



Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2004 – RIVA / TRIENT

ZUR NACHHALTIGKEIT VON BAUMASSNAHMEN BEI TIEFGREIFENDEN HANGBEWEGUNGEN IM ALPINEN RAUM

SUSTAINABILITY OF CONTROL WORKS AT DEEP-SEATED MASS-MOVEMENTS IN THE ALPINE REGION

Stefan Eisenbarth¹, Michael Moser² und Stefan Weidner³

ZUSAMMENFASSUNG

Die Verbauung von Wildbächen im Einflussbereich von Talzuschüben stellt die Planer seit jeher vor große Probleme. Vor allem die hohen seitlichen Gebirgsdrücke führen zu einer raschen Zerstörung konventioneller Wildbachsperrungen. Die geologisch-geotechnischen Verhältnisse, der Bewegungsablauf und der derzeitige Stand der Verbauungen werden an Talzuschüben im Ostalpenraum dargestellt. Im Speziellen wird die Nachhaltigkeit der Verbauungsmaßnahmen anhand der Talzuschübe am Gradenbach/Kärnten, an der Reppwand/Kärnten und am Dürnbach/Salzburg diskutiert.

Key words: Talzuschub, Geologie, Bewegungsablauf, Verbauungen

ABSTRACT

Control works at torrents within the influence of sagging of mountain slopes pose challenges since the beginning of the protective works history. Most of all the lateral mountain pressures lead to negative impacts and sometimes to a rapid destruction of conventional check dams. The geological-geotechnical circumstances, the course of creep in time as well as the present development of remedial works are shown at sagging of mountain slopes in the mountainous regions of Austria. The sustainability of protective works will be discussed at the sagging of mountain slopes Gradenbach/Carinthia, Reppwand/Carinthia and Dürnbach/Salzburg.

Key words: Sagging of mountain slope, geology, course of creep in time, control works

1 Einleitung und Problemstellung

Das nachhaltige Management von aktiven Großhangbewegungen mit größeren Bewegungsraten stellt zahlreiche Institutionen wie z.B. die österreichische Wildbach- und Lawinerverbauung vor große Probleme. Insbesondere Großhangbewegungen in Form von Talzuschüben

¹ Lehrstuhl für Angewandte Geologie, Universität Erlangen Nürnberg, Schlossgarten 5, D-91054 Erlangen

² Lehrstuhl für Angewandte Geologie, Universität Erlangen Nürnberg, Schlossgarten 5, D-91054 Erlangen
(Tel.: +49 9131 85 22620; eMail: moser@geol.uni-erlangen.de)

³ cognitas, Gesellschaft für Technik-Dokumentation mbH, Alte Landstraße 6, D-85521 Ottobrunn

haben sich seit jeher nachteilig auf den Lebensraum der Menschen in der alpinen Umwelt ausgewirkt. Talzuschübe sind tiefgreifende, lang andauernde, sich zum Teil sehr langsam vollziehende Kriech- und Gleitbewegungen von Talflanken, die sich aufgrund ihrer Größe negativ auf Siedlungen, Verkehrswege, Stollen, Tunnel, Wildbachverbauungen sowie auf die Stauräume von Talsperren auswirken.

Stiny (1941) hat wohl als erster sehr eindrucksvoll auf die negativen Einflüsse von Talzuschüben besonders bei der Beherrschung von Wildbächen hingewiesen. In der Folgezeit traten und treten weiterhin durch die fortschreitende intensive Besiedlung und Nutzung der Alpen vielfältige Schwierigkeiten im Zusammenhang mit Talzuschüben auf (s. Tab1).

Talzuschubserscheinungen heben sich mit ihrem Tiefgang von zum Teil über 100 m deutlich von flachgründigen Kriecherscheinungen, die zumeist nur die Lockergesteinsdecke in wesentlich geringerer Mächtigkeit betreffen, ab. Talzuschübe bilden sich vor allem in hochteilbeweglichen Gesteinsserien wie Phylliten und Glimmer-Schiefern aus, die im Ostalpenraum erhebliche Areale einnehmen.

Tab1: Kennzeichen ausgewählter Talzuschübe und ihre Auswirkungen auf Infrastrukturen (Moser & Weidner 1998)

Tab1: Geotechnical parameters of selected sagging of mountain slopes and their impairment on infrastructures (Moser & Weidner 1998)

<i>Name der Großhangbewegung</i>	<i>Gestein</i>	<i>Fläche (in km²)</i>	<i>Tiefgang (in m)</i>	<i>durchschnittl. Geschwindigkeit (in cm/a)</i>	<i>Auswirkungen</i>
Pleiv-Villa-Lugnez/Hinterrhein	Tonschiefer Kalkschiefer	3,15	> 200	5 – 20	an der Talzuschubsstirn Ablösung von Teilschollen → nur extensive Nutzung
Schuders/Prättigau	Mergel Tonschiefer	0,63	40	110	Unterbrechung und Zerstörung der Straße Schiers–Schuders
Hochmaiss-Gepatsch/Tirol	Gneise	0,40	80	540 (1964–1965) 3 (1965–1983)	Möglichkeiten des Eingleitens in den Stausee → Flutwelle
Bretterwand-Matrei/Osttirol	Kalkglimmerschiefer	0,1	50	nicht bekannt	bei Starkniederschlägen Ausgangspunkt der Murbildung → wiederholte Vermurung von Matrei
Gradenbach/Kärnten	Phyllite	2,3	200	33 (1971–1995)	durch Unterschneidung der labilen Talzuschubsstirn → Felsgleitungen → Murgangbildung → teilweise Zerstörung der Ortschaft Putschall
Schlanitzenalm/Kärnten	Tonschiefer, Sandsteine, Konglomerate	3,0	> 10	nicht bekannt	Rissbildung in Gebäuden auf der Talzuschubsmasse selbst; Beeinträchtigung der Querwerke durch Gebirgsdruck; Murgangbildung.
Reppwand/Kärnten	Tonschiefer, Sandsteine, Konglomerate	1,7	> 100	10	Kausalkette wie am Gradenbach → Bedrohung der Ortschaften Tröpolach und Watschig, Beeinträchtigung der Querwerke durch Gebirgsdruck, Zerstörung der Naßfeldbundesstraße
Millsätter Alpe/Kärnten	Gneise	1,2	> 100	40	Zerstörung der Tagesbauetagen und Verformung der Stollen
Dürnbach/Salzburg	Quarzphyllite	0,82	50 - 100	5 - 10	Zerstörung oder starke Beeinträchtigung der Querwerke

