Vereinigungsbauwerk, von wo aus anschließend das zusammengefasste Triebwasser durch die Druckrohrleitung talauswärts in das

Krafthaus fließt. Dieses befindet sich unterirdisch in einer Kaverne, welche im Winter/Frühjahr 2022 in bergmännischer Bauweise errichtet wurde. Über zwei vierdüsige Peltonturbinen wird die Wasserenergie dort in elektrische Energie umgewandelt. Die erwartete jährliche Energieerzeugung beträgt ca. 55 Gigawattstunden, was einem Energiebedarf von ca. 12.500 Haushalten entspricht.

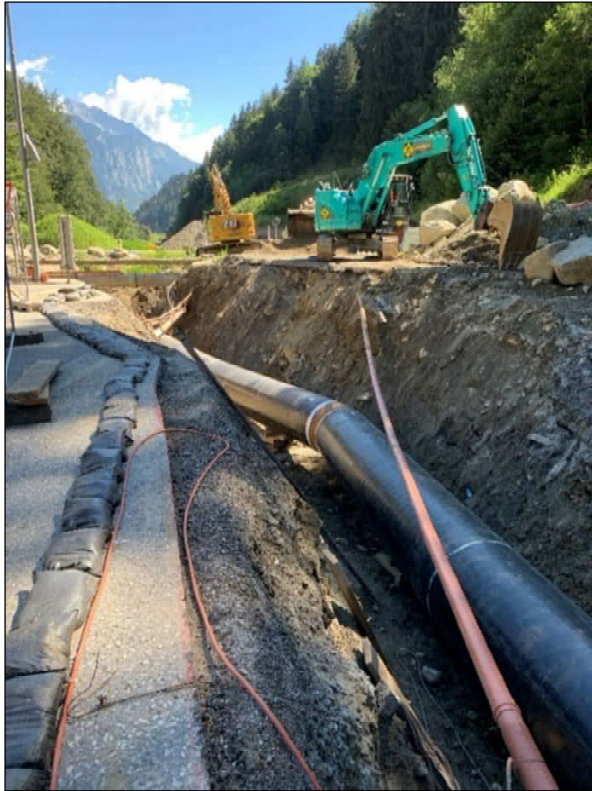


Abbildung 11: Verlegte DRL Stahl DN1300mm



Abbildung 12: Kaverne für das Kraftwerk

Technische Daten der Wasserkraftanlage:

- Ausbauwassermenge: 3,6m³ / Sekunde
- Druckrohrleitung: ca. 9235 lfm
 - Nenndurchmesser 1000mm, ca. 1625 lfm, Material: Guss
 - Nenndurchmesser 1200mm, ca. 4070 lfm, Material: Guss
 - Nenndurchmesser 1300mm, ca. 3540 lfm, Material Stahl
- Bruttofallhöhe: 416,83 Meter [m]
- Nettofallhöhe: 387,13 Meter [m]
- Turbinen: 2 Stück 4-düsige Peltonturbinen
- Engpassleistung: ca. 12,212 Megawatt [MW]
- Jahrerzeugung: ca. 55 Gigawattstunden [GWh]

Bei der Umsetzung des Bauvorhabens muss ein besonderes Augenmerk auf die Schlüsselstellen in den Ortschaften gelegt werden, da dort die Bevölkerung unmittelbar von den Bauarbeiten betroffen ist und beeinträchtigt wird. Intensive bautechnische Betreuung erfordern auch die diversen

Landestraßenquerungen und die Bereiche bei Bachquerungen. Dort werden die Arbeiten vorzugsweise im Winter durchgeführt, da in diesem Zeitraum die Niederwasserperiode vorherrscht und so die Gefahr eines Hochwasserereignisses minimiert werden kann.

Ein weiteres Nadelöhr bei der Verlegung der Druckrohrleitungen bildet die sogenannte Schluchtstrecke zwischen dem Ortsteil Au und Kematen, denn hier befindet sich die Rohrtrasse zum Teil in einem sehr schmalen Landesstraßenbereich neben der Melach sowie auf den Dächern zweier Steinschlaggalerien.

Die Verlegearbeiten werden als Linien-/Wanderbaustellen durchgeführt und unterschiedliche Abschnitte von mehreren Partien gleichzeitig und unabhängig voneinander bearbeitet. Das Projekt erfordert beim Bau von Steinschlagschutznetzen, bei Sicherungsarbeiten im Bereichen von Rohrgräben, bei Ankerungsarbeiten und Spritzbetonsicherungen, beim Sprengvortrieb in den Stollenbereichen, bei Uferverbauungen, bei Rekultivierungsarbeiten und bei klassischen Hochbauarbeiten wie zum Beispiel beim Bau des Portalgebäudes Baufachkenntnisse in vielen Leistungsbereichen.

Ein zentraler Punkt für die erfolgreiche Umsetzung des Bauvorhabens ist die Materialbewirtschaftung. So ist es nicht nur Ziel ein nachhaltiges Wasserkraftwerk für die Zukunft zu schaffen, sondern schon bei der Bauabwicklung nachhaltige Konzepte im Einklang mit der Natur und der Bevölkerung umzusetzen. Dabei spielt die Wiederverwertung von Ausbruch- bzw. Aushubmaterial und die Minimierung der Materialtransporte eine wesentliche Rolle. (2) Auf diese Punkte wird im weiteren Verlauf des Berichtes noch genauer eingegangen.

Geologische Gegebenheiten

Im Zuge der Genehmigungsverfahren des Großbauprojekts wurden umfangreiche geologische Untersuchungen zur Erstellung der geologischen und hydrogeologischen Beurteilung durchgeführt.

Das Projektgebiet befindet sich im mittelostalpinen Stubai-Ötztalkristallin, wobei das hauptsächlich vorkommende Festgestein Schiefergneis ist, welches speziell im äußeren Talbereich von Terrassenschottern überlagert wird. Des Weiteren bestehen die Talverfüllungen größtenteils aus Alluvionen, Bachsedimenten und teilweise auch Hangschutt. Vereinzelt liegen Moränen bzw. kompakter Fels vor, was vor allem bei den Grabungsarbeiten für die Rohrkünette beachtet werden muss. Aus der geotechnischen Beurteilung und beruhend auf Schürfen und Bohrungen ergibt sich, dass große Teile des Rohrgrabenaushubs einem grobblockigem Material (Bodenklasse 6, lt. ÖNORM B 2205) und zum Teil einem (Spreng-)Fels (Bodenklasse 7 lt. ÖN B2205) zugeordnet werden können. Das geologische Gutachten weist außerdem auf eine erhöhte Steinschlaggefahr im Bereich der Steinschlaggalerien und generell dem äußeren Sellraintal hin. (3)



Abbildung 13: Aushubbereich, Bodenklasse 7



Abbildung 14: Aushubbereich, Bodenklasse 6

Umsetzung von Nachhaltigkeitskonzepten im Bauablauf und damit verbundene Schwierigkeiten

Eine zentrale Frage bei einem Bauvorhaben dieser Art und unter den gegebenen Bedingungen ist der Umgang mit ca. 160.000m³ Gesteinsmaterial, welches in Bewegung gesetzt, ausgebaut und nach Möglichkeit zum Großteil wieder eingebaut werden sollte.

Um langwierige Behördenverfahren und damit verbundene Aufwände zu umgehen, wäre die einfachste Lösung eine geeignete Enddeponie aufzusuchen und das anfallende Material zu entsorgen. Da das erforderliche Schüttmaterial wie Sand, Splitt, Kies und Schotter in den zahlreichen Tagebauwerken ohnehin günstig erworben werden kann, könnten längere Transportwege leicht in Kauf genommen werden.

Dies entspricht allerdings nicht einem ressourcenschonenden und nachhaltigen Gedanken. Die weit verbreitete und in Gesetzen verankerte Meinung „Aushub ist gleich Abfall“ muss dringend überdacht werden. Auch wenn mit einem höheren Aufwand verbunden, ist es das Ziel bei der Baustelle KW Sellrain den Aushub so aufzubereiten, dass er nicht enddeponiert werden muss und im Sinne eines Kreislaufes in einem der anderen Bauabschnitte wieder eingesetzt werden kann. Hierfür sind eine gut ausgereifte Logistikkette sowie Sieb- und Brecheranlagen notwendig. Der wesentliche Grundgedanke bei unserem Vorhaben ist es, dass der im Zuge des Bauvorhabens gewonnene Rohstoff bestmöglich getrennt und in der jeweils optimalen Verwendung wieder einen direkten Einsatz findet.



Abbildung 15: Siebanlage



Abbildung 16: Zwischenlagerplatz

Je nach Aushub- bzw. Abtragsmaterial wird es als Bettungsmaterial für die Rohrleitung, als Hinterfüllmaterial für die Gebäude, als hochwertiger Frostkoffer für den Straßenbau, als Wasserbausteine für die Bachverbauung oder als Zwischen- und Oberboden für die Rekultivierung aufbereitet und wiederverwendet. Nach einem ersten Massenvergleich und der Umsetzung von ca. 2/3 des Bauvorhabens kann die erfreuliche Bilanz gezogen werden, dass für mehr als 75% des „angegriffenen“ Materials eine Wiederverwendung gefunden werden konnte. Für diesen Großteil des Materials wird kein Platz mehr auf einer Enddeponie benötigt und es kann im Kreislauf des gegenständlichen Bauvorhabens erhalten bleiben.

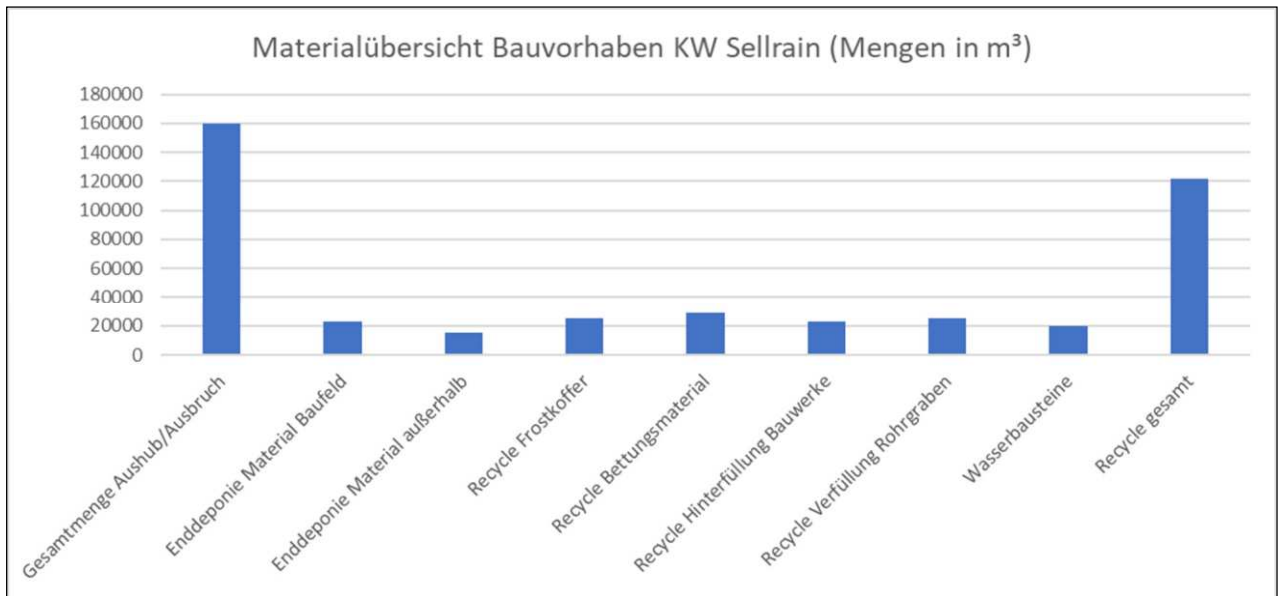


Abbildung 17: Materialverwertung Aushub/Ausbruch

Im nachfolgenden Diagramm wird ersichtlich welche Mengen an CO₂-Austoß eingespart werden konnten, da beim aktuellen Bauvorhaben nur 10% des Aushubs auf die nächstgelegene Deponie nach Zirl in einer Entfernung von 9km gefahren werden musste. Grundlage für das Diagramm sind die berechneten Well-to-Wheel-Treibhausgasemissionen pro Tonnenkilometer - Werte aus dem DSLV-Leitfaden zur Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik. Es konnten ca. 40 t CO₂-Emissionen im Vergleich zu einer vollständigen Verfuhr zur Enddeponie eingespart werden.

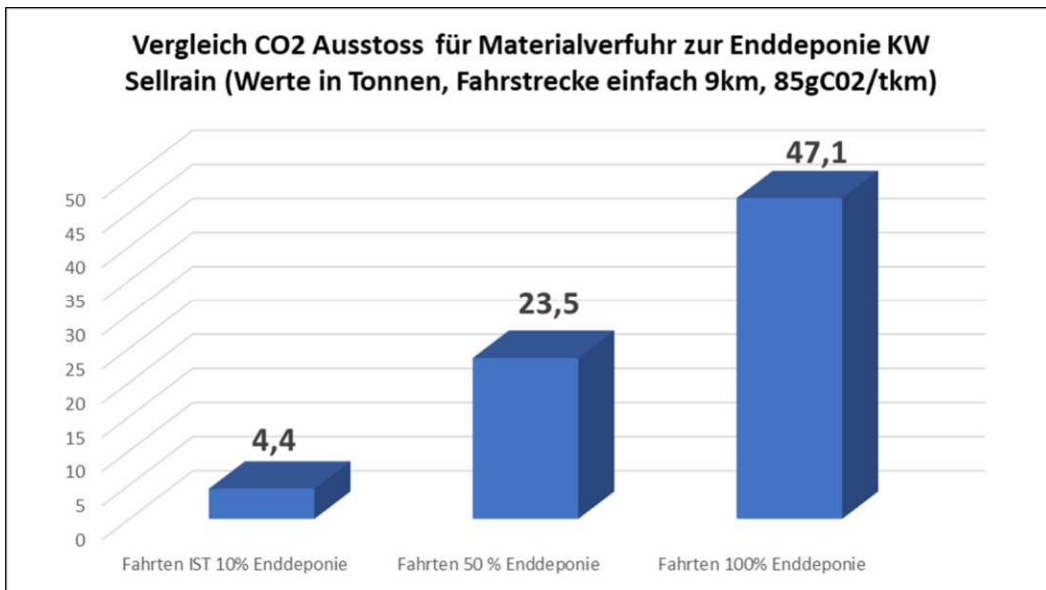


Abbildung 18: Vergleich CO2-Ausstoss Ist-Menge und Maximalmenge

Ein weiteres Beispiel für die mögliche Wiederverwendung von natürlichen Ressourcen ist das Sprengen und Spalten von großen Findlingen zu Wasserbausteinen. Diese werden beim gegenständlichen Projekt in hohem Maße für den Bau von Schutzbauwerken, Sohl- und Ufersicherungen und für Rekultivierungszwecke benötigt. Durch die Weiterverwendung der gewonnenen Steine ist es gelungen, dass bisher kein einziger Wasserbaustein von den Tagebauwerken außerhalb des Tals in das Sellraintal transportiert werden musste.

