

# Controlled and efficient bed load management by means of variable drain locks embedded in a crown-closed large drain sediment control dam

## Aktive und effiziente Geschiebemanagement mit Hilfe variabler Dolenverschlüsse an einer kronengeschlossenen großdiligen Bogensperre

Arthur Vogl, DI<sup>1</sup>; Mathias H. Luxner, DI Dr.techn.<sup>2</sup>; Hubert Agerer, DI<sup>1</sup>

### ABSTRACT

In 1991 - 1992, a crown-closed large drain arch dam, having a height of 17 meters, was built in the middle course of "Schnannerbach". Three weeks upon completion the sediment control dam already proved its functionality when a debris flow event of approximately 30000m<sup>3</sup> of bed load was retained by the dam so that damage to the village in the lower course was prevented. However, in 2005, during a steady rain and flood event, which resulted in huge bed load transport, the sediment control dam did not operate as intended. It failed because the drains blocked only partially. The result was massive damage to a village. As a makeshift, the flow through the drain penning was limited by means of rakes. The consequence of this modification was that even during snowmelt flood, bed load was retained by the sediment control dam. This was not the original intention and led to increased cost in terms of excavating the sedimentation basin. Since 2005 the basin had to be excavated six times.

### ZUSAMMENFASSUNG

In den Jahren 1991 und 1992 wurde eine kronengeschlossene großdilige Bogensperre im Mittellauf des Schnannerbaches errichtet. Drei Wochen nach deren Fertigstellung wurde diese Sperre durch einen Murgang beaufschlagt. Bei diesem Ereignis konnten mit Hilfe der Geschiebedosiersperre rund 30.000m<sup>3</sup> Material schadlos abgelagert werden. Im August 2005 fand ein weiteres Schadereignis statt. Im Gegensatz zu 1992 gab es keinen murartigen Schwall, bei dem die Großdolen verklebten, sondern über mehrere Stunden war ein Hochwasser mit sehr viel Geschiebetrieb zu beobachten. Prozessbedingt funktionierte die großdilige Sperre nicht. Es kam nur kurzzeitig zu einem Rückstau. Die Folge waren große Schäden am dicht besiedelten Schwemmkegel.

Als Sofortmaßnahme wurde das vorhandene Durchflussprofil der Großdolen verkleinert. Infolge dessen lagerte sich in den Jahren nachher bereits während der Schmelzhochwässer

1 Austrian Service for Torrent and Avalanche Control, Imst, AUSTRIA, arthur.vogl@die-wildbach.at

2 Luxner Engineering ZT GmbH

regelmäßig Geschiebe im Becken hinter der Bogensperre ab. Diese Anlandungen verursachen hohe jährliche Räumungskosten. Mit Hilfe eines variablen Dolenverschlusses, der sowohl automatisch als auch manuell bedienbar ist, soll zukünftig sichergestellt werden, dass die Sperre bei Murgängen sowie bei Hochwasser mit Geschiebetrieb funktioniert und damit die Räumungskosten massiv gesenkt werden können.

## KEYWORDS

bed load management; rubber dam; sediment control dam

## EINLEITUNG

Seit dem Jahr 1852 wurden am Schnannerbach in der Gemeinde Pettneu am Arlberg im Tiroler Stanzertal insgesamt elf Schadereignisse dokumentiert, siehe Abb.1. Mit den ersten technischen Verbauungsmaßnahmen begann die Wildbach- und Lawinerverbauung im Jahr 1914. Ende der 70-iger und anfangs der 80-iger Jahre des letzten Jahrhunderts wurde der Schnannerbach im gesamten Schwemmkegelbereich mit einer Grundschwelnenstaffelung und beidseitigen Leitwerken in Zementmörtelmauerwerk verbaut. Die Errichtung eines Geschieberückhaltes war aus Platzgründen bzw. wegen des damals nicht erschließbaren Mittellaufs nicht möglich.