Die Verbauung der von Talzuschüben betroffenen Gebiete gestaltet sich vielerorts problematisch. Die Stirnbereiche derartiger Großhangbewegungen liegen vielfach im Bereich stark wasser- und geschiebeführender Bäche, so dass Unterschneidungsvorgänge bei Hochwasserkatastrophen sehr häufig zu Felsanbrüchen und zum murenförmigen Abtransport der anfallenden Geschiebemassen führen. Besonders einige große Talzuschübe in den Ostalpen haben sehr eindringlich die Schwierigkeiten einer nachhaltigen Verbauungskonzeption gezeigt. Teilweise sind die Bewegungsraten so hoch, dass gängige Ausbautechniken (Querwerke, Leitwerke) zum Scheitern verurteilt sind und aufwendige neue Bachführungen erforderlich werden. Die Untersuchungen der letzten zwanzig Jahre haben gezeigt, dass die Kenntnis des Bewegungsablaufes über einen längeren Zeitraum eine zwingende Voraussetzung für eine sinnvolle Planung darstellt.

2 Die Kausalkette: geologisch-geotechnische Gegebenheiten – Bewegungsablauf und Bewegungsmechanismus – Auswirkungen auf die Verbauungsmaßnahmen

Die geologisch-geomechanischen Gegebenheiten einer Großhangbewegung in Zusammenhang mit externen Faktoren werden den Bewegungsablauf und den Bewegungsmechanismus bedingen. Wie sich gezeigt hat, ist die Art und Intensität des Bewegungsablaufes wiederum entscheidend für die Beeinträchtigung bzw. sogar Zerstörung der Verbauungen. So hat sehr oft die Unkenntnis des genauen Bewegungsablaufes die Nachhaltigkeit der durchgeführten Verbauungsmaßnahmen negativ beeinflusst.

Zur oben genannten Kausalkette werden im Folgenden Ausführungen an den österreichischen Talzuschüben Gradenbach (Kärnten), Reppwand (Kärnten) und Dürnbach (Salzburg) diskutiert.

2.1 Talzuschub Gradenbach

Morphologische und geologisch-geotechnische Gegebenheiten

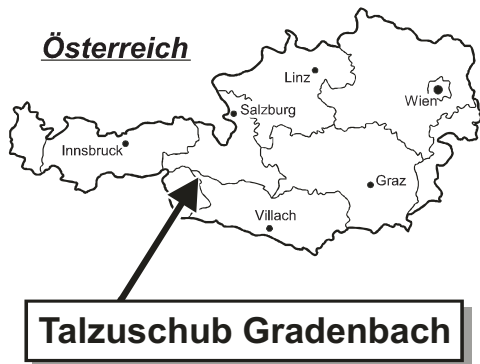
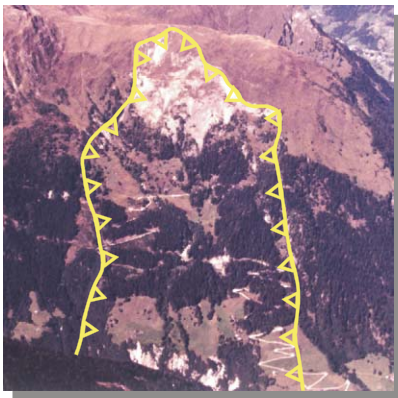


Abb1: Übersicht über den Talzuschub Gradenbach/Kärnten mit hohen Abrisskanten im oberen Bereich und aktiven Uferanbrüchen an der Grabensohle

Fig 1: Overview of the sagging of mountain slope Gradenbach/Carinthia

Die tiefgreifende Hangdeformation liegt am Ausgang des Gradentales in das Mölltal, ca. 5 km südlich von Heiligenblut, an der Südostflanke des Eggerwiesenkopfes (2268 m). Die aktive Bewegung umfasst den gesamten Hang auf einer Breite zwischen 600 und 1000 m und erstreckt sich über rund 1100 Höhenmeter von der Grabensohle bis zum Kamm mit einer Fläche von insgesamt über 2 km². Die deutlich entwickelte Hauptabbrisskante verläuft etwas unterhalb des Gipfels. Die morphologische Ausbildung der Talzuschubsstirn wurde in den zurückliegenden 50 Jahren besonders geprägt durch die Hochwasserereignisse der Jahre 1965 und 1966. Es erfolgte nicht nur eine Tieferlegung des Bachbettes um mehr als 10 m, sondern es bildeten sich auch durch Unterschneidungsvorgänge steile, höchst labile Felshänge.

