

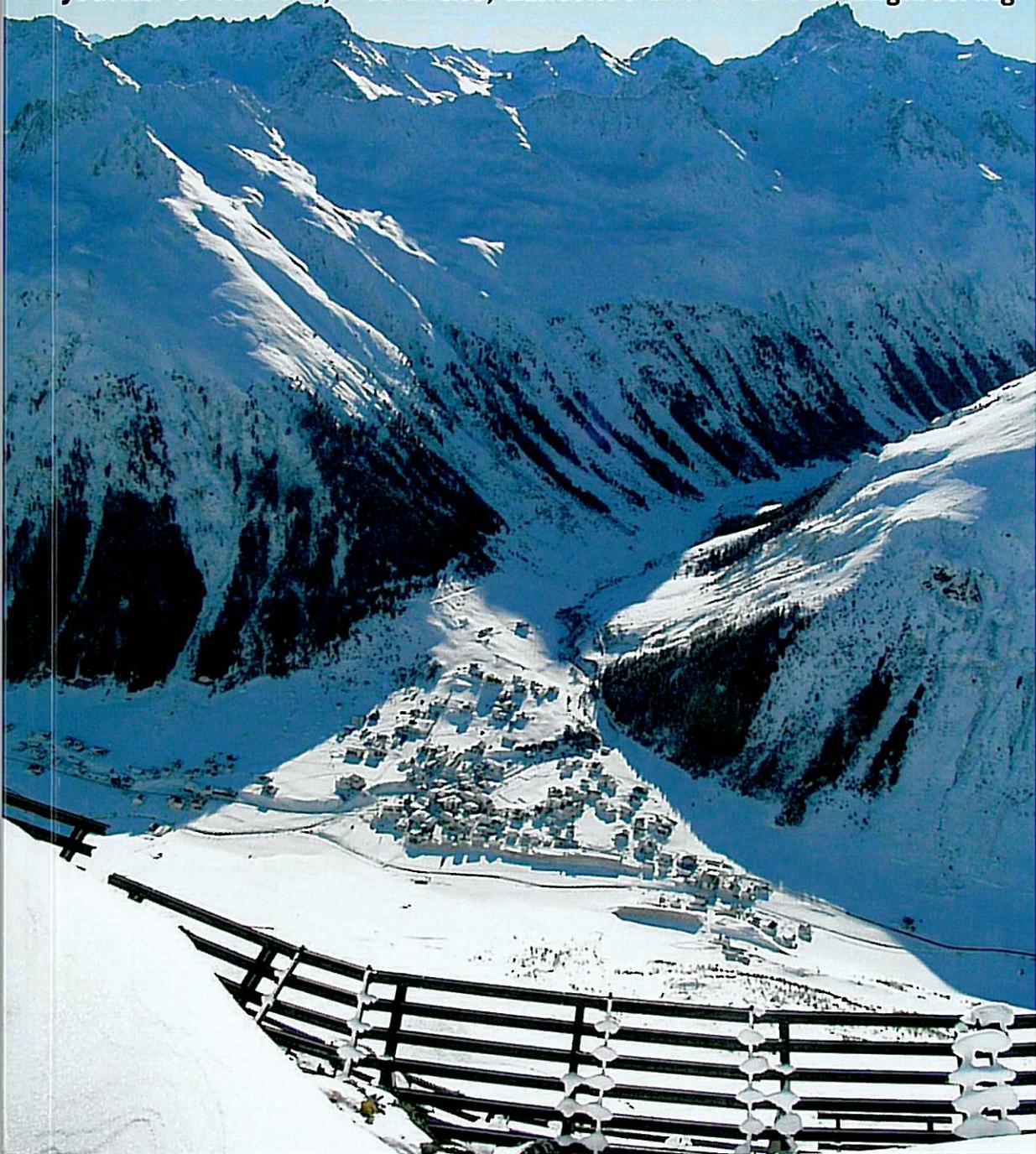
# Wildbach- und Lawinenverbau



Sonderheft 2003 Tirol

Nr. 150

**Journal of Torrent, Avalanche, Landslide and Rock Fall Engineering**



# WILDBACH- UND LAWINENVERBAU

Zeitschrift für Wildbach-, Erosions-  
und Steinschlagschutz

Journal of Torrent, Avalanche, Landslide and  
Rock Fall Engineering

Tirol

---

August 2003

Nr. 150

---

Impressum:

Eigentümer: Verein der Diplomingenieure der Wildbach- und  
Lawinenverbauung Österreichs, A-6460 Imst

Herausgeber: Dipl.-Ing. Christian Weber, c/o Forsttechnischer Dienst für  
Wildbach- und Lawinenverbauung, Langgasse 88, A-6460 Imst, Austria

Tel. +43 +5412/66 5 31, Fax. +43 +5412/66 5 31-23,

e-mail: christian.weber@wlv.bmlf.gv.at

Titelbild: Galtür, Bezirk Landeck, Februar 2000; Archiv Gebietsbauleitung Oberes Inntal

Foto: Dipl.-Ing. Christian Weber

# LG TION

um  
its neue



bs GmbH



## Inhaltsverzeichnis / List of Contents

<b>Haas A.</b>	Hochwasserretention Wörglerbach The flood-retarding arch dam in the torrent Wörglerbach	11
<b>Skolaut Ch.</b>	Erfahrungen mit den Ausleitungssystemen in der Tristenau im Projekt Pertisau Wildbäche Experiences with the reactivation of flood plains by technical measures in the defense project Pertisau Wildbäche - Tristenau	29
<b>Sauermoser S., Angerer H.</b>	Felssturz Eiblschrofen Rockfall Eiblschrofen	38
<b>Sauermoser S, Frey D.</b>	Integraler Hochwasser- und Lawinenschutz im Zillertal - eine Bewertung Integral watershed-improvement in the Ziller-valley - a résumé	49
<b>Dragosits F.</b>	Interdisziplinäre Schutzmaßnahmen in den Höfener Wildbächen Interdisciplinary preventive protection measures in the torrents „Höfener Wildbäche“	61
<b>Sauermoser S.</b>	Sind Lawinen berechenbar? About the possibility to simulate avalanches	75
<b>Huber Th.</b>	Die Großrutschung im Starkenbach am 29. 8. 1999 in der Gemeinde Schönwies/Tirol The large landslide Starkenbach on the 29 <sup>th</sup> of August 1999 in the community Schönwies/Tyrol	86
<b>Heumader J.</b>	Erfahrungen mit Hochlagenaufforstungen in der Gebietsbauleitung Oberes Inntal Experiences with high-elevation afforestations in the districts Imst and Landeck/Tyrol	96

<b>Gwercher A.</b>	<p>Naturnahe Rampenstaffelung in der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal am Beispiel Pinnisbach Nature-orientated chains of blockramp sills in the District Office „Middle Inn Valley“, example „Pinnisbach“-torrent</p>	111
<b>Pittracher M.</b>	<p>Naturnahe Rampenstaffelung in der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal am Beispiel Bärenbach Nature orientated chains of block ramps in the torrent „Bärenbach“, District Office „Middle Inn Valley“</p>	119
<b>Bednarz R.</b>	<p>Lawinenauffang-, Leit- und Ablenkdamme sowie Bremsbauwerke in der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal Avalanche barriers, deflecting dams and avalanche retarders in the working area of the District Office „Middle Inn Valley“</p>	124
<b>Pichler A.</b>	<p>Vorbeugender Schutz vor Wildbachgefahren Wildbachbetreuung und Gewässerpflege Protection against torrent hazards by regular Inspection and maintenance</p>	133
<b>Produktbeschreibungen</b>		142



it  
amen



# Hochwasserretention Wörglerbach

## The flood-retarding arch dam in the torrent Wörglerbach

von/by

Andreas Haas

### Zusammenfassung:

In diesem Beitrag sollen - ausgehend von den Ursachen und den lokalen Eigenheiten - die zeitliche und praktische Umsetzung eines nicht alltäglichen Verbauungsprojektes dargelegt werden. Anlass des Projektes Wörglerbach 1996 ist das Hochwasser vom 26.07.1994, bei dem 71 ha der Stadt Wörgl (10.054 Einwohner) überflutet wurden.

### Summary:

This article describes the realization of the project "Wörglerbach", being not an everyday-work. The main component of this project is a flood-retarding arch dam. The flood-disaster of the 26<sup>th</sup> of July 1994, with a flood area of 71 squarehectares in the town of Wörgl has ben the cause for developing this project.

### Das Einzugsgebiet:

Der Wörglerbach ist ein rechtsufriger Zubringer zum Inn und hat ein Einzugsgebiet von 20,0 km<sup>2</sup>. Die höchste Erhebung ist 1.731 m hoch, die Mündung liegt in rd. 500 m Seehöhe. Der Oberlauf gliedert sich in 4 Teilgebiete, von welchen der Wildenbach (E = 8,3 km<sup>2</sup>) das größte Teileinzugsgebiet darstellt. Im Mittellauf überwindet der Bach die 2 km lange Wörgler Klamm, an die sich die 1,9 km lange Unterlaufstrecke im Stadtgebiet von Wörgl anschließt.

Die geologische Zusammensetzung des Einzugsgebietes des Wörglerbaches besteht im Wesentlichen aus dem Paläozoikum der Grauwackenzone im Süden und aus mesozoischen Gesteinsformationen - roter Buntsandstein und Triasdolomit - (Wörgler Klamm) im Norden. Der dem Wörglerbach zugehörige Schwemmkegel kann mit 6 - 9 % als sehr flach bezeichnet werden.

Der durchschnittliche Jahresniederschlag im Einzugsgebiet des Wörglerbaches beträgt rd. 1.400 mm.

Das gesamte Einzugsgebiet weist einen Bewaldungsanteil von ca. 50 % auf.

Die Kompetenzgrenze zwischen Wildbach- und Lawinenverbauung und der Wasserbauverwaltung liegt bei hm 20 am Schluchtausgang.

Nach Angaben der Wasserbauverwaltung wird das höchstmögliche Abfuhrvermögen des Wörglerbachgerinnes im Stadtbereich (hm 20 – hm 0) bei max. Ausbaustand bei **35 m<sup>3</sup> / sec.** liegen! Diesem Wert steht jedoch bei einem 150 - jährlichen Hochwasserereignis ein Spitzenabfluss von ca. **80 m<sup>3</sup> / sec.** gegenüber.

Seit jeher lebte man in Wörgl mit der Bedrohung durch Überflutungen durch den Wörglerbach. In der Stadtchronik ist von verheerenden Unwettern und deren Folgen zu lesen.

Besonders in Erinnerung geblieben sind die Überschwemmungen aus dem Jahre 1893 und den Folgejahren 1894, 1896 und 1899. Im vergangenen Jahrhundert kam es 1946 und 1994 zu großen Überschwemmungen.

### Hochwasserereignis vom 26.07.1994:

Am späten Abend des 26. Juli 1994 ging über dem Einzugsgebiet des Wörglerbaches ein schweres Unwetter nieder. Besonders davon betroffen war der Wörglerbach / Wildenbach, der im Wesentlichen die Ursache für die Katastrophe in Wörgl war. Dabei wurde das oberste Einzugsgebiet des Wildenbaches bei mehreren aufeinanderfolgenden Gewitterereignissen von ca. 1 Std. Dauer intensivst überregnet, verbunden mit Hagelschlag.

Die Ausdehnung des Gewitters war kleinräumig, da bei den nächstgelegenen Niederschlagsmessstationen (3 km Entfernung) nur 15 mm bzw. 4 mm gemessen wurden. Lediglich bei der Messstation Wörgl, Riederberg (außerhalb des Perimeters), wurden 42,2 mm in 35 min. gemessen.

Im obersten Einzugsgebiet wurden in sämtlichen Quellgräben des Wildenbaches Muren ausgelöst. Selbst Seitengräben mit 100%iger Bewaldung "sprangen" auf Grund dieser Wassermassen an.

Die 3 Geschiebeablagerungsplätze (hm 17,87, hm 9,00 und hm 1,80) waren mit rd. 32.000 m<sup>3</sup> randvoll mit Murmaterial gefüllt, es kam auch zu Überbordungen in der Wildschönau.

Der geschlebefreie Tagesspeicher der Stadtwerke Wörgl im Wörglerbach (hm 30,5) hat die Stadt Wörgl vor noch größeren Schäden bewahrt. Es wurden hier rd. 23.000 m<sup>3</sup> Grobgeschiebe und viel Unholz zur Ablagerung gebracht.

Die Wassermassen und der Schlamm sowie auch ein Teil des Unholzes erreichten dennoch Wörgl, wo es infolge zu geringer Durchflussquerschnitte zu einer Verklausung und zu Überbordungen des Gerinnes gekommen ist. Die Schäden an öffentlichen Einrichtungen und besonders die Schäden an privatem Eigentum in und an den Gebäuden waren enorm. Die Schätzung der gemeldeten Schäden durch die Schadenskommission belief sich auf ATS 60 (!) Mio. an 169 Objekten. Allein im Stadtgebiet von Wörgl fielen bei den Aufräumarbeiten 27.000 to Schlamm, Unholz, etc. an.

Das **Verbauungsziel** der Projekte Wörglerbach 1996 und Wörglerbach / Wildenbach 1997 ist die Verhinderung von weiteren Überflutungen der Stadt Wörgl, wie sie bisher ungefähr alle 40 - 50 Jahre aufgetreten sind.

Der **Verbauungsgrundgedanke** ist:

a) hinsichtlich **Projekt Wörglerbach**

- \*) die Verklausungsgefahr im Unterlauf durch die Errichtung einer Seilsperre (hm 36,91) abzumindern.
- \*) den Geschiebetrieb - in die Stadt, wie auch in den Tagesspeicher der Stadtwerke Wörgl - durch die Errichtung einer Staffelung im Mauthgraben (15 Sperren) und die Herstellung eines Geschiebeablagerungsplatzes (hm 34,01) zu reduzieren.
- \*) die Reduzierung des Hochwasserabflusses durch Kappung der Hochwasserspitze von 80 m<sup>3</sup> / sec auf 35 m<sup>3</sup> / sec durch Errichtung einer Dotationssperre (hm 24,175).

Die geschätzten Kosten für dieses Projekt betragen 3,175 Mio. € (43,5 Mio. ATS)

Die Kosten-Nutzen-Untersuchung ergab einen Rentabilitätsquotienten von 3,92.

b) hinsichtlich **Projekt Wörglerbach/Wildenbach**

- \*) die Reduzierung des Geschiebeabtrages durch Errichtung von ausgedehnten Oberlaufregulierungen in Form von Staffelungen (98 Konsolidierungssperren).
- \*) die Ertüchtigung bzw. den Ausbau von 3 bestehenden Ablagerungsplätzen.

Die geschätzten Kosten für dieses Projekt betragen 8,4 Mio. € (ATS 115,62 Mio. );

**Hochwasserdotationssperre in hm 24,175**

Der durch die Errichtung der Stausperre für ein E-Werk in den Jahren 1897 / 98 bei hm 24,10 entstandene bergseitige, rd. 400 m lange Verlandungsraum wird als Hochwasserretentionsraum genutzt. Geologisch gesehen liegt dieser Bachabschnitt im Triasdolomit, der sehr steile Ufer bildet.

Für eine weitere Befassung mit dem geplanten Sperrenstandort mussten umfangreiche hydrologische, hydraulische, und geologische Überlegungen angestellt werden.

### ***Geologische Vorentscheidungen:***

Seitens der Geologischen Stelle der Wildbach- und Lawinenverbauung wurden vorab Felderhebungen bzgl. Sperrereinbindung und Stauraumbeurteilung durchgeführt. Als dessen Ergebnis konnten für den geplanten Sperrenstandort weiterführende Überlegungen getroffen werden.

### ***Hydrologische Überlegungen:***

Zur Ermittlung des Hochwasserspitzenabflusses bei einem 150jährigen Niederschlagsereignis wurden mehrere Verfahren (BERGTHALER, WUNDT, OFNER, ZEDLACHER) herangezogen.

Es wurden sowohl für die einzelnen Teileinzugsgebiete als auch für das Gesamteinzugsgebiet die Abflussbeiwerte - nach Kulturgattungen gewichtet - erhoben.

Die Ermittlung der 150 jährlichen Hochwasserganglinie erfolgte nach Bergthaler. Diesem Verfahren liegt die Abflussganglinie nach Malzer zugrunde. Die Hochwasserganglinie dient gleichzeitig als Zuflussganglinie für die Stauraumberechnung.

Der Hochwasserspitzenabfluss für das **150jährige** Hochwasser wurde mit **80 m<sup>3</sup> / sec.** ermittelt.

Rechnerisch erreicht die Hochwasserspitze den Schluchtausgang unmittelbar oberhalb der Stadt Wörgl innerhalb eines Zeitraumes von 64 Minuten nach Beginn des Starkregens.

Das HQ5000 wurde auf Grund der Mitteilung des Hydrografischen Zentralbüros des - damaligen - Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft mit 100 m<sup>3</sup> / sec. festgelegt. Die Hochwasserentlastung der Retentionssperre wurde auf dieses Abfuhrvermögen ausgelegt.

### ***Stauraumermittlung für die Hochwasserdotationssperre:***

Der für die Hochwasserretention in Frage kommende Stauraum wurde seitens der Gebietsbauleitung tachymetrisch vermessen und daraus in Abhängigkeit von der Stauhöhe die Speicherinhaltslinie ermittelt. Bei der ermittelten max. Stauhöhe von 24,30 m über Verlandungskörper beträgt der Speicherinhalt 178.500 m<sup>3</sup>. Die Abflusskurve wurde unter der Prämisse, dass nur max. 35 m<sup>3</sup> / sec. abfließen dürfen, erstellt. Auf Grund der geforderten Sicherheit und auf Grund der Tatsache, dass ein derartiges Bauwerk nach der Statistik nur etwa alle 40 Jahre beansprucht wird, wurde auf bewegliche Verschlusssteile beim Grundablass verzichtet. Es wurde daher die Abflusskurve für eine Kreissole mit einem Durchmesser von 1,90 m als Funktion der Wasserspiegellage gerechnet.

Für die Ermittlung des max. erforderlichen Retentionsraumes wurden 6 Abflussszenarien in Abhängigkeit von der Regendauer untersucht. Dabei ergab sich, dass bei einer Regendauer von 64 Minuten - das entspricht der Anlaufzeit der Hochwasserwelle - die oben angegebene Größe des Speicherraumes erforderlich ist.

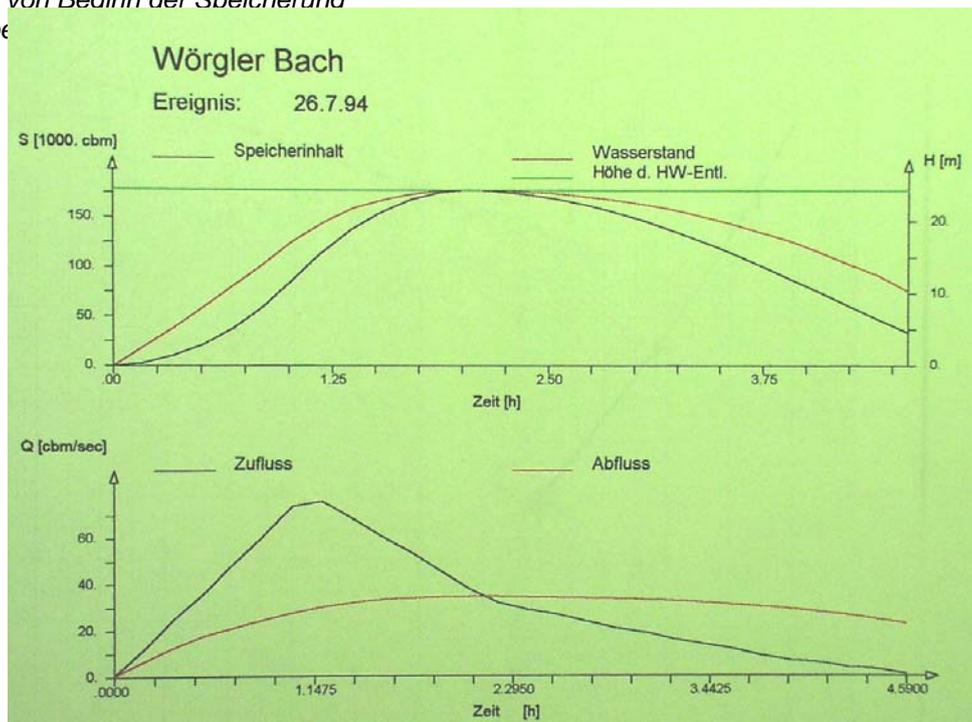
Hochwässer, bei denen die Regendauer kürzer als die Anlaufzeit der Hochwasserwelle ist, haben eine geringere Hochwasserfracht. Jene Hochwässer, bei denen die Regendauer länger als die Anlaufzeit ist, erzeugen zwar eine größere Hochwasserfracht, es kommt aber infolge der längeren Dauer zu einem wesentlich höheren Abfluss aus dem Speicherraum bereits während des Ereignisses.

Bei einer Regendauer von mehr als 250 min. wird der Zufluss kleiner als der mögliche Abfluss. Somit können Ein- oder Mehrtagesregen niemals zu einer völligen Speicherfüllung führen.

Die mit Hilfe des Hochwasseranalyseprogrammes SEERET der Universität Karlsruhe durchgeführte Berechnung für den Wörglerbach ergab unter Berücksichtigung der ermittelten hydrologischen Daten folgende Kennwerte:

Zuflusssumme: 513.000 m<sup>3</sup>  
 max. Speichervolumen: 178.500 m<sup>3</sup>  
 max. Speicherhöhe: 24,33 m nach 2 Stunden und 2 min.  
 max. Abfluss bei Vollstau: 34,94 m<sup>3</sup>/sec.

Dauer von Beginn der Speicherung bis Sp



### **Sperrenbeschreibung:**

Das Vorhandensein einer günstigen Profilform (enge Schlucht), die günstigen geologischen Verhältnisse (Dolomit) und der bachaufwärts mehr als 400 m lange Speicherraum ließen die Errichtung einer bogenförmigen Dotationssperre bei hm 24,175 geradezu ideal erscheinen. Es wurde rd. 7 m bergseits der im Jahre 1897 / 98 errichteten Sperre eine Bogensperre in Beton geplant.

Eine Voraus - Berechnung der Sperre der Gebietsbauleitung zur Abschätzung der auftretenden Kräfte und Momente sowie zur Abschätzung der Massen erfolgte nach den LIEURANCE-Tafeln, wobei die Sperre in insgesamt 9 Lamellen mit je 4 m Höhe "zerlegt" wurde.

Die statische Detaildimensionierung, die Einreichplanung für die wasserrechtliche Bewilligung und die Ausführungsplanung wurden von einem Zivilingenieurbüro durchgeführt.

Die einzelnen Aufgabenstellungen konnten auf Grund einer Vielzahl von Besprechungen mit einschlägig versierten Fachkräften konkretisiert und in der Folge entsprechende Ausschreibungsbedingungen definiert werden.

Als Ergebnis von beschränkten Ausschreibungsverfahren konnten schlussendlich für die *geologische Erkundung* das Zivilingenieurbüro, die Fa. **ILF Beratende Ingenieure**, Innsbruck und für die *statisch-konstruktive Bearbeitung* der Dotationssperre die Fa. **Tauernplan** (jetzt Fa. Austrian Hydropower – AHP)), Salzburg, als Bestbieter die Aufträge erhalten. Auch die Ausarbeitung der Projektunterlagen für die Staubeckenkommission wurde von der Fa. Tauernplan durchgeführt.

Im Zuge der geologischen Erkundung wurden eingehende Erhebungen sowohl der Fundierung und der Einbindung der Sperre sowie des gesamten im Katastrophenfall beanspruchten Stauraumes erhoben.

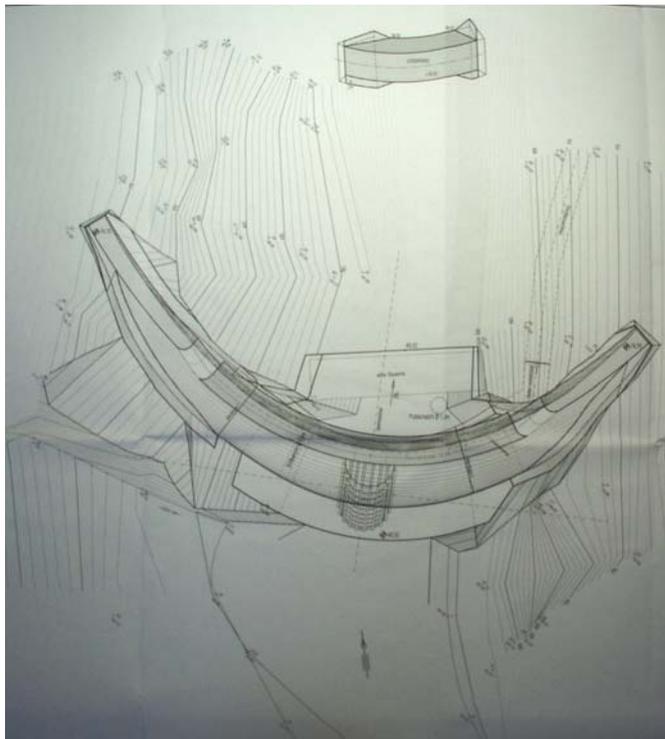
Die statisch-konstruktive Bemessung der Dotationssperre ging zunächst von einer Zylinderform der Sperre mit lotrechter Wasserwand - so wie in der Vorstudie berechnet - aus. Nach mehreren Rechendurchgängen (insgesamt 9 Varianten) kristallisierte sich eine

### **doppelt gewölbte Bogenmauer**

als die ideale Mauerform heraus.

Die Sperre wurde aus horizontalen Parabelbögen entwickelt, die an der Aufstandsfläche einen Scheitelkrümmungsradius von 11 m und einen maximalen Scheitelkrümmungsradius an der Krone auf der orografisch linken von 16 m und auf der rechten Seite 14 m haben. Die Bögen werden zu den Flanken hin zunehmend flacher. Zusätzlich ändern sich die Radien mit der Höhe der Sperre.

Der sehr enge Talboden wurde durch eine Betonplombe bis zur Sperrenaufstandsfläche mit einer Stärke von etwa 9 m ausbetoniert. Die Betonplombe wurde auf der ursprünglichen felsigen Bachsohle aufgesetzt.



Bei der statischen Dimensionierung wurden

- 5 Regellastfälle,
- 2 außergewöhnliche,
- 4 extreme Lastfälle , sowie
- 1 Lastfall zur Information berechnet.

Die überwiegende Zeit des Jahres ist die Dotationssperre lediglich durch Eigengewicht und Temperaturänderung beansprucht. Die Sperre wurde so ausgelegt und entworfen, dass für den Lastfall Eigengewicht, Vollstau und Temperatur keine Zugspannungen auftreten und zusätzlich die Zugspannungen aus dem Lastfall Eigengewicht und Temperatur klein bleiben. Es kann zusammengefasst werden, dass das Beanspruchungsniveau aus den Druckspannungen über die **Regellastfälle** bei  $1,36 \text{ N / mm}^2$  liegt und damit gering ist.

Aus konstruktiven Gründen wurden zwei vertikale Blockfugen angeordnet, die horizontale Zugspannungen aus der Temperaturbeanspruchung durch Öffnen der Fuge abbauen können. Diese Blockfugen sind in vertikaler Richtung in 3 Injektionsfelder gegliedert. Eine Scherverzahnung der Blockfugen ist vorhanden. Die Injektion der Fugen erfolgte bzw. erfolgt noch bei niedriger - etwa 7°C - Betontemperatur.

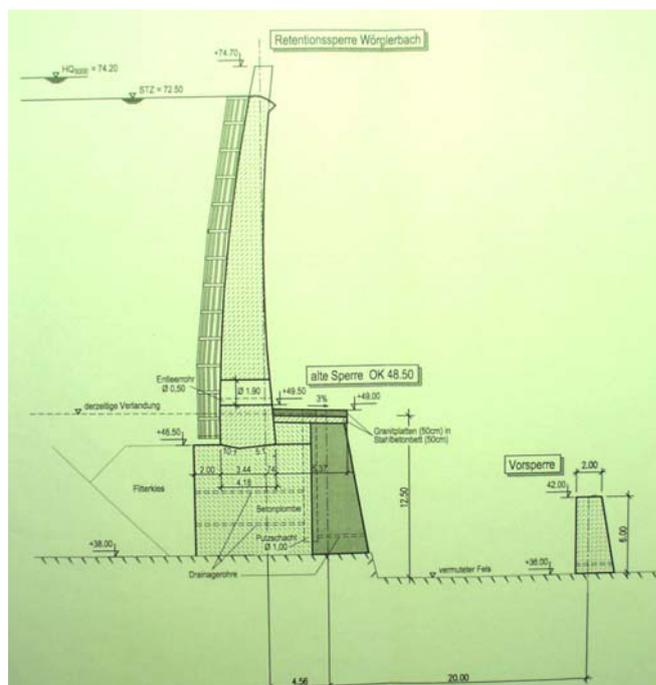
Für den Sperrenbeton wurde eine Festigkeit entsprechend einem B160 nach 90 Tagen gefordert, der frostbeständig sein muss und eine geringe Wärmeentwicklung und Schwindneigung haben soll. Die Eignungsprüfung für den Sperrenbeton wurde bereits im Vorfeld der Vorbereitungen durchgeführt.

Zusammenfassung der generellen Größen:

Die Höhenangaben beziehen sich auf ein lokales Sperrenkoordinatensystem in der Klamm.  
 Höhe 48,5 m = Höhe der Abflusssektion der alten Sperre

Hauptdaten der Dotationssperre lt. Projekt:

Stauziel	72,50 m
Stauziel bei HQ5000	74,20 m
Kronenhöhe auf Überfallkante	72,50 m
Totale Mauerhöhe	36,7 m (8,5 m Betonplombe, 28,2 m Sperre)
Retentionsinhalt	178.500 m <sup>3</sup>
Tiefste Gründungssohle	38,0 m
Kronenbogenlänge	40 m
Kronenbreite auf Überfallkante	1,50 m
Maximale Basisbreite-Sperre	4,20 m
Betonvolumen der Sperre	1800 m <sup>3</sup>
Betonvolumen der Betonplombe	700 m <sup>3</sup>
Qualität Sperrenbeton	B160 /WU/FB/GK45LPV



**Rechtlicher Verfahrensablauf**

Auf Grund der Tatsache, dass die beabsichtigte Sperrenhöhe (Fundierungssohle – Überaich) über 30 m Höhe beträgt, lag schlussendlich gem. WRG § 100 (1) lit d) i. d. Fg. 1990 die rechtliche Kompetenz beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Für die fachliche Begutachtung der auf Talsperren und Stauanlagen sich beziehenden technischen Fragen bedient sich die oberste Wasserrechtsbehörde der Staubeckenkommission.

Die Staubeckenkommission ist ein Kollegialorgan, welches beim BMLFUW angesiedelt und aus rd. 30 Mitgliedern (stimmberechtigt) und Sachverständigen zusammengesetzt ist. Die Kommission setzt sich aus Vertretern aller Fachgebiete zusammen, die für den Talsperrenbau von Bedeutung sind.

Der Wirkungsbereich derselben umfasst die technische Begutachtung von Projekten für den Bau von Staubeckenanlagen außerhalb des wasserrechtlichen Verfahrens.

Um in dieser hochkarätigen Fachveranstaltung bestehen zu können, hat sich die Gebietsbauleitung zweier Ingenieurbüros (Geologie und Statik) bedient.

Das Einreichoperat umfasst

- 5 Berichte und
- 26 Pläne

Die Einreichung an die oberste Wasserrechtsbehörde war sehr umfangreich, mussten doch einige der Unterlagen 40-fach vorgelegt werden.

Entsprechend einer Vorprüfung gem. WRG § 104 wurde die Staubeckenkommission mit den genannten Unterlagen befasst.

Am 29. Juni 1999 fand die Staubeckenkommissionssitzung im kleinen Verhandlungssaal des BMLFUW im Wien statt. Bei dieser waren neben den Fachleuten des Talsperrenbaues als Projektvertreter, der Geologe und der Statiker der beiden Zivilingenieurbüros sowie der Gebietsbauleiter und der zuständige Bearbeiter des Projektes Wörglerbach der örtlichen GBL anwesend. Nach der allgemeinen Begrüßung erfolgte die Darstellung der Sinnhaftigkeit und des Zweckes der Dotationssperre.

Nachfolgend wurden durch die Vertreter der beiden Zivilingenieurbüros die Details der geologischen Erhebungen und die Ergebnisse der statisch-konstruktiven Berechnungen dem Plenum vorgetragen.

Daran anschließend erfolgte die Beurteilung des Projektes durch die Referenten der Staubeckenkommission Dr. Sven Jacobs für Geologie und DI H. Stäuble für Staumauertechnik und Statik, sowie die Zusammenfassung des Vorgetragenen.

Als Höhepunkt der Staubeckenkommissionssitzung konnte durchaus die umfangreiche Diskussion bezeichnet werden.

Das Ergebnis der Staubeckenkommissionssitzung war die positive Beurteilung des Projektes durch die Referenten der einzelnen Fachgebiete und die Verfassung der Empfehlungen (Vorschreibungen) an die Wasserrechtsbehörde.

Zusammenfassend kann von dieser Sitzung gesagt werden, dass diese durchaus konstruktiv und vor allem hilfreich war. Insbesondere die Kenntnis einzelner Kommissionsmitglieder hat sich in der späteren Ausführungsphase als sehr positiv herausgestellt.

In der wenige Wochen später anberaumten Wasserrechtsverhandlung in Wörgl wurden dann die Empfehlungen der Staubeckenkommissionssitzung im Wasserrechtsbescheid festgeschrieben.

Nachdem nunmehr alle verfahrensrechtlichen Schritte (ein forstrechtliches und naturschutzrechtliches Verfahren wurde schon zu einem früheren Zeitpunkt abgewickelt) positiv beschiedet waren, konnte mit der

### **Ausführung der geplanten Maßnahmen**

begonnen werden.

### *Wegaufschließung:*

Zur Durchführung der Bauarbeiten war eine LKW - befahrbare Zufahrt unumgänglich. Ebenso dient diese Zufahrt der Instandhaltung der Bauwerke und der Freihaltung des Stauraumes, damit die Funktionsfähigkeit der Verbauungsmaßnahmen im Hochwasserfalle immer gegeben ist.

Die Wegaufschließung wurde rechtsufrig auf einer Länge von 460 m über einen Höhenunterschied von rd. 95 m mit einem durchgehenden Gefälle von 20 % errichtet. Die größte Schwierigkeit beim Wegbau war, dass der Trassenvortrieb von oben nach unten vorgenommen werden musste. Ein Teil des Weges kann nur im Retourgang befahren werden, da Kehren wegen der Steilheit der Felswände nicht errichtet werden konnten.

### *Vorsperre u. Dotationssperre:*

Die Arbeiten an der Dotationssperre und Vorsperre waren starken terminlichen Einschränkungen unterworfen. Im wasserrechtlichen Bescheid besteht auch die Auflage "Arbeiten lediglich außerhalb der Hochwasserzeit" auszuführen; dennoch verzögerten kleinere Hochwässer außerhalb der "Hochwasserzeit" die Arbeiten immer wieder.

