



Technische Universität Graz
Dekanat für Bauingenieurwissenschaften
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Erdrutsche

Ursachen – Bewältigung – Sanierung

Masterarbeit

von

Dipl.-Ing. Bianca TAFERNER, BSc

Vorgelegt zur Erlangung des
akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs
der Studienrichtung Bauingenieurwissenschaften – Geotechnik und Wasserbau

Erstbetreuer:

Dipl.-Ing. Dr. techn. Alfred HAMMER

Zweitbetreuer:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald ZENZ

Fernitz, im Mai 2014

EIDESSTÄTTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Fernitz, am

.....

(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources/resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Fernitz,

.....

(signature)

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mir während meiner Masterarbeit bzw. der gesamten Studienzeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Für die Betreuung der Masterarbeit von universitärer Seite bedanke ich mich recht herzlich bei Herrn Dipl.-Ing. Dr. techn. Alfred Hammer.

Weiters danke ich Herrn Hofrat DI Rudolf Hornich für die Anregung dieser Arbeit und Herrn DI Raimund Adelwöhrer für die Informationen zu Rutschereignissen in der Steiermark (beide vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung – Abteilung 14), sowie Herrn Günter Hohenberger, Referatsleiter der Landeswarnzentrale, für das informative Gespräch.

Ich danke ebenso Frau Mag. Sandra Ruckenstuhl und Herrn OAR Robert Winkler vom Gemeindeamt Fernitz für Informationen zu regionalen Rutschereignissen.

Außerdem bedanke ich mich recht herzlich bei Herrn Dr. Siegfried Hermann von Geolith Consult für anregende Gespräche und Informationen zum Thema Rutschereignisse.

Ein großer Dank gilt den Herren Manfred Lerchner und Robert Pirker von UNIQA Versicherungen für hilfreiche Informationen über die versicherungsspezifische Vorgehensweise bei Erdbeben.

Weiters danke ich Herrn Karl Wenzel von Allianz Versicherungen, sowie Fam. Fündler für ihr Entgegenkommen.

Schließlich möchte ich mich noch bei meiner Korrekturleserin Julia Dröscher für ihre Mühen bedanken.

Fernitz, am 12.05.2014

Kurzfassung

Die vorliegende Masterarbeit befasst sich mit der Thematik von Erdbeben. Dieses umfangreiche Thema wird in sieben Kapiteln näher beschrieben. Dabei wird im Besonderen auf die Ursachen, das Katastrophenmanagement und Sanierungen eingegangen. Ergänzt wird die Arbeit durch Fallbeispiele aus dem In- und Ausland.

Da Erdbeben für Menschen und Infrastrukturen eine große Gefahr darstellen, sind auch an die Behörden hohe Anforderungen bezüglich Risiko- und Katastrophenmanagement gestellt. Stellvertretend dafür wird in der vorliegenden Arbeit auf das Amt der Steiermärkischen Landesregierung näher eingegangen.

Erdbeben verdeutlichen durch die steigende Zahl und verheerenden Auswirkungen hohe volkswirtschaftliche Schäden. Zwei Erdbeben-Fälle aus der Steiermark sollen durch detaillierte Erläuterungen und bildliche Ergänzungen einen Einblick in die Praxis der Bewältigung geben.

Abstract

This master thesis deals with the topic landslides. The enormous issue is described in seven chapters. Especially the causes, the disaster management and the remediation of landslides are described. The master thesis is supplemented by example cases from Austria and foreign countries.

Due to the risk to human beings and infrastructures, there are high requirements on authorities and their risk and disaster management. Especially the *Office of the government of Styria* and the departments responsible for landslides are discussed in detail.

This kind of natural disaster also affects the province Styria and demonstrates its high economic losses by the increasing number of incidents and their devastating impacts. Two cases from Styria with detailed explanations and pictorial supplements should give an insight into the practice of removing of such damages.

Inhaltsverzeichnis

<u>1. EINLEITUNG.....</u>	<u>4</u>
1.1 ZIELE DER ARBEIT.....	5
1.2 VORGEHEN	6
1.3 GLIEDERUNG DER ARBEIT	7
<u>2. GRUNDLAGEN ÜBER ERDRUTSCHE.....</u>	<u>8</u>
2.1 BEGRIFFSDEFINITIONEN	8
2.1.1 HANG.....	8
2.1.2 BÖSCHUNG	8
2.1.3 GRAVITATIVE MASSENBEWEGUNG.....	8
2.1.4 RUTSCHUNG	9
2.1.5 ERDRUTSCH BZW. HANGRUTSCHUNG.....	10
2.1.6 MURE	10
2.1.7 BERGSTURZ.....	12
2.1.8 BODENKRIECHEN.....	13
2.1.9 SOLIFLUKTION	13
2.1.10 GELIFLUKTION	13
2.1.11 DRIFTEN.....	13
2.2 MERKMALE VON ERDRUTSCHEN.....	14
2.2.1 TYPEN VON ERDRUTSCHEN.....	14
2.2.2 AKTIVITÄTSPHASEN VON ERDRUTSCHEN.....	16
2.3 BEWEGUNGSARTEN VON ERDRUTSCHEN.....	17
2.3.1 ROTATIONSRUTSCHUNG	17
2.3.2 TRANSLATIONSRUTSCHUNG	19
2.4 RISIKOFAKTOREN UND URSACHEN FÜR ERDRUTSCHE.....	20
2.5 FOLGEN VON ERDRUTSCHEN.....	22
2.5.1 PRIMÄRE FOLGEN VON ERDRUTSCHEN	22
2.5.2 SEKUNDÄRE FOLGEN VON ERDRUTSCHEN.....	23
2.6 GEGENMAßNAHMEN UND SANIERUNGEN	24
2.6.1 VORBEUGENDE MAßNAHMEN	27
2.6.2 GEFAHRENBEURTEILUNG.....	27

2.6.3	GEFAHRENKARTEN.....	28
2.6.4	SOFORTMAßNAHMEN	31
2.6.5	DRAINAGEN.....	32
2.6.6	MECHANISCHE TEILVERBAUUNG	32
2.6.7	KRAINER WAND.....	34
2.6.8	BODENSTABILISIERUNGEN.....	35
2.6.9	VERÄNDERUNG DER TOPOGRAPHIE.....	38
2.6.10	ÜBERWACHUNG, MONITORING UND FRÜHWARNSYSTEME	39
2.6.11	WALD	42
2.6.12	MAßNAHMEN AM GEBÄUDE.....	42

3. GEOLOGISCHER HINTERGRUND..... 43

3.1	BODEN- UND FELSMCHANISCHE ASPEKTE.....	44
3.1.1	EINFLUSS DER BODENART.....	44
3.1.2	EINFLUSS VON WASSER	44
3.2	HANGSTABILITÄTSBERECHNUNGEN.....	45
3.2.1	BERECHNUNGSGRUNDLAGEN ZUR HANGSTABILITÄT.....	48
3.2.2	LAMELLENFREIES VERFAHREN.....	49
3.2.3	GLEITKREISVERFAHREN NACH KREY/BISHOP	51

4. BEHÖRDLICHES KRISENMANAGEMENT..... 58

4.1	RISIKOMANAGEMENT	58
4.2	RECHTSGRUNDLAGEN.....	61
4.2.1	STEIERMÄRKISCHES KATASTROPHENSCHUTZGESETZ	61
4.2.2	KATASTROPHENFONDSGESETZ.....	62
4.2.3	KATASTROPHENFONDS-RICHTLINIE STEIERMARK	62
4.2.4	RICHTLINIE FÜR DAS FÜHREN IM KATASTROPHENEINSATZ	63
4.3	AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG.....	64
4.3.1	ABTEILUNG 7 – LANDES- UND GEMEINDEENTWICKLUNG.....	68
4.3.2	ABTEILUNG 10 – LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT	69
4.3.3	ABTEILUNG 14 – WASSERWIRTSCHAFT, RESSOURCEN UND NACHHALTIGKEIT.....	70
4.3.4	FACHABTEILUNG KATASTROPHENSCHUTZ UND LANDESVERTEIDIGUNG	72
4.4	ERDRUTSCHE IN DER GEMEINDE FERNITZ.....	75

4.4.1	SCHÄDEN AN PRIVATEIGENTUM	75
4.4.2	SCHÄDEN AN GEMEINDEEIGENTUM.....	77
4.5	SOFORTHILFEMAßNAHMEN BEI EINER KATASTROPHE.....	79
4.5.1	FÜHRUNGSSTAB	79
4.5.2	VERRECHNUNG DER KOSTEN FÜR SOFORTHILFEMAßNAHMEN	80
4.6	VORGEHENSWEISE NACH EINEM ERDRUTSCH – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG.....	81
4.7	VORGEHENSWEISE NACH EINEM ERDRUTSCH – VERSICHERUNGSUNTERNEHMEN AM BEISPIEL DER UNIQA	83
<u>5.</u>	<u>BEISPIELE VON ERDRUTSCHEN.....</u>	<u>84</u>
5.1	ERDRUTSCH IM VAJONT-TAL (ITALIEN).....	86
5.2	ERDRUTSCH IN NACHTERSTEDT (DEUTSCHLAND).....	89
5.3	ERDRUTSCHE IN ZHOUQU (CHINA)	92
5.4	ERDRUTSCH IN INZING (ÖSTERREICH)	94
<u>6.</u>	<u>ERDRUTSCHE IN DER STEIERMARK.....</u>	<u>95</u>
6.1	ERDRUTSCH BEI SIEDLUNG WEINKORBWEG – GEMEINDE PARSCHLUG	101
6.1.1	ERKUNDUNGSMÄßNAHMEN.....	103
6.1.2	URSACHEN.....	105
6.1.3	SICHERUNGS- UND SANIERUNGSMÄßNAHMEN	106
6.1.4	BAUMAßNAHMEN	108
6.1.5	REKULTIVIERUNG	110
6.2	ERDRUTSCH IN GÖRITZ – GEMEINDE PARSCHLUG.....	111
6.2.1	SCHADENSBIKD.....	111
6.2.2	GEOLOGISCHE BEWERTUNG	115
6.2.3	SICHERUNGS- UND SANIERUNGSMÄßNAHMEN	116
<u>7.</u>	<u>ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....</u>	<u>120</u>
	LITERATURVERZEICHNIS	121
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	131
	TABELLENVERZEICHNIS	133
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	134

1. Einleitung

Weltweit zählen Erdbeben zu den am weitest verbreiteten geologischen Gefahren. Bereits aus der Zeit um 1770 vor Christus gibt es erste schriftliche Belege dazu. Diese wurden von einem Erdbeben ausgelöst und sperrten die chinesischen Flüsse Yi und Lo, was zu großen Überschwemmungen führte.¹

Erdbeben gehören zu jenen Naturgefahren, die auch in Österreich vermehrt auftreten. Aufgrund aktueller Fälle in der Steiermark wird dieser Thematik in vorliegender Arbeit eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

In der Literatur findet man zu den Ursachen häufig den Hinweis auf Bevölkerungswachstum und den damit verbundenen Ausbau der Infrastruktur, sowie die globale Klimaveränderung.²

Im Ereignisfall verursachen die resultierenden Schäden oft hohe Kosten. Da diese jedoch nicht nur materieller Natur sind, sondern auch Menschenleben gefordert werden, ist es von großer Bedeutung, der Gefahr von Erdbeben entgegenzuwirken.

Ein geeignetes Instrument zur Vorsorge ist die Anwendung von Risikomanagement. Sollte ein Erdbeben nicht verhindert werden können oder sind bereits Schäden entstanden, so ist der Einsatz von Katastrophenmanagement/-bewältigung unumgänglich.

Am Katastrophenmanagement sind Behörden beteiligt, wie beispielsweise das Amt der Steiermärkischen Landesregierung, welche die Opfer während der Sanierungsarbeiten und auf dem Weg zu Fördermitteln unterstützen. Auch Planungsbüros und Versicherungsunternehmen wirken an der Bewältigung mit.

Ein Beispiel eines Rutschereignisses – dargestellt in Abbildung 1-1 auf Seite 7 – verdeutlicht das mögliche Schadensausmaß einer solchen Naturkatastrophe.

¹ Vgl. SCHWANKE, K., PODBREGAR, N., LOHMANN, D., FRATER, H.: Naturkatastrophen. Wirbelstürme, Beben, Vulkanausbrüche – Entfesselte Gewalten und ihre Folgen, S 62

² Vgl. FEUERBACH, J.: Erdbeben, Erdsenkung, Bergsturz – Eine wenig beachtete Elementargefahr, S 1

Hinweise für den Leser:

Zitate, welche mit einem „Vgl.“ gekennzeichnet sind, deuten darauf hin, dass die Informationen von aufgelisteter Literatur bezogen und sinngemäß wiedergegeben wurden. Dies trifft auf kursiven Text unter Anführungszeichen zu.

Steht kein „Vgl.“ vor der Literatur, wurde der Text, die Tabelle oder die Abbildung ohne Abänderung übernommen. Die Abkürzung ff. im Anschluss an die Seiten- oder Folienzahl in den Zitaten bedeutet, dass zusätzlich eine oder mehrere Folgeseiten bzw. -folien der herangezogenen Literatur betroffen sind.

1.1 Ziele der Arbeit

Ein wesentliches Ziel der Arbeit ist es, dem Leser Grundlagen über Erdbeben zu vermitteln. Dies beinhaltet unter anderem Ursachen und Sanierungsmaßnahmen dieser Naturkatastrophe. Des Weiteren werden auch Merkmale sowie geologische Aspekte erläutert.

Nicht nur Wirtschaftsgüter, sondern auch Menschenleben können von Rutschereignissen betroffen sein. Um Schäden zu reduzieren oder zu verhindern, gewinnt der Einsatz von Risiko- und Katastrophenmanagement immer mehr an Bedeutung,

Im Anschluss beschreiben einige Beispiele aus dem In- und Ausland die häufig dramatischen Auswirkungen.

Zwei Fälle von Rutschereignissen aus der Steiermark, welche durch ihre detaillierte Erläuterung einen Einblick in die Praxis von Schadensbewältigung liefern, sollen dem Leser verdeutlichen, dass es sich hierbei um eine allgegenwärtige Naturgewalt handelt.

1.2 Vorgehen

Die Methodik für die Erstellung der vorliegenden Arbeit war eine Kombination aus Literaturrecherchen und Interviews mit Beteiligten zum Thema „*Erdrutsche*“.

Bedeutende Literatur war:

- Studienunterlagen von Universitäten
- Bücher zu Naturkatastrophen und gravitativen Massenbewegungen
- Berichte eines Planungsbüros
- Zeitungsartikel

Ergänzt wurden aufgelistete Bezugsquellen durch Internetrecherchen.

Nach der Abhandlung der allgemeinen Grundlagen (Begriffsdefinitionen, Merkmale etc.) wurden zunehmend auf Ereignisse in der Steiermark Interviews mit folgenden Personen geführt:

- Zwei Mitarbeitern des Amts der Steiermärkischen Landesregierung (Abteilung 14 und Landeswarnzentrale)
- Zwei Mitarbeitern eines Gemeindeamts
- Einem Geschäftsführer eines Planungsbüros
- Zwei Mitarbeitern eines Versicherungsunternehmens

Die vermittelten Informationen wurden in die Arbeit aufgenommen und durch Fallbeispiele ergänzt.

1.3 Gliederung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in sieben Kapitel. Der Bogen wird von den Grundlagen (Begriffsbestimmungen, Merkmale, Folgen, etc.) über den geologischen Hintergrund bis hin zum behördlichen Krisenmanagement gespannt. Ein besonderes Augenmerk wurde anhand von Fallbeispielen der Bewältigung von Rutschereignissen gewidmet.



Abbildung 1-1 – Rutschereignis und Schadensausmaß (Beispiel aus Almogía)³

³ LANDESBILDUNGSSERVER BADEN-WÜRTTEMBERG:

http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/biologie/projekt/biodiversitaet/climate_net_protokoll_april_2010.html – Zugriff am 01.03.2014

2. Grundlagen über Erdrutsche

Dieses Kapitel behandelt die Grundlagen von Erdrutschen. Hier werden allgemeine Begriffe erläutert, um ein Verständnis für die Thematik von Rutschen zu erhalten.

Anschließend werden Merkmale, Arten und Ursachen, sowie Folgen und Gegenmaßnahmen von Erdrutschen beschrieben.

2.1 Begriffsdefinitionen

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit einleitenden Begriffen und Definitionen.

2.1.1 Hang

Der Begriff „Hang“ steht für eine natürliche Böschung.⁴

2.1.2 Böschung

Im Unterschied zum Hang, stellt eine Böschung eine künstlich hergestellte Aufschüttung dar.⁵

2.1.3 Gravitative Massenbewegung

Gravitative Massenbewegungen werden auch gravitative Massenschwerebewegungen genannt und sind dem Hang abwärts gerichtete Verlagerungsvorgänge, welche im flach bis steil geneigten Gelände vorkommen können.⁶

„Charakteristisch für Massenbewegungen sind die Bewegung benachbarter Partikel im ursprünglichen Verband und die oftmals unsortierte Ablagerung des Materials.“⁷

⁴ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMECHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Böschungen und Geländesprünge, S O.1

⁵ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMECHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Böschungen und Geländesprünge, S O.1

⁶ Vgl. ZEPP, H.: Geomorphologie. Grundriss Allgemeine Geographie, S 103

⁷ LINDNER, H.: Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr, S 4

Wie in Abbildung 2-1 ersichtlich, lassen sich Massenbewegungen nach Geschwindigkeit und Bewegungsmuster einteilen. Die Geschwindigkeit der Massen kann zwischen weniger als 1 mm/d und 100 m/s reichen. Auch das Wasser spielt eine große Rolle. Je nasser der Boden ist, desto eher kann ein Fließen eintreten. Trockene Böden können zu Stürzen führen.⁸

Die Massenbewegungen lassen sich einteilen in:⁹

- Fließen
- Gleiten
- Stürzen
- Versatz (Kriechen)

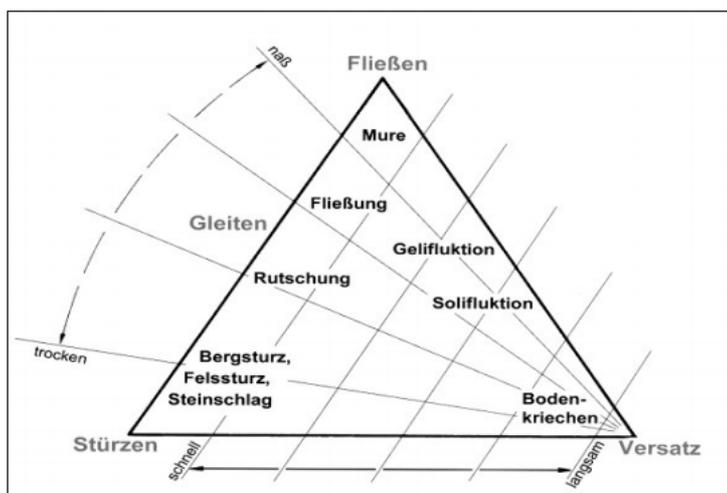


Abbildung 2-1 – Typisierung von Massenschwerebewegungen¹⁰

2.1.4 Rutschung

Unter einer Rutschung versteht man eine Massenbewegung. Eine Massenbewegung wiederum ist ein Prozess, bei welchem sich Gesteinsmaterial von Ber-

⁸ Vgl. ZEPP, H.: Geomorphologie. Grundriss Allgemeine Geographie, S 104 ff.

⁹ Vgl. ZEPP, H.: Geomorphologie. Grundriss Allgemeine Geographie, S 104

¹⁰ ZEPP, H.: Geomorphologie. Grundriss Allgemeine Geographie, S 104

gen lockert und sich durch die Schwerkraft nach unten bewegt, ohne dass Transportmedien (z.B. Schnee, Wasser) mitwirken.¹¹

Zu den Rutschungen gehören Rotations- und Translationsrutschungen. Auf diese wird in Kapitel 2.3 näher eingegangen.

2.1.5 Erdrutsch bzw. Hangrutschung

Die Begriffe „Erdrutsch“ und „Hangrutsch“ bzw. „Hangrutschung“ bedeuten im Grunde das Gleiche.

Sie sind „hangabwärts gerichtete Bewegungen“.¹²

Ein großer Erdrutsch kann auch als „Bergbruch“ betitelt werden, während ein kleiner als „Hangrutschung“ bezeichnet werden kann.¹³

2.1.6 Mure

Eine Mure ist ein „in Gebirgsgegenden durch starken Regen oder Schneeschmelze hervorgerufener Strom von Schlamm und Gesteinsschutt“.¹⁴

Eine Mure gehört zu den Fließungen von Bodenmaterial.¹⁵

Abbildung 2-2 auf Seite 11 zeigt eine schematische Darstellung der Massenbewegung Fließen.

¹¹ Vgl. SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT: <http://www.planat.ch/de/wissen/rutschung-und-felssturz/> – Zugriff am 16.12.2013

¹² SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT: <http://www.planat.ch/de/wissen/rutschung-und-felssturz/erdrutsch/> – Zugriff am 16.12.2013

¹³ Vgl. YAHOO! DEUTSCHLAND – YAHOO CLEVER: <http://de.answers.yahoo.com/question/index?qid=20111109032254AAhver> – Zugriff am 18.03.2014

¹⁴ BIBLIOGRAPHISCHES INSTITUT: <http://www.duden.de/rechtschreibung/Mure> – Zugriff am 18.12.2013

¹⁵ Vgl. LINDNER, H.: Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr, S 7

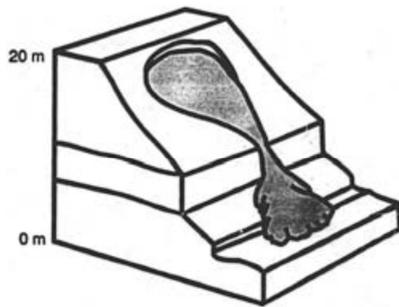


Abbildung 2-2 – Fließbewegung eines Hanges¹⁶

Der Unterschied zwischen einer Mure und einem Erdbeben ist folgender: Während eine Mure, ähnlich wie eine Lawine, einen oberflächlichen Abgang von Material darstellt, sind Erdbeben Abwärtsbewegungen, die durch eine Gleitbahn im Untergrund hervorgerufen werden, an der Erde und Gestein abrutschen.¹⁷

Rutschungen und Murgänge unterscheiden sich von Fels- und Bergstürzen insofern, dass es sich um Massenbewegungen von unverfestigtem Gestein handelt.¹⁸

Abbildung 2-3 stellt ein Beispiel von Hangmuren in Oberrickenbach in der Schweiz dar.



Abbildung 2-3 – Hangmuren in Oberrickenbach (Schweiz)¹⁹

¹⁶ FEUERBACH, J.: Erdbeben, Erdsenkung, Bergsturz – Eine wenig beachtete Elementargefahr, S 3

¹⁷ Vgl. ORF OOE: <http://oev1.orf.at/stories/241849> – Zugriff am 18.12.2013

¹⁸ Vgl. THALMANN, K.: Handout zur Unterrichtslektion Rutschungen und Murgänge im Fach Geographie für die 5. Klasse der Kantonschule, S 1

2.1.7 Bergsturz

Der Bergsturz zeichnet sich dadurch aus, dass sich durch den Verwitterungsprozess gelockerte Teile der Felswand lösen und zu Boden stürzen, wo sie einen Schutthaufen bilden. Charakteristisch für diese Art von Massenbewegung ist die Geschwindigkeit. Binnen weniger Sekunden bzw. Minuten können sich ganze Bergflanken lösen und ins Tal stürzen.²⁰

Bei Stürzen gibt es die Bewegungsarten „fallen“ und „kippen“. Das Fallen ist eine teilweise freie Fallbewegung, bei dem sich das gelöste Material entlang der Flugbahn bewegt. Kippen ist eine vorwärts rotierende Bewegung von Felsblöcken oder Felssäulen, bei dem das Material seine Struktur als Ganzes behält.²¹

Abbildung 2-4 und Abbildung 2-5 stellen die beiden Bewegungsarten „fallen“ und „kippen“ graphisch dar.



Abbildung 2-4 – Fallbewegung eines Hanges²²

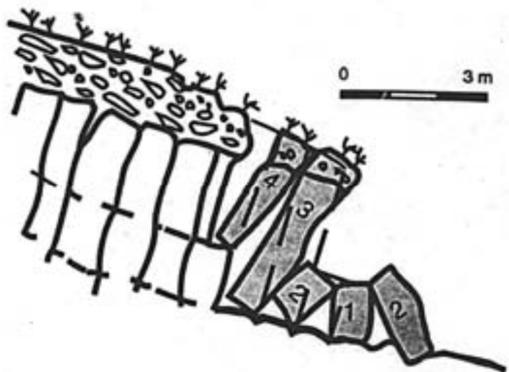


Abbildung 2-5 – Kippbewegung eines Hanges²³

¹⁹ LEUTWILER, A.: Rutschungen. Prozess (keine Seitenzahlen angegeben)

²⁰ Vgl. LINDNER, H.: Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr, S 5

²¹ Vgl. LINDNER, H.: Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr, S 5 ff.

²² FEUERBACH, J.: Erdbeben, Erdsenkung, Bergsturz – Eine wenig beachtete Elementargefahr, S 2

2.1.8 *Bodenkriechen*

Der Prozess des Bodenkriechens geschieht langsam. Die Ursachen dafür sind entweder das Quellen von Tonmaterial oder ein Anheben des Bodens durch Frost. Taut der Boden bzw. entwässert das Tonmaterial, schrumpft das Material auf seine ursprüngliche Größe und eine Hangabwärtsbewegung kann die Folge sein.²⁴

2.1.9 *Solifluktion*

Eine Solifluktion ist eine „*langsame hangabwärts gerichtete Bewegung von wassergesättigtem, ungefrorenem Bodenmaterial, Sediment oder Solifluktionsschutt. Normalerweise ist dabei eine kontinuierliche Geschwindigkeitszunahme zur Geländeoberfläche hin zu verzeichnen.*“²⁵

2.1.10 *Gelifluktion*

Die Gelifluktion ist eine Art von Solifluktion, hat jedoch zum Unterschied, dass Permafrost oder Bodenfrost mitwirken. Bei der Gelifluktion fließt ungefrorenes Material auf einem gefrorenen Substrat langsam hangabwärts.²⁶

2.1.11 *Driften*

Eine weitere Art von Massenbewegung ist das Driften, welches eine laterale Bewegung von Felsmassen oder kohäsiven Bodenmassen bedeutet. Gleichzeitig sinken diese in die liegenden und weniger kompetenten Bodenschichten ein. Driften kann durch Fließen hervorgerufen werden.²⁷

Abbildung 2-6 auf Seite 14 zeigt eine schematische Darstellung der Massenbewegung Driften.

²³ FEUERBACH, J.: Erdbeben, Erdsenkung, Bergsturz – Eine wenig beachtete Elementargefahr, S 3

²⁴ Vgl. ZEPP, H.: Geomorphologie. Grundriss Allgemeine Geographie, S 109 ff.

²⁵ GEODZ: <http://www.geodz.com/deu/d/Solifluktion> – Zugriff am 09.01.2014

²⁶ Vgl. GEODZ: <http://www.geodz.com/deu/d/Gelifluktion> – Zugriff am 09.01.2014

²⁷ Vgl. FEUERBACH, J.: Erdbeben, Erdsenkung, Bergsturz – Eine wenig beachtete Elementargefahr, S 3

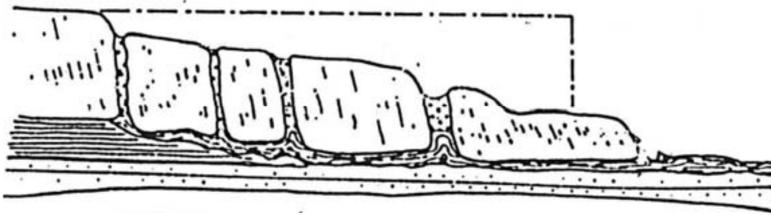


Abbildung 2-6 – Driftbewegung eines Hanges²⁸

2.2 Merkmale von Erdbeben

„Rutschungen sind komplexe Phänomene [...]. Als dreidimensionale Körper sind sie in ihrem raum-zeitlichen Verhalten oft nur grob zu erfassen. Der Tiefgang der Rutschungen ist sehr unterschiedlich und es können sich verschiedene Bewegungen überlagern.“²⁹

Eine Besonderheit von Erdbeben ist das wechselseitige, vielfältige Aufeinanderwirken von Maßnahmen und Prozessen. Kräfte und Bewegungen einer Rutschung sind schwer zu quantifizieren. Dafür werden aufwendige Sondierungen, Analysen, Modellierungen und Modellrechnungen vorausgesetzt. Berechnungen und Modellierungen sind mit der Schwierigkeit behaftet, dass die erforderlichen Inputgrößen schwierig zu erheben und zu beurteilen sind. Repräsentative Daten sind – anders als bei anderen Naturkatastrophen – nicht so einfach zu erfassen. Dies gilt auch für die Quantifizierung der Wirkung einer Maßnahme für Erdbeben.³⁰

Auf Modellrechnungen wird im Zuge dieser Arbeit nicht näher eingegangen.

2.2.1 Typen von Erdbeben

Rutschungen weisen die Besonderheit auf, dass es unterschiedliche Rutschtypen und Rutschmechanismen – sowie Kombinationen davon – gibt. Man unterscheidet zwischen kontinuierlichen (permanenten) und spontanen Rutschun-

²⁸ FEUERBACH, J.: Erdbeben, Erdsenkung, Bergsturz – Eine wenig beachtete Elementargefahr, S 3

²⁹ BOLLINGER, D., BONNARD, C., KEUSEN, H.: Teil D: Rutschungen, Teilbericht des Gesamtberichts „Wirkung von Schutzmaßnahmen“, S 1

³⁰ Vgl. BOLLINGER, D., BONNARD, C., KEUSEN, H.: Teil D: Rutschungen, Teilbericht des Gesamtberichts „Wirkung von Schutzmaßnahmen“, S 1

gen. Abbildung 2-7 stellt schematische Beispiele des raum-zeitlichen Bewegungsverhaltens dar.³¹

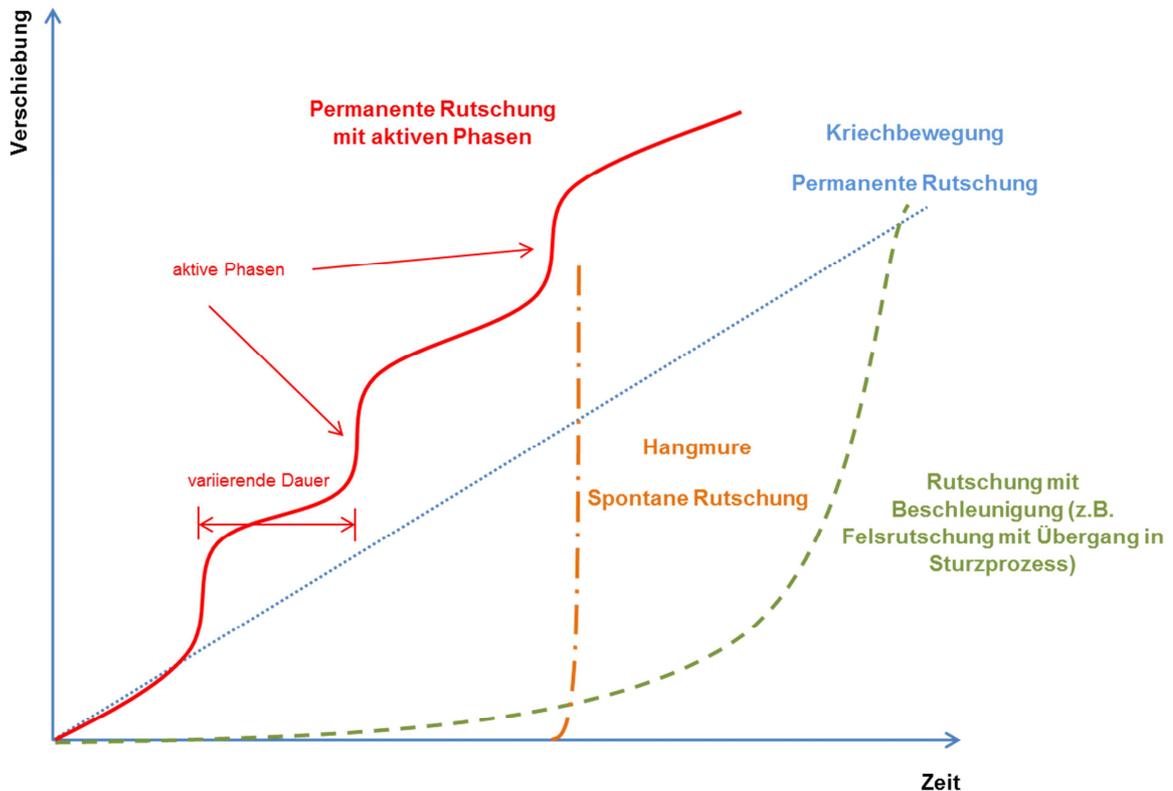


Abbildung 2-7 – Beispiele des raum-zeitlichen Bewegungsverhaltens von Rutschungen³²

In der Abbildung 2-7 sind vier Beispiele von Rutschungen ersichtlich. Die permanente, kontinuierliche Rutschung ist in blauer Farbe dargestellt. Wie der Name schon sagt, findet eine kontinuierliche Bewegung über die Zeit statt. Sie unterscheidet sich zur roten Linie – ebenso eine permanente Rutschung – insofern als sie aktive Phasen aufweist, in denen Verschiebungen eintreten. Der rote Doppelpfeil („*variierende Dauer*“) weist darauf hin, dass es sich hier um eine Dauer von mehreren Monaten, Jahren, Jahrzehnten oder gar Jahrhunderten handeln kann, während der Verschiebungen auftreten können. Eine Rutschung mit Beschleunigung ist in grüner Farbe dargestellt. Das kann z.B. eine

³¹ Vgl. BOLLINGER, D., BONNARD, C., KEUSEN, H.: Teil D: Rutschungen, Teilbericht des Gesamtberichts „Wirkung von Schutzmaßnahmen“, S 1

³² Vgl. BOLLINGER, D., BONNARD, C., KEUSEN, H.: Teil D: Rutschungen, Teilbericht des Gesamtberichts „Wirkung von Schutzmaßnahmen“, S 2

Felsrutschung mit Übergang in einen Sturzprozess sein. Eine spontane Rutschung ist eine Mure, welche in der Abbildung in oranger Farbe dargestellt ist. In diesem Fall treten in kürzester Zeit große Verschiebungen ein.³³

Erdrutsche können auch hinsichtlich der Tiefe der Gleitfläche folgendermaßen unterschieden werden:³⁴

- flachgründige Erdrutsche: Gleitfläche bis zwei Meter unter der Terrainoberkante
- mittelgründige Erdrutsche: Gleitfläche zwischen zwei und zehn Metern unter der Terrainoberkante
- tiefgründige Erdrutsche: Gleitfläche über zehn Meter unter der Terrainoberkante; Da die baulich-technischen Maßnahmen bei mehr als 30 Metern Tiefe schwierig sind, empfiehlt sich eine weitere Untergliederung in tiefgründige (20-30 Meter unter der Terrainoberkante) und in sehr tiefgründige Erdrutsche (über 30 Meter unter der Terrainoberkante).

2.2.2 *Aktivitätsphasen von Erdrutschen*

Erdrutsche sind durch veränderliche Aktivitätsphasen gekennzeichnet. Diese sind in der Abbildung 2-8 (Seite 17) dargestellt.