Auch aufgrund der Beschädigung bzw. Zerstörung von 15 Häusern der Ortschaft Putschall wurde schon 1967 mit der Umsetzung eines umfangreiches Verbauungskonzeptes begonnen. Dieses umfasste insgesamt 24 armierte Betongrundschnellen, um die Grabensohle zu heben und weitere Unterschneidungsprozesse zu unterbinden. Gleichzeitig mit den Verbauungsmaßnahmen wurde ein ausgedehntes Messprogramm in die Wege geleitet. Aus organisatorischen Gründen und der gebotenen Dringlichkeit musste vor dem Beginn der Baumaßnahmen auf die genaue Kenntnis des Bewegungsablaufes verzichtet werden.

Bewegungsablauf – Verhalten der Sperren

Um den Bewegungsablauf und dessen Auswirkungen auf die Verbauungen näher zu quantifizieren wurden im Bereich der Talzuschubsstirn geodätische Messungen, kontinuierliche Extensometermessungen sowie periodische Stahlbandmessungen durchgeführt:

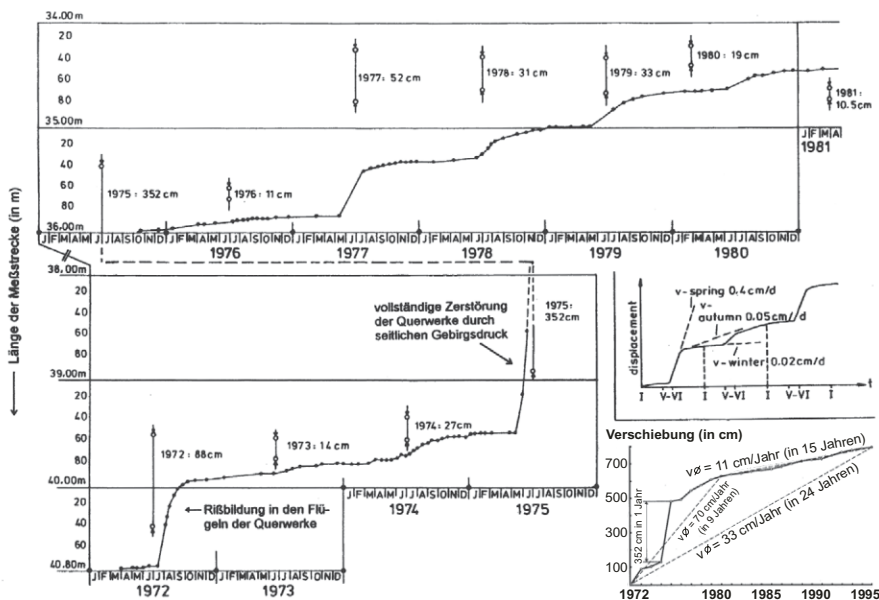


Abb2: Stahlbandmessungen in 14-tägigem Abstand an der Talzuschubsstirn Gradenbach/Kärnten (aus Moser & Weidner 1998)

Fig2: 14-day interval steel-tape-measurements at the toe of the sagging of mountain slope Gradenbach/Carinthia (after Moser & Weidner 1998)

Der Bewegungsablauf mit Hilfe der Stahlbandmessungen zeigt ein regressiv-zyklisches Verhalten mit Beschleunigungsphasen in den Frühsommermonaten. Hinsichtlich der Geschwindigkeiten für einzelne Jahre offenbart sich ein sehr variationsreiches Bild (s. Abb2). Aufgrund der Bewegungsraten von 88 cm im Jahr 1972 und von 350 cm im Jahr 1975 kam es zu einem starken Gebirgsdruck. Dieser bewirkte, dass

- ein Verschieben der armierten Sperren und eine Hebung in Meterdimensionen stattfand,
- in Folge ein Abscheren an den Arbeitsfugen geschah,
- eine komplette Zerstörung bis in einzelne Blöcke zu beobachten war (s. Abb3),
- größere Bewegungsraten zur Rissbildung und in relativ kurzer Zeit zur völligen Zerstörung führten und
- sich bei Talzuschüben unter bestimmten meteorologischen Bedingungen sehr große Bewegungsraten einstellen können, die häufig mit einer bautechnisch ungünstigen Hebung verknüpft sind.



Abb3: Deutliche Rissbildung (Foto 1) und völlige Zerstörung (Foto 2) von Sperrenbauwerken am Talzuschub Gradenbach/Kärnten

Fig3: Marked gaping fissures (photo 1) and total destruction (photo 2) by the lateral pressure at check dams in the Gradenbach gorge/Carinthia

Folgerungen – neues Verbauungskonzept

Die Untersuchungen des Talzuschubes am Gradenbach zeigen, dass erst eine längere Analyse des Bewegungsablaufes die Möglichkeiten einer nachhaltigen Verbauungsstrategie eröffnet. Aufgrund der seit 1967 gemachten Erfahrungen wurde Ende der 90er Jahre mit einem völlig neuen Sanierungskonzept begonnen. Anstatt von starren Betonquerwerken wurden Dämme

aus miteinander durch Stahlseile verbundene Steinbrocken errichtet (s. Abb4). Diese Verbauungen sollen durch die gegeneinander verschiebbaren Steinwürfe dem vorherrschenden Gebirgsdruck deutlich länger standhalten als konventionelle Querwerke.

