

## **INTEGRALER STEINSCHLAGSCHUTZ IN ADELBODEN (BERNER OBERLAND, SCHWEIZ)**

## **INTERGRAL ROCK FALL PROTECTION IN ADELBODEN (BERNESE OBERLAND, SWITZERLAND)**

**Ueli Gruner**<sup>1</sup> und **Kaspar Graf**<sup>2</sup>

### **ZUSAMMENFASSUNG**

Im bekannten Sommer- und Winterkurort Adelboden im Berner Oberland (Schweiz) sind grössere Bereiche des oberen Dorfteils durch Sturzprozesse bedroht: Rund 60 dauerbelegte Gebäude und ca. 20 Ferienhäuser liegen in Gebieten mit roten oder blauen Gefahrenstufen, d. h. in Verbots- oder Gebotszonen. Hier sind vorsorgliche Massnahmen zum Schutz von Personen und Gebäuden zu treffen. Zudem ist die bauliche Entwicklung in diesen Gebieten, z. B. An- oder Umbauten, verunmöglicht oder erschwert. Die Risikoanalyse zeigte, dass das individuelle Todesfallrisiko über dem akzeptierten Wert von  $1 \cdot 10^{-5}$  liegt, d. h. dass Massnahmen zum Schutz vor Menschen notwendig sind. Aufgrund von 3-D-Sturzmodellierungen konnten flächenhafte Angaben über Reichweiten, Energien und Sprunghöhen der relevanten Sturzblöcke im Prozessraum ermittelt werden. Auf dieser Basis wurden dynamische Steinschlagschutznetze projektiert, welche in bewohnten Gefahrengebieten eine Rückstufung ermöglichen. Insgesamt sollen über 1000 m Schutznetze mit Energieklassen zwischen 500 und 1500 kJ und Wirkungshöhen von 3 bzw. 4 m erstellt werden. Die Gesamtkosten werden auf rund CHF 3.3 Mio. beziffert.

**Keywords:** Steinschlag, Felssturz, 3-D-Modellierung, Gefahrenkarte, Risikoanalyse

### **ABSTRACT**

In the famous summer and winter resort of Adelboden in the Bernese Oberland (Switzerland) large areas of the upper part of the village are threatened by rock fall: According to the natural hazard map about 60 permanent occupied buildings and about 20 vacation homes are located in areas with red or blue danger levels, i.e. in prohibited or restricted areas. Here, preventive measures regarding people and buildings are to be taken. In addition, the structural development in these areas are impossible or difficult. Based on a risk analysis it turned out that the individual risk of death is greatly increase, i.e. that measures are necessary for protection of humans. Base on 3D rockfall simulations extensive descriptions of range, energy and jump height of the relevant blocks could be obtained. On this basis, rock fall protection barrier were projected, which should protect the occupied endangered territories, which allows their downgrading. Overall a total of over 1000 m of protecting nets are to be installed, which have an energy intake between 500 and 1500 kJ at a height of 3 or 4 m. The total costs amount to around CHF 3.3 Mio.

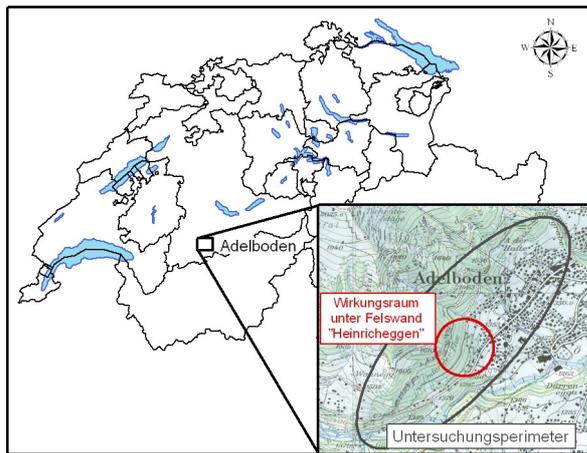
**Keywords:** rock fall, 3D simulation, natural hazard map, risk analysis

<sup>1</sup>Dr. Ueli Gruner. Kellerhals+Haefeli AG, Kapellenstrasse 22, CH-3011 Bern, Switzerland (e-mail:ueli.gruner@k-h.ch)

<sup>2</sup>Dr. Kaspar Graf. Geotest AG, Birkenstrasse 15, CH-3052 Zollikofen, Switzerland

## EINLEITUNG

Der bekannte Sommer- und Winterkurort Adelboden im Berner Oberland (Schweiz; Figur 1) verfügt seit dem Jahr 2004 über eine Gefahrenkarte für die Naturprozesse (Kellerhals+Haefeli AG/Geotest AG/Kissling+Zbinden AG 2004). Dabei zeigte sich, dass Teile des Dorfes u. a. stark durch Sturzprozesse bedroht sind. Gemäss dieser Gefahrenkarte liegt eine grössere Anzahl von Gebäuden und Ferienhäusern innerhalb von Gebieten mit den Gefahrenstufen Rot und Blau, d. h. in Verbots- oder Gebotsbereichen. Gemäss den Bundesvorgaben sind in diesen Zonen Schäden - sei es an Personen oder Gebäuden - durch geeignete Vorsorgemassnahmen zu vermeiden. Ohne solche Massnahmen werden keine Baubewilligungen mehr erteilt.