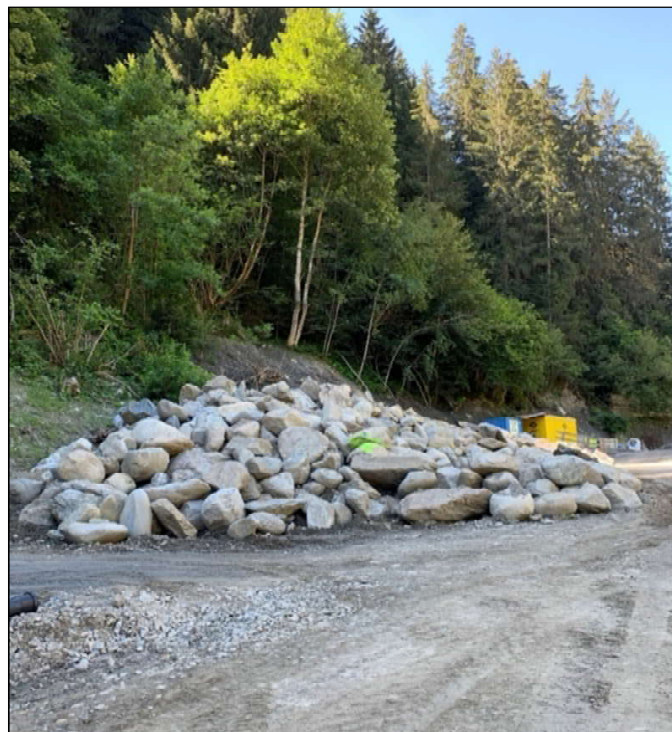


Abbildung 19: Zwischenlagerplatz Wasserbausteine

Die teilweise beengten Platzverhältnisse im Tal und die Länge der Druckrohrleitung von mehr als zehn Kilometern verlangen allerdings Flächen für die Zwischenlagerung und für die Aufbereitungsanlagen, aber auch Flächen für die Enddeponien zur Entsorgung des nicht wiederverwertbaren Restmaterials. Durch diese Lagerflächen können Transportwege verkürzt werden, da der Aushub/Ausbruch der einzelnen Bauabschnitte auf die nahegelegenen neuen Deponien gefahren werden kann und nicht den Weg durch das ganze Tal nehmen muss. So kann vor allem der CO₂ Ausstoß sowie die Belastung für die Anrainer*innen vermindert werden. Nach der Fertigstellung des Bauwerks werden die Deponieflächen rekultiviert und in ihrer ursprünglichen Verwendung als Forst- oder landwirtschaftliche Fläche wieder nutzbar gemacht.

Eine wichtige Rolle für den Bauablauf beim Bauvorhaben Kraftwerk Sellrain spielen daher die Zwischendeponien aus oben genannten Gründen. Problematisch hierbei sind jedoch relativ träge Behördenverfahren, bei denen sich die Fristen bis zur endgültigen Bearbeitung von Anträgen oftmals über einen monatelangen Zeitraum erstrecken. In der Öffentlichkeit wird der Eindruck vermittelt, dass die Politik und öffentliche Ämter zwar eine nachhaltige Projektumsetzung wünschen, in der Praxis aber wird die Durchführung nachhaltiger Konzepte durch die beschriebenen Hindernisse ausgebremst. In weiterer Folge muss bei ausbleibenden Deponiegenehmigungen vermehrt auf Alternativen wie externe Enddeponien und neu zu beschaffendes Material aus Tagebauwerken zurückgegriffen werden. Leider entspricht das nicht dem Gedanken eines rücksichtsvollen Umgangs mit natürlichen Ressourcen und wertvollen Rohstoffen.

Für den Bau des Kraftwerkhauses wurde eine Kaverne samt Zugangstollen und ein Druckleitungsstollen mit einer Masse von 30.000 to nach der zyklischen Bauweise in das Gebirgsmassiv vorgetrieben. Grundsätzlich gehört das Tunnelausbruchmaterial der Kategorie Bodenaushubmaterial an, welches wiederum dem Begriff Abfall und somit einem Enddeponiematerial zugeordnet wird. Beim gegenständlichen Bauvorhaben besteht das angetroffene Ausbruchmaterial aus Schiefer- und Paragneis und kann daher nicht zu frostsicherem Material aufbereitet werden.

Nach mehreren Variantenstudien und Materialprüfungen konnte das Gestein wider der eigentlichen Planung der Enddeponierung zur Aufbereitung und zur Verwendung als Bettungsmaterial für die Druckrohrleitung freigegeben werden. Der ursprünglich nutzlose „Ausbruchabfall“ konnte dadurch einer sinnvollen Verwendung zugeführt und schlussendlich zu 100% wiederverwertet werden. (4)



Abbildung 20: Verlegung Druckrohrleitung in Recycling-Bettungsmaterial

Ein weiteres Beispiel für die Art des abgebauten Gesteins der Rohrkünette wird aus der **Abbildung 21** ersichtlich. Dieser Abschnitt der Druckrohrleitung befindet sich im unteren Segment der Baustelle im Schluchtbereich. Schon optisch erkennt man bei Ansicht der Abbildung, dass es sich hier um ein hochwertiges Material handelt, welches nach der Aufbereitung zur Verwendung als Frostkoffer geeignet ist. Schon einige Zeit vor dem Ausbruch dieses Gesteins wurde in unmittelbarer Nähe eine Zwischendeponie geplant und eingereicht. Leider konnte bis zu dieser Bauphase jedoch keine Genehmigung erwirkt werden, da der Genehmigungsprozess in seiner behördlichen Bearbeitungszeit sehr lange dauert, viele Ämter eingebunden sind und eher der Eindruck entsteht, dass Steine in den Weg als weggeräumt werden. Die Verfuhr zu einem der genehmigten Lagerplätzen als Alternative sollte eigentlich vermieden werden, da dies lange Transportwege durch das ganze Tal bedeuten und eine unnötige Belastung für Mensch und Umwelt hervorrufen würde.

Als eine andere Möglichkeit zur Nutzung des wertvollen Materials - jedoch wiederum verbunden mit langen Transportwegen - wurde die Abgabe an ein Rohstoffverarbeitungsunternehmen und die dortige Weiterbearbeitung ins Auge gefasst. Dort wurde das Material jedoch als nicht lohnenswert weiter bearbeitbar eingestuft und damit als Enddeponieabfall kategorisiert. Ob dahinter technische oder vielmehr unternehmerisch-wirtschaftliche Gründe steckten sei dahingestellt.

Eindeutig zeigt dieses Verhalten jedoch, dass sich Unternehmen gegenseitig daran hindern, nachhaltige Konzepte zur Schonung von Ressourcen umzusetzen. Ein weiterer Grund warum derartige Rohstoffe nicht nachhaltig aufbereitet und vor Ort weiterverwendet werden ist die Tatsache, dass (noch) genügend Gesteinsmaterial zu (noch) relativ niedrigen Preisen erhältlich ist, umweltschädliche Transporte nicht näher bewertet werden und der Energieeinsatz beim Abbau keine Beachtung findet.



Abbildung 21: Ausbruchmaterial Rohrkünette Schluchtbereich

Ausblick

Aus der Durchführung einer derart komplexen Baustelle und der Menge an umzusetzenden Materialien und Gesteinen können zahlreiche Erkenntnisse und Vorgehensweisen für zukünftige Bauvorhaben gewonnen werden. Als Leitfrage für kommende Projekte muss schon vor Baubeginn die Frage sein, wie das Bauvorhaben im Sinne einer Kreislaufbaustelle verwirklicht und nachhaltig umgesetzt werden kann.

Schon in der Planungsphase sollten Überlegungen zum erwarteten Ausbruchmaterial im Zusammenspiel mit dem später benötigten Schüttmaterial angestellt und ein entsprechendes Aufbereitungskonzept erstellt werden. Bei Baustellen mit großen Erdbewegungen wie beim Bau des Kraftwerks Sellrain ist ein ausführliches Logistikkonzept unumgänglich. So können durch genaue Überlegungen im Vorhinein geeignete Standorte für (Zwischen)deponien festgelegt werden, Leerfahrten vermieden und die Materialtransporte effizient geplant werden.

Des Weiteren sollte wie im „Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2022“ beschrieben mit geeigneten Maßnahmen das enorme Ressourceneinsparungspotential durch die Aufbereitung von „Aushubabfällen“ genutzt werden.

Derzeit wird in der Planungsphase das Abbruchmaterial mit der Prämisse und der Fragestellung „wo und wie kann es deponiert werden“ untersucht – in Zukunft sollte die Grundsatzfrage lauten: „Wo und wie kann es vor Ort aufbereitet und wieder genutzt werden“. Erst über eine nachweispflichtige Einstufung des voraussichtlich angetroffenen Materials, dass eine weitere Aufbereitung nicht sinnvoll oder möglich ist, sollte eine Enddeponierung möglich sein.

Im einem weiteren Schritt sollten Baufirmen in Zukunft den Nachweis erbringen müssen, dass im Baufeld kein Material zur weiteren Aufbereitung und Wiederverwendung vorhanden ist und ein gesonderter Abbau notwendig wird. (5)

Eine weitere Möglichkeit zur Nutzung des vorhandenen Gesteinsmaterials wäre die Errichtung von mobilen Betonmischanlagen. Mit Hilfe dieser Einrichtungen könnte der auf der Baustelle benötigte Beton direkt vor Ort mit Rohstoffen aus der Gegend hergestellt und die Transportwege weiter reduziert werden. Bei größeren Bauvorhaben sollte der hierbei verbundene Aufwand und die Machbarkeit geprüft werden.

Literaturverzeichnis

(1) Amt der Tiroler Landesregierung, 2016: Leitfaden zum Bau und Betrieb von Erdwärmesonden in Tirol, Innsbruck

(2) Wasser Tirol, 2016: Einreichprojekt KW Sellrain: Zusammenfassender Kurzbericht, Innsbruck

(3) Müller, Herbert und Apolloner, Vollmar, 2016: Geologische und Hydrologische Beurteilung, Innsbruck

(4) Zettl, Sonja, 2013: Stoffflussanalyse und Verwertungsmöglichkeiten des Ausbruchmaterials beim Koralmtunnel am Baulos KAT2, Graz

(5) Bundesministerium Klimaschutz Umwelt Energie Mobilität Innovation und Technologie, 2022: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2022; Teil1; Entwurfsfassung zur Konsultation, Wien

Weitere Angaben wurden aus projektbezogenen internen Unterlagen entnommen

Intradisziplinäre Ansätze zur Erfassung von hydrogeologischen Bedingungen in einem alpinen Einzugsgebiet in Sibratsgfäll (Bregenzerwald)

Daniel Elster

Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A-1030 Wien

Allgemeines

An der westlichen Talflanke, des von den Rutschmassen der Großrutschung/Talzuschub Obergurgl gefährdeten Bereiches, führt knapp oberhalb der Öztaler Ache die B 186, die Öztalstraße in der Gemeinde Sölden von Zwieselstein nach Untergurgl/Obergurgl bzw. auf die Timmelsjoch Hochalpenstraße.

In den Ostalpen reagieren zahlreiche niederschlagsreiche Regionen sensibel auf den Klimawandel. Die Auswirkungen wie der Einfluss auf den Grundwasserspeicher und die mögliche Zunahme von extremen klimatologischen Ereignissen (Starkniederschläge, schnelle Schneeschmelze und Trockenperioden) sollen im Rahmen dieses Beitrags für ein Untersuchungsgebiet, Sibratsgfäll im Bregenzerwald (Vorarlberg), auf Einzugsgebietskala beschrieben werden. Hierbei werden ausgewählte Ergebnisse des ÖAW Forschungsprojekts EXTRIG (Understanding of Extreme Climatological Impacts from Hydrogeological 4D Modelling; <https://www.oeaw.ac.at/ess/ess-projekte-2018>) vorgestellt, ein Projekt das auf der intradisziplinären Zusammenarbeit von Geologen, Meteorologen, Geophysikern, Sozialwissenschaftlern und der lokalen Bevölkerung beruht.

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in einer Seehöhe von rund 800 bis 1.400 m.ü.A. und liegt zur Gänze im Bereich der nördlichen Außenzone der Ostalpen, die sich als schmaler Streifen am Nordrand der Kalkalpen hinzieht und im Bereich des weiteren Untersuchungsgebietes aus vier tektonischen Einheiten aufgebaut ist. Vom Liegenden zum Hangenden handelt es sich dabei um Gesteinsserien des Helvetikums, der Liebensteiner Decke, der Feuerstätter Decke sowie des Rhenodanubischen Flysches (siehe Abbildung 22).