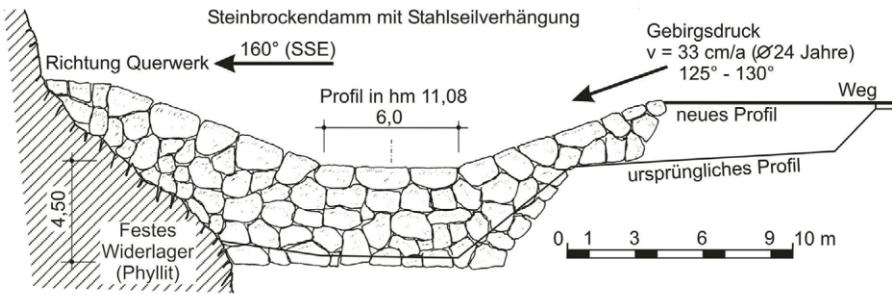


Abb4: Zur Aufnahme des Gebirgsdruckes deformierbarer Steinbrockendamm mit Stahlseilverhängung an der Talzuschubsstirn Gradenbach/Kärnten

Fig4: Compressible stone dam absorbing the lateral mountain pressure at the toe of the sagging of mountain slope Gradenbach/Carinthia

2.2 Talzuschub Reppwand

Morphologische und geologisch-geotechnische Gegebenheiten

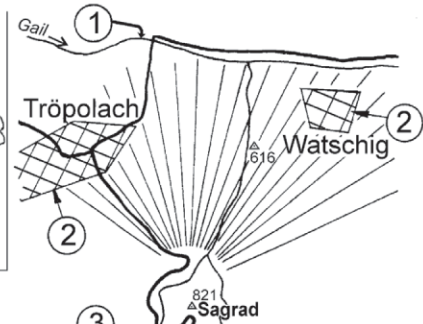
Der Talzuschub Reppwand befindet sich in den Karnischen Alpen in der sogenannten Naßfeldregion am Ausgang des Einzugsgebietes des Oselitzenbaches (27,7 km²). Die dort vorhandenen Großhangbewegungen nehmen eine Fläche von ca. 8 km² ein. Ein Teil davon wurde schon von Kahler & Prey (1963) als Reppwand-Gleitung bezeichnet und umfasst ein Areal von ca. 2,4 km². Die Hangbewegung liegt nördlich des Gartnerkofels (2195 m), unterhalb einer markanten, 300 bis 500 m hohen, überwiegend aus Karbonaten aufgebauten Felswand. Der Talzuschub erstreckt sich auf einer Breite von 1,2 bis 1,5 km und über eine Länge von 1,7 km von der Grabensohle des Oselitzenbaches, zwischen 800 und 960 m, bis an den Fuß der Reppwand in ca. 1400 m (s. Abb5).

Bewegungsablauf – Folgerungen - Verbauungsmaßnahmen

Infolge der Hochwasserkatastrophe vom 10. und 11. September 1983 mit schweren Geschiebeablagerungen am Schwemmkegel des Oselitzenbaches, einer Unterbrechung der Nassfeldbundesstrasse sowie Zerstörungen alter Wildbachverbauungen im Mittel- und Oberlauf des Rudnigrabens wurde im Jahre 1985 durch die Wildbachverbauung (Sekt. Kärnten) ein umfassendes Sanierungsprogramm erstellt. Die Verbauungsziele im einzelnen sind:

- Sicherung der Ortschaften Tröpolach und Watschig inklusive der land- und forstwirtschaftlichen Flächen
- Verhinderung des Geschiebeeinstoßes in die Gail und damit Sicherung der Vorfluterregulierung
- Sicherung der Nassfeldbundesstrasse zur Sommer- und Winterfremdenverkehrsregion Naßfeld-Sonnenalpe / Karnische Alpen sowie nach Pontebba / Italien
- Sicherung der Touristikeinrichtungen inklusive Skilifte und Skipisten. (Skolaut 1985)

Übersichtskarte



derzeit besonders aktiv: 
 aktiv: BZTH, RWG, SAG, TZ
 inaktiv: MZ

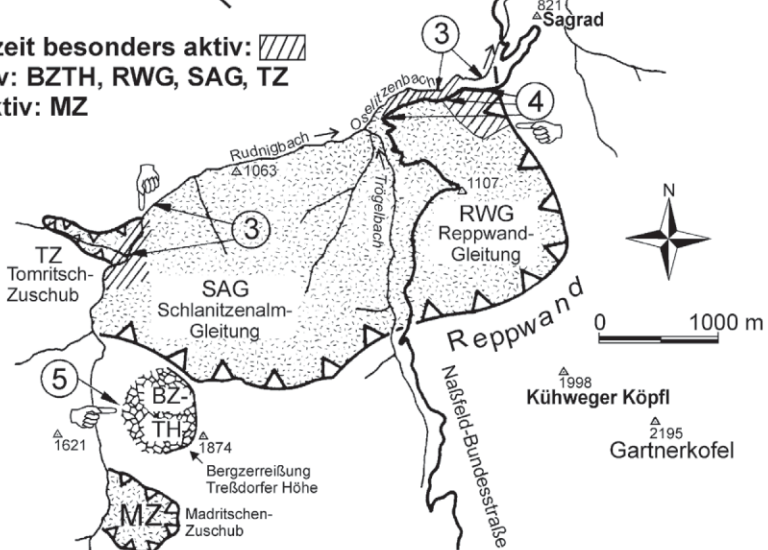


Abb5: Lage der wichtigsten Großhangbewegungen des Nafeldgebietes und ihre Auswirkungen – 1. Aufstau der Gail, 2. Gefährdung der Ortschaften Tropolach und Watschig durch Überschwemmung und Vermurung, 3. Beschädigung der Querwerke durch Gebirgsdruck, 4. Beschädigung und Zerstörung der Nafeldbundesstrasse, 5. erhöhte Felssturzgefhr; (die Hände kennzeichnen Bereiche messtechnischer Überwachung) (nach Moser & Weidner 1998)