Die Gemeinde Adelboden will diese Gefährdungslage mit einem integralen Schutz vor Stein- und Blockschlag verbessern. Damit sollen in erster Linie Personen- oder Gebäudeschäden vermieden werden. Zudem will man damit auch die weitere bauliche Entwicklung im betroffenen Gebiet ermöglichen – sei es in Bezug auf An- oder Umbauten bei heutigen Häusern, sei es bei Neubauten in bestehenden Bauzonen. Das entsprechende Vorprojekt wurde im Jahr 2010 ausgearbeitet (Kellerhals+Haefeli AG, 2010)

**Fig. 1** Situation des Gefahrengbietes in Adelboden

**Fig. 1** Situation of the danger area in Adelboden

## ALLGEMEINES ZUR GEOLOGIE IM GEFAHRENGEBIET

Die Sturzgefahren für die erwähnten Häuser in diesem Dorfteil von Adelboden gehen von verschiedenen markanten Felswänden oberhalb des Dorfes aus. Diese Felsgebiete bestehen einerseits aus Gesteinen des sogenannten Ultrahelvetikums ("Zone des Cols"), andererseits aus der darüber lagernden Gesteinsabfolge der penninischen Niesen-Decke, welche bei der Alpenfaltung von Süden her überschoben wurde (Furrer et al, 1993). Beide tektonischen Einheiten wurden im Rahmen der alpinen Gebirgsbildung als eigenständige Decken weit nach Norden transportiert, verfaltet und z. T. auch verschuppt und sind deshalb felsmechanisch entsprechend stark beansprucht worden.

Bei den Gesteinen des Ultrahelvetikums handelt es sich in erster Linie um massige, unterschiedlich kompakte Kalkabfolgen des Oberen Malm mit einer meist ausgeprägten Klüftung. Diese Gesteine stellen den hauptsächlichen Gefahrenherd für Sturzereignisse oberhalb des Dorfes Adelboden dar. Ganz im Nordosten sind Gips, Rauhacke und Dolomitgesteine an der Basis der darüber liegenden Niesen-Decke die potenziellen Gefahrengesteine.

## BISHERIGE STURZEREIGNISSE

Der Kataster der bisherigen Sturzereignisse bildet eine wichtige Grundlage bei einer Gefahrenbeurteilung. Er gibt Hinweise auf die zu erwartenden Sturzkörpergrössen und lässt eine Abschätzung der Wiederkehrperioden solcher Ereignisse zu. Beide Aspekte fliessen bei der Erarbeitung der Gefahrenkarte ein.

Kleinere Sturzereignisse (Steine) treten im Untersuchungsperimeter relativ häufig auf (teilweise jährlich), gefährden aber die Häuser nicht. Hingegen wurden in der Vergangenheit immer wieder grössere Blocksturzereignisse registriert, welche vereinzelt auch bis in heute bewohnte Gebiete gelangten: Im Jahr 1820 z. B. ereignete sich ein grösserer Felssturz aus den Felswänden oberhalb von Adelboden; im Ablagerungsgebiet standen jedoch damals noch keine Häuser.

Und im Jahr 1963 stürzte ein rund 20 m<sup>3</sup> grosser Block aus einer Felswand, durchquerte den Schutzwald und rollte weiter talwärts zwischen den Häusern durch, ohne dabei allerdings einen bedeutenden Schaden anzurichten.

## METHODISCHES ZUR GEFAHRENKARTIERUNG

Als Grundlage für die Sturz-Gefahrenkarte von Adelboden wurden im Untersuchungsperimeter des erwähnten Dorfteiles 3-D-Sturzmodellierungen mit dem Modell Zinggeler/Geotest auf einem hoch auflösenden digitalen Geländemodell durchgeführt.

Zu diesem Zweck wurden im Gelände die einzelnen Gefahrengebiete (Prozessquellen) aufgenommen und insgesamt sieben Wirkungsräume ausgeschieden. Die Bestimmung der für die einzelnen Wiederkehrperioden relevanten Sturzkörpergrössen bzw. Blockformen erfolgte aufgrund von Strukturaufnahmen in den Prozessquellen bzw. des erwähnten Ereigniskatasters. Folgende Grössen wurden ausgeschieden:

**Tab. 1** Sturzkörpergrössen für die einzelnen Wiederkehrperioden eines Ereignisses

**Tab. 1** Sizes of blocks for the different return periods of an event

Wiederkehrperiode	Blockgrösse in den Wirkungsräumen Süd*	Blockgrösse in den Wirkungsräumen Nord*
30-jährlich	0.24 m <sup>3</sup>	0.13 m <sup>3</sup>
100-jährlich	2.18 m <sup>3</sup>	2.18 m <sup>3</sup>
300-jährlich	2.18 m <sup>3</sup>	2.18 m <sup>3</sup>

\* Lage vgl. Figur 7

Auch die weiteren für den Sturzprozess bzw. für die Modellierung relevanten Parameter wurden im Rahmen einer detaillierten Aufnahme im Gelände bestimmt: Es sind dies die Dämpfung und die Rauigkeit des Untergrundes im Transitbereich sowie der Wald (Baumdichte, Zustand etc.).