Aus Arbeitssicherheitsgründen gab es keine Bautätigkeiten zur möglichen Hochwasserzeit, da es im Hochwasserfall keine Fluchtmöglichkeit für die Arbeiter gegeben hätte. Auch die gesamte Baustelleneinrichtung wäre im Hochwasserfall zerstört worden. Keine Bautätigkeit gab es auch im Winter, da einerseits eine Befahrung des Baustellweges (20% Gefälle) bei Eis- und Schneelage nicht möglich war. Andererseits wird auch der Anschlussweg zum Bauweg im Winter als vielfrequentierte Rodelbahn und als Wanderweg der Wörgler Bürger genützt. Der vorgenannte Weg liegt im Naherholungsbereich der Stadt Wörgl.

Im Abstand von 23 m zur Dotationssperre wurde die Vorsperre (h = 6 m) in der engen Felsschlucht (2 - 4 m breit) errichtet, sodass der Fels im Kolkbereich des zu erwartenden Überfallsstrahls der Dotationssperre nicht ausgeschlagen werden kann.

### Aushub:

Die erste Arbeit zur Errichtung der Dotationssperre selbst war den verlandeten Stauraum hinter der alten Sperre aus dem Jahr 1897 / 1898 bis auf den Felsen auszuräumen, um die Betonplombe einzubringen.

Trotz der Tatsache, dass der Tagesspeicher bachaufwärts Volleinzug für das KW Wörgl hat, erschwerte seitlich in der Zwischenstrecke zufließendes Wasser die Arbeiten sehr. Für die Restwässer wurde zwar eine rd. 60 m lange Rohrleitung gelegt, welche die mögliche Wasserfreihaltung der Baugrube gewährleisten hätte sollen.

Das ursprünglich gröber angenommene Material entpuppte sich als feinkörnig bis teilweise schlammig. Infolge der Durchmischung beim Aushub wurde das Ganze zu einem Brei, der sich kaum mehr schöpfen und noch weniger pumpen ließ. Der hohe Anteil an feinen Ästen und Wurzeln legte in kürzester Zeit jede Pumpe lahm. Das durch den Schotterkörper durchsickernde Wasser musste aber über die alte Sperre abgepumpt werden, da diese keine Dolenlöcher besitzt. Ein niederschlagsreicher April 2001 erschwerte zusätzlich die Aushubarbeiten. Dennoch konnte nach rd. 3 Wochen die Felssohle erreicht werden. Auf Grund des kompakten Felsgefüges und der guten Verzahnung war ein Felsaushub im Bereich der Betonplombe nicht erforderlich. Das bachaufwärts anstehende Material wurde mit Wasserbausteinen gegen Erosion gesichert.

Vor dem ersten Betonieren wurden von DI Heimo Stäuble für Baustatik und Dr. Sven Jacobs für Baugologie die offene Baugrube begutachtet und zum Betonieren freigegeben.

Für den Betoneinbau der Plombe (9 m breit) wurden die bestehende Sperre talseits und die bachaufwärts errichtete Grobsteinschlichtung zur Sicherung der Baugrube als verlorene Schalung verwendet. Die Oberfläche der Betonplombe dient als Aufstandsfläche für die Bogenmauer.

Nachdem die Plombe bis zur geplanten (= lokalen) Höhe von 46,5 m fertiggestellt worden war, wurde mit den Felsaushubarbeiten der beiden Flanken begonnen.

Um in der schmalen Klamm eine Orientierung zu haben, wurde vorab ein entsprechendes Vermessungsnetz erarbeitet, auf dem basierend die Aushubkonturen am Fels festgelegt werden konnten.

Der Felsaushub für die Einbindungen wurde mittels gebirgsschonendem Sprengverfahren ausgeführt. Die Bohrungen wurden im unteren Bereich mittels schweren Bohrgerätes – montiert auf einem Bagger – vorgenommen. Im höheren Bereich wurde mit einer leichten Bohrlafette, montiert auf einem Personenkorb, von einem Kranwagen aus mit hydraulischem Arm bis in 25 m Höhe über Grund der Fels profilgerecht abgearbeitet. Detailausformungen der Einbindungen und darüberliegende Felsabräumungen erfolgten in Handarbeit (seilgesichert).

Die geologischen Verhältnisse bedingten nicht nur die Anbringung von rd. 33 schlaffen Felsankern, sondern auch einen größeren Felsabtrag auf der rechten Flanke. Erwähnenswert ist auch die Tatsache, dass die geologische Dokumentation und Beurteilung des Felsaushubes und der Standsicherheit der entstehenden Klufkörperanschnitte der Sperre nach jedem Abschlag stets vom erfahrenen Geologen DI Reinhold Gerstner vorgenommen wurde.

Da sich im rechten Einhang nicht geschlossene Fugen im Gesteinsverband befinden, wurden talseitig der Sperre Entlastungsbohrungen in den Fels mit einer Tiefe von bis zu 7 m vorangetrieben. Dadurch soll verhindert werden, dass sich im Widerlagerbereich entlang der Klüfte ein Wasserdruck aufbaut, der sich negativ auf den Felsverband auswirkt.

#### Schalung:

Die Schalung wurde auf Grund der Vorgaben der Fa. Tauernplan von der Fa. DOKA projiziert und auch das Schalmaterial geliefert. Insgesamt wurden 11 Schalungspläne und 10 dazugehörige Pläne zur Errichtung von sicheren Arbeitsplattformen erstellt. Auf Grund der engen Radien einerseits und der Tatsache, dass nur für Kreisbögen ein Programm zur Verfügung stand, mussten stets mehrere aufeinanderfolgende Kreisbögen an die Parabelform der Horizontalschnitte angepasst werden.

Der nächste Schritt – ein Schritt ins Unbekannte – war die Schalung. Auf der bis dahin fertig gestellten Plombe wurde auf Basis des Sperrerbuches nun die endgültige Basislinie der Sperrerrform durch Vermessung koordinativ abgesteckt und auf dem ebenen Beton markiert. Das Sperrerbuch ist ein Teil des Ausführungsoperates in dem alle schalungsrelevanten Punkte koordinativ festgehalten sind (im Falle der Wörglerbachsperre sind dies insgesamt 70 DIN A4-Seiten eng bedruckt). Für die Aufstellung der ersten Schalung wurde seitens der Fa DOKA ein Schalmeister einen Tag zur Verfügung gestellt, welcher die Arbeiterpartie in die Details der Schaltechnik eingeführt hat.



Die Schalung selbst wurde mit "normalen" Wandschalungselementen Doka-Framax - Rahmenschalung (1,35m\*3,30m) vorgenommen. Die Anpassung der Radien erfolgte mit unterschiedlich breiten Passhölzern, die doppelt konisch zugeschnitten waren. Die Herstellung erfolgte durch die Fa. DOKA. Diese Passhölzer wurden zwischen den einzelnen Elementen eingebaut. So entstanden streng genommen einzelne Polygone für jeden Betonierabschnitt. Die Betonierhöhen betragen 3,0 m. Die Form der Passhölzer änderte sich von der Sperrnachse ausgehend nach beiden Richtungen unterschiedlich. Für jeden Betonierabschnitt mussten sowohl luft- als auch wasserseitig neue Hölzer verwendet werden.

Begonnen wurde jeweils mit dem mittleren Block. In diesen wurden auch die gesamten Leitungen für die Blockfugeninjektion, ebenso das luft- und wasserseitig gelegene Fugenband integriert.

#### Betoneinbau:

Wie bereits erwähnt, kam ein eignungsgeprüfter Beton

#### **B160/K4/WU/FB/PZ275(F)TZ1/GK45/LPV**

zur Anwendung.

Es handelt sich hierbei um keinen Normbeton, da dieser zu hohe Abbindewärme verursachen würde. Eine Spezialrezeptur wurde durch die Materialversuchsanstalt Strass, der Verbundplan Prüf- und Messtechnik GmbH, erarbeitet.

Das Betongrundrezept lautet:

- 240 kg/m<sup>3</sup> Zement PZ275(F) TZ1 (= Tunnelzement 1)
- 80 kg / m<sup>3</sup> Flugasche
- 1870 kg / m<sup>3</sup> Zuschlag 0/45 (Vkl I)
- 165l / m<sup>3</sup> Gesamtwassergehalt
- LPV für 2,5-3,5% Luft nach der Pumpe

Die Herstellung und Lieferung des Betons erfolgte durch die Fa. KURZ, Walchsee. Basis für die Betonlieferung war eine beschränkte Ausschreibung und eine erfolgte positive Eignungsprüfung des zu liefernden Betons. Die Anlieferung wurde überwiegend durch 4-Achs - Fahrbetonmischer bewerkstelligt. Eine durchaus respektable Leistung der Fahrer, die den 20 % steilen Baustellenaufschließungsweg- z.T. in Rückwärtsfahrt - problemlos meisterten. Der Einbau erfolgte mittels Autobetonpumpen mit bis zu 45 m langem Mast, was selbst bei einem Größtkorn 45 mm keine Probleme bereitete.

Nach Ausschalung des mittleren Blockes wurden die beiden Seitenblöcke anbetoniert. Die Betonkubatur je Abschnitt (3 m Höhe) betrug zwischen 107 m<sup>3</sup> und 190 m<sup>3</sup> Beton, die an jeweils einem Tag eingebaut wurden.



#### Qualitätskontrolle des Betons:

Bereits vor dem Betonierbeginn wurde eine Betoneignungsprüfung für den Beton mit der vorgesehenen Rezeptur durchgeführt. Geprüft wurden die Ausgangsstoffe (Zement, Zuschlag samt Sieblinie), als auch die Würfeldruckfestigkeit, Wasserundurchlässigkeit, Frostbeständigkeit und auch das Schwindmaß des Betons. Für die Güteüberwachung wurden je 500 m<sup>3</sup> Beton eine Frischbetonprüfung und alle 1000 m<sup>3</sup> eine Prüfung der Druckfestigkeit, Wasserundurchlässigkeit und Frostbeständigkeit durchgeführt.

So wurde Blockabschnitt um Blockabschnitt – etwa im Wochenrhythmus – errichtet und bereits Anfang Dezember 2002 konnte die Dotationssperre bis auf eine Höhe von rd. 2 m unter Überaich fertiggestellt werden. Im heurigen Jahr konnten die Betonierarbeiten Mitte Mai zum Abschluss gebracht werden.

#### Terminlicher Projektablauf:

- 1994-07-26: Hochwasser Wörglerbach
- 1996: Fertigstellung des Verbauungsprojektes und Genehmigung durch das BMLF
- 1997: Teilerstellung Aufschließungsweg
- 1998: \* Fertigstellung Aufschließungsweg  
\* Geolog. Erhebungen;  
\* Beginn konstruktive Detailplanung
- 1999-06-27: Staubeckenkommissionssitzung in Wien
- 2000-02-04: wasserrechtlicher Bewilligungsbescheid zu Errichtung der Dotationssperre
- 2000: Herbst; Errichtung Vorsperre
- 2001: \* Frühjahr; Herstellung Betonplombe für Dotationssperre  
\* Herbst; Beginn Felsaushub für Dotationssperre
- 2002: \* Frühjahr; Fertigstellung Felsaushub, Beginn Bau Dotationssperre  
\* Herbst; Fortsetzung Bau Dotationssperre bis 2 m unter Krone
- 2003: \* Frühjahr; Fertigstellung Dotationssperre, Probestau ev. im Frühjahr 2004



Es erfüllt den Berichtersteller mit Stolz, auch als Forstwirt eine derartiges Bauwerk, welches in seiner Ausführung, wenn auch nur im Kleinen, an die großen Kraftwerkspeicher erinnert, ausgeführt zu haben, nicht zuletzt ein Ergebnis der guten Ausbildung durch unseren leider schon viel zu früh verstorbenen Lehrer o. Univ. Prof. Dr. Friedrich Czerny.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

Dipl.-Ing. Andreas Haas  
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung  
Gebietsbauleitung Östliches Unterinntal  
Innsbruckerstr. 19  
A-6300 Wörgl  
E-mail: [andreas.haas@wlv.bmlf.gv.at](mailto:andreas.haas@wlv.bmlf.gv.at)

### **Würdigung**

Zusammenfassend darf festgehalten werden, dass die erbrachten Leistungen nur durch ein innovatives Team zustande gebracht werden konnten. Insbesondere hervorzuheben sind die Leistungen des Lokalbauführers DI Andreas HAAS, der mit seinem Mitarbeiter Martin LETTENBICHLER die Baustelle von Beginn an geleitet hat. Die umfangreichen Vermessungsarbeiten inkl. der zeichnerischen Darstellung wurden in Eigenverantwortung durchgeführt. Des Weiteren waren auch eine Vielzahl von Besprechungen, insbesondere mit DI Dr. Gerald Zenz (Fa. Austrian Hydropower), DI Reinhold Gerstner (Baugeologe), DI Heimo Stäuble (Sachverständiger für Staumauertechnik u. Statik), Dr. Sven Jacobs (Sondersachverständiger für Geologie) u.v.m. sowie Kontakte mit anderen befassen Stellen und Sachverständigen erforderlich.

Großes Lob verdienen auch die Leistungen des bauausführenden Partieführers Kurt Bischofer, der lediglich mit einer Teilpartie, bestehend aus 4 bis 5 Mann - die andere Hälfte hat die Baustelle im Oberlauf des Wörglerbach/Wildenbaches weiterbetrieben - sämtliche Arbeiten, begonnen vom Wegbau über Aushub bis zur Vollendung des Bauwerkes unfallfrei ausgeführt hat.

Es darf weiters nicht unerwähnt bleiben, dass anlässlich eines Besuches der Baustelle durch den Sondersachverständigen für Talsperrenbau, Herrn DI Heimo Stäuble, die baulichen Ausführungen, insbesondere die Sauberkeit der Außenhaut der Betonschale gelobt worden sind.

Dipl.-Ing. Peter Schier  
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung  
Gebietsbauleitung Östliches Unterinntal  
Innsbruckerstr. 19  
A-6300 Wörgl

# ERFAHRUNGEN MIT DEN AUSLEITUNGSSYSTEMEN IN DER TRISTENAU IM PROJEKT PERTISAU WILDBÄCHE

## Experiences with the reactivation of flood plains by technical measures in the defence project Pertisau Wildbäche - Tristenau

von/ by

SKOLAUT CH.

### **Zusammenfassung:**

Nach der Fertigstellung der ersten beiden Ausleitungssysteme im Teileinzugsgebiet Tristenau des Projektes Pertisau Wildbäche werden die ersten Erfahrungen, die bei einem 1:1-Flutungsversuch der Gebietsbauleitung sowie den Modellversuchen der Universität für Bodenkultur gewonnen werden konnten, präsentiert.

Key words: Überflutungsflächen, Ausleitungsbauwerk, Modellversuche

### **Summary:**

After completion of two reactivated flood plains in the sub-catchment Tristenau of the defence project Pertisau Wildbäche basic experiences are presented, which were extracted by a nature experiment and by model experiments.

Key words: flood plains, flood-dosing dam, model experiments

### **Einleitung**

Die Grundzüge des Projektes Pertisau Wildbäche in der Gde. Eben am Achensee, Bezirk Schwaz, Tirol, mit der Ereignisanalyse des Hochwassers vom 01.08.1992 und dem Verbauungsziel und –grundgedanken wurden bereits im Heft Nr. 147 vom Oktober 2002 vorgestellt.

Nunmehr sollen die ersten Erfahrungen mit diesen Ausleitungssystemen, die bei einem 1:1-Flutungsversuch der Gebietsbauleitung und im Rahmen der Modellversuche der Universität für Bodenkultur gemacht wurden, der Kollegenschaft näher gebracht werden und zur Diskussion Anlass geben.

Mit der Umsetzung der Maßnahmen im Projektgebiet wurde im ca. 10 km<sup>2</sup> großen Teileinzugsgebiet Tristenau begonnen. Dies deshalb, da beim 150-jährlichen Bemessungsereignis aus diesem Teileinzugsgebiet auf Grund der Einmündung in den Hauptbach innerhalb des Ortsgebietes die größte Gefährdung für Pertisau ausgeht. Beim zu gering dimensionierten Unterlaufgerinne und an einer Brücke können Verklausungen und ein nachfolgender Hochwasserabfluss in das Ortsgebiet nicht ausgeschlossen werden. Dies war auch beim etwa 100-jährlichen Ereignis im Jahr 1992 der Fall.

### **Die Maßnahmen in der Tristenau**

Insgesamt werden in der Tristenau knapp 30 ha an Überflutungs- bzw. Versickerungsflächen an zwei Stellen im Talboden (Abb. 1) reaktiviert. Diese stellen intensiv genutzte Wald-Weideflächen mit einem räumig bestockten Mischwaldbestand dar und sind mit 3-5% geneigt. Die durch das Projekt beanspruchten Flächen sind mit maximal 0,8m hohen Erddämmen klar gegenüber den umliegenden Wald-Weideflächen abgegrenzt. Die

Versickerungsfähigkeit der Böden wurde im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung untersucht und stellte sich mit einem k-Wert von  $1,2 \cdot 10^{-4}$  bis  $3,1 \cdot 10^{-6}$  in den obersten Bodenschichten als günstiger heraus als im Projekt angenommen.

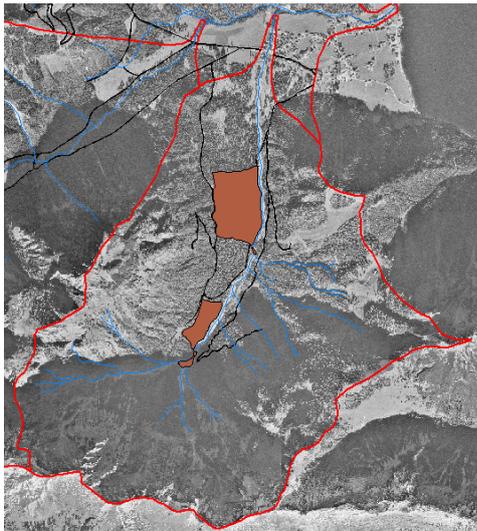


Abb. 1: Maßnahmen im Teileinzugsgebiet Tristenau. In brauner Farbe die reaktivierten Überflutungs- bzw. Versickerungsflächen.

Fig. 1: Measures in the sub-catchment Tristenau. Reactivated flood plains are shown in brown color.

Am bachaufwärtigen Ende jeder dieser Überflutungs- bzw. Versickerungsflächen befindet sich im Bachlauf ein Ausleitungsbauwerk (Abb. 2), von dem seitlich eine Ausleitungsmulde quer über den Talboden verläuft.

Mit den beiden Ausleitungssystemen (Ausleitungsbauwerk, Ausleitungsmulde und Überflutungs- bzw. Versickerungsfläche) soll der Spitzenabfluss beim Bemessungsereignis von  $23 \text{ m}^3/\text{s}$  im talinnersten Bereich der Tristenau (hm 36,45) schrittweise auf  $6 \text{ m}^3/\text{s}$  reduziert werden. Mit dem Ausleitungsbauwerk bei hm 35,96 wird dieser auf  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , mit jenem bei hm 24,04 auf lediglich  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  gedrosselt.

Das Ausleitungsbauwerk ist eine Winkelstützmauer aus Stahlbeton, die beidseitig vollständig eingeschüttet wird. Über eine Dole in der Bachachse wird der maximale Durchfluss beim Bemessungsereignis dosiert. Ein vorgeschalteter, mehrfach abgewinkelter Schrägrechen schützt die Dole vor Verklausungen durch mittransportiertes Wildholz.



Abb. 2: Ausleitungsbauwerk hm 35,96 mit dem Retentionsraum und der Ausleitungsmulde am linken Ufer unmittelbar bachaufwärts der Sperre kurz nach der

Fertigstellung im Frühjahr 2003.

Fig. 2: Flood retarding dam in hm 35,96 with basin and flood-control channel after completion in spring 2003.

Steigt der Wasserspiegel im Retentionsraum des Ausleitungsbauwerkes bis zur Oberkante der Dole an, ist die maximale Abgabe ins Unterwasser erreicht und das Wasser rinnt fortan in die niveaugleich angeordnete, linksufrige Ausleitungsmulde. Diese besitzt ein trapezförmiges Profil mit einer Sohlbreite von ca. 1,0m, einer Breite von 6 – 10m und einer Tiefe von 0,6 – 2,1m und wurde bestmöglich in das umgebende Gelände eingepasst. Nach vollständiger Füllung der Ausleitungsmulde beginnt das Wasser über die gesamte Länge derselben auf die Überflutungs- bzw. Versickerungsfläche zu fließen.

Um die Gefahr der Verklausung an der Brücke im Ortsgebiet von Pertisau im Teileinzugsgebiet Tristenau zu reduzieren, wurde unmittelbar bachaufwärts ein Wildholzrechen errichtet. Dieser wurde als Winkelstützmauer in

Stahlbeton mit mehreren, über die gesamte Bachbreite angeordneten und mehrfach abgewinkelten Rechenstäben aus Stahl ausgeführt.

Die Funktionsfähigkeit konnte bei mehreren kleinen Hochwässern seit der Fertigstellung im Frühjahr 2002 bewiesen werden. Durch die Schrägstellung des untersten Rechenabschnittes konnte ein Durchfluss während des gesamten Ereignisses sichergestellt werden. Es kam zu keinen Verklausungen und zu unerwünschten Geschiebeablagerungen hinter dem Bauwerk.

### Der Flutungsversuch vom 12.08.2002

Nach der Fertigstellung des ersten, taläußeren Ausleitungssystems bei hm 24,04 (Ausleitungsbauwerk, Ausleitungsmulde und dazugehörige Überflutungs- bzw. Versickerungsfläche mit den Begrenzungsdämmen) wurde bei einem Starkregenereignis im Einzugsgebiet Tristenau von der Gebietsbauleitung Westliches Unterinntal des FTD f. WLW ein 1:1-Versuch durchgeführt:

Dabei wurde der ungünstigste Fall, die vollkommene Verklausung der Dole und des vorgeschalteten Wildholzrechens des Ausleitungsbauwerkes, simuliert und die Dole mit Baumstämmen mithilfe eines Baggers verschlossen.

Auf Grund der glatten Sohlausgestaltung im Bereich des Wildholzrechens und der Dole mittels Stahlplatte konnte keine vollständige Verklausung herbeigeführt werden. Schätzungen zufolge gingen immer noch ca. 2 m<sup>3</sup>/s Wasser inkl. Geschiebe durch die Dole.

In weiterer Folge begann der Aufstau hinter dem Ausleitungsbauwerk im dafür vorgesehenen Retentionsraum.

Nach etwa 10 min war das Wasser im Retentionsraum des Ausleitungsbauwerkes bis auf die Oberkante der 1,0 m hohen Dole angestiegen und floss ab nun in die ca. 300 m lange Ausleitungsmulde.

Gleichzeitig wurden jedoch immer noch ca. 2 m<sup>3</sup>/s durch das Ausleitungsbauwerk in das anschließende Bachbett abgeführt.

Nach ca. zwanzig Minuten erreichte das Wasser das westliche Ende der Ausleitungsmulde.

Der Wassereinstoß aus dem Retentionsraum in die Ausleitungsmulde betrug schätzungsweise 1,0m<sup>3</sup>/s, wobei gegen Ende des Versuches ca. 1,5m<sup>3</sup>/s erreicht wurden.



Abb. 3-4: Die Ausleitungsmulde während des Flutungsversuches. Links bei steigendem Wasserspiegel, rechts bei annähernder Vollfüllung.

Fig. 3-4: Flood-control channel during the field experiment. Left at rising water-level, right at nearly

maximum water-level in the channel.

Nach insgesamt ca. 100 min war die Ausleitungsmulde zur Gänze aufgefüllt und das Wasser im stehenden Wasserkörper begann, auf der gesamten Länge der Ausleitungsmulde über die talseitige Abflusskante aus Lärchenbrettern zu fließen. Dabei konnte ein langsames Fließen auf den angrenzenden Wald-Weideflächen



beobachtet werden, das keine Erosionsspuren hinterließ.

Abb. 5-6: Die Ausleitungsmulde während des Flutungsversuches.

Links bei flächigem Abfluss über die talseitige Abflusskante, rechts der gering mächtige Oberflächenabfluss auf den angrenzenden Wald-Weideflächen.

Fig. 5-6: Flood-control channel during the field experiment. Left the beginning run-off over the wooden layer, right the low surface run-off downslopes.

Nach einem etwa fünfminütigen Überlaufen der Abflusskante wurde die Verklauung der Dole beseitigt – das Wasser konnte nun wieder ungehindert durch das Bauwerk hindurch das Bachbett entlang fließen.

Schlagartig sank der Wasserspiegel im Retentionsraum und mit der Restwassermenge des nachlassenden Hochwassers wurde ein großer Teil des zwischengelagerten Geschiebes abgetriftet.



Abb. 7: Die Ausleitungsmulde nach dem Flutungsversuch. Die Sohle wird von einer geringmächtigen Schlammschicht bedeckt. Nur wenig Holz lagerte sich in der Mulde ab.

Fig. 7: Flood-control channel after the field experiment. The bottom of the channel is covered by a small layer of mud. Few timber is deposited.

Nach etwa 2 Stunden war das gesamte Wasser in der Ausleitungsmulde (insgesamt ca. 1.800 m<sup>3</sup>) lt. Aussage des Obmannes der Agrargemeinschaft Pertisau Heimweide vollständig versickert. Dabei beschleunigte der in der Sohle der Ausleitungsmulde angeordnete Sickerschlitz mit einer Tiefe von ca. 3,0 m und einer Verfüllung mit grobkörnigem Material (Korngrößendurchmesser mind. 20 cm) die Versickerung sehr wesentlich.

Der höchst erfolgreiche 1:1-Versuch zeigte uns, dass sämtliche Überlegungen im Rahmen der Planung realisiert werden konnten:

- Das in die Ausleitungsmulde einströmende Wasser beruhigte sich auf Grund der Neigungsverhältnisse der Sohle (0,5% im 1. Drittel, 0% im 2. Drittel und ansteigend auf das Urgelände im 3. Drittel der Ausleitungsmulde). Mit zunehmender Wasserhöhe in der Ausleitungsmulde bildete sich ein stehender Wasserkörper aus. Beeinflussungen durch das einströmende Wasser waren nur auf den ersten etwa 70m der Ausleitungsmulde sichtbar.
- Gleichzeitige Überströmung der mit 0% ausnivellierten talseitigen Abflusskante der Ausleitungsmulde auf der gesamten Länge.
- Keine Schäden durch Erosion an den Wald-Weideflächen infolge der Überströmung.
- Rasche Versickerung in den anstehenden Untergrund (Alluvion).
- In geringen Mengen mittransportiertes Holz wurde in der Sohle und auf den Böschungen ohne Schäden abgelagert. Eine nachträgliche Räumung ist nicht erforderlich.
- Nur geringmächtige Ablagerung von Feinmaterial im Sohlenbereich der Ausleitungsmulde, die die Funktionsfähigkeit jedoch nicht verringern. Keine Ablagerung von Grobgeschiebe in der Ausleitungsmulde.
- An der Ausleitungsmulde – der Sohle, den Böschungen sowie an der mit Lärchenbrettern gesicherten Abflusskante – traten keine Schäden auf.

## Die Modellversuche

Die Modellversuche wurden anhand einer Diplomarbeit (Jugovic et. al, 2003) am Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau der Universität für Bodenkultur, Wien, im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Projektes im Juli und August 2003 durchgeführt.

Zur Modellierung wurde das talinnere Ausleitungsbauwerk der Tristenau bei hm 35,96 (Modellierungsbereich von hm 36,49 bis hm 35,76) im Modellmaßstab 1:15 gewählt.

Folgende Zielvorstellungen wurden definiert:

- Optimierung der Öffnungsgröße des Ausleitungsbauwerkes
- Ermittlung von Grenz- und Schwellenwerten für die Flutmulde
- Ermittlung von Strömungs- und Ablagerungsverhältnissen im Becken
- Optimierung der Strömungs- und Ablagerungsverhältnisse durch Einbau einer zusätzlichen Rechenkonstruktion im Verlandungsraum

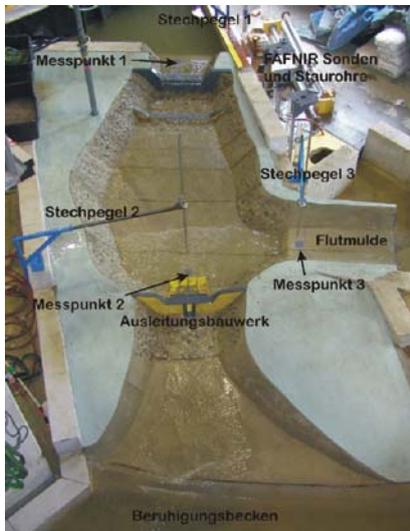


Abb. 8: Aufbau des Modells im Maßstab 1:15 mit Instrumentierung.

Fig. 8: Model layout scale 1:15 with measuring devices.

Über einen Einlaufkeil fließt das Wasser aus einem Hochbehälter turbulenzfrei in das Modell. Die Wasserstände werden mittels Stechpegel und FANFIR Drucksonden erfasst. Die beiden Teilwassermengen, die sich aus Flutmulde und Hauptgerinne ergeben, werden in ein Beruhigungsbecken geleitet und jeweils die Abflüsse mittels Thomsonwehr gemessen. Da für die Modellierung der gesamten Flutmulde zu wenig Platz zur Verfügung stand, wurde der Beginn der Flutmulde lage- und höhenmäßig richtig nachmodelliert, das Auffüllen der Mulde mittels Aufstau des Beruhigungsbeckens nachgebildet.

Laut Verbauungskonzept soll sämtlicher über  $10\text{m}^3/\text{s}$  liegender Abfluss in die Flutmulde ausgeleitet werden. Die Öffnungsoptimierung ist auf diesen Schwellenwert ausgelegt, wobei bei den Modellversuchen vier verschiedene Öffnungsweiten untersucht wurden. Die charakteristischen, zu ermittelnden Abflüsse werden durch das Anspringen der Flutmulde, das Überlaufen der Flutmulde und durch den Grenzwert für das Ausleitungsbauwerk (Bauwerk wird überströmt) definiert.

Bei den Geschiebeversuchen wurde bei jedem Versuch eine konstante Geschiebemenge von 50 kg beigegeben.

Bei der Versuchsdurchführung wurde eine Abflusswelle mit konstanten Zeitabständen zwischen den verschiedenen eingestellten Werten simuliert. Jeweils am Anfang eines eingestellten Abflusses wurde eine dem jeweiligen Abfluss entsprechende Menge an Geschiebe beigemischt.

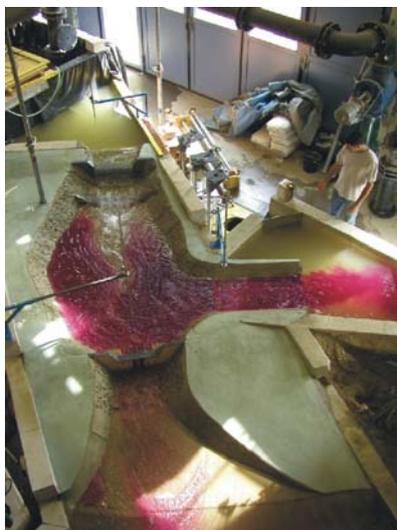


Abb. 9: Durchführung eines Modellversuches mit Zugabe eines Färbemittels.

Fig. 9: Model experiment with added colouring matter.

Die Versuche ergaben, dass sich der Großteil des Geschiebes im Retentionsbecken ablagert. Nur ein geringer Anteil gelangt in die Flutmulde

bzw. in den Unterwasserbereich. Die Ablagerungsbereiche bilden sich vor dem Ausleitungsbauwerk und dem Einlauf in die Flutmulde aus.

Da es bei Wildholzzugaben zu Verklausungen des Ausleitungsbauwerkes kam, wurde in der Mitte des Retentionsraumes eine V-förmiger Wildholzrechenkonstruktion eingebaut und die Auswirkungen auf die Strömungsverhältnisse und somit auf Geschiebe- und Wildholzablagerungsbereiche beobachtet. Es zeigt sich, dass sämtliches Wildholz in diesem Rechen zurückgehalten und das Geschiebe im Rechenbereich abgelagert wird. Somit bleiben die Öffnungen des Ausleitungsbauwerkes und der ungehinderte Zufluss in die Flutmulde erhalten.

Durch eine Vielzahl an Modellversuchen konnten wesentliche Aussagen für die Funktionsfähigkeit der Ausleitungssysteme getroffen werden. Diese werden zum Teil auch durch den 1:1-Flutungsversuch bestätigt:

- Wenn die Öffnung des Ausleitungsbauwerkes und der Einflussbereich in die Flutmulde freigehalten werden, kann die Aufteilung des Abflusses in Hauptgerinne und Flutmulde projektgerecht erreicht und so eine naturnahe Dynamik wieder hergestellt werden.
- Für die Funktionsfähigkeit des Ausleitungsbauwerkes ist daher ein voll funktionsfähiger Wildholzrechen am Ausleitungsbauwerk unabdingbar.
- Der Einlauf in die Flutmulde muss weiter bachaufwärts des Ausleitungsbauwerkes als bisher angeordnet werden. Damit können Turbulenzen infolge der Rückströmung beim Bauwerk minimiert und die Funktionsfähigkeit der Ausleitungsmulde verbessert werden.

Detaillierte Aussagen über die Modellversuche und ihre Auswirkungen für die Praxis sind nach Fertigstellung des Abschlussberichtes mit Ende 2003 zu erwarten.

#### **Literatur**

JUGOVIC, J., FOURNIER, P., FRÖMEL (2003): Technischer Bericht: Hydraulische Modelluntersuchungen des Ausleitungsbauwerkes Dristenau, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, unveröffentlicht.

#### **Anschrift des Verfassers/**

#### **Author's address:**

Dipl.-Ing. Christoph Skolaut  
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung,  
Gebietsbauleitung Attergau und Innviertel, Atterseestr. 6, 4863 Seewalchen  
e-mail: christoph.skolaut@wlv.bmlf.gv.at

# **Felssturz Eiblschrofen**

## **Rockfall Eiblschrofen**

Von/by

Siegfried Sauermoser, Hans Angerer

### **Zusammenfassung:**

Am 10 Juli 1999 ereignete sich am Massiv des Eiblschrofens südöstlich der Stadt Schwaz ein Felssturz, der zur vorübergehenden Evakuierung von 258 Personen führte. Nach Einrichtung eines Krisenmanagements unter der Leitung des Bürgermeisters und einem Technischen Stab, dem Vertreter des Forsttechnischen Dienstes, der Landesgeologie, privater Geologiebüros und von Universitäten angehörten, konnten im Schutze intensiver und permanenter Überwachungen der Bewegungsaktivitäten am Berg in kürzester Zeit zwei Schutzdämme und ein randliches Steinschlagschutznetz errichtet werden. Ende Oktober konnte die Errichtung der Schutzbauten weitgehend abgeschlossen werden und die letzten vakuierten konnten in ihre Häuser zurückkehren.

### **Summary**

A big rockfall happened on 10<sup>th</sup> of July 1999 in the municipality of Schwaz. After a geological survey observation the evacuation of 258 people was necessary. A catastrophic management group was established under the leadership of the major of the municipality of Schwaz. This group was supported by a technical staff composed of members of the Foresttechnical Service, the Country geological expert, members of private geological companies and University staff. Under the cover of intensive geological observation of the rockfall area the erection of two huge rockfall protection dams and a random rockfall protection net was possible within only three months. At the end of October, the last evacuated people were allowed to go back to their houses.