Fig5: Effects of the large-scale mass movements at the Nassfeld region/Carinthia (after Moser & Weidner 1998)

Im Gegensatz zum oben beschriebenen Talzuschub am Gradenbach konnten im Naßfeld bis zur Realisierung des Verbaunungsprogramms im Jahre 1988 besonders durch geodätische Messungen im östlichen Bereich der Talzuschubsstirn Kenntnisse über das Bewegungsverhalten des Talzuschubes Reppwand gewonnen werden. Aus den Messungen und den Auswirkungen der Niederschlagskatastrophe vom August 1987 konnten folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Der besonders gefährdete Bereich von hm 29 bis hm 32 wird aufgrund der Höhe der Bewegungsraten mit den gängigen Verbaunungstechniken (Querwerke, Leitwerke) nicht zu beherrschen sein → Verlegung des Baches in einen Felskanal – Fuschttung an der Talzuschubsstirn – Schaffung einer ca. 80 m hohen Felsböschung am stabilen linksufrigen Einhang.

- Für die anschließenden Bereiche (hm 32 – hm 41) mit geringeren Bewegungsraten wurde eine Verbauung mit verschiebbaren Flügeln in den Querwerken als zielführend angesehen.

Für den Bereich von hm 29 bis hm 32 kann entnommen werden, dass die vorgesehenen Maßnahmen zu einer wesentlichen Beruhigung der Hangbewegung geführt haben (s. Abb6).

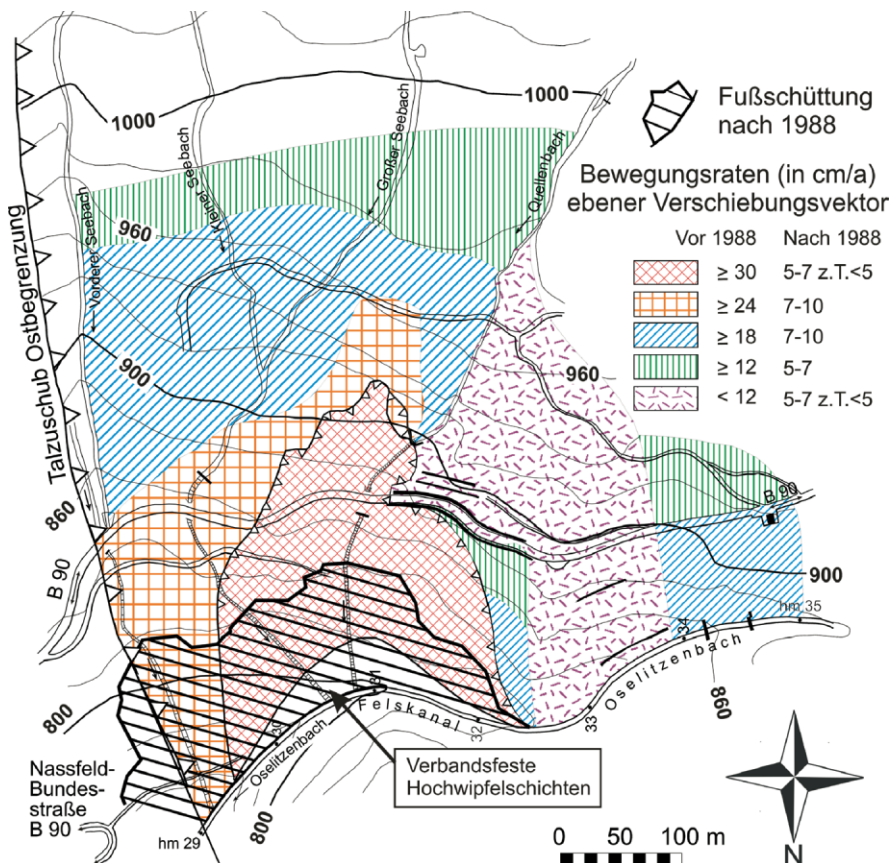


Abb6: Geschwindigkeitsverteilung vor und nach Einbringung der Fußschüttung und Verlegen des Oselitzenbaches in den Felskanal (1988) an der östlichen Stirn des Oselitzenbaches von hm 29 bis hm 32 (mod. nach Weidner 2000)

Fig6: Rates of movements at the eastern toe area between hm 29 and hm 32 before and after stabilizing the sagging mass with the toe load and rerouting the Oselitzenbach into the rock channel (mod. after Weidner 2000)

Ein synoptisches Diagramm der Hangbewegung, der Flügelverschiebung der Gliedersperr und der Extensometermessung bei hm 34,5 kann der Abb7 entnommen werden. Die Verschiebung des Einhanges (geodätische Messung) erreichte in 11 Jahren einen Betrag von 90 cm, die des Sperrflügels dagegen mit 50 cm nur ca. 55% der Hangbewegung. Wie schon bei massiven durchgehenden Sperrkörpern beobachtet werden konnte, werden die Sperrflügel z.T. von der Hangbewegung umflossen.