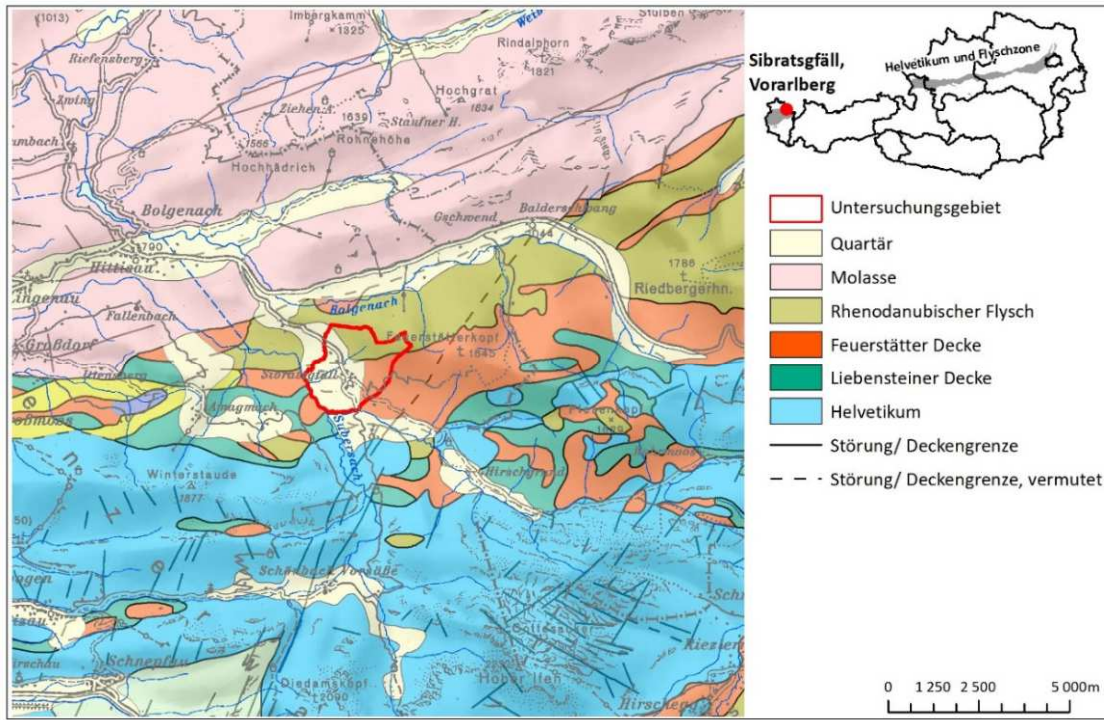


Abbildung 22: Geologischer Überblick und Lage des Untersuchungsgebiets, geologische Informationen im Maßstab 1:200.000 nach Oberhauser & Ratay (1998), Topographie OEK 1:200.000.

Hydrogeologisches Konzept

Die konzeptionelle hydrogeologische Modellvorstellung für das Untersuchungsgebiet umfasst Ergebnisse zu Geologie, Geophysik, geologischer 3D-Modellierung, Klima und Hydrogeologie. Das Gebiet ist annähernd orographisch begrenzt und orientiert sich an die Sub-Einzugsgebiete Mähmoosgraben (Wiesalegraben), Nestgraben, Dorfgraben (Tobelbach) und Sägebach im Norden und Nordosten, sowie an die Vorfluter Subersach und Rubach im Süden und Südwesten (Abbildung 23).

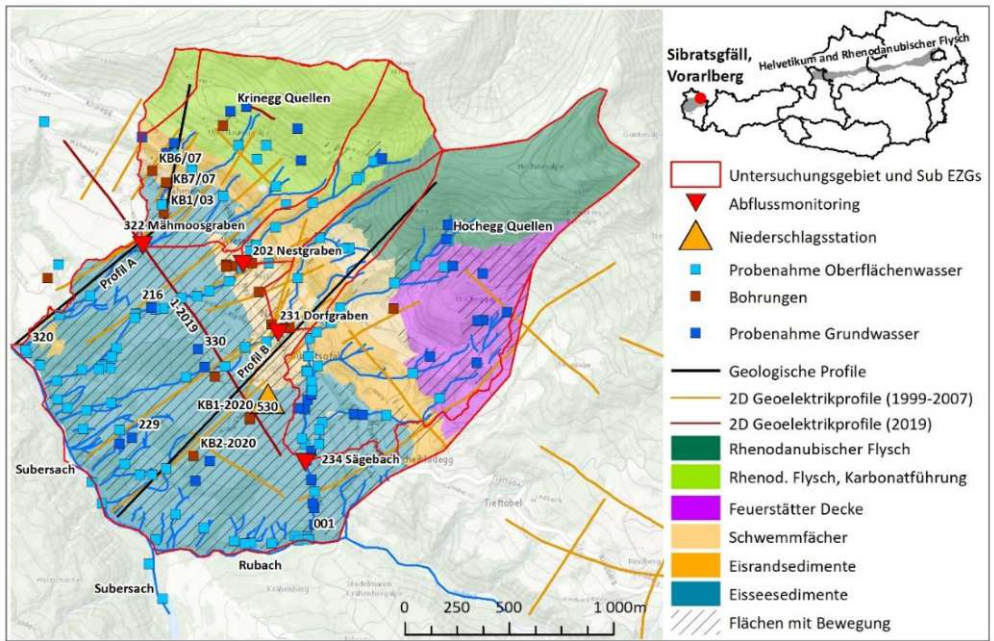


Abbildung 23: Übersicht über das Untersuchungsgebiet. Geologie vereinfacht nach Jaritz (2013).

Im nördlichen und nordwestlichen Hangbereich des Untersuchungsgebiets treten anstehende Gesteine des Rhenodanubischen Flyschs auf und im nordöstlichen Hangbereich Gesteine der Feuerstätter Decke. Der Rhenodanubische Flysch umfasst lokal Quarz-Glimmersandsteine (Reiselsberger Sandstein), sowie dünnbankige Kalke, Mergelkalke und Schluffkalke (Piesenkopf-Schichten) und nur randlich im Norden grobkörnige Kalksandsteine (Hallritzer Serie). Einheiten mit Kalkkomponenten (Piesenkopf-Schichten und Hallritzer Serie) treten somit ausschließlich am nördlichen Kamm auf und im nordöstlichen Bereich dominieren hingegen Sandsteine (Reiselsberger Sandstein). Die Feuerstätter Decke führt lokal ausschließlich massigen Glaukonitsandstein. Für die genannten Einheiten sind grundsätzlich niedrige Durchlässigkeiten mit kf-Werten der Größenordnung 10^{-8} m/s zu erwarten und es ist von einer bevorzugten oberflächennahen Entwässerung, abhängig von der Hangneigung, auszugehen. Die Deckengrenze Rhenodanubischer Flysch/Feuerstätter Decke verläuft südwest-nordost streichend im Bereich des Sägebachs und folgt diesem Verlauf auch im Untergrund des Beckens von Sibratsgfäll. Die tektonischen Verhältnisse dürften die Wegigkeiten des Grundwassers insbesondere im Einzugsgebiet des Sägebachs beeinflussen. So ist aufgrund der hohen Schüttungen der für die Wasserversorgung genutzten Hohegg Quellen und des Sägebachs das hydrologische Einzugsgebiet um zumindest 30% größer als das orographische Einzugsgebiet einzuschätzen.

Das Becken von Sibratsgfäll weist mächtige Ablagerungen von eiszeitlichen Lockersedimenten auf, die unterschiedliche hydraulische Eigenschaften aufweisen. Deren komplexe Zusammensetzung ist auf ein glazial beeinflusstes Ablagerungsmilieu zurückzuführen, so führten wechselnde Sedimentationsbedingungen in der letzten Eiszeit zu starken Variationen in Mächtigkeit, Verteilung und Verzahnung der Ablagerungen. Mit geophysikalischen Methoden (2D-Geoelektrik und Aero-Elektromagnetik) wurde im Rahmen des Projekts nachgewiesen, dass die Sedimente im zentralen Bereich des Beckens eine Mächtigkeit von 200 bis 250 m erreichen, wobei das Untergrundrelief Vertiefungen und Erhebungen im 10er Meter Bereich aufweist und eine scharfe Abgrenzung zum Untergrund nicht eruiert werden konnte. Das Becken ist in folgende Bereiche zu differenzieren:

- i. Im Zuge der Vorstoßphase des Gletschers im Würm wurden grobklastische Sand-Kies Gemische mit einer Mächtigkeit von bereichsweise über 150 m an der Beckenbasis abgelagert. Diese Ablagerungen sind im Untersuchungsgebiet ausschließlich mit den Bohrungen KB1/03 und KB1/07 bei Mähmoos aufgeschlossen und aufgrund der relativ groben und homogenen Korngrößenverteilung ist dieser Einheit eine gute Durchlässigkeit mit kf-Werten von 10^{-4} bis 10^{-5} m/s zuzusprechen.
- ii. Über den grobklastischen Ablagerungen treten Eisseedimente mit einer Mächtigkeit von bis zu 50 m auf, die aufgrund des hohen Matrixanteils der Ton-Schluff-Feinsand Fraktion eine grundsätzlich schlechte Durchlässigkeit in der Größenordnung kf-Wert $< 10^{-8}$ m/s aufweisen. Allerdings treten auch grobklastischere Lagen (Feinsand-Sand-Fraktion) innerhalb der Eisseedimente auf, die zumindest lateral zu einer höheren Durchlässigkeit führen können. Aufgrund deren Geringmächtigkeit (meist weniger als 1 m) und anzunehmender Kleinräumigkeit ist eine Erfassung mit geophysikalischen Methoden nicht möglich. Das gilt auch für mögliche Verbindungswege dieser Horizonte. Da die Eisseedimente mit zahlreichen Bohrungen durchörtert wurden, darunter auch mit den Kernbohrungen KB1-2020 und KB2-2020, sind diese grobklastischen Lagen jedoch in zahlreichen Bohrprofilen dokumentiert. Bei der geologischen 3D-Modellierung wurden die

Eisseesedimente vereinfacht als homogene grundwasserhemmende Einheit betrachtet, da detaillierte Geometrien nicht bekannt sind. Zusätzlich sind die Eisseesedimente durch langsame Hangbewegungen in ihrer internen Ablagerungsstruktur gestört, siehe Jaritz (2013).

- iii. Am nördlichen Beckenrand verzahnen sich unterschiedliche Sedimentablagerungen, insbesondere matrixreiche und gemischtkörnige Eisrandsedimente mit Schwemmfächerablagerungen (inkl. Wildbachablagerungen und Murstoßablagerungen). In diesem Bereich liegen stark wechselnde feinkörnige und grobkörnige Ablagerungen (Sand-Kies Gemische) vor, die zu unterschiedlichen Durchlässigkeitsverhältnissen führen. Bedingt durch die kleinräumige Komplexität, die mit den vorhandenen Informationen aus Geophysik und Bohrprofilen nicht aufzulösen ist, wurde dieser Verzahnungsbereich im 3D-Modell vereinfacht und konzeptionell dargestellt. So orientiert sich die zugeordnete kf-Werte in der Größenordnung von 10^{-7} m/s an die Mischung der genannten Ablagerungen. Über den Beckenrand bzw. geringmächtige grobklastische Lagen alimentieren Hang- und seichte Grundwässer in tiefere Beckenbereiche. Bedingt durch die grundwasserhemmenden Eisseesedimente steht das tiefere Grundwasser der Vorstoßschotter und der Randzone dementsprechend unter hydrostatischen Druck und es liegen gespannte bis artesische Verhältnisse vor, z.B. Arteser KB1/03 bis 20 m über Geländeoberfläche, die im zentralen Beckenbereich zunehmen dürften.

Untersuchungen zur mittleren Verweilzeit an den artesischen und gespannten Grundwässern der Vorstoßschotter und der Randzone zeigten, dass Grundwasseralter von mindestens 30 bis 40 Jahre vorliegen und alte Grundwasserkomponenten mit einem Alter von zumindest einigen hundert Jahren beteiligt sind. Zudem belegen Sauerstoff-18 Werte, dass das Einzugsgebiet der Wässer zwischen 1.200 und 1.400 m liegen muss. Da die Wassertemperaturen der tieferen Grundwässer 2,5 bis 3°C über den Jahresdurchschnittstemperaturen von Sibratsgfall (ca. 7°C, siehe Holzschuster, 2022) liegen, ist unter Annahme des durchschnittlichen geothermischen Gradienten von 3°C/100 m eine Beteiligung von tiefer zirkulierenden Wässern aus dem Seehöhenbereich der Beckenbasis um 700 m ü.A. oder tiefer wahrscheinlich. Aufgrund der ungewöhnlich hohen Wasseralter und der erhöhten Wassertemperaturen ist ein tieferer Zufluss über Klüfte im Festgestein des Rhenodanubischen Flyschs und der Feuerstätter Decke anzunehmen, dieser Prozess wird in der Literatur als „Mountain-Block Recharge“ (MBR) beschrieben und ist bei vergleichbaren hydrogeologischen Settings bekannt (vgl. Markovic et al., 2019). Der quantitative Beitrag von MBR ist allerdings aufgrund nicht bestimmbarer Endglieder für eine Mischungsberechnung nur mit erheblichen Unsicherheiten abzuschätzen. Über die Tritium Werte der artesischen und gespannten Wässer ist jedoch zu erwarten, dass die ältere Grundwasserkomponente – die vermutlich mit MBR zu assoziieren ist – zumindest 30% ausmacht. Das Druckmonitoring bei der artesischen Bohrung KB1/03 weist zudem äußerst geringe Variationen auf, das spricht für relativ stagnierende Bedingungen. Bei dem Pegel KB7-07 im Bereich der Randzone, dort herrschen am Beckenrand verzahnte Einheiten und gespannte Bedingungen vor, ist hingegen bereits ein saisonal geprägtes Druckverhalten erkennbar.

Hydrochemisch lassen sich die gänzlich akrotisch mineralisierten Grundwässer (0,17 bis 0,51 g/l) über die Anteile von Kalzium und Magnesium differenzieren. So weist das Quellwasser der Hohegg Quellen einen Kalzium-Magnesium-Hydrogencarbonat Typ auf, diese Mineralisierung ist auf Sandsteine des Rhenodanubischen Flyschs (Reiselsberger Sandstein) zurückzuführen. Das Quellwasser der Krinegg

Quellen zeigt hingegen einen Kalzium-Hydrogencarbonat Typ, diese Mineralisierung ist mit der Kalkführung im Einzugsgebiet (Piesenkopf-Schichten und Hallritzer Serie) zu assoziieren. Die gespannten tieferen Wässer im Becken zeigen ebenfalls eine Mineralisierung vom Typ Kalzium-Magnesium-Hydrogencarbonat mit leicht erhöhten Natrium-, Sulfatgehalten und Ionensummen im Vergleich zu den Hohegg Quellen. Der Sauerstoffgehalt es zudem abgereichert und es herrschen reduzierende Bedingungen. Es liegt deshalb die Vermutung nahe, das ein Zufluss inklusive MBR über Sandstein dominierte Einheiten im Rhenodanubischen Flysch und der Feuerstätter Decke über viele Jahre erheblich zur Mineralisierung der Wässer beiträgt.

