

Gemeinde Adelboden

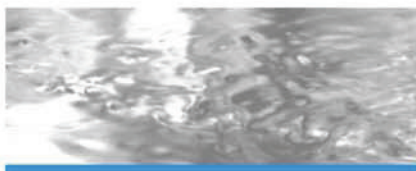
Sturzgefahr Adelboden: Vorstudie

Technischer Bericht

Mitarbeit: Geotest AG

Bern, 19. August 2009

GR/st 6313



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	1
1.1. Ausgangslage	1
1.2. Ausgeführte Arbeiten	2
1.3. Verwendete Unterlagen	2
1.4. Perimeter	3
2. Geologischer Überblick	4
3. Gefahrenbeurteilung	4
3.1. Allgemeines	4
3.2. Gefahrenbereich Under der Flue	5
3.3. Gefahrenbereich Adelboden-Dorf	5
4. Gefahrenpotenzial	6
4.1. Szenarien	6
4.2. Sturzmodellierungen	6
4.3. Intensitätskarten	6
5. Schadenpotenzial	7
6. Schutzziele und Schutzdefizite	7
6.1. Schutzziele	7
6.2. Schutzdefizite	8
7. Risikoberechnung (Geotest AG)	8
7.1. Allgemeines	8
7.2. Aktuelle Risikosituation	8
7.2.1. Kollektivrisiko R	8
7.2.2. Individuelles Todesfallrisiko	9
8. Schutzmassnahmen	10
8.1. Allgemeines	10
8.1.1. Wirkung von Schutzmassnahmen	10
8.1.2. Feldaufnahmen	10
8.1.3. Variantenstudium	11
8.1.4. Angaben zur Kostenschätzung	11

8.1.5.	<i>Beschreibung der Schutzwerke</i>	12
8.1.6.	<i>Weitere Massnahmen</i>	12
8.2.	Gefahrenbereich Under der Flue	13
8.2.1.	<i>Gebiet Reherti</i>	13
8.2.2.	<i>Gebiet Under der Flue West</i>	14
8.2.3.	<i>Gebiet Under der Flue Mitte und Ost</i>	15
8.3.	Gefahrenbereich Adelboden-Dorf	17
8.3.1.	<i>Gebiet Adelboden-Dorf Süd</i>	17
8.3.2.	<i>Gebiet Adelboden-Dorf Mitte</i>	18
8.3.3.	<i>Gebiet Adelboden-Dorf Nord</i>	19
8.4.	Massnahmenbeurteilung	22
8.4.1.	<i>Allgemeines</i>	22
8.4.2.	<i>Prozesskenntnisse</i>	22
8.4.3.	<i>Zuverlässigkeit</i>	22
8.4.4.	<i>Wirkungsbeurteilung</i>	23
9.	Messtechnische Überwachung von Felspartien	23
10.	Zusammenstellung der Kosten	24
11.	Auswirkungen der Schutzmassnahmen auf die Gefahrenkarte	25
11.1.	Allgemeines	25
11.2.	Gefahrenkarte nach Schutzmassnahmen	26
12.	Risiken nach Realisierung der Schutzmassnahmen (Geotest AG)	26
12.1.	Massnahmenwirkung	26
12.2.	Risikoverminderung	26
12.3.	Kostenwirksamkeit	27
13.	Andere Interessen / Konflikte	28
14.	Trägerschaft	29
15.	Weiteres Vorgehen (Vorprojekt / Etappierung)	29

ANHANGVERZEICHNIS

- Anhang 1: Untersuchungssperimeter, Übersicht 1:25'000
- Anhang 2: Sturzbahnen aus 3D-Blockschlagmodellierung: 30-jährliches Ereignis, 1:5'000
- Anhang 3: Sturzbahnen aus 3D-Blockschlagmodellierung: 100- bzw. 300-jährliches Ereignis, 1:5'000
- Anhang 4: Maximale Sprunghöhen aus 3D-Blockschlagmodellierung: 30-jährliches Ereignis, 1:5'000
- Anhang 5: Maximale Sprunghöhen aus 3D-Blockschlagmodellierung: 100- bzw. 300-jährliches Ereignis, 1:5'000
- Anhang 6: Maximale Sturzenergien aus 3D-Blockschlagmodellierung: 30-jährliches Ereignis, 1:5'000
- Anhang 7: Maximale Sturzenergien aus 3D-Blockschlagmodellierung: 100- bzw. 300-jährliches Ereignis, 1:5'000
- Anhang 8: Intensitätskarten Sturz: 30-jährliches Ereignis, 1:5'000
- Anhang 9: Intensitätskarten Sturz: 100- bzw. 300-jährliches Ereignis, 1:5'000
- Anhang 10: Lage der Steinschlagschutznetze Werk Nr. I und Nr. II, 1:2'000
- Anhang 11: Lage der Steinschlagschutznetze Werk Nr. III, 1:2'000
- Anhang 12: Lage des Steinschlagschutznetzes Werk Nr. IV, 1:2'000
- Anhang 13: Lage der Steinschlagschutznetze Werke Nr. V bis VIII, 1:2'000
- Anhang 14: Gebiete für messtechnische Felsüberwachung, 1:5'000
- Anhang 15: Steinschlagschutznetze: Zusammenstellung der Kosten
- Anhang 16: Steinschlagschutznetze: Zusammenstellung der Eigentümer
- Anhang 17: Schadenpotenzial im Gefahrenperimeter mit Angaben der Wohnnutzungen (Belegungsart) und der bergseitigen Umgrenzung der Bauzonen, 1:5'000
- Anhang 18: Gefahrenkarte Sturzprozesse (Stand März 2009; Entwurf), 1:5'000
- Anhang 19: Vorschlag für Gefahrenkarte Sturzprozesse nach Erstellung der Steinschlagschutznetze, 1:5'000
- Anhang 20: Fotodokumentation: Fotos 1 bis 15
- Projektdossier: EconoMe 2.0 (PDF) auf CD im Einband

Sturzgefahr Adelboden: Vorstudie

Technischer Bericht

1. Einleitung

1.1. Ausgangslage

Die Gemeinde Adelboden verfügt seit dem Jahr 2003 über eine synoptische, integrale Gefahrenkarte [1]. Diese Gefahrenkarte zeigt, dass der Dorfkern von Adelboden u. a. auch durch Sturzereignisse bedroht ist. Grosse Teile im oberen Dorfbereich liegen in der Gefahrenstufe rot oder blau, d. h. in Verbots- und Gebotsbereichen, in welchen Schäden durch geeignete Vorsorgemassnahmen zu vermeiden sind. Ohne solche Massnahmen werden im jetzigen Zeitpunkt keine Baubewilligungen erteilt.

Um die Sturzrisiken im Dorfbereich Adelboden zu bestimmen, wurde im Jahr 2008 durch die Arbeitsgemeinschaft Geotest AG / Kissling + Zbinden AG eine Risikoanalyse durchgeführt [2]. Die im Projektperimeter aufsummierten Risiken für zu erwartende Sach- und Personenschaden pro Jahr betragen für die Sturzprozesse ca. Fr. 50'000.-- pro Jahr, wobei der Anteil von Personenrisiken mit 70 % relativ gross ist.

Als Grundlage für die Risikoanalyse wurden eingehende Sturzmodellierungen durchgeführt und daraus Intensitätskarten ausgearbeitet.

Bereits im Rahmen des erwähnten Berichtes zur Risikoanalyse wurden erste Massnahmen evaluiert, um einen Schutz der gefährdeten Gebiete zu erreichen.

Anlässlich einer Sitzung vom 4. März 2009 mit Vertretern der Gemeinde Adelboden (I. Rösti) und der Abteilung Naturgefahren (Herren H. Buri und J. Häberle) wurde festgehalten, dass für die Realisierung von Schutzmassnahmen, welche eine Zurückstufung der aktuellen Gefahrenbereiche erlaubt, in einem ersten Schritt eine forstliche Vorstudie für die Erstellung von Steinschlagschutzmassnahmen auszuarbeiten ist.

Mit Datum vom 20. April 2009 erhielten wir von der Gemeinde Adelboden den Auftrag, die Vorstudie gemäss der Kostenschätzung vom 20. März 2009 durchzuführen. Wie vereinbart, sollte die Geotest AG die für die Vorstudie verlangten Risikoarbeiten (individuelle Risiken, Kostenwirksamkeit etc.) durchführen. Zudem sollten die wichtigsten Ergebnisse der Sturzmodellierungen aus der Risikoanalyse 2008 in die Vorstudie eingebaut werden.