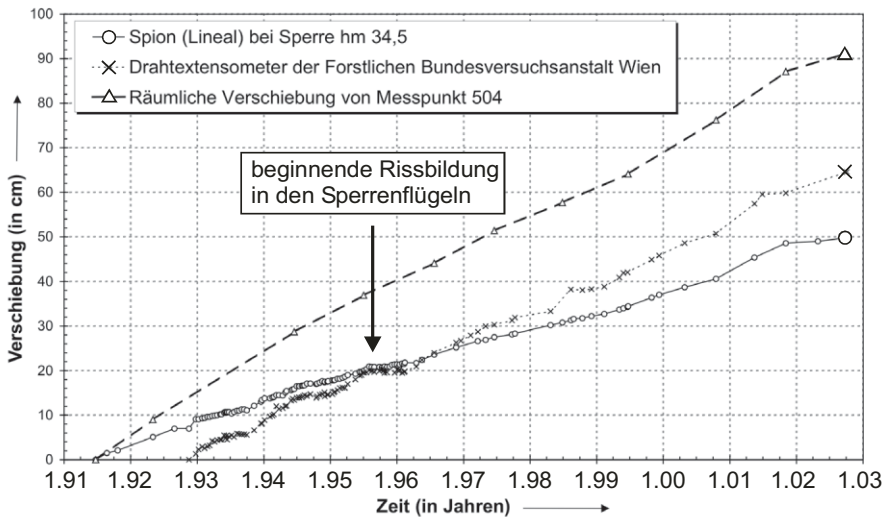


Abb7: Vergleich der Talzuschubsbewegung (geodätische Vermessung, Drahtextensometer) mit der Verschiebung des beweglichen Flügels des Querwerkes bei hm 34,5 (Reppwand Gleitung/Kärnten)

Fig7: Comparison of the movement of the channel reaches (geodetic measurement, wire extensometer) with the movable wing of the check dam at hm 34,5 (toe of the sagging slope Reppwand/Carinthia)

2.3 Talzuschub Dürnbach

Morphologische und geologisch-geotechnische Gegebenheiten

Das Dürnbachtal liegt am Südrand der Kitzbüheler Alpen und wird der großtektonischen Einheit des Innsbrucker Quarzphyllites zugerechnet. Der Dürnbach befindet sich im Gemeindegebiet der Ortschaft Neukirchen am Großvenediger im Oberpinzgau (s. Abb8). Er hat ein etwa 9 km² großes Einzugsgebiet, verläuft annähernd in Nord-Süd-Richtung und entwässert nach Süden in die Salzach. Im Salzachtal hat der Dürnbach aufgrund der dortigen Geländeverflachung einen mächtigen Schwemmkegel von etwa 1,8 km² Fläche aufgeschüttet. Dieser Schwemmkegel weist einen relativ großen Neigungswinkel auf. Die örtlich unterschiedlich stark ausgebildeten Talzuschübe (über 3 km², das entspricht einem Drittel der Gesamteinzugsfläche) führen im Dürnbachgraben zur erhöhten Produktion von Jungschuttmassen. Auf diese Weise liefern sie dem Wildbach eine große Menge an Geschiebematerial, das durch Starkniederschläge in großem Umfang aktiviert werden kann. Dies stellt nicht nur eine erhebliche Gefährdung eines großen Teiles der Ortschaft Neukirchen dar, sondern bedroht auch die Gerlos-Bundesstrasse, die Pinzgjauer Eisenbahnstrecke sowie umfangreiche Flächen land- und forstwirtschaftlichen Gebietes.

Die Geschiebesperren werden durch den enormen Gebirgsdruck der talwärts kriechenden Felsmassen zum Teil erheblich beschädigt oder gar völlig zerstört. Aus diesem Grund mussten im Laufe der Jahre viele Sperren ausgebaut bzw. erneuert werden. Im speziellen ist dies der Fall im Bereich der vorderen beidseitigen Talzuschübe (von hm 28,5 bis hm 31,5), die zusammen eine Fläche von ca. 0,8 km² einnehmen.

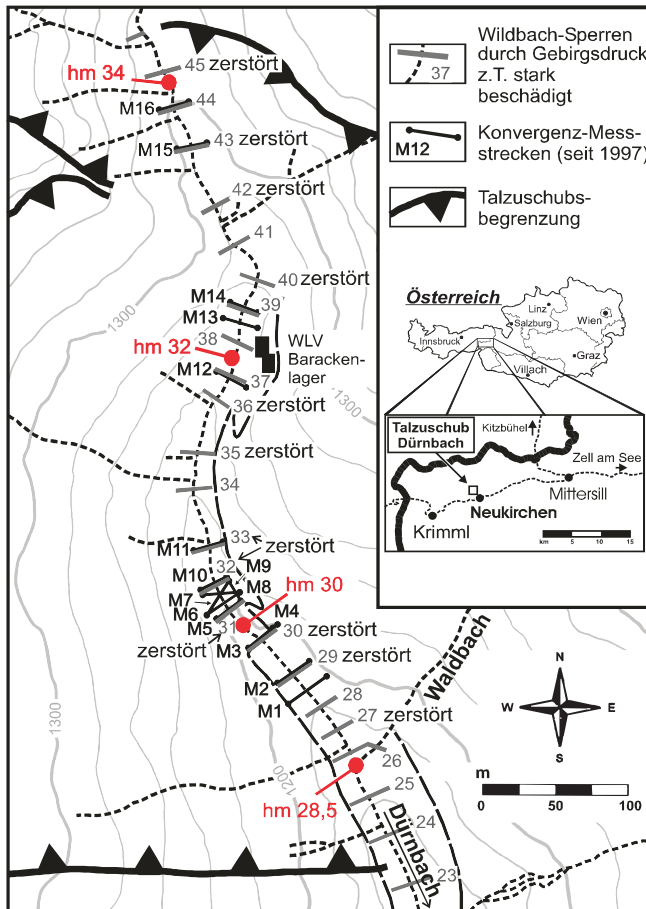


Abb8: Ausschnitt aus der aktiven Talzuschubsstrecke (beidseitig) von hm 28,5 bis hm 34 mit dem Erhaltungszustand der Querwerke und den Konvergenzmessstrecken seit 1997 (Dürnberg/Salzburg)