Natürliche Quellaustritte von oberflächennahen Grundwässern im Bereich der Eisseesedimente die zumeist mit seichtliegenden Drainagen (max. 2 m unter GOK) zusätzlich erfasst werden, weisen in der Regel eine kurze Verweilzeit von 0,5 bis 0,6 Jahren auf und sehr junge Grundwasserkomponenten von wenigen Tagen konnten abgesehen von einer Ausnahme (Drainage/Quelle 216) nicht nachgewiesen werden. Die Signaturen von Sauerstoff-18 deuten zudem auf ein höheres Einzugsgebiet bei rund 1.100 m. Bei der Kernbohrung KB1-2020 wurde zudem in einer Tiefe von rund 7 bis 9 m u. GOK in grobklastischen Ablagerungen innerhalb der Eisseesedimente gespanntes Grundwasser angetroffen, bei dem es sich um eine Mischung aus aufsteigendem tieferen Grundwasser und jüngerem lateral zufließenden oberflächennahen Grundwasser aus größeren Höhen handelt. Das Monitoring des Druckspiegels des gespannten Grundwassers belegt zudem eine sehr schnelle Reaktionen auf Niederschlagsereignisse, normalerweise binnen 24 Stunden.

Die Wasserbilanz ($\text{Niederschlag} = \text{Oberflächenabfluss} + \text{Evapotranspiration} \pm \text{Änderung des Speichervolumens}$) wurde für November 2019 bis Dezember 2020 berechnet, in diesem Untersuchungszeitraum wurde ein Monitoring des Oberflächenabflusses (Radarsysteme) implementiert. Die Zahlen auf Basis mm bzw. l/m^2 beziehen sich nicht auf das gesamte Untersuchungsgebiet, sondern gelten für die Subeinzugsgebiete der Hauptgerinne über den Radar-Messstationen (Abflussmonitoring-Stationen Sägebach, Dorfgraben, Nestgraben und Mähmoosgraben und deren Subeinzugsgebiete). Diese Fläche entspricht in der konzeptionellen Vorstellung im Wesentlichen dem Rechargebereich für das Becken von Sibratsgfäll und umfasst i) den Verzahnungsbereich von Eisrandsedimenten und Schwemmfächerablagerungen und ii) den Rhenodanubische Flysch sowie die Feuerstätter Decke bis zur Begrenzung des Einzugsgebietes im Norden und Nordosten. Im Bereich der grundwasserhemmenden Eisseesedimente sind hingegen ausschließlich ein oberflächennaher Abfluss und aufsteigende tiefere Grundwässer zu erwarten (Abbildung 24). Im Bereich des Talkörpers bzw. der Eisseesedimente kommt es zu einer grundsätzlich oberflächennahen Entwässerung, die durch das dichte Netz an seichten oberflächennahen Drainagen beschleunigt wird. Salztracerversuche an der Subersach und an dem Rubach entlang der Begrenzung des Untersuchungsgebiets im Sommer 2020 bei Mittelwasser und Winter 2020 bei Basisabfluss zeigten, dass es zu diffusen Zutritten aus dem Talkörper in die beiden Vorfluter kommen dürfte. Unter diffusen Zutritten verstehen die Autoren oberflächennahe Grundwasserzutritte und aufsteigende Grundwässer aus dem gespannten Grundwasserkörper der Vorstoßschotter, die gehemmt und mit großer zeitlicher Verzögerung durch die Eisseesedimente an der Talsohle austreten. Hinzu kommen geringe Mengen an Oberflächenwässern, die bei Begehungen nicht erfasst werden konnten. Bedingt durch analytische Unsicherheiten bei den Salztracerversuchen sind die diffusen Zutritte nur mit großen Unsicherheiten zu quantifizieren, sie dürften jedoch die Wasserbilanz im Untersuchungsgebiet größenordnungsmäßig ausgleichen (max. wenige 100 mm/Jahr).

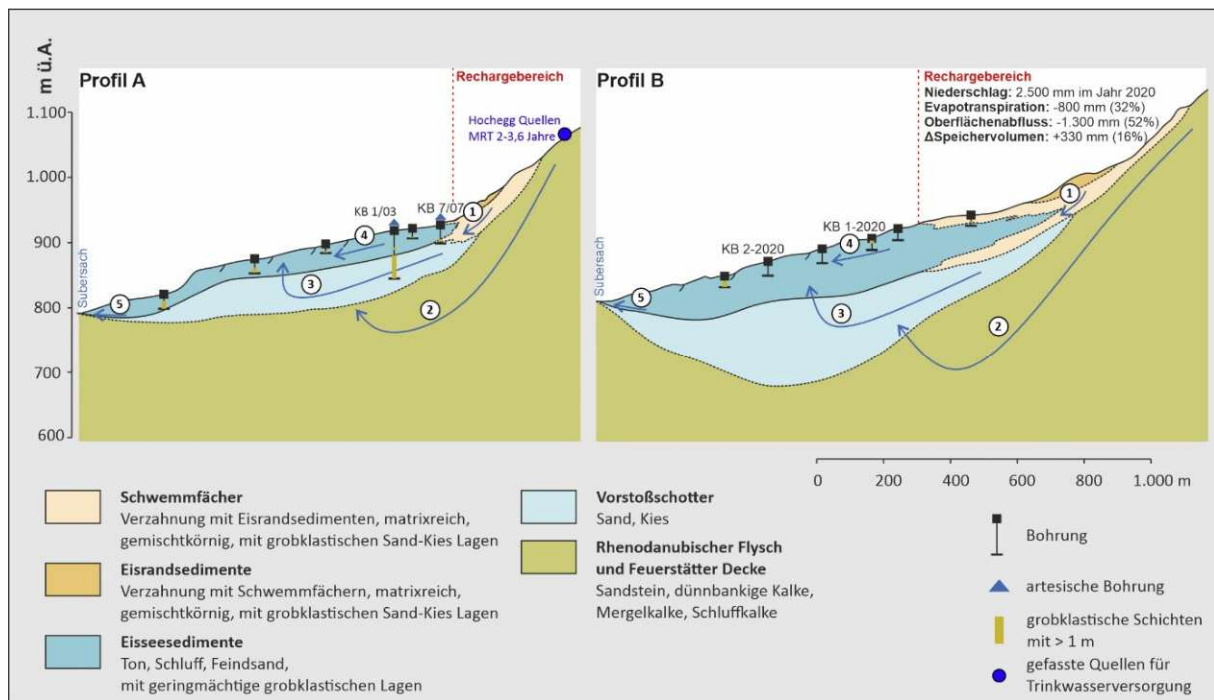


Abbildung 24: Hydrogeologische Konzeptvorstellung des Untersuchungsgebiet. 1: Infiltration erfolgt bevorzugt über den Verzahnungsbereich von Eisrandsedimenten und Schwemmfächerablagerungen. 2: Mountain-Block Recharge über das Festgestein. 3: Gespannte und artesischer Grundwasserkörper der Vorstoßschotter. 4: Innerhalb der grundwasserhemmenden Eisseesedimente sind geringmächtige grobklastische Lagen wasserführend. In der Regel sind diese Wässer gespannt und werden lateral von Hangwässern und langsam aufsteigenden tieferen Wässern gespeist. 5: Diffuse Grundwasseraustritte in die Vorfluter Subersach/Rubach. Die Lagen der Profilschnitte sind in Abbildung 23 ersichtlich.

Komponenten der Wasserbilanz:

- i. Niederschlag: Im Untersuchungszeitraum lag die Niederschlagssumme bei ca. 2.500 mm, dieser Wert liegt leicht unter dem Jahressummen-Median von rund 2.600 mm in den letzten 25 Jahren. Auffällig sind erhöhte Werte im Februar und Juni und vergleichsweise wenig Niederschlag im April und November. Bei der Auswertung des Niederschlags auf Tagesbasis wurde das Schneewasseräquivalent bzw. der Auf- und Abbau der Schneedecke berücksichtigt. Allerdings war das vorübergehend gebundene Wasser im Untersuchungszeitraum mit rund 15% sehr gering, dies spricht für einen sehr milden Winter.
- ii. Evapotranspiration: Die Referenz Evapotranspiration lag im Untersuchungszeitraum 2020 bei ca. 800 mm, das entspricht rund 32% vom Niederschlag. Es sei darauf hingewiesen, dass Holzschuster (2022) mit weniger komplexen methodischen Ansätzen hinsichtlich der erforderlichen Eingangsparameter deutlich niedrigere Werte (rund 20% vom Niederschlag) ermittelte. Diese Ansätze dürften die Evapotranspiration im gegebenen alpinen Setting unterschätzen.
- iii. Oberflächenabfluss: Der Oberflächenabfluss beträgt im Untersuchungszeitraum 2020 rund 1.300 mm bzw. 52% vom Niederschlag. Dieser hohe Wert ist auf den dichten Feinboden und auf die Hangneigung im Bereich des Rhenodanubischen Flysches und der Feuerstätter Decke zurückzuführen. Zudem ist auf deutliche saisonale Unterschiede von 44% im Winter (90 Tage

aggregiert am 28.02.2020) bis 75% (90 Tage aggregiert am 30.11.2020) im Herbst hinzuweisen. Die Auswertung der Trockenwetterfalllinien belegt zudem ein sehr geringes Rückhaltevermögen, das in der Größenordnung jenen von Karstgebieten ähnelt.

- iv. Änderung des Grundwasserspeichervolumens: Die Änderung des Grundwasserspeichers ergab im Untersuchungszeitraum einen Zuwachs von rund 330 mm bzw. 16% vom jährlichen Niederschlag. Es ist anzunehmen, dass diese Menge den Grundwasserkörper der Vorstoßschotter und der Randzone alimentiert und auch untergeordnet laterale geringmächtige grobklastische Lagen innerhalb der Eisseesedimente speist. Analog zu dem hohen Niederschlag im Februar und dem milden Winter kam es zu einer Anreicherung des Grundwasserspeichers im Winter. Bedingt durch die niedrigen Niederschläge im April und die zu diesem Zeitpunkt bereits abgeschlossene Schneeschmelze trat ein deutliches Auslaufen des Grundwasserspeichers im April und Mai ein. Hohe Niederschläge im Juni und August resultierten in einer geringen bis moderaten Anreicherung von Juni bis September. Der November war wiederum bedingt durch den geringen Niederschlag durch ein Auslaufen charakterisiert.

Anthropogene Einflüsse dürften nur geringfügige Auswirkungen auf die Wasserbilanz haben wie die Auswertung des Wasserverbrauchs der Gemeinde Sibratsgfall zeigt. Die Gemeinde Sibratsgfall bezieht ihr Trinkwasser von den gefassten Krinegg Quellen (3,7 l/s mittlere Schüttung) und Hohegg Quellen (6,5 l/s mittlere Schüttung), deren Einzugsgebiete sich im Rhenodanubischen Flysch befinden. Langjährige Aufzeichnungen der Quellschüttungen durch die Gemeinde belegen, dass die Quellen sehr geringe Schüttungsquotienten (Niedrigstschüttung/Höchstschüttung) aufweisen, das deutet auf ein geringes Retentionsvermögen und schnelles Leerlaufen des Grundwasserkörpers hin und ist von der Größenordnung mit der Dynamik von Karstquellen vergleichbar. Das noch geringere Rückhaltevermögen der Krinegg Quellen im Vergleich zu den Hohegg Quellen ist höchstwahrscheinlich auf Verkarstungserscheinungen in den Piesenkopf-Schichten zurückzuführen. Die mittlere Verweilzeit liegt bei den Quellen zudem bei 2,0 bis 3,6 Jahren und ganz junge Komponenten von wenigen Tagen konnten nicht nachgewiesen werden.

Über eine Niederschlag-Abflussmodellierung auf Basis der Kalibration im Untersuchungszeitraum November 2019 bis 2020 konnten grundlegende Aussagen zur Änderung des Grundwasserspeichervolumens über den Zeitraum 1996 bis 2020 getroffen werden. Der jährliche Mittelwert liegt bei rund 400 mm, in niederschlagsarmen Jahren wie 2003 und 2018 (1.800 bis 2.000 mm) kam es zu einem geringen Zuwachs des Grundwasserspeichers in der Höhe von rund 200 mm. Die niederschlagsreichsten Jahre 1999 und 2017 führten jedoch zu einem deutlichen Anstieg auf über 550 mm.