### **Einleitung**

Am 10 Juli 1999 ereignete sich am Massiv des Eiblschrofens südlich der Stadtgemeinde Schwaz in Tirol ein Felssturz. Ca. 3000-5000 m<sup>3</sup> Dolomitgestein stürzte am Eiblschrofen von einer auf ca. SH 1100 m liegenden Dolomitwand und blieben auf einem Plateau (SH 650 m) oberhalb des Ortsteiles Ried der Stadtgemeinde Schwaz liegen. Nach einer eingehenden geologischen Beurteilung des Eibelschrofenmassives mussten 258 Personen aus 58 Häusern noch am gleichen Tag evakuiert werden. Mögliche Felsstürze bis zu einer Größenordnung von mehreren hunderttausend Kubikmetern konnten auf Grund von Rissbildern oberhalb des unmittelbaren Abbruchbereiches nicht ausgeschlossen werden. Es musste deshalb mit wesentlich weiteren Auslaufreichweiten gerechnet werden.

Seitens der Stadtgemeinde Schwaz wurde umgehend ein Krisenstab einberufen, welcher vom Bürgermeister geleitet wurde. Diesem Krisenstab gehörten neben Experten der Landesgeologie und Wildbach- und Lawinenverbauung auch Vertreter der Exekutive, des Bundesheeres und Freiwilliger Hilfseinrichtungen wie Feuerwehr und Bergrettung an. In den ersten Tagen fanden täglich mehrere Besprechungen der Einsatzleitung statt, die Evakuierung und Versorgung von 258 Personen stellte eine große organisatorische Anforderung dar.



Abb.1 Übersicht Eiblschrofen  
Fig.1 Overview Eiblschrofen

## **Geologische Verhältnisse**

Der Dolomitkörper des Eiblschrofens stellt ein Paket dar, das aus steil in den Hang einfallenden Großkluftkörpern aufgebaut ist. Der Dolomitblock stützt sich talseitig auf Sandsteine mit Mergellagen, die ebenfalls steil in den Hang einfallen, ab. Die neben der steil in den Hang einfallenden, Wand- bzw. Großkluftkörper bildenden Haupttrennflächenschar zweite, wichtige Trennflächenschar fällt mittelsteil hangauswärts, weist allerdings im Wandbereich nur einen geringen Durchtrennungsgrad auf. Analysen der Ausbruchsbereiche mittels der Block Theory haben ergeben, dass diese Trennflächenschar an den Ausbrüchen nur untergeordnet beteiligt war und dass die Festigkeit in dieser Schar hoch sein muss. Bergseitig werden die wie Bücher im Regal kippenden Dolomitblöcke von sackenden Schiefen überlagert und belastet. Die Komplexität der Situation wird zusätzlich durch bergmännische, etwa schichtflächenparallele Erzabbau überwiegend aus dem Mittelalter und aktuelle unterirdische, kavernenartige Abbaue des Dolomitgesteins vergrößert (Höhe der einzelnen trichterförmigen Abbaue bis weit über 200m).

Der Dolomitkörper wird vor allem durch die bergmännischen Hohlräume intensiv entwässert. Auch die Kienbergstörung, die die Grenze zwischen den Schiefen und dem Dolomitkörper darstellt, wird von zahlreichen bergmännischen Hohlräumen durchörtert. Sollte im Schiefer

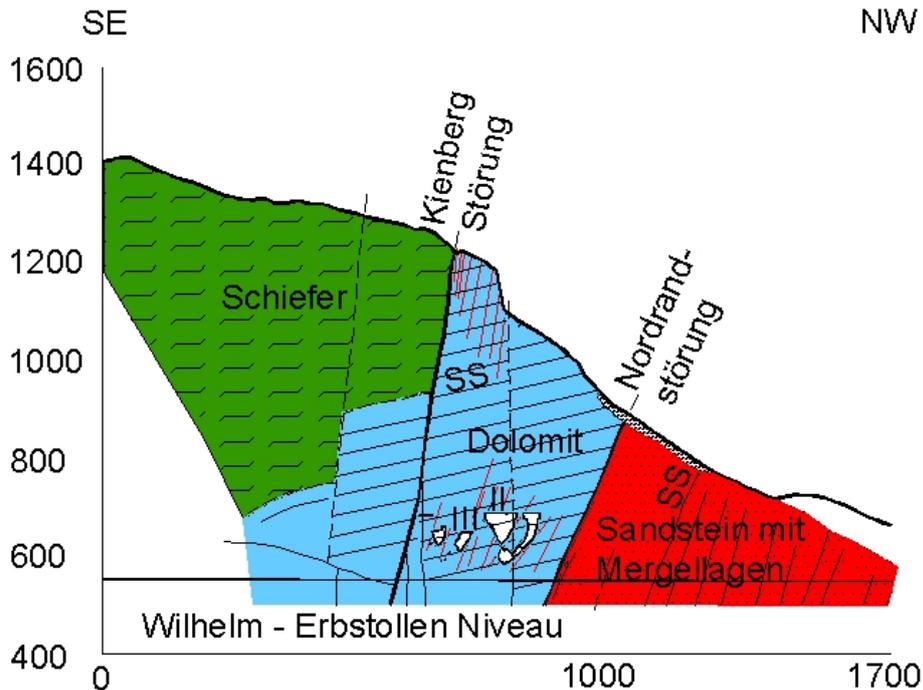


Abb. 2 Schematisches Profil durch den Eiblschrofen mit Dolomitabbauen II und III  
 Fig. 2 Schematic cross-section of the Eiblschrofen with underground dolomite mines II and III

ein großräumiges Trennflächensystem angelegt sein, in dem sich ein bedeutender Bergwasserkörper entwickeln hätte können, wäre zufolge des Fehlens eines Bergwasserstauers nicht von einem bedeutenden Bergwasserdruck auf den Dolomitkörper auszugehen. Es konnten jedenfalls keine eindeutigen Korrelationen zwischen dem akzentuierten Verschiebungsverhalten des Eiblschrofens und den Felssturzphasen einerseits und den Niederschlägen (z.B. Summenkurven) sowie den Stollenabflüssen und den Abflusskurven aus den Abbauen andererseits gefunden werden. Dem Bergwasser wurde daher in den weiteren Überlegungen keine dominierende Rolle zugeordnet.

### Varianten Schutzmaßnahmen

Da der gesamte Bereich unterhalb des Eiblschrofens zum Sperrgebiet erklärt werden musste, war es notwendig, die Planung der Schutzmaßnahmen ohne Detailkenntnis des Geländes, des Untergrundes und der Geologie zu beginnen. Folgende Varianten wurden diskutiert:

Variante Absprennen der lockeren Gesteinspartien:

Dieser Vorschlag wurde von verschiedenen Seiten eingebracht, um die Evakuierung ehestmöglich beenden zu können. Es wurde eine Variante mit Artillerie bzw. eine Variante mit Sprengstoff diskutiert. Seitens des Technischen Stabes wurde dieser Vorschlag aber zurückgewiesen, da ein Abschießen möglicherweise zu einer Schwächung des Schrofens geführt hätte.

Variante künstl. Abtrag des Dolomites:

Ein künstlicher Abtrag des Eiblschrofens war aus logistischen und aus zeitlichen Gründen nicht durchführbar und diese Variante wurde nicht ernsthaft ins Auge gefasst.



Die Erdarbeiten konnten Anfang August an eine ARGE vergeben werden, welche sich aus mehreren Bietern formierte. Dadurch war höchstmögliche Arbeitskapazität auf der Baustelle gewährleistet und es konnten bis zu dreißig Erdbaumaschinen und LKW eingesetzt werden.



Abb. 4 und 5 Lagenweise Schüttung und Verdichtung der Dämme  
Fig. 4 and 5 Filling and compaction in layers





Abb. 6 Bewehrte Erde im obersten Abschnitt der Dämme  
Fig. 6 Reinforced soil in the uppermost layers of the dams

Geodätische Überwachung des Untergrundes, flächendeckende automatisierte Verdichtungskontrolle, Beschreibung des einzubringenden Materials, Inklinometer und Grundpegel bzw. die Errichtung von Entwässerungsmaßnahmen sind nur einige Details, welche in dem Schutzprojekt definiert wurden.

Bergseitig wurde zur Erhöhung der Stabilität des 25 m hohen Hauptdammes eine Geotextilmatte eingebracht. Die bergseitige Böschungsneigung beträgt 4:5, die talseitige 2:3. Im Bereich der obersten 5 m wurde die bergseitige Neigung des Dammes auf 60° erhöht. Die Stabilisierung erfolgte mittels „bewehrter Erde“.

Das größte Problem war die Sicherheit des Personals auf der Baustelle. Seitens des Planungskoordinators wurde in Zusammenarbeit mit dem Arbeitsinspektorat ein SiGe-Plan nach dem Baustellenkoordinationsgesetz 1999 erstellt. In diesem Plan wurden Bedingungen wie Alarmplan, Ausrüstung, Fluchtwege, etc. definiert. Innerhalb von 45 sec musste zum Beispiel die gesamte Baustelle geräumt werden können. Vom Bundesheer wurden jeweils fünf Beobachtungsposten gestellt, die den Abbruchbereich beobachten mussten. Dies erwies sich als schwierig, da durch häufigen Nebel die Sicht verdeckt war und die Bauarbeiten deshalb eingestellt werden mussten. Der Ausweg wurde in der Installation eines akustischen Überwachungssystems gefunden. Durch die Installation von Richtmikrofonen im unmittelbaren Abbruchbereich konnte jedes Steinschlaggeräusch auch bei Nebel erkannt werden und die Arbeiten konnten auch bei schlechten Sichtverhältnissen weitergeführt werden.

Ende Oktober wurden die Dämme und das Steinschlagschutznetz termingerecht fertiggestellt und die noch bestehende Teilevakuierung wurde endgültig aufgehoben.



Abb. 7 Fertiggestellter Steinschlagschutzdamm  
Fig. 7 Completed rockfall protection dam

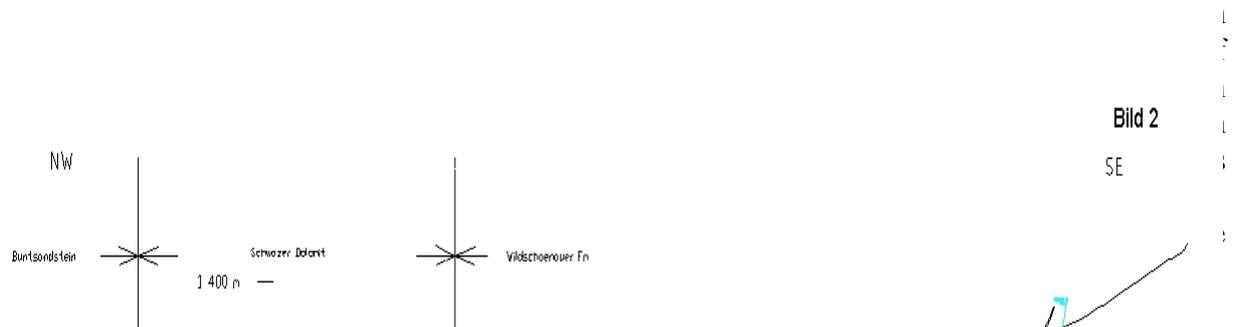
## Monitoring System

Aus zweierlei Gründen war es notwendig, im Bereich Eiblschrofen ein umfangreiches Beobachtungs- und Messsystem zu installieren. Einerseits zur Gewährleistung der Sicherheit während der Durchführung der Baumaßnahmen, andererseits zur Gewinnung von Basisdaten für die Erstellung und die Überprüfung mechanischer Modelle des komplexen Systems Eiblschrofen.

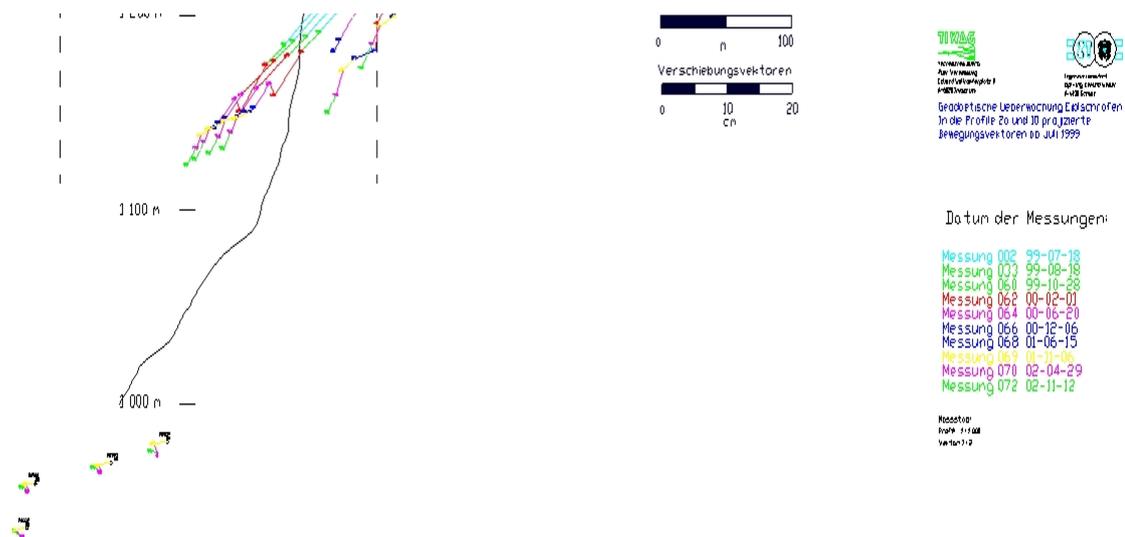
Dieses Messsystem beinhaltete laufende geodätische Messbeobachtungen des Dolomitplateaus am Eiblschrofen und des bewegten bergseitigen Schieferkomplexes sowie Verformungsmessungen des aus Sicherheitsgründen (laufende Felssturzaktivitäten) nicht zugänglichen Wandbereiches inkl. Sockel (Wandvorbau) mittels Laserscanner. Geotechnische Messungen auf dem Dolomitniveau sowie an den bergseitigen Schiefen wurden sukzessive von arbeitsaufwendigen und ungenauen Handmessungen auf notwendige automatisierte Präzisionsmessungen umgestellt. An Systemen kamen Extensometer, Konvergenzen, Tiltmeter sowie Lichtwellenleiter zum Einsatz. Aus dem bereits seit Jahren untertägig eingerichteten seismischen Beobachtungssystemen (nach einem großen Tagbruch 1993) war zudem eine extreme Zunahme seismischer Aktivitäten vor den ersten Felsstürzen bekannt, für die Überwachung als Frühwarnsystem während der Bauphase der Schutzdämme wurden die untertägigen Systeme durch ein seismisches Oberflächensystem ergänzt. Mittels den Daten aus untertägigen und obertägigen seismischen Messsystemen konnten zudem auch Lokalisierungen (Herdbestimmungen) der untertägigen Verbrüche durchgeführt werden. Ergänzt wurden all diese Beobachtungen noch mit einem umfangreichen Quellmonitoring (für

Beweissicherungen im Zusammenhang mit Dammbauten und weiters für Überlegungen zu hydrogeolog. Modellen) des weiteren Bereiches Eiblschrofen. Nach Abschluss der Bauarbeiten konnte das Monitoring deutlich reduziert werden (Abbau der Oberflächenseismik, der Lichtwellenleiter, zeitliche Verdünnung der geodätischen Messdurchläufe, in einer späteren Phase Ersatz des Laserscannings durch ein paar geodätische Messpunkte im Wandvorbau). Sämtliche Messdaten fanden zudem Eingang in die felsmechanischen Modellierungen. Die felsmechanischen Modellansätze wurden laufend derart angepasst, dass die Ergebnisse der Modellberechnungen mit dem messtechnisch erfassten Deformationen übereinstimmten.

## Räumlich-zeitliches Verhalten des gomechanischen Systems



Phase	Zeitraum	max. Verschiebungsgeschwindigkeit	
Phase 0	vor 10.7.1999	0,3 mm/d	
Phase 1	10.7.1999 - 18.8.1999	3,0 mm/d	Beschleunigung
Phase 2	18.8.1999 - 28.10.1999	0,6 mm/d	Verzögerung
Phase 3	28.10.1999 - 1.2.2000	0,8 mm/d	Beschleunigung
Phase 4	1.2.2000 - 20.6.2000	0,1 mm/d	Verzögerung
Phase 5	20.6.2000 - 6.12.2000	0,3 mm/d	Beschleunigung
Phase 6	6.21.2000 -	0,1mm/d	Verzögerung



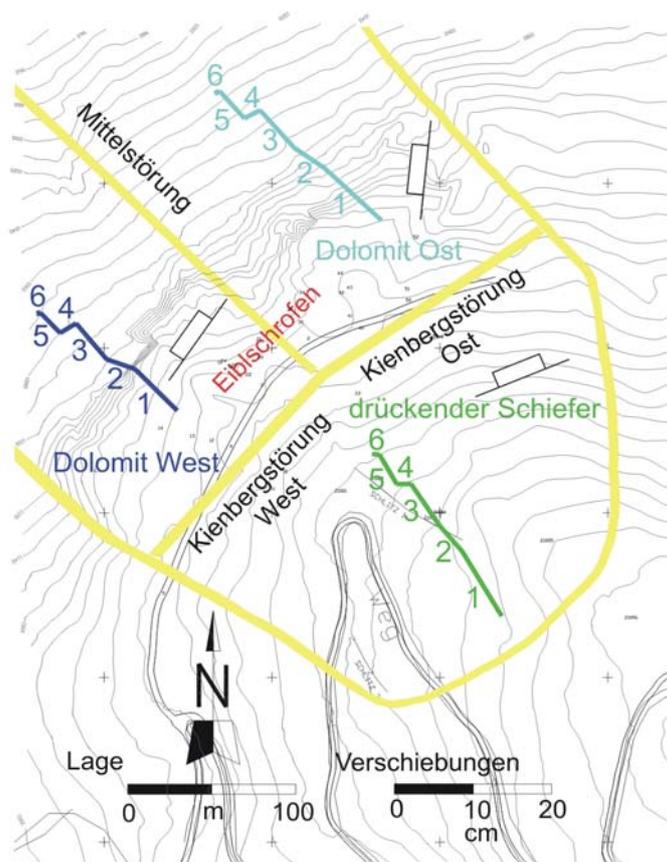


Abb. 8 Lageskizze des Systems Eiblschrofen, Raumstellung der Hauptklufscharen (Darstellung mittels Einheitsquadranten) und mittlere Verschiebungsvektoren in den Zeitphasen 1-6  
 Fig. 8 Plan of the Eiblschrofen system, orientation of the main joint sets (shown by projected squares) and medium displacement vectors in time phases

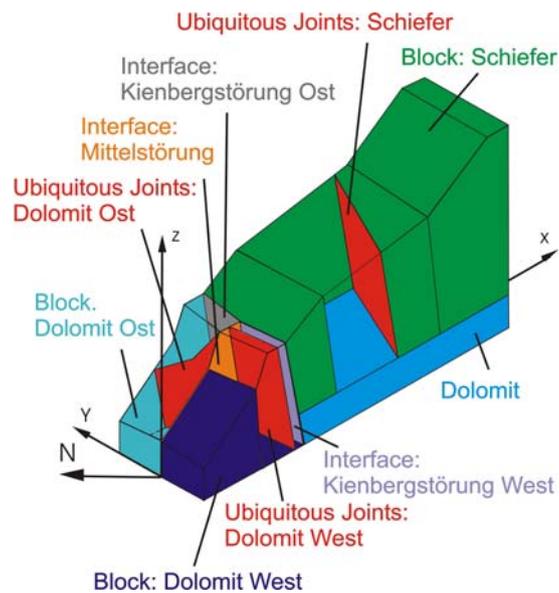


Abb. 9 Aufbau des FLAC<sup>3D</sup>-Modells  
Fig.9 FLAC<sup>3D</sup> domain of simulation

## Beurteilung der Standsicherheitsverhältnisse

Die Berechnungen haben auch einen für statisch hochgradig unbestimmte Systeme typischen, stufenförmigen zeitlichen Verlauf der Verschiebungen ergeben, der auf Spannungsumlagerungen zurückzuführen ist. Am Eiblschrofen zeigen die seismischen Ereignisse die Verschiebungen, die Änderungen der Kluftweiten, usw. einen solchen stufenförmigen Verlauf über die Zeit. Es kann daher niemand sagen, ob der derzeitige Zustand des Eiblschrofens ein stabiler oder ein instabiler ist, bzw. ob bei Versagen des derzeit die Hauptbeanspruchung tragenden Systemteiles eine neuerliche Spannungsumlagerung möglich ist. Auf Basis der strukturgeologischen Gegebenheiten, der Messdaten, sowie der felsmechanischen Modellierungsergebnisse wurden Versagensmodelle für mögliche Großabbrüche inkl. deren volumetrischen Bestimmungen ermittelt. Diesen einzelnen unterschiedlich großen Szenarienmodellen von möglichen Großabbrüchen wurde die Aufnahmekapazität der Schutzdämme gegenübergestellt, wobei sich zeigte, dass für einige dieser möglichen Versagensszenarien die Aufnahmekapazität der Dämme ausreicht, für einige dieser Großszenarien nicht. Dabei wurde auch die Erdbeben­tätigkeit an der Inntalfurche (Intensitäten 6-7 mit 50-jähriger Wiederkehrdauer) als nicht vorab erkennbares Auslösungskriterium berücksichtigt, wobei sich zeigte, dass nach allem derzeitigen Wissensstand ein derart induzierter Großabbruch durch die Schutzdämme aufgenommen werden kann.

Unter Berücksichtigung möglicher Großversagen am Eiblschrofen, gegenüber denen die errichteten Schutzbauten nicht ausreichen, wurde auf Basis eines weiterführenden Monitorings ein detaillierter mehrstufiger Alarmplan erstellt. Sicherheit für die Bevölkerung bietet daher nur eine Weiterführung der Beobachtungen, eine sorgfältige Interpretation und die genaue Einhaltung des Alarmplanes.

Adresse der Verfasser /  
Authors addresses:

DI Siegfried Sauer Moser  
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung  
Gebietsbauleitung Westliches Unterinntal  
6031 Schwaz/ Swarovskistrasse 22a

Dr. Hans Angerer  
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung  
Geologische Stelle  
Liebeneggstrasse 11  
6020 Innsbruck

# **Integraler Hochwasser und Lawinenschutz im Zillertal – eine Bewertung**

## **Integral watershed-improvement in the Ziller-valley - a rsum**

Von/by

Siegfried Sauermoser, Dieter Frey

### **Einleitung**

In forstlichen Fachkreisen wurden die beiden Projekte Lawinen- und Wildbachschutz Vorderes Zillertal 1953- und Wildbach- und Lawinenschutz Mittleres Zillertal unter dem Sammelbegriff Integralmelioration Zillertal bekannt. Jahrzehntlang galten diese beiden Projekte als Vorzeigeprojekte und Inbegriff eines integralen und umfassenden Denkansatzes zum Schutz gegen Naturgefahren. Das Forsttechnische System schlechthin. Der Anspruch an die Projekte war hoch. Unter Wahrung der Interessen der alpinen Landwirtschaft wollte man einen beträchtlichen Teil der Einzugsgebiete von 7 großen und mehreren kleinen linksufrigen Zillerzubringern in 9 Gemeinden bis hinauf zur potentiellen Waldgrenze wiederbewalden. Die Weiderechte wurden auf etwa 2/3 der Gesamtfläche abgelöst und die Almwirtschaft auf der verbleibenden Restfläche intensiviert. Heute, nach 50 Jahren ist es an der Zeit die Erfolge und Misserfolge zu bewerten, was in dem gegenständlichen Bericht versucht wird.

### **Die Projekte**

#### **Wildbach- und Lawinenschutz Vorderes Zillertal 1953:**

Dieses Projekt wurde nach den verheerenden Lawinenwintern 1934/35 und 1950/51 ausgearbeitet, in denen alleine im Finsinggrund ca. 28 000 fm Holz vernichtet wurden. Murgänge im Finsingbach mit schweren Schäden in der Gemeinde Uderns in den Jahren 1943 und 1946 waren eine weitere Motivation für die Ausarbeitung dieses umfassenden Projektes, welches die Einzugsgebiete des Rischbaches, Finsingbaches, Riedbaches, Kaltenbaches und Talbaches umfasst. STAUDER berichtet dazu 1963:

„Bei der genauen Erforschung der Ursachen der großen Wildbachtätigkeit zeigte es sich, dass als solche oftmals nur die Verringerung und Verschlechterung der Waldbestände in den Einzugsgebieten in Frage kommen. Insbesondere im Finsingtal, das durch Überschlägerungen und Lawinenkatastrophen seit 1930 aus einem harmlosen Waldtal in eines der wildbachgefährdetsten Täler Tirols verwandelt wurde. Lt. Schichtl verringerte sich die Waldfläche im Finsingtal in den Jahren 1873 – 1951 um ca. 30 % von 15,8 km<sup>2</sup> auf 10,9 km<sup>2</sup>. Ebenso wurde in Aschau um die Jahrhundertwende durch einen großen Kahlschlag eine Katastrophe ausgelöst.“

Folgende Maßnahmen wurden im Rahmen des Projektes durchgeführt:

Aufforstung 1050 ha  
Almerschließung 36 km  
Weideablösen 780 ha  
Ablöse von Waldweide 1 200 KG  
Ablöse von Streunutzung 199,7 rm/Jahr  
Stützverbauungen, Kolktafeln, Schneezäune

Im Technischen Bericht des Projektes kann über das Projektziel nachgelesen werden. Dieses wurde mit der Hebung der Waldgrenze von im Mittel 1600 m auf ca. 2000 m und dadurch

umfassendem Wildbach- und Lawinenschutz für die unterliegenden Dörfer formuliert. Als weiteres Ziel wurde genannt, die Kosten für technische Bauwerke zu senken und sich deren langwierige Instandhaltung zu sparen. Nähere Details – wie der Lawinenschutz oder Wildbachschutz funktionieren sollte, beispielsweise der Versuch einer Quantifizierung des Hochwasserrückhaltes wurde nicht im Detail beschrieben, die entsprechenden Möglichkeiten waren zu dem damaligen Zeitpunkt nicht gegeben.

Begleitet wurden die flächenwirtschaftlichen Maßnahmen dieser Projekte von technischen Maßnahmen in den Mittel- und Unterläufen der Wildbäche hauptsächlich in Form von Mittelaufstapelungen und Geschiebebecken im Rischbach, Finsingbach, Riedbach und Talbach, für welche eigene detaillierte Verbauungsprojekte ausgearbeitet wurden. Ein alleiniges Vertrauen auf die flächenwirtschaftlichen Maßnahmen war auf Grund der labilen Geologie des vorderen Zillertales mit hoher Erosionstendenz nicht möglich. Im Rahmen des Vorbeugungsprojektes war geringfügig technischer Lawinenschutz im Anbruchgebiet vorgesehen.

### **Wildbach – und Lawinenschutz Mittleres Zillertal 1961**

Motiviert durch die Erfolge des Vorbeugungsprojektes vorderes Zillertal wurde auch für den Bereich des Mittleren Zillertales ein umfangreiches flächenwirtschaftliches Projekt ausgearbeitet. Es umfasste die Einzugsgebiete des Dunkelbaches, Afeldbaches, Gschirrbaches, Sidanbaches und Hoarbergbaches und schließt im Süden an das Gebiet des



Abb. 1: Projektgebiet mittleres und vorderes Zillertal mit dem Einzugsgebiet des Talbaches im Zentrum

Fig. 1: Project area, in the lower and middle Ziller-valley with the catchment Talbach-torrent

Projekt des Vorderes Zillertal an. Somit war die gesamte linksufrige Talflanke des Zillers bearbeitet. Die Zielsetzung des Projektes Mittleres Zillertal war die gleiche wie beim Vorgängerprojekt, nämlich einen umfassenden Wildbach- und Lawinenschutz mit flächenwirtschaftlichen Mitteln herzustellen. Ebenso wie im Projekt Vorderes Zillertal waren auch technische Ergänzungsmaßnahmen in Form von Stahlschneebrücken vorgesehen, für die technischen Maßnahmen in den Bächen wurden ebenfalls eigene Verbauungsprojekte ausgearbeitet

Das Projekt umfasste:

Aufforstung 720 h  
Almaufschließung 32 km  
Weidefreistellung 640 ha  
Ablöse Streunutzungsrechte 1 830 rm

### **Projektsverlauf:**

STAUDER berichtete 1963 über das Projekt Vorderes Zillertal:

„Für die Wildbach- und Lawinerverbauung ist der Einfluss auf den Wasserhaushalt entscheidend, der jedoch erst später mit dem Größerwerden der Aufforstungen, dem Gesunden der Bestände und der Böden spürbar sein wird. Durch Einstellen des Weideganges erhöht sich auf den „Trittböden“ das Porenvolumen und damit das Speichervermögen. Es wird hier auf die umfangreichen Arbeiten von Burger in der Schweiz und J. Karl im Allgäu verwiesen.

Für die Alpwirtschaft ist durch die Intensivierung bereits eine tatsächliche Mehrproduktion von Milch feststellbar.....

Für die Forstwirtschaft sind die Auswirkungen wirtschaftlich am bedeutendsten, da durch die Aufschließung ein sofortiger Mehrerlös von.....“

Bezüglich der Erfahrungen bei den Aufforstungen berichtet STAUDER unter anderem davon, dass sich die Vogelbeere auf Grund ihrer Empfindlichkeit gegen Hagel und Schneedruck entgegen den Angaben in der Literatur nicht bewährte und die Kosten für die Aufforstungen – angesichts der noch zu bearbeitenden Flächen in Tirol – unbedingt zu senken seien. Die Kosten im Erfahrungsbericht 1963 wurden bei 5000 Pfl/ha mit ATS 10 000.-/ha angegeben. Auch auf die unbedingte Notwendigkeit der Zusammenarbeit mit der Forschung wird hingewiesen. Zusammenfassend wird von STAUDER bemerkt, dass viele Probleme im Zusammenhang mit der Hochlagenaufforstung noch lange nicht gelöst sind, obwohl der Erfolg der bisherigen Aufforstungen im Vorderen Zillertal diesen Eindruck erwecken könnte.

Die Realität war leider eine andere

In den Siebziger- und Achtzigerjahren traten große Rückschläge bei den Aufforstungen auf. Sowohl bei Zirbe als auch bei Lärche kam es zu starkem Befall von *Ascocalyx abietina* bzw. *Ascocalyx laricina*, (Triebsterben bei Zirbe und Lärche) welche große flächenhafte Ausfälle bei den Aufforstungen verursachten und diese teilweise gänzlich vernichteten. Viele Diskussionen wurden über die Ursachen geführt. Heute weiß man, dass die genannten Pilze Sekundärschädlinge sind und eine mechanische Schwächung der Pflanzen einen Befall begünstigt. Eine mechanische Schädigung dürfte hauptsächlich durch klimatische Schäden (Frost/Frosttrocknis) entstanden sein, da die Pflanzen weitgehend nicht dem Herkunftsgebiet und der Höhenlage entsprachen. Behandlungsversuche mit Fungiziden und mechanische Hygienemaßnahmen durch Entfernen und Verbrennen der befallenen Pflanzenteile blieben

weitgehend erfolglos. Befallen waren vor allem die höchsten Lagen oberhalb von SH 1950 m und schattige Kare und Mulden (Gernkar, Pigneidkessel), was die Theorie des wenig angepassten Saatgutes untermauert. Nach den Misserfolgen bei den Aufforstungen trat in den Achtzigerjahren eine Stimmung der Depression und Ursachenforschung ein und die Projekte traten neben den anderen Tätigkeiten in der Gebietsbauleitung wie Gefahrenzonenplanung und Gutachtertätigkeit, welche stark an Intensität und Zeitaufwand zunahmen, in den Hintergrund.



Abb.2: Flächenhafte Aufforstung mit Lärche und Zirbe (1960-70)

Fig. 2: Reafforestation with larch (*Larix decidua*) and stone pine (*Pinus cembra*)

Seitens des Bundesamtes und Forschungszentrums für Wald wurden im Auftrage der Gebietsbauleitung Vegetationskartierungen und Beregnungsversuche in einigen ausgewählten Projektbereichen durchgeführt, um Begehrlichkeiten mit guten Argumenten entgegenzutreten zu können.

Die Ergebnisse der Untersuchungen waren überraschend. Waren zwar die Aufforstungen über weite Bereiche nicht gelungen und von starken Ausfällen gekennzeichnet, so entwickelte sich in den weidefreigestellten Gebieten eine starke Zwergstrauchvegetation. Diese Entwicklung wurde nach MARKART, KOHL (1996) durch die Anlage der großen Pflanzlöcher für die Aufforstung gefördert, weil die seitliche Ausbreitung der Zwergsträucher durch den Wegfall von Konkurrenzvegetation erleichtert wurde. Beregnungsversuche durch MARKART, KOHL (1996) haben ergeben, dass diese Zwergstrauchheide einen ähnlich hohen „Hydrologischen Wert“ bezüglich der Wasserspeicherkapazität aufweist wie Wald (Abb.5).

### **Bewertung der Vorbeugungsprojekte aus heutiger Sicht**

Zweifellos wurde mit den Vorbeugungsprojekten Vorderes und Mittleres Zillertal von den damals Verantwortlichen hervorragendes geleistet. Die Würdigung und Anerkennung dieser Leistung durch die betroffenen Gemeinden drückte sich in der Verleihung von Ehrenbürgerschaften in mehreren betroffenen Gemeinden aus. Ohne diese Leistung schmälern zu wollen ist aber aus heutiger Sicht eine kritische Bewertung notwendig und auch die Frage, ob sich die in den Projekten formulierten Erwartungen erfüllt haben, ist zu stellen.