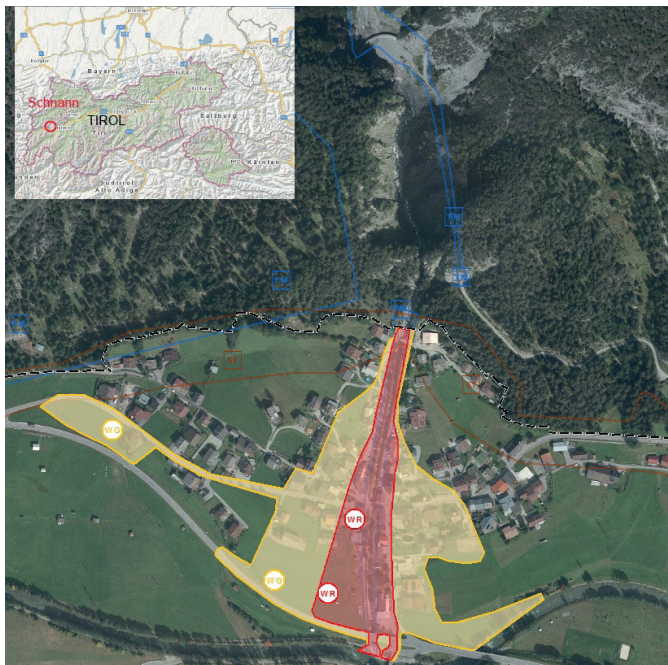


Abbildung 1: Geographische Übersicht mit Gefahrenzonen am Schwemmkegel.

Am 29. Juli 1990 fand in diesem Einzugsgebiet das bis dato größte Ereignis statt. Ein Murstoß - ausgelöst durch ein Starkniederschlagsereignis mit Hagelschlag - verursachte am dicht besiedelten Schwemmkegel Schäden an insgesamt 12 Wohn- und 2 Wirtschaftsgebäuden sowie Straßen und landwirtschaftliche Flächen. Das Unterlaufgerinne war infolge massiver Anlandungen nicht in der Lage, das anfallende Wasser und Geschiebe abzuführen. Weitere Schadereignisse folgten in den Jahren 1991, 1992 und 2005, siehe Abb. 2.



Abbildung 2: Die linke Abbildung zeigt das Ereignis vom 23. August 2005. Rechts das Ereignis vom 29. Juli 1990.

Nach dem folgenschweren Ereignis von 1990 wurde in den Jahren 1991 und 1992 im unteren Mittellauf eine rd. 17 Meter hohe kronengeschlossene großdolige Bogensperre mit einem Geschieberückhaltebecken, das ein Fassungsvermögen von bis zu 35 000m<sup>3</sup> aufweist, errichtet, siehe Abb. 3. Diese großdolige Bautype ergab sich aus der Tatsache, dass in diesem Einzugsgebiet bis damals nur Murereignisse stattfanden. Um den Sperrenstandort bzw. das Geschieberückhaltebecken oberhalb einer rd. 100 m langen und bis zu ebenso hohen, nur wenige Meter breiten Schluchtstrecke zu erreichen, war die Errichtung von zwei, insgesamt 265 m langen Zufahrtstunneln notwendig.

Bereits drei Wochen nach Fertigstellung der Bogensperre fand ein weiteres Ereignis statt; auch dieses Mal infolge eines konvektiven Starkniederschlags. Bei diesem Murgang konnte die gesamte Geschiebemenge aus dem Einzugsgebiet oberhalb der Bogensperre schadlos hinter dem Sperrenbauwerk zurückgehalten werden.

Während eines advektiven Niederschlagsereignisses im August 2005 gab es in Westösterreich große Sachschäden im Bereich von Siedlungen sowie Infrastruktureinrichtungen und landwirtschaftlichem Kulturland. Überwiegend waren davon der Inn und seine großen Zubringer, wie beispielsweise die Trisanna und die Rosanna betroffen. Aber auch in kleineren Einzugsgebieten verursachte dieses Ereignis Schäden. Am Schnannerbach waren insgesamt 10 Wohnhäuser, drei Fremdenverkehrsbetriebe, zwei Gewerbebetriebe, zwei öffentliche Gebäude sowie landwirtschaftliches Kulturland betroffen.



Abbildung 3: Die 17 Meter hohe kronengeschlossene großdolige Bogensperre.