Auswirkungen durch den Klimawandel

Globale Klimamodelle simulieren die komplexen dreidimensionalen Prozesse in Atmosphäre und Ozeanen und haben aufgrund des hohen Rechenaufwands eine horizontale Auflösung von wenigen hundert Kilometern (z.B. Taylor et al., 2012). Sie vollziehen die Klimaentwicklung der vergangenen Jahrzehnte nach und lassen sich in die Zukunft fortsetzen. Unsicherheiten im zukünftigen anthropogenen Klimaantrieb, der sich je nach Bevölkerungswachstum, Energie- und Nahrungsmittelproduktion sowie technischer Innovationen unterschiedlich entwickeln kann, werden anhand von repräsentativen Konzentrationspfaden

(representative concentration pathways, RCP) behandelt (Moss et al., 2010). Diese definieren erhöhte Treibhausgaskonzentrationen, also verstärkte Strahlungsantriebe im Vergleich zum vorindustriellen Wert. Häufig verwendete Szenarien sind RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5, die hinsichtlich des Zuwachses des Strahlungsantriebs bis 2100 als relativ niedrig ($2,6 \text{ W/m}^2$), mäßig ($4,5 \text{ W/m}^2$) bzw. sehr hoch ($8,5 \text{ W/m}^2$) eingestuft werden. Während im RCP8.5 das Wirtschaftswachstum wie bislang zum Großteil auf der Verbrennung fossiler Energieträger beruht, zeichnet RCP2.6 ein optimistisches Bild mit verstärkten globalen Klimaschutzbemühungen. RCP4.5 entspricht einem moderaten Szenario mit Anstrengungen zur Emissionsminderung, die zu einem Absinken der Emissionen unter den heutigen Wert bis ins Jahr 2070 führen. Um Aussagen für kleinräumigere Gebiete treffen zu können, übernehmen regionale Klimamodelle die Randbedingungen aus Globalmodellen und werden anhand von dynamischem Downscaling in diese eingebettet. Zahlreiche Prozesse (z. B. Turbulenz, Gewitter) laufen auf so kleinen Raum- und Zeitskalen ab, dass sie von den Regionalmodellen nicht explizit aufgelöst werden. Um ihren Einfluss zu berücksichtigen, werden sie mithilfe vereinfachter empirischer oder statistischer Formeln parametrisiert. In Europa koordiniert die Initiative EURO-CORDEX die internationalen Anstrengungen zur regionalen Klimamodellierung und stellt insgesamt mehr als 60 regionale Klimasimulationen mit einer Gitterweite von 12,5 km bereit (z.B. Jacob et al., 2014). Die Klimafolgenforschung drängt auf Szenariendaten in noch höherer räumlicher Auflösung. Daher werden die Ergebnisse der regionalen Klimamodellierung mit gegitterten Daten des beobachteten Klimas in 1-km-Auflösung (u.a. Hiebl & Frei, 2016) kombiniert. Dies geschieht nicht dynamisch, sondern statistisch, indem gitterpunktweise systematische Abweichungen entfernt werden (Bias-Korrektur; Switanek et al., 2017). Auf räumliche Korrelationen wird dabei keine Rücksicht genommen. Auf diese Weise entstanden die derzeit gültigen nationalen Klimaszenarien für Österreich (ÖKS15; Chimani et al., 2016; 2020). Die ÖKS15-Szenariendaten bieten acht Modellläufe auf Grundlage des RCP2.6 sowie jeweils 16 Läufen auf Grundlage von RCP4.5 und 8.5 an.

Für das Untersuchungsgebiet sind folgende Aussagen zu treffen:

- Bei RCP2.6 und 4.5 ist von geringen Änderungen der Anzahl niederschlagsfreier Tage bis 2100 auszugehen, während ihre Anzahl gemäß RCP8.5 um elf Tage zunimmt.
- Bei der Dauer der längsten Trockenepisode bilden die betrachteten Modellläufe keine wesentlichen Änderungen ab. Ausnahme ist der niederschlagsarme Ausreißer unter den Läufen (RCP 8.5 Lauf 11), der eine deutliche Verlängerung der Trockenperioden um zwölf Tage veranschlagt.
- Für den Wasserbilanzindex Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI, siehe Vincente-Serrano et al., 2010) werden in der Jahresbilanz grundsätzlich gleichbleibende Bedingungen simuliert. Das gilt nicht für die ungewöhnlich niederschlagsarmen und niederschlagsreichen Modellläufe (RCP 8.5 Läufe 11 und 9), die entsprechende und signifikante jährliche Änderungen des SPEI ($-1,4$ bzw. $+1,1$) bis zum Ende des Jahrhunderts ergeben. Die jahreszeitliche Betrachtung legt den Schluss nahe, dass zukünftige Änderungen der Wasserbilanz eher temperatur- als niederschlagsgetrieben sind. Denn während im Herbst ($-0,3$ bis $+1,1$) und Winter ($+0,2$ bis $+0,8$) von gleichbleibenden bis feuchteren Bedingungen auszugehen ist, sind im Sommer, und hier vor allem im warmen RCP8.5, teils signifikant trockenere Bedingungen zu erwarten ($-2,2$ bis $-0,3$). Nur im besonders niederschlagsreichen Modelllauf (RCP 8.5 Lauf 11) wird der Temperatureffekt auch im Sommer vom Niederschlagseintrag überkompensiert ($+1,3$).

- Bei den Indizes zu starkem Niederschlag bzw. starker Schneeschmelze ist in RCP2.6 von keinen oder schwach negativen Änderungen auszugehen. RCP 4.5 gibt leichte Zunahmen bis zum Ende des Jahrhunderts wieder. Dem pessimistischen RCP8.5 zufolge kommt es jedoch zu extremeren Bedingungen bei der Kombination von Niederschlag und Schneeschmelze. Die Anzahl starker Niederschlag-Schmelz-Tage würde um 19 %, die mittlere Intensität um 1,3 mm und die maximale jährliche Tagessumme des Niederschlags- und Schmelzwassers um 19 mm zunehmen. Der ungewöhnlich niederschlagsreiche Modellauf in RCP8.5 Lauf 11) sieht noch extremere Steigerungen.

Literatur

Chimani, B., Heinrich, G., Hofstätter, M., Kerschbaumer, M., Kienberger, S., Leuprecht, A., Lexer, A., Peßenteiner, S., Poetsch, M.S., Salzmann, M., Spiekermann, R., Switanek, M. & Truhetz, H. (2016): ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich. Daten, Methoden, Klimaanalyse. – Endbericht, 63 S., Wien. https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:7fd75e22-1b88-415f-a4a8-6ea8aa51d575/OEKS15_Endbericht_kleiner.pdf

Chimani, B., Matulla, C., Hiebl, J., Schellander-Gorgas, T., Maraun, D., Mendlik, T., Eitzinger, J., Kubu, G. & Thaler S. (2020): Compilation of a guideline providing comprehensive information on freely available climate change data and facilitating their efficient retrieval. – Climate Services, 19, 100179. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2020.100179>

Hiebl, J. & Frei, C. (2016): Daily temperature grids for Austria since 1961 – concept, creation and applicability. – Theoretical and Applied Climatology, 124, 161–178. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1411-4>

Holzschuster, R., (2022): Hydrogeologische Parameterbestimmung für eine numerische 4D-Modellierung am Beispiel Sibratsgfall, Vorarlberg. – Unveröffentlichter Bericht, Geologische Bundesanstalt.

Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O.B., Bouwer, L., Braun, A., Colette, A., Déqué, M., Georgievski, G., Georgopoulou, E., Gobiet, A., Menut, L., Nikulin, G., Haensler, A., Hempelmann, N., Jones, C., Keuler, K., Kovats, S., Kröner, N., Kotlarski, S., Kriegsmann, A., Martin, E., Van Meijgaard, E., Moseley, C., Pfeifer, S., Preuschmann, S., Radermacher, C., Radtke, K., Rechid, D., Rounsevell, M., Samuelsson, P., Somot, S., Soussana, J.F., Teichmann, C., Valentini, R., Vautard, R., Weber, B. & Yiou, P. (2014): EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. – Regional Environmental Change 14, 563–578. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2>

Jaritz, W. (2013): Ingenieurgeologie der Großhangbewegungen Sibratsgfall und Rindberg. Geotechnische Grundlagen für den Gefahrenzonenplan Sibratsgfall. Unpublizierte Dissertation, 293 S., Technische Universität Wien.

Markovich, K.H., Manning, A.H., Condon, L.E. and McIntosh, J. C., 2019. Mountain-Block Recharge: A Review of Current Understanding. *Water Resources Research*, 55, 8278-8304, <https://doi.org/10.1029/2019WR025676>

Moss, R., Edmonds, J., Hibbard, K., Manning, M., Rose, S., Van Vuuren, D., Carter, T., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G., Mitchell, J., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S., Stouffer, R., Thomson, A., Weyant, J. & Wilbanks, T. (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. – *Nature*, 463, 747–756. <https://doi.org/10.1038/nature08823>

Oberhauser, R. & Rataj, W. (1998): Vorarlberg 1:200.000, die Schritte zu einer geologisch-tektonischen Karte. *Jahresbericht der Geologischen Bundesanstalt 1997 (1998)*, 26-27, Geologische Bundesanstalt, Wien.

Switanek, M., Troch, P., Castro, C., Leuprecht, A., Chang, H., Mukherjee, R. & Demaria, E. (2017): Scaled distribution mapping: A bias correction method that preserves raw climate model projected changes. – *Hydrology and Earth System Sciences*, 21, 2649–2666. <https://doi.org/10.5194/hess-21-2649-2017>

Taylor, K., Stouffer, R. & Meehl, G. (2012): An overview of CMIP5 and the experiment design. – *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93/4, 485–498. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1>

Vincente-Serrano, S.M., Beguería, S. & López-Moreno, J.I. (2010): A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. – *Journal of Climate*, 23/7, 1696–1718. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>

Energieaufnahmefähigkeit von Drahtzäunen als Abrollschutz unter Verwendung von hochfesten Geflechten

Andreas Koch¹, Philipp Jansen¹, Florian Wild¹

¹Zentralstelle Ingenieurbauwerke und Georisiken, Landesbaudirektion Bayern, Infanteriestraße 1, 80797 München

Zusammenfassung

Drahtzäune werden seit Jahrzehnten als Abrollschutz gegen Stein- und Blockschlag an Verkehrswegen eingesetzt. Im Jahr 2019 führte die Bayerische Staatsbauverwaltung Versuche zur Energieaufnahmefähigkeit von Drahtzäunen durch, die von der Technischen Universität München (TUM) messtechnisch begleitet wurden. Die damals gewonnenen Erkenntnisse wurden im Jahr 2022 durch weitere Versuche, auch unter Verwendung von neu auf dem Markt erhältlichen hochfesten Geflechten, verifiziert und ergänzt. Zusätzlich wurde eine kostensparende, aus der Baupraxis entstandene, Verbindungsvariante zwischen Geflecht und unterem Tragseil getestet. Zusammenfassend kann als Ergebnis beider Versuchsreihen festgehalten werden, dass Drahtzäune als Abrollschutz in der Bauausführung unter Verwendung von Vollstabnägeln mit einem Durchmesser von 28 mm, drei Tragseilen mit 12 mm Durchmesser und V-förmiger Rückabspannung der Stützen sowie bei Verwendung hochfester Geflechete in der Lage waren, Felsblöcke mit einer Sturzenergie von 60 kJ sicher zurückzuhalten.

Abstract

Wire fences have been used as roll-off protection against rockfall incidents along traffic routes for decades. In 2019, the Bavarian road administration (Bayerische Staatsbauverwaltung) conducted tests on the energy absorption capacity of wire fences, which were additionally advised by the Technical University of Munich (TUM). To confirm the results obtained in 2019, further in-situ tests were carried out in 2022, which included the use of new high-tensile steel meshes recently available on the market. In addition, a modified cost-saving connection option between the mesh and the lower suspension cable, which was developed on construction practice, was tested. As a result it can be stated that, within both test series focusing on wire fences as roll-off protection using solid rock nails with a diameter of 28 mm, three supporting cables with a diameter of 12 mm and V-shaped back bracing of the supports, as well as using high-strength steel meshes, boulders with an impact energy of 60 kilojoule [kJ] were able to be safely retained.

1. Hintergrund

Drahtzäune als konstruktiver Abrollschutz (auch „Ösenankerzaun“, „Schürze“ und diverse andere Lokalnamen) gegen Stein- und Blockschläge werden durch die deutschen Straßenbauverwaltungen seit Jahrzehnten verbaut. Der entsprechende Einsatz eines Drahtzaunes weist gegenüber den nach EAD 340059-00-0106 ‚Falling rock protection kits‘ der European Organisation for Technical Assessment (EOTA, 2018) geprüften Steinschlagschutzzäunen der Energy level classification „0“ einen erheblichen Preisvorteil auf. Darüber hinaus können Drahtzäune in Schadensfällen durch entsprechende Fachfirmen schnell und ohne langwierige Vorlaufzeiten aus lagerndem Material errichtet werden, so dass die Bau- und Sperrzeit an

Verkehrswegen verringert wird. Eine Zertifizierung von Steinschlagschutz-zäunen/Abrollschutzsystemen unter 100 kJ durch die EOTA wurde als EAD 340089-00-0106 ‚Falling rock protection kits with energy level (EL) less than 100KJ‘ angekündigt. Zum Zeitpunkt der Schrifffassung ist das EAD 340089-00-0106 gemäß Website der EOTA nicht veröffentlicht („Pending for citation in OJEU“).

Bereits im Jahr 2019 testete die bayerische Staatsbauverwaltung Ausführungen von Drahtzäunen als Abrollschutz, um Informationen über die Energieaufnahmekapazität dieser einfach zu errichtenden Sicherungsbauwerke zu erhalten. Getestet wurde ein „leichtes“ Geflecht mit einer Zugfestigkeit des Stahldrahts von 400 bis 550 N/mm², einer Maschenweite von 60x60 mm und einer Drahtstärke von 3,1 mm der Fa. Trumer Schutzbauten GmbH sowie ein hochfestes Geflecht der Fa. Geobrigg AG mit einer Zugfestigkeit des Stahldrahts von größer 1.770 N/mm² (*Tecco 65/3*, Maschenweite 83x143 mm, Drahtstärke 3,0 mm). Die ersten Ergebnisse dieser Versuche wurden noch im selben Jahr beim Geoforum Umhausen präsentiert (Koch, Jansen, Böse: 2019). Bei Verwendung eines leichten Geflechtes in einem Drahtzaun als Abrollschutz konnte eine Rückhaltefähigkeit von 10 kJ festgestellt werden; bei Verwendung eines hochfesten Geflechtes hielt ein Drahtzaun Energieeinträge von gesichert 50 kJ zurück.

Seit der Versuchsdurchführung 2019 kam es zur Markteinführung von zwei weiteren hochfesten Geflechten, die eine Zugfestigkeit des Stahldrahts von größer 1.770 N/mm² aufweisen:

- a) *Sigma*-Geflecht der Fa. Trumer Schutzbauten GmbH (Maschenweite 50x50 mm, Drahtstärke 3,2 mm) sowie
- b) *Slope Stabilization System* der Fa. Pfeifer Protective Structures GmbH (Maschenweite 120x65 mm, Drahtstärke 3,0 mm).

Die bayerische Staatsbauverwaltung ging auf Grund der Datenblätter von einer Gleichwertigkeit dieser Geflechte zu *Tecco 65/3* in einem Abrollschutz aus. Um diese Annahme zu validieren, wurden nun im Jahr 2022 weitere Versuche durchgeführt.