Aktive Rutschungen spielen sich gegenwärtig ab und beinhalten erstmals auftretende sowie reaktivierte Bewegungen. Die Verschiebungen können dabei sehr klein sein.³⁵

Eine blockierte Rutschung ist gegenwärtig nicht aktiv, hat sich jedoch in den letzten zwölf Monaten bewegt. Eine inaktive Rutschung unterscheidet sich von der blockierten dadurch, dass sie sich in den vergangenen zwölf Monaten nicht bewegt hat. Reaktive Rutschungen waren vorher inaktiv, sind jedoch wiederbe-

³³ Vgl. BOLLINGER, D., BONNARD, C., KEUSEN, H.: Teil D: Rutschungen, Teilbericht des Gesamtberichts „Wirkung von Schutzmaßnahmen“, S 2

³⁴ Vgl. BOLLINGER, D., BONNARD, C., KEUSEN, H.: Teil D: Rutschungen, Teilbericht des Gesamtberichts „Wirkung von Schutzmaßnahmen“, S 2

³⁵ Vgl. LEUTWILER, A.: Rutschungen. Dynamik (keine Seitenzahlen angegeben)

lebt. Zu den inaktiven gehören auch latente Rutschungen, welche durch ihre ursprünglichen Ursachen reaktiviert werden können.³⁶

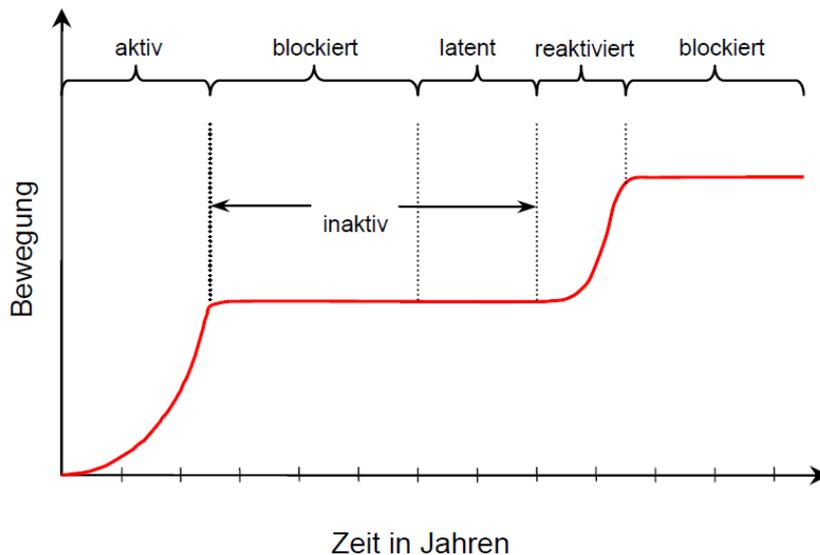


Abbildung 2-8 – Aktivitätsphasen von Rutschungen³⁷

2.3 Bewegungsarten von Erdbeben

Rutschungen lassen sich einteilen in Rotations- und Translationsrutschungen. Ihre Gemeinsamkeit ist, dass sie beide an eine Gleitfläche gebunden sind.³⁸

2.3.1 Rotationsrutschung

Die Rotationsrutschung ist durch eine gekrümmte, kreisförmige Gleitfläche gekennzeichnet.³⁹

Rotationsrutschungen treten in weichen, plastisch verformbaren Gesteinen von geringer Festigkeit auf und werden im Englischen als „slump“ bezeichnet. Bei dieser Art von Rutschung gleitet das Gestein rückwärts rotierend entlang der Scherfläche ab. Der obere Teil der rutschenden Masse gleitet und kippt nach

³⁶ Vgl. PRINZ, H., STRAUß, R.: Ingenieurgeologie, S 382

³⁷ LEUTWILER, A.: Rutschungen. Dynamik (keine Seitenzahlen angegeben)

³⁸ Vgl. LINDNER, H.: Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr, S 7

³⁹ Vgl. SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT:

<http://www.planat.ch/de/wissen/rutschung-und-felssturz/erdrutsch/rotationsrutschungen/> – Zugriff am 08.01.2014

hinten, während sich zur selben Zeit das Gestein an der Basis nach vorne bewegt und im Vorland der Böschung nach oben drückt.⁴⁰

Abbildung 2-9 stellt eine solche Rotationsrutschung graphisch dar.

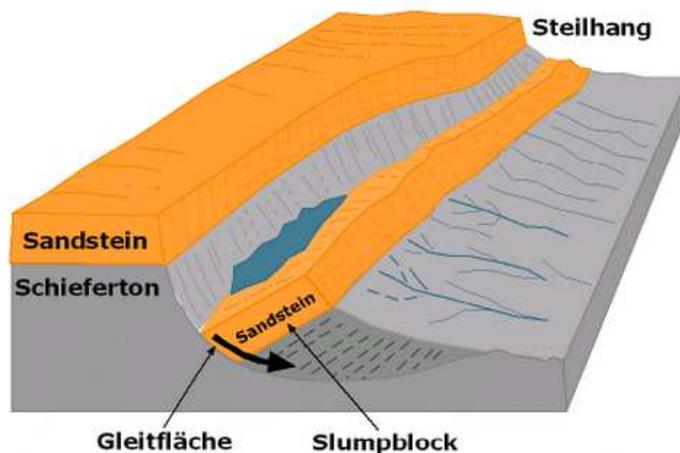


Abbildung 2-9 – Rotationsrutschung⁴¹

Rotationsrutschungen lassen sich in einfache, mehrfache und sukzessive Rutschungen einteilen (siehe Abbildung 2-10, Seite 19). Bei einer einfachen (single) Rotationsrutschung „rotiert die gesamte Masse um eine hangparallele, quer zur Bewegungsrichtung verlaufende Achse“. Die mehrfache (multiple) Rotationsrutschung unterscheidet sich zur einfachen nur hinsichtlich der Anzahl der Gleitflächen, d.h. es sind zwei oder mehrere Flächen vorhanden, an denen das Material abgleiten kann. Bei sukzessiven (successive) Rotationsrutschungen handelt es sich um mehrere – übereinander liegende – auftretende Rotationsrutschungen.⁴²

⁴⁰ Vgl. FREIE UNIVERSITÄT BERLIN: http://www.cms.fu-berlin.de/geo/fb/e-learning/pg-net/themenbereiche/geomorphologie/massenbewegungen/typen_massenbewegungen/rutschungen/slumps/index.html?TOC=../typen_massenbewegungen/rutschungen/slumps/index.html – Zugriff am 08.01.2014

⁴¹ FREIE UNIVERSITÄT BERLIN: http://www.cms.fu-berlin.de/geo/fb/e-learning/pg-net/themenbereiche/geomorphologie/massenbewegungen/typen_massenbewegungen/rutschungen/slumps/index.html?TOC=../typen_massenbewegungen/rutschungen/slumps/index.html – Zugriff am 08.01.2014

⁴² Vgl. LINDNER, H.: Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr, S 7 ff.

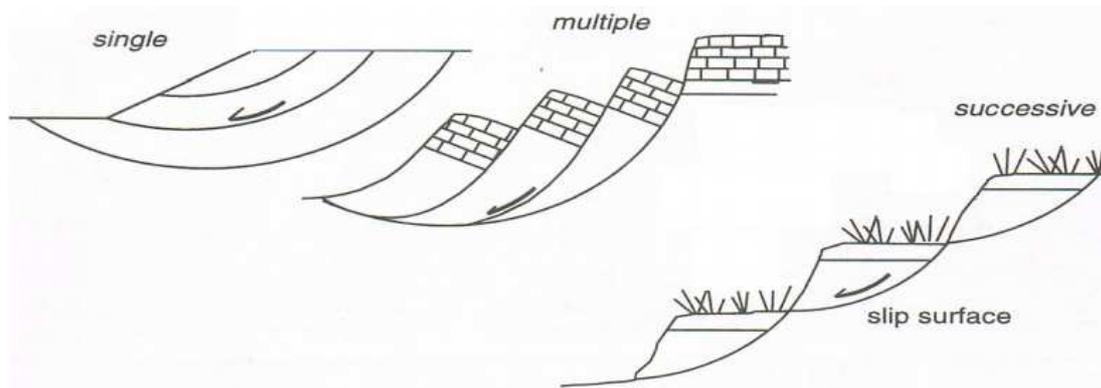


Abbildung 2-10 – Arten von Rotationsrutschungen⁴³

2.3.2 Translationsrutschung

Die Translationsrutschung zeichnet sich durch eine „geradlinige“ Rutschung aus. Diese Rutschung entsteht aufgrund einer Schichtung unterschiedlicher Materialien in Richtung des „freien“ Hanges.⁴⁴

Das Material gleitet entlang einer bestehenden Schwächezone (z.B. dünne Schicht geringer Festigkeit) ab.⁴⁵

Ein Beispiel für eine Translationsrutschung ist eine Schichtung von Kalkstein über Ton. Ton ist in diesem Fall die schwächere, unten liegende Schicht und der Kalkstein rutscht auf dieser Tonschicht ab. Befindet sich der Unterhang in einem destabilisierten Zustand, fördert dies die Translationsrutschung. Da der Gegendruck fehlt, entstehen Zugrisse, welche sich langsam weiten, bis eine Scholle abrutscht. Nach einem Anbruch entstehen auch darüber Zugrisse, was Scholle für Scholle abgleiten lässt.⁴⁶

Die Translationsrutschung ist in Abbildung 2-11 (Seite 20) beispielhaft dargestellt.

⁴³ Vgl. LINDNER, H.: Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr, S 8

⁴⁴ Vgl. LINDNER, H.: Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr, S 9

⁴⁵ Vgl. SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT: <http://www.planat.ch/de/wissen/rutschung-und-felssturz/erdrutsch/translationsrutschungen/> – Zugriff am 08.01.2014

⁴⁶ Vgl. FREIE UNIVERSITÄT BERLIN: http://www.cms.fu-berlin.de/geo/fb/e-learning/pg-net/themenbereiche/geomorphologie/massenbewegungen/typen_massenbewegungen/rutschungen/translationsrutschung/index.html?TOC=../typen_massenbewegungen/rutschungen/translationsrutschung/index.html – Zugriff am 08.01.2014

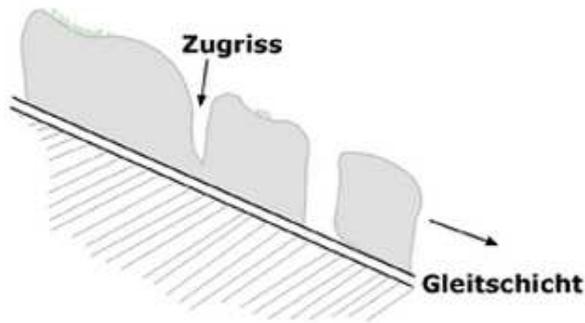


Abbildung 2-11 – Translationsrutschung⁴⁷

2.4 Risikofaktoren und Ursachen für Erdbeben

Die Ursachen für Erdbeben können entweder natürlichen Ursprungs oder vom Menschen ausgelöst sein.⁴⁸

Die Hangstabilität ist von großer Bedeutung. Ist ein Hang nicht stabil, kann dies zu einem Erdbeben führen. Die Beschaffenheit des Bodens beeinflusst die Hangstabilität.⁴⁹ Auf diese wird in Kapitel 3 genauer eingegangen.

Wasser stellt eine große Gefahr für Erdbeben dar. Ist der Boden feucht, werden die Bodenteilchen durch die Oberflächenspannung des Wassers zusammengehalten. Ist im Boden jedoch das Wasser gestaut, werden die Körner auseinandergedrängt und ein Erdbeben kann entstehen. Besonders gefährlich sind akute Auslöser, wie z.B. ein rasches Auftauen des gefrorenen Bodens oder ein heftiger Regenguss. Tropenstürme wie z.B. Hurrikans können ebenfalls einen Erdbeben hervorrufen. Eine weitere Gefahr stellen Erdbeben oder Vulkanausbrüche dar.⁵⁰

⁴⁷ FREIE UNIVERSITÄT BERLIN: http://www.cms.fu-berlin.de/geo/fb/e-learning/pg-net/themenbereiche/geomorphologie/massenbewegungen/typen_massenbewegungen/rutschungen/translationsrutschung/index.html?TOC=..../typen_massenbewegungen/rutschungen/translationsrutschung/index.html – Zugriff am 08.01.2014

⁴⁸ Vgl. SCHWANKE, K., PODBREGAR, N., LOHMANN, D., FRATER, H.: Naturkatastrophen. Wirbelstürme, Beben, Vulkanausbrüche – Entfesselte Gewalten und ihre Folgen, S 63

⁴⁹ Vgl. LINDNER, H.: Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr, S 10 ff.

⁵⁰ Vgl. SCHWANKE, K., PODBREGAR, N., LOHMANN, D., FRATER, H.: Naturkatastrophen. Wirbelstürme, Beben, Vulkanausbrüche – Entfesselte Gewalten und ihre Folgen, S 63 ff.

Bei Erdbeben spielen der Wassergehalt und der Wechsel von wasserdurchlässigen und wasserundurchlässigen Schichten eine Rolle. Besteht im Untergrund bereits eine Trennfläche, kann ein Erdbeben eine Rutschung hervorrufen.⁵¹

„Durch den Rhythmus der Bewegung seismischer Wellen kann der Porenwasserdruck an der Gleitfläche vergrößert werden, ohne das⁵² zusätzliches Wasser hinzugefügt wird, wodurch die effektive Normalspannung im Gefüge abnimmt. Der Bewegungswiderstand wird abgesenkt wodurch letztendlich eine Rutschung ausgelöst wird.“⁵³

Werden Abtragungen am Hangfuß oder an der Oberfläche vorgenommen, oder ist der Hang durch Fließwasser unterspült, kann dies eine Rutschung hervorrufen. Ebenso gefährlich für die Hangstabilität sind Entlastungen durch Erosionen des betroffenen Materials. Dies führt zu einer Änderung von Auflagerkräften und Druckverhältnissen im Untergrund und somit zu einer Änderung der Hangstabilität.⁵⁴

Einen Einfluss auf einen möglichen Erdbeben hat auch die Bodenart. Tonige oder lehmige Böden begünstigen den Abrutsch eines Hanges.⁵⁵ Auf die bodenmechanischen Grundlagen wird in Kapitel 3 genauer eingegangen.

Erdbeben werden häufig durch den Menschen ausgelöst. In etwa 40 % der Fälle trägt dieser die Schuld daran.⁵⁶

Zu den Risikofaktoren bei Erdbeben zählen folgende:⁵⁷

- Rodung
- Besiedlung

⁵¹ Vgl. LINDNER, H.: Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr, S 14

⁵² Aufgrund der unveränderlich übernommenen Textstelle in Anführungszeichen, kann das Wort „das“, das richtigerweise „dass“ lauten sollte, nicht abgeändert werden.

⁵³ LINDNER, H.: Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr, S 14

⁵⁴ Vgl. LINDNER, H.: Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr, S 14

⁵⁵ Vgl. SCHWANKE, K., PODBREGAR, N., LOHMANN, D., FRATER, H.: Naturkatastrophen. Wirbelstürme, Beben, Vulkanausbrüche – Entfesselte Gewalten und ihre Folgen, S 64

⁵⁶ Vgl. SCHWANKE, K., PODBREGAR, N., LOHMANN, D., FRATER, H.: Naturkatastrophen. Wirbelstürme, Beben, Vulkanausbrüche – Entfesselte Gewalten und ihre Folgen, S 64

⁵⁷ Vgl. SCHWANKE, K., PODBREGAR, N., LOHMANN, D., FRATER, H.: Naturkatastrophen. Wirbelstürme, Beben, Vulkanausbrüche – Entfesselte Gewalten und ihre Folgen, S 66 ff.

- Tourismus
- Trittschäden
- Wildverbiss (siehe Abbildung 2-12)
- Straßenbau
- Waldsterben (siehe Abbildung 2-12)
- Staunässe



Abbildung 2-12 – Wildverbiss und Waldsterben⁵⁸

2.5 Folgen von Erdbeben

Rutschereignisse bringen viele Gefahren mit sich. Die Folgen können in primäre und sekundäre untergliedert werden.

2.5.1 Primäre Folgen von Erdbeben

Zu den primären Folgen von Rutschereignissen zählen folgend aufgelistete:

⁵⁸ MEDIASKILL: <http://www.coverpicture.com/image/wildverbiss/1876163> – Zugriff am 27.03.2014; DIE PRESSE: <http://diepresse.com/home/panorama/klimawandel/523352/Was-wurde-aus-dem-Waldsterben> – Zugriff am 27.03.2014

- Gefahren für Menschen: Einzelne Personen oder Gruppen von Menschen können durch Bebenereignisse verletzt, verschüttet oder getötet werden.⁵⁹
- Gefahren für Tiere: Auch Tiere können von Beben überrascht und somit verletzt, verschüttet oder getötet werden.
- Zerstörung von Gebäuden und Siedlungen: Eine Statistik von Gebäudeeinstürzen von *Gehbauer, Hirschberger* und *Markus*⁶⁰ zeigt, dass ca. 7 % der Einstürze von Gebäuden durch Beben ausgelöst werden. Im ungünstigsten Fall werden nicht nur einzelne Häuser zerstört, sondern ganze Siedlungen.

2.5.2 Sekundäre Folgen von Beben

Aufgrund eines Bebens können folgende sekundäre Folgen eintreten:

- Gefährdung der kritischen Infrastrukturen: Kritische Infrastrukturen sind jene Einrichtungen, die wichtige Bedeutungen für einen Staat haben. Fallen diese aus, drohen Engpässe in der Versorgung und Störungen der Sicherheit.⁶¹ Ein Beispiel für die Gefährdung kritischer Infrastrukturen ist die Unpassierbarkeit einer wichtigen Straße aufgrund eines Bebens. Dies kann zu Versorgungsengpässen oder gar dem Ausfall der Versorgung führen. Ebenso problematisch ist es, wenn Ver- und Entsorgungsleitungen (z.B. Gas- und Wasserleitungen) betroffen sind.⁶²
- Ausgelöste Naturkatastrophen durch Beben: Betreffen Rutschungen den Bereich von Flusstälern, können diese Hochwasser und Überschwemmungen hervorrufen. Ein Beispiel dafür ist der Beben im Vajont-Tal.⁶³ Dieser Fall wird in Kapitel 5.1 erläutert.

⁵⁹ Vgl. LINDNER, H.: Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr, S 20

⁶⁰ Vgl. GEHBAUER, F., HIRSCHBERGER, S., MARKUS, M.: Zivilschutzforschung, Band 46, Methoden der Bergung Verschütteter aus zerstörten Gräben, S 22

⁶¹ Vgl. BUNDESAMT FÜR SICHERHEIT IN DER INFORMATIONSTECHNIK:
https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/KritischeInfrastrukturen/kritischeinfrastrukturen_node.html – Zugriff am 09.01.2014

⁶² Vgl. LINDNER, H.: Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr, S 22

⁶³ Vgl. LINDNER, H.: Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr, S 23

2.6 Gegenmaßnahmen und Sanierungen

„Eine Rutschung an sich lässt sich kaum sanieren, abgerutschter Boden lässt sich nicht wieder an seiner Originalstelle einbauen. Meist geht es bei Sanierung von Rutschungen darum, Maßnahmen für vergleichbare, noch nicht abgerutschte Böschungsbereiche festzulegen, bei einer Rutschung freigelegte Steilstufen im oberen Abrissbereich zu sichern oder Voraussetzungen zu schaffen, Rutschmassen zu beseitigen, ohne weitere Rutschungen auszulösen.“⁶⁴

Gegenmaßnahmen für Erdrutsche dienen dazu, das Verhältnis zwischen treibenden und rückhaltenden Kräften einer Erdmasse zu ändern und sollen die Bewegungen verringern. Es gibt diverse Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen. Werden Maßnahmen kombiniert eingesetzt, wie es in den meisten Fällen vorkommt, sind meist Entwässerungen ein Teil der Kombination. Zu den Maßnahmenkategorien zählen:⁶⁵

- Veränderung der Hangwasserverhältnisse (z.B. Drainagen)
- Einbringen von Kräften, welche die Bewegungen reduzieren, da sie den treibenden Kräften entgegenwirken
- Massenveränderungen (Änderungen des Profils und Materials)
- Wirkung durch die Vegetation

Tabelle 1 stellt die möglichen Maßnahmen einem Erdrutsch entgegenzuwirken dar. Nicht jede eignet sich gleichermaßen für flach-, mittel- oder tiefgründige Erdrutsche. Die Maßnahmen 2) sind vorwiegend bei flach- und mittelgründigen Erdrutschen sinnvoll. Trotzdem können sie auch für tiefgründige Rutschungen angewandt werden, wobei für diese Erdrutsche in erster Linie Maßnahmen der Veränderung der Hangwasserverhältnisse im Vordergrund stehen. Für flach- und mittelgründige Rutschungen werden auch Maßnahmen der Massenveränderungen angewandt, welche jedoch ebenso für tiefgründige relevant sind.⁶⁶

⁶⁴ LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Böschungen und Geländesprünge, S O.35

⁶⁵ Vgl. BOLLINGER, D., BONNARD, C., KEUSEN, H.: Teil D: Rutschungen, Teilbericht des Gesamtberichts „Wirkung von Schutzmaßnahmen“, S 5

⁶⁶ Vgl. BOLLINGER, D., BONNARD, C., KEUSEN, H.: Teil D: Rutschungen, Teilbericht des Gesamtberichts „Wirkung von Schutzmaßnahmen“, S 6 ff.

Tabelle 1 – Maßnahmen bei Rutschungen und Hangmuren⁶⁷

Maßnahmen	Bemerkungen
1) Veränderung der Hangwasserverhältnisse	
1a) Absenkung des Hangwasserspiegels im Rutschgebiet	
freie Entwässerung in Drainagegräben (offen, geschlossen)	<ul style="list-style-type: none"> → mit/ohne Sohlenabdichtung → diverse Typen → anfällig auf differentielle Bewegungen, aber Zustand visuell gut kontrollierbar → oft wichtige komplementäre Maßnahme zu anderen Maßnahmen
Tiefendrainage, freie Entwässerung in überdeckten Drainagen unter der TOK	<ul style="list-style-type: none"> → infolge Rutschungen → Undichtigkeiten → bei Tiefendrainage oft nicht Gewähr, dass relevante Wasserfließwege erfasst werden → bei flachen Rutschungen evtl. unverhältnismäßig
freie Entwässerung in subhorizontalen Bohrungen	<ul style="list-style-type: none"> → bei Aktivierungen können Bohrungen abgesichert werden → Versinterungsgefahr → bei flachen Rutschungen und Hangmuren unverhältnismäßig
Entwässerung mit Pumpen (z.B. aus Schächten, Schlitzten, Bohrungen)	<ul style="list-style-type: none"> → bei Aktivierungen können Bohrungen abgesichert werden → bei flachen Rutschungen und Hangmuren evtl. unverhältnismäßig → Versinterungsgefahr vor allem bei Bohrungen
Entwässerung durch Drainagestollen	<ul style="list-style-type: none"> → mit oder ohne Entlastungsbohrung → bei Aktivierungen können Bohrungen abgesichert werden → bei flachen Rutschungen und Hangmuren unverhältnismäßig → Versinterungsgefahr bei Bohrungen
1b) Abbau des Porenwasserdrucks im Rutsch oder unter der Gleitfläche	
Entlastungsbohrungen	<ul style="list-style-type: none"> → bei Aktivierungen können Bohrungen abgesichert werden → bei flachen Rutschungen und Hangmuren unverhältnismäßig
1c) Absenkung des Hangwasserspiegels außerhalb (oberhalb/seitlich) der Rutschmasse	
Ableiten des zuströmenden Hangwassers (Drainagen, Drainagegräben)	<ul style="list-style-type: none"> → Einflüsse auf Rutschgebiet sind teils schwierig zu erfassen → oft notwendig oder sinnvoll als komplementäre Maßnahme
Verhindern von Zuflüssen aus Oberflächenwasser (vor allem aus Bächen, stehend Gewässern) durch Ableitung, Abdichtung	
2) Einbringen von Kräften/Widerständen, gegen die treibenden Kräfte wirkend	
2a) Einbringen von Scherwiderständen in der Gleitfläche	
Vernagelung, Pfähle, Mikropfähle, Schächte	<ul style="list-style-type: none"> → unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten → langjährige praktische Erfahrung → Beachten von Normen → in Kombination mit Abtrag von Material können die Einsatzmöglichkeiten erhöht werden → bei Hangmuren enger Raster nötig oder Ergänzung mit Netzabdeckung → bei tiefgründigen Rutschungen stoßen Maßnahmen an Grenzen bezüglich Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit
Injektionen in Gleitfläche	<ul style="list-style-type: none"> → Verfahren wenig erprobt → Wirkung schwierig zu erfassen → keine Kontrollierbarkeit → bei Aktivierung Abscheren/Versagen möglich

⁶⁷ Vgl. BOLLINGER, D., BONNARD, C., KEUSEN, H Teil D: Rutschungen, Teilbericht des Gesamtberichts „Wirkung von Schutzmaßnahmen“, S 6 ff.

2b) Einbringen negativer treibender Kräfte unterhalb der Gleitfläche	
Anker, verankerte Stützkonstruktion	<ul style="list-style-type: none"> → unterschiedliche Typen/Konstruktionsweisen → langjährige praktische Erfahrung → Beachten von Normen → in Kombination mit Abtrag von Material können die Einsatzmöglichkeiten erhöht werden → bei Hangmuren evtl. Ergänzung mit Netzabdeckung → bei tiefgründigen Rutschungen stoßen Maßnahmen an Grenzen bezüglich Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit
2c) Veränderung der Materialeigenschaften	
Injektionen zur Verbesserung der Bodenkennwerte im bremsenden Teil	<ul style="list-style-type: none"> → Verfahren wenig erprobt → Wirkung schwierig zu erfassen → schlechte Kontrollierbarkeit → allgemein große Unsicherheiten → nicht sinnvoll bei Hangmuren
Injektionen zur Verbesserung der Bodenkennwerte angrenzend an eine Rutschmasse	<ul style="list-style-type: none"> → präventive Maßnahme zur Verhinderung einer Ausbreitung des Rutschgeschehens auf noch stabiles Gebiet → keine Fälle bekannt → nicht sinnvoll bei Hangmuren
Materialersatz (z.B. Sickerbetongräben mit zus. Drainagewirkung)	<ul style="list-style-type: none"> → nur bei flachen Rutschungen und Hangmuren sinnvoll
3) Massenveränderungen	
3a) Auflast bremsender Teil (Belastung am Rutschfuß)	
Schwerkriegtsmauer, Stützmauer	<ul style="list-style-type: none"> → langjährige praktische Erfahrung → bei tiefgründigen Rutschungen stoßen Maßnahmen an Grenzen bezüglich Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit → Beachten von Normen
Aufschüttung von Bodenmaterial	<ul style="list-style-type: none"> → nicht sinnvoll bei Hangmuren → bei tiefgründigen Rutschungen stoßen Maßnahmen an Grenzen bezüglich Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit
3b) Entlastung treibender Teil	
Materialabtrag im Rutschkopf	<ul style="list-style-type: none"> → nicht sinnvoll bei Hangmuren → bei tiefgründigen Rutschungen stoßen Maßnahmen an Grenzen bezüglich Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit
3c) Schutz vor Entlastung am Rutschfuß infolge Erosion	
Sicherung des Rutschfußes durch offenen oder geschlossenen Bachverbau	<ul style="list-style-type: none"> → evtl. Anstieg des Wasserspiegels am Hangfuß beachten → Berücksichtigung möglicher Interaktionen mit Bach- und Flussprozessen → nicht sinnvoll bei Hangmuren
4) Ausüben einer Wirkung durch Vegetation	
4a) Wald	
Beeinflussung Wasserhaushalt	<ul style="list-style-type: none"> → Maßnahme schwierig zu quantifizieren → eine Rutschmasse kann durch Wald oder Nicht-Wald außerhalb des Rutschgebiets beeinflusst sein → diese Zuordnung relevanter Waldfläche zur Rutschfläche ist schwierig
Armierung durch Wurzelwerk	<ul style="list-style-type: none"> → nur bei flachen Rutschungen und Hangmuren potentiell wirksam
4b) Ingenieurbioologische Maßnahmen	
Beeinflussung Wasserhaushalt	<ul style="list-style-type: none"> → Maßnahme schwierig zu quantifizieren
Armierung, Erosionsschutz	<ul style="list-style-type: none"> → nur bei flachen Rutschungen und Hangmuren potentiell wirksam

Auf den nachfolgenden Seiten werden einzelne Maßnahmen genauer erläutert.

2.6.1 Vorbeugende Maßnahmen

Der erste Schritt für die Beurteilung der Hangstabilität ist die Erhebung von relevanten Daten. Dies kann in Zusammenarbeit mit Geodäten und Geologen erfolgen. Es werden geometrische Daten durch Vermessung, bodenmechanische Daten beispielsweise durch Schürfe und die Baugrundsituation ermittelt. Wichtig ist die Erkundung der Grundwasserverhältnisse. Bei Daten, welche nur unter nicht vertretbarem Aufwand ermittelt werden können, empfiehlt es sich, eine Abschätzung durchzuführen.⁶⁸

Ist die Errichtung eines Bauwerkes geplant, ist es von Vorteil, folgende vorbeugende Maßnahmen zu treffen.⁶⁹

- Wahl eines passenden Standorts: Schließt man rutschgefährdete Gebiete bei der Wahl des Standorts für das Bauwerk aus, kann das Erdbebenrisiko reduziert werden.
- Wahl einer geeigneten Bauweise und Foundation: Die Bauweise soll unempfindlich gegen Setzungen sein, um Risse und Schäden am Bauwerk zu verhindern.
- Anpassung des Nutzungskonzepts der Innenräume an Erdbeben
- Schutz erdverlegter Leitungen gegen Rutschungen
- Abführung des Regenwassers: Da Wasser bei Rutschereignissen häufig eine treibende Kraft darstellt, ist eine geeignete Abführungsmaßnahme von Regenwasser zu wählen.

2.6.2 Gefahrenbeurteilung

Bei rutschgefährdeten Hängen ist es ratsam, eine Gefahrenbeurteilung durchzuführen. Dafür werden folgende Ereignisse berücksichtigt.⁷⁰

- Tiefe der Gleitfläche (siehe Arten in Kapitel 2.2.1)

⁶⁸ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMECHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Böschungen und Geländesprünge, S. 0.22

⁶⁹ Vgl. EGLI, T.: Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren, S. 67

⁷⁰ Vgl. LEUTWILER, A.: Rutschungen. Gefährdung und Überwachung (keine Seitenzahlen angegeben)

- Aktivitätsphasen der Rutschung (siehe Kapitel 2.2.2)
- Differentialbewegungen: Die Bewegungen eines Erdbebens sind nicht in jeder Zone gleich schnell oder tief. In manchen werden Rutschmassen gestaucht, in anderen auseinander gezerrt. Dies kann zu Rissen oder zum Kippen von Gebäuden führen.
- Wechselwirkungen mit Fließgewässern: Für die Gefahrenbeurteilung ist die Berücksichtigung von Fließgewässern wichtig, da Material eines Erdbebens in Flüsse gelangen kann, was die Gefahr birgt, dass eine große Menge von Geschiebematerial entsteht, welche Stauungen oder Muren verursachen kann.
- Eintrittswahrscheinlichkeiten von Erdbeben: Im Unterschied zu spontanen gibt es bei permanenten Rutschungen keine Eintrittswahrscheinlichkeit, bzw. liegt diese bei 100 %, da der Hang ständig in Bewegung ist.
- Zunahme der Gefährdung: Eine Zunahme von Niederschlägen oder Schmelzwassermengen, sowie Rodungen von Hängen etc. steigern die Wahrscheinlichkeit von Rutschereignissen.
- Zunahme des Schadenspotentials: Da immer mehr Flächen in rutschgefährdeten Gebieten bebaut werden, steigt das Schadensausmaß.

2.6.3 Gefahrenkarten

Gefahrenkarten dienen der Darstellung der räumlichen Verteilung von möglichen Rutschungen und stellen die Gefahrenzonen dar.⁷¹ Neben Erdbeben können auch andere Naturereignisse in solche Karten eingezeichnet werden, wie beispielsweise Lawinen, Hochwasser und Steinschlag. Es ist jedoch zu beachten, dass die Ausarbeitung von Gefahrenkarten sehr aufwändig ist.⁷²

Abbildung 2-13 (Seite 29) zeigt einen Ausschnitt aus einer Gefahrenkarte des linksrheinischen Mainzer Beckens und somit eine Möglichkeit, wie eine solche

⁷¹ Vgl. FEUERBACH, J.: Erdbeben, Erdsenkung, Bergsturz – Eine wenig beachtete Elementargefahr, S 7

⁷² Vgl. KANTON GRAUBÜNDEN:

http://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/bvfd/awn/dienstleistungen/3_1_naturgefahren/Seiten/3_1_2_3_gefahrenkarte.aspx – Zugriff am 20.02.2014

Karte gestaltet sein kann. Sie ist mit rosaroten und gelben Markierungen versehen, während rosa für ein nachgewiesenes Rutschgebiet steht und gelb für ein nicht sicher nachgewiesenes.⁷³

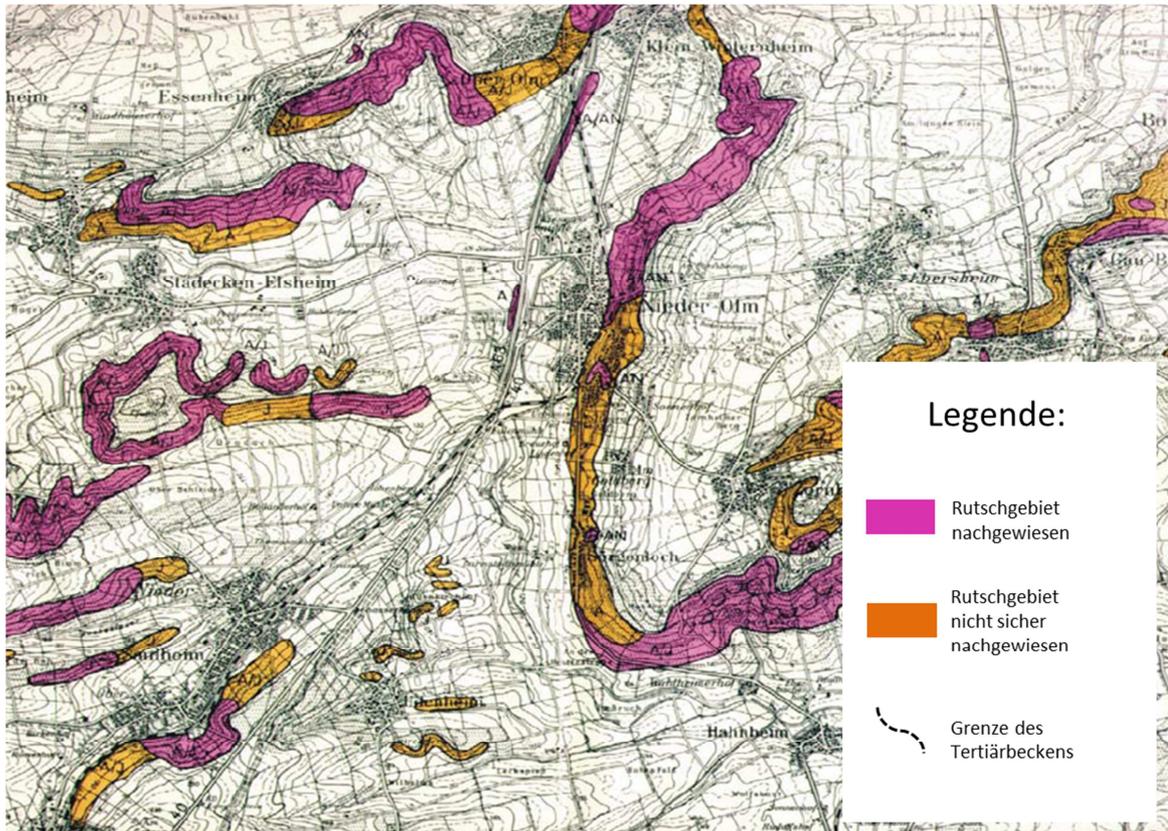


Abbildung 2-13 – Gefahrenkarte zur Darstellung von Rutschgebieten (linksrheinisches Mainzer Becken)⁷⁴

Karten der Rutschungsdisposition geben eine Auskunft der Eintrittswahrscheinlichkeit einer Rutschung. Hierfür werden Zonenkarten verwendet. Die Methodik basiert auf statistischen Dispositionsmodellen und soll die Aufmerksamkeit auf gefährdete Bereiche lenken. Nachteile solcher Karten sind, dass sie Auslöser, wie beispielsweise Niederschläge, nicht berücksichtigen, keine exakt zeitliche und räumliche Prognose über das Auftreten eines Erdrutsches bieten und keine

⁷³ Vgl. FEUERBACH, J.: Erdrutsch, Erdsenkung, Bergsturz – Eine wenig beachtete Elementargefahr, S 7

⁷⁴ Vgl. FEUERBACH, J.: Erdrutsch, Erdsenkung, Bergsturz – Eine wenig beachtete Elementargefahr, S 7

katasterscharfen Abgrenzungen gefährdeter bzw. nicht gefährdeter Flächen vornehmen.⁷⁵

Ein Beispiel einer Karte der Rutschungsdisposition ist in Abbildung 2-14 dargestellt (Nationalpark Berchtesgaden). Hier sind Dispositionen für Rutschungen sowie Felsrutschungen ersichtlich. Die Farben deuten auf die Eintrittswahrscheinlichkeit hin. Grüne und rote Linien stellen die Nationalpark-, sowie die Staatsgrenze dar.⁷⁶

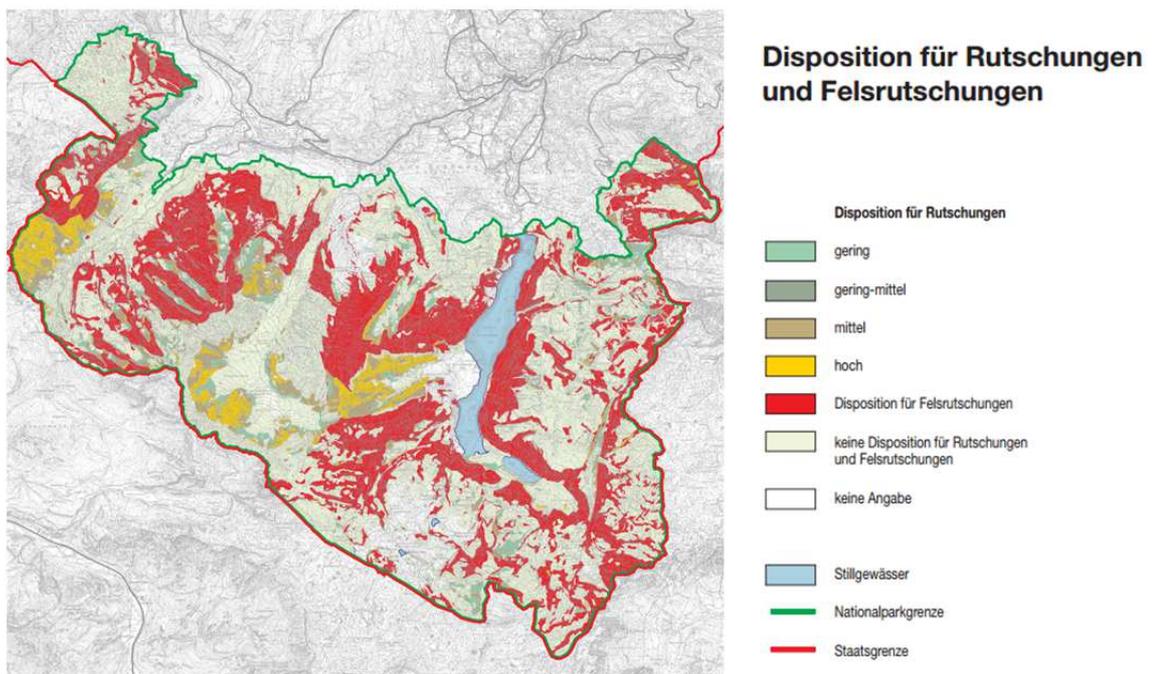


Abbildung 2-14 – Beispiel einer Karte der Rutschhangdisposition⁷⁷

⁷⁵ Vgl. ADELWÖHRER, R., HORNICH, R.: Hangrutschungsereignisse in der Steiermark 2009, Folie 27 ff.