SEYMANN stellt bezüglich der Planungsziele und deren Umsetzung bis 1988 fest (Vorbeugung Vorderes Zillertal):

„Die Genehmigung und Finanzierung des Projektes wurde mit dem Hinweis, dass die Maßnahmen der Verhinderung der Wildbach- und Lawinentätigkeit sowie der Bindung der Geschiebequellen als auch der



Abb.3: Deutliche Abgrenzung der weidefreigestellten Flächen durch intensiven Zwergstrauchheidenbewuchs

Fig.: 3: Significant difference between the grazed and the no-longer grazed- area which is covered by alpine heath

Verhütung von Geschiebeabtrag dienen sollte, versehen. Hiermit ist wohl auch das Hauptziel des Projektes definiert. Ziele zweiter Ordnung sind die Verbesserung der Bewirtschaftungsbedingungen für die Landwirtschaft und das damit einhergehende Anheben des Produktionsniveaus in der Forstwirtschaft. Dies gilt insofern, als eine Sanierung der hydrologischen Bedingungen in den Einzugsgebieten ohne die Umstellung der Bewirtschaftungsweise sowohl in der Land- als auch in der Forstwirtschaft nicht denkbar erschien. Diese Maßnahmen wurden zunächst mit 28,8 Mio ATS dotiert, im Jahre 1982 erfolgte eine Erweiterung des Kreditrahmens um weitere 10 Mio ATS. Zusätzlich sollten durch die Forcierung einer „grünen“ Sanierung der Einzugsgebiete finanzielle Mittel im Ausmaß von 23 Mio ATS die für technische Verbauungen vorgesehen waren, eingespart werden. Zur Erreichung dieser Ziele wurden von der Wildbach- und Lawinenverbauung bis 1985 34,2 Mio ATS im Rahmen des Projektes Vorderes Zillertal aufgewendet. Hiemit wurden die im Projekt 1953 vorgesehenen Maßnahmen im Wesentlichen durchgeführt, wenn auch den Hochlagenaufforstungen weitestgehend kein Erfolg beschieden war und auf fast allen Flächen die umfangreich notwendigen Nachbesserungen Neuaufforstungen gleichkommen. Zur weiteren technischen Verbauung der Wildbäche waren 13,9 Mio ATS vorgesehen, tatsächlich projektiert wurden bis 1985 jedoch Maßnahmen technischer Art im Ausmaß von 143,78 Mio ATS und in der Höhe von 102,9 Mio ATS auch ausgeführt.....“

Nach SEYMANN dürfte dennoch nicht das Misslingen der Hochlagenaufforstung für die nur sehr geringen Einsparungen gegenüber der „harten“ Variante sein, denn 75 % der Mittel für Technische Maßnahmen wurden erst nach 1970 aufgewendet,

„...also in einer Zeit in der die Ausdehnung der Dörfer und das damit verbundene Ansteigen des Baulandbedarfes gerade begonnen hatte. Dies lässt darauf schließen, dass die erhofften Einsparungen bei technischen Verbauungen realistisch gewesen wären, jedoch veränderte Zielgrößen infolge von nicht steuerbaren Entwicklungen nur mit dem verstärkten Einsatz technischer Mittel sicherer Lebens- und Wirtschaftsraum erschlossen werden konnte.“

Die schnelllebige dynamische Siedlungsentwicklung hatte die langfristige Zielsetzung der Projekte überholt!

Entgegengesetzt zu den Zuwächsen in den Aufforstungen entwickelten sich jene in den zu schützenden Dörfern. In unmittelbarer Nähe bzw. inmitten der Projektgebiete befinden sich heute vier große Schigebiete mit einer Beförderungskapazität von mehreren Tausend Personen pro Stunde. Die Begehrlichkeiten der Skiindustrie in Richtung Aufforstungsflächen



Abb.4: die Anlage von Pflanzlöchern begünstigte die Ausbreitung von *Rhododendron ferrugineum* und verschiedenen *Vaccinien*

Fig. 4: Planting pits favour the invasion capacity of *Rhododendron ferrugineum* and several species of *Vaccinium*

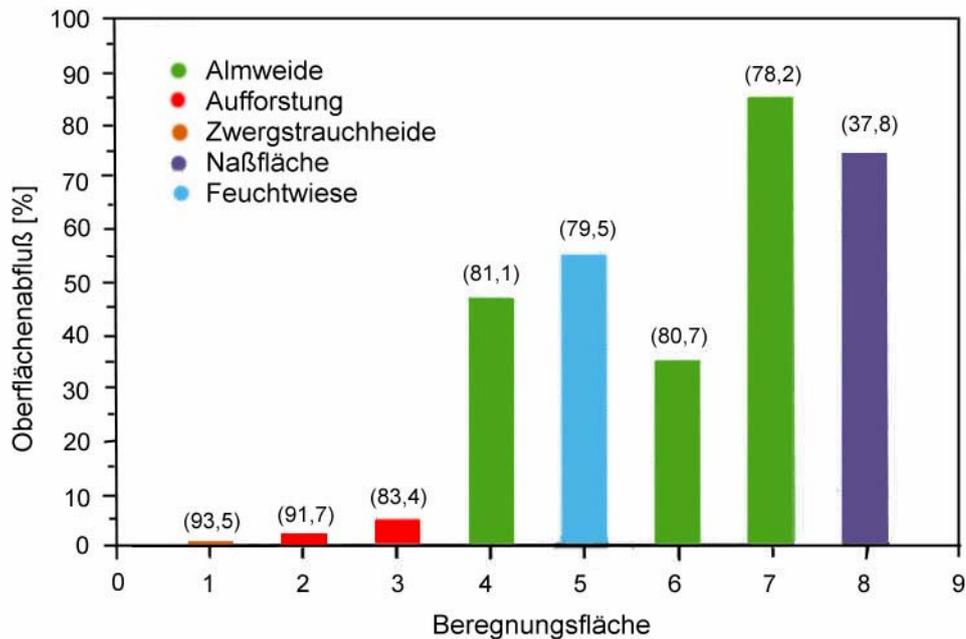


Abb.5: Ergebnisse von Berechnungsversuchen auf der Geolsalm durch MARKART und KOHL (1996, Bundesamt und Forschungszentrum für Wald)

Fig. 5: Results of sprinkling tests at the alpine pasture "Geolsalm" by MARKART and KOHL (1996)

werden immer intensiver und auch die Almwirtschaft hat, bedingt durch die Förderungspolitik der EU, neues Interesse an den Flächen, in denen die Aufforstung nicht gelungen ist, angemeldet.

Dazu ein Vergleich der Besiedlungsentwicklung in den Gemeinden Kaltenbach und Ried

Gemeinde	Anzahl Häuser		Einwohner		Gästenächtigungen	
	1959	2002	1959	2002	1959	2002
Ried	50	228	435	1216	15200	170000
Kaltenbach	30	318	530	1130	13000	160000

Was bedeutet das für die Zukunft des Forsttechnischen Systems?

Wenn man den Ausführungen SEYMANN'S folgt, so hat sich die ursprüngliche Zielsetzung der teilweisen Kompensation technischer Maßnahmen durch forstlich biologische nicht erfüllt. Auf Grund des erhöhten Schutzbedarfes und der erhöhten Sensibilität gegenüber Naturgefahren war die Errichtung von technischen Verbauungsmaßnahmen in den Gerinnen weit über jenes Maß hinaus notwendig, welches ursprünglich vorgesehen war. Ein Problem der flächenwirtschaftlichen Maßnahmen ist in diesem Zusammenhang die Quantifizierbarkeit.

Bereits HAMPEL schrieb dazu 1964:

„...So selbstverständlich es also ist, dass sich auch eine kleine Verringerung der Waldfläche auf den Hochwasserablauf auswirkt, so schwierig ist es in einem konkreten Falle, den Anteil dieses Einflusses auf die kritische Lage in einem Wildbachgebiet festzustellen.....“

Mit der von ihm entwickelten Formel für den Hochwasserabfluss in inneralpinen Einzugsgebieten ist es zum Beispiel nur ungenügend möglich, einen Einfluss der Vegetationsveränderung in den letzten 50 Jahren auf den Hochwasserabfluss rechnerisch nachweisen zu können. Dies ist zweifellos ein Manko von forstlich biologischen Maßnahmen, deren Wirksamkeit gegenüber technischen nicht so klar zu definieren ist. Solange es nicht zweifelsfrei gelingt, die Wirkung von flächenwirtschaftlichen Maßnahmen einwandfrei zu quantifizieren, wird der Einsatz von großen finanziellen und personellen Ressourcen in diesem Bereich eher jenem für technische Maßnahmen hintangestellt werden müssen. Dies wiegt um so mehr je knapper diese Ressourcen sind.

Es ist natürlich nicht abzuschätzen, in welchem Zustand die Einzugsgebiete sich befänden, hätte die Integralmelioration nicht stattgefunden. Anzunehmen ist aber, dass die hydrologischen Verhältnisse ungünstiger wären. Die technischen Verbauungen stehen weitgehend zur Sanierung an und in den nächsten Jahrzehnten werden wohl einige Millionen Euro zur Aufrechterhaltung der Schutzfunktionfähigkeit der bestehenden Verbauungen aufgewendet werden müssen.

Alle Unsicherheiten und Rückschläge berechtigen nicht, die laufenden Projekte Wildbach – und Lawinenschutz Vorderes und Mittleres Zillertal einzustellen. Wenngleich seitens der Unterliegergemeinden technische Schutzbauten zur Bereitstellung ehestmöglicher und weitgehend berechenbarer Sicherheit gefordert werden, so sind in den Projektsgebieten im Rahmen genehmigter Ergänzungsprojekte folgende Maßnahmen zu setzen:



Abb. 6: Informationstafeln entlang der Zillertaler Höhenstrasse informieren über die Projekte

Fig. 6: Information-point informs about the works

- Es ist sicherzustellen, dass die „Hydrologisch hochwertigen Flächen“ – Zwergstrauchheiden und Waldflächen als solche erhalten bleiben. Bei künftigen Schierschließungen ist darauf zu achten, dass keine Verschlechterungen in den Einzugsgebieten eintreten und Eingriffe in den Projektflächen kompensiert werden.. Mit Schipisten in Aufforstungsnähe wurden bisher keine guten Erfahrungen gemacht, da ein Freihalten dieser Flächen von Variantenfahrern nicht möglich ist.
- Die Bedeutung der Flächen ist mit verschiedenen modernen Methoden zu evaluieren. Dazu ist es notwendig, die Aufforstungsflächen mit hydrogeologischen Detailerhebungen zu verschneiden und Flächen mit „Doppelfunktion“ erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken. Eine Doppelfunktion hat eine Aufforstungsfläche, wenn neben der hydrologischen Wirkung im Einzugsgebiet noch eine bedeutende hangstabilisierende und geschiebebindende Wirkung dazukommt.
- Die Bedeutung von Hochwasserrückhalt in den Einzugsgebieten ist – wenn auch letztlich nicht genau quantifizierbar – zu kommunizieren. Die betroffenen Grundeigentümer, die politischen Entscheidungsträger und die Bevölkerung sind über die Bedeutung der Maßnahmen aufzuklären und laufend zu informieren. Es ist deutlich klarzulegen, dass gerade im Hinblick auf die Komplexität von Erosionsprozessen und den damit verbundenen Unsicherheiten jede Möglichkeit der Verbesserung in Einzugsgebieten genutzt werden muss.
- Dort wo der Wald Lawinenschutz übernehmen soll und sich im Ausschüttungsgebiet Infrastruktureinrichtungen entwickelt haben, sind die forstlich-biologischen Maßnahmen durch technische Maßnahmen zu ergänzen.
- Auf den mittlerweile seit fast 50 Jahren weidefreigestellten Flächen hat sich nicht nur eine überraschend dichte Zwergstrauchvegetation eingestellt, sondern es zeigt sich auch deutlich punktuell Naturverjüngung von Lärche, Zirbe und Fichte. Dies ist ein Hinweis, dass für die natürliche Verjüngung dieser Bereiche lange Zeiträume anzunehmen sind. Wenn wir diese Zeiträume durch künstliche Maßnahmen beschleunigen wollen, so müssen wir uns dem Vorbild dieser natürlichen Verjüngungskerne angleichen und die Aufforstungen kleinflächig und unter Rücksichtnahme auf den Mikrostandort ausführen. Da die Aufforstung eines ha mit 5000 Pflanzen mittlerweile ATS 150 000.- kostet und die hydrologische Wirkung der Zwergstrauchheide ähnlich gut ist, stellt sich die Frage, ob wir – wenn wir nur die Hydrologie eines Einzugsgebietes verbessern wollen – soviel Geld in Hochlagenaufforstung investieren oder ob es nicht der wesentlich wirtschaftlichere Weg ist, die Rahmenbedingen herzustellen und den Rest der Natur zu überlassen.



Abb.7: Nicht alles fiel dem Triebsterben zum Opfer; Gelungene, reifbedeckte Aufforstung im Bereich Schwendberg, Baumgarten

Fig. 7: Not all afforestation stands suffered of branch cancer; vital afforestation in the area of "Schwendberg, Baumgarten" fully covered by white frost

## Zusammenfassung

Die Maßnahmen der beiden großen flächenwirtschaftlichen Projekte, Vorbeugung Vorderes Zillertal 1953 und Vorbeugung Mittleres Zillertal, haben bezüglich des vor 50 Jahren formulierten Projektzieles der Einsparung von Kosten für technische Maßnahmen das Projektziel nicht erreicht. Eine exakte Zielformulierung bezüglich einer quantitativen Angabe über den Grad des Schutzes war zum Zeitpunkt der Projektstellung nicht möglich und ist es auch heute noch nicht. Die deutliche Erhöhung der zu schützenden Werte in den Wirkungsbereichen und der damit verbundene Druck auf ehestmögliche Sicherheit machte die Ausführung von wesentlich mehr technischen Maßnahmen notwendig als ursprünglich vorgesehen war. In den seit fünfzig Jahren weidefrei gestellten Flächen entwickelte sich eine intensive Zwergstrauchvegetation und zunehmend stellt sich Naturverjüngung ein. Für zukünftige Projekte ähnlicher Art sollte deshalb in erster Linie getrachtet werden, die Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Naturverjüngung herzustellen, sich in Geduld zu üben und die sehr kostenintensive Arbeit der Aufforstung der Natur zu überlassen.

## Literatur:

STAUDER S. 1963: Das Projekt „Wildbach – und Lawinenvorbeugung Vorderes Zillertal“ und seine wirtschaftliche Bedeutung; Mitteilungen der forstlichen Bundesversuchsanstalt Mariabrunn, 1963, Heft 60.

HAMPEL R. 1963: Hochlagenaufforstung in Tirol; Fachliche Vereinszeitschrift der DI der WLW Österreichs, Heft 19, 1964

SEYMANN CH: 1988: Wildbachökologische und Ökonomische Auswirkungen des  
Integralmeliorationsprojektes Vorderes Zillertal unter spezieller Berücksichtigung der  
Geolsalm und des Wildauerwaldes;

MARKART G., KOHL B. 1996: Integralmelioration Vorderes Zillertal, Einfluss von Boden,  
Vegetation und rezenter Bewirtschaftung auf den Abfluss bei Starkregen; Studie im  
Auftrag der WLW, Okt 1966

**Adresse der Autoren /  
Authors addresses:**

DI Siegfried Sauer Moser und DI Dieter Frey  
Gebietsbauleitung Westliches Unterinntal des  
Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung  
Swarovskistrasse 22a  
6130 Schwaz

# **Interdisziplinäre Schutzmaßnahmen in den Höfener Wildbächen**

## **Interdisciplinary preventive protection measures in the torrents**

### **„Höfener Wildbäche“**

Von/by

Friedrich Dragosits

#### **Zusammenfassung:**

In der vorliegenden Arbeit wird am Beispiel der Höfener Wildbäche gezeigt, dass mit einer umfassenden interdisziplinären Ursachenabklärung und Maßnahmensetzung das Ziel der Gefährdungs- und Risikoabschätzung und des Schutzes in einem solchen Ausmaß erreicht werden konnte, dass menschliche Lebensräume mit ausreichender Sicherheit weiter benutzbar sind.

#### **Summary:**

This paper describes the example of the torrents „Höfener Wildbäche“ that shows, that by a comprehensive interdisciplinary evaluation of the causes and by taking preventive measures, it is possible to assess the risks and dangers and reach adequate protection to a high extension, so that the human habitat in question can be protected with sufficient safety.

#### **Einführung und Problemstellung**

In den sogenannten Höfener Wildbächen traten nach einer jahrzehntelangen Zeit der Ruhe ab 1967 gehäuft Mur-, Steinschlag-, Felssturzereignisse und Bergzerreissungen mit sehr großen Bewegungsraten auf, zum Teil mit verheerenden Schäden im unterliegenden Siedlungsbereich, wodurch Schutzmaßnahmen in Form von Schutzbauten, Aufforstungen, der Ermittlung des Gefahrenpotentials, der Ursachenabklärung und der Modellierung der Katastrophenprozesse, und der Vorbeugung durch die Gefahrenzonenplanung und die Raumordnung erforderlich wurden.

Im Gebiet der Höfener Wildbäche wird somit ab 1967, also bereits seit mehr als 55 Jahren, von der WLW intensiv gearbeitet. Der Abschluss der erforderlichen technischen Verbauungsmaßnahmen wird voraussichtlich in 10 Jahren erfolgen.

Es wurde bei den Arbeiten zunehmend interdisziplinär vorgegangen und es wurden damit sehr gute, praxisorientierte Ergebnisse erzielt. Die Vorgangsweise und die Ergebnisse sind zur Dokumentation und als Erfolgsnachweis nachfolgend dargestellt.

#### **Allgemeiner Situationsüberblick**

Die Höfener Wildbäche liegen im Reuttener Talkessel des Bezirkes Reutte, Tirol. Es sind dies die eigentlichen Höfener Wildbäche – der Dellebach, Herrenbach, Gesseslesbach, Hirschbach im Gemeindegebiet von Höfen – und der Lainbach, die Lainmure, der Hänslerbach und einige kleine Bächlein im Gemeindegebiet von Wängle (Abb. 1, Abb.2).

Es handelt sich um kleine Bäche mit kleinen Einzugsgebieten an der östlichen Flanke der sogenannten Tannheimer Berge. Die Bäche weisen ausgeprägte, flache Schwemmkegel auf, welche sich gegenseitig nahezu lückenlos berühren bzw. ineinander übergehen, weiters steile, meist schluchtartig eingeschnittene Mittelläufe, und sehr steile Oberläufe. Der Vorfluter ist der Lech auf rund 850 m Seehöhe. Die Einzugsgebietsobergrenzen liegen bei rund 2000 m Seehöhe.

Das Klima ist durch die Lage am Alpennordwestrand ozeanisch geprägt. Es gibt kühle, niederschlagsreiche Sommer und milde, ebenfalls niederschlagsreiche Winter. Der maximale Eintagesniederschlag (Wetterstation Höfen, SH 869 m) seit 1901 beträgt 118 mm (14.6.1910), der durchschnittliche Jahresniederschlag 1350 mm. Es treten in den Einzugsgebieten sehr große Schneehöhen auf (2 m und mehr). Die Schneeschmelze dauert weit in das Frühjahr hinein. Es gibt lange andauernde Niederschlagsperioden, welche noch in die Zeit der Schneeschmelze fallen können. Die Gewitter können außerordentliche Niederschlagsintensitäten erreichen, noch in die Zeit der Schneeschmelze fallen oder in Dauerregen als Gewitterzellen eingebettet sein. Daraus ergeben sich sehr hohe Abflussintensitäten, eine völlige Sättigung der Grundwassersysteme, ein Aufweichen tonhaltiger Lockermaterialien und nehmen die Katastrophenpotentiale nicht linear, sondern exponentiell zu.

Die geologische Situation ist im Wesentlichen dadurch geprägt, dass im betrachteten Gebiet kalkalpine Gesteine anstehen. Die ältere **Lechtaldecke** ist über die jüngere **Allgäudecke** überschoben.

Die land- und forstwirtschaftliche Situation ist dadurch bestimmt, dass im Wesentlichen die Einhänge der Einzugsgebiete bis auf ca 1800 m Seehöhe bewaldet sind. Oberhalb liegen Almflächen, das Schigebiet Höfener Alm, und Kahlflächen.

Die Gemeinde Höfen hat zur Zeit ca 1250 Einwohner, die Gemeinde Wängle 920.

### **Ereignischronologie:**

In der Chronik sind bis zurück in das vorige Jahrhundert zahlreiche Wildbachschadensereignisse angeführt, die mangels Detailinformation nicht quantifizierbar sind. Im 20. Jahrhundert trat nach einer jahrzehntelangen Ruheperiode am 13.5.1967 ein großes Murereignis im Hirschbach mit verheerenden Schäden auf. In der Folge gab es in den Höfener Wildbächen 7 große Wildbachereignisse, eine Reihe kleinerer Ereignisse, einen großen Felssturz und mehrere kleinere Felsstürze. Nachfolgend eine Zusammenstellung:

#### Höfener Wildbäche, Katastrophenereignisse ab 1967

Dellebach: E = 1,0 km<sup>2</sup> ; Murgänge alle 1 – 5 Jahre, manchmal bis zu 3X pro Jahr.

Hirschbach: E = 1,3 km<sup>2</sup>; Ereignis 13.5.1967 bei schönem Wetter und starker Schneeschmelze, 4 Häuser stark beschädigt, 10 ha vermurt, 4 ha verschlammt.

Herrenbach: E = 1,5 km<sup>2</sup>; mehrere Murschübe 13. und 15.5. 1975 bei Gewitter und Schneeschmelze, Zerstörung einer alten Sperrenstaffelung, 2 Häuser beschädigt, 2 ha Kulturgrund vermurt.

Herrenbach: 5.8.1982 großer Murgang, 3 Häuser eingemurt, 2 ha landwirtschaftlicher Grund vermurt, ca 40.000 m<sup>3</sup> Ablagerung.

Felssturz Fauler Schrofen: Oktober 1976 bei längerer Schönwetterperiode, ca 100.000 m<sup>3</sup> Felsmaterial in Bewegung.

Murenbach: E=0,7 km<sup>2</sup>: 2. – 5. Mai 1986, mehrere Murschübe bei Schönwetter und starker Schneeschmelze, 1 Fabrikhalle völlig zerstört, 1 Gebäude beschädigt, ca 5 ha vermurt, ca 60.000 m<sup>3</sup> Ablagerung (Abb. 3, Abb. 4, Abb. 5).

Lainbach: E =4,1 km<sup>2</sup>; 14.5.1988, mehrere Murschübe und Hochwässer mit viel Geschiebe; im Oberlauf 7 Sperren zerstört, 8 schwer beschädigt, 2 ha Siedlungs- und Wohngebiet verschlammt, ca. 10.000 m<sup>3</sup> Geschiebe im Unterlauf abgelagert.

Lainmure: E=0,9 km<sup>2</sup>; mehrere Murgänge und Hochwasser mit viel Geschiebe am 21. und 22.6.1999, Bachausbrüche, zum Teil großflächiges Abfließen auf 2 ha, ca 5000 m<sup>3</sup> Geschiebe im landwirtschaftlichen und Siedlungsbereich abgelagert.

Henslerbach: E=0,7 km<sup>2</sup> ; Murereignis am 22.6.1999, 1 Stadel zerstört, ca 2 ha vermurt und verschlammt.

Hornbergl, Einzugsgebiet des Murenbaches: In den 70er und 80er Jahren, genaues Datum nicht mehr eruierbar: eine Felsgleitung und ein größeres Steinschlagereignis, im orografisch rechten Felseinhang des obersten Einzugsgebietes des Murenbaches.

Das letzte Ereignis war ein Steinschlag aus der Ostwand des Hornbergl's am 8.Juni 2002 mit einem Volumen von 950 m<sup>3</sup>, welcher in das Kar des obersten Einzugsgebietes des Murenbaches fiel.

Weiters traten im Oberlauf des Herrenbaches, Murenbaches, Hirschbaches und Lainbaches jährlich massive Geländebewegungen auf, welche erst mit dem Felssturzereignis am Hornbergl 1976 in das Interesse rückten. Insbesondere am Hornbergl traten massive Felszerreissungen auf, die zur Zeit noch immer im Gange sind (Abb. 6).

Die Größe und Häufigkeit der Ereignisse war auch für Fachleute überraschend und war im Zusammenhang mit den großen Schäden und den vermuteten vor sich gehenden Vergrößerungen des Schadenspotentials Anlass für eine interdisziplinäre Ursachenabklärung.

## Interdisziplinäre Ursachenabklärung

Während das Murereignis im Hirschbach am 13.3.1967 noch als Einzelereignis angesehen wurde und die Schutzmaßnahmen „klassisch“ vorgenommen wurden (Entwässerung, Bogensperre zur Abstützung der Sackungsmassen, Geschiebeablagerungsplatz, Unterlaufregulierung), deutete die anschließende Häufung von Ereignissen darauf hin, dass es gemeinsame, bisher nicht erfasste Ursachen und Besonderheiten geben müsse, welche die Ereignisse erst ermöglichten. Auch gab es im Rahmen der Gefahrenzonenplanung nicht erklärbare stumme Zeugen - welche als „postglaziale“ Erscheinungen“ eingestuft wurden, was immer das auch heißen mag, und welche erhebliches Unbehagen hinterließen.

Es wurden, zuerst anlässlich eines Einzelfalles, später systematisch, folgende Untersuchungen veranlasst, gefördert, in Auftrag gegeben und durchgeführt:

**Mostler, H. (1978):** Felszerlegung im Bereich Hornbergl – Fauler Schrofen – Herrenbach; Geologisches Gutachten

**Mayramhof, B. (1988):** Durchführung und Auswertung von Deformationsmessungen in einem aus Luftbildern vorkundeten Überwachungsnetz (Rutschungsgebiet „Hornbergl“); Diplomarbeit der Techn. Universität Wien

**Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Photogrammetrie (1986):** Präzisionsluftbildaufnahme Bereich Herrenbach-Hornbergl-Murenbach; Auftragsarbeit für die WLVA Außerfern

**Sönser, Th. (1989):** Tektonisch induzierte Massenbewegungen und ihre strukturgeologischen Hintergründe am Hahnenkamm bei Reutte in Tirol; Diplomarbeit der Universität Ibk

**Kirschner, R. (1996):** Stratigraphisch – tektonische Analyse in den Tannheimer Bergen (Außerfern, Tirol), Geotechnische Kartierung des „Lainbach-Wildbaches“ (Gem. Wängle) und der „Gimpelhaus – Umgebung“ (Gem. Nesselwängle) im Bez. Reutte (Tirol)

**Denk, A. (1996):** Messung, Auswertung und Analyse der 3. Epoche im bergsturzgefährdeten Gebiet Hornbergl; Diplomarbeit der Techn. Universität Wien

**Schubert, I., Albrecht, T. (1998):** Kurzbericht zu Konvergenzmessungen 1998 Höfer Kreuz – Fauler Schrofen – Herrenbach

**Moser, M., Arbeit Universität Erlangen-Nürnberg**

**Schubert, I., Albrecht, T. (1999):** Bericht über die geotechnischen Aufnahmen Hornbergl-Fauler Schrofen, Reutte/Tirol, 1996 –1999; Arbeit Universität Erlangen-Nürnberg

**Moser, M. (1999):** Herbstmessung 99 Bergzerreiung Fauler Schrofen Reutte/Tirol; Bericht Universität Erlangen-Nürnberg

**Moser, M. (1999):** Felssturzgefährdung im Bereich des Faulen Schrofen-Murenbach (Geodätische Mepunkte G 25, 26, 28, Ergänzung zum Bericht vom Juli 99); Universität Erlangen-Nürnberg,

**Moser, M. (1999):** Kurzbericht 2000 Bergzerreiung Fauler Schrofen Reutte/Tirol, Universität Erlangen-Nürnberg

**Ingenieurgesellschaft Vermessung AVT (2000):** Erfassung und Darstellung von Geländebewegungen am Beispiel Hornbergl in Höfen; Auftragsarbeit der WLVA, Gebietsbauleitung Außerfern

**Kathrein, D. (2002):** Deformationsmessungen am Hornbergl bei Reutte in Tirol (Österreich); Diplomarbeit der Technischen Universität München

**Ingenieurgesellschaft Vermessung AVT (2003):** Berührungslose Vermessung eines Felssturzes aus dem Faulen Schrofen.

Die Konvergenzmessungen werden jährlich durch das Institut für Geologie und Mineralogie, Lehrstuhl für Angewandte Geologie, Prof. Moser, Universität Erlangen-Nürnberg, fortgeführt. Die Bewegungsmessungen einzelner Punkte im Rahmen geodätischer Messungen werden voraussichtlich im Rahmen von Diplomarbeiten wiederholt werden, wobei hier interessante Themenansätze, wie z.B. der Versuch, den Jahrgang der Bewegungen im Zusammenhang mit

der Durchfeuchtung abzuklären bzw. neue, praktikable, billige Vermessungsmethoden für ein laufendes Monitoring zu entwickeln, solche Arbeiten rechtfertigen. Die Arbeiten werden von der WLV Außerfern im Rahmen der Möglichkeiten unterstützt und betreut.

Parallel dazu wurden vom Autor zahlreiche Begehungen durchgeführt und wurde versucht, die Ereignisse phänomenologisch zu sehen und zu beurteilen und in der Zusammenschau die für die Praxis erforderlichen Schlüsse zu ziehen. Für die Praxis ist es nicht erheblich, wie die geologische Detailsituation aussieht oder ob Deformationsmessungen mit einer terrestrischen Vermessung oder mittels JPS ausgeführt werden. Es ist wichtig, die wissenschaftlich erarbeiteten Fakten und Informationen in die Praxis „zu übersetzen“ und zu benützen. In diesem Sinne sind nachfolgend die Ergebnisse aus der Sicht der Praxis zusammengefasst.

## **Ergebnisse**

### **1. Geologische und geodynamische Ergebnisse**

Im Wesentlichen bilden die obenliegenden Festgesteine der Lechtaldecke eine Auflage über die veränderlichfesten Gesteine der Allgäudecke. Die Lechtaldecke besteht eher aus harten, spröden, wenig verformbaren, wenig wasserspeichernden Gesteinen. Die Allgäudecke besteht überwiegend aus Gesteinseinheiten, die bei tektonischer Beanspruchung eher mit einer bruchlosen Verformung reagieren. Bei einer Verformung der liegenden, weichen Gesteine infolge des aufliegenden Gewichtes brechen die hangenden, spröden Gesteine (Felszerreissungen), entstehen entsprechende Klüfte und Bewegungen. Es ist demnach die typische Situation „hart“ auf „weich“ mit allen Konsequenzen gegeben.

Die tonhaltigen Gesteine der Allgäudecke sind wasserstauend. Bei entsprechendem Wasserangebot bilden sich Bergwasserspiegel, wie aus Quellaustritten bei einzelnen Ereignissen verifiziert werden konnte. In den Klüften können sich außerordentlich hohe hydraulische Drücke bilden. Nach dem physikalischen Grundgesetz des hydraulischen Paradoxons werden bei einer Kluftwasserspiegellhöhe von 10 m die Felsen in 10 m Tiefe mit  $100 \text{ kN/m}^2$  ( $100 \text{ kPascal/m}^2$ ,  $10 \text{ t/m}^2$ ) auseinandergedrückt. Das sind gigantische Drücke, welche als eine der möglichen Modellvorstellungen das beobachtete zuckerwürfelartige Zerbrechen und Sich-Auflösen von Felswänden erklären.

Gipse, welche mögliche Bewegungen erklären würden, konnten im Rahmen der geologischen Bearbeitung und durch von der WLV veranlasste chemische Untersuchungen von Gewässerproben nicht nachgewiesen werden.

Die Gesteine der Allgäudecke (Mergel, Kalkschiefer) sind stark tonhältig. Die Verwitterungsprodukte und auch die mechanisch feinen Zerreibungsprodukte, wie sie bei Murgängen entstehen, sind stark hydrophil und suspendieren bei Wasseraufnahme zu einem plastischen, gut fließbaren Brei. Die Feinsuspension einer Mure des Murenbaches im Jahre 1986 hatte abzüglich des mittransportierten Gesteinsmaterials Wassergehalte zwischen 15 bis 20 Gewichtsprozent. Dies entspricht in etwa einem flüssigen Beton. Diese Werte wurden in zahlreichen Diskussionen immer wieder bezweifelt, entsprechen aber den vorgenommenen einfachen Messungen mittels Wägung nass und trocken in 10-l-Kübeln. Die Wassergehalte der Schlämme sind gegenüber der Mure immer noch als hoch anzusehen, weil eine reine, nicht gesteinhaltige Schlämme entnommen worden war. Bezogen auf die Mure waren sehr geringe Wassergehalte vorhanden. Diese geringen Wassergehalte, die für ein Fließen ausreichen, erklären die für die kleinen Einzugsgebiete ungewöhnlich großen Muren. Sie erklären auch die eingangs erwähnten 20 bis 30 m<sup>3</sup> großen Steine am Schwemmkegel, welche bei gewöhnlichen Murgängen mittransportiert worden sind. Die hohe Fließfähigkeit bei geringen Wassergehalten erklärt auch die ungewöhnliche Reichweite der Muren, ihre große

Ausbreitung und ihr geringes Gefälle in den Auslaufbereichen. Erklärt werden damit auch die großen, flachen Schwemmkegel, welche ausschließlich aus den Feinanteilen und dem Tonanteil der Muren bestehen, wie bei Aushüben immer wieder bestätigt werden kann.

Die Gebiete der Bergzerreibungen bzw. Felsbewegungen sind zum Teil von Lockermaterialauflagen (Moränen - nicht endgültig abgeklärt, Hangschutt) überlagert und pausen sich mit ihren Bewegungen in diese durch wie z.B. am Gundenboden im Herrenbach und verursachen dadurch extreme Labilität über Setzungsrisse und das Eindringen von Wasser. Die Mure im Herrenbach 1975 wurde mit großer Wahrscheinlichkeit dadurch mit ausgelöst.

In den Lockermaterialauflagen gibt es, vor allem an diversen Schichtgrenzen, starke Wasserzügigkeiten, welche großräumige Geländebewegungen (Holzer Alm), großflächige Nachböschungsvorgänge, Rutschungen und Sackungen (Lainbach-Oberlauf) und große Translationsrutschungen (Hirschbach 1967) begünstigen.

Kurz zusammengefasst ergibt sich:

Auf Grund der geologischen Situation ist das Gebiet extrem labil und wird dies auch trotz diverser Stabilisierungsmaßnahmen im Wesentlichen bleiben. Wegen der hohen Tonanteile kann es bei sehr kleinen Einzugsgebieten (Murenbach 0,7 km<sup>2</sup>, Murfracht beim Ereignis 1986 60.000 m<sup>3</sup>) außerordentlich große Muren geben.

## **2. Interpretation der Bewegungsmessungen am Hornbergl**

Die geodätischen Messungen und Konvergenzmessungen erbrachten klare und eindeutige Ergebnisse bezüglich der Bewegungsgrößen und Bewegungsrichtungen. Ohne in das Detail zu gehen, wird zusammengefasst: Es gehen Öffnungs- und Schließbewegungen an den Klüften vor sich. Die maximalen Längenänderungen absolut an den Klüften im Messzeitraum 18.7.1997 bis 15.1.2001 betragen 900 mm plus bzw. 400 mm minus. Die Maximalbewegungen/Jahr betragen 180 mm plus bzw. 280 mm minus. Neben den Öffnungstendenzen gibt es also auch klare Schließungstendenzen.

Die Bewegungszonen und Spalten mit größeren Bewegungsbeträgen zeigen eine um etwa 30 % größere Bewegungsrate nach der Schneeschmelze. Diese Erkenntnis ist für etwaige Ausbaupläne im benachbarten Schigebiet Höfener Alm, welches zum Teil oberhalb der Hirschbachrutschung liegt, besonders wichtig: Es ist höchste Vorsicht geboten und eine Erweiterung aus wildbachfachlicher Sicht ist nicht zulässig.

In den Felssturzbereichen im Murenbach zeigt sich seit Mai 1999 ein Anstieg der Aufweitungstendenz, der im Weg-Zeitdiagramm aber bis jetzt keinen signifikanten exponentiellen Anstieg aufweist, sodass im Augenblick kein Felssturz befürchtet werden muß.

Aus den Vermessungsarbeiten ergibt sich:

Von 1987 bis 1995 betragen die maximalen Verschiebungen einzelner Messpunkte in der Lage 61,7 mm, im Azimut 306,75 g, in der Höhe - 78,7 mm. Die von Seiten der Geologie vorhergesagte Bewegung in Richtung Herrenbach wurde im Wesentlichen bestätigt. Die Bewegung steht in Übereinstimmung mit den geologischen Interpretationsprofilen (Denk, S. 76). Drei der Vermessungspunkte liegen auf Felstürmen an den orographisch rechten Einhängen des Murenbaches. Sie bewegen sich in Richtung Murenbach und es ist damit zu rechnen, dass sie früher oder später in den Murenbach abkippen.