1.2. Ausgeführte Arbeiten

Es wurden die nachfolgenden Arbeiten durchgeführt:

Kellerhals + Haefeli AG:

- Ergänzende geologische Feldaufnahmen
- Feldbegehung mit Netzfabrikant, Revierförster Th. Mühlemann und Bauverwalter M. Inniger für die genaue Festlegung der Schutznetze im Feld
- Kostenevaluation für die Schutznetze
- Variantenstudium der Massnahmen
- Abklärung betr. Naturschutz mit Naturschutzinspektorat (M. Graf)
- Beurteilung der Schutzmassnahmen gemäss den neuen Vorgaben der BAFU [7, 8]
- Besprechungen betr. Schutzmassnahmen und der entsprechenden Zurückstufung der Gefahrenbereiche mit Jörg Häberle (Abt. Naturgefahren); Überarbeitung des Berichtentwurfes
- Überarbeitung des Berichtentwurfes gemäss Stellungnahme des Gemeinderates Adelboden (Protokoll vom 21. Juli 2009) und telefonischer Besprechung mit M. Inniger und S. Lauber
- Darstellung der Resultate
- Berichterstattung

Geotest AG:

- Bestimmung des individuellen Risikos (auf bestehenden Grundlagen; mit EconoMe 2.0)
- Integration der Massnahmendaten und Berechnung des Individualrisikos nach Realisierung der Massnahmen mit EconoMe 2.0
- Berechnung der Kostenwirksamkeit
- Berichterstattung

1.3. Verwendete Unterlagen

- [1] KELLERHALS + HAEFELI AG, GEOTEST AG, KISSLING + ZBINDEN AG: Naturgefahrenkarte Gemeinde Adelboden. Karte 1:5'000 und Technischer Bericht. April 2004.
- [2] Arbeitsgemeinschaft GEOTEST AG / KISSLING + ZBINDEN AG: Naturgefahrenmanagement Adelboden. Risikoanalyse mit EconoMe 1.0. Bericht vom 15. Dezember 2008.

- [3] BUWAL, Eidg. Forstdirektion: Kreisschreiben Nr. 20, Schutzbauten und -anlagen (431.1); Begründung und Pflege von Wald mit besonderer Schutzfunktion (431.2), 11. Februar 1994.
- [4] Berücksichtigung von Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Empfehlungen BPR, BWW, BUWAL, 1997.
- [5] Risikostrategie Naturgefahren Kanton Bern: Umgang mit dem Risiko von Wasser-, Massenbewegungs- und Lawinenereignissen. Grundlagenpapier für die Klausursitzung des Regierungsrates zum Thema Risikostrategie vom 10. August 2005.
- [6] Naturschutzkarte des Kantons Bern (Amt für Landwirtschaft und Natur (online einsehbar auf dem Geoportal des Kantons Bern).
- [7] Strategie Naturgefahren Schweiz. Risikokonzept für Naturgefahren – Leitfaden. PLANAT, Testversion Februar 2009.
- [8] Strategie Naturgefahren Schweiz. Wirkung von Schutzmassnahmen („PROTECT“). PLANAT, Testversion Dezember 2008.
- [9] BAFU: Richtlinie über die Typenprüfung von Schutznetzen gegen Steinschlag. Ergänzung 2006. www.umwelt-schweiz.ch/publikationen
- [10] DTM-AV des Untersuchungsperimeters. Copyright Amt für Geoinformation, Bern.

1.4. Perimeter

Das Untersuchungsgebiet beschränkt sich auf den zentralen Siedlungsbereich der Gemeinde Adelboden (vgl. Abb. 1 und Anhang 1). Die westliche Begrenzung liefert das Sturzgebiet Under der Flue; die östliche Grenze wird durch das kleine Steinschlaggebiet südwestlich des Schmittegrabens gebildet. Für die bergseitige Begrenzung wurde der Perimeter der Gefahrenkarte verwendet.



Abbildung 1: Übersichtsfoto mit Blick auf die Gefahrenbereiche

2. Geologischer Überblick

Die Felsgebiete oberhalb des Dorfes Adelboden bestehen einerseits aus Gesteinen der Ultrahelvetischen Sattelzone („Zone des Cols“), andererseits aus der darüber lagernden Gesteinsabfolge der Niesen-Decke.

Von den Gesteinen der Sattelzone sind bezüglich Sturzgefährdung in erster Linie die massigen, meist unterschiedlich kompakten Malmkalke zu erwähnen, welche u. a. im Gefahrenbereich Under der Flue auftreten. Es können dabei zwei übereinander liegende Kalkkomplexe (Schuppen) festgestellt werden, welche durch eine Lage von sog. Oxfordschiefern getrennt sind. Der Malmkalk weist eine ausgeprägte Klüftung auf (vgl. [1]).

An der Basis der darüber liegenden Niesen-Decke treten u. a. Gips, Rauwacke und Dolomit auf, welche z. B. im Gebiet der Erika-Fluh westlich des Schmittegrabens zu finden sind.

3. Gefahrenbeurteilung

3.1. Allgemeines

Für die Gefahrenbeurteilung wird im Wesentlichen auf die Gefahrenkarte Adelboden verwiesen [1], welche u. a. auch auf dem Ereigniskataster mit mehreren Blocksturzerignissen sowie detaillierten Geländebefunden basiert.

Im Rahmen der Risikoanalyse [2] wurden die Gebiete erneut detailliert geologisch beurteilt, um damit die Grundlagen für die Sturzmodellierungen zu erhalten. Dabei wurden generell zwei Gefahrenbereiche bestimmt, die jeweils in drei verschiedene Teilgebiete unterteilt wurden (vgl. auch Darstellung in den Anhängen 2 ff):

Gefahrenbereich Under der Flue

Gebiet Reherti

Gebiet Under der Flue West

Gebiet Under der Flue Mitte und Ost (auch „Heinricheggen“ genannt)

Gefahrenbereich Adelboden-Dorf

Gebiet Adelboden-Dorf Süd (zwischen Schrenzi- und Uelisgraben)

Gebiet Adelboden-Dorf Mitte („Taubenschopf“)

Gebiet Adelboden-Dorf Nord („Erika-Fluh“)

3.2. Gefahrenbereich Under der Flue

Der Gefahrenbereich Under der Flue ist gekennzeichnet durch markante Felswände oberhalb des Dorfes, welche verschiedene Ausbruchgebiete bilden. Es handelt sich in der Regel um stark zerklüftete, z. T. grobbankige Malmkalke. Es sind verschiedene grössere Blocksturzereignisse bekannt (vgl. auch [1]) sowie ein grösserer Felsabbruch im Jahr 1820. Vor allem im Teilgebiet *Under der Flue Mitte* und *Ost* sind Stein- und Blockschläge häufig, während in den Teilgebieten *Under der Flue West* und *Reherthi* der Malmkalk kompakter und weniger zerklüftet ist und die Sturzereignisse damit seltener sind.

In einem Teilbereich des Abschnittes *Under der Flue Mitte und West* („Heinricheggen“) wurde vor ca. 15 Jahren unmittelbar unterhalb der Felswand ein ca. 2 m bis max. 3 m hoher Damm errichtet. Im DTM-AV-Modell [10] kommt der Damm nicht zum Ausdruck, sondern nur die Zufahrtsstrasse. Grössere Blöcke z. B. aus dem oberen Wandbereich werden den Damm überwinden oder direkt darüber hinweg springen. Frische Schlagspuren und hinter den Bäumen gestoppte Böcke (max. 1 m³) im darunter liegenden Wald dokumentieren, dass der Damm seine Funktion nur teilweise erfüllt.

3.3. Gefahrenbereich Adelboden-Dorf

Der Gefahrenbereich in den Teilgebieten *Adelboden-Dorf Süd* und *Mitte* sind gekennzeichnet durch stark zerklüftete Malmkalke, welche durch Mergelschieferlagen (Oxfordien) in Schuppen aufgeteilt sind. Markant ist insbesondere der so genannte „Taubenschopf“ im Teilgebiet *Adelboden-Dorf Mitte*. Die Felswand ist stark zerklüftet und es sind viele Stellen von frischen Ausbrüchen erkennbar. Sturzblöcke von über 1 m³ sind möglich. Der Waldweg direkt unterhalb der Felswand hält kleinere Ereignisse zurück. Grössere Blöcke oder Ereignisse aus dem oberen Teil der Felswand werden durch den Waldweg höchstens abgebremst; die meisten werden diesen jedoch überspringen. Auch bei den kleineren Felsaufschlüssen im östlichsten untersuchten Bereich, im Teilgebiet *Adelboden-Dorf Nord*, sind Malmkalke anstehend.