Bis zum August 2005 wurden im Schnannerbach nur Schadereignisse durch Murgänge infolge konvektiver Starkniederschläge dokumentiert. Während des lang anhaltenden Landregens am 22. und 23. August 2005 wurden sehr große Mengen von Kalk/Dolomitgrus sowie Mergel mobilisiert und im Gerinne abtransportiert. Das 1991 bis 1992 errichtete Geschieberückhaltebecken war nur in sehr geringem Ausmaß verlandet bzw. in der Lage das Schadgeschiebe zurückzuhalten. Nach Analyse des Ereignisses wurde ersichtlich, dass die Dolen der Bogensperre, welche auf einen Murgang ausgelegt waren, nur über einen kurzen Zeitraum des mehrtägigen Ereignisses verschlossen waren. Gründe dafür waren vor allem die fehlenden Grobgeschiebekomponenten sowie das fehlende Wildholz.

### PROBLEMSTELLUNG

Nach diesem Ereignis forderte die betroffene Bevölkerung vehement die Verkleinerung der Dolen, damit Geschiebe unabhängig vom Prozesstyp Murgang oder Hochwasser mit Geschiebetransport immer im Rückhaltebecken zurückgehalten werden kann. Dies wäre jedoch mit dem gravierenden Nachteil verbunden, dass auch bei kleineren Ereignissen, wie beispielsweise den jährlichen Schmelzhochwässern nicht wenig Geschiebe im Becken abgelagert wird und man damit unweigerlich mit höheren Räumungskosten rechnen müsste.

Die gewünschten Anforderungen an das Sperrbauwerk sind daher sehr konträr: einerseits soll der Stauraum der Sperre so lange wie möglich leer bleiben, um Rückhaltekapazitäten so lang wie möglich verfügbar zu haben sowie um Kosten (Räumung) zu sparen und anderer-

seits muss der Geschieberückhalt sowohl bei einem Murgang als auch bei einem Hochwasser mit Geschiebetransport funktionieren, sodass im Schwemmkegelbereich bzw. im Unterlauf keine Schäden entstehen.

Um das vorhandene Geschiebeablagerungsbecken bestmöglich ausnutzen zu können, müssten also, je nachdem ob es sich um einen Murgang oder um ein langanhaltendes Hochwasserereignis mit Geschiebetransport handelt, unterschiedliche Sperrenöffnungstypen vorhanden sein.

Im Rahmen einer Vorstudie wurde nach Möglichkeiten gesucht, die bestehenden Dolenöffnungen derart zu adaptieren, dass der Spagat zwischen Sicherheit und Minimierung der Räumungskosten bzw. der zu gewährleistenden Schutzfunktionalität bei den beiden vorerwähnten Prozesstypen geschaffen wird.

Aufgrund der Tatsache, dass die Bogensperre schon seit 1992 besteht, ergaben sich neben den vorerwähnten Hauptanforderungen noch Rahmenbedingungen für die Umsetzung der Maßnahmen. So war zum einen der für die Adaptierungsarbeiten verfügbare Raum durch die Dolengröße sowie -lage bereits vorgegeben und zum anderen sollte in den Sperrenbestand - nicht zuletzt aus statischen Gründen - möglichst wenig eingegriffen werden. Eine weitere Anforderung war, dass die neue Anlage im Extremfall die wichtigsten Funktionen auch ohne externe Energiequelle, nur durch menschliche Kraft, ausführen kann. Zudem ist der Bereich um die Bogensperre inklusive Zugang/fahrt im Ereignisfall extrem steinschlaggefährdet. Aus diesem Grund muss die neue Anlage auch aus der Ferne bedienbar sein.

Für die Überwachung bzw. die Analyse von Ereignissen sowie um für die Abwicklung künftiger Ereignisse zu lernen bzw. Erfahrungen zu sammeln soll die Anlage zusätzlich umfangreiche Datenaufzeichnungen ermöglichen.



	Montage	Wartung	Betrieb	Bedienung	Risiko
 <b>Schütz</b>	Vertikalmontage	Mechanische Antriebe	Verklemmen der Führungen bei einseitiger Belastung	intuitiv (auf/ab)	Standardkonstruktion
	Dolenschnitt nicht verändert	Hydraulik	Blockade durch Steine beim Schließen	gut einsehbar	keine Erfahrung bei Wildbachsperrern
		Mechanische Führungen	Bleibender Schaden bei Überlast (plastische Deformationen)		
 <b>Schlauchwehr</b>	Montage innerhalb der Dole	Praktisch wartungsfrei (Sichtkontrolle)	kein Verklemmen	intuitiv	Erprobtes Prinzip
	Dolenschnitt leicht modifizieren		automatische Druckbegrenzung über Tank – kein Schaden bei Überlast	gut einsehbar	keine Erfahrung bei Wildbachsperrern
			Abriebfest		

Abbildung 4: Entscheidungsmatrix der Vorstudie (grün- gut, orange - neutral, rot - schlecht).