Die Vermessungen und Konvergenzmessungen erlauben nur eine punktuelle Voraussage, wie insbesondere auch durch das Öffnen und Schließen von Klüften bestätigt wurde.

Die zur Abklärung der großräumlichen Bewegungen vorgenommenen photogrammetrischen Auswertungen gingen von einem Lage-Höhenplan 1986 und 1999 mit 1 m Isolinien aus, wofür eine nochmalige Vermessung vorgenommen werden musste, und woraus ein Differenzhöhenmodell in Form von verschieden eingefärbten Höhendifferenzflächen

entwickelt wurde und dies als normaler karthographischer Lageplan, als Lageplan mit modellierter Geländestruktur mit Schräglightschummerung und in Perspektivansicht mit Schräglightschummerung dargestellt wurde. Die vorgenommenen Isoflächenauswertung weist Geländebewegungen von 8 bis 9 m im Abtrag und von 4 bis 5 m im Auftrag nach. Man kann vorsichtig interpretieren, dass im Gratbereich des Hornbergl's überwiegend „Abträge“ (die nichts mit einem Erosionsabtrag zu tun haben,) stattfinden, während in den Talbereichen des Herrenbaches und Murenbaches die entsprechenden, für den Massenausgleich erforderlichen „Auftragungen“ stattfinden. Trotz der außerordentlichen Bewegungsraten scheint das Gelände im Wesentlichen „ortsfest“ zu sein. Großräumig gesehen sind die Bewegungen eher gering.

## **Konsequenzen für die Praxis**

Die geologischen Untersuchungen, die Konvergenzmessungen, die photogrammetrischen Auswertungen und die Beobachtungen der WLW lassen folgende Schlüsse zu:

1. Es besteht nicht die Gefahr einer großen Massenbewegung.
2. Die großräumige Tendenz besteht in schollenartigem Nachbrechen der Felswände in den Herrenbach. Dieser Bereich ist abseits von Siedlungen und daher kein Gefahrenherd.
3. Ein von der Bevölkerung befürchtetes „Herunterbrechen“ des Höfener Kreuzls am Hornbergl ist nicht zu befürchten. Wandrückböschungen in der Größe von 1000 oder mehreren 1000 m<sup>3</sup> sind durchaus realistisch. Sehr wohl ist anzunehmen, dass vom Grat, der die orographisch rechte Begrenzung des Murenbaches darstellt, Felsstürze abgehen und Felstürme in den Oberlauf des Murenbaches hineinkippen. Die Masse wird auf Grund vorsichtiger Schätzungen mit maximal 50.000 bis knappe 100.000 m<sup>3</sup> angenommen und liegt nach bisherigem Grundlagenwissen unterhalb der Menge, bei welcher sich Felsstürze ähnlich wie Staublawinen verhalten und sehr große Auslauflängen erreichen. Ohne Zweifel sind hier weiterführende Arbeiten sinnvoll. Die Problematik wäre ein anspruchsvolles Dissertationsthema für verschiedene Fachrichtungen.
4. Felsstürze, die in die lehm- und tonhaltigen Talverfüllungen gelangen, können im Zusammenhang mit der hohen Murfähigkeit dieser Materialien als Muren abgehen. Trotz der sehr kleinen Einzugsgebiete können solche Muren eine außerordentliche Größe und Reichweite aufweisen. Verbauungsmaßnahmen in Form von Leitdämmen, Auffangbecken ausreichender Dimensionierung sind sehr sinnvoll, ebenso die konsequente Staffelung der Mittel- und Oberläufe gegen die Erosion durch solche Murgänge. Seit 1975 wurden ca 18 Mio € (heutiger Geldwert) in Verbauungsschutzmaßnahmen der Höfener Wildbäche investiert. Diese Maßnahmen waren sehr sinnvoll und haben bereits mehrmals die erwartete Schutzfunktion erfüllt. So war das Geschiebeablagerungsbecken am Herrenbach bereits zweimal fast randvoll durch Muren angefüllt. Das Geschiebeablagerungsbecken des Murenbaches war mehrmals halb gefüllt und wurde geräumt. Das Geschiebe- und Unholzablagerungsbecken am Lainbach verhinderte im Jahr der Fertigstellung 2002 durch das Auffangen von 200 fm Unholz eine Katastrophe. Auch hatten Murgänge keine Erosionen an den Staffelstrecken bewirkt. Es werden in etwa noch 4 Mio € erforderlich sein, bis die technischen Schutzmaßnahmen in den Höfener Wildbächen nach den heutigen Anforderungen ausgeführt sein werden. Es ist auch sicher, dass die Verbauungstätigkeit nie zu Ende sein wird, sondern ständig Maßnahmen zu Erhaltung des Lebensraumes erforderlich sein werden.

In diesem Zusammenhang ist klar, dass die Erhaltung der bestehenden Schutzwälder über die Beeinflussung des Wasserhaushaltes zwar nicht quantitativ in der Wirkung abschätzbar ist, aber auf jeden Fall schadensvermindernd wirkt. Daher werden von der WLW beträchtliche Geldmittel in die Sanierung und Erhaltung der Schutzwälder investiert. – Es wurde auch direkt bestätigt, daß im Schigebiet Höfener Alm eine hohe Störanfälligkeit gegeben ist und hier eine besondere Vorsicht zu walten hat.

5. Die Untersuchungen haben eine außerordentliche Wissensvermehrung über die zu erwartenden Vorgänge gebracht. In der Quantifizierung und der zeitlichen Prognose besteht nach wie vor erhebliche Unsicherheit. Dies zwingt dazu, in der Gefahrenzonenplanung den Grundsatz einzuhalten, dass im Zweifelsfall oder Unsicherheitsfall die Entscheidung auf die sichere Seite zu legen und vorsichtig vorzugehen ist, weiters große Gefährdungsbereiche auszuschneiden sind. Dies ist in den Gefahrenzonenplänen Höfen und Wängle geschehen. In Höfen wurde im möglichen Gefährdungsbereich eine Braune Zone ausgeschieden, weil die Gefährdungsprozesse nicht in die übliche Wildbachgefährdung passen. Die Braune Zone wurde definitionsgemäß einer Roten Zone gleichgesetzt und mit rigorosem Bauverbot belegt. Die ausgeschiedenen Zonen werden in der Raumordnung und der Siedlungstätigkeit konsequent eingehalten und wird somit im Sinne einer Vorbeugung eine Ausweitung gefährdeter Bereiche verhindert.
6. Es ist beabsichtigt, mit der Katastropheneinsatzleitung der BH Reutte Evakuierungspläne zu erstellen. Katastropheneinsatzübungen mit der Feuerwehr wurden bereits durchbesprochen, allerdings noch nicht in größerem Stil durchgeführt. In diesem Zusammenhang ist die Feststellung besonders wichtig, dass sich größere Ereignisse durch „Lebendigwerden“ der Felswände in Form von erhöhtem Steinschlag während mehrerer Tage ankünden und so Zeit zum Reagieren lassen. Solche Ereignisse würden von der sehr sensibilisierten Bevölkerung mit Sicherheit wahrgenommen werden.
7. Aus der Sicht der Praxis ist es ein wesentliches Ergebnis, dass die interdisziplinäre Zusammenarbeit ein Aufeinanderaufbauen der Arbeiten der verschiedenen Disziplinen erst ermöglichte und Voraussetzung für gute Erfolge war. Die WLV muss dabei ihre Kompetenzen, wenn sie federführend ist, keinesfalls aus der Hand geben, sondern ist als Koordinator und Interpret der Ergebnisse unersetzbar.
8. Letztendlich haben die ausgeführten Schutzbauten, der Gefahrenzonenplan, die Gutachtertätigkeit und die Tatsache, dass im gegenständlichen Raum seit fast 3 Jahrzehnten systematisch gearbeitet wird, der WLV bei der betroffenen Bevölkerung ein hohes Vertrauen eingebracht. Im Zusammenhang mit Maßnahmen im Schigebiet Höfener Alm, z.B. der Errichtung eines Beschneigungsteiches, wird die Entscheidung vom Ergebnis des Gutachtens der WLV abhängig gemacht.

**Adresse des Verfassers/Author`s address:**

HR Dipl.Ing. Dr. Friedrich Dragosits  
Forsttechn. Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Gebietsbauleitung Außerfern  
Lechtalerstraße 21  
6600 Lechaschau  
E-mail: [friedrich.dragosits@wlv.bmlf.gv.at](mailto:friedrich.dragosits@wlv.bmlf.gv.at)

# **Sind Lawinen berechenbar?**

## **About the possibility to simulate avalanches**

von

Siegfried Sauer Moser

### **Zusammenfassung**

Lawinensimulationsmodelle haben die tägliche Arbeit des Lawinensachverständigen verändert. Waren es in der Vergangenheit stumme Zeugen, Chronikberichte, gutachtliche Einschätzungen und mühsame Voellmy - Berechnungen, so stehen dem Experten heute mehrere praxiserprobte Berechnungsmodelle zur Verfügung. Gewarnt wird allerdings von einer Überschätzung dieser Instrumentarien und es ist wichtig, die Grenzen des Berechenbaren zu kennen. Ebenso braucht es große Erfahrung im Umgang mit den Modellen und der theoretische Background muss zumindest im Wesentlichen verstanden werden.

### **Summary**

Avalanche Simulation Models have changed the daily work of an avalanche expert. While in the past the results of investigations were mainly based on hazard indicators, chronicles, expert experience or laborious Voellmy calculations, nowadays there are some practical tested calculation models available. But one should take into consideration the knowledge of the borders of the possibilities in calculation and that a great experience is necessary for practical application. Also the theoretical background of the models has to be known.

### **Einleitung**

SAMOS hat die Welt des Lawinenexperten verändert. Keine mühsamen subjektiven Abschätzungen mehr, keine nagenden Zweifel an der Richtigkeit der Einschätzung des Experten. Über Knopfdruck werden die Probleme gelöst.....

.....es ist alles viel einfacher geworden.

Aber Moment - die Berechnungsergebnisse passen überhaupt nicht mit meiner gutachtlichen Festlegung zusammen, auch mit einem zweiten Modell passen sie nicht zusammen - nun ist guter Rat teuer. Wir probieren ein drittes Modell und erhalten ein drittes Ergebnis. Spätestens nun können wir alles wegwerfen und uns auf unsere gute alte Erfahrung berufen. Wir können die Lawine wieder spüren. Aber im Hinterkopf bleiben die Zweifel bezüglich meiner Berechnungen, es wären so schöne Bilder und so klare Linien gewesen – .....

.....es ist alles viel komplizierter geworden!

### **Problemstellung**

Tatsächlich ist die richtige Anwendung und Interpretation von Berechnungsmodellen ein Spezialgebiet, mit dem wir heute konfrontiert sind. Der Allrounder, der im Forsttechnischen Dienst die täglichen Probleme zu bewältigen hat, schafft es bei weitem nicht mehr, sich mit allen Spezialgebieten, mit denen er konfrontiert ist, auseinander zu setzen. Diesem Problem

Rechnung tragend wurde innerhalb des Dienstzweiges eine Stelle für Lawinensimulation eingerichtet, in der sich zwei Mitarbeiter hauptsächlich mit Fragen der Lawinensimulation beschäftigen. Um aber auch diesen Mitarbeitern einen Zugang zur praktischen Tätigkeit des Forsttechnischen Dienstes zu ermöglichen, ist es wichtig, sie in die tägliche Arbeit in der Gebietsbauleitung einzubinden. Nur so werden reibungslose Kommunikationsvoraussetzungen vom Spezialisten zum Allrounder und umgekehrt geschaffen.

Wie überall in der Technik schafft die Entwicklung in der elektronischen Datenverarbeitung erst die Möglichkeit zur Lösung von sehr komplexen und umfangreichen Berechnungen in kurzer Zeit. Berechnungen werden hauptsächlich numerisch gelöst, das heißt, man nähert sich einem Ergebnis in iterativer Form durch häufige Wiederholungen. Demgegenüber steht die klassische analytische Methode, in der nur wenige Berechnungen durchgeführt werden konnten.

### **Grundsätzliches zur Modellanwendung**

Ein Modell ist immer die stark vereinfachte Abbildung der Wirklichkeit. Im Falle von Bewegungsprozessen entlang von ungleichförmigen Hängen mit unbekanntem Massen und unbekanntem Materialdichten – egal ob Schnee oder andere Materialien - einer sehr komplexen Wirklichkeit.

Der Modellanwender muss neben dem operativen Handling wissen, wie stark ist die Vereinfachung und auf welchen physikalischen Grundlagen beruht mein Modell. Als Beispiel sei die Inkompressibilität (Dichtebeständigkeit) von Lawinenschnee in allen unseren Modellen genannt. In Verengungen der Sturzbahn oder hinter Hindernissen wie Dämmen, etc. wird eine Veränderung der Dichte aber zweifellos stattfinden und damit die Weiterbewegung des Materials und die damit verbundenen Kräfte wesentlich beeinflussen. Die Dichte des abgelagerten Schnees ist ebenso eine andere als jene der Lawine in der Bewegung. Eine punktgenaue Ermittlung von Kräften an einem bestimmten Punkt im Ausschüttungsbereich ist alleine schon unter Berücksichtigung dieser Tatsache illusorisch.

Dass somit alle Berechnungsmodelle nur als Werkzeug in Ergänzung zu bereits bestehenden Methoden und nicht als Ersatz derselben gesehen werden dürfen, kann nicht oft genug erwähnt werden. Die Erfahrung zeigt, dass durchaus eine Tendenz Richtung Überbewertung von Berechnungsergebnissen besteht. Dies ist auch verständlich, da Ergebnisse von Simulationen gut zu visualisieren und auch nicht so ohne weiteres zu entkräften sind. Sie verleihen dem Sachverständigen eine „gewisse“ Sicherheit und auf jeden Fall kann niemand den Vorwurf erheben, sich nicht modernster Technologie bedienen zu haben.

Ein weiterer Grundsatz sollte darin bestehen, möglichst viele taugliche Modelle anzuwenden und die Ergebnisse miteinander zu vergleichen bzw. unter Berücksichtigung der jeweiligen Modelleigenschaften zu bewerten. Die Entwickler von AVAL-1D weisen z.B. in der Gebrauchsanleitung dringend darauf hin, das Ergebnis einer AVAL-1D Berechnung mit dem Ergebnis einer herkömmlichen VOELLMY-Berechnung zu vergleichen und das Ergebnis der Berechnung nur im Falle von Übereinstimmung zu verwenden. Mehr noch muss dieser Grundsatz für die Anwendung von mehrdimensionalen Modellen gelten. Ein SAMOS Ergebnis kann mit ELBA verglichen werden oder umgekehrt. Findet man eine gute Übereinstimmung, so kann man mit Recht von einer hohen Wahrscheinlichkeit eines guten Ergebnisses ausgehen. Trotzdem darf auch dieses Ergebnis nur als Puzzlestein in einer gutachtlichen Gesamtbetrachtung gesehen werden. Chronik und stumme Zeugen müssen mit den Berechnungsergebnissen zusammenpassen.

Dies deshalb, da man theoretisch mit Modellen von jedem Hang steiler als  $\arctan \mu$  eine Lawine abbrechen lassen kann. Oder andererseits eine Lawine entlang eines Hanges steiler als  $\arctan \mu$  nicht stehen bleibt. So können auch Hänge, an denen nie Schnee liegen bleibt – der ortskundige Sachverständige muss dies beurteilen – mit Modellrechnungen leicht zu potentiellen Lawinenhängen werden.

Die Crux aller Modelle ist weniger die Wahl geeigneter Reibungsparameter als die Annahme der „richtigen“ Lawinenmasse. Als objektiv nachvollziehbarer Vorgang kann die Masse nur über die in der Schweiz übliche Methode ermittelt werden. Ausgehend vom statistisch relevanten (100 jährig, 300 jährig, etc.) Dreitagesniederschlag und unter Beachtung der groß- bzw. lokalklimatischen Gegebenheiten und der Höhenlage ist dabei die Anbruchmächtigkeit zu ermitteln. Die obere und seitliche Begrenzung eines Anbruchgebietes sind häufig durch die Morphologie des Geländes vorgegeben, die Abgrenzung nach unten ist auf Grund der Gleichförmigkeit eines Hanges oft schwierig und es gibt keine objektiv nachvollziehbaren Kriterien, die zu beachten sind. Am ehesten kann angeführt werden, dass die Anbruchflächen von Lawinen häufig kreisähnliche bzw. quadratische Grundflächen aufweisen und sich damit der untere Anbruchrand in einer Abhängigkeit von der Lawinenbreite befindet.

Die Entwicklung von Rechenmodellen für Lawinen hat in den letzten Jahren auf Grund der technischen Möglichkeiten massiv zugenommen. Im Rahmen des EU-Forschungsprojektes SAME wurde eine Übersicht über die bestehenden Modelle durchgeführt. Dabei wurden 24 Fließlawinenmodelle und 12 Staublawinenansätze verglichen. Diese im Jahr 1998 veröffentlichte Zusammenstellung ist heute bereits weit überholt. Dies ist erstaunlich, wenn man bedenkt, dass die Praktiker vorher fast 40 Jahre mit dem klassischen VOELLMY-Ansatz gerechnet haben. Es zeigt aber auch, wie viel Zeit und Know-How notwendig ist, um den Überblick nicht zu verlieren. An der grundsätzlichen Einteilung der Modelle hat sich aber nichts geändert. Wir unterscheiden im Wesentlichen physikalische Modelle, Voellmy Modelle und Statistische Modelle, unabhängig davon ob man damit Staub- oder Fließlawinen berechnen will.

## **Physikalische Modelle**

Diese Modelle versuchen einen Sturzprozess im physikalischen Sinne objektiv zu beschreiben. Egal ob für Fließlawinen, Staublawinen oder beides zusammen. Auf Grund der Komplexität des Vorganges sind aber deutliche Vereinfachungen notwendig.

SAMOS gehört in diese Modellkategorie. Das Modell wurde bereits mehrfach beschrieben (Sampl,Zwinger,Kluwick 1999; Hagen, Heumader 2000), weshalb hier nur kurz auf die für den Praktiker wesentlichen Punkte und auf die bisher gemachten Erfahrungen eingegangen wird. Das Modell wird auch vielfach als der Rolls-Royce unter den Simulationsmodellen bezeichnet. Dies deshalb, da eine zweidimensionale Fließlawinenberechnung über eine Resuspensionsschicht mit einer dreidimensionalen Staublawinenberechnung verknüpft wird. Die Berechnung der Fließlawine beruht auf dem Ansatz einer granularen Strömung (Savage, Hutter 1989). Dieses Modell wird nicht nur für Schnee angewandt, sondern ist ein genereller Ansatz für granulares Material. Das Modell wurde deshalb auch im Jahre 2000 am Eiblschrofen für eine „Steinlawine“ getestet (Abb.1). Es handelt sich dabei um ein sog. Kontinuum Modell, das heißt, die Fließlawine verhält sich nicht wie ein Block (wie bei den sog. steifen Block-Modellen( rigid-block-models)) entlang der Fließachse, sondern wird in konvexen Abschnitten auseinandergezogen und in konkaven Abschnitten des Längsprofils zusammengestaucht. Physikalisch wird diese Eigenschaft über die Festlegung eines fixen Reibungswinkels des Materials, eines festgelegten Bettreibungswinkels, der Festlegung eines

# Simulation: $\delta$ 32.5°, 1870kg/m<sup>3</sup>

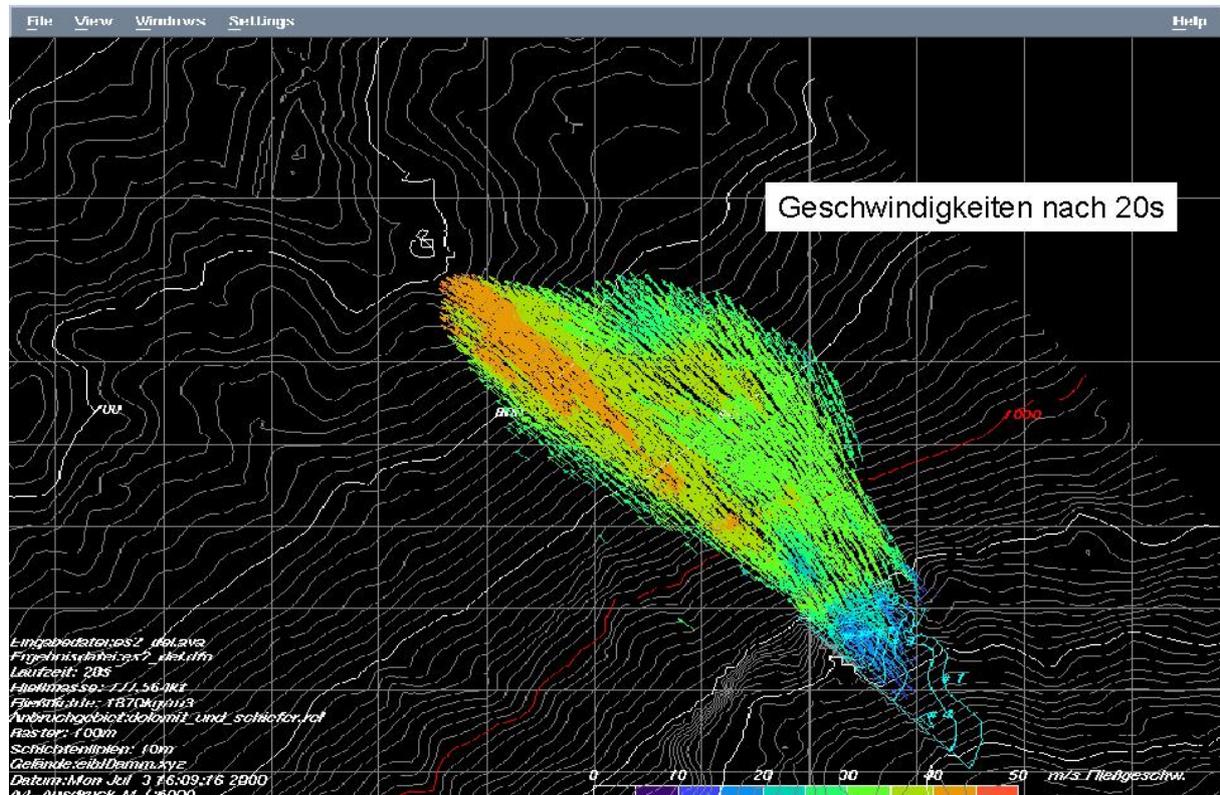


Abb.1: Simulation des Bergturzes Eiblschrofen mit SAMOS, Das theoretische Modell für granulares Strömen hat für alle Gravitationsströme ähnliche Gültigkeit

Abb.1: Simulation of the rockfall Eiblschrofen with SAMOS; The theoreticel background is similar in all kind of gravitational flows

Mohr-Coulombschen Materialverhaltens und der Einführung eines aktiven und passiven Erddruckbeiwertes Rechnung getragen. Die Dichte wird über die Fließhöhe gemittelt und bleibt konstant. Der Fließanteil bewegt sich auf einer dünnen, stark gescherten Partikelschicht. Diese Scherschicht wird im Modell auf eine Randbedingung reduziert und es kommt je nach Lawinengeschwindigkeit ein trockenes Coulombsches Reibungsgesetz zu tragen oder eine turbulente Reibungskomponente abhängig vom sog. dispersiven Druck. Wichtig ist zu wissen, dass die unterschiedlichen Reibungsansätze nicht beide gleichzeitig zu tragen kommen wie in den meisten anderen Modellen ( $\mu$ ,  $\xi$ ). Während die Impulsübertragung in der Fließlawine durch direkten Partikelkontakt erfolgt, wird die Staublawine als viskoses Luft – Partikelgemisch betrachtet, in der direkte Partikelkontakte keine Rolle mehr spielen. Die Schneeaufnahme in der Sturzbahn (Entrainment) und die Definition von unterschiedlichen Rauigkeitsbereichen sind weitere Modelleigenschaften.

Vom Berechner sind die Lawinendichte im Anbruchgebiet, die Fließdichte, die Partikelgröße und der Entrainmentbetrag zu wählen. Ebenso ist die gesamte Lawinenmasse in 5000 – 10000 Massenzellen zu teilen. Nach Rücksprache mit Zwinger (persönliche Mitteilung) sollte man dabei von einer einheitlichen Kubatur pro Zelle ausgehen, da ansonsten unterschiedliche Ergebnisse zu erwarten sind. Als Mittelwert können ca. 15 m<sup>3</sup> Masseninhalte pro Zelle genannt

werden. Die Wahl der Dichte im Anbruchgebiet beeinflusst die Lawinenmasse und die Wahl der Fließdichte, welche meistens einheitlich mit  $200 \text{ kg/m}^3$  gewählt wird. Durch die Wahl der

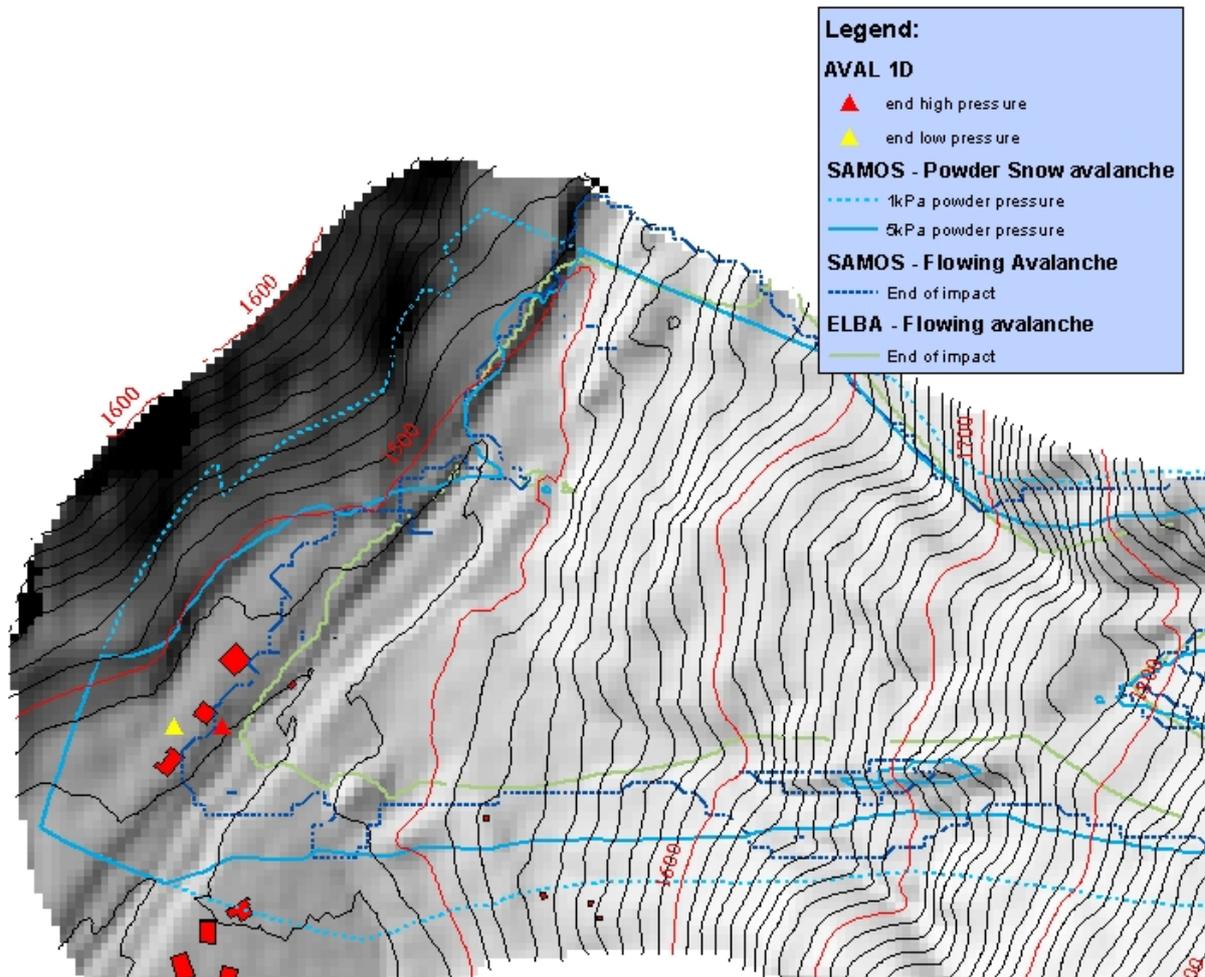


Abb. 2: Vergleich verschiedener, gut übereinstimmender Berechnungsergebnisse  
 Abb.2: Comparison of different, well corresponding calculation results

„fiktiven“ Partikelgröße des granularen Materiales wird jener Betrag definiert, welcher durch die Resuspensionsschicht in die Staubphase übertritt (0,1 bis 2 mm).

Der innere Reibungswinkel ist mit  $38^\circ$  festgelegt und der Bettreibungswinkel mit  $16^\circ$ . Diese beiden Werte sind Modellkonstante. Das Modell ist wenig sensibel auf eine Änderung des inneren Reibungswinkels, reagiert jedoch sehr sensibel auf die Änderung des Bettreibungswinkels. Es werden zwei unterschiedliche numerische Gitter für Fließ- und Staubanteil verwendet, ein Lagrangian Gitter für die Fließlawine und ein Euler Gitter für die Staublawine.

In den letzten beiden Jahren wurden zahlreiche Lawinen mit SAMOS gerechnet. Als unbefriedigend kristallisieren sich immer mehr die schlechten Ergebnisse bei der Berechnung von stark kanalisiertem Lawinen und die geringe Massenabhängigkeit bei der Berechnung von Auslauflängen heraus. Bei der Berechnung von stark kanalisiertem Lawinen wird häufig festgestellt, dass die Kanalisierung nicht richtig angenommen wird, das heißt, dass die in der Natur beobachteten Fließbreiten wesentlich geringer sind. Die Modellentwickler sehen darin

unterschiedliche Ursachen und an der Behebung dieses Problems wird zur Zeit gearbeitet. Die Ursachen könnten im Bereich der Numerik (Lagrangesches Gitter), der Einteilung der Zeitschritte oder der gänzlichen Ungeeignetheit des derzeit verwendeten Savage-Hutter Modells liegen. Die Experten der AVL erhoffen sich

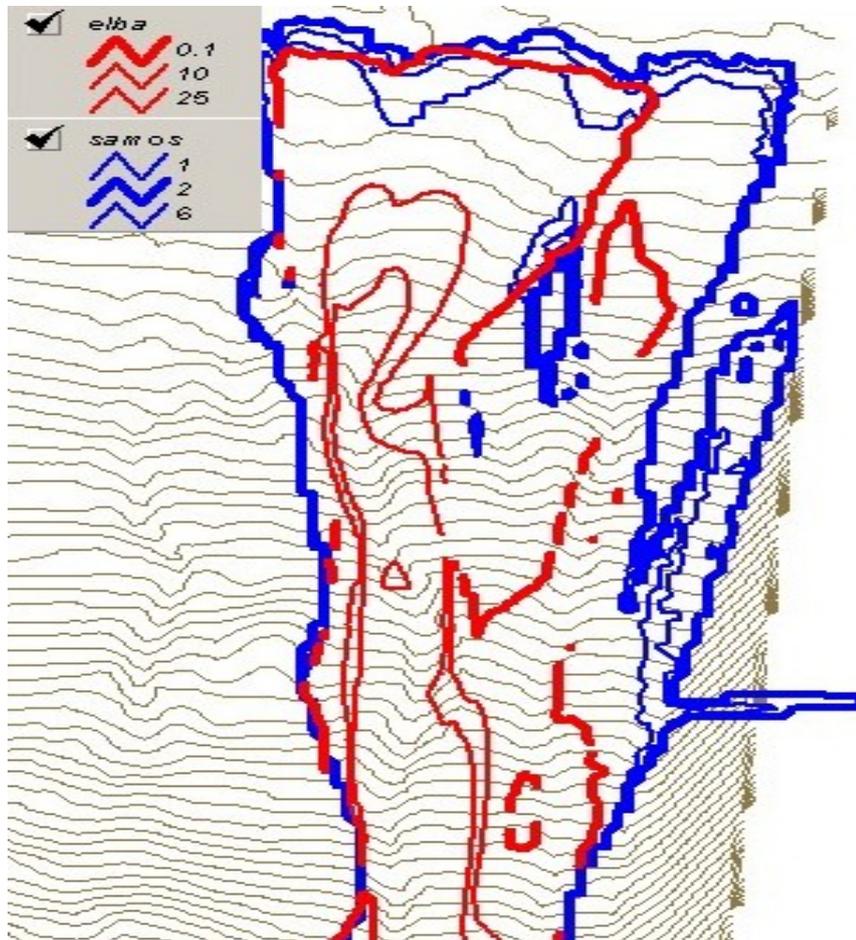


Abb.3: Vergleich SAMOS – ELBA Fließlawine; Die Übereinstimmung in der Auslauflänge ist gut, die Übereinstimmung in der Fließbreite schlecht; SAMOS ergibt häufig zu große Fließbreiten  
 Abb.3: Comparison SAMOS-ELBA dense flow; The correspondense in the runout distance is better than in the width of the dense flow; SAMOS often shows to wide dense flows

durch die Einführung eines Euler-Gitters auch für die Fließlawine eine wesentliche Verbesserung bei der Berechnung von kanalisiert Lawinen. Die Massenabhängigkeit könnte wahrscheinlich durch die Einführung eines variablen Bettreibungswinkels verbessert werden. Darüber wurden bereits im Bundesamt für Forschung und Wald erste Untersuchungen angestellt und diese zeigen befriedigende Ergebnisse. Derzeit wird festgestellt, dass auch „kleine“ Lawinen große Auslauflängen erreichen, was mit praktischen Erfahrungen nicht zusammenpasst. Beim Schweizer Modell AVAL-1D wird dies dadurch berücksichtigt, dass der Wert für die trockene (Coulombsche) Reibung auch massenabhängig definiert wird. Da der Bettreibungswinkel in SAMOS mit der Funktion von  $\mu$  bei VOELLMY vergleichbar ist, könnte man diesen Wert ebenso auch über die Lawinenmasse verändern. Die Berechnung von Auslauflängen bei Restanbruchgebieten unterhalb von Stützverbauungen ist deshalb derzeit kritisch zu beurteilen.

Ausgezeichnete Ergebnisse liefert SAMOS bezüglich der Auslaufängen bei großen flächenhaften Lawinen. Vor allem die Hauptstoßrichtungen der Lawinen können gut berechnet werden.

Die Berechnung von punktuellen Lawinendrücken ist, wie bereits erwähnt, problematisch und die Berechnung der Wirkung von Auffangdämmen mit den derzeitigen Modellen nicht möglich. Diesem häufig geforderten Wunsch der Kollegen kann nicht nachgekommen werden. Alleine bereits die Modellvoraussetzung des Savage-Hutter-Modells, dass der Krümmungsradius der Sturzbahn länger als die Länge der Lawine sein muss, schließt solche Berechnungen aus. Ebenso sind im Modell keine Module für Energieverluste durch Materialkomprimierung, etc. eingebaut, sodass der Auffangdamm normal überströmt würde. Die Ergebnisse bei der Berechnung von Ablenkdämmen sind befriedigend, nach Rücksprache mit den Modellentwicklern aber nur bis ca. 20° Ablenkungswinkel zulässig.