Die Lokalität „Erika-Fluh“ im Teilgebiet *Adelboden-Dorf Nord* hingegen besteht aus Gips. Die abgestufte Felsnase ist infolge Verwitterung und Wurzelsprengung stark aufgelockert. Auf Grund von früheren Sturzereignissen wurden zwei Dämme errichtet: Der obere, ca. 3 m hohe Damm liegt auf Kote 1'500 m ü. M. Der zweite Damm befindet sich weiter unten auf Kote 1'460 m ü. M. und ist ca. 6 m hoch. Zwischen den beiden Dämmen liegen verschiedene alte und frische Sturzblöcke von z. T. über 1 m Durchmesser verteilt. Unterhalb des unteren Dammes wurden keine Sturzkörper vorgefunden.

4. Gefahrenpotenzial

4.1. Szenarien

Die aus den im Feld ermittelten Gefahrenherde zu erwartenden Blockgrössen sowie die dazu gehörende Ereignishäufigkeit wurden aus dem Technischen Bericht zur Gefahrenkarte übernommen [1].

Szenario	Blockgrösse Gefahrenbereich Under der Flue	Blockgrösse Gefahrenbereich Adelboden-Dorf
<30 J.	0.8 x 0.6 x 0.5 m (= 0.24 m ³)	0.7 x 0.6 x 0.3 m (= 0.126 m ³)
30 - 100 J.	1.4 x 1.3 x 1.2 m (= 2.184 m ³)	1.4 x 1.3 x 1.2 (= 2.184 m ³)
100 - 300 J.	1.4 x 1.3 x 1.2 m (= 2.184 m ³)	1.4 x 1.3 x 1.2 (= 2.184 m ³)

4.2. Sturzmodellierungen

Die Sturzmodellierungen wurden im Rahmen der Risikoanalyse durchgeführt [2]. Die auf der Basis eines hoch auflösenden Geländemodells (DTM-AV von Swisstopo [10]) durch die Geotest AG durchgeführte Modellierung erlaubt eine flächenhafte Erfassung der Sturzphänomene und eine Berechnung der Sprunghöhen und Energien. Zu diesem Zweck wurden im Gelände die für den Sturzprozess relevanten Parameter (Ausbruchzone, Dämpfung und Rauigkeit des Untergrundes im Transitgebiet, Wald etc.) erhoben, kartiert und schliesslich digital in das Modell eingegeben. Die wesentlichen Randbedingungen, nämlich die Dimension der Ausbruchkörper und die Ereignishäufigkeit, wurden aus dem Technischen Bericht der Gefahrenkarte übernommen [1] und wurden im Kapitel 4.1 bereits aufgelistet. Die Sturzbahnen aus den 3D-Blockmodellierungen sind in den Anhängen 2 (30-jährliches Ereignis) und 3 (100- bzw. 300-jährliches Ereignis) dargestellt. Diese Aufzeichnungen der Sturzbahnen dokumentieren gleichzeitig auch die Reichweiten der Blöcke. Generell zeigen die Modellierungen, dass diese Reichweite im Wesentlichen den Annahmen der Gefahrenkarte entspricht.

4.3. Intensitätskarten

Die Intensitätskarte für ein 30-jährliches Ereignis ist im Anhang 8 zu finden, diejenige für die 100- bzw. 300-jährlichen Ereignisse im Anhang 9.

In den 30-jährlichen Ereignissen treten in den Gefahrengebieten nur schwache (< 30 kJ) und mittlere Intensitäten auf (30 - 300 kJ), jedoch keine Intensitäten von über 300 kJ. Die Intensitätskarte für 100- bzw. 300-jährliche Sturzereignisse zeigt jedoch, dass praktisch der gesamte Gefahrenbereich Under der Flue starke Intensitäten von

über 300 kJ aufweist. Auch im Gefahrenbereich Adelboden-Dorf sind die Gebiete mit starker Intensität bei dieser Wiederkehrdauer relativ verbreitet.

Gegenüber der Gefahrenkarte treten gemäss den 3D-Modellierungen somit generell höhere Energien auf. Bekanntlich bedeuten Energien von über 300 kJ gemäss Gefahrenkarte eine rote Gefahrenstufe (= erhebliche Gefährdung).

Die Resultate der neuen, bedeutend detaillierteren Modellierungen haben zur Folge, dass gemäss Aussagen der Herren Buri und Häberle der Abteilung Naturgefahren (Sitzung vom 4. März 2009) die bestehende Gefahrenkarte mit den neuen Intensitäten zu ergänzen ist, d. h. die Einstufungen entsprechend angepasst werden müssen. Diese Anpassung ist auf der Gefahrenkarte im Anhang 18 im Entwurf dokumentiert (Stand März 2009) und muss gemäss Abt. Naturgefahren bis zur Realisierung von Schutzmassnahmen angewendet werden.

5. Schadenpotenzial

Im Bereich des Wirkungsraumes der Sturzprozesse liegt eine grosse Anzahl von Gebäuden, welche im Rahmen der Risikoanalyse im Detail aufgenommen und bewertet worden sind. Es handelt sich im Wesentlichen um Einzelhäuser (bewohnt oder als Ferienhäuser genutzt). Zudem im Wirkungsbereich der Sturzprozesse auch Bauzonen. Zurzeit steht eine Ortsplanungsrevision an, welche in der Vernehmlassung ist. Die Lage der Bauzonen und der bewohnten bzw. der nicht ständig bewohnten Häuser ist im Anhang 17 zu finden.

6. Schutzziele und Schutzdefizite

6.1. Schutzziele

Gemäss der kantonalen Schutzzielmatrix [5] gilt für Siedlungen das Nachfolgende:

In der **Objektkategorie 1** mit Bauzonen, geschlossenen Kleinsiedlungen und ständig bewohnten Einzelbauten gilt:

30 und 100-jährliche Ereignisse:	Schutzmassnahmen nötig bei mittleren und starken Intensitäten
300-jährliche Ereignisse:	Schutzmassnahmen nötig bei starken Intensitäten

In der **Objektkategorie 2** mit u. a. zeitweise bewohnten Einzelbauten (z. B. Ferienhäuser) gilt:

30-jährliche Ereignisse:	Schutzmassnahmen nötig bei mittleren und starken Intensitäten
100- und 300-jährliche Ereignisse:	Schutzmassnahmen nötig bei starken Intensitäten

6.2. Schutzdefizite

Die Intensitätskarte für 100- und 300-jährliche Ereignisse (Anhang 9) zeigt, dass im Untersuchungsperimeter ein relativ grosses besiedeltes Gebiet betroffen ist, das der Objektkategorie 1 entspricht (vgl. auch Anhang 17 mit Lage der heute gültigen Bauzone). Es besteht dort ein ausgewiesenes Schutzdefizit.

Im Weiteren weisen auch verschiedene nicht ständig bewohnte Ferienhäuser (Objektkategorie 2) im Perimeter der Sturzereignisse ein Schutzdefizit auf.

7. Risikoberechnung (Geotest AG)

7.1. Allgemeines

Die aktuellen Risiken durch Naturgefahren in der Gemeinde Adelboden wurden in der Studie „Naturgefahrenmanagement Adelboden; Risikoanalyse mit EconoMe 1.0“ vom Dezember 2008 [2] berechnet. Für die vorliegende Vorstudie wurden diese Risikowerte übernommen und mit den fehlenden individuellen Todesfallrisiken ergänzt. Für die Auswertung der Kostenwirksamkeit der verschiedenen, vorgeschlagenen Massnahmen wurde die gesamte Berechnung mit den neu definierten Parametern analog zur Berechnung der aktuellen Risiken durchgeführt.

Die Risikoberechnungen erfolgten für den Wirkungsraum jedes einzelnen Schutzwerkes in einem separaten EconoMe – Projekt. Dadurch mussten die Resultate aus acht verschiedenen Dokumenten zusammengetragen werden.

7.2. Aktuelle Risikosituation

7.2.1. Kollektivrisiko *R*

Das aktuelle Kollektivrisiko [2] ergibt sich aus der Summe aller Einzelrisiken pro Szenarium. Mit dem Kollektivrisiko kann die Grösse des Risikos für die einzelnen Exponenten (Bsp. Gebäude, Personen) abgeschätzt werden. Die detaillierten kollektiven Risiken für

die Wirkungsräume der verschiedenen Abschnitte (Wirkungsräume der geplanten Schutzbauten) sind in der nachfolgenden Tabelle 1 aufgeführt.

7.2.2. Individuelles Todesfallrisiko

Das individuelle Todesfallrisiko wiedergibt die Wahrscheinlichkeit für eine Person in Adelsboden, an einer bestimmten Stelle durch Naturgefahren (im vorliegenden Fall durch Sturzprozesse) umzukommen. Diese Berechnungen fehlten in der bestehenden Studie [2]. Die individuellen Risiken wurden daher für die aktuelle Gefahrensituation ergänzt und anschliessend auch für die Situation nach Ausführung der Massnahmen berechnet. Das individuelle Todesfallrisiko liegt in den Gebieten, wo sich dauerbelegte Häuser im Bereich von starken Intensitäten (Anhang 9) bzw. innerhalb der roten Gefahrenstufe (Anhang 17) befinden, zwischen 10^{-4} und 10^{-5} Todesfälle pro Jahr.