Fig8: Sketch map of the torrent channel with emplacement of the partly crushed check dams and location of measurements (sagging slopes Dürnbach/Salzburg)

Die Verbauungen

Ein erstes Verbauungskonzept wurde 1913 erstellt, wobei das gesamte Verbauungswerk schon die Regulierung des gesamten Schwemmkegels, die Geschieberückhaltung am Grabenausgang sowie die Konsolidierung der Erosionsstrecke im Graben beinhaltet. Die beidseitig auftretenden Talzuschübe führten besonders ab dem linksufrig einmündenden Waldbach (hm 28,5) durch Gebirgsdrücke wiederholt zu Schäden (Kronfellner-Kraus 1988).

Da bei massiven Querwerken aus Beton bei seitlichem Gebirgsdruck schon nach kurzer Zeit Scher- und Zugrisse in den Sperrenflügeln entstehen, entschloss man sich in der letzten Bauphase Ende der 60er Jahre besonders in der Haupterosionsstrecke dem aktiven Gebirgsdruck nachgiebige, deformierbare Querwerke entgegenzusetzen. Im einzelnen sind dies gegliederte Querwerke (Flügel verschiebbar gegen das Sperrenzentrum gebaut), Gitterrostsperrern und Korbreihensperren.

Der Bewegungsablauf - Auswirkungen auf die Sperren

Insgesamt gesehen sind die Veränderungen des Bachquerschnittes und damit auch die Beeinträchtigungen der Verbauungen am Dürnbach wesentlich geringer als am Talzuschub Gradenbach. Dies zeigen auch die Konvergenzraten bzw. die Verringerung des Grabenquerschnittes. Die Konvergenzrate beträgt am Dürnbach durchschnittlich ca. 7 cm/a und am Gradenbach ca. 30 cm/a. In 20 Jahren hat sich der Bachquerschnitt des Dürnbaches um ca. 1,4 m verringert. Am Gradenbach beträgt die Einengung demgegenüber ca. 7,5 m im gleichen Zeitraum.

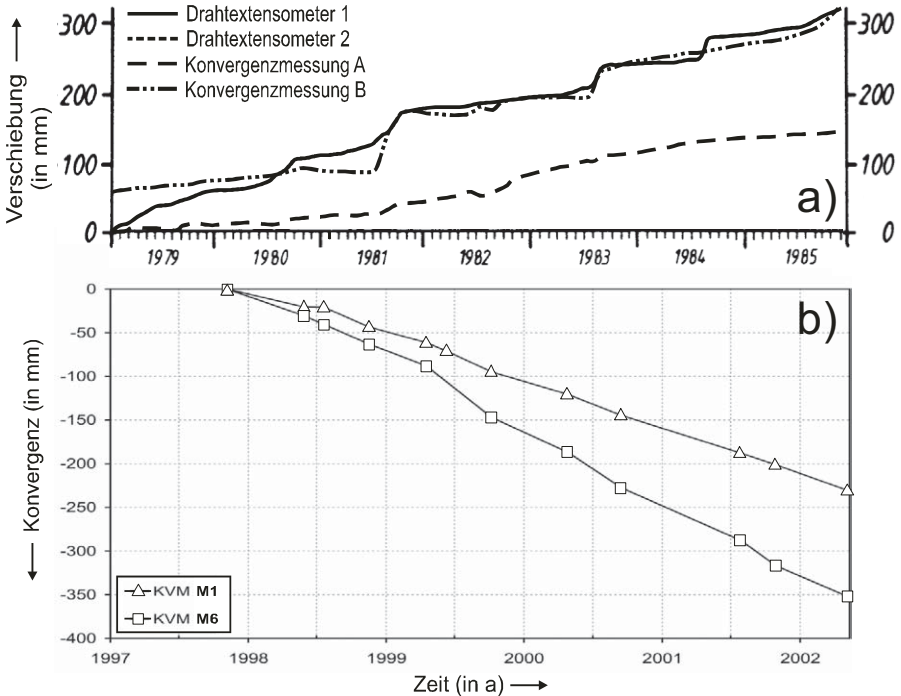


Abb9: Verlauf der Zuschuberscheinungen mit Konvergenzmessstrecken und Drahtextensometermessungen für die Jahre 1979 bis 1985 (a) mod. nach Kronfellner-Kraus 1988) und für die Jahre 1997 bis 2002 (b)) (zur Lage s. Abb8)

Fig9: Course of creep in time with steel tape and wire extensometer measurements between 1979 and 1985 (a) mod. after Kronfellner-Kraus 1988) and between 1997 and 2002 (b)) (for location see Fig8)