## VOELLMY-Modelle

Sowohl ELBA als auch AVAL-1D basieren auf dem klassischen Berechnungsansatz von VOELLMY, welcher bereits nach den Lawinenkatastrophen 1951 und 1954 entwickelt wurde (Voellmy 1955). Während ELBA ein zweidimensionales Fließlawinenmodell ist, berechnet AVAL-1D die Fließlawine entlang einer vordefinierten Lawinenachse. Dies hat den Nachteil, dass der Sachbearbeiter die Lawinenachse vorher festlegen muss, aber den Vorteil, dass keine

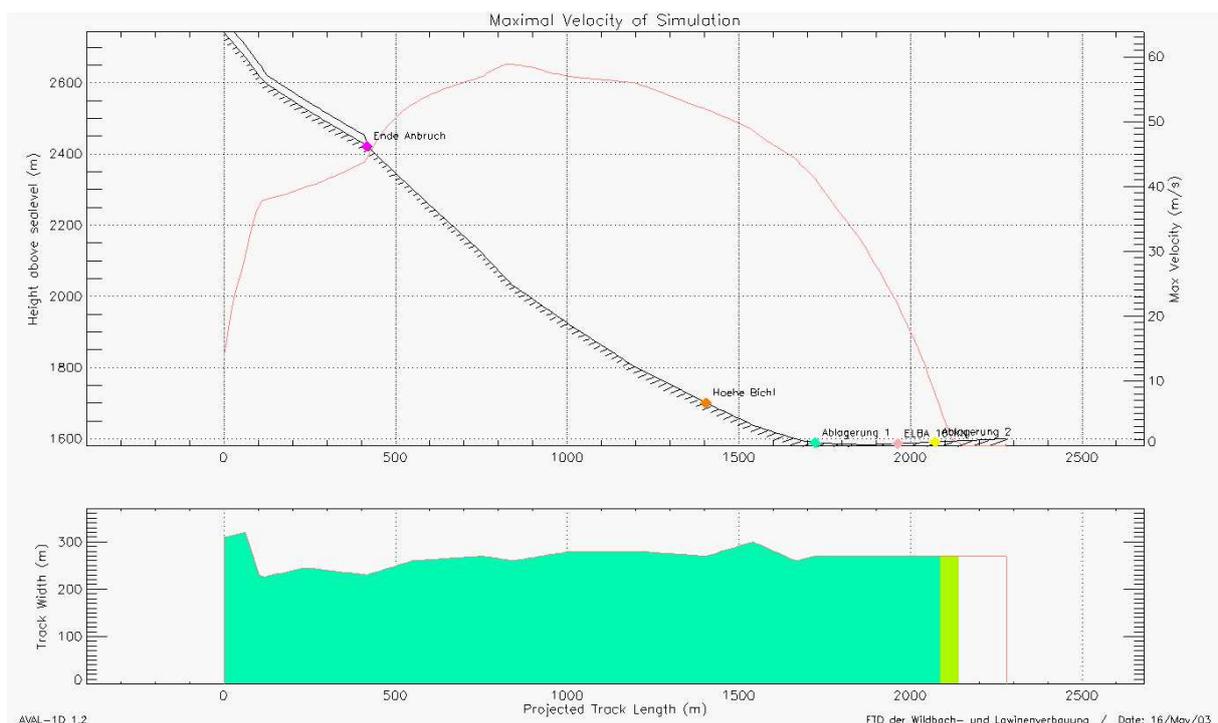


Abb. 4: AVAL-1D Berechnung der Katastrophenlawine von Galtür - Fließgeschwindigkeit; das Modell zeigt deutlich die schnelle Beschleunigung und das spontane Bremsen einer Lawine;

Abb.4: AVAL-1D calculation of the catastrophic avalanche in Galtür 1999, avalanche velocity; the model shows clear the fast acceleration and fast deceleration of the velocity;

aufwendigen digitalen Geländemodelle für die Berechnungen notwendig sind und diese relativ schnell durchgeführt werden können. AVAL-1D ist die numerische Auflösung der klassischen Voellmy – Berechnung. Gegenüber diesem Ansatz, der massenunabhängig und

nur vom Lawinendurchfluss pro Zeiteinheit abhängig war, wird in AVAL-1D die Lawinenmasse berücksichtigt. Die Berechnung von Lawinen aus Restanbruchgebieten unterhalb von Stützverbauungen zur Abklärung einer ev. notwendigen Verbauungsfortsetzung war mit dem analytischen Voellmy – Ansatz nicht möglich. Im Vergleich zu SAMOS basieren die VOELLMY – Modelle auf einem sehr simplen Modellansatz. Die bei SAMOS modellierte dünne Gleitschicht zwischen Boden und Lawinenkörper wird in diesem Modell nicht berücksichtigt. Sowohl Laborexperimente als auch Beobachtungen an realen Lawinen haben aber gezeigt, dass die flüssige Grenzschicht unterhalb des zähflüssigen Hauptteiles der Lawine existiert. Die Scherdeformationen werden beim VOELLMY – Salm Modell und bei AVAL-1D direkt an der Grenze zwischen dem gleichförmigen, schichtartigen Lawinenstrom und dem Untergrund berechnet. Die fließende Lawine wird als quasi Flüssigkeit mit einer mittleren, konstanten Dichte und einem rechteckigen Querschnitt berechnet. Sowohl trockene ( $\mu$ ), als auch turbulente ( $\xi$ ) Reibung bremsen die Lawine, Zentripetale Kräfte werden zusätzlich nur bei ELBA berücksichtigt. Voellmy – Salm und AVAL-1D rechnen mit konstanten Massen, bei ELBA kann die Schneeaufnahme in der Sturzbahn zusätzlich berücksichtigt werden.

AVAL-1D wird häufig in Kombination mit den mehrdimensionalen Modellen verwendet und liefert gute Ergebnisse. Ist es möglich durch SAMOS oder ELBA die Hauptstoßrichtung der Lawine und die Fließbreite festzulegen, kann mit diesen Werten in die Berechnung von AVAL-1D eingegangen werden. Allerdings liefern SAMOS und ELBA häufig –besonders bei kanalisierten Lawinen – unterschiedliche Fließbreiten (Abb.3), wobei jene von ELBA eher realistisch sind. Wie bereits erwähnt, neigt SAMOS dazu die Fließbreiten bei kanalisierten Lawinen zu überschätzen.

## **Statistische Modelle**

Eine grobe Annäherung an eine mögliche Auslauflänge ist mit dem stat. Modellansatz von LIED, BAKKEHOI möglich und für einige Fragestellungen mag diese Art der Abschätzung ausreichend sein. Insgesamt wurden einige hundert maximale Auslauflängen von Lawinen (darunter 80 Österreichische) erhoben und die statistische Auswertung dieser Lawinen zeigt eine starke Abhängigkeit der Auslauflänge von der Form der Sturzbahn. Diese wird durch den Winkel  $\beta$  charakterisiert. Der Vorteil dieser Methode ist die einfache Anwendung. Mit einem Gefällsmesser, einer Karte, einem Lineal und einem Taschenrechner ausgerüstet, kann im Gelände sofort der  $\alpha$ -Winkel (=Ende der Auslaufstrecke) erhoben werden. Der Nachteil ist natürlich die grobe Abschätzung der Auslauflänge nur auf Basis des Längsprofils. Die Festlegung des 10° Punktes kann mitunter schwierig sein und die Lawinenbreite, bzw. Lawinenmasse ist gutachtlich zu bewerten. Auf Grund der zunehmend verbesserten physikalischen Modelle und der genannten Unschärfen tritt das LIED,BAKKEHOI Modell zunehmend in den Hintergrund.

## **Erfahrungen**

Nach zwei Jahren Lawinensimulation können folgende – nicht modellspezifische - Erfahrungen zusammengefasst werden:

- In der Simulationsstelle werden die Modelle SAMOS, ELBA, AVAL-1D und LIED,BAKKEHOI verwendet. Die Anwendung von allen Modellen und deren Vergleich erhöht die Sicherheit des Ergebnisses. Der Staublawinenmodell von AVAL-1D wird zur Zeit nicht verwendet.

- Die Einrichtung einer zentralen Fachstelle für die Berechnung von Lawinen hat sich ob der Komplexität der Materie bewährt. Die fachgerechte Verwendung der Modelle inkl. Beschaffung der Geländemodelle setzt ein hohes Maß an Spezialwissen voraus, die Stärken und Schwächen der zur Zeit verwendeten Modelle müssen dem Bearbeiter bekannt sein. Insgesamt ist der Zeitaufwand bei seriöser Modellanwendung wesentlich höher als angenommen. Die Anwendung von Modellen von nicht erfahrenen Anwendern kann zu völlig falschen Ergebnissen führen.
- Der Umgang und die Anwendung von Simulationsmodellen trägt wesentlich zum Prozessverständnis des Prozesses Lawine bei.
- Um die Weiterentwicklung bzw. Verbesserung der Modelle zu gewährleisten ist eine intensive Auseinandersetzung mit der Modelltheorie notwendig. Die Modellanwender müssen deshalb im lawinendynamisch-physikalischen Bereich weit über dem normalen Durchschnitt ausgebildet sein. Die Kontaktpflege und Diskussion mit den Modellentwicklern muss intensiviert werden.
- Eine Besichtigung vor Ort und eine gemeinsame Festlegung der Eingangsparameter mit dem örtlich zuständigen Sachbearbeiter ist unbedingt notwendig. Der örtliche Eindruck ist auch für den Modellanwender sehr wichtig.
- Das Ergebnis muss diskutiert, beschrieben und archiviert werden. Alle gerechneten Lawinen müssen langfristig in einer Datenbank einer statistischen Auswertung unterzogen werden können. Bei der Fülle von Daten, die bei Simulationen anfallen, verliert man leicht den Überblick.
- Obwohl permanent auf die Bedeutung der Modelle als zusätzliches Instrumentarium zu den bisher bestehenden hingewiesen wird, werden die Ergebnisse in ihrer Bedeutung häufig überschätzt. Eine „punktgenaue“ Bestimmung von auftretenden Lawinenkräften an einem best. Punkt im Auslaufbereich ist nicht möglich, ebenso nicht die Berechnung von Auffangdämmen. Dazu sind die zur Zeit verwendeten Modelle noch nicht geeignet.

## **Ausblick**

Weltweit wird mit hoher Intensität an der Weiterentwicklung von Simulationsmodellen zur Berechnung von Gravitationsströmen, wie Lawinen oder Muren, gearbeitet. Die progressive Entwicklung im EDV-Bereich lässt keine wirklichen Prognosen zu. Neben der Verbesserung der Modelle ist eine Erhöhung der Genauigkeit im Bereich der Massenermittlung anzustreben. Meteorologische Modelle, welche Niederschlagsdaten und Windverfrachtungsdaten enthalten, könnten vielleicht direkt mit dem Modell des Massenstromes gekoppelt werden. Die Implementierung eines kompressiblen Mediums, einer dreidimensionalen Darstellung und die physikalische Formulierung der Energievernichtung oberhalb von Hindernissen oder durch Wald ist eine weitere künftige Forderung. Nur dann kann auch die Wirkung von Hindernissen oder Schutzbauten, wie Lawinenauffangdämmen berechnet werden.

## **Literatur/References**

Gruber U., Bartelt B., Haefner H. (1998) „Avalanche Hazard Mapping Using Numerical Voellmy-Fluid Models“ Proceedings 25 Years of Snow Avalanche Research, Norges Geotechnical Institute

- Harbitz C., Issler D., Keylock Ch. (1998) „Conclusion from a recent survey of avalanche computational models” ” Proceedings 25 Years of Snow Avalanche Research, Norges Geotechnical Institute
- Hagen F., Heumader J., (2000) „Das Österr. Lawinensimulationsmodell SAMOS“, Interprävent 2000. Bd.1 Villach 2000
- Salm B., Burkard A., Gubler H.U. (1990) “Berechnung von Fließlawinen. Eine Anleitung für den Praktiker mit Beispielen“ Mitt. Eidgen. Institut für Schnee und Lawinenforschung Nr. 47, Davos
- Lied K., Bakkehoi S. (1980) “Empirical Calculations of Snow Avalanche Runout Distance based on Topographic Parameters” Journal of Glaciology Vol 26, 1980
- Lied K., Weiler Ch., Bakkehoi S., Hopf j. (1995) “Calculation methods for avalanche runout distance for the Austrian Alps. Norw. Geot. Inst. Rep 581240-1, Oslo
- Sauermoser S. (2000) „Practical experience by using different runout models in the avalanche hazard zoning“ Int. workshop Hazard Mapping in Avalanching Areas, April 2000 IUFRO
- Sauermoser S., Illmer D., “The use of different Avalanche calculating models, practical experience”, (2002) Interprävent 2002, Japan
- Sampl P., Zwinger T., Kluwick A. (1999) „SAMOS – Simulation von Trockenschneelawinen“ Wildbach- und Lawinenverbau; 63. Jg, April 1999, Heft 38
- Volk G., Kleemayr K. (1999) “Lawinensimulationsmodell ELBA“ Wildbach- und Lawinenverbau; 63. Jg, April 1999, Heft 38
- Voellmy A., (1955) “Über die Zerstörungskraft von Lawinen“, Schweizerische Bauzeitung 73,

Adresse des Autors:

DI Siegfried Sauermoser  
 Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung  
 Gebietsbauleitung Westliches Unterinntal, Stabsstelle für Schnee und Lawinen  
 Swarovskistrasse 22a  
 6130 Schwaz  
[siegfried.sauermoser@wlv.bmlf.gv.at](mailto:siegfried.sauermoser@wlv.bmlf.gv.at)

# ERFAHRUNGEN MIT HOCHLAGENAUFFORSTUNGEN IN DER GEBIETSBAULEITUNG OBERES INNTAL

## EXPERIENCES WITH HIGH-ELEVATION AFFORESTATIONS IN THE DISTRICTS IMST AND LANDECK/TYROL

Jörg Heumader

### **Zusammenfassung**

Die Gebietsbauleitung Oberes Inntal der Wildbach- und Lawinenverbauung besitzt auf dem Sektor Hochlagenaufforstung reiche Erfahrungen, da hier seit 1954 rund 500 ha in der subalpinen Stufe aufgeforstet wurden. Im Beitrag wird über die Erkenntnisse berichtet, welche sich aus den praktischen Erfahrungen, Erfolgen und Rückschlägen in nunmehr 50 Jahren ergeben haben.

### **Summary**

The District Office „Upper Inn Valley“ of the Austrian Federal Service for Torrent, Avalanche and Erosion Control, responsible for the protection of people against natural hazards in the districts Imst and Landeck/Tyrol, has much experiences on the field of „high-elevation afforestations“, because it can look back on 50 years of afforestation works. In the time approximately 500 hectares have been afforested in timberline areas. The article deals with the findings of that long time, resulting from practical experiences, successes and failures.

### **Einführung**

„Berasung und Aufforstung herabgekommener Gebirgsgründe“ – ausdrücklich in Kombination mit technischen Verbauungsmaßnahmen – war eines der programmatischen Ziele, welches bei der Gründung des forsttechnischen Systems der Wildbach- und Lawinenverbauung in Österreich 1884 von VON SECKENDORFF formuliert wurde. Auch die Hochlagenaufforstung geht auf dieses Ziel zurück.

In der Gebietsbauleitung Oberes Inntal, 1946 als eigenständige Gebietsbauleitung für die Bezirke Imst und Landeck gegründet, sind – soweit Aufzeichnungen darüber vorliegen – bisher rund 700 ha aufgeforstet worden. Schätzungsweise rund 500 ha davon sind Aufforstungen in der subalpinen Stufe mit Beginn im Jahre 1954. In diesen nunmehr 50 Jahren konnten aus Erfolgen und noch mehr aus Rückschlägen reiche Erfahrungen gesammelt werden.

Der Verfasser dieses Beitrags beschäftigt sich mit Fragen der Hochlagenaufforstung auch schon seit 30 Jahren und hat darüber bereits berichtet (HEUMADER 1984, 2000).

## Zielsetzungen von Hochlagenaufforstungen

In der Gebietsbauleitung Oberes Inntal, deren Hauptnaturgefahren Lawinen sind (rund 2/3 des Budgets werden jährlich für Lawinenschutzmaßnahmen aufgewendet), haben Aufforstungen in der subalpinen Stufe vor allem das Ziel, technische Lawinenanbruchverbauungen in aufforstbaren Bereichen zu ergänzen, in seltenen Fällen auch langfristig und langfristig und nachhaltig zu ersetzen. In seltenen Fällen deshalb, weil der weit überwiegende Teil der Schadlawinen in den Hochgebirgstälern „ob Holz“, also oberhalb der Waldgrenze anbricht.

## Grundsätzliche Probleme

Hochlagenaufforstungen – sofern sie auf Dauer erfolgreich sein sollen – zählen wohl zu den schwierigsten und langwierigsten forstlichen Vorhaben:

- Sie befinden sich nahe oder an der Existenzgrenze für Bäume und sind den klimatischen Extremen einer waldfreien Fläche ausgesetzt, im Gegensatz zu einer Verjüngung im Bestand.
- In Folge des langsamen Wachstums ist langfristig Kontinuität in der Betreuung notwendig; in der Regel müssen sich bis zum dauerhaften Erfolg mehrere Generationen von Forstleuten intensiv damit beschäftigen. Einige wenige Jahre unterlassener Betreuung können hier die Arbeit von Jahrzehnten zunichte machen.
- Die Rahmenbedingungen müssen langfristig stimmen, womit insbesondere die Wild- und Weidefrage angesprochen ist.
- Die Aufforstung schneereicher Steillagen gelingt in der Regel nur mit Hilfe aufwändiger technischer Lawinen- und Gleitschutzmaßnahmen.

Bei der Ausführung und Betreuung von Hochlagenaufforstungen ist es unumgänglich,

- von der Vorgehensweise der Natur bei natürlichen Verjüngungen in Hochlagen zu lernen und
- aus positiven und negativen Erfahrungen bestehender Hochlagenaufforstungen konsequente Schlüsse zu ziehen.

## Verwendete Baumarten

In der Gebietsbauleitung Oberes Inntal liegt der Schwerpunkt der Hochlagenaufforstungen im inneralpinen Bereich, und zwar in den Wuchsgebieten 1.1 (Innenalpen - kontinentale Kernzone), also im Ötz-, Pitz-, Kaunertal und Oberen Gericht, und 1.2 (subkontinentale Innenalpen – Westteil), also im Paznaun und Stanzertal. Die subalpine Höhenstufe erstreckt sich im Wuchsgebiet 1.1 in etwa zwischen 1800 und 2200/2300 m SH, im Wuchsgebiet 1.2 zwischen 1700/1800 und 2100/2200 m SH. Diese Grenzen sind naturgemäß stark von der örtlichen Situation abhängig und besitzen nach unten einen allmählichen Übergang zur hochmontanen Stufe.

Entsprechend den Wuchsgebieten werden folgende Baumarten verwendet:

### **Zirbe** (*Pinus cembra*):

Die Zirbe ist im inneralpinen Bereich die Hauptbaumart der subalpinen Stufe und bildet ungestört auf den sauren Rohhumusböden der kristallinen Zentralalpen in der Regel in Reinbeständen die Waldgrenze. Sie ist bei der Besiedlung waldfreier Flächen – mit Hilfe der Häher- und Hirschkornsaat – ein Pionier. Auf den nicht oder nur schwach sauren Böden über kalkhaltigen Bündnerschiefern des Engadiner Fensters im Oberen Gericht kommt sie nicht oder nur sporadisch vor. Pflanzungen mit Zirbe zeigen hier jedoch ausgezeichnete Wuchserfolge.

### **Lärche** (*Larix decidua*):

Die Lärche ist den subalpinen Waldbeständen im kristallinen Bereich häufig beigemischt, auf Grund ihrer Lichtbedürftigkeit ist sie im inneralpinen Zirben-Lärchen-Wald jedoch keine Klimaxbaumart. Im Bereich des Engadiner Fensters kommt sie nur teilweise vor. Die Lärche

bevorzugt Roh- und Mineralböden; dickere Humusdecken mag sie bei Pflanzung nicht besonders. Sie ist ebenfalls eine Pionierbaumart und fliegt gern auf Bodenverwundungen an.

**Fichte (*Picea abies*):**

Die Fichte ist die Hauptbaumart der montanen und zum Teil auch der tiefsubalpinen Stufe in den Innenalpen. Sie verjüngt sich gerne im Schutz des Bestandes und bevorzugt Moderböden; dicke Rohhumusaufgaben mag sie auch bei Pflanzung gar nicht. Als Pionierbaumart tritt sie inneralpin selten auf; im Gebietsbauleitungsbereich regelmäßig nur in der Zone des Engadiner Fensters, wo sie auch Reinbestände bildet. Die Fichte bleibt lange „hocken“, vermag diesen Rückstand gegenüber anderen Baumarten jedoch im Dickungsstadium rasch aufzuholen; hier ist viel Geduld erforderlich. In Sonderfällen kommt auch die

**Spirke (*Pinus mugo ssp. uncinata*)**

zum Einsatz. Sie ist eine subalpine Baumart in den Westalpen und den Pyrenäen. Da sie im Übergangsbereich West-Ostalpen mit Latsche (*Pinus mugo ssp. mugo*) gemischt und gekreuzt vorkommt, werden in der Gebietsbauleitung nur Herkünfte aus den latschenfreien französischen Westalpen und den Pyrenäen verwendet. Die Spirke bewährt sich insbesondere auf trockenen, relativ schneearmen Sonnseiten (Abb. 1), sowohl auf sauren als auch auf basischen Böden.

Die Pflanzung von Neben- und Vorwaldbaumarten wie z.B. der (sehr spätfrostempfindlichen) Vogelbeere (*Sorbus aucuparia*) wurde schon vor Jahrzehnten als nicht zielführend aufgegeben.

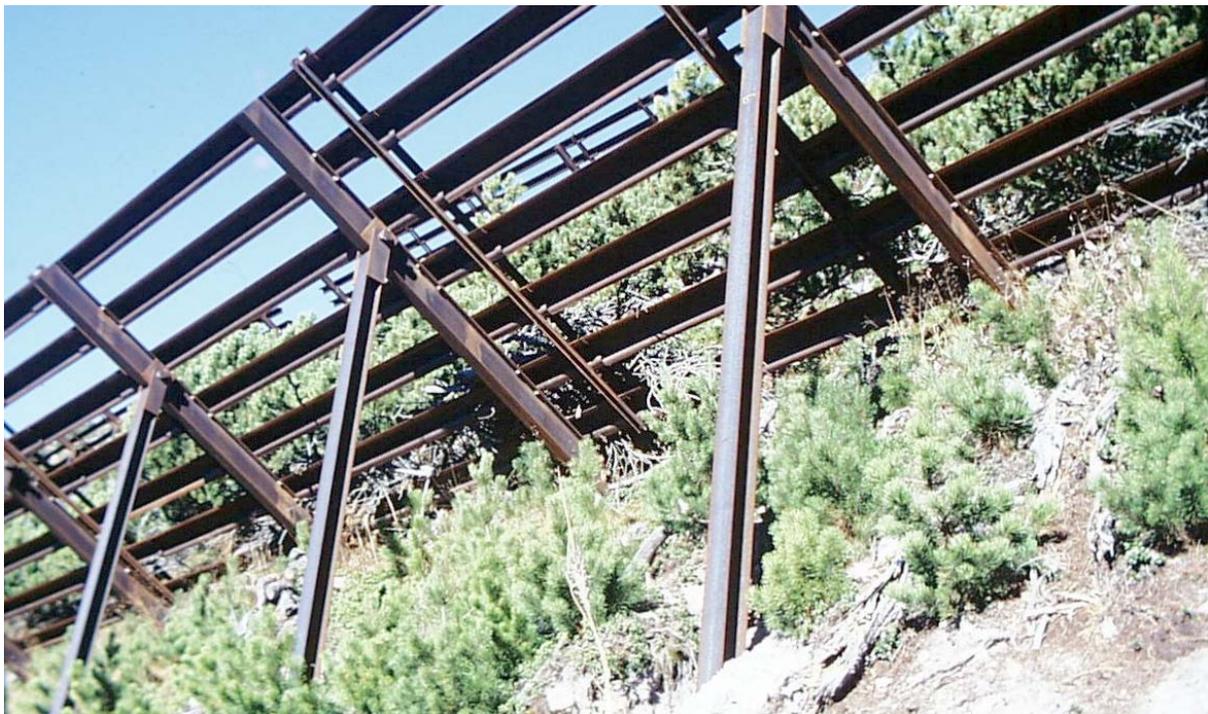


Abb.1: Aufforstung mit Spirken im unmittelbaren Schutzbereich von Stahlschneebrücken auf einem trockenen Sonnhang (Kapall-Lawinen, Gem. St. Anton, Bez. Landeck)

Fig. 1: Afforestation with mountain pines (*Pinus mugo ssp. uncinata*), directly protected by steel snowbridges, on a dry, south-looking slope (Kapall-Avalanches, Community St. Anton, District Landeck)

**Saatgutherkünfte**

Saatgut wird zum Teil selbst geerntet, entweder am stehenden Stamm, wofür einige Arbeiter Zapfenpflückerkurse absolviert haben, oder einfacher und kostengünstiger an liegenden Bäumen. Bei gutem Einvernehmen sind die Waldaufseher gerne bereit, in Samenjahren zu diesem Zweck in geeigneten Beständen Nutzungen durchzuführen. Kritisch angemerkt muss in diesem Zusammenhang werden, dass das „Forstliche Vermehrungsgutgesetz 2002“ in nicht anerkannten Nachbarbeständen geplanter Hochlagenaufforstungen die für diesen Zweck höchst sinnvolle Samengewinnung verbietet bzw. stark erschwert. Ist eine eigene Beerntung nicht möglich, wird das Saatgut von vertrauenswürdigen Händlern bezogen.

## Pflanzenanzucht

Eine österreichweit einzigartige Besonderheit besteht darin, dass das Hochlagenpflanzgut in der Gebietsbauleitung Oberes Inntal in einem für diesen Zweck eigens angelegten Forstgarten angezogen wird (GÖBL u. HEUMADER 1990).

Dieser Forstgarten „Klausboden“ (Abb. 2) liegt zentral inmitten von Fichtenwald in 1240 m SH östlich des Piller Sattels in der Gemeinde Wennis im vorderen Pitztal. Er wurde im Rahmen des Generellen Projekts „Lawinenvorbeugung St. Leonhard“ 1953-1955 angelegt, 1968 und 1973 vergrößert und umfasst nun eine Fläche von 1,57 ha, davon 1,08 ha reine Beetfläche. Er ist auch über die Landesgrenzen hinaus für seine Erfolge in der Zirbenanzucht bekannt (HEUMADER 1994), welche auf der Hälfte der Beetfläche betrieben wird und in gegenseitig fruchtbringender Zusammenarbeit mit der bis vor kurzem im Amtsgebäude der WLVI in Imst ansässigen Abt. „Bodenbiologie“ der ehemaligen Forstlichen Bundesversuchsanstalt zu einem sehr hohen Standard entwickelt wurde.



**Abb.2:** Wildbacheigener Forstgarten „Klausboden“ in der Gem. Wennis, Bez. Imst, zur Anzucht von Hochlagenpflanzgut (Teilansicht).

**Fig. 2:** Part of the tree-nursery „Klausboden“, Community Wennis, District Imst, run by the District Office „Upper Inn Valley“ for the cultivation of planting stock for high-elevation afforestations.

Die Hochlagenpflanzen werden hier nach einer Art Fruchtwechselwirtschaft mit zwischengeschalteten Gründungsjahren (Abb. 3) und Kompostierung des Gründungsmaßguts, ausschließlich händischer Unkrautbekämpfung und Verzicht auf Mineraldünger in den Saat-

und Verschulbeeten weitgehend „biologisch“ herangezogen (GÖBL u. HEUMADER 1989). Der Forstgarten wird durch drei Stammarbeiter(innen) betreut, welche bei Arbeitsspitzen von Aushilfskräften unterstützt werden.



**Abb.3:** Forstgarten „Klausboden“, Gründüngung im Vorder- und Zirbenverschulbeet im Hintergrund als Kennzeichen biologischer Fruchtwechselwirtschaft.

**Fig. 3:** Tree nursery „Klausboden“, field with green-manuring plants in the foreground and bed with transplants of stone pines (*Pinus cembra*) in the background.

Der Pflanzenausstoß betrug im Schnitt der letzten 5 Jahre jährlich rund 100.000 verschulte Pflanzen und rund 40.000 Topfpflanzen (in Torftöpfen), welche überwiegend für den Eigenbedarf der Gebietsbauleitung Oberes Inntal verwendet und zum kleineren Teil an benachbarte Gebietsbauleitungen abgegeben werden. Die Abrechnung von Ausgaben und Einnahmen (Rückersätze für die Anzucht) erfolgte bis einschließlich 1970 im Rahmen des Arbeitsfeldes „Lawinenvorbeugung St. Leonhard“ und ab 1971 über ein Regiekonto „Selbstversorgungsmaßnahmen“, wobei sich Ausgaben und Einnahmen mittelfristig die Waage halten (müssen). Durch die zentrale Lage des Forstgartens ist eine Lieferung auch von Tagesbedarfsmengen mit kurzen Transportwegen möglich, was der Pflanzenfrische sehr zugute kommt.

Es ist auch darauf hinzuweisen, dass die (jährliche) Eigenproduktion – im Gegensatz zum Kauf von Pflanzen – zur mittel- und langfristigen Aufforstungsplanung zwingt, was sich auf die Kontinuität der forstlichen Maßnahmen in der Gebietsbauleitung sehr positiv auswirkt.

Zur Herkunfts- und Qualitätssicherung ist anderen Dienststellen jedenfalls anzuraten, durch eine vertrauenswürdige Baumschule eine Lohnanzucht mit beigestelltem bzw. selbstgesammeltem Saatgut durchführen zu lassen und diesen Anzuchtsbetrieb entsprechend zu kontrollieren.

### **Wahl der Pflanzstandorte**

Bestände in der tiefsubalpinen Stufe sind von Natur aus meist recht geschlossen, in der hochsubalpinen Stufe, also im eigentlichen Waldgrenzbereich, lösen sich die Bestände – jedenfalls auf gegliederten Hängen – in Gruppen und Einzelbäume auf, welche auf klimatisch

begünstigten Kleinstandorten stocken. Diesen von der Natur vorgezeigten Weg gilt es bei der künstlichen Verjüngung waldfreier Flächen in den Hochlagen konsequent einzuhalten. Im Gegensatz zu einer Verjüngung im Bestand sind die Jungpflanzen nicht nur klimatischen Extremen ausgesetzt, sondern ist hier auch die Schneeverteilung, welche im Freien streng relief- und windorientiert ist, der wesentliche limitierende Faktor (Abb. 4). Sowohl lang schneebedeckte (wegen verkürzter Vegetationszeit und Schneepilzgefährdung) als auch abgeblasene, schneearme Standorte (wegen Frostrocknisgefahr) sind bei der Aufforstung auszulassen, was ja zwischenzeitlich allgemein bekannt ist.



Abb.4: Natürliche Wiederbewaldung durch Zirben im Waldgrenzbereich in strenger Abhängigkeit von der relief- und windbedingten Schneeverteilung. In der schneefreien Zeit könnte man solche für die Aufforstung wesentlichen Standortunterschiede schwer erkennen.

Fig. 4: Natural regeneration by stone pines (*Pinus cembra*) near the timberline, strongly depending on the wind-influenced snow-pack distribution. In the snow-free season a differentiation in sites suitable and unsuitable for afforestation would be difficult.

Schwierig ist es, geeignete Aufforstungsstandorte, die oft sehr kleinräumig auftreten, zu erkennen, wobei das vor allem auch den Arbeitern bei der Pflanzung möglich sein sollte. Hier helfen Weiserpflanzen(gesellschaften) der Bodenvegetation, in den kristallinen Zentralalpen z.B. das Wind-Schnee-Ökogramm (AULITZKY 1963). Einfacher aber ist eine Begehung mit dem Vorarbeiter der Aufforstungspartie und die Aufnahme von Übersichtsfotos im Ausaperungsstadium, ein Mittel zur kleinstandörtlichen Differenzierung, das leider zu wenig angewendet wird.

### **Pflanzmaterial, Pflanzmethode, Pflanzzeit**

Es kommen je nach örtlicher Situation wurzelnackte und Topfpflanzen zum Einsatz. Bei wurzelnackten Pflanzen wird ausschließlich die Lochpflanzung angewendet, da ausgegrabene, geklemmte Pflanzen zum Teil extreme Wurzeldeformationen ergeben haben. Bewährt hat

sich die Abdeckung des Pflanzlochs mit einem austrocknungshemmenden und in der Nacht tauspeichernden Stein, insbesondere auf sonnseitigen Hängen (Abb. 5).



Abb.5: Abdeckung des Pflanzlochs mit Steinen zur Austrocknungshemmung bei Tag und zur Tauspeicherung bei Nacht.

Fig. 5: Putting stones into the planting hole will reduce evaporation on day and collect dew at night.

Bei wurzelnackten Pflanzen hat die Frühjahrspflanzung, am besten noch im Ausaperungsstadium (erleichterte Wahl der Kleinstandorte, Ausnutzen der Schmelzfeuchtigkeit) gewisse Vorzüge, jedoch darf hier auch bei Kühlhauslagerung nicht bis ins späte Frühjahr hinein gepflanzt werden, um größere Ausfälle zu vermeiden. Bei Herbstpflanzung hat ein früher Beginn (bei Ende der sommerlichen Hitzeperiode schon ab Mitte August) bei Zirbe, Fichte und Spirke deutliche Vorteile, da diese ihr Triebwachstum dann schon abgeschlossen haben, ihre Wurzeln aber noch bis zum Einsetzen des Frostes weiterwachsen. Bei Lärche muss hingegen die Verholzung der frischen Triebe abgewartet werden. Lärchen vertragen problemlos das Zurückstutzen der Triebe, um ein besseres Spross-Wurzel-Verhältnis zu erzielen, was sehr empfohlen werden kann.

Topfpflanzen können in der gesamten Vegetationsperiode gepflanzt werden, jedoch sind hier hochsommerliche Hitzeperioden zu meiden. Sie sind genauso sorgfältig zu setzen wie wurzelnackte Pflanzen.

Als sehr positiv hat sich eine leichte organische Düngung in den ersten 2-3 Jahren erwiesen. In der Gebietsbauleitung werden hiezu 15 g mit Kali angereichertes Biosol pro Pflanze verwendet. Der Versuch einer natürlichen Stickstoffdüngung über die Knöllchenbakterien von Dauerlupinen (*Lupinus polyphyllos*), deren Samen ins Pflanzloch gestupft wurden, hat sich nicht bewährt, da die auch in der subalpinen Stufe sehr wuchskräftigen Lupinen die Jungpflanzen verdämmt haben.

Im hochsubalpinen Bereich wird zunehmend in Gruppen gepflanzt, sofern sich eine solche Rottenbildung bei stark gegliederten Hängen nicht schon aus den geeigneten Kleinstandorten ergibt (Abb. 6).



**Abb.6:** Hochlagenaufforstung mit Zirben in Gruppen unter Beachtung günstiger Kleinstandorte. Die gegen Ende der Schneeschmelze noch vorhandenen Schneeflecken weisen auf ungeeignete Pflanzstandorte hin.