2. Zielsetzung und Versuchsausführung

Ziel der Versuchsreihe im Jahr 2022 war die Erlangung von Kenntnissen über die Rückhaltefähigkeit von hochfesten Stahldrahtgeflechtem in Drahtzäunen, die als Abrollschutz dienen. Ergänzend zu dem bereits 2019 getesteten *Tecco 65/3* der Fa. Geobrigg wurden die Geflechte *Sigma* der Fa. Trumer sowie das *Slope Stabilization System* der Fa. Pfeifer Protective Structures für einen Einsatz in Drahtzäunen auf einen Lastfall von nunmehr mindestens 60 kJ in 1:1-Feldversuchen getestet.

Darüber hinaus soll durch die Versuche an mehreren, gleichwertig einsetzbaren Geflechtem die Produktneutralität der Ausschreibungen der bayerischen Staatsbauverwaltung sichergestellt werden.

Weiterhin erwies sich die durch die Bayerische Staatsbauverwaltung 2019 empfohlene Ausführungsweise des Geflechtumschlages am unteren Tragseil nach talseits mit Rückführung des überschüssigen Geflechtes zur Ausführung eines Unterlaufschutzes nach bergseits zwar als sehr effektiv, jedoch auch kostensteigernd. Aus diesem Grunde wurde in den Versuchen des Jahres 2022 eine weitere Ausführungsvariante der Befestigung des Geflechtes am unteren Tragseil mittels Vernähen durch ein Stahlseil mit Durchmesser 4 mm getestet.

3. Versuchsaufbau

3.1 Vorversuche und Feldversuche 2019

Der methodische Ansatz für die Versuche im Jahr 2019, die in einer Versuchshalle der Technischen Universität München (TUM) sowie in 1:1-Feldversuche in einem Steinbruch stattgefunden haben, können dem Artikel *Ösenankerzäune – erste Ergebnisse der Prüfung dieses einfach zu errichtenden Abrollschutzes* (Koch, Jansen, Böse: 2019) entnommen werden.

Die Ergebnisse der Vorversuche in der Versuchshalle und der Versuche im Steinbruch 2019, die für die Vorplanung der Versuche 2022 herangezogen wurden, werden im Folgenden kurz aufgeführt:

Bei den Vorversuchen in der Versuchshalle wurde ein über Halfenschienen installierter Drahtzaun – ähnlich zum in Kapitel 3.2 beschriebenen Aufbau – installiert und mittels eines halbrunden, mit einer Kraftmessdose instrumentierten Probekörpers zwischen oberem Trag- und dem Zwischenseil belastet. Die aus der Belastung des Geflechtes ermittelten Ergebnisse 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, diese lagen für das getestete *Tecco G 65/3* bei 58 und 57 kJ (Radlbeck, Maier: 2019). Diese Werte wurden als Orientierung für den Energieeintrag der Feldversuche herangezogen.

Die bei den daraufhin durchgeführten Feldversuchen auftretenden Anker- und Seilkräfte wurden über Dehnmessstreifen (DMS) an den Stützen ermittelt. Tabelle 1 zeigt die maximalen gemessenen Kräfte an den entsprechenden Bauteilen. Die Lage der Bauteile ist aus dem Plan der Ankerpunkte (vgl. Abb. 1a und 1b) ersichtlich. Abbildung 1c zeigt beispielhaft einen Spannungsverlauf der Stütze A4, Abbildung 1d die Verläufe der Ankerkräfte desselben Versuches.

Tabelle 3: Maximal auftretende Ankerkräfte der Stützen bei den Versuchen im Steinbruch 2019 mit Vollstabhägeln (GeWi) und Injektionsbohrhägeln (IBO) [verändert nach Radlbeck, Maier: 2019]

Ankerlast	Wert	Versuch	Stelle
Seilkraft [kN]	35	IBO/Tecco	B7
Normalkraft Gewindestange [kN]	22	GEWI/Tecco	A4
Biegemoment Gewindestange [kNcm]	94	IBO/Tecco	A5

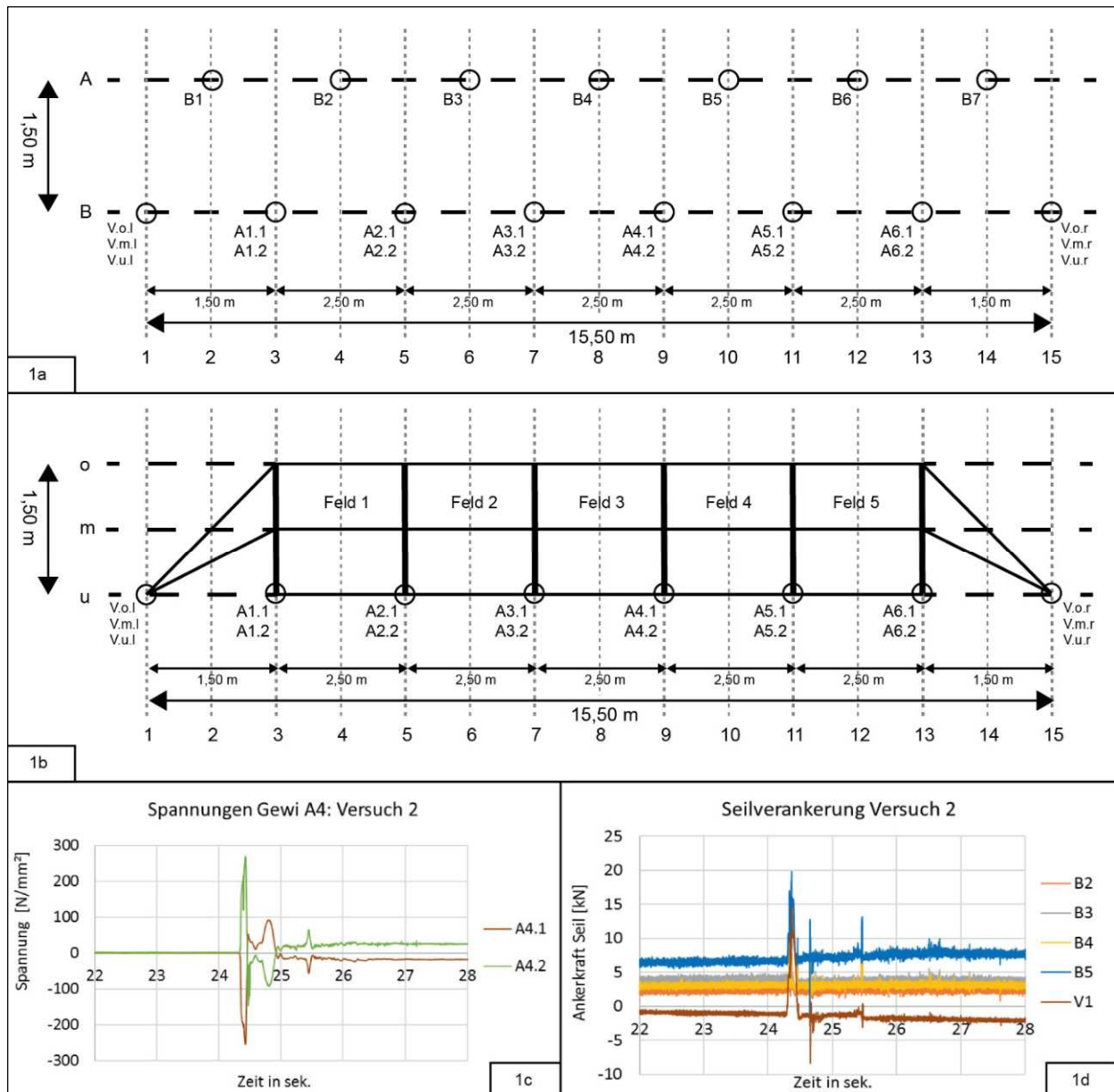


Abb. 1: a) Messstellenposition an den Stützen (Draufsicht, A: Stütze; B: Abspannungspunkte); b) Messstellenposition an den Stützen (Vorderansicht, A: Stütze); c) Spannungsverlauf der Stütze A4 während des Versuchs 2; d) Kraftverläufe der Seilspannungen des Versuches 2 [verändert nach Radlbeck, Maier: 2019]

Eine Verwendung von Pressklauen ist bei getesteten Energieaufnahme von 60 kJ nicht zielführend, da sich bei den Versuchen 2019 gezeigt hat, dass eine stabile Verbindung nicht gewährleistet werden kann. Im Lastfall bogen sich die Pressklauen auf bzw. rissen ab; teilweise wurden sie zu verkehrsgefährdenden Geschossen.

3.2 Versuche 2022

Für die Durchführung der Feldversuche im Jahr 2022 wurde eine nahezu senkrechte Abbauwand eines Steinbruchs der Fa. Karl Bachl Granitwerk GmbH & Co. KG in Hauzenberg, nordöstlich von Passau genutzt. Der Test der Rückhaltefähigkeit der verschiedenen Geflechte erfolgte mittels Freifallversuchen. Auf eine messtechnische Instrumentierung wurde auf Grund der vorliegenden Ergebnisse aus 2019 verzichtet.

Der Abwurf der Versuchsblöcke in das jeweilig vorgesehene Zaunfeld erfolgte von einem Kran mit Hubschrauberklanke von einer oberhalb gelegenen Steinbruchsohle aus. Als Testkörper wurden unbearbeitete Felsblöcke aus Granit verwendet. Die Versuchsanordnung ist in Abbildung 2 ersichtlich.

Die Feldversuche wurden mit Lasteinträgen von 60 bis 96 kJ durchgeführt. Um diese Sturzenergien zu erreichen, wurden die Versuchsblöcke mit einem Gewicht zwischen 253 und 388 kg aus einer Höhe zwischen 19,9 und 26,9 m über der Zaunebene abgeworfen. Die Abwurfhöhe wurde mittels eines ausgemessenen Lotes sowie zusätzlich per Laser-Distanzmesser gemessen.

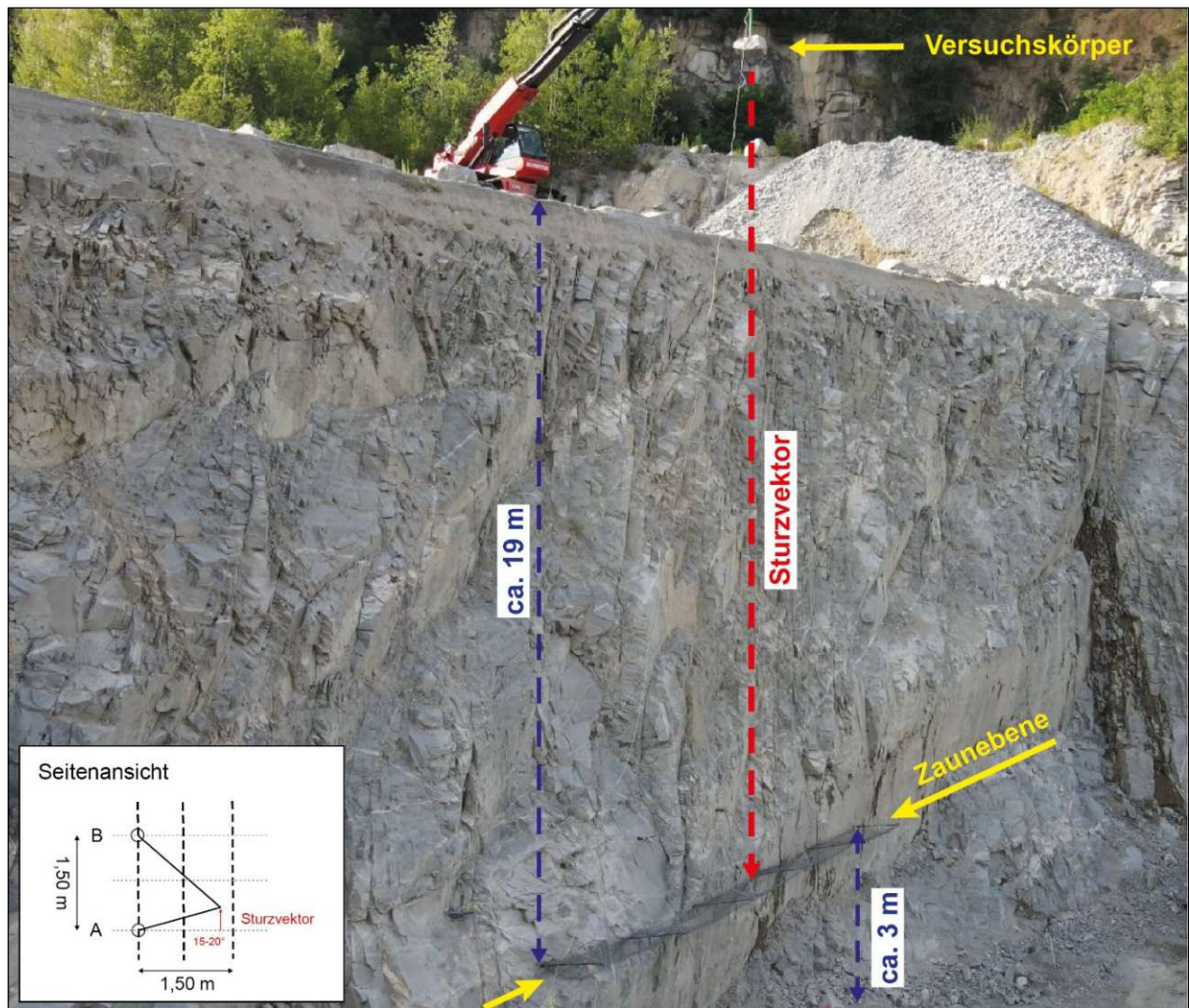


Abb. 2: Versuchsanordnung im Steinbruch

Für jeden Versuch wurde – analog zu den Versuchen im Jahr 2019 (vgl. Abb. 1a und 1b) – ein Drahtzaun mit 5 Feldern und einem Stützenabstand von 2,50 m errichtet. Als Stützen wurden Vollstabsnägel mit Grobgewinde (Stahlgüte B500B) verbaut, die über Hüllrohre einen Meter in die Felswand eingebunden waren. Die Zaunachse war zwischen 15 und 20 Grad gegen den vertikalen Sturzvektor des frei fallenden Versuchsblockes geneigt. Die Abspannung des Drahtzaunes erfolgte V-förmig mit zwei getrennten Seilen von jeder Stütze auf einen feldmittig angeordneten Nagel, der einen Abstand von etwa 1,5 m zur Zaunachse hatte. Am Bauwerk selbst wurden die Abspannungen an einer aufschraubbaren Kopföse befestigt. Zur

Abspannung wurden Stahlseile mit einer Seilfestigkeitsklasse von 1770 N/mm², Stahleinlage und einem Durchmesser von 12 mm verwendet, die auf beiden Seiten mit je drei Seilklemmen befestigt wurden. Dieselbe Seilart wurde für die Seilführung im Bauwerk verwendet. Das untere Tragseil und das Zwischenseil wurden über aufgeschraubte Ringösen am Übergang der Stütze in die Felswand und mittig an der Stütze geführt, das obere Tragseil über die Kopfösen, die bereits für die rückwärtige Abspannung genutzt wurden. Alle drei Seile waren an den Stützen frei laufend und auf einen – gegenüber der Zaunachse leicht talseits versetzten – gemeinsamen Nagel mit Kopföse abgespannt. Der Winkel des oberen Tragseils auf den Abspannungspunkt betrug hierbei etwa 45°.