Die Modellierungen dienten den folgenden Zwecken:

- Flächenhafte Erfassung der möglichen Reichweiten der Sturzblöcke;
- Flächenhafte Darstellung der möglichen Sprunghöhen und Sturzenergien;
- Grundlage für die Projektierung und Dimensionierung von Schutzmassnahmen.

Aus den 3-D-Sturzmodellierungen resultierten einerseits die Reichweiten der Blöcke, andererseits die maximalen Sturzenergien bzw. Sprunghöhen innerhalb des gesamten Transitgebietes. Die entsprechenden Pixelkarten wurden anschliessend je nach den Bedürfnissen klassiert, z. B. für die Erstellung der Gefahrenkarte oder für die Lokalisierung und die Dimensionierung der Schutznetze.

Die Gefahrengebiete wurden auf der Grundlage der Modellierung gemäss Vorgaben der Behörden (BPR, BWW, BUWAL, 1997) festgelegt: Für Sturzenergien von über 300 kJ gilt generell die Stufe Rot (= erhebliche Gefährdung). Bei Sturzenergien zwischen 30 und 300 kJ wird für 100- bzw. 300-jährliche Ereignisse die Stufe Blau ausgeschieden (= mittlere Gefährdung).

## ERGEBNISSE DER STURZMODELLIERUNGEN

### Allgemeines

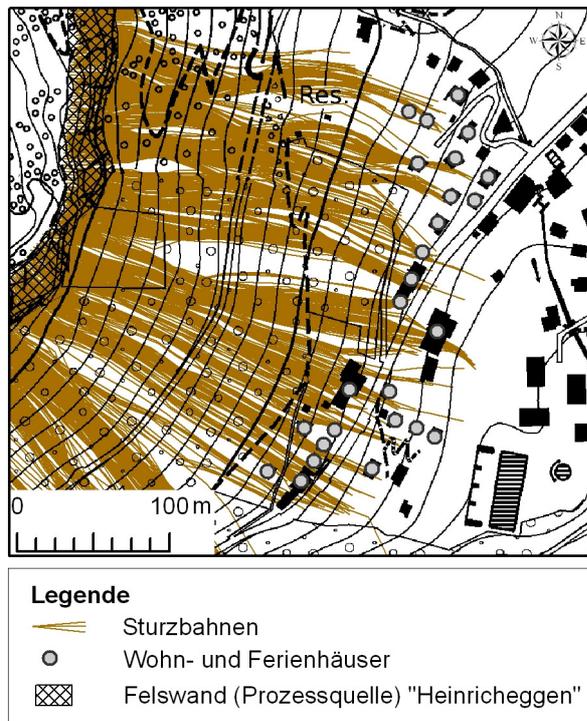
Mit den Sturzmodellierungen konnte einerseits die Ausdehnung der oben erwähnten Wirkungsräume bestimmt werden (Reichweiten der Blöcke). Andererseits ermöglichten die Resultate auch Angaben über die für die Gefahrenkarte relevanten Sturzenergien. Letztere sind in die Gefahrenkarte der Gemeinde Adelboden eingeflossen, welche heute Rechtskraft besitzt. Die Ergebnisse der Modellierungen zeigten dabei, dass grössere Bereiche des besiedelten Raumes durch hohe Sturzenergien von über 300 kJ tangiert werden können.

Insgesamt befinden sich 60 dauerbelegte Häuser und 19 Ferienhäuser innerhalb einer roten oder blauen Gefahrenzone, d. h. sie liegen in Gebieten mit einem Bauverbot (Rot) oder mit strengen baulichen Bauauflagen (Gebotsbereich, Blau). Dazu gehören auch öffentliche Gebäude, Gewerbegebäude

und Hotels mit einer relativ grossen Belegungszahl. Innerhalb der Wirkungsräume der Sturzprozesse gibt es zudem auch Verbindungsstrassen der Gemeinde sowie Bauzonen.

### Beispiel Wirkungsraum unterhalb der Felswand „Heinricheggen“

In den nachfolgenden Abbildungen wird als exemplarisches Beispiel der Wirkungsraum unterhalb der Felswand „Heinricheggen“ dargestellt, der innerhalb des Wirkungsraumes II in südlichem Abschnitt liegt (vgl. Tabelle 2 und Figur 7).