**Fig. 6:** High-elevation afforestation in groups with stone pines (*Pinus cembra*) on suitable microsites. Snow patches, remaining late in the melting season, indicate unsuitable planting sites.

### **Jungwuchs- und Dickungspflege**

Die Jungwuchspflege beschränkt sich in der Regel auf allfällige Nachbesserungsarbeiten und die beschriebene leichte organische Düngung. Gegebenenfalls ist auch Ausmähen erforderlich, dies sollte möglichst früh im Jahr erfolgen.

Die Erfahrungen zeigen eindeutig, dass die Jungwuchsphase relativ problemlos, die Dickungsphase aber besonders kritisch für das Gelingen einer Hochlagenaufforstung ist. Auch erfreulich gelungene Aufforstungsjungwüchse können in der Dickungsphase große Schäden, insbesondere durch Schadpilze, Schneedruck und Gleitschnee, bis hin zum Totalausfall erleiden.

Als Schadpilze treten bei Zirbe die Schneeschütte (*Phacidium infestans*) und das Zirbentriebsterben (*Gremmeniella abietina*), bei Lärche das Lärchentriebsterben (*Gremmeniella laricina*) und bei Fichte der Schwarze Schneeschimmel (*Herpotrichia nigra*) auf. Der Befall beginnt auf lange schneebedeckten Standorten, wobei befallene Naturverjüngungen als Infektionsherde dienen.

Die Nichtbepflanzung lang schneebedeckter Kleinstandorte ist daher als Schadensvorbeugung wesentlich, jedoch kein Allheilmittel, da bei großem Infektionsdruck auch Pflanzen an geeigneten und schneearmen Standorten befallen werden, wie die Erfahrung zeigt. Hier ist eine jährliche Kontrolle und rechtzeitige Bekämpfung durch Ausschneiden befallener Äste und Entfernen total befallener Bäumchen mit anschließender Verbrennung besonders wichtig, um den Infektionsdruck zu mindern. Das Ausschneiden hat so früh im Jahr wie möglich zu erfolgen, um die Pilzsporenverbreitung einzudämmen. In die beschriebenen phytosanitären Maßnahmen sind unbedingt auch benachbarte Naturverjüngungen mit einzubeziehen. In

der Gebietsbauleitung werden die Pflanzen außerdem im Forstgarten in den Verschulbeeten bzw. im getopften Zustand vorbeugend mit Fungiziden behandelt.

Weitere häufige Schadensursachen im Dickungsstadium, wenn die Bäumchen nicht mehr elastisch genug sind, um sich im Winter umzulegen, sind Schneedruck und Schneegleiten auf steilen Hängen.

Die Baumarten der Hochlagen haben sich an diese Situation insofern angepasst, als sie – wie das besonders gut bei der Fichte zu sehen ist – lange „hocken“ bleiben und dann in wenigen Jahren mit starkem Wachstum insbesondere des Leittriebs die bruchgefährliche Phase überwinden können.

Dies gilt nicht nur für Gleitschnee, sondern auch für normale Schneebruchschäden, wo es einen wesentlichen Unterschied ausmacht, ob ein Baum die Schneedecke schon überragt oder noch zur Gänze eingeschneit wird. Daraus resultierende starke Schäden sind in der Gebietsbauleitung in den aufeinanderfolgenden, sehr schneereichen Wintern 1998/99 und 1999/2000 vielerorts aufgetreten. Hier kann man nur hoffen, dass die kritische Dickungsphase mit einer Reihe schneearmer bzw. normaler Winter zusammenfällt. Die Natur hat es da leichter, da sie in jedem Samenjahr – und nicht nur im Aufforstungsjahr – Verjüngungsversuche startet.

In der Dickungsphase, in der die Bäumchen noch bis zum Boden beastet sind, besteht auch die letzte Möglichkeit, in geschlossenen Aufforstungen stabile Gruppen (Rotten) auszubilden. Da eine individuelle Ausformung in den unübersichtlichen Dickungen meist nicht möglich ist, wird in der Gebietsbauleitung schematisch vorgegangen, in dem kreuzweise schräg zum Hang Schneisen ausgeschnitten werden, wodurch rautenförmige Gruppen verbleiben. Die Stöcke werden dabei hoch belassen (Abb. 7).

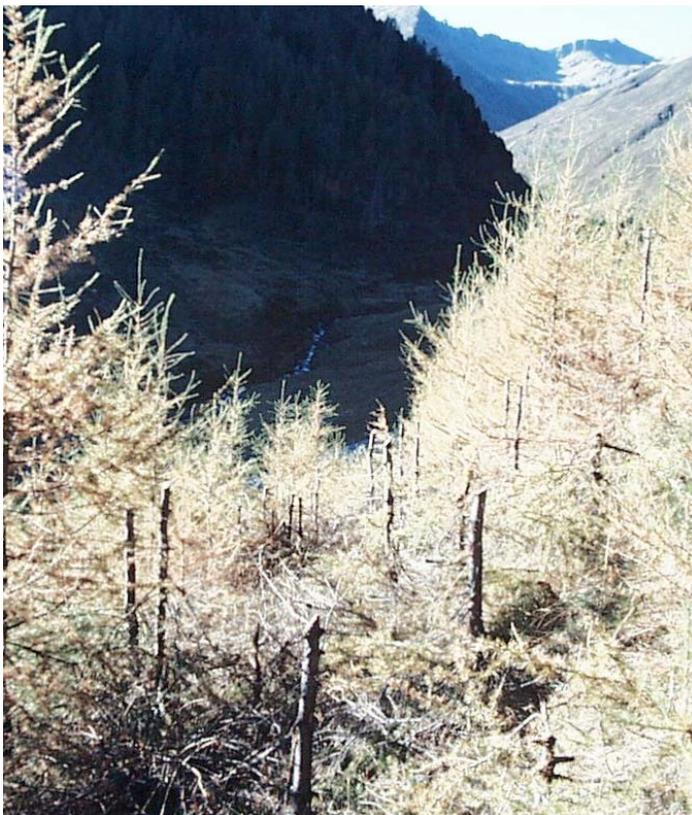


Abb.7: Gruppenausformung in der Dickungsphase einer geschlossenen Lärchenaufforstung durch das Ausschneiden von Schneisen schräg zum Hang, wobei die Stöcke hoch belassen werden.

Fig. 7: Forming groups in the thicket stage of an afforestation with larch (*Larix decidua*) by clearcutting strips inclined to the fall line and leaving high stumps.

## Technische Gleitschutzmaßnahmen

Bei der Neubewaldung schneereicher Steilhänge haben sich Maßnahmen zum Schutz vor Schneeschub (insbesondere durch Gleiten, aber auch durch Setzen und Kriechen) als besonders wichtig erwiesen. Lawenstützverbauungen bieten keinen Schutz vor Schneeschubschäden, wie die Erfahrung zeigt. Die Pflanzen sind nur in einem schmalen Streifen unterhalb der Stützwerksreihe vor Schneeschubschäden geschützt (Abb. 1). Ein Schutz vor Schneeschub kann nur durch genügend dicht angeordnete, flächenhaft wirkenden Maßnahmen erzielt werden.

Hier haben sich als Eigenentwicklung der Gebietsbauleitung

### mit Draht verspannte Verpfählungen

bewährt (HEUMADER 1987). Die 2,0 – 2,5 m langen Pfähle aus Holz oder Eisenrohren werden hierbei nur rund 0,5 m eingeschlagen. Der Kopf des unteren Pfahls wird jeweils mit den beiden oberhalb um einen halben Pfahlabstand versetzt angeordneten Pfählen unmittelbar am Boden mit verzinktem Draht verhängt, so dass eine Art zickzackförmige Verspannung entsteht. Die Drähte dürfen keinesfalls straff gespannt, sondern müssen unbedingt bis zum Boden durchhängen, da sonst die Pfähle im eingeschneiten Zustand bergwärts gezogen werden (Abb. 8). Das daraus resultierende elastische System hat schneemechanisch deutliche Vorteile. Die Kosten belaufen sich derzeit i.M. auf rund 25.000,- €/ha.



Abb.8: Mit Draht verspannte Verpfählung als Gleitschneeschutz.

Fig. 8: Array of posts fixed with zinc wire as anti-snowgliding measure.

Positive Erfahrungen wurden auch mit

### Pflugbermen

gemacht (HEUMADER 1987), die als Gleitschneeschutz und Verjüngungshilfe dienen (Abb. 9). Ihre Herstellung erfolgt mit einem leichten Gebirgspflug, wie er früher zum Kartoffel- und Getreideanbau auf Hängen verwendet wurde. Der Pflug wird mit einer auf eine Motorsäge aufgesetzten Seilwinde in der Schichtenlinie gezogen, wobei das Seil über eine Umlenkrolle geführt wird. Der Bermenabstand in der Falllinie sollte 1,5 m (max. 2,0 m) betragen, zur Herstellung einer genügend breiten Berme sind zwei Arbeitsgänge (Grund- und Deckfurche) erforderlich (Abb. 10). Die Anlage von Pflugbermen ist allerdings nur bei skelettarmen, ausrei-

chend tiefgründigen Böden möglich. Sie befreien die gesetzten Pflanzen für etliche Jahre von der Wurzelkonkurrenz der Bodenvegetation, erleichtern die Pflanzung wesentlich und stellen darüber hinaus ein gutes Keimbett für künstliche Saaten oder natürlichen Anflug dar. Die Befürchtung, dass die Bermen Ansatzstellen für Erosionen sein könnten, hat sich in der Gebietsbauleitung übrigens als nicht zutreffend herausgestellt.



Abb.9: Erfolgreiche Bermenaufforstung mit Zirbe und Lärche.

Fig. 9: Successful afforestation on plow-made berms with stone pine (*Pinus cembra*) and larch (*Larix decidua*).



Abb.10: Frisch beplanzte Pflugbermen.

Fig. 10: Plow-made berms, freshly planted.

**Abschließende Bemerkungen**

Auf die Probleme mit Wild- und Weideschäden, welche schon oft erörtert worden sind, wird hier nicht mehr eingegangen, nur darauf hingewiesen, dass Hochlagenaufforstungsflächen im Bereich der Gebietsbauleitung grundsätzlich bescheidenmäßig auf Dauer weidefrei gestellt werden.

Hochlagenaufforstungen sind nicht nur arbeits-, sondern auch sehr kostenaufwändig. In der Gebietsbauleitung liegen die Kosten bei einer Pflanzenanzahl von 5000/ha i.M. der letzten 3 Jahre bei rund 9.500,- €/ha. Dazu kommen bis zum Erreichen einer Baumhöhe von 5 Metern, ab der eine Aufforstung – jedenfalls im Hinblick auf Pilz-, Schneeschub- und die meisten Wildschäden - vermutlich als gesichert angesehen werden kann, recht aufwändige Pflegemaßnahmen, welche sich über mehrere Jahrzehnte hinziehen.

Die positiven Effekte von durch Hochlagenaufforstungen neu begründeten Waldbeständen sollten daher in vertretbarem Verhältnis zum dafür erforderlichen Aufwand stehen. Dies ist z.B. als Ergänzung, im Idealfall auch als langfristiger Ersatz von Lawinenanbruchverbauungen (Abb. 11) oder im Einzugs- bzw. Versickerungsgebiet von Rutschungen der Fall.

Beim Ziel Hochwasserdämpfung ist hingegen kritisch zu prüfen, ob Hochlagenaufforstungen in Einzugsgebieten die damit verbundenen Kosten und Mühen wert sind, insbesondere bei subalpinen Vegetationsgesellschaften, wie z.B. Zwergstrauchheiden oder Latschenbeständen, die ohnehin schon niedrige Abflusswerte aufweisen. Alibiaufforstungen in Hochlagen, um die sich dann niemand mehr kümmert, sind vergeudetetes Geld.

Wenn man Hochlagenaufforstungen durchführt, muss man dies mit vollem Einsatz und allen Konsequenzen tun – und im übrigen darauf vertrauen, dass auch nachfolgende Generationen dies ebenso tun werden.



**Abb.11:** Bei Lawinenanbruchgebieten unterhalb der Waldgrenze können Hochlagenaufforstungen die technische Verbauung auf lange Sicht durch einen nachhaltig wirksamen Waldbestand ersetzen (Spiss-Lawinen, Gem. Spiss, Bez. Landeck). Leider ist dies im Hochgebirge nur selten möglich.

**Fig. 11:** High-elevation afforestations in avalanche starting zones below the timberline can substitute technical defense works on the long run (Spiss-Avalanches, Community Spiss, District Landeck). Unfortunately these possibilities are rare in high-mountain regions.

**Literaturhinweise/References:**

Aulitzky H (1963): „Grundlagen und Anwendung des vorläufigen Wind-Schnee-Ökogramms“. *Mitteilungen der Forstl. Bundesversuchsanstalt, Wien, Heft 60, 1963.*

Göbl F., Heumader J. (1989): „Biologische Forstpflanzenanzucht“. *Österr. Forstzeitung 12/1989.*

Göbl F., Heumader J. (1990) „Der Forstgarten KLAUSBODEN“. Biologische Anzucht von Pflanzen für Hochlagen seit mehr als 35 Jahren (*Wildbach- und Lawinenverbau 113/1990*).

Heumader J. (1984): „Hochlagenaufforstung – Praktische Erfahrungen“. *Wald- und Holzwirtschaft, Sonderausgabe „100 Jahre Wildbach- und Lawinenverbauung in Österreich“, Heft 370, 32. Jahrgang, Juni 1984.*

Heumader J. (1987): „Pflugbermen als Gleitschneeschutz und Verjüngungshilfe“. *Wildbach- und Lawinenverbau 105/1987.*

Heumader J. (1987): „Schutz vor Gleitschnees Schäden durch Verpfählung mit Drahtverspannung“. *Wildbach- und Lawinenverbau 105/1987.*

Heumader J. (1994): „Cultivation of cembran pine plants for high-elevation afforestations“ (*in: Proceedings – International workshop on subalpine stone pines and their environment: The status of our knowledge, St. Moritz, Switzerland 1992. US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station; Gen. Tech. Rep. INT-GTR-309; July 1994*)

Heumader J. (2000): High-elevation afforestation and regeneration of subalpine forest stands – Experiences in Austria (*Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2000, Villach, Österreich; Tagungspublikation, Band 2, Seite 29 – 40*).

Anschrift des Verfassers / Authors address:

Dipl.-Ing. Jörg Heumader  
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung  
Gebietsbauleitung Oberes Inntal  
Langgasse 88  
6460 Imst  
E-mail: joerg.heumader@wlv.bmlf.gv.at

## Rampenstaffelungen in der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal an den Beispielen

### PINNISBACH und BÄRENBACH

## PINNISBACH - Gde. Neustift/Stubai, Bezirk Innsbruck-Land

### Errichtung einer naturnahen Verbauung im Mittellauf-Bachabschnitt zwischen hm 13 und 19 (Bauausführung 2003/2004).

von/by  
Anton GWERCHER

## 1. BESCHREIBUNG DES PROJEKTSGEBIETES:

Der **PINNISBACH** in der Gemeinde Neustift/Stubai ist ein rechtsufriger Zubringer des **Ruetzbaches**, welcher im Ortsteil „Neder“ auf einer Seehöhe von 970 m in den Vorfluter mündet. Sein langgestrecktes Einzugsgebiet ist 21,7 km<sup>2</sup> groß, wobei im Oberlauf drei Flachstellen vorhanden sind und der Mittellauf ein enges Kerb(V)-tal darstellt. Daran schließt der ca. 900 m lange Schwemmkegel an, auf welchem der Ortsteil Neder liegt.

Der Bach entspringt an den SE-Abhängen des 3.277 m hohen Habichts als höchste Erhebung, wo er über Felswände in das Becken der Kar-Alm abstürzt. Von dort folgt er der Tiefenlinie des Pinnistales in NE-Richtung wo er im Bereich der Herzeben-Alm nach NW abschwengt.

Beim Pinnisbach handelt es sich um einen Hochgebirgsbach. Auf seinem ca. 9 km langen Lauf zum Tal nimmt er mehrere links- und rechtsufrige Zubringer auf, von denen der Senkel- und Kesselbach die größten sind. Die Gefällsverhältnisse im Oberlauf des Pinnisbaches sind, wie bereits eingangs erwähnt, durch drei langezogene Becken- (Flachstellen) und Steilstufen-Lagen (abgestuft in jeweils 200 Höhenmetern) gekennzeichnet.

Das Grundgestein im Einzugsgebiet besteht aus kristallinen Gesteinen, auf denen Triaskalke aufgelagert sind.

Das Geschiebe kommt vorwiegend aus Verwitterungsprodukten, die in steilen Schutthalden lagern sowie aus Ufer- und Sohlerosionen.

Das gesamte Einzugsgebiet ist zu ca. 59% Ödland, welches sich im rückwärtigen Talbereich und auf dem rechtsufrigen Serleskamm befindet; ca. 30% ist bewaldet, der Rest von ca. 11% ist von Almen geprägt.



-2-

Unter Berücksichtigung der Verhältnisse des Pinnisbaches (ausgedehnte Schutthalden mit überdurchschnittlicher Versickerung; beckenartige Verflachungen wo größere Geschiebemengen abgelagert werden können, etc.) wurde dem gegenständlichen Projekt ein Hochwasserabfluß von **HQ 150** mit **54 m<sup>3</sup>/sec.** und ein **Geschiebepotential** von ca. **35.000 m<sup>3</sup>** zugrundegelegt.

Am Schwemmkegel liegt der dichtbesiedelte Ortsteil **Neder** mit landwirtschaftl. Intensivflächen. Bisher bekannte Schadensfälle ereigneten sich 1668, 1871, 1926, 1946 und 1960.

1978, 1983 und 1985 kam es infolge von Starkregen und Gewittern zu schweren Murgängen, wobei nur durch den intensiven Einsatz von Feuerwehr und Großgeräten größere Schäden verhindert werden konnten.

Nach dem Hochwasser von 1985 wurde von der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal, im selben Jahr ein Schutzmaßnahmenprojekt für den Pinnisbach ausgearbeitet und vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft mit einem Gesamtkostenrahmen von ca. **3,5 Mio. €** genehmigt. Im Jahre 1986 wurde das gegenständliche Projekt wasser- und naturschutzrechtlich genehmigt.

Von dem im Verbauungsprojekt 1985 enthaltenen Maßnahmen wurden in den Jahren 1986 bis 1991 wie folgt ausgeführt:

- 700 lfm Regulierung im Unterlauf mit Geschiebeablagerungsbecken,
- 20 Stk. Konsolidierungssperren (Querwerke) im Anschluß an die Regulierungsstrecke
- 2 Geschiebeablagerungsbecken im Mittellauf

Mehrere Hochwässer- und Lawinenereignisse in den letzten Jahren im Bezirk führten dazu, daß die restlichen **Maßnahmen** zwischen **hm 13** und **hm 19**, nämlich

- 18 Stk. Konsolidierungssperren in Beton**
- Geschiebestausperre mit Geschiebeablagerungsplatz**

nicht ausgeführt wurden.

Zwischenzeitlich ist die Frist für die wasser- und naturschutzrechtliche Bewilligung abgelaufen, was eine neuerliche rechtliche Bewilligung, insbesondere nach dem TNSchG., erforderte. Im konkreten Fall bedeutete dies, daß eine Bewilligung für die Ausführung der noch ausständigen Schutzmaßnahmen nur unter der Voraussetzung erteilt wird, wenn eine **landschaftsschonende** und **ökologische Bauweise** angewendet wird.

Diesem Umstand Rechnung tragend, wurden von der Gebietsbauleitung diese Vorgaben in einem ersten Bauabschnitt ( März bis Juni 2003) realisiert.

Besonderes Augenmerk wurde auf die Minimierung der **Absturzhöhen** bei den **Querwerken** gelegt. Ebenso ist die Abdeckung der Abflusssektionen mit weitestgehend unbearbeiteten Granitkronen eine Garantie dafür, daß bei Niedrigwasser ein konzentrierter Wasserstrahl für den Fischeinzug gegeben ist.



Die Sicherung der Sperrenzwischenräume erfolgt mit beidseitigen Uferdeckwerken und soll diese technische Maßnahme möglichst „unauffällig“ sein. In der Weise erfolgen, daß auch diese technische Maßnahme möglichst „unsichtbar“ ist. Die Bachsohle wird durch „Tümpel“ sowie Fischeinständen in den Uferbereichen für Fischrastplätze ausgestaltet und damit eine fischökologische Verbauung des Bachlaufes erzielt.

## **2. TECHNISCHE KENNDATEN ZUM PINNISBACH:**

EINZUGSGEBIET: 21,7 km<sup>2</sup>  
HQ150 OHNE GESCHIEBE: 48 m<sup>3</sup>/sec.; mit Geschiebe 54 m<sup>3</sup>/sec.  
GESCHIEBEFRACHT HQ 150: ca. 36.000 bis 40.000 m<sup>3</sup>

Ausführung der KONSOLIDIERUNGSSPERREN in Form von WINKELSTÜTZMAUERN:

Abflußsektionen: Kronenbreite unten 6,0 m  
Kronenbreite oben 8,0 m  
Durchflußhöhe 2,0 m; Anzug 1:1  
Durchflußfläche: 14 m<sup>2</sup>, V = 3,85 m/sec.  
Flügelanzug: 15%  
Sperrenfundierung: Null-Deckung  
Kronengefälle: 13 %

### **3. DURCHGEFÜHRTE BAUMASSNAHMEN (naturnahe Verbauung):**

Zur Erreichung geringerer Sperrenhöhen wurden die projektierten **Sperrabstände** von ursprünglich 25,0 m **auf 18,0 m** reduziert. Die **Abflußsektionen** wurden mit unterschiedlich großen **Granitsteinen** abgedeckt, wodurch bei Niedrigwasser ein **pendelnder Wasserlauf** im Bereich zwischen den Querwerken erzielt werden konnte.

Zur Erreichung eines durchgehenden **Fliessgewässerkontinuums** und Passierbarkeit für Fische wurden die **Sperrabstürze** durch vorgelegte **Grobsteinblockwürfe** so minimiert, daß diese max. 0,20 m betragen.

Die **Uferdeckwerke** zwischen den Querwerken wurden in Form von **Grobsteinschlichtungen** (GSS) in massiver Bauweise mit einer Mindeststärke von 0,80 m im oberen Bereich und mind. 1,30 m im Fundamentbereich trocken geschichtet. Die Verlegung erfolgte in der Weise, daß einzelne Steinblöcke nach vorne (herausragend) versetzt verlegt wurden, wodurch eine unregelmäßige Böschungsstruktur erreicht wurde. Größtes Augenmerk wurde jedoch darauf gelegt, daß dadurch die Bestandessicherung der Uferdeckwerke bei einem entsprechenden Hochwasserereignis gewährleistet ist. Die **GSS** wurden mit Feinerde angereichertem Bachmaterial **hinterfüllt** und **überschüttet**. Ebenso wurden die Fugen mit ausreichendem Erdmaterial **„ausgestopft“**, wodurch ein rasches Anwachsen der Bepflanzung mittels Weidenstecklingen gewährleistet ist.



Die **Sichtflächen** der luftseitigen **Sperrenflügel** wurden ebenfalls eingeschüttet und erfolgte die Ausführung in derselben Art und Weise wie bei den Uferdeckwerken.

Die **naturnahe Bachlaufgestaltung** mit **Tümpelbildungen** -im gegenständlichen Verbauungsbereich sollen nach Ausführung der Verbauungsmaßnahmen Fische wiedereingesetzt werden- wurde durch das unregelmäßige **Verlegen von Steinen im Bachbett** und im Anschluß an die **Uferdeckwerke im Wasserspiegelbereich** der GSS erreicht. Dafür wurde, geeignetes Steinmaterial aus dem **jeweils oberen Sperrenabschnitt** entnommen. Durch die natürlichen waren bereits **Abrundungen** des Steinmaterials entspricht dieses der **natürlichen Sohlenstruktur** weitestgehend.

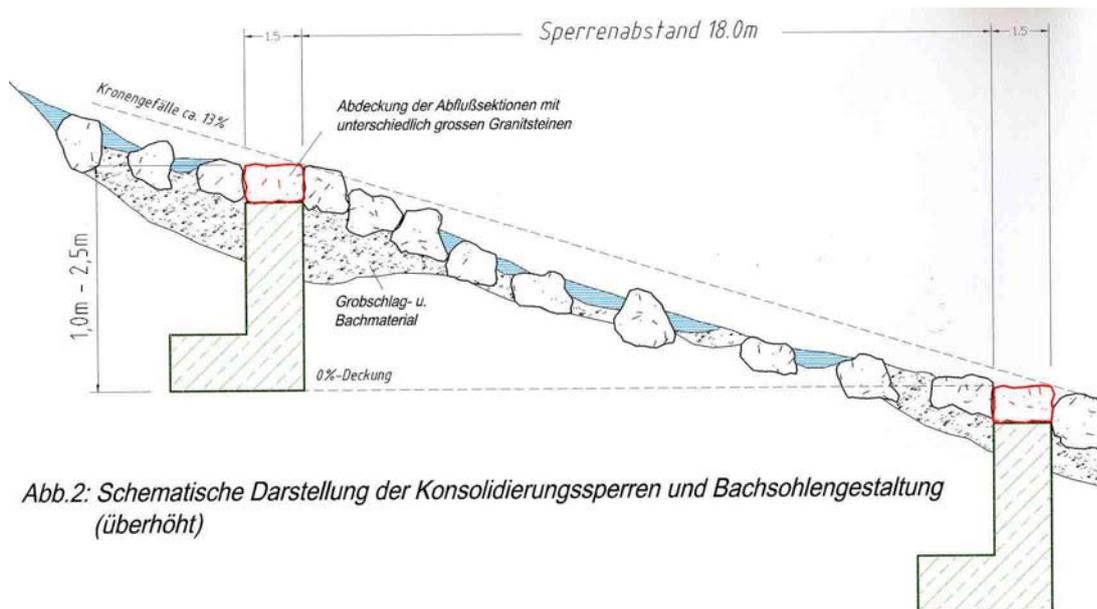


Abb.2: Schematische Darstellung der Konsolidierungssperren und Bachsohlengestaltung (überhöht)

Der **Böschungsbereich außerhalb des Hochwasserabflußbereiches** im Bacheinhang wurde mit dem aus dem jeweils **oberen Bauabschnitt abgezogenen Humus- und Rasenboden bedeckt** und zusätzlich mit einer **Standartsaatgutmischung** eingesät.

Die **Bepflanzungen** erfolgten überwiegend mit **vor Ort gewonnenem Pflanzmaterial**. Dabei handelte es sich vor allem um Fichten, Lärchen, Kiefern, Weiden und Erlen, wobei die Weiden und Erlen vor der Versetzung auf Stock gesetzt wurden. Durch diese Vorgangsweise ist das Aufkommen einer **standortgerechten Vegetationsgesellschaft** gewährleistet und eine zukünftige Beschattung des Bachlaufes sichergestellt.

Auf der orographisch rechtsufrigen Seite, auf welcher der Talweg verläuft, wurde das noch vorhandene ca. 2,0 bis 3,0 m breite Bankett mit einem Erddamm und darauf errichtetem Zaun versehen. Dieser wurde mit einer Strauchreihe und vereinzelt Bäumen bepflanzt. Zwischen den Weiden und Erlen wurden zur Auflockerung Bergahorn, Esche und verschiedenen Heistern (roter Hartriegel, Pfaffenhütchen und wolliger Schneeball) gepflanzt.

Zu den Kosten für die naturnahe Ausgestaltung des gegenständlichen Bachabschnittes können noch keine Angaben gemacht werden. Nach bisherigen Erfahrungen in einem anderen Einzugsgebiet liegen diese beim gegenständlichen Wildbach bei ca. € 50,-/lfm, wobei sich die Mehrkosten im wesentlichen in der Zwischenlagerung des humosen Oberbodens und des Pflanzmaterials niederschlagen. Weiters fällt ein höherer Aufwand bei der Ausgestaltung der Bachsohle und die Mehrkubatur für GSS bei den Uferdeckwerken sowie der Sorgfalt bei der Verlegung des Steinmaterials an.

Abschließend kann berichtet werden, daß die gegenständlichen Maßnahmen bereits durch ein entsprechendes Hochwasserereignis (HW-Abfluß mit Feingeschiebe in einer

Größenordnung von ca. 40 m<sup>3</sup>/sec.) im August des Jahres 2003 einer Belastung ausgesetzt waren und diesem voll und ganz standgehalten haben.

Innsbruck, im Jänner 2004

Anschrift des Verfassers/Authors:

Ing. Anton GWERCHER,  
Forsttechnischer Dienst für  
Wildbach- und Lawinerverbauung  
Gebietsbauleitung Mittleres Inntal

Liebeneggstraße 11  
6020 Innsbruck

-5-

-5-

#### **4. FOTOS:**

**Abb.1:** Bereits verbauter Verbauungsabschnitt unterhalb hm 13 mit Gefällsverhältnissen von ca. 20%.

**Abb. 2:** Schematische Darstellung Konsolidierungssperren und Sohlausgestaltung (ohne Maßstab).

**Abb. 3:** Grundswellenstaffelung in Arbeit (Frühjahr 2003);  
Uferdeckwerke in GSS mit Hinterfüllung mittels Bachmaterial und beigemischter Feinerde;  
Sohlausgestaltung mit „abgerundetem“ Steinmaterial, welches teilweise aus dem Bachbett gewonnenem wurde.

**Abb. 4:** Bachlauf nach unmittelbarer Fertigstellung der Verbauungsmaßnahmen mit „versteckten“ Querwerken und rauher Sohlausgestaltung sowie bereits durchgeführter Begrünung und Bepflanzung.

Fotos: WLV-Gwercher

-6-

-6-

Chain of sills in a new form in the district area of Innsbruck in the catchments of Pinnisbach and Bärenbach

Nature-orientated control in the middle part of Pinnisbach in hm 13,0 to hm 19,0  
(Construction in the years of 2003/2004)

**Zusammenfassung (Pinnisbach):**

Der Beitrag beschreibt eine ökologisch orientierte Form der Sicherung von Tiefen- und Seitenerosionen in einem Hochgebirgs-Wildbach mittels klassischen Betonquerwerken (Winkelstützmauern), seitlichen Uferdeckwerken in Grobsteinschichtung (GSS) und eine naturnahe Sohlgestaltung. Ein wesentlicher Aspekt ist die Verringerung der Absturzhöhen bei den Querwerken.

**Summary (Pinnisbach):**

A nature-orientated control is described by check dams with work against erosion. The fall-height is reduced to a minimum. The torrent bed is like a natural structure.

## Rampenstaffelungen in der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal an den Beispielen

### PINNISBACH und BÄRENBACH

## Bärenbach - Fritzens, Bezirk Innsbruck-Land

### Errichtung einer naturnahen Verbauung im Mittellauf-Bachabschnitt zwischen hm 22,00 und 24,00 (Bauausführung 2000).

von/by

Manfred Pittracher

### Zusammenfassung:

Der Bärenbach gefährdet einen Ortsteil von Fritzens. Es wurde eine ökologisch wirksame und ökonomisch günstige Schutzmaßnahme für die Geschiebebindung und schadlose Ableitung von Hochwässern im Mittellauf errichtet.

### Summary:

A nature- orientated and economical control is described by check dams, which work against erosion. The fall height is reduced to zero. The torrent bed is like a natural structure.

### 1. BESCHREIBUNG DES PROJEKTSGEBIETES:

Der **Bärenbach** in der Gemeinde Fritzens entwässert die Südflanke der Bettelwurfkette, welche hier eine maximale Seehöhe von 2570m erreicht. Das Bergmassiv gehört zu den nördlichen Kalkalpen. Der Oberlauf des Einzugsgebietes ist felsig, schroff ausgebildet. In diesem Bachabschnitt hat sich der Bärenbach in 4 Quellbäche aufgefächert. Im Mittellauf am Hangfuß in 900 m Seehöhe schließt an die steilen Hänge die Gnadenwalder Terrasse an. Hier vereinigen sich die Quellgräben zum Bärenbach und seinem oberhalb von Fritzens mündenden linksufrigen Zubringer, dem Griesbach. Die Terrasse wird vom Rest der Talverfüllung des Inntales aufgebaut und besteht aus Sanden und Schottern geringer Korngröße. In einzelnen Bereichen haben sich mächtige Seetonablagerungen gebildet, die teilweise industriell genutzt wurden. Entsprechend dieser geologischen Verhältnisse hat sich der Bärenbach sehr tief in die Terrassenschotter eingeschnitten. Der Unterlauf liegt auf einem 7% steilen Schwemmkegel geringer Ausdehnung an den eine 4% steile Fließstrecke, welche bereits in der Sohle des Inntales liegt, anschließt. Der Schwemmkegel ist dicht besiedelt und wird von der Unterinntalbahn der ÖBB gequert.

Das 100 – jährige Hochwasser wurde mit 25 m<sup>3</sup>/sec ermittelt. Durch die vorhandene Morphologie ist der Bärenbach in zwei Abschnitte zu unterteilen. Den Abschnitt oberhalb der Gnadenwalder Terrasse und den unterhalb. Im oberen Teil fällt Geschiebe vor allem aus dem in den Quellgräben anfallenden Witterschutt des Kalkgebirges an. Dieses Geschiebe wird auf der Terrasse, die insbesondere im Bereich des Hangfußes mit durchlässigen Kalkschottern bedeckt ist, abgelagert. Im unteren Bachabschnitt sind Hochwässer daher wieder geschiebeaufnahmefähig, weshalb die Terrassenflanke zum Inntal hin vom Gries- und Bärenbach stark erodiert wurde. Hier sind mehrere Zehnermeter tiefe Gräben entstanden, die von 80% - 100 % steilen Gräbeneinhängen begrenzt sind. Teilweise haben sich senkrecht stehende Schotterwände gebildet. Im Bereich der Seetone sind die Hangneigungen geringer und beträchtliche Bewegungen vorhanden. Diese labilen Verhältnisse verursachen hohe Hanganbrüche, was wiederum zu starker Unholzbelastung führt. Insbesondere im Bärenbach verursacht seitliche Erosion durch Bachverwerfungen bedeutenden Geschiebe- und Unholzanfall. Der für die Wohngebiete und die ÖBB bedeutenden Geschiebeherde liegen somit unterhalb der Gnadenwalderterasse, weshalb sich das Projekt der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal auf diesen Abschnitt beschränkt. Im wesentlichen ist hierin die Errichtung eines Geschiebeablagerungsplatzes und die Sicherung der Erosionsstrecken im Gries- und Bärenbach vorgesehen.

## **2. DURCHGEFÜHRTE BAUMASSNAHMEN (naturnahe Verbauung):**

Ursprünglich war die Errichtung von betonierten Grundschwellen beabsichtigt. Im Interesse einer ökologisch verträglicheren Ausgestaltung entschied sich die Gebietsbauleitung statt dieser Absturzbauwerke eine „Rampenstaffelung“ auszuführen. Die einzelne Rampe ist auf einem 0,6m starken mit Baustahlmatten verstärkten Betonfundament gegründet. Diese Fundamente sind von der bachabwärts liegenden Schwelle zur Gänze eingedeckt.