Die Berechnungen basieren auf den effektiven Besetzungszahlen der Gebäude, welche von der Gemeinde aufgenommen wurden. Diese liegen, bedingt durch die hohe Anzahl an Ferienwohnungen, deutlich unter dem durchschnittliche Belegungsgrad, welcher normalerweise für die Berechnungen eingesetzt wird. Da die individuellen Risiken für die einzelnen Gebäude ermittelt werden, sind sie im vorliegenden Bericht nicht aufgeführt. Sie können aber im beigelegten Projektdossier mit den EconoMe-Berechnungen (CD im Einband) nachgeschlagen werden.

Abschnitt Werk Nr.	Kollektivrisiko (Todesfälle / Jahr)	Kollektivrisiko (Fr. / Jahr)
I	1.38E-03	6'815.00
II	1.35E-03	6'223.00
III	1.34E-02	63'453.00
IV	1.09E-03	11'073.00
V	1.10E-03	5'206.00
VI	1.93E-03	9'876.00
nur VI A	1.93E-03	9'841.00
VII	1.17E-03	4'984.00
VIII	7.45E-04	3'947.00

Tabelle 1: Aktuelle Kollektivrisiken und individuelle Todesfallrisiken für die einzelnen Abschnitte (= Wirkungsbereiche der geplanten Verbauungen; siehe Anhang 19)

8. Schutzmassnahmen

8.1. Allgemeines

8.1.1. Wirkung von Schutzmassnahmen

Gemäss Vorgaben des BAFU bzw. der Nationalen Plattform Naturgefahren (PLANAT) ist bei Schutzmassnahmen grundsätzlich die Wirkung dieser Massnahmen bei Fragen der Raumplanung zu berücksichtigen. Die PLANAT hat deshalb eine Arbeitshilfe „Wirkung von Schutzmassnahmen“ herausgegeben, welche heute in Form einer Testversion vom Dezember 2008 besteht [8]. Dieser unter dem Kurznamen PROTECT laufende Bericht behandelt im Teil C auch spezifisch die Sturzprozesse.

Bei der Bemessung der Schutzmassnahmen wie auch bei der Berücksichtigung dieser Massnahmen bezüglich einer Rückstufung sind die Unsicherheiten bei der Prozessbeurteilung mit einzubeziehen. Die Unsicherheiten von Sturzprozessen können gemäss PROTECT als mässig bezeichnet werden (mässig = Punktezahl gemäss untenstehender Tabelle 2 zwischen 5 und 9 Punkten; eine Punktezahl < 5 bedeutet eine geringe Unsicherheit). Ausschlaggebend für die Beurteilung sind die allgemein sehr guten Datengrundlagen, die gute Begehrbarkeit und Einschätzbarkeit der verschiedenen Kriterien im Gelände sowie die 3D-Blockschlagmodellierungen.

Ort	Kriterium/Schwierigkeit	Bemerkungen	Punktezahl Unsicherheit
Allgemein	Ereignisse, stumme Zeugen	-	1
Ausbruchsort	Gebirgsverhältnisse	-	0
	Felssturz (Extremereignis)	-	2
Transitbereich	Topografie	DTM-AV	0
	Rauhigkeit	detaill. Geländeaufnahmen	1
	Dämpfung		1
	Wald		0
Auslaufbereich	Geländeeigenschaften	3D-Modellierung	1
Gesamtpunktezahl			6

Tabelle 2: Abschätzung der Bedeutung der Unsicherheiten von Sturzprozessen (Punktezahl gemäss [8])

8.1.2. Feldaufnahmen

Die Schutzmassnahmen wurden bereits in der Risikoanalyse kurz aufgeführt und beschrieben. Im Rahmen der forstlichen Vorstudie wurde diese Massnahmen konkretisiert und vor Ort auf Grund der genauen Kartengrundlagen (DTM-AV mit 1 m Höhenlinien) zusammen mit dem Revierförster Th. Mühlemann und dem Bauverwalter M. Inniger sowie einem Vertreter eines möglichen Netzlieferanten (Geobrug AG) bestimmt.

Ziel dieser Feldbestimmung war es, die Standorte der Netze bereits in einem ersten Stadium weitgehend festzulegen bzw. auch allfällige Varianten zu evaluieren, um ein allfälliges eindeutiges „No-go“ frühzeitig zu erkennen. Gleichzeitig konnte auf diesen genaueren Grundlagen auch eine präzisere Kostenschätzung durchgeführt werden.

Die Schutzmassnahmen wurden, ausgehend von den Schutzdefiziten, auf Grund der Energiewerte und der Sprunghöhen bestimmt. Dabei wurden die Richtlinien über die Typenprüfung von Schutznetzen gegen Steinschlag des BAFU (2006) berücksichtigt [9], welche die einzelnen Energieklassen mit ihrer entsprechenden Netzhöhe auflisten.

8.1.3. Variantenstudium

Grundsätzlich wurden allfällige Varianten bereits anlässlich der Feldbegehung diskutiert und gewichtet und, falls als kaum realistisch betrachtet, auch ausgeschlossen.

In der nachfolgenden Zusammenstellung der einzelnen Schutzwerke wurden nur noch diejenigen Varianten aufgeführt, welche nach wie vor als gut realisierbar eingeschätzt wurden und bei welchen die entsprechenden Vor- und Nachteile durch die Gemeinde- und die Subventionsbehörden gewichtet werden sollten. Einzelne Varianten führen zu Minderkosten, weisen jedoch auch Nachteile auf (z. B. Eingriffe ins Landschaftsbild, zu erwartende privatrechtliche Schwierigkeiten beim der Realisierung etc.). Die nachfolgend aufgeführten Schutzwerke stellen die Verfasservorschläge dar.

Die Errichtung von Schutzdämmen wurde partiell ebenfalls geprüft. Generell ist das Gelände für die Errichtung eines Dammes so steil, dass ein solcher mit einer Auffanghöhe von häufig zwischen 4 und 5 m mit vernünftigem Aufwand nicht realisiert werden kann. (Eine Vergleichsstudie zwischen Damm- und Schutznetzkosten an der Grimselstrasse hat ergeben, dass grössere Dämme im steilen Gelände [$> ca. 32^\circ$ bis 34°] aus Gründen der Stabilität eine sehr aufwändige Verankerung im Untergrund benötigen, so dass ein solcher Damm zwei- bis dreimal teurer zu stehen kommt als ein Schutznetz.)

Kleinere Dämme wie z. B. der bestehende Damm im Teilgebiet Under der Flue (vgl. Kapitel 3.2) oder der obere unterhalb der Erika-Fluh (Teilgebiet Adelboden-Dorf Nord; Kapitel 3.3) können ihre Funktion nur teilweise erfüllen und wurden in der Vergangenheit immer wieder übersprungen.

8.1.4. Angaben zur Kostenschätzung

Die einzelnen Werke wurden in den einzelnen Teilgebieten auf der Grundlage der Schutzdefizite festgelegt. Die Kosten für diese Werke wurden, ausgehend von den Grunddaten der einzelnen Netze (Länge, Energien, Netzhöhe), auf Grund von folgenden Angaben ermittelt:

- Kostenschätzung Geobruigg AG für Materialkosten der Schutznetze (Preis 2009)
- Kostenschätzung Burn & Künzi AG für Baumeisterarbeiten (Einbau, Installationen, Ankerarbeiten, Transporte etc.)
- Unvorhergesehenes (10 % von Materialkosten und Baumeisterarbeiten)
- Diverses, insbesondere:
 - Holzereiarbeiten (total ca. 1 ha Wald; Richtpreisangaben von Revierförster Th. Mühlemann)
 - Projektierungsarbeiten (Vorstudie, Vorprojekt, Submission, Bauleitung etc.)
 - Messtechnische Felsüberwachung (vgl. Kapitel 9)

Für Diverses wurde als grobe Annahme pro Laufmeter Schutznetz Fr. 140.-- eingesetzt.

Die Zusammenstellung der Kosten ist im Anhang 15 zu finden.