⁷⁶ Vgl. NATIONALPARK BERCHTESGADEN: http://www.nationalpark-berchtesgaden.bayern.de/08_publicationen/05_nationalparkplan/doc/25_karte_07_rutschungen_und_felsrutschungen.pdf – Zugriff am 20.02.2014

⁷⁷ NATIONALPARK BERCHTESGADEN: http://www.nationalpark-berchtesgaden.bayern.de/08_publicationen/05_nationalparkplan/doc/25_karte_07_rutschungen_und_felsrutschungen.pdf – Zugriff am 20.02.2014

2.6.4 Sofortmaßnahmen

Tritt ein Erdbeben ein, kann es hilfreich sein, Sofortmaßnahmen zu ergreifen. Zu diesen zählen:⁷⁸

- Abdecken mit Planen
- Ableiten des Oberflächenwassers
- Abtrag von Material

Abbildung 2-15 zeigt ein Beispiel einer Abdeckung mit Planen, um erste Sicherungsmaßnahmen zu treffen und die Gefahr einer weiteren Rutschung des Hanges zu reduzieren.



Abbildung 2-15 – Abdecken des abgerutschten Hanges als Sofortmaßnahme⁷⁹

⁷⁸ Vgl. ADELWÖHRER, R., HORNICH, R.: Hangrutschungsereignisse in der Steiermark 2009, Folie 16

⁷⁹ ADELWÖHRER, R., HORNICH, R.: Hangrutschungsereignisse in der Steiermark 2009, Folie 17

2.6.5 Drainagen

Da Wasser oftmals an Erdrutschen beteiligt ist, empfiehlt sich häufig die Entwässerung der betroffenen Hänge. Beispiele für solche Drainagen sind Entwässerungsgräben oder Rigole aus Filterrohren, die das Wasser im Boden ableiten.⁸⁰

Durch die Entwässerung wird der Porenwasserdruck vermindert und der Wasserspiegel gesenkt.⁸¹ Drainagen tragen so zur Hangstabilität bei.

2.6.6 Mechanische Teilverbauung

Unter mechanischen Teilverbauungen versteht man Stützkörper oder Stützscheiben in Kombination mit Ankern. Dazu gehören beispielsweise Fußsicherungen aus Gabionen an Hängen (siehe Abbildung 2-16) oder solche aus Naturstein-Schichtungen (siehe Abbildung 2-17, Seite 33). Stützscheiben beispielsweise aus Kies oder Schotter erhöhen im haltenden Teil des Hanges das Gewicht und die Reibungskraft (siehe Abbildung 2-18, Seite 33). Diese Teilverbauungen können mit einer Hangentwässerung kombiniert werden.⁸²

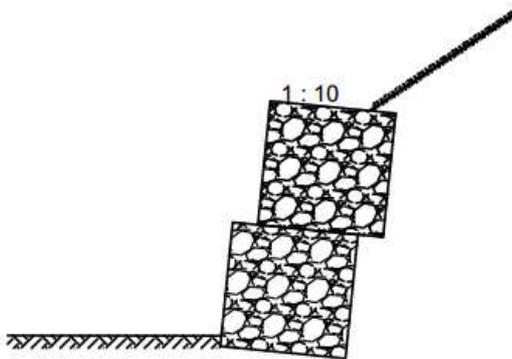


Abbildung 2-16 – Fußsicherung aus Gabionen⁸³

⁸⁰ Vgl. LINDNER, H.: Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr, S 29

⁸¹ Vgl. VEREINIGUNG KANTONALER FEUERVERSICHERUNG: So schützen Sie Gebäude gegen Rutschungen und Hangmuren (keine Seitenzahlen angegeben)

⁸² Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Böschungen und Geländesprünge, S O.28

⁸³ LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Böschungen und Geländesprünge, S O.28

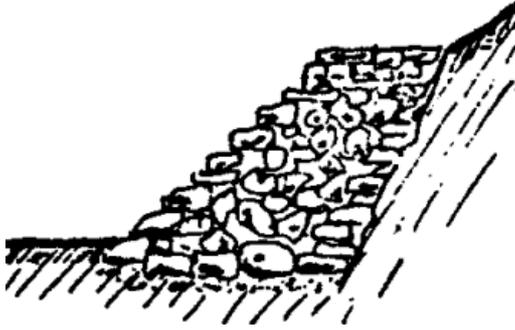


Abbildung 2-17 – Fußsicherung aus einer Naturstein-Schichtung⁸⁴

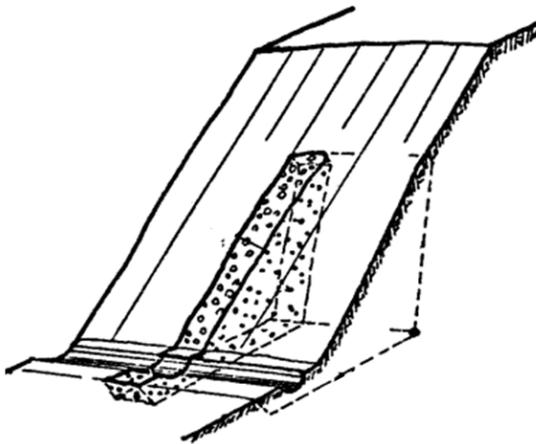


Abbildung 2-18 – Stützscheibe in einer Böschung⁸⁵

Weitere Möglichkeiten Rutschungen entgegenzuwirken sind Ablenkmauern, Ablenkdämme, Auffangdämme oder Auffangnetze. Ablenkmauern oder Ablenkdämme sorgen dafür, dass Erdrutsche in andere Richtungen umgeleitet werden und somit Gebäude schützen. Auffangdämme und -netze halten Rutschmassen auf, eignen sich jedoch nur für kleine Ereignisse.⁸⁶

⁸⁴ LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Böschungen und Geländesprünge, S O.28

⁸⁵ LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Böschungen und Geländesprünge, S O.29

⁸⁶ Vgl. VEREINIGUNG KANTONALER FEUERVERSICHERUNG: So schützen Sie Gebäude gegen Rutschungen und Hangmuren (keine Seitenzahlen angegeben)

2.6.7 Krainer Wand

Eine weitere Art von Stützkörper ist die Krainer Wand. Dies ist eine Stützkonstruktion nach dem Blockhaus-Prinzip, bei der gekreuzte Holz- oder Betonbalken mit Felsschutt gefüllt werden. Hangparallele Elemente werden Läufer genannt, jene senkrecht dazu Binder. Krainer Wände können begrünt und bepflanzt werden.⁸⁷ Ein Beispiel einer Krainer Wand aus Holz ist in Abbildung 2-19 dargestellt.



Abbildung 2-19 – Krainer Wand aus Holz⁸⁸

⁸⁷ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Stützbauwerke und Verbau, S Q.6

⁸⁸ ADELWÖHRER, R., HORNICH, R.: Hangrutschungsereignisse in der Steiermark 2009, Folie 18

2.6.8 Bodenstabilisierungen

Hänge können durch geotextile Bewehrung stabilisiert werden. Diese Elemente nehmen nach begrenzten Verformungen Zugkräfte auf und schützen so vor Rutschereignissen. Ein Vorteil der geotextilen Bewehrung ist die Kombinationsmöglichkeit mit biologischen Sicherungsmethoden. Das in Geotextilien eingebaute, vorher ausgewählte Material kann beispielsweise für Durchwurzelungsmöglichkeit oder Wasserspeicherefähigkeit sorgen.⁸⁹

Eine weitere Möglichkeit, den Boden zu stabilisieren, ist der Verbau von Stützelementen. Diese leiten Kräfte in stabilere Bodenschichten ab.⁹⁰

Zu den eingebrachten Stützelementen zählen:⁹¹

- Boden- und Felsanker: Anker befestigen instabile Boden- oder Felszonen an stabilen. Bodenanker werden im Lockergestein befestigt, Felsanker im Felsgestein (Beispiel siehe Abbildung 2-20 auf Seite 36). Je nach Anwendung werden Anker in folgende Arten untergliedert:
 - voll vorgespannte Anker (Ankerspannung auf benötigte Gebrauchskraft)
 - teilweise vorgespannte Anker (Ankerspannung auf einen Teil der benötigten Gebrauchskraft)
 - ungespannte Anker (Ankerspannung erst über Deformation des Ankerkopfes)
- Dübel: Dübel (Stahlrohre) sind eine einfache Form der Hangstabilisierung, da sie keinen großen Installationsaufwand benötigen. Sie werden über ihre gesamte Länge vermörtelt und können flächen- oder linienhaft angeordnet werden. Zwei oder drei Stück Dübel werden zu einem statischen Element zusammengefasst. Dübel aktivieren Schubkräfte und verhindern so ein Abgleiten des Hanges. Die biegeweichen Stahlrohre

⁸⁹ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMECHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Böschungen und Geländesprünge, S. 0.30

⁹⁰ Vgl. VEREINIGUNG KANTONALER FEUERVERSICHERUNG: So schützen Sie Gebäude gegen Rutschungen und Hangmuren (keine Seitenzahlen angegeben)

⁹¹ Vgl. EGLI, T.: Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren, S. 70 ff.

passen sich großräumigen Kriechbewegungen an und werden bei Rutschungsanierungen durch Nachfolgebewegungen verbogen. Ihre Hauptwirkung ist die Zugübertragung. In Abbildung 2-21 auf Seite 37 ist ersichtlich, dass drei Dübel zu einem statischen Element zusammengefasst werden können und so den Boden stabilisieren. Die Dübel können entweder mit einem mit Beton verfüllten Bewehrungskorb oder mit einer Stahlplatte miteinander verbunden werden.

- Pfähle: Pfähle unterscheiden sich anhand ihres Materials in Holz-, Stahl- und Betonpfähle und werden häufig in Kombination mit Ankern eingesetzt. Der häufigste Einsatz von Pfählen ist die Fundation von Bauwerken im nichtbewegten Untergrund. Es gibt unterschiedliche Formen von Pfählen. Sie können nach der Art ihrer Herstellung (Fertig- oder Ortpfahl), nach der Art des Einbringens (rammen oder bohren), nach der Art des Lasttransportes (Spitzenpfahl, Reibungspfahl) und nach der Art der Beanspruchung (Druck-, Zug- oder Biegepfahl) eingeteilt werden. Ein Beispiel einer Hangstabilisierung mit Holzpfählen ist in Abbildung 2-22 auf Seite 37 ersichtlich.



Abbildung 2-20 – Sicherung eines instabilen Hanges mit Felsankern⁹²

⁹² BADISCHER VERLAG: <http://www.badische-zeitung.de/service/impressum.html> – Zugriff am 19.03.2014

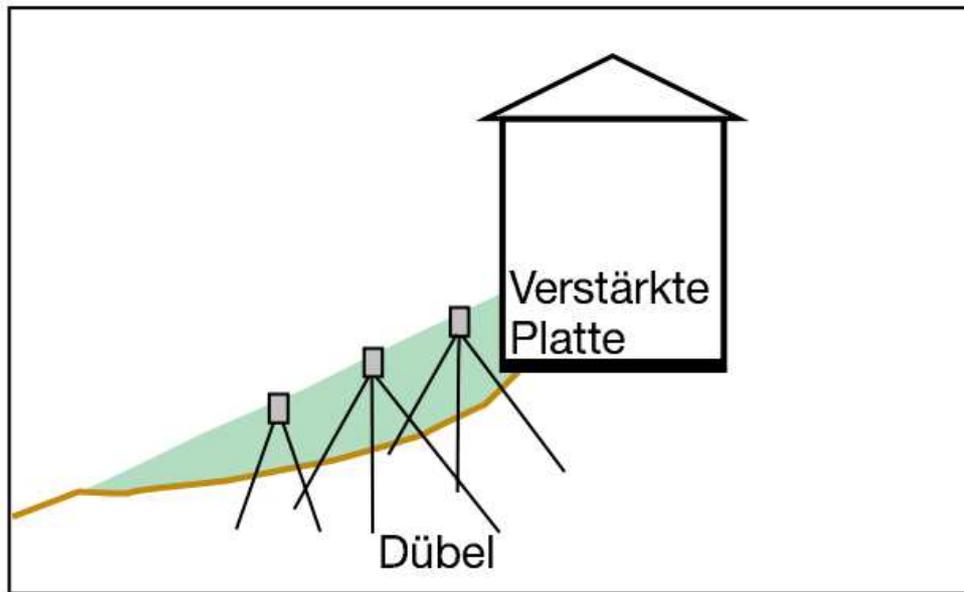


Abbildung 2-21 – Zusammenfassen von drei Stück Dübeln zur Hangstabilisierung⁹³

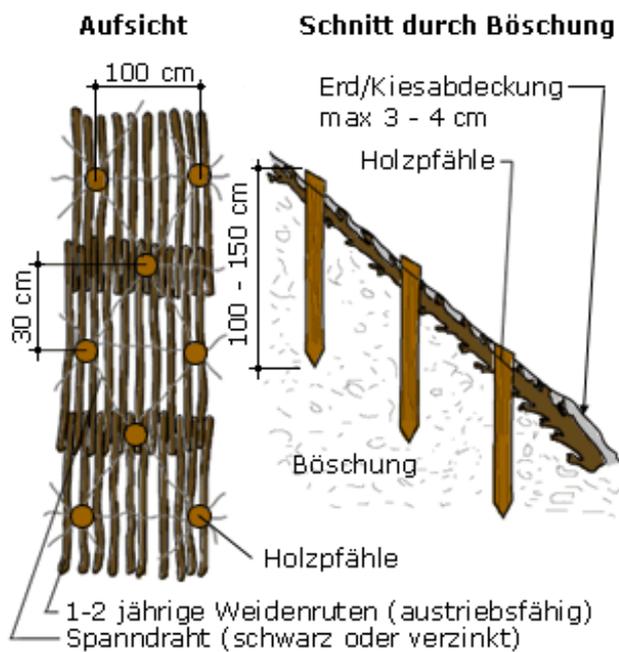


Abbildung 2-22 – Böschungssicherung mit Holzpfählen⁹⁴

⁹³ EGLI, T.: Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren, S 70

⁹⁴ PW-INTERNET SOLUTIONS: <http://www.baumarkt.de/nxs/308///baumarkt/schablone1/Hang-und-Boeschung-befestigen-wie-geht-das>
– Zugriff am 19.03.2014

2.6.9 Veränderung der Topographie

Ein Schutz gegen Erdbeben bietet die Veränderung der Topographie, welche in folgende Arten eingeteilt werden kann:⁹⁵

- Gegengewichtsschüttung: Diese Maßnahme ist in erster Linie ein Notfallbehelf bei Rutschereignissen, kann jedoch auch zur Vorbeugung eingesetzt werden. Zu beachten ist, dass die Gegengewichtsschüttung nur hilft, wenn das geschüttete Material direkt auf den Rutschkörper einwirken kann.
- Hangabflachung: Die Abflachung steiler Hänge bietet sich zur Vermeidung von oberflächlichen Spontanrutschungen, vor allem nach Starkregenereignissen, an.

Abbildung 2-23 stellt Beispiele einer Hangabflachung und einer Gegengewichtsschüttung skizzenhaft dar.

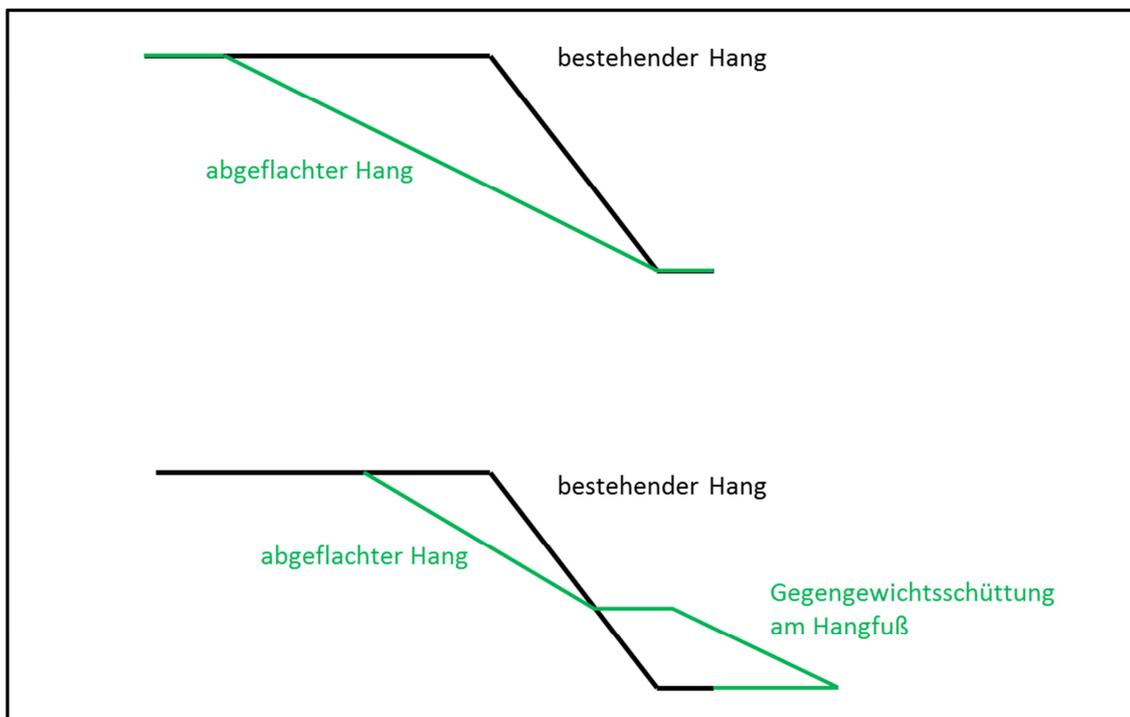


Abbildung 2-23 – Hangabflachung und Gegengewichtsschüttung⁹⁶

⁹⁵ Vgl. EGLI, T.: Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren, S 72

2.6.10 Überwachung, Monitoring und Frühwarnsysteme

Um Lebewesen und Sachwerte zu schützen, empfiehlt sich eine entsprechende Überwachung von rutschgefährdeten Hängen. Dies betrifft die meteorologische Situation, die hydrologische Situation und Bewegungen im Gelände.⁹⁷

Es gibt viele unterschiedliche Messgeräte und Methoden, um abrutschgefährdete Hänge zu überwachen. Dazu gehören Fernerkundungsmethoden, welche den Vorteil bieten, größere und unzugängliche Bereiche miteinzubeziehen. Andere Möglichkeiten des Monitorings sind Extensometer (Oberflächen- und Bohrlochextensometer), Fissurometer, GPS-Empfänger oder die NPEMFE-Methode.⁹⁸

Die NPEMFE-Methode („*Natural Pulsed Electromagnetic Field of Earth*“) ist eine relativ neue Methode und registriert elektromagnetische Impulse ohne Bodenkontakt. Spannungsumlagerungen (z.B. Erdbeben, Bergsenkungen, tektonisch aktive Störungen) können somit erkannt und abgegrenzt werden. Das „*Cereskop*“ erkundet die Spannungsumlagerungen im Untergrund und setzt die gewonnenen Messergebnisse mit unterschiedlichen Verfahren aus Ingenieurgeologie, Geotechnik und Geophysik in Bezug.⁹⁹

Andere Methoden zur Überwachung bieten der Einsatz von Messbändern, Nivellements und Theodoliten oder die Durchführung von Bohrungen.¹⁰⁰

Frühwarnsysteme dienen der rechtzeitigen Erkennung von Gefahren. Je nach Art der gravitativen Massenbewegung sind geeignete Frühwarnsysteme auszuwählen. Das bedeutet, dass man sie nach fallenden, gleitenden und fließenden Bewegungen unterscheiden kann. Weiters lassen sie sich in lokale und regionale Systeme einteilen. Bei lokalen Frühwarnsystemen sind nur Einzelhänge mit Messsystemen ausgestattet, während bei regionalen keine punktgenauen Informationen geliefert werden, sondern nur regionale Warnungen. Bei lokalen Systemen werden die Hänge mit Bewegungssensoren ausgestattet.

⁹⁶ eigene Graphik

⁹⁷ Vgl. LEUTWILER, A.: Rutschungen. Gefährdung und Überwachung (keine Seitenzahlen angegeben)

⁹⁸ Vgl. LINDNER, H.: Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr, S 26 ff.

⁹⁹ Vgl. JOHANNES GUTENBERG UNIVERSITÄT MAINZ: <http://ubm.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2007/1208/> – Zugriff am 09.01.2014

¹⁰⁰ Vgl. LEUTWILER, A.: Rutschungen. Gefährdung und Überwachung (keine Seitenzahlen angegeben)

Außerdem besteht die Möglichkeit, zusätzlich die auslösenden Faktoren (z.B. Niederschlag) zu dokumentieren.¹⁰¹

Abbildung 2-24 auf Seite 41 stellt einen Videotachymeter zur Überwachung der Hangbewegung dar. Ein Tachymeter misst die Geschwindigkeit, mit der sich ein Objekt bewegt.¹⁰²

Die Technische Universität Graz (Institut für Navigation, Institut für Technische Informatik) hat mit zwei Unternehmen (TeleConsult Austria GmbH, Geolith Consult Hermann & Loizenbauer OG) sowie mit der Fachabteilung *Katastrophenschutz und Landesverteidigung* des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung ein Frühwarnsystem für Hangrutschungen entwickelt, das frühestens im Jahr 2017 marktfähig sein soll. Dieses Frühwarnsystem, welches mit GPS-Sensoren arbeitet, unterscheidet sich von bisherigen insofern, als es kostengünstiger und mobil einsetzbar ist. Für die Anwendung werden Stangen in die Erde geschlagen, welche mit GPS-Sensoren bestückt sind. So können Rutschhänge überwacht und die gemessenen Daten an die Zentrale weitergeleitet werden.¹⁰³

Das System, das den Namen „GeoWSN“ trägt, wurde an einem potentiellen Gefahrenhang, welcher die Phyrnautobahn bedroht, getestet. Die Sensoren lieferten permanent Ergebnisse und konnten kleinste Bewegungen des Hanges ermitteln.¹⁰⁴

Ein Beispiel für einen mit GPS-Sensoren ausgerüsteten Felsvorsprung stellt Abbildung 2-25 auf Seite 41 dar.

¹⁰¹ Vgl. BELL, R., MAYER, J., POHL, J., GREIVING, S., GLADE, T.: Integrative Frühwarnsysteme für gravitative Massenbewegungen (ILEWS) – Monitoring, Modellierung, Implementierung, S 13 ff.

¹⁰² Vgl. ETAGMTSALE.ETA WATCHES, SWISS ETA WATCHES: [http://replikuhren.eu/article-14-Was+bedeutet+das+Wort+%E2%80%99ETACHYMETER%E2%80%99C\(Tachometer\)+auf+der+uhren+L%C3%BCnette+Wie+kann+man+sie+nutzen.html](http://replikuhren.eu/article-14-Was+bedeutet+das+Wort+%E2%80%99ETACHYMETER%E2%80%99C(Tachometer)+auf+der+uhren+L%C3%BCnette+Wie+kann+man+sie+nutzen.html) – Zugriff am 19.03.2014

¹⁰³ Vgl. ORF: <http://steiermark.orf.at/news/stories/2626770/> – Zugriff am 03.02.2014

¹⁰⁴ Vgl. TECHNISCHE UNIVERSITÄT GRAZ: <http://www.presse.tugraz.at/pressemitteilungen/2014/21.01.2014.htm> – Zugriff am 20.02.2014



Abbildung 2-24 – Videotachymeter zur Überwachung der Hangbewegung¹⁰⁵



Abbildung 2-25 – GPS-Messstation an einem Felsvorsprung¹⁰⁶

¹⁰⁵ MMCD NEW MEDIA: <http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-bild-13249-2011-04-07-17660.html> – Zugriff am 19.03.2014

2.6.11 Wald

Der Wald kann aufgrund seiner Wurzeln als Stabilisator des Bodens dienen und hat gleichzeitig einen positiven Einfluss auf den Untergrund durch Interzeption, Transpiration und Verbesserung der Bodendurchlässigkeit, was bei flachgründigen Erdbeben und Hangmuren eine positive Wirkung hat. Diese Wirkung ist jedoch bei mittel- und tiefgründigen Rutschungen schwierig zu quantifizieren. Es ist zu beachten, dass ein Wald innerhalb weniger Stunden durch Stürme oder Brände zerstört werden kann und somit die Wirkung gegen Rutschungen eingeschränkt wird. Auch Krankheiten oder Käferbefall können ihn schwächen. Aus diesen Gründen ist eine permanente Verfügbarkeit des Waldes als rückwirkende Maßnahme bei Erdbeben oder Muren nicht zwingend gegeben.¹⁰⁷

2.6.12 Maßnahmen am Gebäude

Zu den Maßnahmen am Gebäude zählen die Verstärkung der Bodenplatte oder der Außenwände eines Gebäudes oder die Hebung des Bauwerks mit hydraulischen Pressen. Hydraulische Pressen werden bei tiefgründigen Erdbeben eingesetzt. Weiters gibt es die Möglichkeit, gefährdete Öffnungen mithilfe von Sprossen, Prallplatten oder Panzerglas zu schützen (siehe Abbildung 2-26).¹⁰⁸

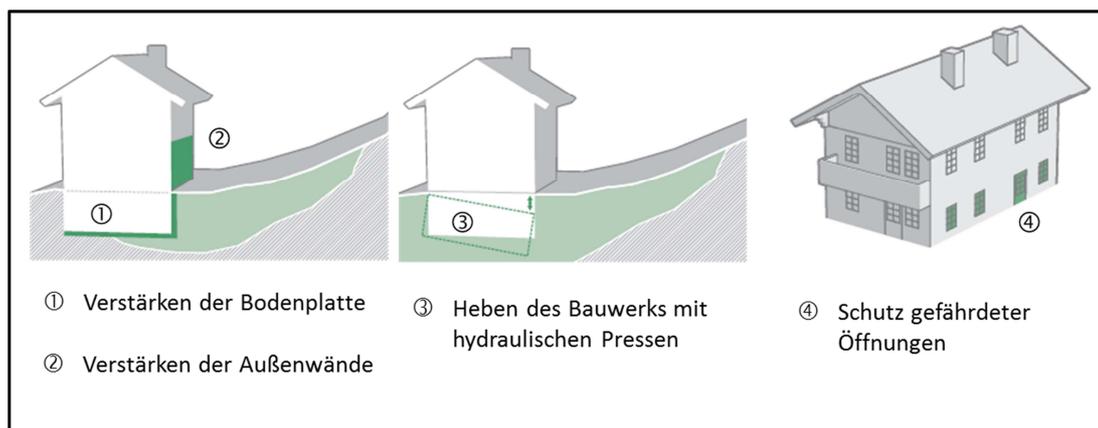


Abbildung 2-26 – Schutzmaßnahmen am Gebäude¹⁰⁹

¹⁰⁶ 20 MINUTEN: <http://www.20min.ch/wissen/news/story/12842183> - Zugriff am 19.03.2014

¹⁰⁷ Vgl. BOLLINGER, D., BONNARD, C., KEUSEN, H.: Teil D: Rutschungen, Teilbericht des Gesamtberichts „Wirkung von Schutzmaßnahmen“, S 9 ff.

¹⁰⁸ Vgl. VEREINIGUNG KANTONALER FEUERVERSICHERUNG: So schützen Sie Gebäude gegen Rutschungen und Hangmuren (keine Seitenzahlen angegeben)

¹⁰⁹ Vgl. VEREINIGUNG KANTONALER FEUERVERSICHERUNG: So schützen Sie Gebäude gegen Rutschungen und Hangmuren (keine Seitenzahlen angegeben)

3. Geologischer Hintergrund

Es gibt unterschiedliche Faktoren, welche die Hangstabilität beeinflussen. Dazu gehören:¹¹⁰

- Geologische Kennwerte und felsmechanische Parameter: Eine große Bedeutung für die Hangstabilität haben geologische Gegebenheiten, wie z.B. Trennflächengefüge, Dichte, Porenvolumen und Diskontinuitäten im Material.
- Hydrologische und hydrogeologische Faktoren: Insbesondere der hydraulische Druck von Kluft- oder Trennfugenwasser, bzw. bei Lockergestein des Porenwassers, spielt eine große Rolle für die Hangstabilität. Ein Überdruck kann Rutschungen hervorrufen.
- Geomorphologische Parameter: Zu diesen Faktoren zählen z.B. die Hangneigung und Hangmorphologie.
- Klimatische Faktoren: Zu klimatischen Faktoren zählen beispielsweise Frost-Tau-Wechsel und Temperaturschwankungen. Auch der Winddruck vor allem im Wurzelbereich von schweren Bäumen kann zu Wippbewegungen und somit zu einer Entfestigung des Untergrunds führen.
- Vegetationseinfluss: Hierzu zählen beispielsweise Waldbrände oder Trockenheit.
- Zeitfaktor: Der Zeitfaktor lässt sich in permanente, mittelfristige und spontane Zeiträume anhand der Wirksamkeit einteilen.
- Anthropogene Faktoren: Anthropogene Faktoren sind in Kapitel 2.4 aufgelistet. Diese betreffen das menschliche Einwirken.

Es ist wichtig zu erwähnen, dass meist mehrere Faktoren zusammenwirken und somit am Auslösen eines Erdbebens beteiligt sind.¹¹¹

¹¹⁰ Vgl. KRAMP, T.: Massenbewegungen in den Alpen, S 6 ff.

¹¹¹ Vgl. LEUTWILER, A.: Rutschungen. Ursachen (keine Seitenzahlen angegeben)

3.1 Boden- und felsmechanische Aspekte

Da boden- und felsmechanische Aspekte einen großen Einfluss auf Rutschereignisse haben, wird darauf in folgenden Unterkapiteln näher eingegangen.

3.1.1 Einfluss der Bodenart

Die Bodenart und Einflussfaktoren auf den Boden wirken sich auf die Hangstabilität aus. Die Kohäsion und die Reibungskraft spielen ebenso eine große Rolle für die Stabilität eines Hanges (siehe Abbildung 3-1 auf Seite 47). Glatte Bruchflächen beispielsweise weisen eine geringe Reibungskraft auf und können zum Abgleiten von Bodenmaterial führen. Dies trifft auch auf Böden mit geringer Kohäsion – z.B. loser Schutt – zu.¹¹²

3.1.2 Einfluss von Wasser

Wasser spielt bei Erdbeben häufig eine treibende Rolle.¹¹³ Außerdem ist wesentlich, aus welchem Material sich der Hang zusammensetzt und wie viel Wasser eindringen kann. Viele Rutschereignisse entstehen, wenn über längere Zeit Wasser in den Boden eindringt und so den Zusammenhalt des Bodenmaterials schwächt.¹¹⁴

Folgende hydrologische Gegebenheiten können ein Rutschereignis hervorrufen:¹¹⁵

- ➔ **Porenwasserdruck:** Porenwasser kann einerseits in Schichten verteilt oder in einer durchlässigen Schicht unterhalb oder zwischen schlechter durchlässigen Schichten wirken. Gleichförmiges Porenwasser führt zu einer Durchnässung und kann so zu einer Destabilisierung des Hanges führen. Tritt Porenwasser in einer durchlässigen Schicht unter oder zwischen weniger durchlässigen Schichten auf, können Überdrücke entstehen und die Stabilität negativ beeinflussen.

¹¹² Vgl. LEUTWILER, A.: Rutschungen. Ursachen (keine Seitenzahlen angegeben)

¹¹³ Vgl. BOLLINGER, D., HEGG, C., KEUSEN, H.R., LATELTIN, O.: Ursachenanalyse der Hanginstabilitäten 1999, in: Bulletin für angewandte Geologie, Vol. 5/1, S 18

¹¹⁴ Vgl. LEUTWILER, A.: Rutschungen. Ursachen (keine Seitenzahlen angegeben)

¹¹⁵ Vgl. BOLLINGER, D., HEGG, C., KEUSEN, H.R., LATELTIN, O.: Ursachenanalyse der Hanginstabilitäten 1999, in: Bulletin für angewandte Geologie, Vol. 5/1, S 19

- Strömungsdruck: Fließt Wasser einen Hang hinab, führt dies zu einer talabwärts gerichteten Spannung, die als zusätzliche treibende Kraft wirksam wird.
- Erosion: Eine Erosion kann ein Auswaschen von Feinteilen bewirken und somit zur Destabilisierung des Hanges führen.