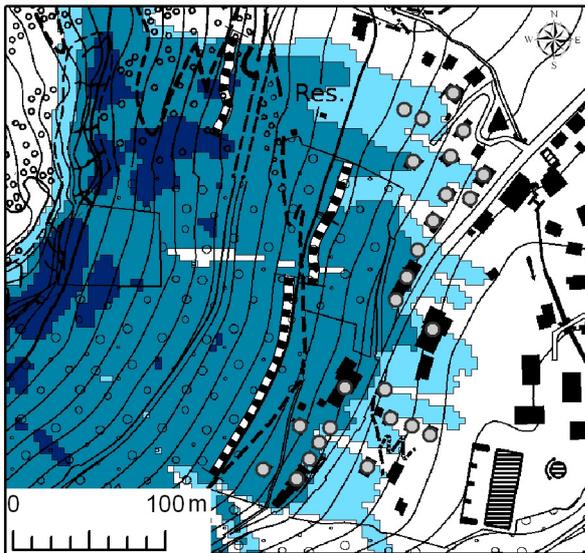
**Fig. 2** Sturzbahnen eines 100- und 300-jährlichen Ereignisses im Teilwirkungsraum „Heinricheggen“

**Fig. 2** Fall orbits of a 100- and 300-year event in the impact area „Heinricheggen“

Auch die Resultate der Sprunghöhen der Blöcke wurden in Klassen gezeichnet. Die Figur 4 zeigt, dass die Sprunghöhen im besiedelten Gebiet weniger als 3 m betragen bzw. die Blöcke in der Ausrollphase sind.

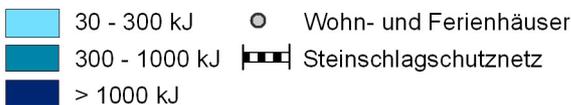
Die Figur 2 zeigt den Sturzbahnverlauf der 100- bzw. 300-jährlichen Ereignisse mit den entsprechenden Reichweiten der einzelnen Blöcke. Die Blöcke gelangen durch den Wald bis zu einer grösseren Anzahl von bewohnten Häusern und überqueren teilweise auch die Gemeindestrasse.

In den Figuren 3 und 4 sind die Ergebnisse der maximalen Sturzenergien bzw. der maximalen Sprunghöhen für den Wirkungsraum unterhalb der Felswand „Heinricheggen“ dargestellt. Die Sturzenergien wurden in einigen wenigen, ausgewählten Klassen aufgeführt. Zudem wurde auch die Lage der vorgeschlagenen Schutznetze eingetragen (vgl. auch Figur 6). Aus Figur 3 ist erkennbar, dass die bewohnten Häuser zwar tendenziell im Auslaufbereich der Sturzblöcke liegen, dass die Energien jedoch auch im besiedelten Gebiet lokal noch immer über 1000 kJ betragen.



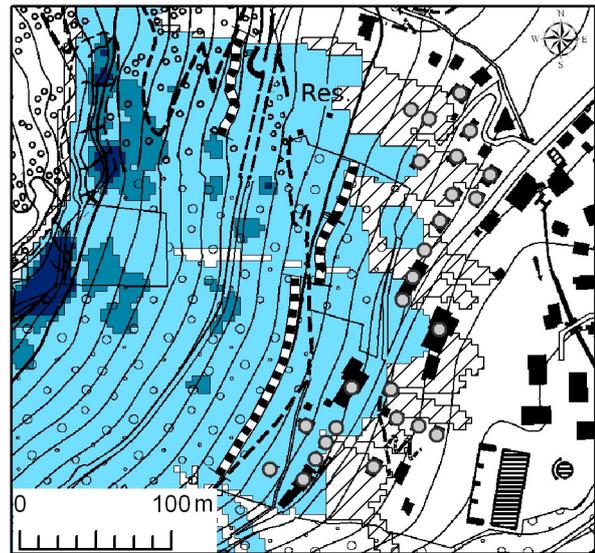
#### Legende

Sturzenergien (100- und 300-jährliche Ereignisse)



**Fig. 3** Maximale Sturzenergien gemäss 3-D-Modellierung für ein 100- und 300-jährliches Ereignis (Wirkungsraum unterhalb der Felswand „Heinricheggen“)

**Fig. 3** Maximum fall energies under 3D simulation for a 100- and 300-year event (impact area “Heinricheggen”)



#### Legende

Sprunghöhen (100- und 300-jährliche Ereignisse)



**Fig. 4** Maximale Sprunghöhen gemäss 3-D-Modellierung für ein 100- und 300-jährliches Ereignis (Wirkungsraum unterhalb der Felswand „Heinricheggen“)