Für die – bergseitige - Anbringung des Geflechtes am unteren Tragseil wurden zwei Ausführungsvarianten getestet:

a) Variante „Geflechtsumschlag“:

Das Geflecht wird von bergseits unter dem unteren Tragseil mit mindestens 1,5 Maschen nach talseits umgeschlagen, wo es mittels (System-) Clips an jeder Masche mit dem Geflecht verbunden wird. Das überhängende Geflecht wird zur Ausbildung einer Einfallschürze unter dem unteren Tragseil wieder nach bergseits geführt (Abb. 3).

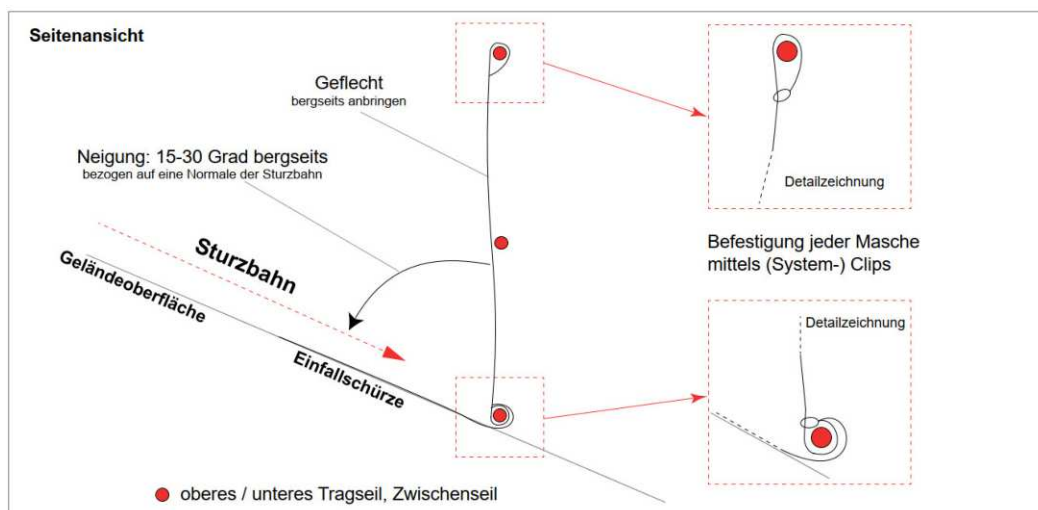


Abb. 3: Übersichtsskizze Ausführungsvariante "Geflechtsumschlag"

b) Variante „Nähseil“

Das Geflecht wird mittels Stahlseil mit einem Durchmesser von 4 mm bergseits am unteren Tragseil vernäht, das überstehende Geflecht wird zur Ausbildung einer Einfallschürze nach bergseits verlegt (Abb.4).

Im Bereich des oberen Tragseiles wurde das Geflecht bei beiden vorgenannten Ausführungsvarianten nach talseits umgeschlagen und mittels (System-) Clips an jeder Masche befestigt. Beide Ausführungsvarianten wurden mit allen zur Verfügung stehenden Geflechtes getestet. Die Versuchsanordnung kann Tabelle 2, die Kennwerte für die getesteten hochfesten Geflechtes Tabelle 3 entnommen werden.

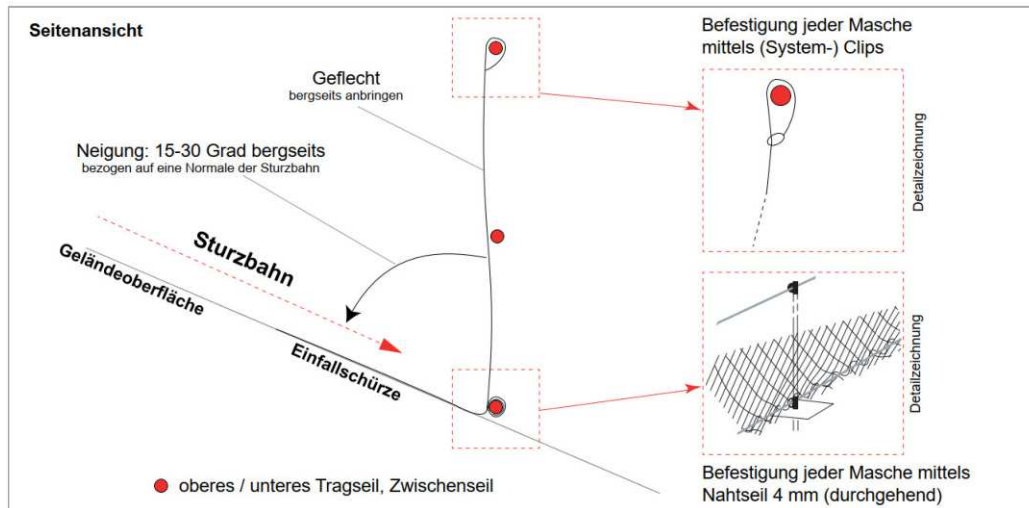


Abb. 4: Übersichtsskizze Ausführungsvariante "Nähseil"

Tabelle 4: Übersicht der Versuchsanordnung mit Energieeintrag der Felskörper (Zählung der Felder von links mit frontalem Blick von unten). Für die Wägung der Versuchsblöcke wurde eine Kranwaage der Fa. Pfeifer mit einem Wägebereich von 25.000 kg bei einer Auflösung von 1,0 kg verwendet. Laut Kalibrierungszeugnis weist diese bei den hier verwendeten eher geringen Gewichten eine Messunsicherheit von 0,3 % auf. Hieraus resultieren Abweichungen von den angegebenen Energien von bis zu 3 kJ.

Versuch	Geflecht	Ausführung	Zielfeld	Testkörper [kg]	Fallhöhe [m]	Energie [kJ]
1	Slope Stabilization System (Pfeifer)	Geflechtsumschlag	3. Feld (Mittelfeld)	253	24,2	60
1.1		Geflechtsumschlag ¹	5. Feld (Randfeld)	325	22,0	70
2	Slope Stabilization System (Pfeifer)	Nähseil	3. Feld (Mittelfeld)	254	24,0	60
2.1		Nähseil ¹	5. Feld (Randfeld)	316	22,6	70
3	Slope Stabilization System (Pfeifer)	Nähseil	3. Feld (Mittelfeld)	355	26,9	94
3.1		Nähseil ¹	1. Feld (Randfeld)	388	25,2	96
4	Sigma (Trumer)	Geflechtsumschlag	3. Feld (Mittelfeld)	320	19,9	63
4.1		Geflechtsumschlag ¹	2. Feld (Mittelfeld)	357	22,0	77
5	Sigma (Trumer)	Nähseil	3. Feld (Mittelfeld)	322	19,0	60
5.1		Nähseil ¹	1. Feld (Randfeld)	355	23,1	80
6	G 65/3 (Geobrugg)	Geflechtsumschlag	3. Feld (Mittelfeld)	321	19,1	60
6.1		Geflechtsumschlag ¹	2. Feld (Mittelfeld)	355	23,0	80
7	G 65/3 (Geobrugg)	Nähseil	3. Feld (Mittelfeld)	321	19,1	60
7.1		Nähseil ¹	5. Feld (Randfeld)	355	23,0	80

¹System durch einen ersten Wurf und ohne zwischenzeitliche Instandsetzung vorbelastet

Tabelle 5: Kennwerte der getesteten hochfesten Geflechte

Geflecht	<i>Sigma</i> (Trumer)	<i>Slope Stabilization System</i> (Pfeifer)	<i>Tecco 65/3</i> (Geobrugg)
Drahtdurchmesser [mm]	3,2	3,0	3,0
Maschenweite [mm]	50 x 50	120 x 65	83 x 143
Zugfestigkeit Draht [N/mm ²]	≥ 1770	1770	> 1770
Zugfestigkeit Geflecht längs min. [kN/m]	≥150	175	150
Korrosionsschutzklasse EN 10244-2	A / B	A / B	A / B

4. Ergebnisse

Bei den in Tabelle 3 beschriebenen Versuchsanordnungen wurden alle Testkörper erfolgreich zurückgehalten. Diese Aussage bezieht sich sowohl auf die initiale Energie von 60 kJ, als auch auf die Energieeinträge in das jeweils durch einen ersten Wurf vorbelastete System (vgl. Abb. 5). Die Geflechte wiesen in allen Versuchen Verformungen der Maschengometrie auf. Die Restnutzhöhe war nach dem jeweils ersten Versuch teils deutlich reduziert, lag jedoch augenscheinlich über 50 Prozent. Bei Ausbildung der beschriebenen Bodenschürze kann aber davon ausgegangen werden, dass ein Unterlaufen des Drahtzaunes im Regelfall nicht stattfindet.



Abb. 5: Drahtzaun mit Pfeifer *Slope Stabilization System* (Geflechtsumschlag) nach Energieeintrag im Mittelfeld (Versuch 1: 60 kJ) und im Randfeld (Versuch 1.1: 70 kJ)

Bei dem Versuch 4.1 (*Sigma*, Geflechtsumschlag: 77 kJ) wurde der im Zaun liegende Block des initialen Wurfes 4 (*Sigma*, Geflechtsumschlag: 63 kJ) trampolinartig hochgeschaukelt und konnte sich – nur auf Grund des zweiten Lasteintrages und der in den Versuchen nicht voll ausgebildeten bergseitigen Schürze – zwischen Felswand und unterem Tragseil aus dem Geflecht herausdrehen.

Bei den Versuchen 7 (*Tecco 65/3*, Nähseil: 60 kJ) und 7.1 (*Tecco 65/3*, Nähseil: 80 kJ) zerriss jeweils das Nähseil im jeweiligen Einschlagsumfeld, dennoch wurden die Testkörper erfolgreich zurückgehalten.

Bei den Versuchen 1.1, 3.1, 6 und 7.1 kam es zu starken Verformungen der jeweiligen (System-) Clips. Alle Clips wiesen aber auch nach dem Lasteintrag einen Formschluss mit dem Geflecht auf und wurden nicht weggeschleudert.

Bei den Versuchen 2.1, 5, 5.1 und 6 rissen einige Drähte des Geflechtes bzw. wurden auf Grund einer Quetschung zwischen rückwärtiger Felswand und Testkörper durchtrennt. In keinem der Fälle ist es zu einer Vergrößerung der dadurch entstandenen Öffnung gekommen und der Felsblock konnte erfolgreich zurückgehalten werden.

Bei dem Versuch 5.1 (*Sigma*, Nähseil: 80 kJ) riss das obere Tragseil in Folge des zweiten Lasteintrages. Der Felsblock wurde jedoch erfolgreich zurückgehalten. Eine detaillierte Übersicht der Schäden kann Tabelle 4 entnommen werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Drahtzäune als Abrollschutz mit den getesteten Geflechten *Slope Stabilization System* (Pfeifer), *Sigma* (Trumer) sowie *Tecco 65/3* (Geobrug) in den getesteten Konfigurationen sowohl in der Variante „Geflechtsumschlag“ als auch „Nähseil“ in der Lage waren, Felsblöcke mit einer Sturzenergie von 60 kJ sicher zurückzuhalten. Bei allen Versuchen war der getestete Drahtzaun darüber hinaus in der Lage – allerdings bei einer deutlich reduzierten Restnutzungshöhe – einen weiteren Sturzblock mit einer Energie von 70 - 96 kJ zurückzuhalten.

Tabelle 6: Übersicht der Schäden infolge des Lasteintrages

Versuch	Geflecht	Ausführung	Energie [kJ]	Bemerkungen
1	<i>Slope Stabilization System</i> (Pfeifer)	Geflechtsumschlag	60	
1.1		Geflechtsumschlag ¹	70	Clips oberes Tragseil aufgebogen
2	<i>Slope Stabilization System</i> (Pfeifer)	Nähseil	60	
2.1		Nähseil ¹	70	Draht an einer Verzwillung gerissen
3	<i>Slope Stabilization System</i> (Pfeifer)	Nähseil	94	
3.1		Nähseil ¹	96	Clips oberes Tragseil leicht aufgebogen, Nähseil gerissen
4	<i>Sigma</i> (Trumer)	Geflechtsumschlag	63	
4.1		Geflechtsumschlag ¹	77	Block aus 4 dreht sich nach Einschlag unter dem unteren Tragseil aus dem Geflecht
5	<i>Sigma</i> (Trumer)	Nähseil	60	Streifender Felstreffer, einige Drähte zwischen Fels und Block durchtrennt
5.1		Nähseil ¹	80	Streifender Felstreffer, wenige Drähte zwischen Fels und Block durchtrennt; oberes Tragseil gerissen
6	<i>G 65/3</i> (Geobrug)	Geflechtsumschlag	60	Clips oberes und unteres Tragseil aufgebogen; einige Drähte zwischen Fels und Block durchtrennt
6.1		Geflechtsumschlag ¹	80	
7	<i>G 65/3</i> (Geobrug)	Nähseil	60	Nähseil 4 mm gerissen (eine Stelle im Trefferfeld)
7.1		Nähseil ¹	80	Nähseil 4 mm gerissen (zwei Stellen im Trefferfeld); Clips oberes Randseil Tragseil gelängt

¹System durch einen ersten Wurf und ohne zwischenzeitliche Instandsetzung vorbelastet

5. Zusammenfassung

Aus der Verwendung von naturnahen Blöcken bei allen Versuchsreihen in den Jahren 2019 und 2022 ergibt sich aus Sicht der Autoren eine sichere Anwendbarkeit der Drahtzäune für Situationen, bei denen ein einzelner Sturzblock mit einer Energie von 60 kJ zurückgehalten werden soll. Eine Belastung durch einen zweiten Sturzblock mit ähnlicher Energie – wie in EAD 340059-00-0106 ‚*Falling rock protection kits*‘ vorgesehen – erscheint zulässig.