Es besteht die Möglichkeit, den Einfluss des Wassers auf die Hangstabilität mithilfe von Berechnungsverfahren zu quantifizieren. Ein Beispiel dafür ist das Verfahren nach Bishop (siehe Kapitel 3.2.3).¹¹⁶

3.2 Hangstabilitätsberechnungen

Ob ein Hang stabil ist, lässt sich mithilfe von Stabilitätsberechnungen herausfinden. Die Bodenbereiche, welche herangezogen werden, haben häufig folgende Eigenschaften:¹¹⁷

- Der Boden ist als dreidimensionaler Körper mit komplexer Form zu berücksichtigen. Für die Berechnung wird jedoch meist von einem ebenen Problem mit definierter Bruchfläche ausgegangen.
- Der Aufbau sowie die hydrologischen Verhältnisse des Bodens sind oftmals nicht ausreichend bekannt. Die Berechnung basiert hingegen auf einem Baugrundmodell mit klarem Aufbau und definierten hydrologischen Verhältnissen.
- Unterschiedliche Belastungen des Bodens ergeben häufig unterschiedliche Verhaltensweisen. Für die Berechnung der Stabilität sind genau definierte Eigenschaften nötig.
- Gleichartige Böden können unterschiedliche Verhaltensweisen zeigen, was von ihrer Vorgeschichte abhängt. Die Kenntnis dieser ist für die Berechnung von großer Bedeutung.

¹¹⁶ Vgl. BOLLINGER, D., HEGG, C., KEUSEN, H.R., LATELTIN, O.: Ursachenanalyse der Hanginstabilitäten 1999, in: Bulletin für angewandte Geologie, Vol. 5/1, S 20

¹¹⁷ Vgl. LANG, H.J., HUDER, J., AMANN, P., PUZRIN, A.M.: Bodenmechanik und Grundbau. Das Verhalten von Böden und Fels und die wichtigsten grundbaulichen Konzepte, S 125

Die Ergebnisse der Berechnungen sollen eine Voraussage über das tatsächliche Verhalten des Bodenmaterials liefern und mit den Gegebenheiten in der Natur übereinstimmen. Es ist jedoch darauf zu achten, dass es verschiedene Möglichkeiten der Berechnungen gibt (z.B. nach Bishop, nach Janbu) und diese bei ein und demselben Fall unterschiedliche Sicherheitsgrade ergeben können.¹¹⁸

In Hängen weisen Bodenmassen die Tendenz auf abzurutschen. Dies wird von drei Kräften beeinflusst:¹¹⁹

- Schwerkraft
- Reibungskraft
- Kohäsion

Die Schwerkraft ist jene Kraft, welche auf jeden Körper, der sich im Bereich der Gravitation eines Himmelskörpers (besonders der Erde) befindet, einwirkt und sich aus der Gravitationskraft und der Zentrifugalkraft zusammensetzt.¹²⁰ Die Reibungskraft F_R tritt bei Reibungsvorgängen auf und wirkt der bewegenden Kraft entgegen. Sie wirkt parallel zur Kontaktfläche und berechnet sich durch die Multiplikation der Reibungszahl μ und der senkrecht zur Kontaktfläche wirkenden Normalkraft F_N .¹²¹ Die Kohäsion bedeutet in der Bodenmechanik die Haftfestigkeit, also die zusammenhaltenden Kräfte der einzelnen Teilchen von bindigen Böden.¹²²

Der Hang bleibt stabil, wenn die der Rutschung entgegenwirkenden Kräfte (Reibungskraft und Kohäsion) größer sind als die Schwerkraft. Abbildung 3-1 (Seite 47) stellt schematisch einen Hang dar, auf dem sich eine Schicht Bodenmaterial (dargestellt durch den Kasten) befindet. Die Schwerkraft (1) wirkt in Richtung Erdmittelpunkt, die Reibungskraft (2) und die Kohäsion (3) wirken der Rutschfläche entgegen. Sind die Reibungskraft und die Kohäsion größer als die

¹¹⁸ Vgl. LANG, H.J., HUDER, J., AMANN, P., PUZBIN, A.M.: Bodenmechanik und Grundbau. Das Verhalten von Böden und Fels und die wichtigsten grundbaulichen Konzepte, S 126 ff.

¹¹⁹ Vgl. LEUTWILER, A.: Rutschungen. Ursachen (keine Seitenzahlen angegeben)

¹²⁰ Vgl. Bibliographisches Institut: <http://www.duden.de/rechtschreibung/Schwerkraft> – Zugriff am 29.01.2014

¹²¹ Vgl. GORBRACHT, U.: <http://physiknerd.de/reibungskraft-physik-rechner/> – Zugriff am 29.01.2014

¹²² Vgl. WIKIPEDIA: [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Koh%C3%A4sion_\(Bodenmechanik\)&oldid=125023824](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Koh%C3%A4sion_(Bodenmechanik)&oldid=125023824) – Zugriff am 29.01.2014

Schwerkraft, bleibt die Schicht in Ruhe. Übersteigt jedoch die Schwerkraft die Reibungskraft und die Kohäsion, beginnt die Masse zu rutschen.¹²³

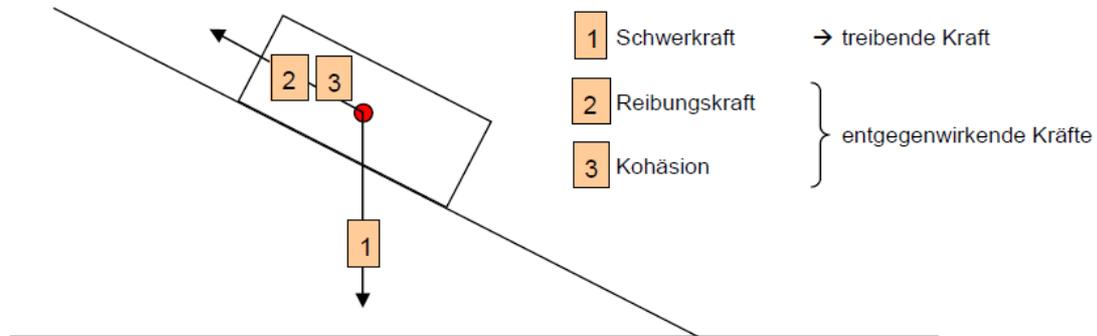


Abbildung 3-1 – Schematische Darstellung der wirkenden Kräfte bei einem Erdrutsch¹²⁴

Für die Berechnung der Hangstabilität steht beispielsweise auch die Finite-Elemente-Methode zur Verfügung, welche den Spannungszustand des Hanges unter Berücksichtigung von Entstehungsgeschichte und Eigenschaften des Bodens errechnet. Da diese Verfahren nicht jedermann zugänglich sind, gibt es einfachere Methoden zur Berechnung. Die Grundidee vieler solcher Verfahren ist die Untersuchung des Hanges, ob er unter Berücksichtigung von Widerständen eine ausreichende Stabilität aufweist. Der Bruchkörper wird dabei sehr vereinfacht, indem er als starre Scheibe berücksichtigt wird.¹²⁵

Das Ergebnis ist die Sicherheit, welche als Verhältnis der vorhandenen Scherfestigkeit zur erforderlichen Scherfestigkeit definiert werden kann.¹²⁶

Im Folgenden werden vereinfachte Verfahren zur Hangstabilitätsberechnung beschrieben. Auf die Methode mit Finiten Elementen wird im Zuge dieser Arbeit nicht näher eingegangen.

¹²³ Vgl. LEUTWILER, A.: Rutschungen. Ursachen (keine Seitenzahlen angegeben)

¹²⁴ LEUTWILER, A.: Rutschungen. Ursachen (keine Seitenzahlen angegeben)

¹²⁵ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMECHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Böschungen und Geländesprünge, S.O.1 ff.

¹²⁶ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMECHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Böschungen und Geländesprünge, S.O.4

3.2.1 Berechnungsgrundlagen zur Hangstabilität

Bei der Berechnung der Standsicherheit ist es nicht nötig, in Hänge und Böschungen zu unterscheiden.¹²⁷

Bildet sich in der Böschung eine Gleitfläche, auf der der Scherwiderstand des Bodens überschritten wird, rutscht der darüber liegende Gleitkörper an dieser Fläche ab und die Böschung versagt. Manchmal kündigt sich ein solches Versagen anhand von Verformungen an. Da die exakte Form der Bruchfuge meist schwer vorherzusagen ist, werden für die Stabilitätsberechnungen einfache geometrische Formen wie z.B. Kreise und Geraden herangezogen. Mit diesen Formen wird die Gleitkörpergeometrie variiert. Charakteristische Einwirkungen, welche durch das Bodeneigengewicht und Streckenlasten hervorgerufen werden, werden durch Teilsicherheitsbeiwerte γ_G bzw. γ_Q erhöht. Der Teilsicherheitsbeiwert für das Eigengewicht ist γ_G und hat den Wert 1,0. Der Teilsicherheitsbeiwert für ungünstige veränderliche Einwirkungen γ_Q beträgt für den Lastfall 1 1,3. Auf der Widerstandsseite hingegen erfolgt eine Abminderung der Scherparameter. Der Nachweis untersucht schließlich das Gleichgewicht der Böschung. Dies erfolgt anhand eines Vergleichs der Summe von einwirkenden Kräften bzw. Momenten mit der Summe von widerstehenden Kräften bzw. Momenten. Die Formel hierfür lautet:¹²⁸

$$E_d \leq R_d$$

E_D ... Summe der einwirkenden Kräfte/Momente

R_D ... Summe der widerstehenden Kräfte/Momente

Es besteht auch die Möglichkeit, den Ausnutzungsgrad μ zu ermitteln, der angibt, welcher Anteil der Bemessungswerte der Scherfestigkeit nach Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte für das Erreichen des Gleichgewichtszustandes aktiviert werden soll. Ist der Ausnutzungsgrad μ kleiner als 1,0, heißt das, dass für das Erreichen des Gleichgewichtszustands nicht die gesamte verfüg-

¹²⁷ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Böschungen und Geländesprünge, S O.1

¹²⁸ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.1 ff.

bare Scherfestigkeit mobilisiert werden muss, da noch Reserven vorhanden sind. Die Formel lautet:¹²⁹

$$\mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 1,0$$

Bei homogenen, kohäsionslosen (nichtbindigen) Böden bestimmt der Reibungswinkel des Bodens die maximal mögliche Böschungsneigung. Bei homogenen, kohäsiven (bindigen) Böden hängt die maximal mögliche Böschungsneigung zusätzlich von der Kohäsion des Bodenmaterials ab.¹³⁰

3.2.2 Lamellenfreies Verfahren

Bei tiefreichenden Rutschungen werden kreiszylindrische Bruchfugen zur Berechnung herangezogen, da diese kinematisch zwängungsfrei sein können. Der Gleitkreis wird iterativ durch die Variation von Mittelpunkten und Gleitkreisradien ermittelt. Lamellenfreie Verfahren betrachten den gesamten Bruchkörper als einen geschlossenen Gleitkörper und unterteilen ihn nicht in Lamellen. Alle äußeren Kräfte werden zu einer Resultierenden zusammengefasst, welche punktförmig am Bruchkörper angreift. Ein lamellenfreies Verfahren wurde von *Fröhlich* entwickelt.¹³¹

Abbildung 3-2 auf Seite 50 stellt den Gleitkörper graphisch dar. Die orangen Linien repräsentieren den Radius, während der rote Kreis den Mittelpunkt markiert. ① stellt den Gleitkreis dar.

¹²⁹ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.2

¹³⁰ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.2 ff.

¹³¹ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.5

3.2.3 Gleitkreisverfahren nach Krey/Bishop

Das Gleitkreisverfahren nach *Krey/Bishop* ist ein Lamellenverfahren, bei dem der Bruchkörper nicht als gesamter Gleitkörper herangezogen, sondern in einzelne senkrechte Lamellen eingeteilt wird. An jeder Lamelle muss Gleichgewicht herrschen. Die Lasten setzen sich aus dem Eigengewicht, eventuellen Verkehrslasten, Scherkräften in der Gleitebene und Erddruckkräften an den Lamellenflanken zusammen. Die Richtung und die Verteilung der Erddruckkräfte sind unbekannt, sie werden jedoch horizontal berücksichtigt.¹³⁴

„Zur Berechnung der unbekanntenen Kräfte und des Ausnutzungsgrades steht neben dem Kräftegleichgewicht in vertikaler und tangentialer Richtung an der Einzellamelle das Momentengleichgewicht zur Verfügung. Setzt man hierbei die Summe der Momente aus Erddruckkräften zu null, so kann der Ausnutzungsgrad μ einfach errechnet werden.“¹³⁵

$$\mu = \frac{\text{mobilisierte Scherfestigkeit}}{\text{Entwurfsgröße der Scherfestigkeit}}$$

$$\mu = \frac{\sum (G_i + P_{i,d}) * \sin \vartheta_i + M_d}{\sum \left[(G_i + P_{i,d} - b_i * u_i) * \tan \varphi'_{i,d} + b_i * c'_{i,d} \right] / \left[\cos \vartheta_i + \mu * \sin \vartheta_i * \tan \varphi'_{i,d} \right]}$$

Die Kräfte P_i sind die oberhalb der Böschung angreifenden vertikalen Lasten. Die Kräfte $P_{i,d}$ sind durch Teilsicherheitsbeiwerte zu erhöhen und die Scherparameter c' und φ' abzumindern. Lamelleneigengewichte werden als charakteristische Größen berücksichtigt. M_d im Zähler steht für die einwirkenden und widerstehenden Kräfte aus beispielsweise Ankern oder Pfählen. Diese Kräfte sind mit ihren Hebelarmen um den Kreismittelpunkt zu multiplizieren, durch den Radius des Gleitkreises zu dividieren und anschließend mit dem richtigen Vorzeichen (plus bei treibenden Kräften, minus bei widerstehenden Kräften) anzusetzen. Treibende Kräfte werden mit Teilsicherheitsbeiwerten multipliziert, rückhaltende Kräfte dividiert. Der Winkel ϑ_i befindet sich zwischen dem Lot durch den

¹³⁴ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMECHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.9

¹³⁵ LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMECHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.9

Gleitkreismittelpunkt und einer Geraden zwischen dem Mittelpunkt der Bruchfuge der jeweiligen Lamelle und dem Mittelpunkt des Gleitkreises. Er berücksichtigt die Hebelarme der Lamellen. Je nachdem, welche Orientierung er hat, ist er positiv oder negativ anzusetzen. Der Ausnutzungsgrad μ wird iterativ ermittelt. Meist genügen zwei oder drei Iterationen, um zum Ergebnis zu gelangen. Der Nachweis gilt als erfüllt, wenn der Ausnutzungsgrad $\mu \leq 1,0$ ist.¹³⁶

Die Kräfte an der Einzellamelle lassen sich wie in Abbildung 3-3 graphisch darstellen.

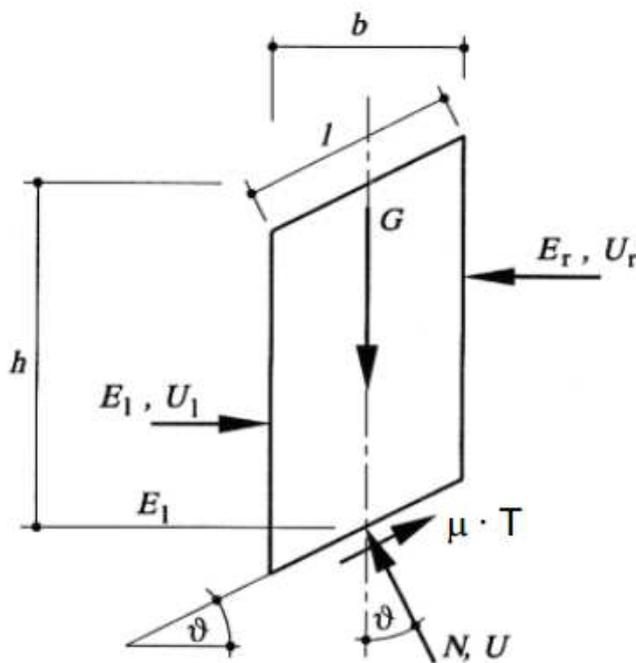


Abbildung 3-3 – Kräfte an der Einzellamelle¹³⁷

Die Einteilung der Lamellen obliegt dem Berechnenden. Zwingend müssen Lamellengrenzen nur beim Schnitt der Bruchfuge mit einer Schichtgrenze angesetzt werden. Es wird geraten, Lamellengrenzen auch bei einem Knick in der Böschungslinie, am Angriffspunkt von äußeren Flächenlasten und am Schnitt-

¹³⁶ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.9 ff.

¹³⁷ LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.9

punkt des Grundwasserspiegels mit der Bruchfuge anzuordnen. Abbildung 3-4 stellt sinnvolle und zwingende Lamellengrenzen dar.¹³⁸

Die rote Linie ist eine zwingende Lamellengrenze, da sich der Gleitkreis mit der Schichtgrenze schneidet. Die grünen Linien stellen sinnvolle Lamellengrenzen dar.

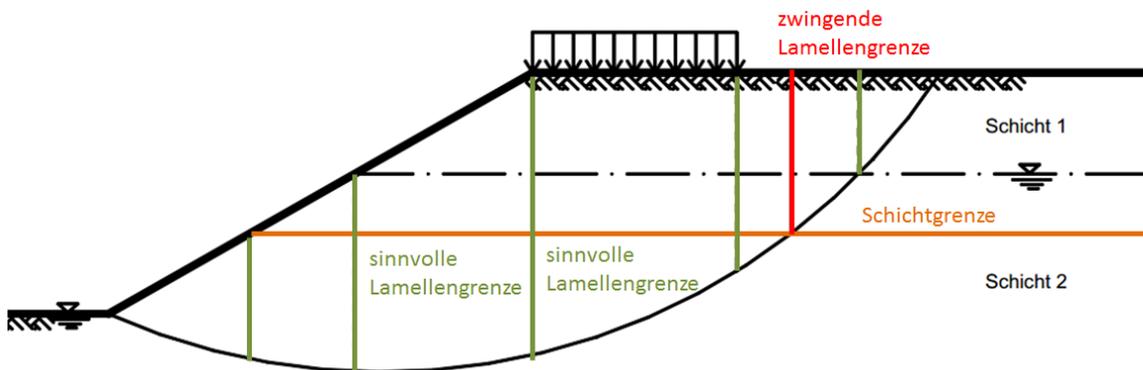


Abbildung 3-4 – Lamelleneinteilung beim Verfahren nach Krey/Bishop¹³⁹

Eine beispielhafte Einteilung der Böschung in Lamellen ist im Berechnungsbeispiel in Kapitel 3.2.3.1 dargestellt.

Ist Grundwasser in der Böschung anzufinden, muss dieses in der Berechnung berücksichtigt werden. Hierfür stehen zwei Verfahren zu Verfügung:¹⁴⁰

- ➔ Totale Spannungen: Für die Berechnung mit totalen Spannungen und der Wichte γ_r oberhalb der Prüfgleitfläche werden die totalen Normalspannungen auf effektive Spannungen reduziert. Dies geschieht aufgrund des Porenwasserdrucks in der Bruchfuge. Aus den effektiven Spannungen errechnet sich schließlich der Scherwiderstand.

¹³⁸ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.10

¹³⁹ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.10

¹⁴⁰ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.12 ff.

Oberhalb des Grundwasserspiegels werden die Eigengewichte der Lamellen mit der Feuchtwichte γ berechnet, unterhalb mit der Wichte bei vollständiger Sättigung $\gamma_r = \gamma' + \gamma_w$.

Für jede einzelne Lamelle wird der Porenwasserdruck in der Mitte der Gleitfuge ermittelt und im Anschluss mit der Lamellenbreite multipliziert, um schließlich vom Lamelleneigengewicht abgezogen zu werden.

→ Effektive Spannungen: Für die Berechnung mit effektiven Spannungen oberhalb der Prüfgleitfläche wird γ' herangezogen. Dieses Verfahren berücksichtigt die vertikalen Anteile des Wasserdrucks im Eigengewicht des Bodens in jeder Lamelle und die horizontalen Anteile über ein zusätzliches treibendes Moment am gesamten Gleitkörper.

Für das Verfahren mit effektiven Spannungen werden die Eigengewichte oberhalb des Grundwasserspiegels mit der Feuchtwichte γ berechnet, unterhalb mit der Wichte unter Auftrieb γ' .

3.2.3.1 Berechnungsbeispiel einer homogenen Böschung

Für die in Abbildung 3-5 (Seite 55) dargestellte Böschung wird die Berechnung des Ausnutzungsgrades durchgeführt. Der Boden besteht aus halbfestem Schluff. Die Wichte wird mit $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ angenommen. Der Reibungswinkel beträgt $\varphi' = 30^\circ$ und die Kohäsion beträgt $c' = 10 \text{ kN/m}^2$. Für die Böschung mit einem Böschungswinkel von 45° soll eine Baugrube hergestellt werden. Dafür ist die Ermittlung der Standsicherheit nötig.¹⁴¹

Der erste Schritt ist die Einteilung der Lamellen. Anhand dieses Beispiels werden fünf Lamellen gewählt. Eine Lamellengrenze befindet sich an der Böschungsschulter, die anderen sind mit dem gleichen Abstand von 1,50 Metern

¹⁴¹ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.4 ff.

Breite angeordnet. Insgesamt ergeben sich so fünf Lamellen. Die fünfte Lamelle besitzt eine Breite von 1,40 Metern.¹⁴²

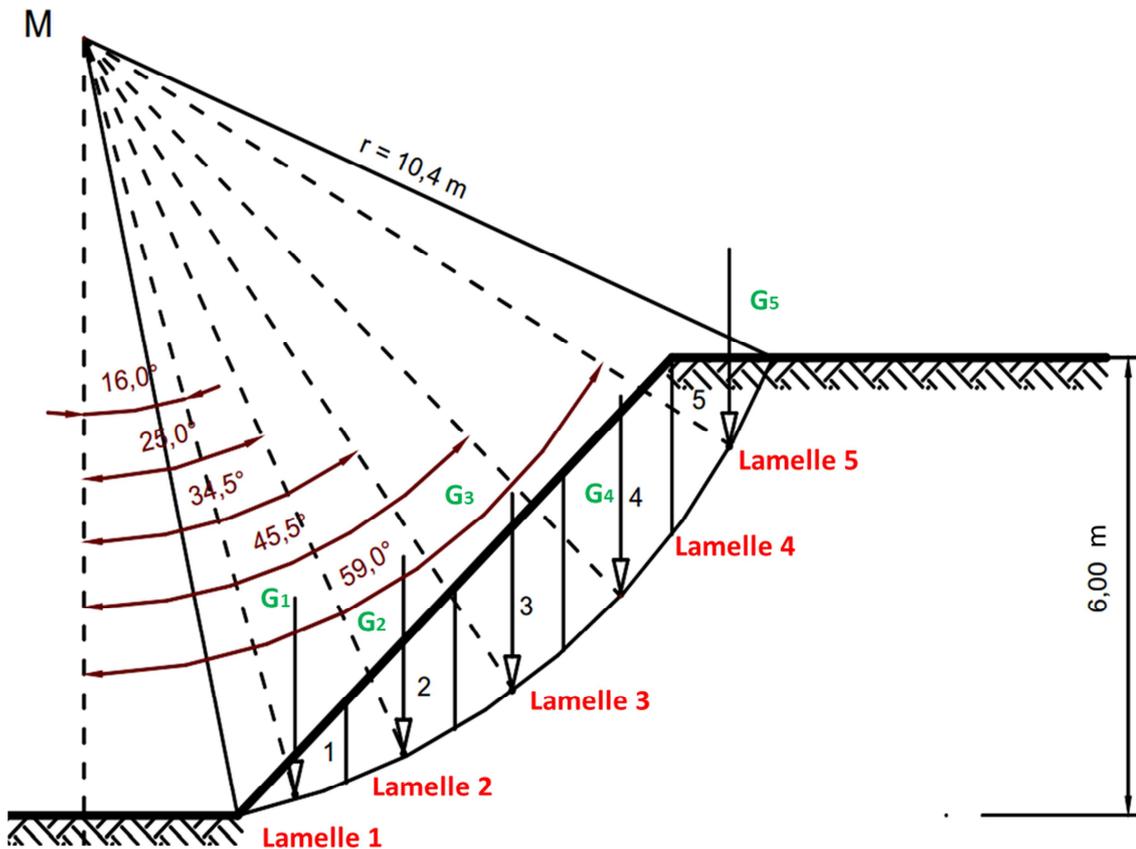


Abbildung 3-5 – Einteilung der Böschung in Lamellen¹⁴³

Die Pfeile entsprechen den resultierenden Gewichtskräften der einzelnen Lamellen (siehe grüne Beschriftungen). Die in der Farbe Purpur dargestellten Zahlen sind die Winkel ϑ_i , die aus der Abbildung heraus gemessen werden können. Es wird eine tabellarische Darstellung der Ergebnisse für die Gewichtskräfte G , die Winkel ϑ_i , die Scherparameter etc. empfohlen.¹⁴⁴

¹⁴² Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.11

¹⁴³ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.12

¹⁴⁴ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.11

Die einzelnen Lamellen weisen folgende Maße auf:¹⁴⁵

- Lamelle 1: Breite = 1,50 m; Höhe₁ = 0,00 m; Höhe₂ = 1,05 m
- Lamelle 2: Breite = 1,50 m; Höhe₁ = 1,05 m; Höhe₂ = 1,85 m
- Lamelle 3: Breite = 1,50 m; Höhe₁ = 1,85 m; Höhe₂ = 2,35 m
- Lamelle 4: Breite = 1,50 m; Höhe₁ = 2,35 m; Höhe₂ = 2,30 m
- Lamelle 5: Breite = 1,40 m; Höhe₁ = 2,30 m; Höhe₂ = 0,00 m

Nach der Einteilung in Lamellen folgt die Errechnung deren Gewichte.¹⁴⁶

$$G_{\Delta} = \frac{1}{2} * \text{Breite [m]} * \text{Höhe}_2 \text{ [m]} * \gamma \text{ [kN/m}^3\text{]}$$

$$G_{\square} = \frac{1}{2} * \text{Breite [m]} * (\text{Höhe}_1 \text{ [m]} + \text{Höhe}_2 \text{ [m]}) * \gamma \text{ [kN/m}^3\text{]}$$

$$\rightarrow G_1 = \frac{1}{2} * 1,50 * 1,05 * 20 = 15,8 \text{ kN/m}$$

$$\rightarrow G_2 = \frac{1}{2} * 1,50 * (1,05 + 1,85) * 20 = 43,5 \text{ kN/m}$$

$$\rightarrow G_3 = \frac{1}{2} * 1,50 * (1,85 + 2,35) * 20 = 63,0 \text{ kN/m}$$

$$\rightarrow G_4 = \frac{1}{2} * 1,50 * (2,35 + 2,30) * 20 = 69,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\rightarrow G_5 = \frac{1}{2} * 1,40 * 2,30 * 20 = 32,2 \text{ kN/m}$$

Um das widerstehende Moment zu errechnen, werden die Scherparameter ϕ' und c' abgemindert. Der Teilsicherheitsbeiwert beträgt 1,15.¹⁴⁷

¹⁴⁵ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.11

¹⁴⁶ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.11

$$\rightarrow \varphi'_d = \arctan \frac{\tan 30^\circ}{1,15} = 26,7^\circ$$

$$\rightarrow c'_d = \arctan \frac{c'}{\gamma_c} = \frac{10}{1,15} = 8,7 \text{ kN/m}^2$$

Der Teilsicherheitsbeiwert für das Eigengewicht der Böschung ist $\gamma = 1,0$.¹⁴⁸

Das Momentengleichgewicht wird im Anschluss mit einer Tabelle berechnet (siehe Tabelle 2). In diese werden die Eigengewichte, die Breiten, die Winkel ϑ_i und die Scherparameter der einzelnen Lamellen eingetragen. Anschließend lassen sich daraus die Summen der einwirkenden sowie widerstehenden Momente berechnen.

Tabelle 2 – Berechnung der Standsicherheit einer Böschung mit einer Tabelle¹⁴⁹

Lamelle	G [kN/m]	b [m]	ϑ_i [°] gemessen	c'_d [kN/m ²]	φ'_d [°]	$G \cdot \tan \varphi'_d + b \cdot c'_d$	$G \cdot \sin \vartheta_i$
						$\cos \vartheta + \mu \cdot \sin \vartheta \cdot \tan \varphi'_d$	
1	15,8	1,5	16,0	8,7	26,7	19,1	4,3
2	43,5	1,5	25,0	8,7	26,7	31,2	18,4
3	63,0	1,5	34,5	8,7	26,7	40,3	35,7
4	69,8	1,5	45,5	8,7	26,7	45,4	49,7
5	32,2	1,4	59,0	8,7	26,7	30,0	27,6
Σ						166,0	135,8

Schließlich kann der Ausnutzungsgrad berechnet werden. Da der Ausnutzungsgrad unter 1,0 liegt, gilt der Nachweis als erfüllt.¹⁵⁰

$$\mu = \frac{135,8}{166,0} = 0,82 < 1,0$$

¹⁴⁷ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMECHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.11

¹⁴⁸ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMECHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.11

¹⁴⁹ LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMECHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.11

¹⁵⁰ Vgl. LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMECHANIK UND TUNNELBAU (TU München): Grundbau und Bodenmechanik. Übung Böschungsstabilität, S J.11

4. Behördliches Krisenmanagement

Ein Erdbeben kann eine Katastrophe auslösen und somit den Einsatz von Krisen- und Katastrophenmanagement erfordern. Risikomanagement ist ein modernes Instrument, um Rutschereignissen entgegenzuwirken bzw. das Schadensausmaß gering zu halten.

Eine Katastrophe ist als Ereignis definiert, das Leben und Gesundheit von Menschen oder Sachwerte gefährdet und die Abwehr bzw. Bekämpfung durch einen koordinierten Einsatz von Einrichtungen der Katastrophenhilfe erforderlich macht.¹⁵¹

4.1 Risikomanagement

Erdbeben stellen ein Risiko dar. Um darauf vorbereitet zu sein und dem bestmöglich entgegenzuwirken, kann Risikomanagement angewandt werden.

Risiko bedeutet die „*Kombination von Wahrscheinlichkeit und Auswirkung*“.¹⁵²

Der Risikomanagement-Prozess ist ein Werkzeug, das zur Anwendung von Risikomanagement herangezogen werden kann. Dieser ist in Abbildung 4-1 auf Seite 59 dargestellt. Der erste Schritt des Risikomanagement-Prozesses ist die Zusammenhangserstellung. Hier werden Einflussfaktoren ermittelt, sowie Risikokriterien bestimmt, welche zur Risikobewertung herangezogen werden. Der nächste Schritt ist die Risikobeurteilung, welche sich in die Risikoidentifikation (Erkennen des Risikos), die Risikoanalyse (Ermitteln der Maßnahmen zur Risikobewältigung) und die Risikobewertung (Bestimmen, ob ein Risiko tragbar ist) gliedert. Anschließend folgt die Risikobewältigung. Während des gesamten Risikomanagement-Prozesses wird zu einer permanenten Kommunikation, Konsultation, Überwachung und Überprüfung geraten.¹⁵³

¹⁵¹ Vgl. STEIERMÄRKISCHES KATASTROPHENSCHUTZGESETZ: § 1 Abs. 2

¹⁵² ON ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ONR 49000 – Risikomanagement für Organisationen und Systeme – Begriffe und Grundlagen, S 6

¹⁵³ Vgl. ON ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ONR 49001 – Risikomanagement für Organisationen und Systeme – Risikomanagement, S 13 ff.

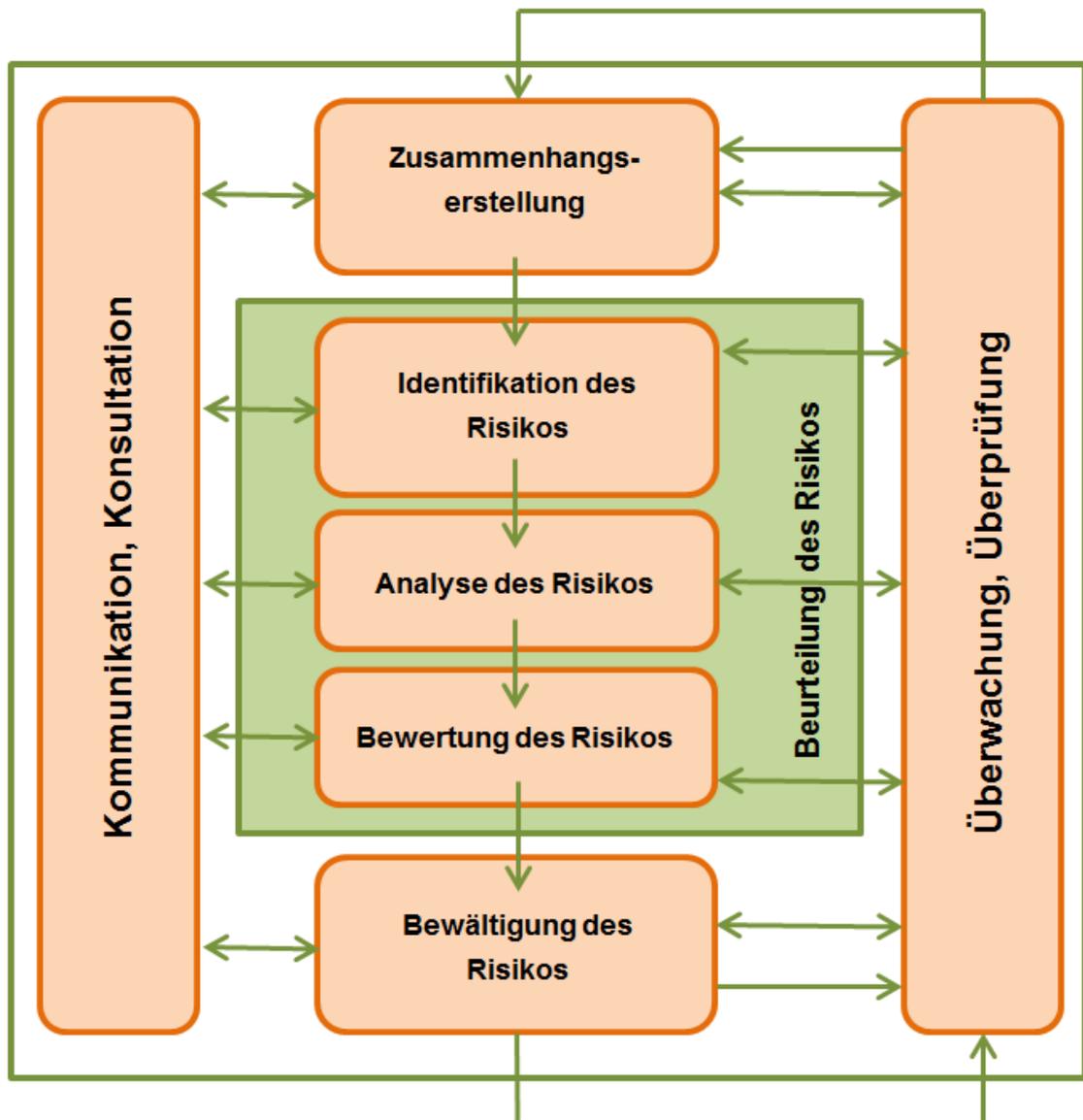


Abbildung 4-1 – Risikomanagement-Prozess¹⁵⁴

Das Ziel des Risikomanagements ist es, Risiken früh genug zu erkennen und richtig damit umzugehen.¹⁵⁵

Im Falle von Erdbeben kann der Risikokreislauf für Naturgefahren (siehe Abbildung 4-2, Seite 60) herangezogen werden.