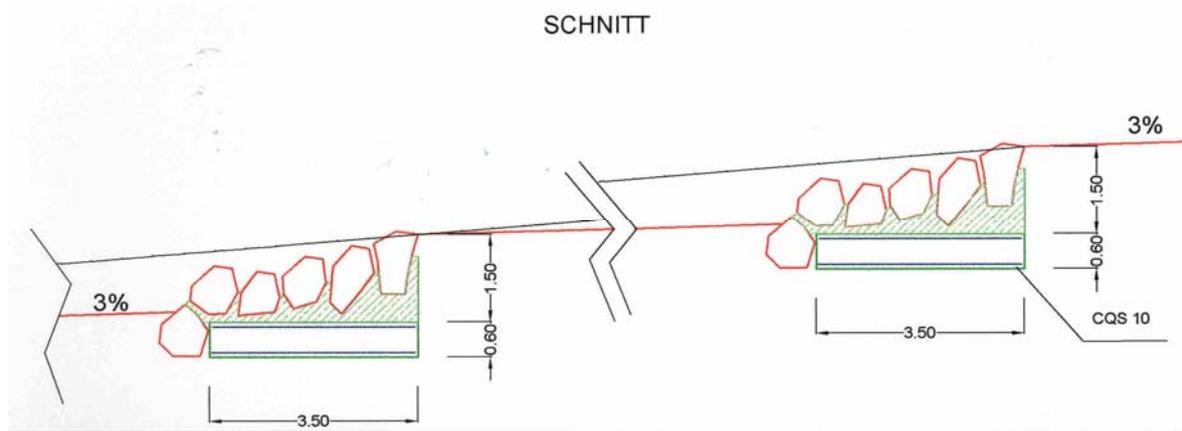


Abb.1: Längsprofil mit 2 Rampenbauwerken  
Fig.1: Longitudinale section with 2 checkdams

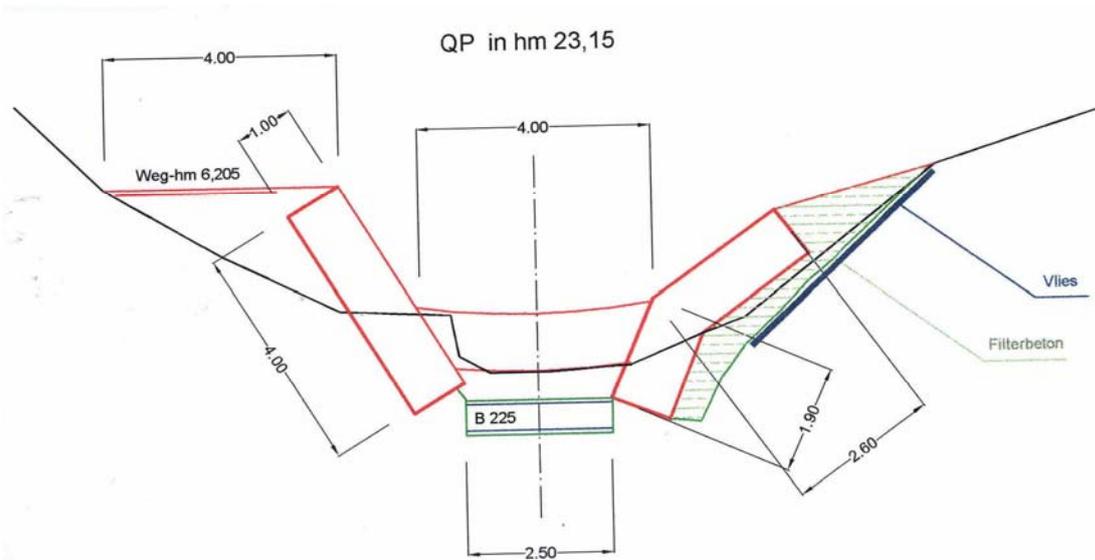


Abb.2: Querprofil durch ein Rampenbauwerk und Uferdeckwerk im Seeton

Fig.2: Crosssection with a checkdam and revetment in clay

Das Fundament ist wegen der problematischen Untergrundverhältnisse unverzichtbar. Auf das Fundament werden gestellte Wasserbausteine versetzt und bis zur Hälfte einbetoniert. Bei der Verlegung der Steine ist auf möglichst große Rauigkeit und muldenförmige Verlegung zu achten. Weiters muß die unterste Steinreihe über die Rampensohle aufragen. Die Rampen sind rund 40 % steil. Durch diese Art der Verlegung (hohe Rauigkeit, flache Neigung) ist mit der Ablagerung von Geschiebe im Zwischenraum der Steine und auf der Rampe zu rechnen.



Abb.3: Sohlrampe in Bau

Fig.3: Chackdam under construction

Die Deckwerke im Bereich der Rampen werden in Grobsteinschichtungen errichtet. Diese Grobsteinschichtungen werden im Bereich der Seetone in Filterbeton gebettet und auf eine Fließmatte zur Verhinderung von Auswaschung des Seetones gelegt. In stabileren Bachabschnitten werden die Deckwerke als trockene Grobsteinschichtung mit Weidenbepflanzung ausgeführt.



Abb.4: Deckwerk mit Bauvlies und Sohlrampe im Seeton  
Fig.4: Construction of the revetment in clay

Bei der Ausführung dieser Bautype konnte das ursprüngliche Bachbett in seiner Fließstruktur und Geometrie erhalten werden. Wesentlich dabei war die Rampenabstände an die Gefällsverhältnisse anzupassen, wodurch sich unterschiedlichste Bauwerksabstände ergaben. Bei der Errichtung der Rampen konnte mit einem Personaleinsatz von 2 Personen und einem Bagger das Auslangen gefunden werden, was neben den ökologischen Vorteilen auch zu einer wesentlichen ökonomische Vorteile bewirkte.

Die mittlerweile 4 Jahre alte Verbauungsanlage wurde von geschiebführenden Hochwässern beaufschlagt. Diese Ereignisse führten zu keinerlei Schäden an den Einbauten. Die Geschiebeablagerung hat sich genau wie von der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal beabsichtigt eingestellt. Die Rampen sind derzeit bis zur obersten Steinreihe gänzlich verlandet. Es hat sich somit im Rampenbereich eine natürliche Bachsohle eingestellt. Die Bachbettneigung hat sich somit selbst auf die natürlichen Verhältnisse eingestellt.

Anschrift des Verfassers / Authors address

Dipl. Ing. Manfred Pittracher  
Forsttechnischer Dienst für Wildbach und Lawinerverbauung  
Gebietsbauleitung Mittleres Inntal  
Liebeneggstr. 11  
6010 Innsbruck

## Lawinenauffang-, Leit- und Ablenkdamme sowie Bremsbauwerke in der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal:

von/by  
Rudolf Bednarz

### Zusammenfassung:

Lawinenauffang-, Leit- und Ablenkdamme sowie Lawinenbremsbauwerke sind wichtige Maßnahmen des aktiven Lawinenschutzes. Die Anfänge derartiger Schutzbauten in der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal gehen auf die 30-er Jahre zurück, wo vorwiegend Bremshöcker, Spaltkeile und Leitmauern mit kleinen Kubaturen ausgeführt wurden. Erst nach 1950 kommen schrittweise immer leistungsfähigere Erdbaumaschinen zum Einsatz, welche den Bau von Schutzbauten in Erdbauweise mit großen Kubaturen ermöglichen. Ein weiterer bedeutender Schritt zur Optimierung von Erdbauwerken wurde durch die Anwendung der Lawinensimulation erzielt.

### Summary:

Die Gebietsbauleitung Mittleres Inntal im Zentrum Nordtirols mit den Bezirken Innsbruck-Stadt und Innsbruck-Land besitzt eine Fläche von rund 2095 km<sup>2</sup>, mit zusammen 66 Gemeinden. Die Wohnbevölkerung der Stadt Innsbruck (113.730 Einwohner) und des Bezirkes Innsbruck-Land (155.420 Einwohner) zusammen beträgt 269.150 Personen, das sind 40 % der Gesamtbevölkerung Tirols.

Die Topographie dieses Teiles von Tirol ist geprägt vom West-Ost-Verlauf des Inntals und dem bei Innsbruck nach Süden abzweigendem Wipptal mit den zahlreichen Seitentälern. Nördlich des Inn zur Grenze nach Bayern liegt das Karwendelgebirge mit der Nordkette, an deren Südabhängen sich die Landeshauptstadt Innsbruck befindet. Im Süden verlaufen die Zentralalpen mit den Stubaier Alpen im Westen und den Zillertaler Alpen im Osten.

Der Hochgebirgscharakter im überwiegenden Teil des Bauleitungsgebiets hat zur Folge, dass es in 22 Gemeinden Lawineneinzugsgebiete gibt, in denen Lawinen im Ereignisfall bis in die Siedlungsgebiete vordringen können. Dazu zählt auch die Landeshauptstadt Innsbruck mit insgesamt 13 Lawinenabbruchgebieten, wovon 7 Lawinen bis in das Siedlungsgebiet der Stadt Innsbruck heranreichen und dieses gefährden.

Einzelne Gemeinden, die in den Hochtälern der Zentralalpen liegen, weisen eine besonders hohe Anzahl an Lawineneinzugsgebieten auf, die Siedlungen bedrohen. Als Beispiele seien die Gemeinde Schmirn mit 20 Lawineneinzugsgebieten und die Gemeinde Neustift im Stubai mit 25 Lawineneinzugsgebieten angeführt.

Nach einer überschlägigen Ermittlung der Anzahl von Objekten in Lawinengefahrenzonen unter Berücksichtigung der Gefahrenzonenplanrichtlinien vom 1. Juli 1999 befinden sich in der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal ca. 170 Objekte in einer lawinenroten und ca. 570 Objekte in einer lawinengelben Gefahrenzone.

Schon bevor mit den modernen Methoden der Lawinenanbruchverbauung mittels Lawinestahlstützwerken in den 50-er Jahren begonnen wurde, hat man nach den Lawinenwintern 1923 und 1935, insbesondere aber 1950/51 vermehrt Aktivitäten auf dem Gebiet des aktiven Lawinenschutzes und hier besonders auf dem nördlich des Inn gelegenen Hungerburgplateaus der Stadt Innsbruck gesetzt.



Bild 1:  
Stadtgemeinde Inns-  
bruck

Bremsverbauung in  
der Arzlalm-Lawine,  
im Bildhintergrund der  
Stadtteil Mühlau. Ver-  
bauungszustand vor  
1972

Es wurde eine umfangreiche Bremsverbauung mit Bremshöckern, Abweismauern, Spaltkeilen und zwei Auffangdämmen in der Arzlalm-Lawine geplant und ausgeführt und in den Jahren 1973 bis 1977 nach dem Stand der Technik umgebaut.



Bild 2:  
Stadtgemeinde Innsbruck,  
Arzlerlam-Lawine

Lawinenauffangdamm nach  
dem Umbau der Anlage in den  
Jahren 1973 bis 1977

In weiterer Folge wurde keine Bremsverbauung in der Rastlboden-Lawine, bestehend aus zwei versetzten Lawinenfallböden mit Lawinenauffangdämmen in den Jahren 1963 bis 1966 westlich der Bodensteinalm in ca. 1.600 m Seehöhe errichtet. Auch diese Lawinenbremsanlage wurde in den 90-er Jahren umgebaut und ergänzt.

Ebenso bewährte sich eine Bremsverbauung zum Schutze des im Nordwesten liegenden Innsbrucker Stadtteiles Allerheiligen, wo in den Jahren 1949 bis 1951 Bremshöcker und ein

6,0 m hoher und 50 m langer Lawinenauffangdamm errichtet wurden. Nach rund 12 Jahren wurde der Damm auf 10 m wirksame Höhe und 70 m Länge umgebaut. Die Erweiterung des Siedlungsgebiets von Allerheiligen in Richtung Norden und die im Gefahrenzonenplan Innsbruck im Einzugsgebiet der Allerheiligenhof-Lawine dargestellten Gefahrenzonen bewirkten ein neuerliches Projekt zum Schutze vor Lawinengefahren. Rund 150 m nördlich des bestehenden Dammes wurde im Jahre 1979 ein Lawinenauffangdamm mit 20 m wirksamer Höhe und 155 m Kronenlänge geplant und ausgeführt. Der Damm ist mit einem Radius von 124 m gekrümmt und lawinenseitig mit einer Böschungsneigung von 4:5 versehen, um eine maximale Bremswirkung zu erzielen. Der bestehende Lawinenfallboden (Ablagerungsbecken) hat gleichzeitig die Funktion einer Hochwasserretentionsanlage, die ca. 20.000 m<sup>3</sup> Wasser speichern und dosiert abgeben kann.



Bild 3:  
Stadtgemeinde Innsbruck

Allerheiligenhof-Lawine, Lawinenauffangdamm und Wasserretentionsanlage.

Im Bildhintergrund der im Jahre 1972/73 erhöhte ursprüngliche Auffangdamm

Mussten Erdbauten vor 1950 vorwiegend händisch ausgeführt werden, so kamen nach 1950 verstärkt Erdbaugeräte und LKW's für derartige Bauten zum Einsatz und erlaubten damit auch Bauten mit großen Kubaturen in steilem Gelände.

Bei der Planung von Ablenk-, Leit- und Auffangdämmen ist in jedem Einzelfall die Wirkung der Anlage genau zu prüfen. In unmittelbarem Zusammenhang damit steht die Lage des Bauwerkes, etwa im Auslauf oder in der Sturzbahn. Soll die Lawine am seitlichen Ausbrechen gehindert und damit geleitet oder in ihrer Richtung abgelenkt werden. Auffangdämme finden sich vorzugsweise im Bereich von Auslaufstrecken und tieferen Lagen, wo überwiegend Fließlawinen zur Ablagerung gebracht werden sollen.

Weitere Planungselemente sind die Bestimmung der Dammhöhe, die lawinenseitige Neigung der Dammböschung, der Ablenkwinkel und fallweise Rohrdurchlässe zur Entwässerung des Fallbodens.



Bild 4:  
Gemeinde Neustift im Stubai

Steinbichle-Lawine  
Lawinenablenkdamm zum  
Schutz des Weilers Kröß-  
bach

Bodenmechanische und geotechnische Grundlagenerhebungen im künftigen Baufeld sind ebenso für die Planung unerlässlich, um genaue Kenntnisse für den Untergrund und der Zusammensetzung des zur Verfügung stehenden Schüttmaterials zu erhalten.

Dämme der ersten Generation wurden aus den in der Natur erhobenen Beobachtungen durch den jeweiligen Planer in den verschiedenen Dimensionen festgelegt. Beobachtete Wirkungsweisen von Lawinenereignissen an ausgeführten Bauten führten schrittweise zur Verbesserung der Schutzbauten unter Anwendung von zunächst einfachen Lawinenberechnungsmethoden, vorzugsweise über die Fließgeschwindigkeit, Fließhöhe, Anbruchhöhe und Größe des Abbruchgebietes.

Gegenwärtig stehen uns Berechnungsmethoden für die Dammhöhenberechnung maßgeblichen Lawinengeschwindigkeiten im Bereich des geplanten Dammes zur Verfügung, wie AVAL-1D, ELBA und SAMOS.

In jedem Fall obliegt es dem planenden Ingenieur, eine Schutzmaßnahme zu entwickeln, welche den Erfordernissen der Schutzwirkung, der Wirtschaftlichkeit, der Ökologie und dem Landschaftsbild optimal entspricht. Die Ergebnisse der Simulationen sind für jedes Projekt zu diskutieren, die angewendeten Parameter zu hinterfragen und historische Ereignisse mit den Berechnungsergebnissen auf Plausibilität zu überprüfen.

Die bisher überwiegend positiven Erfahrungen mit Lawinenauffang-, Leit- und Ablenkdämmen in der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal beruhen auf der Tatsache, dass bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt in 5 Gemeinden insgesamt 19 Einzelbauwerke zum Schutze vor Lawinengefahren ausgeführt wurden (siehe beigefügte Tabelle über die Zusammenstellung von Lawinenschutzbauten).

Über negative Erfahrungen kann in nur zwei Fällen berichtet werden. In einem Fall war der Lawinenleitdamm zu kurz und musste nach einem Lawinenereignis verlängert werden (Grundeigentümer haben ursprünglich einer längeren Dammvariante nicht zugestimmt – nach dem Ereignis erfolgte Zustimmung).



Bild 5:  
Gemeinde Gschnitz

In den Jahren 2000/01  
verlängerter Lawinenab-  
lenkdam in der Stadtl-  
Lawine

Im zweiten Fall handelt es sich um Lawinenfallböden in ca. 1.600 m Seehöhe, die von Trockenschneelawinen überströmt wurden. Des weiteren befindet sich die Anlage in der Sturz-  
bahn und nicht im Auslaufbereich der Lawine, sodass die Wirkung unzureichend war. Das  
Lawinenabbruchgebiet wurde in der Folge mit Stahlschneebrücken verbaut und die Brems-  
anlage geringfügig ergänzt.

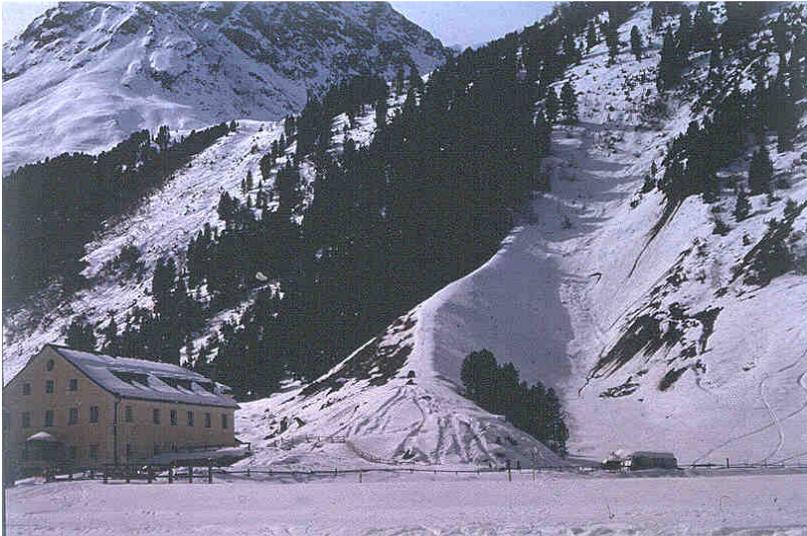


Bild 6:  
Gemeinde St. Sigmund

Lawinenablenkdam in  
der Lüsens-Lawine zum  
Schutz eines Gasthauses  
und einiger Alpsgebäude

Die überaus positiven Erfahrungen mit den vorangeführten Lawinenschutzbauten in der Ge-  
bietsbauleitung Mittleres Inntal haben dazu geführt, dass weitere Bauten bereits geplant und  
vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft ge-  
nehmigt sind, bereits gebaut oder in naher Zukunft mit dem Bau begonnen wird.



Bild 7:  
Gemeinde Gschnitz

Beidufrige Lawinleitdämme  
in der Pitzens-Lawine mit La-  
winenbremse am Beckenende

#### **Verwendete Unterlagen:**

100 Jahre Wildbachverbauung in Österreich, 1984  
Hochwasser- und Lawinenschutz in Tirol, 1975  
Österreichische Ingenieur- und Architektenzeitschrift (ÖIAZ)  
145.Jg. Heft 4/2000 – Wildbach- und Lawinenverbau in Tirol  
Projekte, Kollaudierungen und Gefahrenzonenpläne der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal  
Fotoarchiv der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal

Anschrift des Verfassers/author  
Dipl.Ing. Rudolf Bednarz  
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung,  
Gebietsbauleitung Mittleres Inntal  
Liebeneggstraße 11  
6010 Innsbruck

# **VORBEUGENDER SCHUTZ VOR WILDBACHGEFAHREN WILDBACHBETREUUNG UND GEWÄSSERPFLEGE PROTECTION AGAINST TORRENT HAZARDS BY REGULAR INSPECTION AND MAINTENANCE**

von/by

**PICHLER A.**

## **Zusammenfassung:**

Der vorbeugende Schutz vor Wildbachgefahren ist eine Daueraufgabe. Die Bachläufe sind laufend von abflusshemmenden Bewuchs, Wildholzansammlungen und Ablagerungen freizuhalten. In der Gebietsbauleitung Osttirol wird seit 1995 gezielt an der Verbesserung der Wildbachbetreuung gearbeitet. Regelmäßige Wildbachbegehungen sind die Voraussetzung für eine effiziente Umsetzung von Gewässerpflegemaßnahmen. Dabei werden schutztechnische, ökologische und ökonomische Aspekte besonders beachtet.

## **Summary:**

Preventive measures against torrent hazards are among the most important, permanently necessary tasks. Especially torrent channels have to be kept free of woody debris, jamming trees, negative sediment deposits and so on. Since 1995 the District Office „Eastern Tyrol“ of the Austrian Service for Torrent- and Avalanche Control tries to enforces regular watershed inspections and channel maintenance works. For this task not only the aspect of protection but also of ecology and economy are to be considered.

## **1. EINLEITUNG**

In Österreich sind für das gesamte Bundesgebiet etwa 9.000 Wildbäche ausgewiesen. Davon gefährden rund 4200 Wildbäche Siedlungsräume und infrastrukturelle Einrichtungen. Etwa 49.000 qkm oder 58 % des österreichischen Staatsgebietes müssen zu den Wildbach-Intensivzonen gerechnet werden; hinzu kommen noch weitere 14.000 qkm oder 17 % des Staatsgebietes als extensives Betreuungsgebiet. Es fallen also rd.  $\frac{3}{4}$  der Republik Österreich in den Betreuungsbereich des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinerverbauung.

In zahlreichen, extrem wildbachgefährdeten Orten kann heute die Wildbachgefährdung auf Grund erfolgter Schutzmaßnahmen als gebannt bzw. stark vermindert angesehen werden. Dennoch sind, unabhängig vom Verbauungsgrad, die laufende Wildbachbetreuung und Gewässerpflegemaßnahmen für den vorbeugenden Schutz dringend erforderlich. Diese

prozessbezogenen aktiven Betreuungsmaßnahmen dienen vor allem der Erhaltung und Verbesserung eines erreichten Systemzustandes.



**Abb. 1: Uferbewuchs oder Uferwald**

**Fig.1: *Trees and shrubs lining the banks (riparian forest stands).***

## **2. VORBEUGENDE SCHUTZMASSNAHMEN**

### **2.1 Einführung**

Der vorbeugende Schutz vor Wildbachgefahren umfasst Maßnahmen der Schadwaldbewirtschaftung, der Wildholzräumung und der Gewässerpflege.

Die Schadwaldbewirtschaftung betrifft die Strauch- und Baumvegetation in und entlang von Bachläufen, vor allem am Schwemmkegel. Einstöße und örtliche Ansammlungen von Wildholz (Wurzelstöcke, Baumstämme, Astholz, Todholz) sind vorrangig im Mittellauf aus den bachnahen, steilen Grabeneinhängen zu beobachten. Die laufend notwendige Betreuung und Pflege der Gewässer ist vergleichbar mit jener von Straßen und Verkehrswegen. Durch ständiges Freischneiden und Entfernen des Böschungsbewuchses wird die Flüssigkeit des Verkehrs und vor allem die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer bestmöglich gewährleistet.



**Abb. 2: Wildholzeinstoß im Mittellauf**

***Fig. 2: Deposition of jamming timber in the middle reach of a torrent***

Das Ziel muss sein, die Entstehung von Muren und Verklausungen zu unterbinden, weil in der Folge Brücken, Schutz- und Regulierungsbauten beschädigt oder zerstört sowie nach Bachausbrüchen die bachnahen Kulturgründe und Siedlungen vermurt werden können.

Der schadlose Hochwasserabfluss ist, unabhängig von technischen Schutz- und Regulierungsmaßnahmen, durch die Freihaltung des Gewässers (Hochwasserabflussbereich) von abflusshemmenden Bewuchs, absturzgefährdeten Bäumen und die Räumung von Ablagerungen dauerhaft zu gewährleisten.

Diese wichtige, vorbeugende und kostensparende Schutzmaßnahme wird über das Forstgesetz 1975, § 101, die Tiroler Waldordnung 1979, § 59 - § 64, das Wasserrechtsgesetz 1959, § 47 - § 50 und das Wasserbautenförderungsgesetz 1985, § 28 verbindlich geregelt.



Generell gilt, dass festgestellte Mängel, unabhängig von der getroffenen Regelung, durch die Wildbachaufseher bzw. dem Gemeindewaldaufseher mittels Wildbachbegehungsprotokoll zu melden sind! Es sind sowohl Mängel im Hauptbach, als auch Missstände in den Seitenbächen zu erfassen.

#### *(4) Anhang*

Erläuternde Bemerkungen zu den Bestimmungen der Tiroler Waldordnung betreffend den Schutz vor Wildbächen und Gesetzesauszüge.

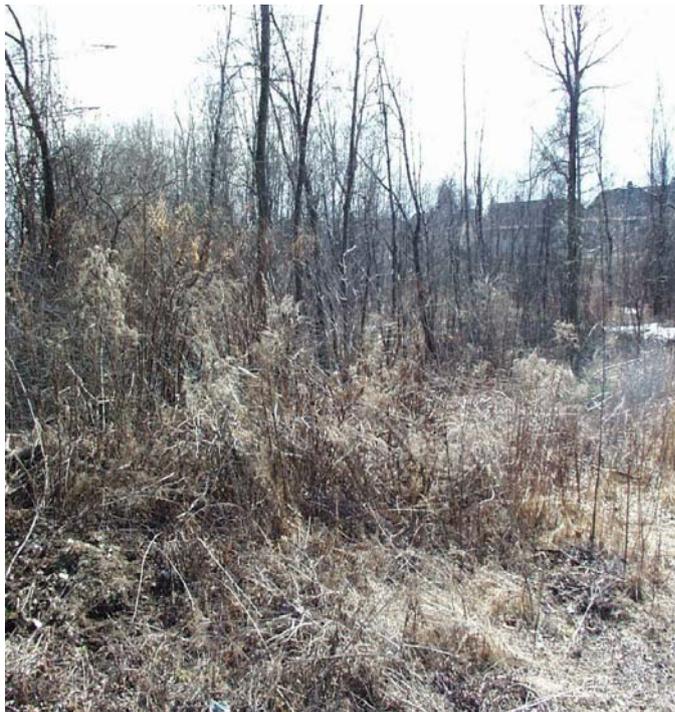
### **2.3 Umsetzung**

Mit der Ausführung der vorbeugenden Schutzmaßnahmen ist in der Gebietsbauleitung Osttirol hauptsächlich der Betreuungsdienst beschäftigt. Die Kleinpartie mit 3 – 4 Arbeitern (Wildbachaufseher, Forstfacharbeiter, Sprengmeister) ist flexibel und mit den jeweiligen örtlichen Verhältnissen vertraut. Im Vorfeld erkundet der Wildbachaufseher die Situation der Anrainer, Zufahrt, Holznutzung, Deponiemöglichkeit, den Einsatz von technischen Hilfsmitteln (LKW, Bagger, Großhacker, Seilwinde o. a.) und die erforderlichen Sicherungsmaßnahmen. Die Betreuungsmaßnahmen werden von den Mitarbeitern in der Regel selbständig und mit Augenmaß, an die jeweilige Situation schutztechnisch und ökologisch angepasst, ausgeführt.

Bei der praktischen Umsetzung haben sich folgende Maßnahmen bewährt:

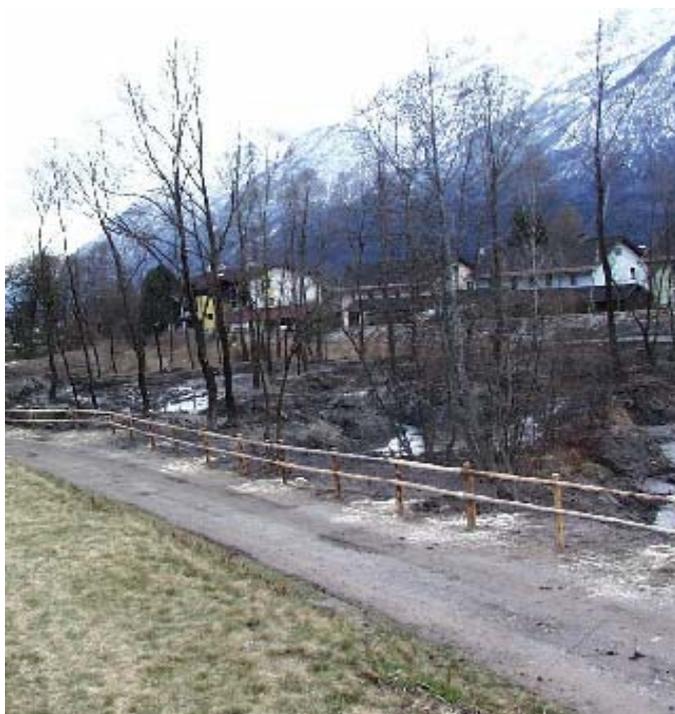
- Die vorbeugenden Maßnahmen der Gewässerpflege (Freischneiden und Entfernen von abflusshemmendem Bewuchs) sind in der vegetationsfreien Zeit zwischen 01. September bis 30. April des Jahres durchzuführen (sh. Tiroler Naturschutzgesetz 1997), wobei der natürliche Witterungsverlauf maßgebend ist.
- Der abflusshemmende Bewuchs von Bäumen und Sträuchern im Hochwasserabflussbereich sowie absturzgefährdete, einhängende oder schrägstehende Gehölze im Uferbereich sind zu entfernen, um Verklausungen entgegenzusteuern.
- Ist eine Entfernung von Wildholz nicht möglich oder wirtschaftlich nicht zumutbar, so kann das Holz zerkleinert werden, sodass es im Falle eines Hochwassers ohne Verklausung schadlos abgeführt werden kann.
- Die Gewässerpflegemaßnahmen sind auf den Hochwasserabfluss- und Uferbereich zu konzentrieren.
- Gewässerpflegemaßnahmen entlang größerer Bachstrecken sind gruppenweise durchzuführen. Die nicht abflusshemmende Strauchvegetation (strauchförmige Exemplare aller Weidenarten sowie strauchförmige Exemplare der Grauerle und Schwarzerle) kann belassen werden.

- Sollte nach dem Pflegeeingriff eine selbstständige Wiederbestockung des Bachufers außerhalb des Hochwasserabflussbereiches nicht gewährleistet sein oder eine Änderung der Uferbegleitvegetation erzielt werden, sind Neubepflanzungen mit standortgerechten Laubgehölzen spätestens im zweiten Folgejahr vorzunehmen.



**Abb. 3:**  
Feingeschiebeabsetzbecken mit  
starkem Strauch und Baumbewuchs,  
Auwald-Vegetation

**Fig. 3:**  
*Sedimentation basin with vegetation of  
bushes and trees resembling a  
floodplain forest*



**Abb. 4:**  
Feingeschiebeabsetzbecken nach  
schutztechnisch und ökologisch  
orientierter Gewässerpflege

**Fig. 4:**  
*Sedimentation basin after maintenance  
works orientated on protection and  
ecology aspects*

- Geschieberückhalteanlagen sind niederwaldartig zu bewirtschaften. Ein Unterwachsen der Laubholzbestockung durch Nadelgehölze ist generell zu verhindern. Durch selektive Pflegeeingriffe sind grundsätzlich alle Pflanzen zu entfernen, die ein Abfluss- und Verklausungshindernis für Nieder- und Mittelwasser darstellen. – Als Faustformel für die selektive Pflanzenauswahl gilt ein Basisdurchmesser von 4 bis 5 cm. Die strauchförmige Vegetation von allen Weiden, Erlen und Eschen unter 1,5 m Höhe ist möglichst zu belassen.
- Eine Entfernung der Stöcke samt Wurzeln ist nur in Verbindung mit notwendigen Räumungen von Bachläufen und Geschieberückhalteanlagen zulässig. In Ortsregulierungen und Künetten sind die Wurzelstöcke jedoch grundsätzlich zu entfernen.
- Im Uferbereich ist eine blockweise, zeitlich gestaffelte Uferbewirtschaftung anzustreben. Freiflächen mit über 20 m Länge sind möglichst zu vermeiden.

Die Betreuung der Wildbacheinzugsgebiete wird unterschiedlich finanziert: Normaler Betreuungsdienst (NBD), Erweiterter Betreuungsdienst (EBD), Flächenwirtschaftliche Projekte (FWP), Dotationsmaßnahmen, Sofort-/Einzelmaßnahmen auch im Zuge von Bauprogrammen und Projekten.



**Abb. 5 und 6: Einsatz eines Großhackers bei der Waldbewirtschaftung in Ablagerungsplätzen, Bachläufen und Uferbereichen mit Verwertung als Energieholz für Biomasseheizwerke**

**Fig. 5 and 6: Using a shredder for the forest management in sedimentation areas in torrent channels and on banks, producing shredded wood material for biomass power stations**

### 3. DISKUSSION

Voraussetzung und maßgebender Bestandteil einer nachhaltigen Wildbachbetreuung sind kontinuierliche Wildbachbegehungen. Diese sind als wesentliche Katastrophenvorsorge zu bezeichnen und im Wirkungs- bzw. Verantwortungsbereich der Gemeinden zu erhalten.

Die laufende Gewässerpflege ist eine vorbeugende und sehr kostengünstige Schutzmaßnahme vor Wildbachgefahren. Grundsätzlich ist der Grundeigentümer verpflichtet, die Freihaltung des Bachlaufes bzw. Hochwasserabflussbereiches sicherzustellen.

Mit allen Beteiligten (Grundeigentümer, Gemeinde, Forstorgan, Wildbachaufseher, Bezirkshauptmannschaft, u.a.) ist bei der Erhebung, Umsetzung und Kontrolle der ständige Kontakt zu pflegen, um das Problembewusstsein zu erhalten und zu fördern.

Der „Normale Betreuungsdienst“ der Wildbach- und Lawinenverbauung zielt in erster Linie auf die Instandhaltung der bestehenden technischen Schutz- und Regulierungsmaßnahmen ab. Deshalb wird die Einrichtung eines „Grünen Betreuungsdienstes“, vor allem für öffentliche Gewässerabschnitte und Bereiche, wo Bachläufe gleichzeitig Besitzgrenzen darstellen, sowie für unabdingbare Soforteinsätze, für erforderlich erachtet.

### 4. LITERATUR

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, 1998: Wildbäche in Österreich. Wildbachgefahren und Wildbachschutz. Wien. 20 S.

FTD F. WLIV, GBLTG. OSTTIROL, 1995: Wildbachbegehung - Arbeitsunterlagen für die Gemeinden.

INST. F. LANDSCHAFTSPL. U. INGENIEURBIOL., UNIV. F. BODENKULTUR / WIEN:  
Ermittlung des Stabilitätsverhaltens von Ufergehölzen im Zusammenhang mit Erosionsprozessen an Wildbächen.

PICHLER A., 2001: Vorbeugender Schutz vor Wildbachgefahren – Betreuung von Wildbacheinzugsgebieten, Wildbachbegehung. In: BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (Hrsg.): Jahresbericht 2000. Innovation und Entwicklungen des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung. Wien. S. 24-25.

#### **Anschrift des Verfassers/**

#### **Authors address:**

Dipl.-Ing. Albert Pichler  
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung,

Gebietsbauleitung Osttirol, Kärntnerstraße 90, A-9900 Lienz  
E-mail: [albert.pichler@wlv.bmf.gv.at](mailto:albert.pichler@wlv.bmf.gv.at)