8.1.5. Beschreibung der Schutzwerke

Die einzelnen Schutzwerke werden in der Folge kurz stichwortartig beschrieben. Die entsprechenden Detailangaben sind wie folgt zu finden:

- Übersicht der Sprunghöhen: Anhänge 4 und 5
- Übersicht der Energieklassen: Anhänge 6 und 7
- Lage der Schutzwerke 1:2'000: Anhänge 10 bis 13
- Zusammenstellung der Kosten: Anhang 15
- Zusammenstellung der Eigentümer: Anhang 16
- Schadenpotenzial (Bauzonen, Nutzung): Anhang 17
- Fotodokumentation: Anhang 20

Die betroffenen Waldflächen wurden mit dem Revierförster Th. Mühlemann bestimmt (Annahme: Breite einer Schneise für ein Netz: ca. 10 m).

8.1.6. Weitere Massnahmen

Die vorgeschlagenen Schutznetze sind auf 100- bis 300-jährliche Ereignisse dimensioniert. Sehr seltene Sturzereignisse (> 300 Jahre) mit noch grösseren Sturzkörpergrössen als im Kapitel 4.1 angegeben können somit nicht zurückgehalten werden. Um eine

solche Gefährdung frühzeitig zu erkennen, werden weitere Massnahmen in Form einer Überwachung von grösseren, potenziell Abbruch gefährdeten Felspartien empfohlen (vgl. Kapitel 9).

8.2. Gefahrenbereich Under der Flue

8.2.1. Gebiet Reherti

Werk Nr. I

Situation:	Anhang 10
Schadenpotenzial:	3 bewohnte Häuser unterhalb Hahnenmoosstrasse
Schutzmassnahme:	Steinschlagschutznetz L = 80 m E = 1'000 kJ H = 4 m
Lage:	Im Wald oberhalb Strasse
Kosten (inkl. MWST):	Fr. 225'600.--
Betroffene Waldfläche:	ca. 900 m ²
Variante:	Keine
Foto:	Foto 1
Parzellen und Landbesitzer:	Nr. 706 und Nr. 1453: diverse Private
Naturschutzkarte:	-
Besonderes:	-

8.2.2. Gebiet Under der Flue West**Werk Nr. II**

Situation:	Anhang 10
Schadenpotenzial:	1 bewohntes Haus, zwei nicht ständig bewohnte Häuser oberhalb der Stiegelschwandstrasse
Schutzmassnahme:	Steinschlagschutznetz Werk Nr. II A: L = 30 m E = 1'000 kJ H = 4 m Werk Nr. II B: L = 70 E = 500 kJ H = 3 m
Lage:	Am Waldrand unterhalb Lichtung bzw. teilweise im Wald
Kosten (Werke A und B; inkl. MWST):	Fr. 229'200.--
Betroffene Waldfläche:	ca. 500 m ²
Variante:	Es ist denkbar, die entsprechenden Schutznetze weiter unten im Wald bzw. direkt oberhalb der Häuser zu platzieren. Bezüglich Dimensionierung gibt es keine Reduktion. Die Kosten würden jedoch höher ausfallen, da das Werk nicht zusammen mit dem Werk III via Forststrasse erstellt werden kann. Zudem sind die Schutznetze von weitem gut sichtbar.
Foto:	Foto 2
Parzellen und Landbesitzer:	Nr. 439: H. u. B. Burn
Naturschutzkarte:	-
Besonderes:	Versetzung des bestehenden Fussweges notwendig (z. B. auf Ostseite des Netzes)

8.2.3. Gebiet Under der Flue Mitte und Ost**Werk Nr. III**

Situation:	Anhang 11
Schadenpotenzial:	Grosse Anzahl von bewohnten Häuser beidseits der Dorfstrasse
Schutzmassnahme:	Steinschlagschutznetz Werk Nr. III A: L = 250 m E = 1'000 kJ H = 4 m Werk Nr. III B: L = 136 m E = 1'000 kJ H = 4 m Werk Nr. III C: L = 100 m E = 1'000 kJ H = 4 m Werk Nr. III D: L = 105 m E = 1'500 kJ H = 4 m
Lage:	Vorwiegend im Wald oberhalb Forststrasse; kurzer Abschnitt im Grasland im Werk Nr. III A
Kosten (Werke A bis D; inkl. MWST):	Fr. 1'629'800.--
Betroffene Waldfläche:	ca. 5'300 m ²

Variante:	<p>Im nördlichen Abschnitt ist eine <i>Variante III unten</i> wie folgt denkbar: Aufgrund der Energien und der Sprunghöhen ist es möglich, das 100 m lange Werk III D durch ein 105 m langes Werk III D weiter unten zu ersetzen. Das Werk käme hier teils in den Wald, teils direkt über den Häusern zu liegen. Das Werk mit der Variante III D unten ist kostengünstiger, weil hier gemäss den Sturzmodellierungen ein 3 m hohes 500 kJ-Netz genügt. Allerdings ist im Verhältnis mit den übrigen Netzen des Werkes III mit höheren Baumeisterarbeiten zu rechnen (Transporte!).</p> <p>Die Variante III unten führt zu Minderkosten von insgesamt rund Fr. 122'000.--. Sie hat jedoch den Nachteil, dass sie teilweise Landwirtschaftsland tangiert und infolge der guten Einsehbarkeit einen Eingriff ins Landschaftsbild darstellt. Zudem ist das Haus auf der Parzelle Nr. 1925 im Falle eines Ausreissers aus der Felswand Unter der Flue nicht geschützt.</p> <p>Die Erstellung eines <i>Dammes</i> bzw. die <i>Erweiterung</i> des bestehenden kleinen <i>Dammes</i> (vgl. Kapitel 3.2) im Bereich des heutigen Standortes ist technisch sehr aufwändig (vgl. auch Kapitel 8.1.3) bzw. ist wegen der Nähe zur Wand und der darunter folgenden steilen Böschung nicht zweckmässig.</p>
Foto:	Foto 3
Parzellen und Landbesitzer:	Nr. 439: H. u. B. Burn (im W); Nr. 574: Kanton Bern (AGG; Staatswald) im E
Naturschutz:	-
Besonderes:	Beim Werk Nr. III D (oben) ist auf einen Fussweg Rücksicht zu nehmen (Abspannungen der Seile)

8.3. Gefahrenbereich Adelboden-Dorf

8.3.1. Gebiet Adelboden-Dorf Süd

Werk Nr. IV

Situation:	Anhang 12
Schadenpotenzial:	Mehrere bewohnte Häuser im Bereich der Senggistrasse
Schutzmassnahme:	Steinschlagschutznetz L = 118 m E = 500 kJ H = 3 m
Lage:	Im Wald oberhalb der Senggistrasse
Kosten (inkl. MWST):	Fr. 233'900.--
Betroffene Waldfläche:	ca. 1'200 m ²
Variante:	Keine
Foto:	Foto 4
Parzellen und Landbesitzer:	Nr. 574: Kanton Bern (AGG; Staatswald)
Naturschutzkarte:	-
Besonderes:	Versetzung des bestehenden Fussweges (vgl. Foto 4); auf Nordseite des Netzes möglich

8.3.2. Gebiet Adelboden-Dorf Mitte**Werk Nr. V**

Situation:	Anhang 13
Schadenpotenzial:	Diverse bewohnte Häuser im Gebiet Senggistrasse / Schwendliweg
Schutzmassnahme:	Steinschlagschutznetz L = 100 m E = 1'500 kJ H = 4 m
Lage:	Im Wald oberhalb der Häuser
Kosten (inkl. MWST):	Fr. 339'200.--
Betroffene Waldfläche:	ca. 1'000 m ²
Variante:	Keine
Foto:	Foto 5
Parzellen und Landbesitzer:	Nr. 4060, Nr. 4502, evtl. Nr. 2687 (seitlich Abspannung): diverse Private; Nr. 574: Kanton Bern (AGG; Staatswald)
Naturschutzkarte:	Wenig oberhalb Westseite des Netzes: Waldnaturschutzinventar-Objekt

Werk Nr. VI

Situation:	Anhang 13
Schadenpotenzial:	Mehrere bewohnte Häuser im Gebiet Schwendliweg; evtl. auch Bauzone für Häuser (vgl. Anhang 17)
Schutzmassnahme:	Steinschlagschutznetz Werk Nr. VI A: L = 61 m E = 1'500 kJ H = 5 m Werk Nr. VI B: L = 60 E = 1'000 kJ H = 4
Lage:	VI A: Teilweise im Wald bzw. am Waldrand oberhalb Häuser oberhalb Strasse VI B: Im offenen Gelände unterhalb der Tschentenbahn
Kosten (Werke A und B; inkl. MWST):	Fr. 382'800.--
Betroffene Waldfläche:	ca. 500 m ² (VI A)
Variante:	Keine
Foto:	Werk Nr. VI A: Foto 6 Werk Nr. VI B: Foto 7
Parzellen und Landbesitzer:	Nr. 456: C. Schmid; Nr. 574: Kanton Bern (AGG; Staatswald) auf Südseite des Werkes VI A
Naturschutzkarte:	-