## PROBLEMLÖSUNG

Im Rahmen der Problemlösungsphase wurde eine umfangreiche Variantenstudie durchgeführt. Dabei wurden vier Möglichkeiten eines variablen Dolenverschlusses entwickelt und bewertet. Anhand verschiedener Kriterien stellte sich im vorliegenden Fall schließlich ein Schlauchwehr als variabler Dolenverschluss als am besten geeignet dar. Abb. 4 zeigt die Gegenüberstellung anhand der gewählten Bewertungskriterien im direkten Vergleich zwischen einem klassischen Schütz- und einem Schlauchwehr.

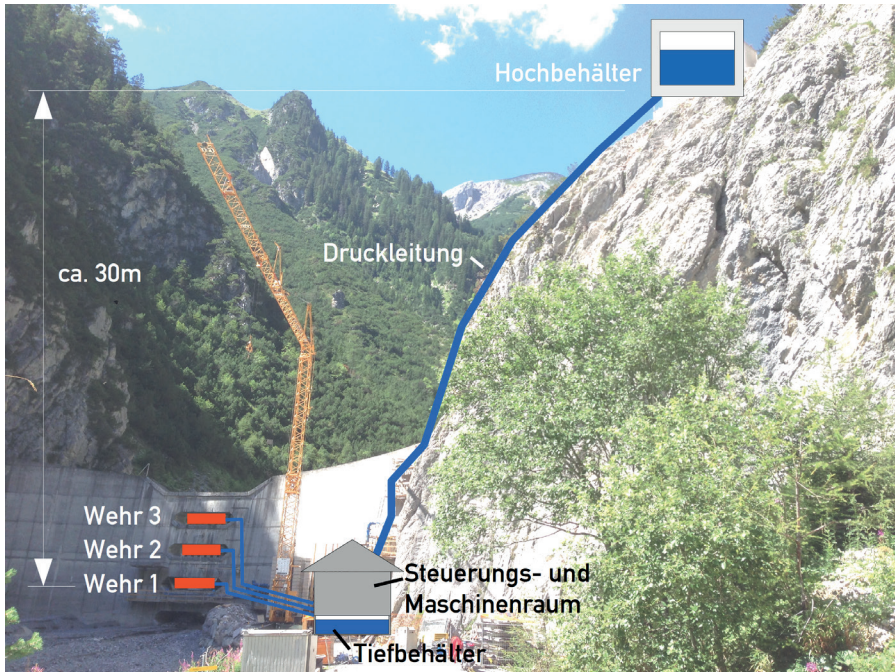


Abbildung 5: Fotomontage mit den wichtigsten Anlagenteilen im Bereich der Bogensperre.

Das Konzept der Anlage besteht darin, dass in den obersten drei der vier derzeit bestehenden und im Zuge des Umbaus geringfügig adaptierten Großdolen der Bogensperre jeweils ein Schlauchwehr integriert wird, welches im Ausgangszustand offen ist. Jedes derartige Wehr besteht im Wesentlichen aus einem flexiblen Schlauch, ähnlich dem häufig bei Wasserfassungen für Kleinwasserkraftwerke verwendeten, welcher durch das Befüllen/Ablassen von Wasser und der damit verbundenen Volumenzu- und -abnahme die Querschnittsfläche der Dole variieren kann. Jedes Wehr fasst im gefüllten Zustand ca.  $6 \text{ m}^3$  Wasser.

Die zum Befüllen der Schlauchmembranen erforderliche Wassermenge befindet sich in einem betonierten Hochbehälter der  $30 \text{ m}^3$  fassen kann und ca. 30 Höhenmeter über dem

untersten Wehr liegt. Durch die Höhendifferenz wird der im Betrieb erforderliche Innendruck von 275 kPa in den Membranen sichergestellt. Weiters ist dadurch ein Befüllen aller Wehre nahezu ohne externe Energiezufuhr, nur durch manuelles Öffnen eines Schiebers, möglich, was eine Anforderung für Notsituationen darstellt.