¹⁵⁴ Vgl. ON ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMANAGEMENT: ONR 49001 – Risikomanagement für Organisationen und Systeme – Risikomanagement, S 13

¹⁵⁵ Vgl. ALFEN, H.W., DAUBE, D., LEIDEL, K., FRANK-JUNGBECKER, A., RIEMANN, A., FISCHER, K.: Abschlussbericht zum Forschungsprojekt: Lebenszyklusorientiertes Risikomanagement für PPP-Projekte im öffentlichen Hochbau, Teil I: Analyse des Risikomanagements in PPP-Projekten, S 29

Der Risikokreislauf besteht aus drei Phasen: Bewältigung, Regeneration und Vorbeugung. Die Bewältigung von Naturgefahren mit vorsorgenden Maßnahmen beginnt vor dem Ereignis. Die Vorsorge umfasst die Aktivierung der Notfallorganisationen, die Bereitstellung von Einsatzmitteln, sowie die Warnung und Alarmierung. Die Intervention startet mit dem Einsatz von Behörden und Organisationen, welche Sicherheitsaufgaben übernehmen (z.B. Feuerwehr, Polizei). Die Regeneration ist die Wiederherstellung und Instandsetzung von beschädigten Gebäuden, Straßen, Infrastrukturen, sowie die finanzielle Schadensabwicklung. Die Vorbeugung zieht Lehren aus der Naturkatastrophe und es werden Maßnahmen (z.B. Schutzmaßnahmen) geplant. Ein Teil der Vorbeugung ist der Katastrophenschutz.¹⁵⁶

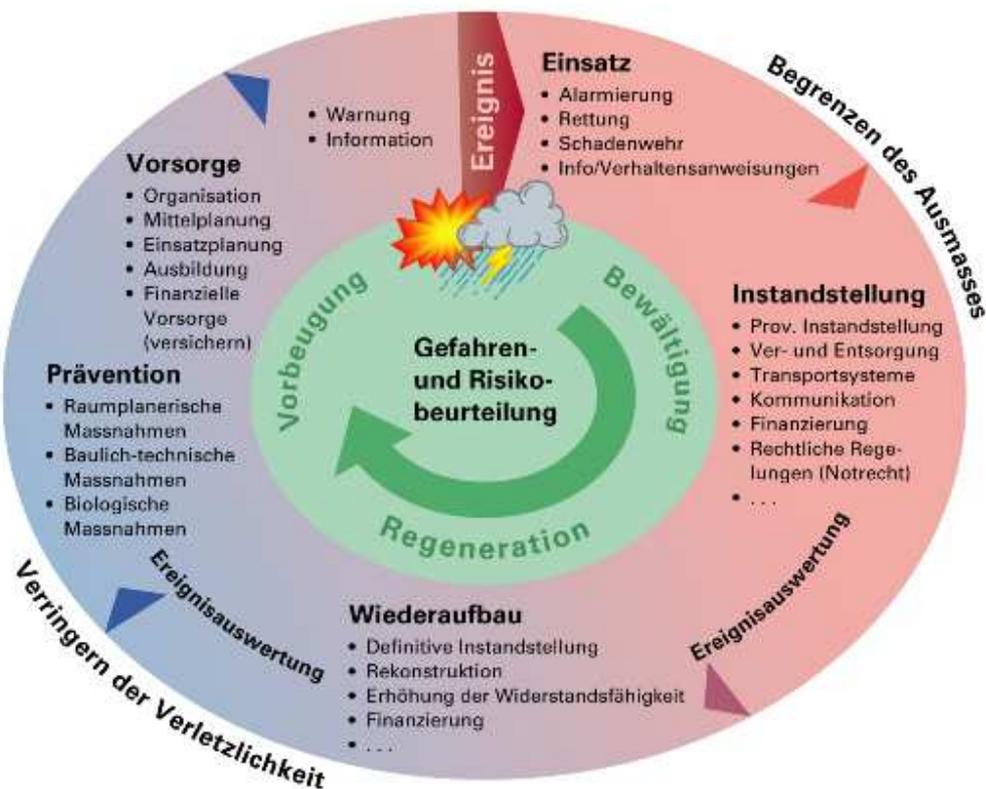


Abbildung 4-2 – Risikokreislauf für Naturgefahren¹⁵⁷

¹⁵⁶ Vgl. LEBENS MINISTERIUM: <http://www.naturgefahren.at/massnahmen/ngmanagement/integriskomang.html> – Zugriff am 10.02.2014

¹⁵⁷ LEBENS MINISTERIUM: <http://www.naturgefahren.at/massnahmen/ngmanagement/integriskomang.html> – Zugriff am 10.02.2014

4.2 Rechtsgrundlagen

Im Bereich des Katastrophenmanagements sind unter anderem folgende Regelwerke von Bedeutung:

- Steiermärkisches Katastrophenschutzgesetz
- Katastrophenfondsgesetz
- Katastrophenfonds-Richtlinie Steiermark
- Richtlinie für das Führen im Katastropheneinsatz

Diese werden auf den folgenden Seiten erläutert.

4.2.1 Steiermärkisches Katastrophenschutzgesetz

Das *Steiermärkische Katastrophenschutzgesetz* regelt die Abwehr und Bekämpfung von Katastrophen und hat Aufgaben des Katastrophenschutzes, Behördenzuständigkeiten, Maßnahmen etc. zum Inhalt.¹⁵⁸

Zu den Organisationen des Katastrophenschutzes zählen *„Einrichtungen, deren satzungs oder statutengemäßer Zweck auf die in diesem Gesetz umschriebenen Aufgaben gerichtet ist“*. Dazu gehören Feuerwehren und Rettungsorganisationen, die nach dem Steiermärkischen Rettungsdienstgesetz anerkannt sind.¹⁵⁹

Der Katastrophenschutz liegt bei den Bezirksverwaltungsbehörden. Betrifft die Katastrophe ein Gemeindegebiet, sorgt der Bürgermeister für den Katastrophenschutz, umfasst ein Katastrophenereignis mehrere Bezirke, obliegt er der Landesregierung.¹⁶⁰ Eine detaillierte Beschreibung ist in Kapitel 4.5 ersichtlich.

*„Die mit der Vollziehung dieses Gesetzes verbundenen Kosten sind vom Land zu tragen. Davon ausgenommen sind die Kosten, die den Gemeinden auf Grund der Vollziehung der ihnen nach diesem Gesetz im eigenen Wirkungsbereich zukommenden Aufgaben erwachsen.“*¹⁶¹

¹⁵⁸ Vgl. STEIERMÄRKISCHES KATASTROPHENSCHUTZGESETZ

¹⁵⁹ Vgl. STEIERMÄRKISCHES KATASTROPHENSCHUTZGESETZ: § 1 Abs. 3

¹⁶⁰ Vgl. STEIERMÄRKISCHES KATASTROPHENSCHUTZGESETZ: § 2

¹⁶¹ STEIERMÄRKISCHES KATASTROPHENSCHUTZGESETZ: § 14 Abs. 1

4.2.2 Katastrophenfondsgesetz

Das Katastrophenfondsgesetz ist das „*Bundesgesetz über Maßnahmen zur Vorbeugung und Beseitigung von Katastrophenschäden*“ und regelt die Aufbringung und Verwendung von Fondsmitteln, die Bereitstellung und Verwendung von Reserven des Fonds, sowie Schäden an Landstraßen und Sonderbestimmungen. Es ist mit 1. Jänner 1996 in Kraft getreten.¹⁶²

§ 1 des Katastrophenfondsgesetzes besagt: „(1) Für die zusätzliche Finanzierung von Maßnahmen zur Vorbeugung gegen künftige und zur Beseitigung von eingetretenen Katastrophenschäden sowie zur Erhebung der Wassergüte [...] wird ein Katastrophenfonds als Verwaltungsfonds geschaffen.

(2) Über die Gebarung des Fonds und die Verwendung der Mittel ist vom Bundesminister für Finanzen jeweils alle zwei Jahre bis 31. März des Folgejahres dem Nationalrat zu berichten.“¹⁶³

Fondsmittel werden durch Anteile der Einkommens- und Körperschaftssteuer gemäß dem jeweils geltenden Finanzausgleichsgesetz aufgebracht und werden dem Fonds monatlich überwiesen.¹⁶⁴

4.2.3 Katastrophenfonds-Richtlinie Steiermark

Die Katastrophenfonds-Richtlinie Steiermark ist die „*Richtlinie für die Abwicklung des Entschädigungsverfahrens nach Katastrophenschäden im Vermögen natürlicher und juristischer Personen mit Ausnahme der Gebietskörperschaften im Bundesland Steiermark*“. Sie dient der Erhebung, Schätzung und Entschädigung von Schäden aus Katastrophen im Vermögen natürlicher und juristischer Personen (ausgenommen Gebietskörperschaften). Solche Katastrophen sind beispielsweise Hochwasser, Erdbeben, Vermurung, Lawinen, Bergsturz und Schneedruck. Die Richtlinie ist seit 1. Jänner 2012 in Kraft.¹⁶⁵

„Die Verwendung von Mitteln aus dem Katastrophenfonds ist nach den Bestimmungen des § 3 Z. 3 lit. a) KatFG 1996 ausschließlich zur Deckung außer-

¹⁶² Vgl. KATASTROPHENFONDSGESETZ

¹⁶³ KATASTROPHENFONDSGESETZ: § 1 Abs. 1 und 2

¹⁶⁴ Vgl. KATASTROPHENFONDSGESETZ: § 2

¹⁶⁵ Vgl. KATASTROPHENFONDS-RICHTLINIE STEIERMARK, S 1 ff.

*ordentlicher Erfordernisse, die einem (Bundes-)Land durch finanzielle Hilfe zur Beseitigung außergewöhnlicher Schäden, die durch Hochwasser, Erdbeben, Lawinen, Erdbeben, Schneedruck, Orkan, Bergsturz und Hagel im Vermögen physischer (natürlicher) und juristischer Personen mit Ausnahme der Gebietskörperschaften entstanden sind, beschränkt.*¹⁶⁶ Gebietskörperschaften sind Bund, Länder und Gemeinden.¹⁶⁷

Die Katastrophenfonds-Richtlinie Steiermark behandelt¹⁶⁸

- Begriffsbestimmungen,
- Erhebung und Schätzung der Schäden, inklusive Antragstellung, Zuständigkeiten, Schadensarten und Fristen,
- Allgemeines bei der Schadenserhebung vor Ort, inklusive nicht zu berücksichtigende Schäden,
- Besonderheiten bei der Schätzung einzelner Schadensarten,
- die Vorlage der Privatschadensausweise,
- Entschädigungsprozentsätze und die Auszahlung, sowie
- Allgemeines, wie beispielsweise Rückforderungen, Härtefälle oder Verfall der Entschädigung.

Die Entschädigungsprozentsätze laut Katastrophenfonds-Richtlinie Steiermark betragen für Gebäude 50 %, für die Behebung von Erdbebensschäden durch Sicherungen und Tiefendrainagen 40 % und für sonstige Schäden 30 %.¹⁶⁹

4.2.4 Richtlinie für das Führen im Katastropheneinsatz

Die „Richtlinie für das Führen im Katastropheneinsatz“ wurde von der Fachgruppe Ausbildung des Staatlichen Krisen- und Katastrophenschutzmanage-

¹⁶⁶ KATASTROPHENFONDS-RICHTLINIE STEIERMARK: A, S 1

¹⁶⁷ Vgl. KATASTROPHENFONDS-RICHTLINIE STEIERMARK: B, S 2

¹⁶⁸ Vgl. KATASTROPHENFONDS-RICHTLINIE STEIERMARK

¹⁶⁹ Vgl. KATASTROPHENFONDS-RICHTLINIE STEIERMARK: II, 1, S 9 ff.

ments (SKKM) mithilfe von Experten von Behörden, sowie Rettungs- und Einsatzorganisationen erarbeitet. Die Richtlinie dient der Bewältigung von Katastrophen, kann jedoch auch für Krisen oder Großschadensereignisse herangezogen werden. Sie dient jenen Behörden und Einsatzorganisationen, denen die Bewältigung der Katastrophen obliegt, soll ihnen eine Vereinheitlichung des Führens vermitteln und eine Interoperabilität im Katastropheneinsatz gewährleisten.¹⁷⁰

Interoperabilität bedeutet die „*Fähigkeit unterschiedlicher Systeme, möglichst nahtlos zusammenzuarbeiten*“.¹⁷¹

Die Richtlinie beinhaltet Begriffsbestimmungen, Führen im Katastropheneinsatz, Führungsverfahren und Stabsarbeit.¹⁷²

4.3 Amt der Steiermärkischen Landesregierung

Das Amt der Steiermärkischen Landesregierung ist in Abteilungen bzw. Fachabteilungen untergliedert. Dies ist in Abbildung 4-3 (Seite 65) dargestellt.

Die grünen Kästchen stellen die Abteilungen – abgekürzt mit A und einer Nummer – bzw. die Landesamtsdirektion dar. Bei manchen wird zusätzlich ein weißes, grün umrandetes Feld dargestellt. Diese Kästchen sind mit der Abkürzung FA versehen, was für Fachabteilung steht (z.B. Fachabteilung „*Katastrophenschutz und Landesverteidigung*“).

¹⁷⁰ Vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR INNERES DER REPUBLIK ÖSTERREICH, ABTEILUNG II/4, SKKM: Richtlinie für das Führen im Katastropheneinsatz, S 6 ff.

¹⁷¹ Vgl. BIBLIOGRAPHISCHES INSTITUT: <http://www.duden.de/suchen/dudenonline/nahtlos> – Zugriff am 19.02.2014

¹⁷² Vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR INNERES DER REPUBLIK ÖSTERREICH, ABTEILUNG II/4, SKKM: Richtlinie für das Führen im Katastropheneinsatz, S 4 ff.

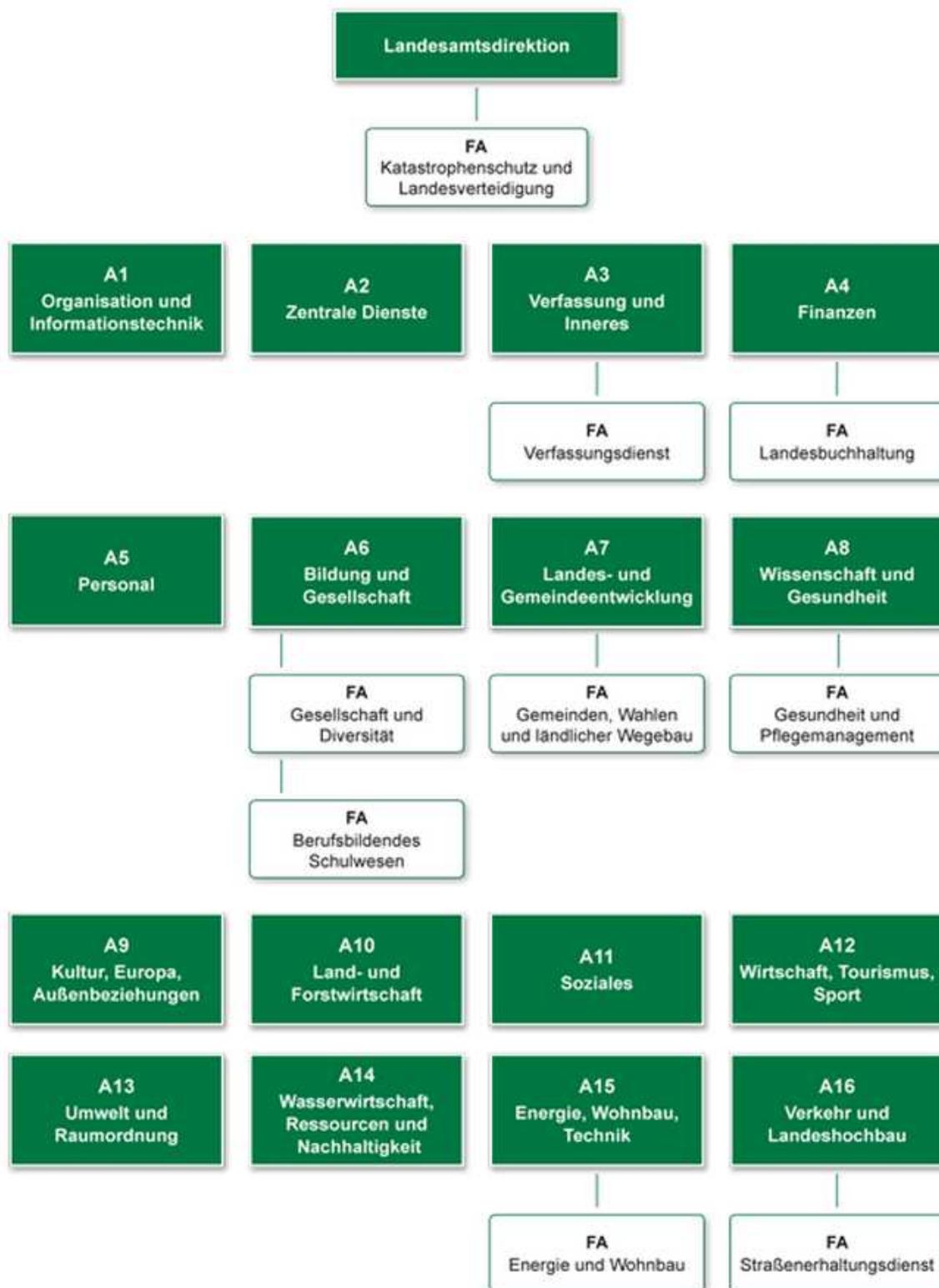


Abbildung 4-3 – Organigramm der Abteilungen (Amt der Stmk. Landesregierung)¹⁷³

¹⁷³ LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/74837418/DE/> – Zugriff am 11.02.2014

Für die vorliegende Arbeit werden Schäden aus Katastrophen näher betrachtet.

Hierbei gibt es sechs Schadensarten:¹⁷⁴

- Schadensart 01: Schäden an Gebäuden, baulichen Anlagen und Inventar
- Schadensart 02: Schäden an Ernte, Flur und Vieh
- Schadensart 03: Schäden an Wald, Waldbodenverlust
- Schadensart 04: Schäden an privaten Grundstücken und Gebäuden, die durch Erdbeben entstanden sind
- Schadensart 05: Schäden an privaten Straßen, Wegen oder Brücken
- Schadensart 06: Schäden an privaten Forststraßen, Forstwegen oder Forstbrücken

Für Rutschereignisse sind auf Ebene des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung mehrere Abteilungen zuständig. Abbildung 4-4 (Seite 67) stellt den Ablauf und die Beteiligten nach einem Erdbeben und daraus resultierende Schäden dar. Aufgrund ihrer Relevanz werden hier lediglich die Schadensarten 04 und 05 behandelt. Der Ablauf ist im Detail in Kapitel 4.6 beschrieben.

Nach einem Schadensereignis der Schadensart 04 bzw. der Schadensart 05 ist von privaten Betroffenen ein Privatschadensausweis auszufüllen. Nach Weiterleitung an die Bezirksverwaltungsbehörde und schließlich an das Amt der Steiermärkischen Landesregierung kümmern sich Amtssachverständige um die Erstellung von Befunden und Gutachten, welche im Anschluss geprüft werden. Die Mittelfreigabe erfolgt seitens der Abteilung 10 – Referat „Landwirtschaft und

¹⁷⁴ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.bezirkshauptmannschaften.steiermark.at/cms/beitrag/10016092/106661/> – Zugriff am 18.02.2014

ländliche Entwicklung“. Nach der Projektabrechnung erfolgt schließlich eine Auszahlung an die betreffende Partei von den Abteilungen 7 und 14.¹⁷⁵

Jene Katastrophenmittel, welche nicht verwendet werden, werden nach der Endabrechnung an die Abteilung 10 refundiert.¹⁷⁶

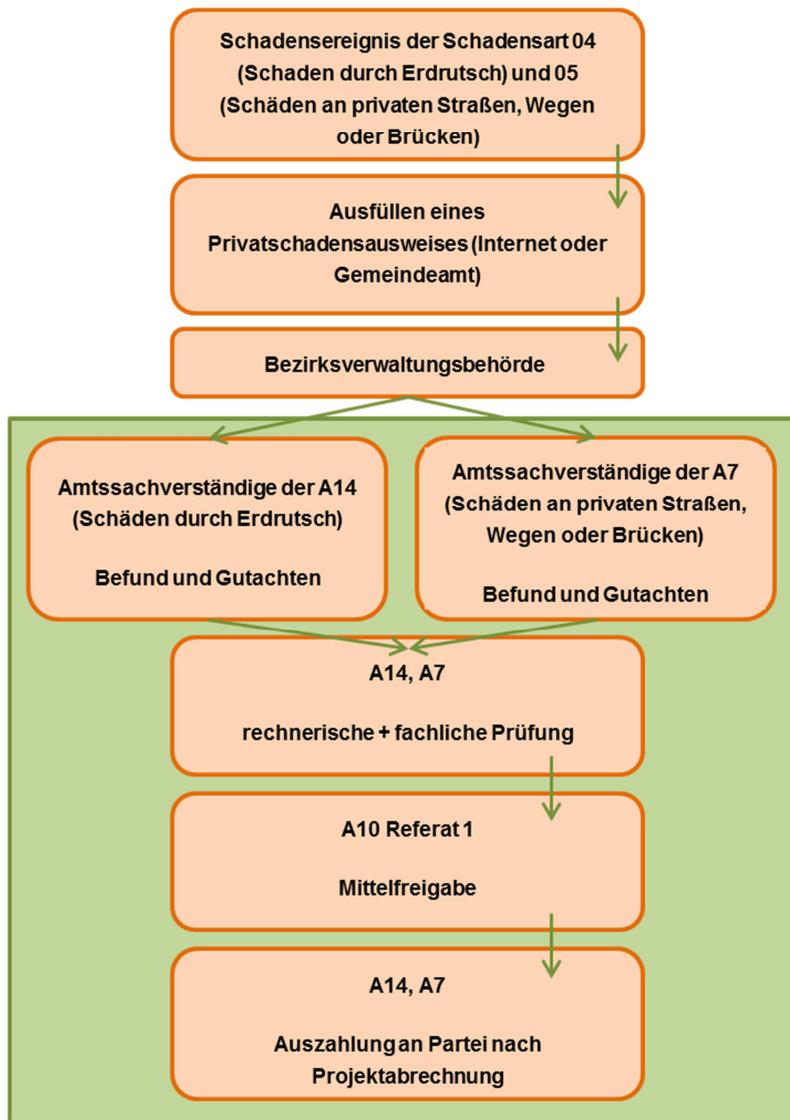


Abbildung 4-4 – Beteiligte an Erdbebensschäden (insb. d. Amts der Stmk. Landesregierung)¹⁷⁷

¹⁷⁵ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/dokumente/10178137_74837715/368c219b/Ablaufplan%20im%20Schadensfall.pdf – Zugriff am 18.02.2014

¹⁷⁶ Die Informationen stammen aus einem Gespräch mit DI Adelwöhrer vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung – Abteilung 14.

¹⁷⁷ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/dokumente/10178137_74837715/368c219b/Ablaufplan%20im%20Schadensfall.pdf – Zugriff am 18.02.2014

Ein Erdbeben kann auch beispielsweise Forstgebiet betreffen. In diesem Fall ist beispielsweise das Referat „*Landesforstdirektion*“ der Abteilung 10 zuständig.¹⁷⁸

Dies wird in vorliegender Arbeit nicht näher behandelt.

Die betroffenen Abteilungen werden im Folgenden genauer erläutert. Auch das Referat LWZ (Landeswarnzentrale) der Abteilung „*Katastrophenschutz und Landesverteidigung*“ kann ein zentraler Ansprechpartner bei Rutschereignissen sein.

Sonstige Abteilungen des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung werden im Zuge dieser Arbeit nicht behandelt.

4.3.1 Abteilung 7 – Landes- und Gemeindeentwicklung

Treten aufgrund einer Umweltkatastrophe Schäden an privaten Straßen, Wegen oder Brücken auf, kommt die Abteilung 7 des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung zum Einsatz (siehe Abbildung 4-4 auf Seite 67).

Diese besteht aus einer Stabsstelle, drei Referaten und einer Fachabteilung mit vier weiteren Referaten – siehe Abbildung 4-5 auf Seite 69.¹⁷⁹

Die Aufgabenbereiche der Abteilung 7 umfassen beispielsweise die Raumplanung, die kommunale Infrastruktur, die Gemeindestrukturreform, das Finanzwesen der Gemeinden, das ländliche Straßennetz, Vermögen und Schulden der Gemeindeverbände und Katastrophenschäden im Vermögen der Gemeinden sowie im Bereich des ländlichen Straßennetzes.¹⁸⁰

¹⁷⁸ Die Informationen stammen aus einem Gespräch mit DI Adelwöhrer vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung – Abteilung 14.

¹⁷⁹ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/74837988/DE/> – Zugriff am 18.02.2014

¹⁸⁰ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/76191809/DE/> – Zugriff am 18.02.2014



Abbildung 4-5 – Organigramm der Abteilung 7¹⁸¹

4.3.2 Abteilung 10 – Land- und Forstwirtschaft

Die Abteilung 10 des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung besteht aus der Stabsstelle „Innerer Dienst und Haushaltsführung“ sowie folgenden Referaten:¹⁸²

- ➔ Landwirtschaft und ländliche Entwicklung
- ➔ Landesforstdirektion
- ➔ Pflanzengesundheit und Spezialkulturen
- ➔ Boden- und Pflanzenanalytik
- ➔ Versuchsstation für Obst- und Weinbau Haidegg
- ➔ Steiermärkische Landesforste

¹⁸¹ LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/74837988/DE/> – Zugriff am 18.02.2014

¹⁸² Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/74838178/DE/> – Zugriff am 18.02.2014

Für die Abteilung 10 ist kein Organigramm vorhanden.

Von Bedeutung im Falle von Rutschereignissen mit Schadensfolgen ist das Referat „Landwirtschaft und ländliche Entwicklung“. Dieses bietet Informationen für die Abwicklung im Falle von Katastrophenschäden und gibt Fristen für die Meldung der Schäden an.¹⁸³

4.3.3 Abteilung 14 – Wasserwirtschaft, Ressourcen und Nachhaltigkeit

Von Interesse für die vorliegende Arbeit ist die Abteilung 14 – „Wasserwirtschaft, Ressourcen und Nachhaltigkeit“. Diese Abteilung untergliedert sich in 7 Referate (siehe Abbildung 4-6).¹⁸⁴

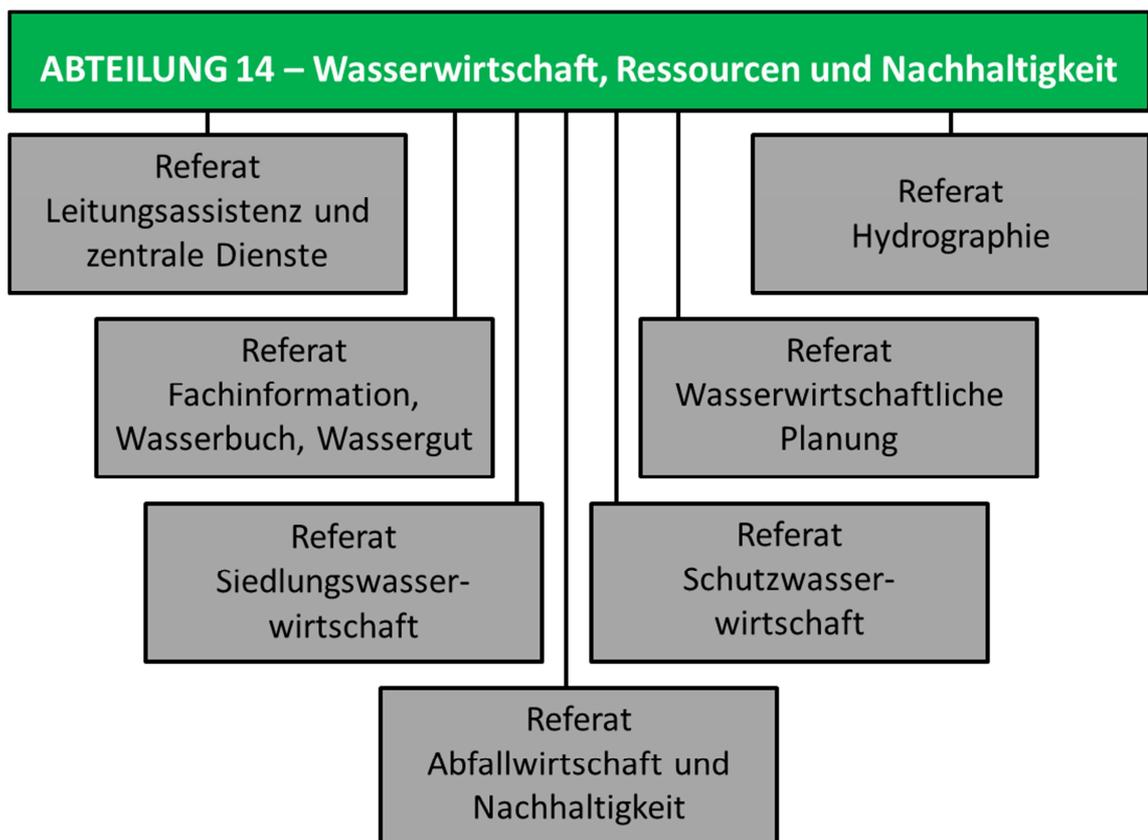


Abbildung 4-6 – Organigramm der Abteilung 14¹⁸⁵

¹⁸³ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG: <http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/74836895/DE/> – Zugriff am 18.02.2014

¹⁸⁴ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG: <http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/74836586/DE/> – Zugriff am 11.02.2014

Das Referat „Schutzwasserwirtschaft“ ist für die vorliegende Arbeit von besonderer Bedeutung. Dieses gliedert sich in die Fachbereiche „Hochwasserschutz“ und „Rutschhangsicherung und Landschaftswasserbau“. Die Aufgaben des Fachbereichs „Hochwasserschutz“ sind beispielsweise die Durchführung von Projektierungen, aktiven und passiven Hochwasserschutzmaßnahmen, Förderungsangelegenheiten, sowie Bauvorbereitungen und Baudurchführungen bei Hochwasservorkommnissen. Der Fachbereich „Rutschhangsicherung und Landschaftswasserbau“ ist für vorliegende Arbeit von Interesse. Zu seinen Aufgaben zählen z.B. die Regelung des Bodenwasserhaushalts, der Wasserrückhalt in der Landschaft, sowie die Stabilisierung von Rutschhängen.¹⁸⁶

Zu den Kernaufgaben der Abteilung 14 zählen:¹⁸⁷

- Wasserwirtschaft: Koordination der Wasserwirtschaft, Wasserinformationssystem Steiermark, Verwaltung des öffentlichen Wasserguts, hydrographischer Dienst bezüglich Niederschlag und Temperatur, Förderung der Maßnahmen der Wildbach- und Lawinenverbauung, Förderung, Ausführung und Instandhaltung in den Bereichen Landschaftswasserbau und Rutschhangsicherung etc.
- Abfall- und Ressourcenwirtschaft: Planungen, Maßnahmen und Förderungsangelegenheiten im Bereich Abfall- und Ressourcenwirtschaft, Amtssachverständigendienst im Bereich der Abfallwirtschaft etc.
- Nachhaltige Entwicklung: Planung, Durchführung und Förderung von Maßnahmen und Projekten im Bereich der nachhaltigen Entwicklung etc.
- Schutz der Bevölkerung vor wasserbedingten Naturkatastrophen¹⁸⁸

¹⁸⁵ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/74836586/DE/> – Zugriff am 11.02.2014

¹⁸⁶ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/75777989/DE/> – Zugriff am 11.02.2014

¹⁸⁷ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/74837095/DE/> – Zugriff am 11.02.2014

¹⁸⁸ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG – FACHABTEILUNG 19B – SCHUTZWASSERWIRTSCHAFT UND BODENWASSERHAUSHALT: Leistungsbericht 2011, S 8

4.3.4 Fachabteilung Katastrophenschutz und Landesverteidigung

Die Fachabteilung „Katastrophenschutz und Landesverteidigung“ besteht aus den Referaten „Landeswarnzentrale“ und „Katastrophenschutz“. Zu den wichtigsten Aufgaben der Fachabteilung zählen:¹⁸⁹

- Brandschutz und Feuerpolizei
- Hubschrauberrettungsdienst
- Katastrophenhilfsdienst (Förderungsbeiträge an Organisationen)
- Katastrophenschutzangelegenheiten
- Lawinenwarndienst
- Landeswarnzentrale
- Zivilschutz
- Koordination der Notfall- und Katastrophenmedizin

Ein Organigramm für die Referate der Fachabteilung „Katastrophenschutz und Landesverteidigung“ wird hier nicht angeführt. Für die vorliegende Arbeit ist besonders das Referat „Landeswarnzentrale“ von Interesse. Auf dieses wird im Folgenden näher eingegangen.

4.3.4.1 Landeswarnzentrale

Zu den Aufgaben der Landeswarnzentrale gehören insbesondere folgende:¹⁹⁰

- Die Landeswarnzentrale ist eine ständige Ansprech- und Koordinationsstelle für Katastrophen. Dazu zählen Unwetter, Hangrutschungen, Mu-

¹⁸⁹ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.katastrophenschutz.steiermark.at/cms/ziel/5544/DE/> – Zugriff am 19.03.2014

¹⁹⁰ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.katastrophenschutz.steiermark.at/cms/ziel/5627/DE/> – Zugriff am 17.02.2014

renabgänge, Verkehrsunfälle, Lawineneinsätze, Bergrettungseinsätze, Chemieeinsätze, Strahlenangelegenheiten etc.¹⁹¹

- ➔ Alarme werden entgegengenommen, zugeordnet und an entsprechende Stellen weitergeleitet.
- ➔ Tritt ein Katastrophenfall ein, wird die Bevölkerung über Sirensignale und Medien gewarnt und Einsatzkräfte werden alarmiert. Die Alarmierung betrifft z.B. die Höhlen- oder Wasserrettung.¹⁹²
- ➔ Die Landeswarnzentrale übernimmt die Einsatzleitung, die Einsatzlenkung und die Dokumentation.
- ➔ Ein wichtiger Aufgabenbereich der Landeswarnzentrale ist die Beobachtung und Sicherstellung von Warnsystemen, z.B. das Strahlenfrühwarnsystem oder das hydrographische Frühwarnsystem.¹⁹³
- ➔ Weiters wird für die Erhaltung des Warn- und Alarmdienstes, sowie für eine Sicherstellung der Kommunikation gesorgt.

Um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten, ist die Landeswarnzentrale mit einigen wichtigen technischen Einrichtungen ausgestattet:¹⁹⁴

- ➔ Funk: In der Landeswarnzentrale gibt es 60 Funkkanäle, z.B. den Katastrophenfunk, den Flugnotfunk, sowie den Amateurfunk.¹⁹⁵
- ➔ Telefon
- ➔ EDV-Einrichtungen

¹⁹¹ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.katastrophenschutz.steiermark.at/cms/beitrag/10004586/5627/> – Zugriff am 17.02.2014

¹⁹² Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.katastrophenschutz.steiermark.at/cms/beitrag/10004588/5627/> – Zugriff am 17.02.2014

¹⁹³ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.katastrophenschutz.steiermark.at/cms/beitrag/10004590/5627/> – Zugriff am 17.02.2014

¹⁹⁴ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.katastrophenschutz.steiermark.at/cms/ziel/5663/DE/> – Zugriff am 17.02.2014

¹⁹⁵ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.katastrophenschutz.steiermark.at/cms/beitrag/10014512/5663/> – Zugriff am 17.02.2014

- Sonstigen technischen Einrichtungen: Strahlenfrühwarnsystem, Flusspegelwarnsystem, Funksirenensteuerung etc.¹⁹⁶
- Einsatzfahrzeug

Abbildung 4-7 zeigt einen Teil der Ausstattung der Landeswarnzentrale, von EDV-Einrichtung bis hin zu Telefonen.



Abbildung 4-7 – Landeswarnzentrale Steiermark¹⁹⁷

¹⁹⁶ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.katastrophenschutz.steiermark.at/cms/beitrag/10014515/5663/> - Zugriff am 17.02.2014

¹⁹⁷ LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
<http://www.katastrophenschutz.steiermark.at/cms/ziel/5699/DE/> – Zugriff am 17.02.2014

4.4 Erdrutsche in der Gemeinde Fernitz

Die Gemeinde Fernitz¹⁹⁸ befindet sich im Bezirk Graz-Umgebung und liegt südlich von Graz.

Trotz der flachen Topographie ist auch Fernitz von Rutschereignissen betroffen.¹⁹⁹

Der Flächenwidmungsplan, welcher am Gemeindeamt aufliegt, ist eine öffentliche Verordnung, in die jeder Bürger Einsicht nehmen darf.

Flächen, die durch Erdrutsche gefährdet sind, sind im Freiland gelegen und im Flächenwidmungsplan als Erdrutschgebiete gekennzeichnet. Sie sind nicht als Bauland ausgewiesen.

Möchte ein Bürger ein Gebäude auf einer erdrutschgefährdeten Fläche errichten, hat er zuvor einen Sanierungsplan zu erstellen und der Gemeinde einen Nachweis zu erbringen, dass Maßnahmen ergriffen wurden, welche die Erdrutschgefahr beseitigt haben. Diese Fläche könnte anschließend als Bauland ausgewiesen werden.