8.3.3. Gebiet Adelboden-Dorf Nord**Werk Nr. VII**

Situation:	Anhang 13
Schadenpotenzial:	Mehrere bewohnte Häuser im Gebiet W Haltenstrasse
Schutzmassnahme:	Steinschlagschutznetz Werk Nr. VII A: L = 66 m E = 1'000 kJ H = 4 m Werk Nr. VII B: L = 68 m E = 1'500 kJ H = 5 m
Lage:	Auf Talseite des Forstweges
Kosten (Werke A und B; inkl. MWST):	Fr. 416'500.--

Betroffene Waldfläche:	ca. 50 m ² (Nordteil VII B)
Varianten:	<p>Eine Versetzung des Werkes Nr. VII auf den talseitigen Rand der offenen, Landwirtschaftsfläche unterhalb der Forststrasse (= <i>Variante VII unten</i>) ermöglicht es, bedeutend schwächere Netze mit geringerer Netzhöhe einzusetzen, weil die Energien und die Sprunghöhen auf dem flacheren Abschnitt geringer bzw. kleiner sind.</p> <p>Die Variante VII unten führt zu Minderkosten von rund Fr. 94'000.--. Die Schutznetze werden jedoch im weitgehend offenen Gelände erstellt, was zu Einschränkungen in der landwirtschaftlichen Nutzung führt. Die Einsehbarkeit der Netze aus der Ferne ist nur örtlich gegeben. Der Unterhalt der Schutznetze beim Forstweg ist einfacher zu bewerkstelligen.</p> <p>Denkbar wäre auch anstelle eines Schutznetzes bei der Variante VII A (unten) der <i>Bau eines Dammes</i>, weil dort das Gelände etwas flacher ist. In Berücksichtigung der Umstände, dass die Kosten eines solchen Dammes gegenüber einem Netz (ca. Fr. 122'000.--) kaum günstiger werden und zudem die Realisierbarkeit eines Dammes infolge der landwirtschaftlichen Nutzung sicher erschwert werden würde, wird auf eine Weiterverfolgung dieser Variante verzichtet.</p>
Foto:	Foto 8; Variante VII (unten): Foto 9
Parzellen und Landbesitzer:	<p>VII (oben): Nr. 456: C. Schmid; Nr. 574: Kanton Bern (AGG; Staatswald) auf Nordseite des Werkes VII B</p> <p>Variante VII (unten): Nr. 456: C. Schmid; Nr. 3838: Adelwasser AG; Nr. 754: Kanton Bern (AGG; Staatswald) auf Nordseite des Werkes VII B</p>
Naturschutzkarte:	Das Schutznetz VII B tangiert im Nordteil auf einem kurzen Abschnitt von ca. 10 m einen Trockenstandort. Gemäss Rücksprache mit dem NSI (M. Graf) sind im Rahmen der Detailprojektierung genauere Abklärungen zu treffen. Ersatzmassnahmen sind jedoch erforderlich. Das NSI bevorzugt aus diesem Grund die Variante VII unten.
Besonderes:	<p>Um ein genügendes Lichtraumprofil auf der Forststrasse gewährleisten zu können, sind die Stützen bzw. die Abspannungen auf eine Höhe von 5 m zu setzen.</p> <p>Bei der Variante VII B unten ist ganz im NE ein Fussweg (Naturlehrpfad) betroffen; er ist neu anzulegen.</p>

Werk Nr. VIII

Situation:	Anhang 13
Schadenpotenzial:	Einige bewohnte Häuser an der Haltenstrasse
Schutzmassnahme:	Steinschlagschutznetz L = 75 m E = 500 kJ H = 3 m
Lage:	Im Wald bzw. am Waldrand oberhalb der Häuser
Kosten (inkl. MWST):	Fr. 153'300.--
Betroffene Waldfläche:	ca. 400 m ²
Variante:	Denkbar ist als Variante eine <i>Netzabdeckung</i> der potenziell gefährdeten Felspartien (z. B. mittels Schwerlastnetz, Typ Spider). Die Kosten dafür betragen rund Fr. 350.-- bis 400.-- pro m ² . Bei einer Abdeckfläche von rund 400 bis 500 m ² ist mit Gesamtkosten von rund Fr. 150'000.-- bis 200'000.-- (inkl. MWST) zu rechnen. Der Vorteil dieser Variante ist, dass sie das Landschaftsbild nicht beeinträchtigt. Der Gemeinderat Adelboden bevorzugt gemäss Protokoll vom 21. Juli 2009 die Variante Netzabdeckung.
Foto:	Foto 10
Parzellen und Landbesitzer:	Nr. 456: C. Schmid; evtl. auch Nr. 574: Kanton Bern (AGG; Staatswald), im unvermessenen Gebiet
Naturschutzkarte:	-
Besonderes:	-

8.4. Massnahmenbeurteilung

8.4.1. Allgemeines

Ziel der Massnahmenbeurteilung gemäss der Methode PROTECT der PLANAT [8] ist die Bestimmung der Zuverlässigkeit der Schutzmassnahmen unter Berücksichtigung der Prozesswirkung aller Szenarien.

8.4.2. Prozesskenntnisse

Die Prozesskenntnisse können im vorliegenden Fall als genügend betrachtet werden. Im Rahmen der Gefahrenkarte [1] und der Risikoanalyse [2] wurden alle notwendigen Grundlagen erarbeitet, um die erforderlichen Prozessinformationen zu erhalten. Allerdings wurden keine Sturzbahnsimulationen für mögliche Extremereignisse durchgeführt. Die Kubatur solcher sehr seltenen Ereignisse können im vorliegenden Fall nicht genau definiert werden und liegen fast im Bereich des Willkürlichen.

8.4.3. Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit der Schutzmassnahmen ergibt sich definitionsgemäss nach der Methode PROTECT aus der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit.

Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit wird bestimmt durch Material- und geotechnische Faktoren (oberirdische Teile, Verankerungen, Foundationen etc.). Diesen Faktoren müssen bei der Submission bzw. bei den Bauarbeiten berücksichtigt werden. Der Faktor Tragfähigkeit kann somit als erfüllt bezeichnet werden.

Gebrauchstauglichkeit

Für die Gebrauchstauglichkeit ist die Verminderung der Netzhöhe nach einem Ereignis bzw. nach einer Verfüllung zu berücksichtigen. Angesichts der nur wenigen grösseren, historische dokumentierten Ereignissen und der guten Kontrollierbarkeit der Schutznetze nahe des Siedlungsraumes ist nicht mit einer häufigen Verfüllung eines Netzes nach einem Ereignis gerechnet werden bzw. kann eine solche schnell behoben werden. Hingegen ist eine Verminderung der Nutzhöhe denkbar, wenn mehrere Blöcke hintereinander abstürzen und der nächstfolgende Block infolge ungenügender Netzhöhe nicht mehr zurückgehalten wird. Ein solcher Fall wird jedoch auf Grund der heutigen Kenntnisse als sehr seltenes Ereignis bezeichnet (> 300 Jahre). Dieselbe Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit gilt auch für einen abstürzenden Grossblock bzw. eines Felssturzes mit einer Wiederkehrperiode > 300 Jahre. Im Rahmen einer Früherkennung solcher Ereignisse sollen in den Ausbruchgebieten verschiedene Messüberwachungen durchgeführt werden (Kapitel 9).

Dauerhaftigkeit

Die Dauerhaftigkeit der Schutznetze kann durch Korrosion der Anker bzw. durch die Verwitterung des Ankermörtels eingeschränkt sein. Dieser Faktor ist Bestandteil der Submission bzw. der Arbeitsausführung und kann als erfüllt betrachtet werden.

Aufgrund dieser Beurteilung kann den vorgesehenen, typengeprüften Schutznetzen eine **hohe Zuverlässigkeit** zugeordnet werden.

8.4.4. Wirkungsbeurteilung

Die hohe Zuverlässigkeit der Schutzmassnahme bedeutet grundsätzlich, dass die Massnahme eine volle Wirkung hat, dies unter der Annahme der aufgeführten Szenarien. Für ein Extremereignis kann dies nur bedingt gelten. Ein Extremereignis stellt einen Überlastfall dar, d. h. es kann ein funktionelles Versagen infolge ungenügender Werkhöhe oder Energieaufnahme bedeuten (vgl. 8.4.3).

Die Unsicherheit im gesamten System resultiert einerseits auf der Prozessseite, andererseits auf der Massnahmenseite.

Die Unsicherheiten auf der **Prozessseite** wurden als mässig beurteilt (knapp über gering; vgl. Kapitel 8.1.1). Ein Extremereignis kann bezüglich Ausmass und Eintretenswahrscheinlichkeit mit einer regelmässig durchgeführten messtechnischen Felsüberwachung in der Regel erfasst werden.