Der Hochbehälter und die Wehre bilden zusammen mit dem Tiefbehälter, welcher als Zwischenspeicher bei der Entleerung dient, der Pumpe und dem Rohrleitungssystem einen geschlossenen Wasserkreislauf, siehe Abb. 5. D.h. das bei der Entleerung eines Wehres anfallende Wasser gelangt zuerst in den Tiefbehälter und wird von dort mittels der Pumpe wieder in den Hochbehälter gefördert. Um mögliche Frostschäden zu verhindern, wird der Wasserkreislauf über den Winter entleert.

Die Anlage wird über eine elektronische Steuerung bedient und überwacht. Diese befindet sich in einem Gebäude im luftseitigen Bereich der Bogensperre. Das Öffnen und Schließen der Dolen sowie die Interpretation der Messwerte erfolgt durch eine örtliche Kommission unter dem Vorsitz des Bürgermeisters.

Im Bereich der Mündung des Schnannerbaches in die Rosanna ist ein elektronischer Messpegel installiert, welcher mit der Steuerung der Anlage verbunden ist. Zusätzlich befindet sich im gleichen Bereich eine färbige Pegelmarkierung welche die visuelle Einschätzung des Wasser-/Geschiebepegels in Form von Ampelfarben ermöglicht. Beides dient als Entscheidungshilfe für die Kommission.

Wie bereits erwähnt, soll die bestehende Bogensperre baulich möglichst wenig verändert werden. Diese Vorgabe schließt eine in die Mauer integrierte Zu- und Ableitung zum Befüllen und Entleeren der Schlauchmembrane aus. Aus diesem Grund ist jedes Wehr in einen Stahlrahmen integriert, welcher als Ganzes in die Dole eingebaut wird. Die Zu- und Ableitung ist ebenfalls in diesen Rahmen integriert. Diese Konstruktionsweise bietet zudem den Vorteil, dass jedes Wehr in der Werkstätte als Ganzes vorgefertigt werden kann und somit die Montagezeit auf der Baustelle wesentlich reduziert sowie den Montageablauf dort deutlich vereinfacht und auch verbilligt wird. An der Bogensperre sind durch diese Konstruktionsweise somit nur Bohrungen für die Verankerung der Wehre sowie kleinere Ausbrüche notwendig.

Um die hohen Anforderungen an die Anlage sowie deren ständige Verfügbarkeit zu gewährleisten, ist die Steuerung im Industriestandard ausgeführt. Sie besteht im Wesentlichen aus Messtechnik, Automatisierungsebene und Prozessebene. Die Prozessabläufe werden hier in der Feldebene programmiert und dann ans Leitsystem übermittelt. Ein zentrales Leitsystem steuert und überwacht die gesamten Anlagenkomponenten und ist die zentrale Anlaufstelle der Prozessdaten. Die Visualisierungen, die Archivierung, das Reporting sowie das Alarm-Management werden vom Prozessleitsystem verwaltet und geregelt.

Zum Einsatz kommt, aufgrund der Priorität der Anlage, ein Alarmsystem mittels Sprachprozessor (Sprachalarmierung); dieses bietet ein hohes Maß an Sicherheit im Störfall. Mittels PC, iPad oder Laptop kann die Anlage vollwertig aus der Ferne bedient und überwacht werden. Die hohe Verfügbarkeit der Anlage ist auch bei Stromausfall (Notstromaggregat) oder einer defekten Internetverbindung (W-Lan-Access-Point) garantiert. Die Eigenverantwortung der Entscheidungsträger ist sehr groß, da über die Steuerung des mobilen Dolenverschlusses (vergl. Abb. 6) direkt in den Ablauf des Katastrophenszenarios eingegriffen wird.