Im Schnitt treten in Fernitz jährlich drei bis fünf Hangrutschungen auf. Diese betreffen sowohl Bürger als auch die Gemeinde selbst. In Jahren mit häufigen und starken Niederschlägen können höhere Zahlen von Rutschereignissen verzeichnet werden. Vor allem das Jahr 2009 hatte aufgrund seiner Witterungsverhältnisse Auswirkungen auf die Gemeinde. Es wurden drei Gemeindestraßen durch Erdrutsche beschädigt.

4.4.1 Schäden an Privateigentum

Zusätzlich konnten in diesem Jahr Privatschadensmeldungen der Schadensart 04 von Gemeindebürgern verzeichnet werden. Der Ablauf der Schadensmeldung für private Betroffene ist in Kapitel 4.6 ersichtlich.

¹⁹⁸ Aufgrund meines Hauptwohnsitzes wurde die Gemeinde Fernitz als Beispiel für eine Gemeinde und deren Hangrutschungsereignisse herangezogen.

¹⁹⁹ Die Informationen zu Hangrutschungen in der Gemeinde Fernitz stammen aus einem Gespräch mit Frau Mag. Ruckenstein und Herrn OAR Winkler, Mitarbeitern des Gemeindeamts Fernitz. Die Abbildungen stammen ebenso vom Gemeindeamt Fernitz.

Abbildung 4-8 zeigt eine Rutschung aus dem Jahr 2013. Im März rutschte eine Forststraße ab. Etwa zwei Drittel der Straßenbreite waren abgegangen und haben ein gebäudeloses Privatgrundstück beschädigt. Die Breite der Rutschung betrug etwa 15 Meter. Die Rutschmasse reichte ca. 60 Meter das private Grundstück hinab.

Da die Straße kaum befahren wird, wurden keine Sanierungsmaßnahmen vorgenommen, sondern die Forststraße wurde verlegt.



Abbildung 4-8 – Beschädigung einer Forststraße und eines Privatgrundstücks

4.4.2 Schäden an Gemeindeeigentum

Ein Schaden an Gemeindeeigentum (z.B. Gemeindestraße) wird nicht via Privatschadensausweis gemeldet, sondern direkt der Fachabteilung „*Gemeinden, Wahlen und ländlicher Wegebau*“ der Abteilung 7 des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung berichtet. Der Schaden wird von einem Sachverständigen der Abteilung 7 begutachtet und Sanierungsmaßnahmen werden eingeleitet. Die Arbeiten erfolgen entweder durch Mitarbeiter der Abteilung oder durch ein Bauunternehmen. Die Kosten für die Sanierung werden von der Gemeinde und dem Land Steiermark getragen.

Ein Beispiel für Schäden am Gemeindeeigentum stellen Abbildung 4-9 und Abbildung 4-10 (Seite 78) dar. Im Sommer 2009 rutschte das Bankett der Gnaninger Straße ab und hinterließ einen Anbruch mit einem Versatz von rund drei Metern. Die Rutschung betraf ca. eine Länge von 15 Metern. Als Sanierungsmaßnahme wurde eine Steinschichtung errichtet. Diese ist in Abbildung 4-11 auf Seite 78 ersichtlich.



Abbildung 4-9 – Schäden an der Gnaninger Straße nach einem Erdbeben



Abbildung 4-10 – Versatz nach der Rutschung an der Gnaninger Straße



Abbildung 4-11 – Sanierung der Gnaninger Straße mittels Steinschichtung

4.5 Soforthilfemaßnahmen bei einer Katastrophe

Beim Eintritt einer Katastrophe muss zuerst erhoben werden, ob es sich um eine Gemeinde- oder um eine Bezirks- bzw. Landeskatastrophe handelt.²⁰⁰

Eine Gemeindegkatastrophe betrifft ein Gemeindegebiet und kann mit gemeindeeigenen Mitteln bekämpft werden. Dazu gehören beispielsweise Feuerwehr und gemeindeeigene Gerätschaften. Der Bürgermeister stellt die Katastrophe fest und übernimmt die Einsatzleitung. Die Kosten werden von der Gemeinde getragen. Geht die Katastrophe über ein Gemeindegebiet hinaus und/oder kann sie nicht mit eigenen Mitteln bekämpft werden, muss der Bürgermeister die zuständige Bezirkshauptmannschaft (BH) konsultieren, welche anschließend die Katastrophe feststellt. Die Einsatzleitung wird dann von der BH übernommen, während die Kosten das Land trägt. Diese Art von Katastrophe wird Bezirkskatastrophe genannt. Laut dem Steiermärkischen Katastrophenschutzgesetz ist zur Feststellung einer Katastrophe eine Lagebeurteilung, besonders durch Sachverständige, Wasserbauabteilung, Forstabteilung, Wildbach- und Lawinenverbauung etc. zielführend.²⁰¹

4.5.1 Führungsstab

Der Führungsstab im Katastrophenfall besteht unter der Leitung der zuständigen Behörde aus z.B. Sachverständigen der folgenden Organisationen:²⁰²

- Wasserbauabteilung
- Straßenbauabteilung
- Wildbach- und Lawinenverbauung
- Forstabteilung
- Einsatzorganisationen
- Abteilungen des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung

²⁰⁰ Vgl. RUPP, G.: Soforthilfemaßnahmen der Katastrophenschutzbehörden – Verrechnung, Präsentation, Folie 2

²⁰¹ Vgl. RUPP, G.: Soforthilfemaßnahmen der Katastrophenschutzbehörden – Verrechnung, Präsentation, Folie 3 ff.

²⁰² Vgl. RUPP, G.: Soforthilfemaßnahmen der Katastrophenschutzbehörden – Verrechnung, Präsentation, Folie 7

Eine der Kernaufgaben des Führungsstabs ist das Festlegen von Maßnahmen, welche in die folgenden beiden Prioritätsstufen eingeteilt werden können:²⁰³

- Priorität 1: Gefahr in Verzug – Maßnahmen nicht aufschiebbar. Bei P1-Maßnahmen werden 100 % der Kosten vom Land Steiermark übernommen.
- Priorität 2: keine Gefahr in Verzug – vor allem Sanierungen. Die Kosten werden nach Förderrichtlinien der zuständigen Abteilungen übernommen.

4.5.2 Verrechnung der Kosten für Soforthilfemaßnahmen

Als Voraussetzung der Kostenverrechnung in einem Katastrophenfall für Soforthilfemaßnahmen gelten drei Bedingungen: die Katastrophe muss lt. Steiermärkischem Katastrophenschutzgesetz festgestellt werden, „Gefahr in Verzug“ und Soforthilfemaßnahmen müssen von Sachverständigen bestimmt werden, verpflichtete Einrichtungen müssen einen koordinierten Einsatz zur Katastrophenhilfe leisten. Um die Gesamtkosten für die Sofortmaßnahmen nach einer Katastrophe zu erhalten, hat der Bürgermeister vor der Anordnung der Maßnahmen das Einvernehmen mit der BH herzustellen. Die BH beruft anschließend einen Führungsstab und genehmigt die Soforthilfemaßnahmen im Einvernehmen mit der Fachabteilung „Katastrophenschutz und Landesverteidigung“. Der Führungsstab ordnet die Kosten den einzelnen Ressortbereichen zu. Anschließend werden die geschätzten Gesamtkosten an die Fachabteilung „Katastrophenschutz und Landesverteidigung“ übermittelt und eine Dokumentation beigefügt. Anschließend legt die Abteilung der Regierung einen Sitzungsantrag zur Genehmigung vor. Die Bedeckung der Gesamtkosten wird durch das Finanzressort durchgeführt.²⁰⁴

P1-Maßnahmen werden über die zuständige BH abgerechnet und über die Fachabteilung „Katastrophenschutz und Landesverteidigung“ ausbezahlt. Erfolgt die Abrechnung durch diese Fachabteilung, müssen Rechnungen und eine Dokumentation über die BH an die Abteilung übermittelt werden. P2-

²⁰³ Vgl. RUPP, G.: Soforthilfemaßnahmen der Katastrophenschutzbehörden – Verrechnung, Präsentation, Folie 8 ff.

²⁰⁴ Vgl. RUPP, G.: Soforthilfemaßnahmen der Katastrophenschutzbehörden – Verrechnung, Präsentation, Folie 10 ff.

Maßnahmen werden über zuständige Abteilungen des Landes verrechnet. Aus Soforthilfemitteln werden im Grunde folgende Kosten übernommen:²⁰⁵

- Kosten für P1-Maßnahmen
- Kosten für die Einrichtung des Führungsstabs
- Assistenzeinsatzkosten des Bundesheeres
- Kosten für Entschädigungsleistungen (z.B. Entschädigung für die Zerstörung einer Privatstraße durch Befahrung schwerer Fahrzeuge)
- Kosten für Feuerwehreinsätze

Nicht übernommen werden hingegen Kosten für gemeindeeigenes Personal oder Geräte, sowie Kosten für Personal von Gebietskörperschaften (z.B. der Wildbach- und Lawinenverbauung).²⁰⁶

4.6 Vorgehensweise nach einem Erdbeben – Amt der Steiermärkischen Landesregierung

Entdeckt eine Person am Grundeigentum Schäden aufgrund von Hangbewegungen oder von Erdbeben, beispielsweise anhand von Rissen am Gebäude oder Hangverformungen, hat sie die Möglichkeit, diese zu melden.²⁰⁷

Der erste Schritt ist die Anmeldung eines Privatschadensausweises bei der zuständigen Gemeinde. Dies erfolgt auf elektronischem Weg mit dem System Katsch-BV. Die Meldung wird an die Bezirksbehörde und anschließend an das Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 14 – Fachbereich „*Rutschhangsicherung und Landschaftswasserbau*“ – weitergeleitet. Der Bauherr ist in jedem Fall der Fördernehmer.

Im Anschluss erfolgt eine Erstbegehung vom zuständigen Personal dieser Abteilung, häufig in Zusammenarbeit mit dem zuständigen Landesgeologen, welcher eine „*geologische Stellungnahme*“ verfasst und, sofern es nötig ist, So-

²⁰⁵ Vgl. RUPP, G.: Soforthilfemaßnahmen der Katastrophenschutzbehörden – Verrechnung, Präsentation, Folie 13 ff.

²⁰⁶ Vgl. RUPP, G.: Soforthilfemaßnahmen der Katastrophenschutzbehörden – Verrechnung, Präsentation, Folie 20

²⁰⁷ Die Informationen zur Vorgehensweise stammen aus einem Gespräch mit Herrn Dr. Hermann von Geolith Consult, sowie von Herrn DI Adelwöhrer vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung – Abteilung 14.

fortmaßnahmen einleitet. Stellt sich der Schaden als Resultat eines Erdbebens heraus, wird der Fall als Projekt vom Fachbereich „*Rutschhangsicherung und Landschaftswasserbau*“ behandelt.

Die Bearbeitung, Projektierung und Bauleitung erfolgen bis zur Abrechnung zu etwa 90 % der Fälle über Mitarbeiter des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung – Abteilung 14. Bei Gebäudeschäden oder komplexen Erdbeben werden Amtssachverständige, Ziviltechniker oder Planungsbüros herangezogen, welche ein Erkundungsprogramm planen und Vorschläge für mögliche Maßnahmen zur Behebung des Schadens machen.

Vor Beantragung einer Förderung durch den Katastrophenfonds muss geklärt werden, ob der Schaden durch eine Versicherung gedeckt ist. Im Anschluss hat der Auftraggeber, d.h. der Geschädigte, die Möglichkeit, sich zu entscheiden, ob Maßnahmen ergriffen werden. Dies hängt einerseits von den geplanten Kosten zur Schadensbehebung ab, andererseits von der Höhe der Förderung, welche gewährt werden kann.

Entscheidet sich der Auftraggeber für eine Schadensbehebung, wird dies von Mitarbeitern der Abteilung 14 durchgeführt. Lediglich in Fällen, die den Einsatz technischer Spezialverfahren voraussetzen, werden externe Bauunternehmen herangezogen. Dies kann anhand einer Bauausschreibung erfolgen, wobei die Leistungen im Vorhinein entweder von der Abteilung 14 oder vom zuständigen planenden Büro beschrieben werden. Während der Baudurchführung übernimmt das Amt der Steiermärkischen Landesregierung – Abteilung 14 – die geotechnische Baukontrolle, die örtliche Bauaufsicht und sonstige Tätigkeiten, wie beispielsweise die Rechnungsprüfung. In komplexen Fällen können diese Aufgaben von einem Planungsbüro übernommen werden.

Ist der Geschädigte gegen Schäden aus Rutschereignissen versichert, besteht für ihn die Möglichkeit, den Schaden der Versicherung zu melden (dieser Ablauf ist in Kapitel 4.7 erläutert). Je nachdem, in welchem Ausmaß die Versicherung vor dem Schadensereignis abgeschlossen wurde, besteht die Möglichkeit, dass diese die gesamten Kosten der Schadensbehebung übernimmt, oder eine kombinierte Finanzierung von Förder- und Versicherungsgeldern stattfindet.

4.7 Vorgehensweise nach einem Erdbeben – Versicherungsunternehmen am Beispiel der UNIQA

Am Beispiel der UNIQA wird zwischen Erdbebenschäden und Vermurungsschäden unterschieden. Ein Erdbeben ist bei diesem Versicherungsunternehmen im Rahmen von Sturmschäden gedeckt, eine Vermurung im Rahmen von Katastrophenschäden.²⁰⁸

Hat der Geschädigte eine Eigenheim- bzw. Haushaltsversicherung abgeschlossen, ist ein Schaden aufgrund einer Vermurung bis maximal 4.000 € gedeckt. Gegen eine Mehrprämie kann dieser Betrag maximal bis zur Hälfte der Versicherungssumme erhöht werden. Ein Erdbebenschaden hingegen ist in der Höchsthaftungssumme der Gebäudeversicherung inkludiert und es ist keine Mehrprämie erforderlich. Ob der Schaden am Gebäude aus einem Erdbeben oder einer Mure resultiert, entscheidet der zuständige Geologe. Ab einem gewissen Wasseranteil im Bodenmaterial wird die gravitative Massenbewegung vom Versicherungsunternehmen als Vermurung berücksichtigt.

Tritt nun ein Schaden aufgrund eines Hangrutsches oder einer Vermurung am Gebäude ein, hat der Versicherte die Möglichkeit, diesen beim Versicherungsunternehmen zu melden. Ein Außendienstmitarbeiter nimmt den Schaden auf, dokumentiert ihn, macht Photos und erstellt eine Schadensmeldung. Diese Meldung wird ins zentrale Servicecenter des Versicherungsunternehmens weitergeleitet und dort von einem Schadensreferenten betreut, welcher schließlich entscheidet, ob ein zusätzlicher Sachverständiger heranzuziehen ist. Tritt dieser Fall ein, erhebt der Sachverständige den Schaden im Detail.

Der Versicherte hat die Möglichkeit, den Schaden selbst zu beheben oder ein Unternehmen zu beauftragen. Beseitigt er ihn selbst, muss er die Leistungen auflisten und dem Versicherungsunternehmen übermitteln, woraufhin er die Summe, bis zu der er versichert ist, erhält. Beauftragt er ein Unternehmen zur Schadensbehebung, bekommt er den Betrag nach Vorlegen der Rechnung überwiesen.

²⁰⁸ Die Informationen zur Vorgehensweise von Versicherungsunternehmen stammen aus einem Gespräch mit den Herren Lerchner, Regionalmanager der UNIQA Tamsweg, und Pirker, Versicherungsberater bei UNIQA, Regionalstelle Tamsweg

5. Beispiele von Erdbeben

Erdbeben betreffen nicht nur den österreichischen Raum, sondern treten weltweit auf. Wie andere Naturkatastrophen auch, fordern Bebenereignisse Todesopfer und gehören somit zu gefährlichen Naturgewalten.

Tabelle 3 stellt den internationalen Vergleich von registrierten Bebenereignissen aus dem Jahr 2007 vom *SAARC Disaster Management Centre – New Delhi* aus dem *South Asian Disaster Report*²⁰⁹ dar.

Die Verteilung zeigt, dass der prozentuelle Anteil der Todesopfer aus dem europäischen Raum an der Gesamtanzahl aus dem Jahr 2007 mit 0,9 sehr gering ist. Der asiatische Raum weist mit 304 Stück eine hohe Zahl an registrierten Bebenereignissen auf und erreicht einen Anteil von 83,7 % an den gesamten weltweiten Todesopfern.²¹⁰

Tabelle 3 – Globale Verteilung von Bebenereignissen mit Todesopfern für das Jahr 2007²¹¹

Gebiet	Anzahl der Bebenereignisse mit Todesopfern	Prozentueller Anteil an Gesamtereignissen mit Todesopfern	Anzahl der Todesopfer	Prozentueller Anteil an Gesamttodesopfern
Europa	17	4,31	28	0,93
Afrika	13	3,30	120	3,98
Asien	304	77,16	2.527	83,76
Australien	5	1,27	17	0,56
Amerika	55	13,96	325	10,77
Gesamt	394	100,00	3.017	100,00

Die Auslöser für die in Tabelle 3 dargestellten Bebenereignisse sind in Tabelle 4 auf Seite 85 ersichtlich. Aus dieser Auflistung geht hervor, dass die primäre

²⁰⁹ Vgl. SAARC DISASTER MANAGEMENT CENTRE NEW DELHI: South Asian Disaster Report 2007

²¹⁰ Vgl. SAARC DISASTER MANAGEMENT CENTRE NEW DELHI: South Asian Disaster Report 2007, S 105

²¹¹ Vgl. SAARC DISASTER MANAGEMENT CENTRE NEW DELHI: South Asian Disaster Report 2007, S 105

Ursache für Erdrutsche starke Regenfälle sind. Der zweithäufigste Auslöser von Rutschungen sind Bauaktivitäten.²¹²

Tabelle 4 – Auslöser der Rutschereignisse mit Todesopfern für das Jahr 2007²¹³

Auslöser	Anzahl der Rutschereignisse	Anzahl der Todesopfer	Prozentueller Anteil der Todesopfer
Intensiver Regen	319	2.690	89,16
Bauaktivitäten	25	101	3,35
Bergbau	17	53	1,76
Flussufer-Abtragung	5	23	0,76
Erdbeben	5	20	0,66
Schneefall	2	9	0,30
Vulkanausbruch	1	8	0,27
Unbekannte Auslöser	20	113	3,75
Gesamt	394	3.017	100,00

Im Folgenden werden vier Beispiele von Erdrutschen beschrieben. Alle vier haben gemein, dass Menschenleben gefordert und große Schäden an Gebäuden angerichtet wurden.

Die Beispiele beziehen sich nicht nur auf den österreichischen Raum, sondern auch auf den europäischen und asiatischen. Sie sind nach Datum geordnet (von 1963 bis 2013).

²¹² Vgl. SAARC DISASTER MANAGEMENT CENTRE NEW DELHI: South Asian Disaster Report 2007, S 106

²¹³ Vgl. SAARC DISASTER MANAGEMENT CENTRE NEW DELHI: South Asian Disaster Report 2007, S 106

5.1 Erdbeben im Vajont-Tal (Italien)

Eine hohe Zahl an Todesopfern forderte die Überschwemmung, ausgelöst durch ein Erdbeben, im Jahr 1963 im Vajont-Tal. Ab dem Jahr 1956 wurde die damals höchste Staumauer der Welt am Fluss Vajont erbaut, um Venedig mit Energie zu versorgen. Das Fassungsvermögen des Speichersees betrug ca. 150 Millionen Kubikmeter.²¹⁴

Im Jahr 1959 wurde die Staumauer fertiggestellt und mit der Probebefüllung des Stausees begonnen. 1960 stürzte ein mächtiger Gesteinsblock von der Südseite des anliegenden Monte Toc in den See. Daraufhin taten sich breite M-förmige Gräben im Hang auf.²¹⁵

Ingenieure warnten anschließend, dass an der Südflanke des Stausees ein Teil des Berges in den See rutschte. Wissenschaftler der Universität Padua starteten Untersuchungen, welche augenscheinlich jedoch keine Hinweise auf eine Gefahr lieferten und die Weiterbefüllung des Sees nicht stoppten.²¹⁶

Im Oktober 1962 war die Füllprobe des Stausees abgeschlossen. Während der Füllung traten mehrmals leichte Erdbeben im Vajont-Tal auf. Schließlich wurde im April 1963 vom Ministerium die Genehmigung erteilt, den Stausee endgültig zu füllen. Während dies geschah, begann der angrenzende Monte Toc zu vibrieren. Die betroffene Südflanke bewegte sich anschließend talwärts, bis sie am 9. Oktober 1963 schließlich vollständig in den Stausee rutschte und die resultierende Flutwelle zur Zerstörung von fünf Dörfern führte. Der Aufprall der Gesteinsmassen setzte eine Energie frei, welche mit jener von drei Hiroshima-Atombomben vergleichbar ist.²¹⁷

²¹⁴ Vgl. SCHWANKE, K., POBBREGAR, N., LOHMANN, D., FRATER, H.: Naturkatastrophen. Wirbelstürme, Beben, Vulkanausbrüche – Entfesselte Gewalten und ihre Folgen, S 70

²¹⁵ Vgl. SÜDDEUTSCHE: <http://www.sueddeutsche.de/wissen/naturkatastrophe-als-der-berg-in-den-see-fiel-1.908218> - Zugriff am 13.04.2014

²¹⁶ Vgl. SCHWANKE, K., POBBREGAR, N., LOHMANN, D., FRATER, H.: Naturkatastrophen. Wirbelstürme, Beben, Vulkanausbrüche – Entfesselte Gewalten und ihre Folgen, S 70

²¹⁷ Vgl. SÜDDEUTSCHE: <http://www.sueddeutsche.de/wissen/naturkatastrophe-als-der-berg-in-den-see-fiel-1.908218> - Zugriff am 13.04.2014

Der Grund für die Katastrophe ist laut Forschern folgender:²¹⁸ „Die stete Reibung der Gesteine habe eine Tonschicht unter der Flanke stark aufgeheizt [...]. Drei Wochen vor der Katastrophe wurde die Hitze so groß, dass sich unter dem Gestein ein heißes Luftkissen bildete wie unter einem Dampfbügeleisen. Auf diesem Hitzekissen beschleunigte sich die Masse. Schließlich wurde die Bergflanke nur noch von einzelnen Tonmolekülen gehalten, die aneinander hafteten wie Klettverschlüsse. Am 9. Oktober 1963 um 22 Uhr 39 jedoch sprengte heißes Wasser diese Verbindungen bei einem sogenannten thermoplastischen Kollaps. Die Bergflanke rutschte mit fast 100 Kilometern pro Stunde zu Tal und stürzte in den Stausee. Das Wasser schoss über die Staumauer.“

Die Überschwemmung im Vajont-Tal forderte etwa 2.500 Menschenleben. Die Staumauer an sich trug während der Katastrophe keine Schäden davon.²¹⁹

Abbildung 5-1 auf Seite 88 stellt dar, wo die Erdmassen in den Stausee stürzten (siehe braune Markierung „*Berggrutschgebiet*“). Dieser Bereich befand sich nahe an der Staumauer (diese ist mit einem grauen Rechteck gekennzeichnet). Auf der linken Seite ist in hellblauer Farbe das Überschwemmungsgebiet dargestellt. In dieser Zone befanden sich Orte (mit roten Kreisen markiert), welche massiv beschädigt oder gar zerstört wurden.

Abbildung 5-2 auf Seite 88 zeigt die verwüstete Ortschaft Longarone nach dem Unglück. In Abbildung 5-3 auf Seite 89 ist die Vajont Staumauer ersichtlich. Diese steht noch heute.

²¹⁸ SÜDDEUTSCHE: <http://www.sueddeutsche.de/wissen/naturkatastrophe-als-der-berg-in-den-see-fiel-1.908218> - Zugriff am 13.04.2014

²¹⁹ Vgl. SCHWANKE, K., POBBREGAR, N., LOHMANN, D., FRATER, H.: Naturkatastrophen. Wirbelstürme, Beben, Vulkanausbrüche – Entfesselte Gewalten und ihre Folgen, S 70



Abbildung 5-1 – Erdbeben im Vajont-Tal



Abbildung 5-2 – Longarone nach der Katastrophe²²⁰

²²⁰ TAMEDIA: <http://www.tagesanzeiger.ch/wissen/geschichte/Vor-50-Jahren-Die-Katastrophe-von-Longarone/story/21778975> – Zugriff am 19.03.2014



Abbildung 5-3 – Vajont Staumauer aus Sicht von Longarone²²¹

5.2 Erdbeben in Nachterstedt (Deutschland)

Am 18. Juli 2009 in den frühen Morgenstunden rutschte ein Uferareal in Nachterstedt von 350 mal 150 Metern in den anliegenden Concordia-See. Etwa zwei Millionen Kubikmeter Erde verschwanden mit einem Einfamilienhaus und einer Doppelhaushälfte im See. Das Unglück forderte drei Menschenleben und 41 weitere Einwohner verloren ihren Besitz. Die betroffene Siedlung wurde zum Sperrgebiet erklärt.²²²

²²¹ GASPAROTTO, S.: <http://www.panoramio.com/photo/2922231> – Zugriff am 19.03.2014

²²² Vgl. MITTELDEUTSCHER RUNDFUNK: <http://www.mdr.de/echt/nachterstedt180.html> – Zugriff am 03.02.2014

Abbildung 5-4 und Abbildung 5-5 (Seite 91) zeigen das Schadensausmaß des Rutschereignisses in Nachterstedt.

Wegen der Absturzgefahr wurde eine Siedlung mit zwölf Doppelhaushälften, einem Einfamilienhaus und insgesamt 48 Nebengebäuden abgetragen.²²³



Abbildung 5-4 – Erdbeben in Nachterstedt²²⁴

Der Concordia-See soll bis 2015 gesperrt sein und erst dann wieder für Tourismuszwecke genutzt werden.²²⁵

Die exakte Ursache für den Erdbeben war drei Jahre nach dem Unglück noch immer nicht bekannt. Erst Mitte 2013 wurden Gutachten veröffentlicht, welche

²²³ Vgl. MITTELDEUTSCHER RUNDFUNK: http://www.mdr.de/nachrichten/gutachten-nachterstedt100_zc-e9a9d57e_zs-6c4417e7.html – Zugriff am 03.02.2014

²²⁴ B.Z.: <http://www.bz-berlin.de/aktuell/deutschland/bg-kopie-haus-im-see-article524205.html> – Zugriff am 03.02.2014

²²⁵ Vgl. MITTELDEUTSCHES DRUCK- UND VERLANGSHAUS: <http://www.mz-web.de/aschersleben/unglueck-in-nachterstedt-sand-wasser-und-eine-katastrophe,20640874,23645374.html> – Zugriff am 03.02.2014

den enormen Grundwasserdruck für den Erdbeben verantwortlich machen. Grundwasser in einer Kohleschicht (hoher Wasserdruck und locker gelagertes Bergbaumaterial) habe zum Abrutschen des Hanges geführt. Zusätzlich soll ein seismisches Ereignis – also ein kleines Erdbeben – das Rutschen begünstigt haben. Aus den Gutachten geht weiters hervor, dass der Erdbeben nicht vorhersehbar gewesen sei.²²⁶



Abbildung 5-5 – Abgerissene Haushälfte als Folge des Erdbebens in Nachterstedt²²⁷

²²⁶ Vgl. MITTELDEUTSCHER RUNDFUNK: http://www.mdr.de/nachrichten/gutachten-nachterstedt100_zc-e9a9d57e_zs-6c4417e7.html – Zugriff am 03.02.2014

²²⁷ B.Z.: <http://www.bz-berlin.de/aktuell/deutschland/bg-kopie-haus-im-see-article524205-image4.html> – Zugriff am 03.02.2014

5.3 Erdbeben in Zhouqu (China)

Im Bezirk Zhouqu (Teil der Provinz Gansu) in China fanden im Jahr 2010 mehrere Erdbeben statt, welche Straßen, Brücken, sowie Telefon- und Stromverbindungen unterbrachen. Die Massen aus Schlamm, Müll und Geröll rutschten in den Hauptfluss des Bezirks, welcher über die Ufer trat und schwere Überschwemmungen verursachte. Das Wasser, das teilweise bis über drei Stockwerke reichte, zerstörte etwa 300 Gebäude. 20.000 Menschen wurden in der chinesischen Provinz Gansu in Sicherheit gebracht. Der Auslöser für die Erdbeben waren starke Regenfälle.²²⁸

Mehr als 700 Menschen starben. Drei Dörfer wurden durch die Schlammfluten zerstört. Das Katastrophengebiet ging über den Verwaltungsbezirk Zhouqu hinaus und war etwa 500 Meter breit und 5.000 Meter lang. Am schlimmsten waren die Auswirkungen jedoch in Zhouqu selbst. Die von den Erdbeben ausgelöste Überschwemmung war die schwerste in China in den vergangenen 60 Jahren.²²⁹

Außerdem fanden 2010 aufgrund von starken Regenfällen in China die schlimmsten Überflutungen der vergangenen zehn Jahre statt. Vor den Erdbeben in Zhouqu starben im selben Jahr bereits mehr als 2.100 Menschen oder galten als vermisst und mindestens zwölf Millionen Personen mussten in Sicherheit gebracht werden.²³⁰

Abbildung 5-6 und Abbildung 5-7 auf Seite 93 zeigen das Ausmaß der Schäden, welche durch die Erdbeben und die damit verbundenen Überschwemmungen in Zhouqu ausgelöst wurden.

²²⁸ Vgl. KLEINE ZEITUNG: <http://www.kleinezeitung.at/nachrichten/chronik/klima/2437275/china-80-tote-2-000-vermisste-nach-erdrutsch.story> – Zugriff am 03.02.2014

²²⁹ Vgl. SPIEGEL ONLINE: <http://www.spiegel.de/panorama/erdrutsch-in-china-opferzahl-steigt-hoffnung-schwindet-a-711199.html> – Zugriff am 03.02.2014

²³⁰ Vgl. SPIEGEL ONLINE: <http://www.spiegel.de/panorama/erdrutsch-in-china-opferzahl-steigt-hoffnung-schwindet-a-711199.html> – Zugriff am 03.02.2014



Abbildung 5-6 – Zerstörte Häuser in Zhouqu²³¹



Abbildung 5-7 – Überschwemmungen in Zhouqu²³²

²³¹ FOCUS ONLINE: http://www.focus.de/panorama/welt/wetter-suche-nach-verschueteten-nach-erdrutsch-in-china_did_30023.html – Zugriff am 03.02.2014

5.4 Erdbeben in Inzing (Österreich)

Im August 2013 verursachte ein Erdbeben in Inzing (Bezirk Innsbruck Land) in Tirol große Schäden. Die Zufahrt zur Inzinger Alm wurde auf einer Breite von etwa 100 Metern verschüttet (siehe Abbildung 5-8). Das Rutschereignis forderte zwei Menschenleben, da der PKW mitgerissen wurde, in dem sich die beiden betroffenen Personen befanden. Erst Stunden nach dem Erdbeben konnten der Wagen und die Leichen gefunden werden.²³³



Abbildung 5-8 – Erdbeben in Inzing²³⁴

Die Ursache für den Erdbeben ist unklar. Die Erde war trocken und Geologen sprachen von einem „*unvorhersehbares Einzelereignis*“. Die Zufahrtsstraße zur Inzinger Alm musste gesperrt werden und die etwa 150 Personen, welche sich als Gäste auf der Alm befanden, von der Feuerwehr über einen sicheren Weg in die nächste Ortschaft begleitet werden.²³⁵

²³² FOCUS ONLINE: http://www.focus.de/panorama/welt/wetter-suche-nach-verschuetteteten-nach-erdrutsch-in-china_did_30023.html – Zugriff am 03.02.2014

²³³ Vgl. DIE PRESSE: http://diepresse.com/home/panorama/oesterreich/1277775/Tirol_Zweite-Leiche-nach-Erdrutsch-geborgen – Zugriff am 03.02.2013

²³⁴ KLEINE ZEITUNG: <http://www.kleinezeitung.at/nachrichten/chronik/3090438/hangrutsch-tirol-fordert-zwei-todesopfer.story> – Zugriff am 03.02.2014

²³⁵ Vgl. KLEINE ZEITUNG: <http://www.kleinezeitung.at/nachrichten/chronik/3090438/hangrutsch-tirol-fordert-zwei-todesopfer.story> – Zugriff am 03.02.2014

6. Erdrutsche in der Steiermark

Besonders der Süden und der Südosten der Steiermark sind durch ihre topographischen und geologischen Verhältnisse mehr als andere Landesteile von Erdrutschen betroffen. Das Jahr 2013 brachte viele Rutschereignisse und wird im Folgenden beschrieben:²³⁶

Der Fachbereich Rutschhangsicherung und Landschaftswasserbau der Abteilung 14 des Amts der Steiermärkischen Landesregierung betreut und fördert Maßnahmen zur Stabilisierung von rutschungsgefährdeten Hängen landwirtschaftlich hochwertiger Nutzflächen. Auch bei der Gefährdung von Gebäuden wird Hilfe angeboten.

Während in den Jahren 2001 bis 2008 durchschnittlich 44 Projekte pro Jahr zur Rutschhangsicherung in der Steiermark umgesetzt wurden, lag die Anzahl dieser im Zeitraum 2009 bis 2012 bei mehr als 190 pro Jahr. Im Jahr 2013 konnten erneut einige Erdrutsche und daraus resultierende Schadensmeldungen in der Steiermark verzeichnet werden. Diese fanden vor allem im ersten Halbjahr statt. Es gab 1.255 Meldungen mit der Schadensursache „Erdrutsch“. 730 Fälle wurden dem Fachbereich Rutschhangsicherung zur Begutachtung und Betreuung weitergegeben.

Der Auslöser für die Erdrutsche in der Steiermark im Jahr 2013 waren besondere Witterungsbedingungen, auch im Zusammenhang mit der Schneeschmelze. Die Niederschläge lagen bereits im Jänner 2013 deutlich über den langjährigen Mittelwerten. Im Februar konnten im Süden der Steiermark bis zu 300 % höhere Niederschläge verzeichnet werden, als im Jahr davor. Der März brachte flächendeckenden Schneefall und der April warme Temperaturen, was zu einer starken Durchfeuchtung der Böden führte. Im Mai konnten im Großraum Graz hohe Niederschläge verzeichnet werden, im Juni betrafen diese vor allem das Ausseerland und das Ennstal.

In den Monaten Februar, März und April 2013 traten etwa 50 % der Rutschereignisse im Bezirk Südoststeiermark ein. Auch die Bezirke Weiz und Hartberg-

²³⁶ Vgl. ADELWÖHRER, R.: Rutschereignisse 2013 und Maßnahmen in der Steiermark. In: Wasserland Steiermark. Die Wasserzeitschrift in der Steiermark, S 12 ff.

Fürstenfeld konnten in dieser Zeit viele Schadensmeldungen verzeichnen. Weitere Schäden betrafen die Bezirke Bruck-Mürzzuschlag, Graz-Umgebung und Graz-Stadt im Monat Mai.

Abbildung 6-1 stellt die Rutschungsverteilung der Steiermark in der ersten Jahreshälfte 2013 graphisch dar. Jedes gemeldete Rutschereignis ist durch einen roten Punkt gekennzeichnet. Wie bereits beschrieben und hier ersichtlich, war besonders der Süden bzw. der Südosten von Erdbeben betroffen.