Zur Erfassung des Bewegungsablaufes wurden neben Neigungs- und Druckmessungen auch Konvergenz- und Drahtextensometermessungen durchgeführt (1977 bzw. 1979 bis 1985 von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien (Kronfellner-Kraus 1988) und ab 1997 vom Lehrstuhl für Angewandte Geologie in Erlangen). Die durchschnittlichen Konvergenzen betragen pro Jahr zwischen 7 mm und 75 mm. An den Stahlbeton-, Gitterrost- und Gliedersperren konnten u.a. horizontale und senkrechte Rissbildungen (z.B. Stahlbetonsperre Nr. 31 → 15 cm breiter senkrechter Riss), starke Verbiegungen der Stahlstreben (z.B. Gitterrostsperrre Nr. 32) sowie Spaltenbildungen zwischen dem Mittelsegment und dem Flügel (z.B. Gliedersperre Nr. 33) beobachtet werden. Die Korbreihensperren, die schon in Bereichen mit geringerer Bewegungsrate zu liegen kommen, weisen dagegen keine sichtbaren Schäden auf.

3 Ausblick und Folgerungen für die Praxis

Erfahrungen mit Verbaunungsmaßnahmen an Talzuschüben haben gezeigt, dass der Ablauf der Bewegungen den Beschädigungsgrad bestimmt. Insbesondere muss hier die durchschnittliche jährliche Bewegungsrate, aber vor allem auch intensive Bewegungsraten, die sich bei extremen meteorologischen Bedingungen einstellen, Berücksichtigung finden. Um nachhaltige Verbaunungsmaßnahmen planen zu können, sind Messungen über einen längeren Zeitraum mit möglichst hoher zeitlicher Auflösung erforderlich. Dabei sind für die Erfassung des Bewegungsmusters im Hinblick auf die steuernden Faktoren kontinuierliche Messungen sinnvoll. Dabei können Maßband-, Präzisionsstahlband- und / oder Drahtextensometermessungen zum Einsatz kommen.

Hinsichtlich der Nachhaltigkeit von Sanierungsmaßnahmen hat sich in der Verbaunungsgeschichte alpiner Talzuschübe der letzten 30 Jahre gezeigt, dass bei den auftretenden Kräften Beanspruchungen entstehen, die die Materialfestigkeiten konventioneller Wildbachsperrern übersteigen (z.B. am Talzus Schub Gradenbach in Kärnten). Bei zu erwartenden hohen seitlichen Gebirgsdrücken hat es sich bewährt entweder eine Bachverlegung vorzunehmen (z.B. Teilbereiche der Talzuschubsstirn der Reppwand-Gleitung/Kärnten) oder aber nachgiebige, deformierbare Werke entgegenzusetzen. Die Erfahrungen bei deformierbaren Gliedersperrern mit beweglichen Flügeln haben gezeigt, dass die Sperrglieder nicht nur aneinander vorbeigeschoben werden, sondern dass z.T. auch Rissbildungen erfolgen. Bei manchen Sperrern konnte ein senkrecht zur Verschiebungsrichtung stattfindendes Auseinanderdriften der Sperrflügel beobachtet werden (z.B. Reppwand-Gleitung/Kärnten sowie Dürnbach/Salzburg). Bei verformbaren Querwerken aus Stahl haben sich hinsichtlich des Deformationsverhaltens besonders bei Gebirgsdrücken senkrecht zum Bach Korbreihensperrern bewährt (z.B. Dürnbach/Salzburg). Die Erfahrungen der letzten 30 Jahre in alpinen Talzuschubsgebieten zeigen, dass nur ein umfangreiches Untersuchungsprogramm ein nachhaltiges Verbaunungskonzept garantieren kann. Es reicht von großmaßstäbigen geologisch-geotechnischen Kartierungen bis hin zu einem längerjährigen Messprogramm.

Dank

Für die Unterstützung bei geodätischen Arbeiten gilt unser Dank Herrn Prof. G. Schmitt (Geodätisches Institut, Universität Karlsruhe). Des Weiteren sind wir Herrn Dipl. Ing. Kohl (Fortsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbaunung, Sektion Kärnten) für die Überlassung von Untersuchungsergebnissen zu Dank verpflichtet.

LITERATUR

- Kahler F. & Prey S. (1963): „Erläuterungen zur Geologischen Karte des Naßfeld-Gartnerkofel-Gebietes in den Karnischen Alpen“. 115 S., 5 Taf.; *Geologische Bundesanstalt*, Wien.
- Kronfellner-Kraus G. (1988). „Der Dürnbach im Oberpinzgau und seine Verbaunungstechnischen Probleme“. In: *Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, Heft 161, S. 9-110*; Wien.
- Moser M. & Weidner S. (1998): „Die Auswirkungen von Talzuschüben auf die alpine Umwelt“. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 208: 531-548; Stuttgart.
- Skolaut H. (1985): „Technischer Bericht für das Ausführungsprojekt Oselitzenbach“. – Villach.
- Stiny J. (1941): „Unsere Täler wachsen zu“. *Geol. und Bauwesen, Band 13, S. 71-79*, Wien.
- Suchan R. (2000): „Instabile Hangflanken im Dürnbachtal (Oberpinzgau/Österreich)“. - *unveröff. Dipl. Arbeit Univ. Erlangen-Nürnberg*; 176 S.; Erlangen.
- Weidner S. (2000): „Kinematik und Mechanismus tiefgreifender alpiner Hangdeformationen unter besonderer Berücksichtigung der hydrogeologischen Verhältnisse“. *Diss. Univ. Erlangen-Nürnberg*; 146 S.; Erlangen.