Auf der **Massnahmenseite** ist die Zuverlässigkeit grundsätzlich als hoch zu bezeichnen (Kapitel 8.4.3). Im so genannten Überlastfall ist die Wirkung jedoch eingeschränkt.

9. Messtechnische Überwachung von Felspartien

Ausgehend von geschichtlichen Sturzereignissen (vgl. Ereigniskataster [1]) wie z. B. dem Felssturz im Jahr 1820 aus der Felswand Under der Flue wurde bereits in der Gefahrenkarte eine Zone mit Restgefährdung bezüglich Felssturzgefahr ausgeschieden. Eine solche Gefahrensituation tritt sehr selten auf (> 300 Jahre). Ein Schutz kann mit vernünftigem Aufwand kaum realisiert werden, da mit bedeutend grösseren Blöcken als in den vorliegenden Szenarien angenommen gerechnet werden muss.

Aus diesem Grund wurden Gebiete evaluiert, bei welchen eine solche Gefährdung besteht bzw. potenziell denkbar ist. In diesen Gebieten sollen, im Sinne einer Frühwarnung allfällige Bewegungen eines sich abzeichnenden Grossereignisses messtechnisch genauer ermittelt werden. Es handelt sich um folgende Gebiete (vgl. Anhang 14):

Gebiet Under der Flue („Heinrichheggen“)

Steilstehende Trennflächen im Malmkalk (vgl. Fotos 11 und 12 im Anhang 20).

Gebiet Adelboden-Dorf Mitte („Taubenschopf“)

Am Taubenschopf dürften in den stark zerklüfteten Malmkalken drei bis vier Messorte notwendig sein (vgl. Fotos 13 und 14 im Anhang 20).

Gebiet Adelboden-Dorf Nord („Erika-Fluh“)

Der Gipskörper an der Erika-Fluh wird bereits heute gelegentlich überwacht. Das bestehende Messsystem soll verfeinert werden (vgl. Foto 15 im Anhang 20).

Für die Überwachung ist vorgesehen, vorerst jeweils einfache Handmessstellen einzurichten, indem Distanzen zwischen zwei Bolzen erfasst werden. Die genauen Messorte werden durch den Geologen mit dem Bergführer bestimmt und installiert. Diese Messungen können anschliessend durch das Gemeindepersonal durchgeführt werden.

10. Zusammenstellung der Kosten

Die Kosten sind pro Werk bzw. gesamthaft auf der Tabelle im Anhang 15 zu finden.

Die Gesamtkosten betragen gemäss Verfasservorschlag insgesamt

Fr. 3'610'300.-- (inkl. MWST)

Dies ergibt bei einer Länge der Schutznetze von total 1'319 m einen durchschnittlichen Laufmeterpreis von

Fr. 2'040.-- (inkl. MWST)

Die Kosten lassen sich wie folgt aufschlüsseln (exkl. MWST):

A) Materialkosten Schutznetze (Preise 2009)	Fr.	1'454'500.--
B) Baumeisterarbeiten (Einbau, Installation etc.)	Fr.	1'422'400.--
C) Unvorhergesehenes (ca. 10 % von A und B)	Fr.	294'000.--
D) Holzerei (inkl. Holzerlös)	Fr.	24'000.--
E) Vorstudie	Fr.	28'000.--
F) Vorprojekt und Submission	Fr.	30'000.--
G) Landerwerb	Fr.	20'000.--
H) Auflageverfahren etc.	Fr.	15'000.--
I) Bauleitung inkl. Abrechnung	Fr.	45'000.--
K) Einrichtung der Messstellen inkl. Dokumentation	Fr.	6'000.--
L) Unvorhergesehenes (ca. 10 % von D bis K)	Fr.	16'500.--
Total	Fr.	3'355'400.--
+ MWST 7.6 %	Fr.	255'000.--
Gesamttotal (gerundet)	Fr.	3'610'300.--

Anmerkung: D bis L: Diverses (mit einem Total von Fr. 184'500.--; vgl. Tabelle Anhang 15).

Der Gemeinderat Adelboden unterstützt den Verfasservorschlag gemäss Protokoll vom 21. Juni 2009 im Wesentlichen, bevorzugt jedoch beim Werk VIII eine Netzabdeckung, was dort zu Mehrkosten von rund Fr. 50'000.-- führt.

Die obige Zusammenstellung stellt den Verfasservorschlag dar, d. h. ohne Berücksichtigung der Varianten III (unten), VII (unten) und VIII (Netzabdeckung).

Bei dieser Zusammenstellung wurde damit gerechnet, dass alle Schutzwerke in einer einzigen Etappe erstellt werden. Sollte die Verbauung jedoch in mehreren Etappen stattfinden, wären mit leicht höheren Gesamtkosten zu rechnen (Baumeisterarbeiten, Submission, Bauleitung etc.; vgl. Kapitel 15)).

11. Auswirkungen der Schutzmassnahmen auf die Gefahrenkarte

11.1. Allgemeines

In den Kapitel 8.1.1 und 8.4 wurde auf die Massnahmen- und Wirkungsbeurteilung der vorgeschlagenen Massnahmen gemäss PROTECT der PLANAT [8] eingegangen.

Die Massnahmen weisen grundsätzlich eine hohe Zuverlässigkeit mit einer genügenden Wirksamkeit auf. Dies gilt für alle Szenarien bis zur 300-jährlichen Wiederkehrperiode. Extremszenarien sind im vorliegenden Fall kaum sinnvoll zu integrieren, weil eine solche potenzielle Ausbruchkubatur nicht vorausgesagt werden kann. Da sich jedoch Extremereignisse in der Regel durch messbare Deformationen an Brüchen und Klüften und durch Vorabbrüche ankündigen, kann ein solches Szenario mittels einer sorgfältigen Felsüberwachung in der Regel frühzeitig erkannt und entsprechende Schutzmassnahmen getroffen werden. Extremereignisse, bei welchen die Schutznetze eine eingeschränkte Funktionsfähigkeit haben, stellen eine Restgefährdung dar.

Die Gebrauchstauglichkeit kann im Falle eines Blockschlages in dem Fall eingeschränkt sein, wenn bei einem Ereignis mehrere Blöcke nacheinander abstürzen und nach dem ersten Blocktreffer im Netz eine reduzierte Nutzhöhe verbleibt. Ein solches Szenario wird auf Grund des Ereigniskatasters als sehr selten erachtet (> 300 Jahre) und kann als Restgefährdung bezeichnet werden.

Diesem Umstand könnte allenfalls mit einer massiv stärkeren und höheren Netzvariante oder mit einer doppelten Netzreihe begegnet werden, was allerdings zu unverhältnismässig hohen Kosten bzw. zu einem ungenügenden Kosten-Nutzen-Faktor führen würde.

11.2. Gefahrenkarte nach Schutzmassnahmen

Die Auswirkungen der Schutzmassnahmen auf die Gefahrenkarte sind im Anhang 19 aufgetragen. Aus diesem Vorschlag ist erkennbar, dass weite Teile im Hang oberhalb des Dorfes Adelboden von der roten oder blauen Gefahrenstufe (vgl. Anhang 18) neu in die gelb-weiss schraffierten Fläche für Sturzprozesse zurückgestuft werden, welche für eine Restgefährdung gilt. Dies beinhaltet die Überlegung, dass bei einem Extremereignis (= sehr seltene Ereignis) ein Versagen der Schutznetze stattfindet und Blöcke bis in den eingezeichneten, bewohnten Bereich gelangen können.

Diese Flächen erhalten die Signatur SF X (= Restgefährdung durch Felssturz). Es handelt sich im Übrigen teilweise auch um Stellen, die bereits in der ersten Gefahrenkarte 2004 [1] durch denkbare, aber sehr selten eintretende Ereignisse betroffen werden könnten. Es sind gleichzeitig weitgehend auch diejenigen Stellen, wo eine messtechnische Felsüberwachung vorgeschlagen wird. Diese Überwachung erlaubt es, allfällige Bewegungen frühzeitig zu erkennen und allfällige Gegenmassnahmen zu ergreifen, so dass das Risiko weiter reduziert werden kann.

12. Risiken nach Realisierung der Schutzmassnahmen (Geotest AG)

12.1. Massnahmenwirkung

Für die Quantifizierung der Massnahmenwirkung müssen die vorgeschlagenen Schutzmassnahmen in den verschiedenen Abschnitten der Gefahrenbereiche Unter der Flue und Adelboden-Dorf separat betrachtet werden. Daher wurden die Risiken nach Realisierung der Massnahme für jeden einzelnen Werktyp einzeln kalkuliert. Die gesamten Berechnungen basieren auf der in Kapitel 11 beschriebenen Gefahrenbeurteilung nach Massnahmen (generelle Rückstufung der Gefahrenbereiche im Wirkungsraum der Massnahmen auf die Stufe Restgefährdung). Sowohl Massnahmenwirkung als auch die Berechnung der Risiken nach Realisierung der Massnahme wurden nach den aktuellen Vorgaben des Bundes [7 und 8] quantifiziert.