Die Aussage über die Energieaufnahmefähigkeit der Drahtzäune bezieht sich explizit auf eine Ausführung mit Vollstabnägeln mit Grobgewinde (Baustahlgüte B500B). Hohlstabnägeln mit vergleichbarer Streckgrenze wurden im Jahr 2019 bis 50 kJ erfolgreich getestet und sollten daher bis zum Vorliegen ergänzender Versuche nicht in Anwendungsfällen eingesetzt werden, die eine höhere Rückhaltefähigkeit als 50 kJ erfordern.

Bei den Versuchen mit Nähseilen wurden Stahlseile mit Durchmesser 4 mm genutzt, die in Abhängigkeit ihres Querschnittes einen schwächeren Korrosionsschutz aufweisen, als die für die Trag- und Zwischenseile sowie Abspannungen genutzten Stahlseile mit Durchmesser 12 mm. Demnach ist zu erwarten, dass – vor allem im Sprühnebelbereich an Straßen – das Nähseil eine geringere Lebensdauer aufweist als die anderen Bauteile. Ein Austausch ist allerdings unproblematisch und kostengünstig. Um hier zum richtigen Zeitpunkt tätig werden zu können, wird eine Überwachung des Bauwerkes, beispielsweise über eine periodische handnahe Kontrolle mit Einschätzung des Korrosionsfortschrittes, empfohlen. In der Bayerischen Staatsbauverwaltung wurde im Jahr 2021 eine entsprechende Überwachung aller Sicherungsbauwerke gegen alpine Naturgefahren mittels Ministerialschreiben (Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr: 2021) eingeführt.

Drahtzäune sind trotz der relativ hohen Energieaufnahmekapazität nach wie vor als Abrollschutz zu betrachten. Schon auf Grund der niedrigen Bauhöhe ist ein Drahtzaun kein Ersatz für zertifizierte Steinschlagschutzzäune. Informationen über die Rückhaltefähigkeit von Drahtzäunen mit einer Bauhöhe von mehr als 1,50 m liegen den Autoren derzeit nicht vor. Dennoch konnte mit der Versuchsreihe, bei Wahrung der für staatliche Auftraggeber wichtigen Produktneutralität, nachgewiesen werden, dass Drahtzäune als Abrollschutz einen wichtigen Beitrag zur kostengünstigen Steigerung der Verkehrssicherheit leisten können.

Eine auf den Versuchen basierende Ausführungsempfehlung für den Bau von Drahtzäunen als Abrollschutz kann auf Anfrage über georisiken@lbd.bayern.de bezogen werden.

Quellenverzeichnis

- Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (2021): Ministerialschreiben Az. 48-43353-1-2-1 Überwachung der Sicherungsbauwerke durch die Staatlichen Bauämter. München (unveröffentlicht).
- 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: 25.07.2022.
- EOTA - European Organisation for Technical Assessment (2022): *Falling rock protection kits with energy level (EL) less than 100KJ*. EAD 340089-00-0106. Angekündigt unter: <https://www.eota.eu/en-GB/content/eads/56/>. Information abgerufen am: 25.07.2022.
- Geobrugg AG (o. J.): Technical data sheet: High-tensile steel wire mesh Tecco® G65/3. Online verfügbar: https://www.geobrugg.com/datei.php?src=portal/downloadcenter/dateien/downloadcenter/level1-data-sheets/TECCO/L1_TECCO-G65-3mm_3.5m_TechData_190507_e.pdf. Abgerufen am: 26.07.2022.
- Koch, Andreas; Jansen, Philipp; Böse, Holger (2019): *Ösenankerzäune – Erste Ergebnisse der Prüfung dieses einfach zu errichtenden Abrollschutzes*, Tagungsband Geoforum Umhausen).
- Pfeifer Protective Structures (o. J.): PFEIFER Slope Stabilization System – Technisches Datenblatt. Online verfügbar: https://protective-structures.pfeifer.info/fileadmin/user_upload/microsites/protective-structures/downloads/slope/Datenblatt_Pfeifer-Slope-Stabilization-System.pdf. Abgerufen am 26.07.2022.
- Radlbeck, Christina; Maier, Nadine: (2019): Untersuchung von Niedrigenergiezäunen (Ösenankerzäune) unter Steinschlagbelastung im Labor und im Steinbruch. Technische Universität München, MPA Bau, Abteilung Metallbau (unveröffentlicht).
- Trumer Schutzbauten GmbH (o. J. b): Technische Daten zum Hochleistungsgitter Sigma 50/50/3,2. Online verfügbar: <https://de.trumer.ca/products/slope-stabilization/sigma-50-50-32/>. Abgerufen am: 19.07.2019.

Danksagung Geoforum 2022:

In Ergänzung zu meinen Ausführungen in den Grußworten am Beginn des Tagungsbandes 2022 möchte ich gerne noch folgenden Personen herzlich Danke sagen:

Dankend hervorheben möchte ich auch heuer wieder die uns stets hilfreich zur Seite stehende Frau Lisa Falkner, stellvertretend auch für alle anderen Gemeindebediensteten.

Das Plakat für den Abendvortrag hat auch heuer wieder Herr Manfred Scheiber, Vorstand der Raiffeisenbank Vorderes Ötztal, eindrucksvoll gestaltet. Wir möchten uns daher auch bei Herrn Scheiber sehr herzlich dafür bedanken.

Unser Dank gilt weiters allen Sponsoren der jährlichen Tagungen Geoforum Umhausen.

HR Dr. Gunther Heißel

(Präsident Verein Geoforum Tirol)



QUALITÄTSSICHERUNG
RECYCLINGBAUSTOFFE

projekt-partner

koordination mediation kommunikation



FRÖSCHL BAU



PLATTNER & CO



Baugesellschaft m.b.H.

Raiffeisenbank
Vorderes Oetztal 

Bank & Versicherung.
www.raiffeisen.at/vorderes-oetztal

24. GEOFORUM UMHAUSEN

20. – 21. Oktober 2022



Neubau Schloßgalerie Landeck 2022,
©Landesgeologie Tirol



VERANSTALTUNG
im
Tagungssaal Niederthai
mit
öffentlichem Abendvortrag

Donnerstag	20.10.2022		
Zeit	Vortragende	Institution	Thema
07:30-08:30	Registrierung	im Feuerwehrgebäude Niederthai	
09:00-09:30	ERÖFFNUNG	Bezirkshauptmann Landeck Dr. Markus MAAß; LA Klubobmann Bürgermeister Mag. Jakob WOLF	
09:30-10:00	HOFSTÄTTER Herbert	Montanuniversität Leoben	Die Tragweite der Geothermie aus technischer und ethischer Sicht
10:00-10:30	AIGNER Günther	ZUKUNFT SKISPORT – research & consulting	Können wir in Zukunft noch Ski fahren? - Die Veränderungen der Schneeparameter in mittleren alpinen Höhenlagen (Almen) in den vergangenen etwa 100 Jahren und mögliche Szenarien bis zum Jahr 2050
10:30-11:00	PAUSE	PAUSE	PAUSE
11:00-11:30	LENHARDT Wolfgang	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien	Ferndetektion alpiner Massenbewegungen
11:30-12:00	LIEGLER Aurelia	iC consulenten Ziviltechniker GesmbH Niederlassung Salzburg	Polizeichroniken als Schatzkammer für den Naturgefahren-Ereigniskataster im Land Salzburg
12:00-12:30	TANZER Ludwig	ATLR, Abt. Hochbau	Hangbewegungen und deren Auswirkungen auf Wohngebäude im Alpenraum am Beispiel Grins
12:30-14:30	MITTAGSPAUSE	MITTAGSPAUSE	MITTAGSPAUSE
14:30-15:00	BERTLE Heiner/Rufus	Büro Geognos Bertle, Schruns	Geologie als Grundlage wasserwirtschaftlicher Planung in Vorarlberg
15:00-15:30	GADERMAYER Wolfgang	Ingenieurbüro geo ² zt, Hallein	Geologische Verhältnisse bei der Zielbohrung Gerlos – Wald
15:30-16:00	GUGLBERGER Günter HENZINGER Jörg	ATLR, Abt. Brücken und Tunnelbau Geotechnik Henzinger, Grinzens	Neubau Schlossgalerie Landeck
16:00-			FACHDISKUSSION

19:00 ÖFFENTLICHER ABENDVORTRAG

im Tagungssaal Niederthai

mit Univ. Prof. Dr. Herbert Hofstätter;

Montanuniversität Leoben

„Der grüne Hebel für eine nachhaltige Energieversorgungssicherheit“

anschließend ABENDEMPFANG im Hotel Falknerhof

Freitag	21.10.2022		
Zeit	Vortragende	Institution	Thema
08:00-9:00	Registrierung	im Feuerwehrgebäude Niederthai	
09:00-9:30	GRUBER Alfred LOTTER Michael	Geologische Bundesanstalt, Wien	Das geologische Kartenblatt 114 Holzgau: Neue Wege in der quartärgeologischen und tektonischen Gliederung
9:30-10:00	RAINER Stefan VALTINGOJER Günter	HTB Baugesellschaft m.b.H. Ingenieurbüro für Geologie, Absam	„Wiederverwenden statt verschwenden“ Schonung der natürlichen Ressourcen am Beispiel der Kreislaufbaustelle Kraftwerk Sellrain
10:00-10:30	PAUSE	PAUSE	PAUSE
10:30-11:00	ELSTER Daniel	Geologische Bundesanstalt, Wien	Intradisziplinäre Ansätze zur Erfassung von hydrogeologischen Bedingungen in einem alpinen Einzugsgebiet in Sibratsgfall (Bregenzerwald) Ausgewählte Ergebnisse des Forschungsprojekts EXTRIG (Understanding of Extreme Climatological Impacts from Hydrogeological 4D Modelling)
11:00-11.30	JANSEN Philipp WILD Florian	Landesbaudirektion Bayern Zentralstelle Ingenieurbauwerke und Georisiken,	Energieaufnahmefähigkeit von Drahtzäunen als Abrollschutz unter Verwendung von hochfesten Geflechten

Bitte um Beachtung der geltenden Corona-Bestimmungen

TAGUNGSSAAL NIEDERTHAI (Feuerwehrgebäude)

Anfahrt siehe Homepage

INFORMATIONEN und KONTAKT:

www.geoforum-umhausen.at

info@geoforum-umhausen.at



Tagungshotel:



FALKNERHOF

6441 Umhausen - Niederthai

Tel.: +43 5255 / 55 88

Fax.: +43 5255 / 55 88 47

E-Mail.: info@falknerhof.com

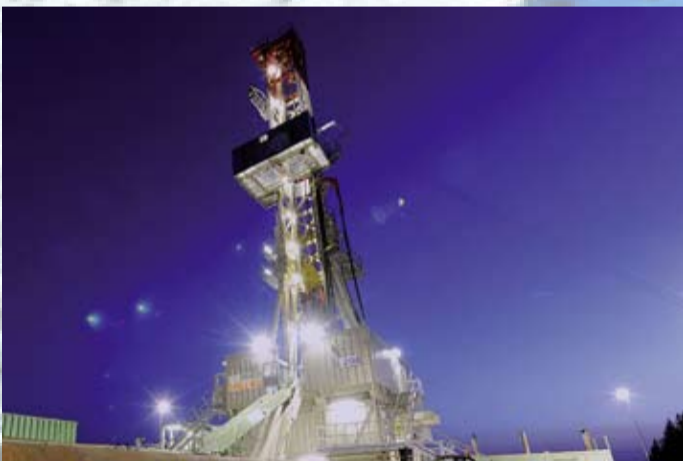
Der **grüne Hebel** für eine nachhaltige Energieversorgungssicherheit

Öffentlicher Abendvortrag im Rahmen
des Geoforums Umhausen von

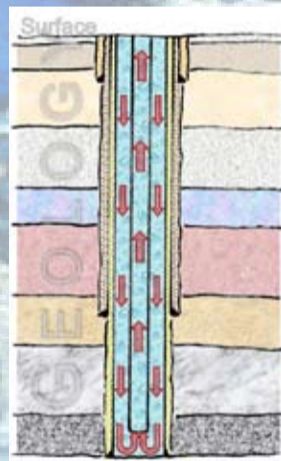
**Univ-Prof. Dipl.-Ing.
Dr. mont. Herbert Hofstätter**
Montanuniversität Leoben
Department of Petroleum Engineering
Chair of Petroleum and Geothermal Energy Recovery



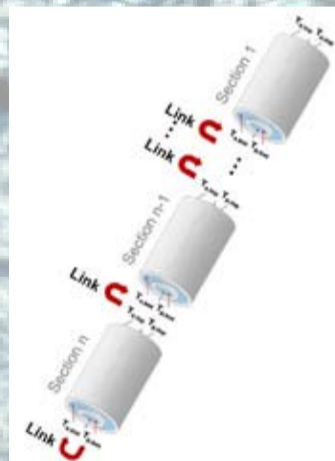
© Univ-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Herbert Hofstätter



© RAG Archiv



© Univ-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Herbert Hofstätter



© RAG Archiv

Donnerstag, 20.10.2022
Lärchensaal (Feuerwehrgebäude)

Niederthai
Beginn: 19:00 Uhr

Eintritt frei!

Mit Unterstützung der

**Raiffeisenbank
Vorderes Ötztal** 

Bitte um Beachtung der geltenden Coronabestimmungen.