**Fig. 4** Maximum jump heights under 3D simulation for a 100- and 300-year event (impact area “Heinricheggen”)

## RISIKOBETRACHTUNGEN

### Methodisches zum Todesfallrisiko

Aus den Ergebnissen der Sturzmodellierungen wurden flächenhafte Karten für die zwei relevanten Intensitäten erstellt (30 bis 300 kJ bzw. > 300 kJ). Diese Karten dienen als Grundlage für die Risikobetrachtungen. Die Berechnungen der Todesfallrisiken erfolgten mit den effektiven, durch die Gemeinde Adelboden gelieferten Besetzungszahlen der einzelnen Häuser. Als Berechnungsgrundlage stand ein im Auftrag der Bundesbehörden entwickeltes Tool zur Verfügung (EconoMe; Bundesamt für Umwelt, BAFU). Die Risiken werden einerseits als individuelle Todesfallrisiken, andererseits als Kollektivrisiken (kollektive Personenschäden und Sachwerte) ermittelt.

Bei der Beurteilung der Schutzdefizite ist das individuelle Todesfallrisiko massgebend, d. h. die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person im Gefahrengebiet durch einen Sturzblock umkommt. Ist dieses – unfreiwillig – eingegangene Risiko > als  $10^{-5}$  pro Jahr, sind gemäss Vorgaben von Bund und Kanton Bern Schutzmassnahmen notwendig. Bei einem individuellen Todesfallrisiko von  $1 \cdot 10^{-5}$  bis  $1 \cdot 10^{-6}$  pro Jahr sind solche Massnahmen wünschbar.

Das Kollektivrisiko ergibt sich aus der Summe aller Einzelrisiken pro Eintretenshäufigkeit eines Ereignisses. Dieses wurde für die einzelnen Wirkungsräume der Sturzprozesse ermittelt. Das Kollektivrisiko wird grundsätzlich einerseits als Personenschaden angegeben (Todesfälle/Jahr), andererseits als Gesamtrisiko in CHF/pro Jahr (Sachwerte und monetarisierte Personenwerte zusammengezählt). Die Berechnungen stellen zudem die Grundlagen dar, welche für die Beurteilung der Kostenwirksamkeit einer Massnahme innerhalb eines der sieben Wirkungsräume notwendig ist.

## **Methodisches zum Nutzen-Kosten-Verhältnis**

Um Subventionen von Bund und Kanton zu erhalten, müssen die Schutzmassnahmen möglichst kostenwirksam sein, d. h. das Nutzen-Kosten-Verhältnis muss bei 1 oder darüber liegen. Dieser Faktor errechnet sich aus dem Verhältnis zwischen einer monetarisierten Risikoreduktion des kollektiven Risikos und den jährlichen Kosten einer Schutzmassnahme innerhalb eines einzelnen Wirkungsräumens. Die jährlichen Kosten werden aus den Investitionskosten unter Einbezug von Unterhalt und Werklebensdauer errechnet. Die Berechnungen wurden ebenfalls mit dem vom Bund erstellten Tool EconoMe gemacht.

## **Ergebnisse**

Die Berechnungen ergaben, dass bei 30 Gebäuden das individuelle Todesfallrisiko überschritten ist und dort somit Schutzmassnahmen notwendig sind; bei 19 Gebäuden sind solche wünschbar. Gemäss den Vorgaben der Behörden hat der Schutz von Menschen erste Priorität. Somit besteht im oberen Dorfteil von Adelboden ein ausgewiesenes Personenschutzdefizit.

Bei der Betrachtung der Gesamtrisiken zeigten die Berechnungen zudem, dass der Anteil an Personenschäden mit rund 70 % gegenüber 30 % Sachschäden relativ hoch ist.

Bei der Errechnung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses stellte sich heraus, dass in einzelnen Wirkungsräumen die Schutzmassnahmen einen Faktor von deutlich unter 1 aufweisen (Tabelle 2).

## **PLANUNG DER SCHUTZMASSNAHMEN**

### **Randbedingungen**

Die flächenhaft durchgeführten 3-D-Modellierungen ermöglichten eine präzise Bestimmung der Schutzmassnahmen im Gelände bzw. ein differenziertes Studium von einzelnen Varianten. Infolge des relativ steilen Geländes von meist deutlich über 30° kommt als Schutzmassnahme, wie vergleichende Abklärungen ergaben, einzig der Bau von Steinschlagschutznetzen in Frage.

Bei der Planung der Schutznetze mussten folgende Randbedingungen „unter einen Hut“ gebracht werden:

- Berücksichtigung maximaler Sturzenergien und Sprunghöhen gemäss Modellierung;
- Positionierung der Netze im Gelände mit den entsprechenden Auswirkungen auf die Kosten (z. B. Zufahrt, Unterhalt, Wald etc.);
- Einigung mit privaten Landbesitzern bezüglich der Lage der Netze im Gelände und der bestehenden Nutzungen (Weidland, Waldbewirtschaftung etc.);
- Berücksichtigung der Anliegen des Landschafts- und Naturschutzes.