12.2. Risikoverminderung

Die Risikoverminderung nach Realisierung der Massnahmen muss für jede Variante von Verbauungen separat betrachtet werden. Im vorliegenden Falle drängen sich gemäss Kapitel 8 lediglich Netzverbauungen auf. Durch die vorgesehenen Schutznetze werden alle Stein- und Blockschläge des 30 – 300 jährlichen Szenariums zurückgehalten. Bei grösseren Ereignissen oder kurz hintereinander auftretenden Blockschlägen sind die geplanten Schutzmassnahmen ungenügend.

Solche Vorfälle werden aber der Restgefährdung (Kapitel 11.2) zugeordnet. Basierend auf diesen Annahmen werden für die drei behandelten Szenarien alle Risiken eliminiert, d. h. sowohl Kollektiv- als auch individuelle Todesfallrisiken nehmen den Wert Null an. Mit den geplanten Massnahmen wird die maximale Risikoreduktion erreicht (Tabelle 3).

Abschnitt (Werk Nr.)	Kollektivrisiko _{vor} (Todesfall/Jahr) = Risikoreduktion (Todesfall/Jahr)	Kollektivrisiko _{vor} (Fr./Jahr) = Risikoreduktion (Fr./Jahr)
I	1.38E-03	6'815.00
II	1.35E-03	6'223.00
III	1.26E-02	63'453.00
IV	1.09E-03	11'073.00
V	2.09E-03	5'206.00
VI (gesamt)	1.55E-03	9'876.00
VII	1.17E-03	4'984.00
VIII	7.45E-04	3'947.00

Tabelle 3: Restrisiken und Risikoreduktion bei Realisierung der verschiedenen Schutzmassnahmen

12.3. Kostenwirksamkeit

Mittels einer Kostenwirksamkeits-Analyse können die Kosten (jährliche Kosten) der verschiedenen Schutzmassnahmen und deren Schutzwirkung miteinander verglichen und die Wirksamkeit der Massnahmen beurteilt werden. Die Investitionskosten sind in Kapiteln 8.2 und 8.3 (bzw. Anhang 15) aufgeführt. Die jährlichen Kosten wurden nach EconoMe 2.0 aus den Investitionskosten unter Einbezug von Unterhalt und Werkslebensdauer abgeleitet. Die Berechnungen wurden mit folgenden Annahmen ausgeführt:

- Investitionskosten: Kostenschätzung in den Kapiteln 8.2 und 8.3
- Betriebskosten: 1.0 % der Investitionskosten
- Werklebensdauer der Schutzwerke: 50 Jahre

In nachfolgender Tabelle 4 sind die Resultate kurz zusammengefasst. Für die Werke III, VI und VII wurden jeweils verschiedene Verbauungsvarianten berechnet (vgl. Kapitel 8.2 und 8.3). Gemäss der gängigen Praxis sind Massnahmen mit Kostenwirksamkeiten, bzw. einem Nutzen- / Kostenverhältnis über 1 wirksam, solche unterhalb von 1 nicht wirksam.

Abschnitt (Werk Nr.)	Risikoreduktion (Fr./Jahr)	Massnahmen - jährliche Kosten (Fr./Jahr)	Nutzen- / Kostenverhältnis
I	6'815.00	9'024.00	0.8
II	6'223.00	9'168.00	0.7
III	63'453.00	65'192.00	1.0
III Variante unten	63'453.00	60'312.00	1.1
IV	11'073.00	9'356.00	1.2
V	5'206.00	13'568.00	0.4
VI (gesamt)	9'876.00	15'312.00	0.6
nur VI A	9'841.00	8'496.00	1.2
VII	4'984.00	16'600.00	0.3
VII Variante unten	4'984.00	13'288.00	0.4
VIII	3'947.00	6'132.00	0.6
VIII Variante Netzabdeckung	3'947.00	8'000.00	0.5

Tabelle 4: Risikoreduktion und Kostenwirksamkeit (Nutzen- / Kostenverhältnis) der verschiedenen Massnahmen

Es zeigt sich, dass mit den aktuellen Annahmen der Verfasservorschlag nur die Steinschlagschutzwerke Nr. III und IV kostenwirksam sind. Berücksichtigt man die Variantenvorschläge, dann ist auch das Werk VI A über den bewohnten Häusern kostenwirksam.

13. Andere Interessen / Konflikte

Andere Interessen oder Konflikte wurden bereits in der Phase der Vorstudie soweit als möglich abgeklärt oder es bestehen Lösungsvorschläge.

Fusswege

In verschiedenen Bereichen tangieren Schutznetze (meist nur randlich) bestehende Fusswege. Zusammen mit dem Revierförster und dem Bauverwaltung wurden anlässlich der Begehung erste Ideen für eine Umlegung der Weg skizziert (vgl. auch Beschreibung in den Kapiteln 8.2 und 8.3).

Landwirtschaftliche Nutzung

Je nach Varianten tangieren die Netze auch landwirtschaftlich genutztes Land. Die Zustimmung der Landbesitzer steht noch aus.

Wald

Der betroffene Wald ist weitgehend im Besitz des Kantons Bern. Ein Waldschutzinventar wird nicht tangiert (vgl. auch Kapitel 8.2 und 8.3). Die Lage der Netze im Wald ist gemäss Revierförster Th. Mühlemann unproblematisch.

Trockenstandort

Beim Werk VII B unterhalb der „Erika-Fluh“ wird auf einer kurzen Strecke ein Trockenstandort tangiert (vgl. auch Kapitel 8.3.3). Detailliertere Abklärungen mit dem Naturschutzinspektorat (NSI) werden im Rahmen des Vorprojektes gemacht. Das NSI verlangt bei einem Trockenstandort grundsätzlich Ersatzmassnahmen, bevorzugt im vorliegenden Fall jedoch die Variante VII unten.

14. Trägerschaft

Die Trägerschaft der Schutzmassnahmen wird durch die Gemeinde Adelboden gebildet. Mit den Eigentümern wurden, mit Ausnahme des Staatswaldes (Revierförster Th. Mühlemann) bisher keine Gespräche geführt.

15. Weiteres Vorgehen (Vorprojekt / Etappierung)

Die vorliegende Vorstudie wird den Subventionsbehörden (KAWA, Abt. Naturgefahren / BAFU) zur Stellungnahme zu unterbreiten. Bei Zustimmung kann anschliessend ein entsprechendes Vorprojekt erstellt werden.

Es ist davon auszugehen, dass bei einem gleichen Wirkungsgrad die Behörden die kostengünstigere Variante subventioniert, d. h. dass der Bauherrschaft gewisse Mehrkosten verbleiben, falls sie eine teurere Lösung bevorzugt.

Die vorgeschlagenen Schutzwerke können als Gesamtprojekt in einer Phase oder auch in mehreren Etappen erstellt werden. Grundsätzlich empfehlen wir aus Synergiegründen, das Vorprojekt für das gesamte Werk auszuarbeiten.

Inwiefern auch diejenigen Werke subventioniert werden, welche nicht kostenwirksam sind, haben die Subventionsbehörden zu entscheiden.

Eine mögliche Etappierung kann auf die Ergebnisse der Kostenwirksamkeit abgestimmt werden. Aus dieser Optik ist die nachfolgend skizzierte Etappierung denkbar:

1. Etappe (Angaben inkl. MWST)

Werk Nr. III	1'629'800.--
Werk Nr. IV	233'900.--
Werk Nr. VI A + VI B	382'800.--
Mehrkosten infolge Etappierung (Grobschätzung)	ca. 53'500.--
Total 1. Etappe	ca. 2'300'000.--

2. Etappe (Angaben inkl. MWST)

Werk Nr. I	225'600.--
Werk Nr. II	229'200.--
Werk Nr. V	339'200.--
Werk Nr. VII	416'500.--
Werk Nr. VIII	153'300.--
Mehrkosten infolge Etappierung:	ca. 36'200.--
Total 2. Etappe	ca. 1'400'000.--

Es ist selbstverständlich auch eine andere Etappierung möglich, welche sich z. B. nach den finanziellen Möglichkeiten der Gemeinde bzw. der Subventionsbehörde richtet.

KELLERHALS + HAEFELI AG

Dr. U. Gruner

Dr. J. Wanner

Bern, 19. August 2009
GR/st 6313