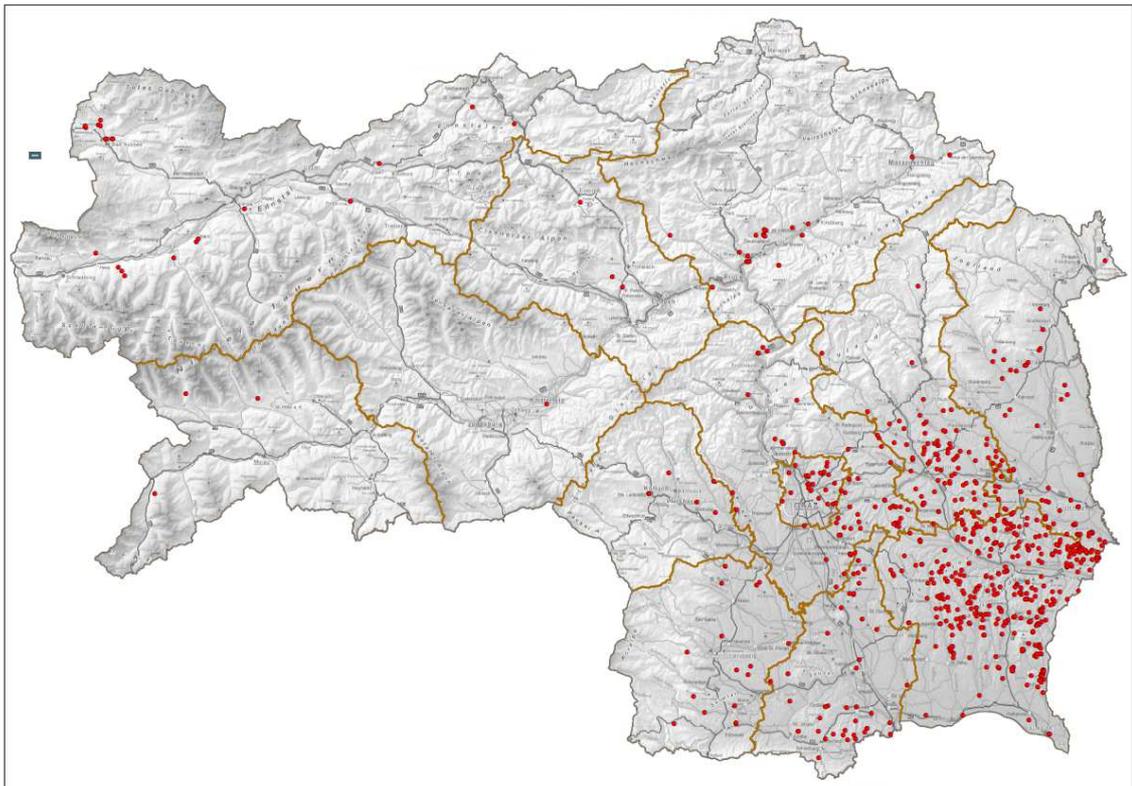


Abbildung 6-1 – Rutschungsverteilung Steiermark im ersten Halbjahr 2013²³⁷

Abbildung 6-2 (Seite 97) stellt die geologischen Haupteinheiten der Steiermark graphisch dar. Vergleicht man diese Abbildung mit Abbildung 6-1, ist erkennbar, dass die Rutschereignisse im Jahr 2013 fast ausschließlich in der Haupteinheit „Känozoikum“ auftreten.

²³⁷ ADELWÖHRER, R.: Rutschereignisse 2013 und Maßnahmen in der Steiermark. In: Wasserland Steiermark. Die Wasserzeitschrift in der Steiermark, S 12

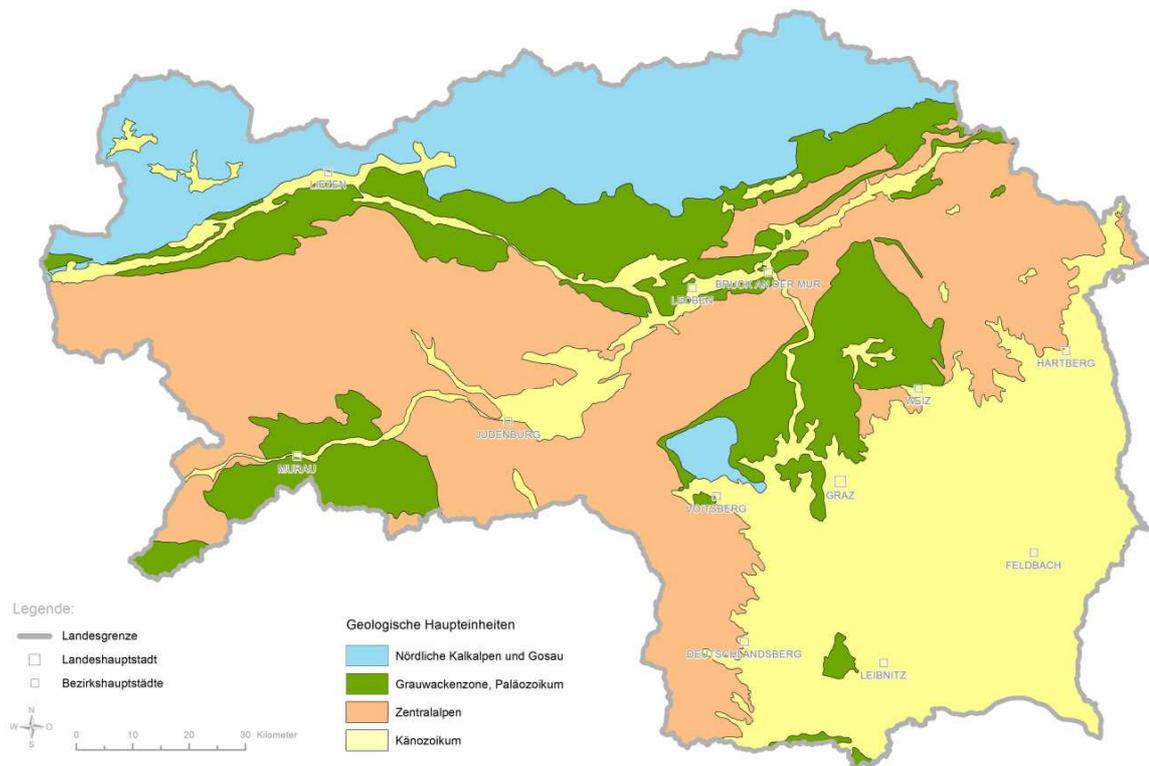


Abbildung 6-2 – Geologische Haupteinheiten der Steiermark²³⁸

Das Känozoikum ist „die letzte und aktuelle geologische Ära der Erde, die von der heutigen Zeit bis etwa 65 Millionen Jahren in die Vergangenheit zurückreicht“.²³⁹

Auf die geologischen Haupteinheiten wird im Zuge dieser Arbeit nicht näher eingegangen.

²³⁸ SCHULATLAS STEIERMARK:

http://www.schulatlas.at/images/stories/file/2012_themen/3_physische_geographie/3_1_geologie/geologie_karte_2013.pdf – Zugriff am 13.04.2014

²³⁹ WIKIMEDIA FOUNDATION: <http://de.wiktionary.org/wiki/K%C3%A4nozoikum> – Zugriff am 13.04.2014

Vor allem bei größeren Rutschereignissen kommen Landesgeologen zum Einsatz, welche eine Erstbeurteilung bzw. -einschätzung der Situation vornehmen, d.h. ob „Gefahr in Verzug“ gegeben ist. Ist dies der Fall, werden 100 % der Finanzierung von Mitteln der Katastrophenschutzabteilung übernommen. Die Sanierung kleinerer Schadensereignisse wird über die Abteilung 14 des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung gefördert. Gemein haben große und kleine Ereignisse, dass Mitarbeiter dieser Abteilung bei projekt- und baubetreffenden Maßnahmen mitwirken.²⁴⁰

Rutschhangsanierungen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen oder Wäldern ohne Gebäude werden mit 40 % der Sanierungskosten entsprechend der Katastrophenfonds-Richtlinie Steiermark gefördert, solche mit Gebäuden mit 50 %. Etwa ein Drittel der Sanierungsprojekte werden durch Mitarbeiter der Abteilung 14 betreut. Der restliche Teil erfolgt als Eigenausbau oder wird aufgrund der Geringfügigkeit nicht saniert.²⁴¹

Tabelle 5 auf Seite 99 stellt die Anzahl der Rutschhangsanierungen, sowie Kostenschätzungen der Baukosten und Förderungen von steirischen Rutschereignissen in den Jahren 2001 bis 2013 dar. Links – in orange dargestellt – sind die Jahre aufgetragen. Die zweite Spalte stellt die Anzahl der Rutschereignisse dar, welche saniert wurden. Die Zahl der Sanierungen stieg, wie schon erwähnt, von 2001 bis 2009 stark an. Der Höhepunkt wurde im Jahr 2009 mit 310 Fällen von Rutschhangsanierungen erreicht. Die Zahl sank bis 2012 wieder ab, stieg jedoch im Jahr 2013 auf 176 Stück. Die Tabelle stellt weiters die Landesbeiträge und Katastrophenbeihilfen an den Baukosten dar.²⁴²

²⁴⁰ Vgl. ADELWÖHRER, R.: Rutschereignisse 2013 und Maßnahmen in der Steiermark. In: Wasserland Steiermark. Die Wasserzeitschrift in der Steiermark, S 13

²⁴¹ Vgl. ADELWÖHRER, R.: Rutschereignisse 2013 und Maßnahmen in der Steiermark. In: Wasserland Steiermark. Die Wasserzeitschrift in der Steiermark, S 13

²⁴² Vgl. ADELWÖHRER, R.: Übersicht Rutschhangsanierungen 2001 bis 2013 nach Vorlagengruppen mit Kostenschätzungen, unveröffentlichte Excel-Datei

Tabelle 5 – Übersicht der Rutschhangsanierungen, Schätzung der Baukosten und Förderungen in € und % in den Jahren 2001 bis 2013²⁴³

Jahr	Anzahl	Baukosten in €	Landesbeitrag in %	Katastrophenbeihilfe in %	gesamt	Landesbeitrag in €	Katastrophenbeihilfe in €
2001	21	478.000	12,10	40,80	52,90	57.838	195.024
2002	19	668.000	9,50	46,80	56,30	63.460	312.624
2003	18	415.000	10,80	36,70	47,50	44.820	152.305
2004	35	630.000	12,70	40,40	53,10	80.010	254.520
2005	66	1.707.000	20,27	42,12	62,39	345.930	718.990
2006	95	3.141.000	21,37	45,28	66,65	671.230	1.422.120
2007	59	1.356.000	12,16	41,41	53,57	164.875	561.520
2008	38	1.232.000	11,09	44,19	55,28	136.650	544.400
2009	310	6.599.000	9,30	46,90	56,20	613.707	3.094.931
2010	243	5.066.000	9,27	47,54	56,82	469.830	2.408.470
2011	137	4.262.000	7,80	46,70	54,50	332.436	1.990.354
2012	79	3.213.000	5,60	51,51	57,12	180.011	1.655.120
2013	176	4.617.000	7,77	50,21	57,97	358.640	2.318.000
Gesamt	1.296	33.384.000				3.519.437	15.628.378

Abbildung 6-3 auf Seite 100 stellt die Anzahl der Rutschhangsanierungen in einem Diagramm dar und lässt erkennen, dass zwischen 2008 und 2009 ein extremer Anstieg zu verzeichnen ist. Die Balken für die Jahre 2009 bis 2013 sind in einer anderen Farbe dargestellt, da diese im Vergleich zu den Vorjahren wesentlich höhere Zahlen an Rutschhangsanierungen aufweisen.²⁴⁴

²⁴³ Vgl. ADELWÖHRER, R.: Übersicht Rutschhangsanierungen 2001 bis 2013 nach Vorlagengruppen mit Kostenschätzungen, unveröffentlichte Excel-Datei

²⁴⁴ Vgl. ADELWÖHRER, R.: Übersicht Rutschhangsanierungen 2001 bis 2013 nach Vorlagengruppen mit Kostenschätzungen, unveröffentlichte Excel-Datei

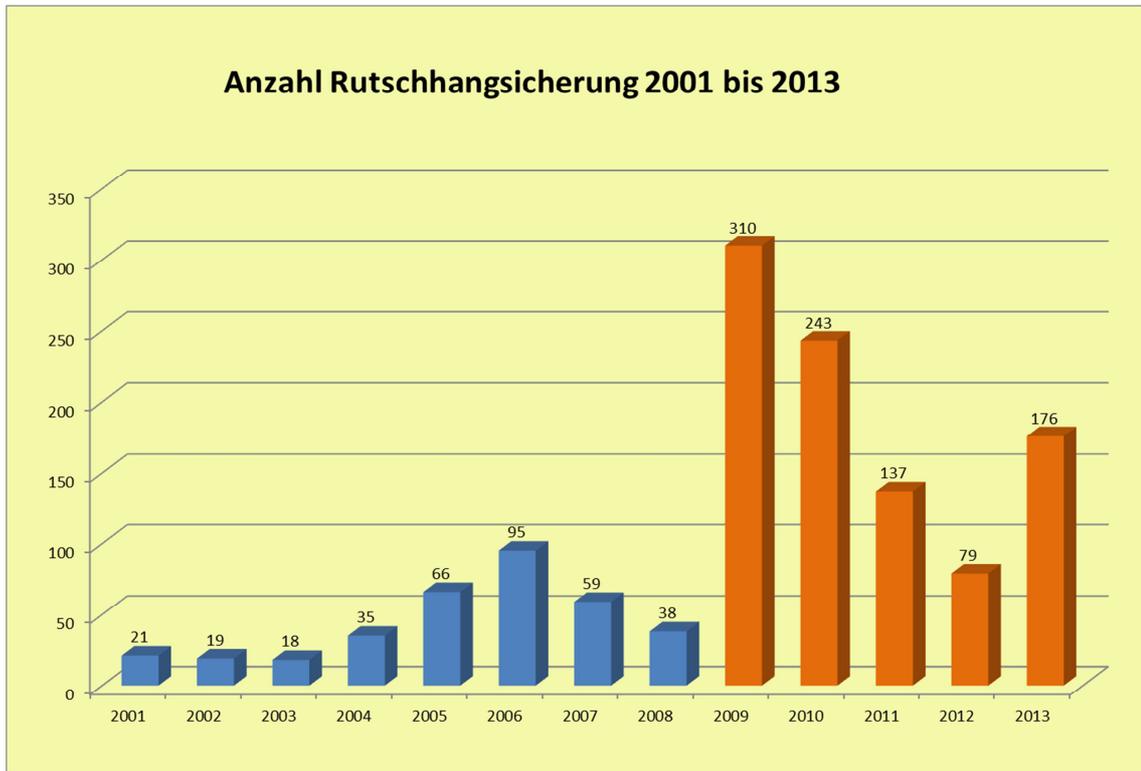


Abbildung 6-3 – Anzahl der Rutschhangsanierungen in der Steiermark (2001 – 2013)²⁴⁵

Bis zum Jahr 2011 liegen konkrete Zahlen (keine Schätzungen) zu Rutschhangsanierungen in der Steiermark vor.

In den Jahren 2009, 2010 und 2011 wurden 690 Rutschhangsanierungen durchgeführt und es entstand ein Gesamtkostenaufwand von 15,9 Millionen Euro. Im Jahr 2011 waren 137 Projekte mit einem Baukostenaufwand von 4,3 Millionen Euro zu verzeichnen, obwohl keine außerordentlichen Niederschlagsereignisse stattfanden. Es wird davon ausgegangen, dass dies Nachwirkungen der Witterungsbedingungen vom Juni 2009 waren. Für die Rutschhangsanierungen waren ein Landesbudget von 310.000 Euro und Mittel aus dem Katastrophenhilfefonds von 2.010.000 Euro nötig. Die Projekte von 2011 wurden überwiegend im selben Jahr fertiggestellt.²⁴⁶

²⁴⁵ ADELWÖHRER, R.: Übersicht Rutschhangsanierungen 2001 bis 2013 nach Vorlagengruppen mit Kostenschätzungen, unveröffentlichte Excel-Datei

²⁴⁶ Vgl. LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG – FACHABTEILUNG 19B – SCHUTZWASSERWIRTSCHAFT UND BODENWASSERHAUSHALT: Leistungsbericht 2011, S 15

In den Unterkapiteln 6.1 und 6.2 werden zwei Beispiele steirischer Erdrutsche beschrieben, welche im Jahr 2013 stattfanden.

6.1 Erdrutsch bei Siedlung Weinkorbweg – Gemeinde Parschlug²⁴⁷

Am 09.03.2013 wurden am Plateau eines Oberhangs über der Weinkorbweg-Siedlung ein Anbruch mit einem Versatz von 1,50 Metern gesichtet und das Gemeindeamt sowie die örtliche Feuerwehr benachrichtigt.

Da eine Gefahr für die Siedlung bestand, wurden folgende Sofortmaßnahmen seitens der Gemeindebehörde, nach Rücksprache mit der Landesgeologie, ergriffen:

- Sicherung des Gefahrenbereichs und Absperrung mit Signalbändern und Hinweisschildern
- Betretungsverbot des Gefährdungsbereichs
- Anbringen von Glasspionen an bestehenden Rissen betroffener Wohngebäude
- Überwachung durch regelmäßige Begehungen

Am 12.03.2013 fand die Erstbegehung durch einen Zuständigen vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung – Abteilung 14 – statt. Da weitere Bewegungen beobachtet werden konnten, fand eine weitere Begehung zwei Tage später statt.

Am 15.03.2013 begannen die Erdarbeiten für die Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen.

Abbildung 6-4 und Abbildung 6-5 auf Seite 102 stellen das Schadensbild nach dem Rutschereignis im Oberhang der Siedlung Weinkorbweg dar.

²⁴⁷ Vgl. HERMANN, S., OFNER, P., GSCHIEL, S., NISCH, T.: Hangrutschung Siedlung Weinkorbweg. Abschlussbericht



Abbildung 6-4 – Erdbeben im Oberhang der Siedlung Weinkorbweg



Abbildung 6-5 – Hauptanbruch des Erdbebens der Siedlung Weinkorbweg (14.03.2013)

Der nach Südosten ausgerichtete Hang (bestehend aus Ober-, Mittel- und Unterhang) oberhalb der Siedlung Weinkorbweg wies Feuchtstellen und ausgedehnte Vernässungszonen auf. Bei der Erstbegehung konnte ein trapezförmiger Anbruch über eine Länge von 60 Metern erkannt werden. Der Versatz betrug drei Meter. Es waren Harnischflächen mit in Rutschrichtung orientierten Harnischstriemen zu erkennen. Innerhalb der Rutschmasse befanden sich hangpa-

parallele Zugrisse, in der Steilstufe des Oberhanges hangparallele Gräben und Wölbungen. Innerhalb des Hauptanbruches betrug die Fläche der Ausdehnung der Rutschmasse zwischen 2.000 und 2.500 m². Auch im Mittelhang traten Zugrisse auf. Lediglich der Unterhang wies keine aktiven Hangbewegungen auf.

Zwei Tage nach der Erstbegehung betrug der Versatz am Hauptanbruch bereits sechs Meter und die Zugrisse waren stark ausgeprägt (siehe Abbildung 6-5, Seite 102). Die Ausdehnung der Hangrutschung betrug zu diesem Zeitpunkt zwischen 7.000 und 8.000 m². Des Weiteren waren stark ausgeprägte Stauchwulstbildungen erkennbar. Es erfolgte eine Verschiebung von Rutschmassen auf den Unterhang. Mit den Sekundärrutschungen war im nördlichen Teil die Bildung von Schlammströmen verbunden, welche Gräben zur Wasserableitung verlegten. Zusätzlich waren Baumstämme gekippt.

Die Situation wurde aufgrund der Gegebenheiten mit „Gefahr in Verzug“ bewertet.

6.1.1 Erkundungsmaßnahmen

Um grundlegende Daten (z.B. Tiefgang, Bewegungsmechanik, Bewegungsrate) der Hangrutschung zu erhalten, wurde ein Erkundungsprogramm erstellt. Dieses enthielt folgende Maßnahmen:

- Beweissicherung ausgewählter Wohnobjekte in der Siedlung Weinkorbweg
- Geologische Detailkartierung und Dokumentation: Die Detailkartierung diente der Ableitung einer Modellvorstellung. Der Erdbeben wies im zentralen Bereich eine Breite von 100 Metern auf und betraf eine Fläche von 7.000 bis 9.000 m².
- Erkundungsbohrung und Inclinometermessung: Es wurde eine Erkundungsbohrung durchgeführt. Die Bohrung wurde anschließend mit einem Inclinometerrohr ausgebaut, um eine Langzeitbeobachtung zu gewährleisten. Es konnte keine Bewegung des Unterhanges festgestellt werden. In Abbildung 6-6 (Seite 104) ist die Durchführung der Bohrung ersichtlich.

- Kampfmittelerkundung: Diese Untersuchung diente dem Auffinden von Bombenblindgängern aus dem 2. Weltkrieg. Bis zu einer Tiefe von vier Metern konnten solche nicht gefunden werden.
- Bodenanalysen gemäß Deponieverordnung: Diese Analyse diente der Ermittlung, ob das Bodenmaterial aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung ein abfallchemisches Gefährdungspotential darstellt. Die Auswertung der Bodenproben ergab, dass eine solche Gefahr nicht bestand.
- Erkundungsschürfe: Im Bereich des Erdbebens wurden drei Erkundungsschürfe durchgeführt. Die Schurflänge betrug drei Meter, die Breite 0,8 Meter. Wo die Schürfe stattfanden, ist in Abbildung 6-7 auf Seite 105 ersichtlich.



Abbildung 6-6 – Durchführung der Erkundungsbohrung



Abbildung 6-7 – Lage der Schürfgruben

Geologische Ergebnisse aus den Erkundungen werden hier im Detail nicht behandelt.

6.1.2 Ursachen

Erkundungen haben ergeben, dass der Erdbeben sich aus einer rotationalen Gleitung im Anbruchbereich im Oberhang und einer translatorischen Gleitung im Mittelhang zusammensetzte. Im Mittelhang konnte eine erhöhte Gleitfähigkeit ermittelt werden, da die vorliegenden Schichten einen klar definierten Bewegungshorizont aufwiesen. Das bedeutet, dass dieser Hangteil bei starker Wasserzufuhr stauend wirkte und eine Entwässerung entlang dieser Schicht erfolgte.

„Es kann davon ausgegangen werden, dass die Gleitflächen bis in eine Tiefe von etwa 8 m bis 10 m vorliegen. Dadurch lässt sich ein Volumen der Rutschmasse von etwa 20.000 m³ im unmittelbaren Anbruchbereich ableiten. Unter Einbeziehung der aktivierten Rutschmassen im Mittelhang ist eine Masse von etwa 50.000 m³ bis 70.000 m³ realistisch.“

Da die mehrere Meter dicke Rutschmasse stark zerschert war und in der Umgebung des Erdrutsches charakteristische Säbelwüchse von Bäumen ersichtlich waren, wird davon ausgegangen, dass die Hangbewegungen bereits länger andauerten. Als Hauptauslöser des Rutschereignisses oberhalb der Siedlung wird die vorangegangene Schneeschmelze vermutet. Eine unmittelbare Infiltration von Oberflächenwasser fand jedoch nicht statt, daher wird davon ausgegangen, dass starke Wasserzutritte in tiefer liegenden Bodenschichten stattfanden.

6.1.3 Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen

Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen wurden von befugten Unternehmen durchgeführt und von einem Mitarbeiter des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 14, beaufsichtigt und kontrolliert.

Um einen weiteren Erdrutsch zu verhindern, wurden Sofortmaßnahmen ergriffen. Diese wurden durch einen Entminungsdienst begleitet. Zu den Sofortmaßnahmen zählten:

- Bodenabtrag der Rutschmasse im Anbruchbereich und Einbau im Osten des Plateaus
- Rodung der Bäume (siehe Abbildung 6-8 auf Seite 107)
- Wiederherstellung der Anlagen, um einen kontrollierten Wasserabfluss im Unterhang sicherzustellen
- Errichtung von Tiefendrainagen mit Stützrippen im Bereich von Feuchstellen (Die Erdarbeiten hierfür sind in Abbildung 6-9 auf Seite 107 ersichtlich.)
- Beweissicherung ausgewählter Bauwerke in der Siedlung Weinkorbweg
- Erkundungsbohrungen und Einbau von Bohrlochinklinometern

Um die Siedlung dauerhaft vor Erdrutschen zu sichern, wurden Tiefendrainagen mit Stützrippen verbaut.



Abbildung 6-8 – Rodungsarbeiten



Abbildung 6-9 – Erdarbeiten zu Sanierungszwecken

6.1.4 Baumaßnahmen

Die Baumaßnahmen konnten für den Fall Siedlung Weinkorbweg in drei Phasen eingeteilt werden. Diese waren:

- Phase 1: Abtragen der Rutschmasse (ca. 25.000 m³) am Ober- und Unterhang (Die hergestellte Geländemorphologie ist in Abbildung 6-10 dargestellt.)
- Phase 2: Verfrachten und Deponieren des Materials am Plateau
- Phase 3: Herstellen der Drainagierung (siehe Abbildung 6-11 auf Seite 109)



Abbildung 6-10 – Hergestellte Geländemorphologie



Abbildung 6-11 – Herstellen der Tiefendrainage

Die Koordination und technische Leitung während der Bauausführung wurde von einem Mitarbeiter des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung – Abteilung 14 – durchgeführt. Die geotechnische Überwachung der Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen (besonders hinsichtlich des Arbeitsschutzes) wurde von einem Planungsbüro übernommen. Eine geologisch-geotechnische Betreuung fand durch die Abteilung 15 des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung statt.

Es wurden 1.000 Tonnen Schotter und 1.250 m Drainageleitungen verbaut.

Am 22.04.2013 erfolgte die Abschlussbegehung. Nach dieser konnten weitere Bewegungen im Hang festgestellt werden. Starkregen führte erneut zur Ausbildung einer Absatzstufe und oberflächlicher Ausschwemmung von Oberbodenmaterial. Der Hang wurde mit zusätzlichen Drainageleitungen und Stützrippen gesichert.

Die durchgeführten Sicherungsmaßnahmen stellen eine dauerhafte Stabilisierung des Hanges dar und das Gefahrenmoment konnte auf das übliche Maß

herabgesetzt werden. Weiters erfolgte eine Aufhebung des Katastrophengebietes.

In Abbildung 6-12 ist die Hangsituation über der Siedlung Weinkorbweg nach der Fertigstellung der Baumaßnahmen ersichtlich.



Abbildung 6-12 – Hangsituation nach Baumaßnahmen zur Hangsicherung (18.06.2013)

6.1.5 Rekultivierung

Um einer Erosion vorzubeugen und somit Ausschwemmungen von Oberboden und Humus zu verhindern, war eine sofortige Begrünung des Hanges von großer Bedeutung. Von einer Mahd im Jahr 2013, sowie einer Beweidung der betroffenen Fläche wurde abgeraten. Weiters wurde zu einer Aufforstung geeigneter Bäume, d.h. Tiefwurzler, geraten, um eine Busch-Mischwald-Bestockung zu erreichen.

Im betreffenden Gebiet wird von einer Bebauung abgeraten. Geländemanipulationen (z.B. Anschnitte) sollten keinesfalls durchgeführt werden. Bis zum Jahr 2016 sollten jährliche Kontrollmessungen der Inclinometerbohrung durchgeführt werden.

6.2 Erdbeben in Göritz – Gemeinde Parschlug

Am 18.06.2013 entdeckte der Besitzer des betroffenen Anwesens in Göritz Risse aufgrund einer Hangrutschung im Hangabschnitt unmittelbar talseitig des Wohnhauses. Diesen Schaden meldete er, woraufhin am selben Tag eine Begehung eines Mitarbeiters des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 14, stattfand. Am gleichen Tag wurden Hangsicherungsmaßnahmen durchgeführt. Bei der Begehung konnten aktive Bewegungen des Untergrundes und Nachbrüche an Rissen beobachtet werden. Um das Gefahrenpotential für das Wohngebäude abzuklären, wurde ein Planungsbüro damit beauftragt, eine Untergrunderkundung durchzuführen.²⁴⁸

Das Planungsbüro übernahm die geotechnische Betreuung der Baumaßnahmen (Ausschreibung der Leistungen, Baubegleitung, Projektleitung) und ein Mitarbeiter des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 14, prüfte diese Maßnahmen.²⁴⁹

6.2.1 Schadensbild

Der beschriebene Erdbeben brachte sowohl Schäden am Hang als auch am Wohnhaus der betroffenen Familie mit sich.

Am Tag der Begehung konnten Risse entdeckt werden. Es handelte sich in erster Linie um Zugrisse an den talseitigen Gründungselementen des Wohngebäudes (siehe Abbildung 6-13, Seite 112). Weiters war an der Einleitung der Regenrinne in den Regenwasserableitungsschacht eine Zugöffnung von 38 Millimetern zu erkennen. Diese Öffnung betrug am Folgetag bereits 47 Millimeter. Dies ist in Abbildung 6-14 (Seite 112) dargestellt. Ein Beispiel für die Rissbildung am Wohngebäude ist in Abbildung 6-15 (Seite 113) ersichtlich. Die Risse wurden zur Beweissicherung mit Zement verplombt.²⁵⁰

²⁴⁸ Vgl. HERMANN, S., OFNER, P., LEITNER, T.: Rutschung Funder Göritz. Stellungnahme zur geologisch-geotechnischen Situation, S 2

²⁴⁹ Vgl. HERMANN, S., LEITNER, T.: Baubericht Unterfangung Funder, Göritz. Baudokumentation der Sicherungsmaßnahmen und Unterfangung Gebäude Funder, S 2

²⁵⁰ Vgl. HERMANN, S., OFNER, P., LEITNER, T.: Rutschung Funder Göritz. Stellungnahme zur geologisch-geotechnischen Situation, S 2 ff.



Abbildung 6-13 – Zugriffsöffnung im Gründungselement des Wohngebäudes an der Talseite²⁵¹



Abbildung 6-14 – Zugöffnung bei der Einleitung der Regenrinne in den Regenwasserableitungsschacht: 38 mm am 18.06.2013 - 47 mm am 19.06.2013²⁵²

²⁵¹ HERMANN, S., OFNER, P., LEITNER, T.: Rutschung Funder Göriz. Stellungnahme zur geologisch-geotechnischen Situation, S 3

²⁵² HERMANN, S., OFNER, P., LEITNER, T.: Rutschung Funder Göriz. Stellungnahme zur geologisch-geotechnischen Situation, S 3



Abbildung 6-15 – Rissbildung am Gebäude - Verplombung mit Zement²⁵³

Die Hangrutschung wies eine Länge von ca. 110 Metern und eine Breite von durchschnittlich 45 Metern auf. Im Hauptanriss war ein Versatz von 1,80 Metern zu erkennen. Dieser ist in Abbildung 6-16 (Seite 114) dargestellt. Der Mittelbereich der Rutschung zeigte Zugrisse und Rutschungsanbrüche mit Harischstriemen (siehe Abbildung 6-17, Seite 114). An der Rutschungsstirn waren Stauchwulstbildungen ersichtlich. Die Bereiche des Hauptanbruches und der Rutschungsstirn zeigten bei den Grabungsarbeiten, dass schluffige und tonige Böden vorlagen und bis zumindest sechs Meter Tiefe eine breiige Konsistenz aufwiesen. An den Rutschflächen waren Wasserzutritte ersichtlich.²⁵⁴

²⁵³ HERMANN, S., OFNER, P., LEITNER, T.: Rutschung Funder Göritz. Stellungnahme zur geologisch-geotechnischen Situation, S 3

²⁵⁴ Vgl. HERMANN, S., OFNER, P., LEITNER, T.: Rutschung Funder Göritz. Stellungnahme zur geologisch-geotechnischen Situation, S 4



Abbildung 6-16 – Versatz am Hauptanbruch der Hangrutschung²⁵⁵



Abbildung 6-17 – Zugrisse im Mittelteil der Hangrutschung²⁵⁶

²⁵⁵ HERMANN, S., OFNER, P., LEITNER, T.: Rutschung Funder Göritz. Stellungnahme zur geologisch-geotechnischen Situation, S 4

²⁵⁶ HERMANN, S., OFNER, P., LEITNER, T.: Rutschung Funder Göritz. Stellungnahme zur geologisch-geotechnischen Situation, S 4

6.2.2 Geologische Bewertung

Zur Bodenerkundung wurden drei Rammsondierungen durchgeführt.²⁵⁷

Die Ausdehnung der Rutschung betrug 0,50 Hektar. Die Ergebnisse der Sondierungen zeigten, dass eine tiefgründige Hangrutschung vorlag. Da das Rutschereignis das Wohngebäude der Familie betraf und aktive Bewegungen festgestellt werden konnten, war die Situation am 18.06.2013 mit „*Gefahr in Verzug*“ zu bewerten.²⁵⁸

Das Ausmaß der Rutschung ist im Lageplan in Abbildung 6-18 (Seite 116) ersichtlich. Das betroffene Gebäude auf Grundstück Nr. 598 (in orange dargestellt) war vom Rutschereignis betroffen. Östlich vom Gebäude ist der Anriss eingezeichnet. Darunter befindet sich der Hauptanbruch mit dem Versatz. Weiters ist eine Gleitfuge, sowie ein Stauchwulst an der Stirnseite zu erkennen. Die blauen Striche zeigen Feuchtstellen im Bereich der Hangrutschung. Östlich des Stauchwulstes ist ein Wasseraustritt eingezeichnet.

Zusätzlich zu den Rammsondierungen wurden ein Erkundungsschurf und eine mineralogische Analyse durchgeführt.²⁵⁹

Die Durchführung und Ergebnisse dieser Methoden werden im Zuge dieser Arbeit nicht näher behandelt.

²⁵⁷ Vgl. HERMANN, S., OFNER, P., LEITNER, T.: Rutschung Fündler Göritz. Stellungnahme zur geologisch-geotechnischen Situation, S 5

²⁵⁸ Vgl. HERMANN, S., OFNER, P., LEITNER, T.: Rutschung Fündler Göritz. Stellungnahme zur geologisch-geotechnischen Situation, S 6 ff.

²⁵⁹ Vgl. HERMANN, S., LEITNER, T.: Baubericht Unterfangung Fündler, Göritz. Baudokumentation der Sicherungsmaßnahmen und Unterfangung Gebäude Fündler, S 2 ff.

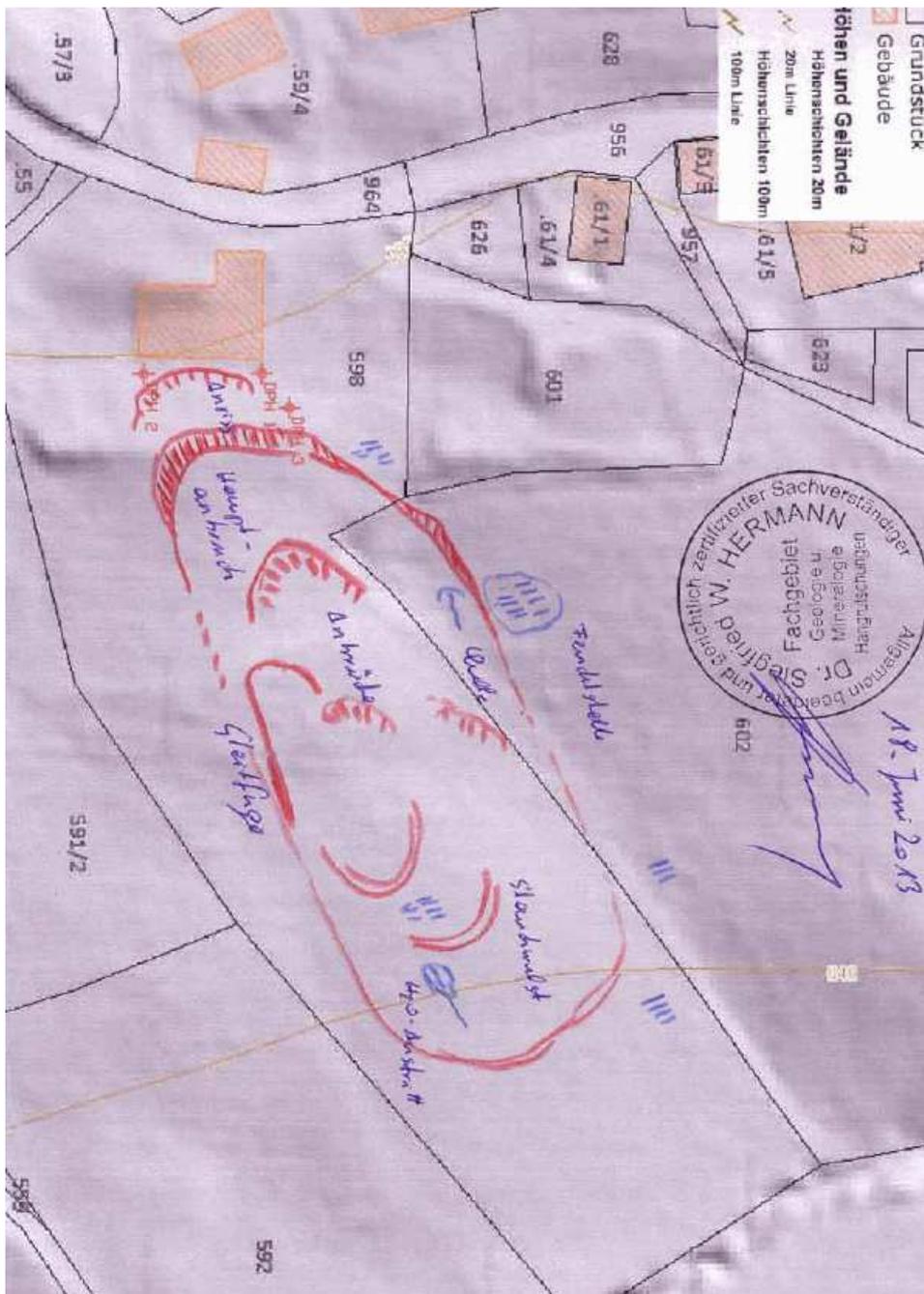


Abbildung 6-18 – Darstellung der Hangrutschung im Lageplan²⁶⁰

6.2.3 Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen

Als Stützkonstruktion wurden vier Unterfangungsscheiben (das sind Gründungselemente aus Beton, die bis zum tragfähigen Boden reichen) an der Tal-

²⁶⁰ HERMANN, S., OFNER, P., LEITNER, T.: Rutschung Fönder Göriz. Stellungnahme zur geologisch-geotechnischen Situation, Beilage 1

seite des Wohngebäudes errichtet. Gesammelte Wässer wurden über ein unterirdisches Ableitungssystem abgeleitet. Während der Errichtung hatte dieses einen freien Auslauf und wurde anschließend in die errichtete Tiefendrainage eingebunden. Am 03.07.2013 wurden mit der Herstellung der Unterfangungselemente begonnen und die Gruben hierfür ausgehoben. Um die Belastung am Wohngebäude gering zu halten, wurden am selben Tag nur zwei dieser Elemente hergestellt (Unterfangungsscheibe 1 und 3). Am Folgetag wurden die Unterfangungselemente 2 und 4 errichtet. Die Elemente bestehen aus einem geflochtenen Stahlkorb und vier Stück in den Boden geschlagener Stahlrohre. Die Anbindung der Unterfangungsscheiben an das Fundament des Wohnhauses erfolgte mithilfe von Stahlstangen, die im Fundament verankert und in den Stahlkorb eingeflochten wurden.²⁶¹

Die vier Elemente zur Unterfangung, welche an das Wohnhaus angebunden wurden, sind im Lageplan in Abbildung 6-19 ersichtlich.