### **Ausmass der Schutznetze**

Der bereinigte tragfähige Kompromissvorschlag zum Schutz des Dorfteiles von Adelboden beinhaltet nun in sechs Wirkungsräumen den Bau von total 1045 m Steinschlagschutznetze (Situation vgl. Figur 5). Die Energiewerte der Schutznetze liegen zwischen 500 und 1500 kJ, die entsprechenden Netzhöhen betragen 3 und 4 m (vgl. Tabelle 2). In einem der Wirkungsräume zeigte sich, dass eine Felsabdeckung mit einem Netz kostenwirksamer und besser realisierbar ist als ein Schutznetz.

**Tab. 2** Zusammenstellung der Kennwerte der Schutznetze in den sieben Wirkungsräumen  
**Tab. 2** Compilation of the characteristics of the protective measures in the seven impact areas

Wirkungsraum	Länge total [m]	Höhe [m]	Energie [kJ]	Geschätzte Kosten [Mio. CHF]	Nutzen-Kosten-Verhältnis	
Süd	I	80	4	1000	0.24	0.7
	II*	575	3/4	500/1000/1500	1.71	1.0
Nord	III	118	3	500	0.34	0.8
	IV	70	4	1000	0.22	0.2
	V	90	4	1500	0.32	0.6
	VI	112	3/4	500/1000	0.37	0.2
	VII	Felsabdeckung			0.08	0.7
<b>Total</b>	<b>1045</b>			<b>3.3</b>	<b>0.8</b>	

\* Die Felswand "Heinrichheggen" liegt innerhalb des Wirkungsraumes II

Die Gesamtkosten wurden auf Grund von konkreten Richtofferten auf rund CHF 3.3 Mio. beziffert. Da bei einzelnen Wirkungsräumen das Nutzen-Kosten-Verhältnis der Schutzmassnahme deutlich unter 1 liegt, haben der Bund und der Kanton Bern ihre Finanzierungsunterstützung (Subvention) leicht gekürzt. Dies löst für die Gemeinde Adelboden höhere Kosten aus.