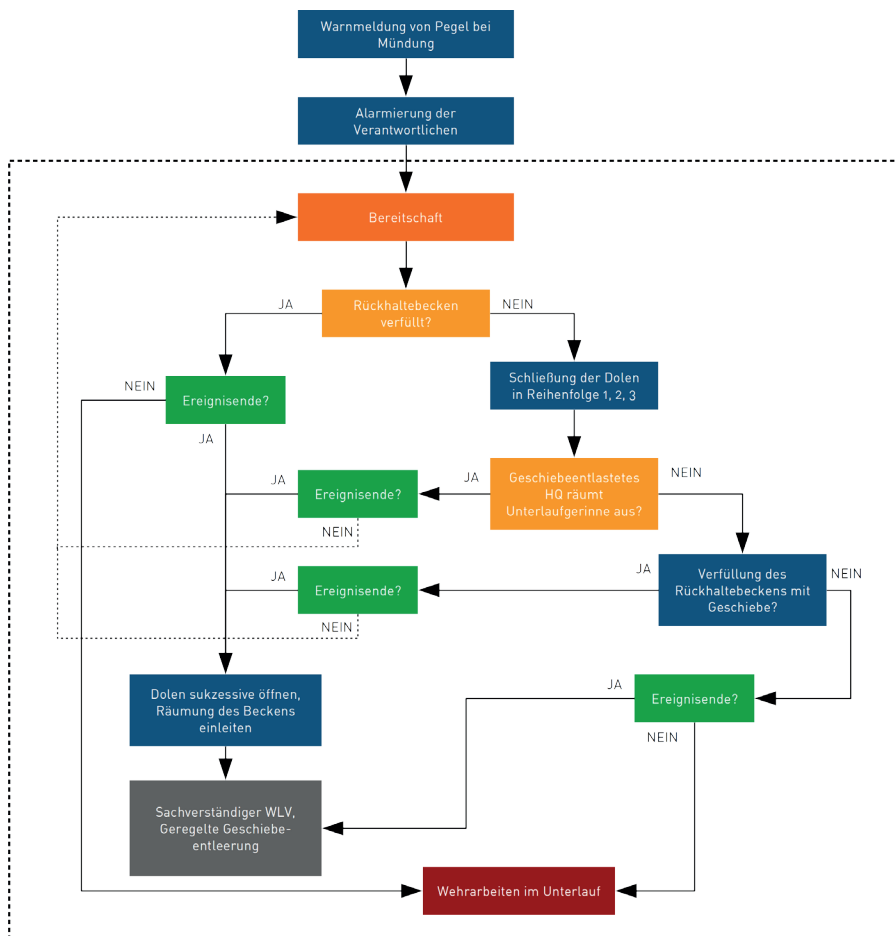


Abbildung 6: Organisationsorganigramm während eines Hochwasserereignisses mit Geschiebetransport.



## FAZIT

Der mobile Dolenverschluss soll die intelligente Antwort auf die unterschiedlichen Anforderungen aufgrund der Prozesstypen Murstoß und Hochwasser mit Geschiebetransport darstellen. Die Dolen sollen so spät wie möglich geschlossen werden, um den schadlosen Geschiebetrieb so lang wie möglich zu gewährleisten bzw. so bald wie möglich wiederum zu ermöglichen und dadurch das Geschiebeablagerungsbecken so gut und so lang wie möglich zu nutzen. Im Idealfall soll die abklingende geschiebeentlastete Hochwasserwelle genutzt werden, um allfällige Anlandungen im Unterlauf des Schnannerbaches wieder auf natürlichem Weg zu räumen. Diesen geschiebeentlasteten Hochwasserabfluss soll auch durch das Schließen einer zusätzlichen Dole künstlich initiiert werden.

Der mobile Dolenverschluss soll eine umfassende Möglichkeit darstellen, in die Prozessdynamik eines Wildbaches, im konkreten Falls des Schnannerbaches variabel sowie situationsbezogen einzugreifen. Er bietet damit die Chance, den Spagat zwischen Sicherheit und Ökonomie, dh. Minimierung der Räumungskosten zu schaffen.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Schutzmaßnahmen in der Wildbach-, Lawinen- und Steinschlagverbauung, deren Funktionalität während eines Ereignisses im Zusammenhang mit dem Prozesstyp in der Regel nicht aktiv beeinflussbar ist, ist dies bei der, in diesem Aufsatz vorgestellten Anlage möglich, ja sogar erforderlich. Dies setzt jedoch eine hohe Eigenverantwortung und auch Einsatzbereitschaft jener Personen voraus, die diese Anlage warten, betreuen und im Ereignisfall auch bedienen. Diese hohe Eigenverantwortung und Einsatzbereitschaft müssen durch entsprechende Schulungen und Katastrophenübungen sowie den Lehren und Erfahrungen aus abgelaufenen Ereignissen permanent unterstützt werden.

Wie auch bei anderen aktiven Schutzmaßnahmen mit temporärer Wirkung (z.B. künstlicher Lawinenauslösung) auch, werden die variablen Dolenverschlüsse in der Gefahrenzonenabgrenzung nicht berücksichtigt.