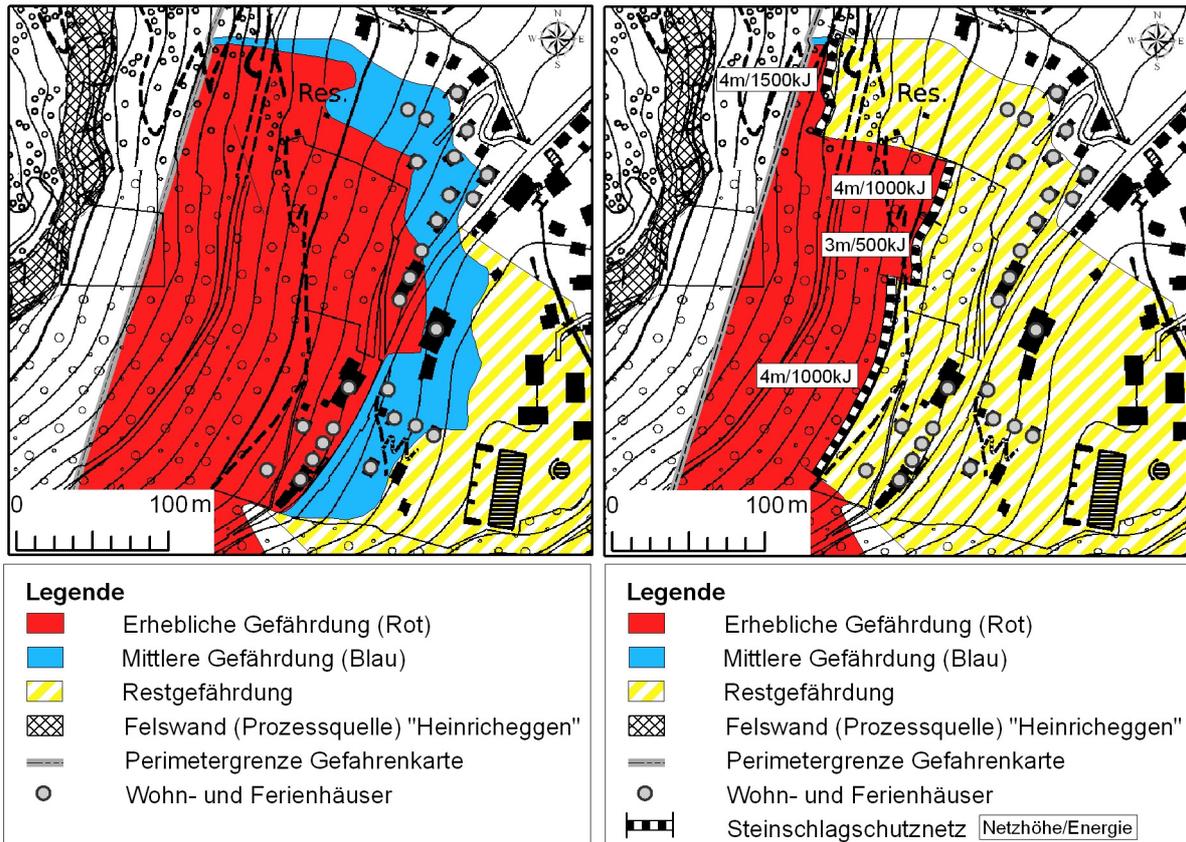
## ZUVERLÄSSIGKEIT UND WIRKUNG DER SCHUTZMASSNAHMEN

Bei subventionierten Schutzmassnahmen verlangen die Bundesbehörden heute, dass die Zuverlässigkeit der Schutzmassnahmen beurteilt werden muss. Gemäss der Methode „PROTECT“ der PLANAT (2008) sind diesbezüglich die Tragfähigkeit, die Gebrauchstauglichkeit, die Dauerhaftigkeit sowie die Wirkung solcher Schutzmassnahmen zu überprüfen.

Die oben erwähnten Vorgaben bezüglich Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit können erfüllt werden, wenn die entsprechenden Richtlinien des Bundes bezüglich Materialwahl und Verankerungen der Netze eingehalten werden. Die Gebrauchstauglichkeit sowie die Wirkung der Schutznetze kann bei einem Extremereignis (Wiederkehrperiode > 300 Jahre) jedoch eingeschränkt sein, wenn mehrere Grossblöcke hintereinander im Netz einschlagen oder auch eine grössere Felspartie von > 100 m<sup>3</sup> zum Absturz kommt. Ein solches Extremereignis stellt einen Überlastfall dar, d.h. es kann ein funktionelles Versagen eines Schutznetzes infolge geringer dimensionierter Werkhöhe oder Energieaufnahme bedeuten. Da solche Ereignisse nur mit einem ausserordentlich hohen Aufwand zurückgehalten werden können, soll im Sinne einer Früherkennung von potenziellen Gefahrenherden eine messtechnische Felsüberwachung erfolgen. Die Felsüberwachung wird zurzeit mit gegen 20 Handmessstellen und Messiegel an verschiedenen potenziellen „Hot Spots“ durchgeführt. Zusätzlich werden die Bewegungen einer geologisch komplex aufgebauten, teils versackten Felspartie von rund 10'000 m<sup>3</sup>, dem so genannten Taubenfels direkt über dem Dorf Adelboden (Abbildung 7), aus Distanz mittels Laser periodisch erfasst.

## REALISIERUNG DER SCHUTZMASSNAHMEN

Die Schutzmassnahmen wurden im Herbst 2010 in einer Volksabstimmung von der Gemeinde Adelboden mit grossem Mehr bewilligt, nicht zuletzt auch, weil ein tragfähiger Kompromiss erzielt worden war. Mit dem Bau der Netze soll auf Grund der entsprechenden Zustimmungen der Bundes- und Kantonsbehörden im Frühjahr 2012 begonnen werden.

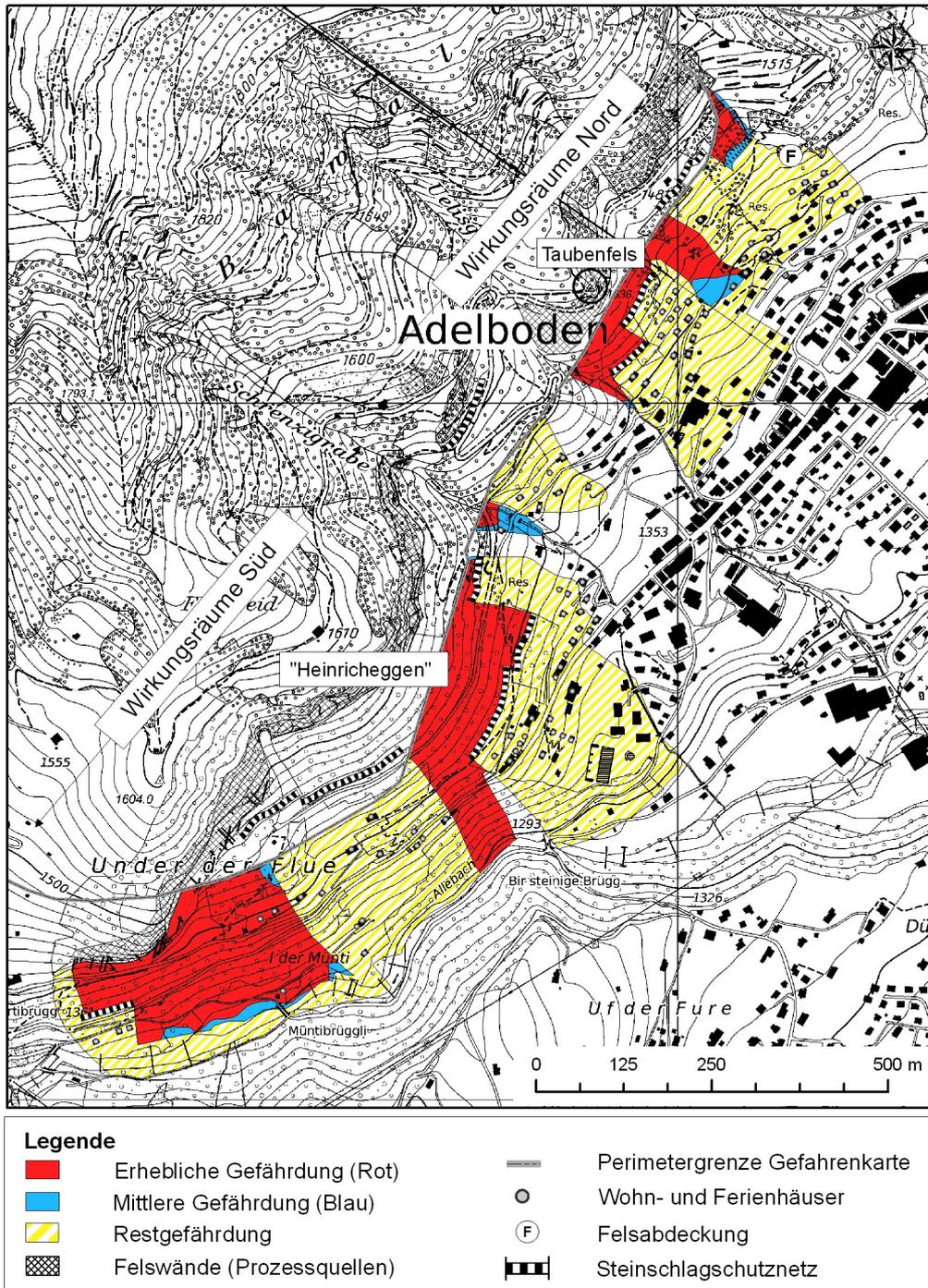


**Fig. 5** Gefahrenkarte Sturzprozesse im Wirkungsraum unterhalb der Felswand „Heinricheggen“ (Stand heute)

**Fig. 6** Gefahrenkarte Sturzprozesse im Wirkungsraum unterhalb der Felswand „Heinricheggen“ nach Realisierung der Steinschlagschutznetze

**Fig. 6** Rock fall hazard map in the impact area “Heinricheggen” after the realization of the rock fall protection nets

Nach der Realisierung der Massnahmen können die roten und blauen Gefahrenbereiche im Schutz der Netze in einen Bereich mit so genannter Restgefährdung umgewandelt werden. Die Figuren 5 und 6 zeigen wiederum das Beispiel des Wirkungsraumes unterhalb der Felswand „Heinricheggen“ mit der Gefahrenkarte vor und nach den Schutzmassnahmen. Auf der Figur 7 ist das entsprechende Bild nach Realisierung der Massnahmen für den ganzen Untersuchungsbereich des oberen Dorfteils von Adelboden dargestellt. Eine Restgefährdung bedeutet, dass eine Gefährdung durch Sturzprozesse hier nicht ganz ausgeschlossen werden kann, womit ein Restrisiko verbleibt. Diese Restgefährdung kann z. B. bei grossvolumigen Sturzereignissen bestehen oder wenn mehrere Grossblöcke kurz hintereinander auf ein Netz treffen. Dieses Risiko wird durch die oben erwähnte Felsüberwachung abgedeckt. Zudem soll der für Adelboden sehr wichtige Schutzwald weiterhin gepflegt werden, damit die Schutzfunktion gegen Steinschlag und andere Naturgefahren erhalten bleibt.



**Fig. 7** Gefahrenkarte Sturzprozesse des oberen Dorfteils von Adelboden nach Realisierung der Schutzmassnahmen (Schutznetze und Felsabdeckung)

**Fig. 7** Rock fall hazard map of the upper part of the village of Adelboden after implementation of the protective measures (rock fall protection nets and rock cover)

## LITERATUR

BPR, BWW, BUWAL (1997). Berücksichtigung von Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Empfehlungen.

Kellerhals+Haefeli AG/Geotest AG/Kissling+Zbinden AG (2004). Naturgefahren Gemeinde Adelboden. Unveröffentlichter Bericht mit Gefahrenkarte, April 2004.

- Kellerhals+Haefeli AG (2010). Steinschlagschutz Adelboden: Vorprojekt. Unveröffentlichter Bericht, Oktober 2010.
- Furrer H., Huber K., Adrian H., Baud A., Flück W., Preiswerk P., Schuler P., Zwahlen P. (1993). Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25'000. Blatt Nr. 87 Adelboden. Herausgeber: Landeshydrologie und -geologie.
- PLANAT (2008). Strategie Naturgefahren Schweiz. Wirkung von Schutzmassnahmen („PROTECT“). Testversion Dezember 2008.