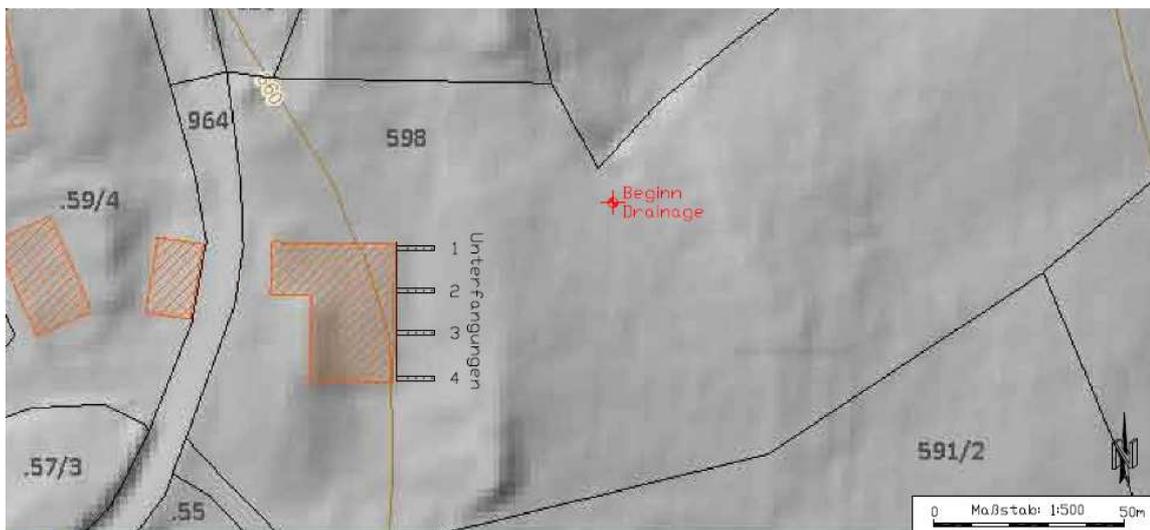


Abbildung 6-19 – Lageplan mit der Darstellung der vier Unterfangungsscheiben, angebunden an das Wohngebäude²⁶²

²⁶¹ Vgl. HERMANN, S., LEITNER, T.: Baubericht Unterfangung Fünder, Görzitz. Baudokumentation der Sicherungsmaßnahmen und Unterfangung Gebäude Fünder, S 4, Beilage 3

²⁶² HERMANN, S., LEITNER, T.: Baubericht Unterfangung Fünder, Görzitz. Baudokumentation der Sicherungsmaßnahmen und Unterfangung Gebäude Fünder, Beilage 7

Abbildung 6-20 und Abbildung 6-21 (Seite 119) stellen die Herstellung einer Unterfangungsscheibe dar. Bei Abbildung 6-20 wird das Versetzen der Stahlrohre vorgenommen. Die Konstruktion aus Stahlkorb und Stahlrohren werden mit Beton verfüllt (siehe Abbildung 6-21, Seite 119). Ein Schnitt der Unterfangung ist in Abbildung 6-22 (Seite 119) dargestellt.



Abbildung 6-20 – Unterfangungsscheibe – Versetzen der Stahlrohre²⁶³

²⁶³ HERMANN, S., LEITNER, T.: Baubericht Unterfangung Funder, Göriz. Baudokumentation der Sicherungsmaßnahmen und Unterfangung Gebäude Funder, Beilage 4



Abbildung 6-21 – Unterfangungsscheibe – Verfüllen der Stahlkorb-Stahlrohrkonstruktion mit Beton²⁶⁴

Detail:
Unterfangung 3

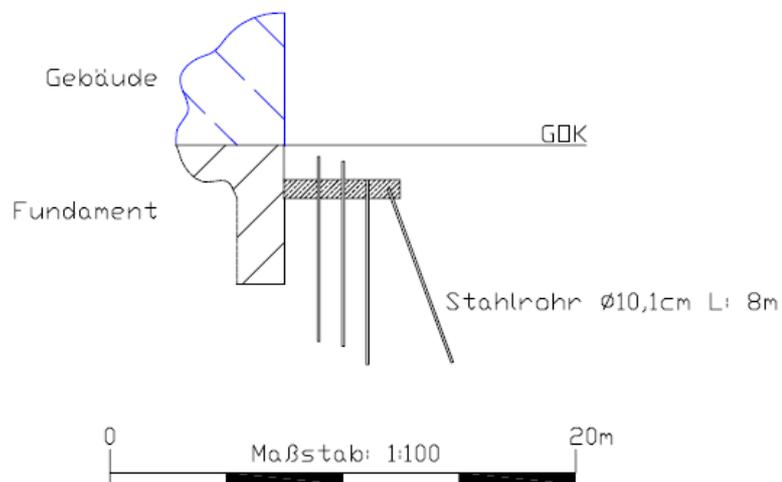


Abbildung 6-22 – Darstellung eines Schnitts durch die Unterfangungsscheibe²⁶⁵

²⁶⁴ HERMANN, S., LEITNER, T.: Baubericht Unterfangung Funder, Göritz. Baudokumentation der Sicherungsmaßnahmen und Unterfangung Gebäude Funder, Beilage 4

²⁶⁵ HERMANN, S., LEITNER, T.: Baubericht Unterfangung Funder, Göritz. Baudokumentation der Sicherungsmaßnahmen und Unterfangung Gebäude Funder, Beilage 7

7. Zusammenfassung und Ausblick

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist im Besonderen die Beschreibung der Ursachen, der Bewältigung und der Sanierung von Erdbeben. Anhand von Beispielen aus dem In- und Ausland wird verdeutlicht, dass Erdbeben ernsthafte Naturkatastrophen sind. Dies soll ein Bewusstsein für die Bedeutung der Anwendung von Risiko- und Katastrophenmanagement schaffen.

Als vorbeugende Maßnahmen spielen beispielsweise Frühwarnsysteme oder Gefahrenkarten eine große Rolle, um Menschen auf drohende Gefahren hinzuweisen. Vorkehrungsmaßnahmen und Risikomanagement sind von großer Bedeutung, da sie hohe volkswirtschaftliche Schäden und Todesfälle verhindern können. Auch Planer können Erdbeben entgegenwirken, indem sie die Grundstücke für ihre Eigenheime passend wählen bzw. Baumaßnahmen, wie z.B. Tiefendrainagen oder Maßnahmen am Gebäude selbst, ergreifen, welche verhindern, dass ihre Häuser von Erdbeben zerstört werden.

Tritt trotzdem ein Erdbeben ein, ist ein funktionierendes Katastrophenmanagement gefragt. Dies umfasst sowohl die Vernetzung relevanter Behörden als auch das Zusammenwirken betroffener Bürger mit Behörden (z.B. Gemeindeämter, Amt der Steiermärkischen Landesregierung), Planungsbüros, Versicherungsunternehmen etc. Nach einem Erdbeben mit negativen Auswirkungen auf Sachwerte und/oder Menschen sind vor allem das Ergreifen von Sofortmaßnahmen und ein *rascher* Einsatz zur Beseitigung der Schäden wichtig, um beispielsweise Infrastrukturen wieder herzustellen.

Nach einem Erdbeben stehen unterschiedliche Sanierungsmaßnahmen zur Verfügung, welche in erster Linie Schäden beheben und weitere Erdbeben verhindern sollen.

Eine große Auswirkung auf Erdbeben hat der Mensch selbst. Durch einen achtsamen Umgang mit der Umwelt und einer bedachten Erstellung von Bauwerken kann er gezielt diesem Naturereignis entgegenwirken.

Literaturverzeichnis

Bücher

ALFEN, Hans Wilhelm, DAUBE, Dirk, LEIDEL, Katja, FRANK-JUNGBECKER, Andrea, RIEMANN, Alexander, FISCHER, Katrin. *Abschlussbericht zum Forschungsprojekt: Lebenszyklusorientiertes Risikomanagement für PPP-Projekte im öffentlichen Hochbau. Teil I: Analyse des Risikomanagements in PPP-Projekten.* Bauhaus-Universität Weimar. Fakultät Bauingenieurwesen. 2010.

BELL, Rainer, MAYER, Julia, POHL, Jürgen, GREIVING, Stefan, GLADE, Thomas. *Integrative Frühwarnsysteme für gravitative Massenbewegungen (ILEWS). Monitoring, Modellierung, Implementierung.* 1. Auflage. Klartext Verlag. Essen 2010.

GEHBAUER, Fritz, HIRSCHBERGER, Susanne, MARKUS, Michael. *Zivilschutzforschung. Methoden der Bergung Verschütteter aus zerstörten Gebäuden.* Neue Folge Band 46. Schriftenreihe der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern. Bundesverwaltungsamt. Zentralstelle für Zivilschutz. Bonn 2001.

LANG, Hans-Jürgen, HUDER, Jachen, AMANN, Peter, PUZRIN, Alexander. *Bodenmechanik und Grundbau. Das Verhalten von Böden und Fels und die wichtigsten grundbaulichen Konzepte.* 9. Auflage. Springer Verlag. Berlin Heidelberg 2011.

PRINZ, Helmut, STRAUß, Roland. *Ingenieurgeologie.* 5. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg 2011.

SAARC DISASTER MANAGEMENT CENTER NEW DELHI. *South Asian Disaster Report 2007.* New Delhi 2008.

SCHWANKE, Karsten, PODBREGAR, Nadja, LOHMANN, Dieter, FRATER, Harald. *Naturkatastrophen. Wirbelstürme, Beben, Vulkanausbrüche – Entfesselte Gewalten und ihre Folgen.* 2. Auflage. Springer Verlag. Berlin Heidelberg 2009.

ZEPP, Harald. *Geomorphologie. Grundriss Allgemeine Geographie.* 4. Auflage. UTB Verlag. Stuttgart 2008.

Gesetze und Richtlinien

BUNDESMINISTERIUM FÜR INNERES DER REPUBLIK ÖSTERREICH. ABTEILUNG II/4. SKKM. Richtlinie für das Führen im Katastropheneinsatz. 1. Auflage. Wien 2007.

KATASTROPHENFONDSGESETZ. Siehe Internetquellen Bundeskanzleramt Rechtsinformationssystem.

KATASTROPHENFONDS-RICHTLINIE STEIERMARK. Siehe Internetquellen Land Steiermark – Amt der Steiermärkischen Landesregierung.

ON ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT. *ONR 49000. Risikomanagement für Organisationen und Systeme – Begriffe und Grundlagen – Anwendung von ISO/DIS 31000 in der Praxis.* ON-Regel. Wien 2008.

ON ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT. *ONR 49001. Risikomanagement für Organisationen und Systeme – Risikomanagement – Anwendung von ISO/DIS 31000 in der Praxis.* ON-Regel. Wien 2008.

STEIERMÄRKISCHES KATASTROPHENSCHUTZGESETZ. Siehe Internetquellen Bundeskanzleramt Rechtsinformationssystem.

Skripten

Lehrstuhl für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Tunnelbau. *Böschungen und Geländesprünge. Teil O.* Technische Universität München. Zentrum Geotechnik. München 2008.

Lehrstuhl für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Tunnelbau. *Stützbauwerke und Verbau. Teil Q.* Technische Universität München. Zentrum Geotechnik. München 2008.

Lehrstuhl für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Tunnelbau. *Übung Böschungsstabilität. Teil J.* Technische Universität München. Zentrum Geotechnik. München. Erscheinungsjahr unbekannt.

Fachbeiträge/Berichte/Papers/Handouts

ADELWÖHRER, Raimund. *Rutschhangereignisse 2013 und Maßnahmen in der Steiermark.* In: Wasserland Steiermark. Die Wasserzeitschrift der Steiermark. 2/2013. Verleger: Umwelt-Bildungs-Zentrum Steiermark. Graz 2013.

BOLLINGER, Daniel, BONNARD, Christophe, KEUSEN, Hansruedi. *Teil D: Rutschungen.* Teilbericht des Gesamtberichts „Wirkung von Schutzmaßnahmen. Strategie Naturgefahren Schweiz. Umsetzung des Aktionsplans PLANAT 2005-2008.“ Testversion. Schweizerische Eidgenossenschaft. Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT. Bern 2008

BOLLINGER, Daniel, HEGG, Christoph, KEUSEN, Hans Rudolf, LATELTIN, Olivier. *Ursachenanalyse der Hanginstabilitäten 1999.* Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren. Teil A: Allgemeiner Teil. in: Bulletin für angewandte Geologie, Vol. 5/1. Frieswil 2000.

- EGLI, Thomas.** *Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren. Teil 4. Rutschungen.* Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF. Bern 2005.
- FEUERBACH, Johannes.** *Erdrutsch, Erdsenkung, Bergsturz – Eine wenig beachtete Elementargefahr.* geo-international. Dr. Johannes Feuerbach GmbH. Mainz. Erscheinungsjahr unbekannt.
- HERMANN, Siegfried, OFNER, Peter, GSCHIEL, Stefan, NISCH, Thomas.** *Hangrutschung Siedlung Weinkorbweg. Abschlussbericht.* Graz Limberg 2013.
- HERMANN, Siegfried, OFNER, Peter, LEITNER, Thomas.** *Rutschung Fänder Göriz. Stellungnahme zur geologisch-geotechnischen Situation.* Limberg 2013.
- HERMANN, Siegfried, LEITNER, Thomas.** *Baubericht Unterfangung Fänder, Göriz. Baudokumentation der Sicherungsmaßnahmen und Unterfangung Gebäude Fänder.* Limberg 2013.
- LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG – FACHABTEILUNG 19B – SCHUTZWASSERWIRTSCHAFT UND BODENWASSERHAUSHALT.** *Leistungsbericht 2011.* Graz 2012.
- LEUTWILER, Astrid.** *Rutschungen. Dynamik.* Schweizerische Eidgenossenschaft. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK. Bundesamt für Umwelt BAFU. Abteilung Gefahrenprävention. Handout. Bern 2009.
- LEUTWILER, Astrid.** *Rutschungen. Gefährdung und Überwachung.* Schweizerische Eidgenossenschaft. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK. Bundesamt für Umwelt BAFU. Abteilung Gefahrenprävention. Handout. Bern 2009.
- LEUTWILER, Astrid.** *Rutschungen. Prozess.* Schweizerische Eidgenossenschaft. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK. Bundesamt für Umwelt BAFU. Abteilung Gefahrenprävention. Handout. Bern 2009.
- LEUTWILER, Astrid.** *Rutschungen. Ursachen.* Schweizerische Eidgenossenschaft. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK. Bundesamt für Umwelt BAFU. Abteilung Gefahrenprävention. Handout. Bern 2009.
- THALMANN, Karin.** *Unterrichtslektion Rutschungen und Murgänge im Fach Geographie für die 5. Klasse der Kantonschule.* Handout. Mentorierte Arbeit Fachdidaktik Umweltelehre. Frühlinksemester 2009. ETH Zürich. 2009
- VEREINIGUNG KANTONALER FEUERVERSICHERUNG VKF.** *So schützen Sie ihr Gebäude gegen Rutschungen und Hangmuren.* Leitfaden. Bern. Erscheinungsjahr unbekannt.

Studienarbeiten

KRAMP, Thomas. *Massenbewegungen in den Alpen.* Studienarbeit für das Oberseminar physische Geographie I Naturgefahren und Naturkatastrophen. Wintersemester 2008/09. 1. Auflage. GRIN Verlag. Norderstedt 2009.

LINDNER, Heiko. *Rutschungen in Mitteleuropa. Ursachen, Verbreitung und Gefahrenabwehr.* Studienarbeit für das Geographische Institut der RWTH Aachen, Hauptseminar „Mensch-Umwelt-Probleme“. Wintersemester 2011/12. 1. Auflage. GRIN Verlag. Norderstedt 2011.

Präsentationen

ADELWÖHRER, Raimund, HORNICH, Rudolf. *Hangrutschungsereignisse in der Steiermark 2009.* Präsentation im Zuge des 59. Geomechanischen Kolloquiums. Graz 2010.

RUPP, Gerlinde. *Soforthilfemaßnahmen der Katastrophenschutzbehörden – Verrechnung.* Präsentation der Landesamtsdirektion – FAKS. Land Steiermark. Graz 2013.

Sonstige Dateien

ADELWÖHRER, Raimund. *Übersicht Rutschhangsanierungen 2001 bis 2013 nach Vorlagen-gruppen mit Kostenschätzungen.* Unveröffentlichte Excel-Datei. Land Steiermark. Abteilung 14. Graz 2013.

Internetquellen

20 Minuten:

<http://www.20min.ch/wissen/news/story/12842183> – Datum des Zugriffs: 19.03.2014

BADISCHER VERLAG:

<http://www.badische-zeitung.de/service/impressum.html> – Datum des Zugriffs: 19.03.2014

BIBLIOGRAPHISCHES INSTITUT:

<http://www.duden.de/rechtschreibung/Mure> – Datum des Zugriffs: 18.12.2013

<http://www.duden.de/rechtschreibung/Schwerkraft> – Datum des Zugriffs: 29.01.2014

<http://www.duden.de/suchen/dudenonline/nahtlos> – Datum des Zugriffs: 19.02.2014

BUNDESAMT FÜR SICHERHEIT UND INFORMATIONSTECHNIK:

https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/KritischeInfrastrukturen/kritischeinfrastrukturen_node.html

– Datum des Zugriffs: 09.01.2014

BUNDESKANZLERAMT RECHTSINFORMATIONSSYSTEM:KATASTROPHENFONDSGESETZ:

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10005030>. Bundesgesetz. 1996. Datum des Zugriffs: 15.02.2014.

STEIERMÄRKISCHES KATASTROPHENSCHUTZGESETZ:

fi-

<le:///C:/TU/DIPLOMARBEIT%20HAMMER/Literatur/Steierm%20Katastrophenschutzgesetz.htm>.

Landesrecht Steiermark. 1999. Datum des Zugriffs: 03.02.2014.

B.Z.:

<http://www.bz-berlin.de/aktuell/deutschland/bg-kopie-haus-im-see-article524205.html> – Datum des Zugriffs: 03.02.2014

<http://www.bz-berlin.de/aktuell/deutschland/bg-kopie-haus-im-see-article524205-image4.html> – Datum des Zugriffs: 03.02.2014

DIE PRESSE:

<http://diepresse.com/home/panorama/klimawandel/523352/Was-wurde-aus-dem-Waldsterben> – Datum des Zugriffs: 27.03.2014

http://diepresse.com/home/panorama/oesterreich/1277775/Tirol_Zweite-Leiche-nach-Erdrutsch-geborgen – Datum des Zugriffs: 03.02.2014

ETAGMTSALE.ETA WATCHES, SWISS ETA WATCHES:

<http://replikuhren.eu/article-14->

[Was+bedeutet+das+Wort+%E2%80%99ETACHYMETER%E2%80%99C\(Tachometer\)++auf+der+uhren+L%C3%BCnette+Wie+kann+man+sie+nutzen.html](http://replikuhren.eu/article-14-Was+bedeutet+das+Wort+%E2%80%99ETACHYMETER%E2%80%99C(Tachometer)++auf+der+uhren+L%C3%BCnette+Wie+kann+man+sie+nutzen.html) – Datum des Zugriffs: 19.03.2014

FOCUS ONLINE:

http://www.focus.de/panorama/welt/wetter-suche-nach-verschuetteteten-nach-erdrutsch-in-china_did_30023.html – Datum des Zugriffs: 03.02.2014

FREIE UNIVERSITÄT BERLIN:

http://www.cms.fu-berlin.de/geo/fb/e-learning/pg-net/themenbereiche/geomorphologie/massenbewegungen/typen_massenbewegungen/rutschungen/slumps/index.html?TOC=../typen_massenbewegungen/rutschungen/slumps/index.html – Datum des Zugriffs: 08.01.2014

http://www.cms.fu-berlin.de/geo/fb/e-learning/pg-net/themenbereiche/geomorphologie/massenbewegungen/typen_massenbewegungen/rutschungen/translationsrutschung/index.html?TOC=../typen_massenbewegungen/rutschungen/translationsrutschung/index.html – Datum des Zugriffs: 08.01.2014

GASPAROTTO, Stefano:

<http://www.panoramio.com/photo/2922231> – Datum des Zugriffs: 19.03.2014

GEODZ:

<http://www.geodz.com/deu/d/Gelifluktion> – Datum des Zugriffs: 09.01..2014

<http://www.geodz.com/deu/d/Solifluktion> – Datum des Zugriffs: 09.01.2014

GORBRACHT, Uwe.:

<http://physiknerd.de/reibungskraft-physik-rechner/> – Datum des Zugriffs: 29.01.2014

JOHANNES GUTENBERG UNIVERSITÄT MAINZ:

<http://ubm.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2007/1208/> – Datum des Zugriffs: 09.01.2014

KANTON GRAUBÜNDEN:

http://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/bvfd/awn/dienstleistungen/3_1_naturgefahren/Seiten/3_1_2_3_gefahrenkarte.aspx – Datum des Zugriffs: 20.02.2014

KLEINE ZEITUNG:

<http://www.kleinezeitung.at/nachrichten/chronik/klima/2437275/china-80-tote-2-000-vermisst-nach-erdrutsch.story> – Datum des Zugriffs: 03.02.2014

<http://www.kleinezeitung.at/nachrichten/chronik/3090438/hangrutsch-tirol-fordert-zweitesopfer.story> – Datum des Zugriffs: 03.02.2014

LANDESBILDUNGSSERVER BADEN-WÜRTTEMBERG:

<http://www.schule->

[bw.de/unterricht/faecher/biologie/projekt/biodiversitaet/climate_net_protokoll_april_2010.html](http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/biologie/projekt/biodiversitaet/climate_net_protokoll_april_2010.html) – Datum des Zugriffs: 01.03.2014

LAND STEIERMARK – AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:

<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/74837418/DE/> – Datum des Zugriffs: 11.02.2014

<http://www.bezirkshauptmannschaften.steiermark.at/cms/beitrag/10016092/106661/> – Datum des Zugriffs: 18.02.2014

http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/dokumente/10178137_74837715/368c219b/Ablaufplan%20im%20Schadensfall.pdf – Datum des Zugriffs: 18.02.2014

<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/74837988/DE/> – Datum des Zugriffs: 18.02.2014

<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/76191809/DE/> – Datum des Zugriffs: 18.02.2014

<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/74838178/DE/> – Datum des Zugriffs: 18.02.2014

<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/74836895/DE/> – Datum des Zugriffs: 18.02.2014

<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/74836586/DE/> – Datum des Zugriffs: 11.02.2014

<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/74837095/DE/> – Datum des Zugriffs: 11.02.2014

<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/75777989/DE/> – Datum des Zugriffs: 11.02.2014

<http://www.katastrophenschutz.steiermark.at/cms/ziel/5544/DE/> – Datum des Zugriffs: 19.03.2014

<http://www.katastrophenschutz.steiermark.at/cms/ziel/5627/DE/> – Datum des Zugriffs: 17.02.2014

<http://www.katastrophenschutz.steiermark.at/cms/beitrag/10004586/5627/> – Datum des Zugriffs: 17.02.2014

<http://www.katastrophenschutz.steiermark.at/cms/beitrag/10004588/5627/> – Datum des Zugriffs: 17.02.2014

<http://www.katastrophenschutz.steiermark.at/cms/beitrag/10004590/5627/> – Datum des Zugriffs: 17.02.2014

<http://www.katastrophenschutz.steiermark.at/cms/ziel/5663/DE/> – Datum des Zugriffs: 17.02.2014

<http://www.katastrophenschutz.steiermark.at/cms/beitrag/10014515/5663/> – Datum des Zugriffs: 17.02.2014

<http://www.katastrophenschutz.steiermark.at/cms/ziel/5699/DE/> – Datum des Zugriffs: 17.02.2014

KATASTROPHENFONDS-RICHTLINIE STEIERMARK:

http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/dokumente/10178137_74836895/7750aa18/Kat-RL_23_10_2012_Organisationsreform_Internet.pdf. Richtlinie für die Abwicklung des Entschädigungsverfahrens nach Katastrophenschäden im Vermögen natürlicher und juristischer Personen mit Ausnahme der Gebietskörperschaften im Bundesland Steiermark. 2011. Datum des Zugriffs: 15.02.2014.

LEBENS MINISTERIUM:

<http://www.naturgefahren.at/massnahmen/ngmanagement/integrrisikomang.html> – Datum des Zugriffs: 10.02.2014

MEDIASKILL:

<http://www.coverpicture.com/image/wildverbiss/1876163> – Datum des Zugriffs: 27.03.2014

MITTELDEUTSCHER RUNDFUNK:

<http://www.mdr.de/echt/nachterstedt180.html> – Datum des Zugriffs: 03.02.2014

http://www.mdr.de/nachrichten/gutachten-nachterstedt100_zc-e9a9d57e_zs-6c4417e7.html – Datum des Zugriffs: 03.02.2014

MITTELDEUTSCHES DRUCK UND VERLAGSHAUS:

<http://www.mz-web.de/aschersleben/unglueck-in-nachterstedt-sand--wasser-und-eine-katastrophe,20640874,23645374.html> – Datum des Zugriffs: 03.02.2014

MMCD NEW MEDIA:

<http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-bild-13249-2011-04-07-17660.html> – Datum des Zugriffs: 19.03.2014

NATIONALPARK BERCHTESGADEN:

http://www.nationalpark-berchtesgaden.bayern.de/08_publicationen/05_nationalparkplan/doc/25_karte_07_rutschungen_und_felsrutschungen.pdf – Datum des Zugriffs: 20.02.2014

ORF OOE:

<http://ooev1.orf.at/stories/241849> – Datum des Zugriffs: 18.12.2013

<http://steiermark.orf.at/news/stories/2626770/> – Datum des Zugriffs: 03.02.2014

PW-INTERNET SOLUTIONS:

<http://www.baumarkt.de/nxs/308///baumarkt/schablone1/Hang-und-Boeschung-befestigen-wie-geht-das> – Datum des Zugriffs: 19.03.2014

SCHULATLAS STEIERMARK:

http://www.schulAtlas.at/images/stories/file/2012_themen/3_physische_geographie/3_1_geologie/geologie_karte_2013.pdf – Datum des Zugriffs: 13.04.2014

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT:

<http://www.planat.ch/de/wissen/rutschung-und-felssturz/> – Datum des Zugriffs: 16.12.2013

<http://www.planat.ch/de/wissen/rutschung-und-felssturz/erdrutsch/> – Datum des Zugriffs: 16.12.2013

<http://www.planat.ch/de/wissen/rutschung-und-felssturz/erdrutsch/rotationsrutschungen/> – Datum des Zugriffs: 08.01.2014

<http://www.planat.ch/de/wissen/rutschung-und-felssturz/erdrutsch/translationsrutschungen/> – Datum des Zugriffs: 08.01.2014

SPIEGEL ONLINE:

<http://www.spiegel.de/panorama/erdrutsch-in-china-opferzahl-steigt-hoffnung-schwindet-a-711199.html> – Datum des Zugriffs: 03.02.2014

SÜDDEUTSCHE:

<http://www.sueddeutsche.de/wissen/naturkatastrophe-als-der-berg-in-den-see-fiel-1.908218> – Datum des Zugriffs: 13.04.2014

TAMEDIA:

<http://www.tagesanzeiger.ch/wissen/geschichte/Vor-50-Jahren-Die-Katastrophe-von-Longarone/story/21778975> – Datum des Zugriffs: 19.03.2014

TECHNISCHE UNIVERSITÄT GRAZ:

<http://www.presse.tugraz.at/pressemitteilungen/2014/21.01.2014.htm> – Datum des Zugriffs:
20.02.2014

WIKIMEDIA FOUNDATION:

<http://de.wiktionary.org/wiki/K%C3%A4nozoikum> – Datum des Zugriffs: 13.04.2014

WIKIPEDIA:

[http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Koh%C3%A4sion_\(Bodenmechanik\)&oldid=125023824](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Koh%C3%A4sion_(Bodenmechanik)&oldid=125023824) – Datum des Zugriffs: 29.01.2014

YAHOO! DEUTSCHLAND – YAHOO! CLEVER:

<http://de.answers.yahoo.com/question/index?qid=20111109032254AAanhver> – Datum des Zugriffs: 18.03.2014

Befragte Personen

ADELWÖHRER, Raimund, Dipl.-Ing., Leiter des Bereiches "Rutschhangsicherung und Landschaftswasserbau" des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung

HERMANN, Siegfried, Dr., Geschäftsführer von Geolith Consult

HOHENBERGER, Günter, Referatsleiter der Landeswarnzentrale Steiermark

LERCHNER, Manfred, Regionalmanager der UNIQA Tamsweg

PIRKER, Robert, Versicherungsberater bei UNIQA Tamsweg

RUCKENSTUHL, Sandra, Mag., Angestellte beim Gemeindeamt Fernitz

WINKLER, Robert, OAR beim Gemeindeamt Fernitz

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1 – Rutschereignis und Schadensausmaß (Beispiel aus Almogía).....	7
Abbildung 2-1 – Typisierung von Massenschwerebewegungen.....	9
Abbildung 2-2 – Fließbewegung eines Hanges	11
Abbildung 2-3 – Hangmuren in Oberrickenbach (Schweiz).....	11
Abbildung 2-4 – Fallbewegung eines Hanges	12
Abbildung 2-5 – Kippbewegung eines Hanges.....	12
Abbildung 2-6 – Driftbewegung eines Hanges.....	14
Abbildung 2-7 –Beispiele des raum-zeitlichen Bewegungsverhaltens von Rutschungen	15
Abbildung 2-8 – Aktivitätsphasen von Rutschungen.....	17
Abbildung 2-9 – Rotationsrutschung.....	18
Abbildung 2-10 – Arten von Rotationsrutschungen	19
Abbildung 2-11 – Translationsrutschung.....	20
Abbildung 2-12 – Wildverbiss und Waldsterben	22
Abbildung 2-13 – Gefahrenkarte zur Darstellung von Rutschgebieten (linksrheinisches Mainzer Becken).....	29
Abbildung 2-14 – Beispiel einer Karte der Rutschhangdisposition	30
Abbildung 2-15 – Abdecken des abgerutschten Hanges als Sofortmaßnahme	31
Abbildung 2-16 – Fußsicherung aus Gabionen	32
Abbildung 2-17 – Fußsicherung aus einer Naturstein-Schlichtung.....	33
Abbildung 2-18 – Stützscheibe in einer Böschung	33
Abbildung 2-19 – Krainer Wand aus Holz.....	34
Abbildung 2-20 – Sicherung eines instabilen Hanges mit Felsankern.....	36
Abbildung 2-21 – Zusammenfassen von drei Stück Dübeln zur Hangstabilisierung	37
Abbildung 2-22 – Böschungssicherung mit Holzpfählen.....	37
Abbildung 2-23 – Hangabflachung und Gegengewichtsschüttung	38
Abbildung 2-24 – Videotachymeter zur Überwachung der Hangbewegung.....	41
Abbildung 2-25 – GPS-Messstation an einem Felsvorsprung	41
Abbildung 2-26 – Schutzmaßnahmen am Gebäude.....	42
Abbildung 3-1 – Schematische Darstellung der wirkenden Kräfte bei einem Erdbeben	47

Abbildung 3-2 – Lamellenfreies Verfahren.....	50
Abbildung 3-3 – Kräfte an der Einzellamelle.....	52
Abbildung 3-4 – Lamelleneinteilung beim Verfahren nach Krey/Bishop.....	53
Abbildung 3-5 – Einteilung der Böschung in Lamellen	55
Abbildung 4-1 – Risikomanagement-Prozess.....	59
Abbildung 4-2 – Risikokreislauf für Naturgefahren	60
Abbildung 4-3 – Organigramm der Abteilungen (Amt der Stmk. Landesregierung).....	65
Abbildung 4-4 – Beteiligte an Erdbebenschäden (insb. d. Amts der Stmk. Landesregierung) ...	67
Abbildung 4-5 – Organigramm der Abteilung 7.....	69
Abbildung 4-6 – Organigramm der Abteilung 14.....	70
Abbildung 4-7 – Landeswarnzentrale Steiermark.....	74
Abbildung 4-8 – Beschädigung einer Forststraße und eines Privatgrundstücks	76
Abbildung 4-9 – Schäden an der Gnaninger Straße nach einem Erdbeben.....	77
Abbildung 4-10 – Versatz nach der Rutschung an der Gnaninger Straße	78
Abbildung 4-11 – Sanierung der Gnaninger Straße mittels Steinschichtung.....	78
Abbildung 5-1 – Erdbeben im Vajont-Tal	88
Abbildung 5-2 – Longarone nach der Katastrophe	88
Abbildung 5-3 – Vajont Staumauer aus Sicht von Longarone	89
Abbildung 5-4 – Erdbeben in Nachterstedt	90
Abbildung 5-5 – Abgerissene Haushälfte als Folge des Erdbebens in Nachterstedt	91
Abbildung 5-6 – Zerstörte Häuser in Zhouqu.....	93
Abbildung 5-7 – Überschwemmungen in Zhouqu.....	93
Abbildung 5-8 – Erdbeben in Inzing	94
Abbildung 6-1 – Rutschungsverteilung Steiermark im ersten Halbjahr 2013	96
Abbildung 6-2 – Geologische Haupteinheiten der Steiermark.....	97
Abbildung 6-3 – Anzahl der Rutschungssanierungen in der Steiermark (2001 – 2013)	100
Abbildung 6-4 – Erdbeben im Oberhang der Siedlung Weinkorbweg	102
Abbildung 6-5 – Hauptanbruch des Erdbebens der Siedlung Weinkorbweg (14.03.2013)	102
Abbildung 6-6 – Durchführung der Erkundungsbohrung	104
Abbildung 6-7 – Lage der Schürfgruben	105
Abbildung 6-8 – Rodungsarbeiten.....	107

Abbildung 6-9 – Erdarbeiten zu Sanierungszwecken	107
Abbildung 6-10 – Hergestellte Geländemorphologie	108
Abbildung 6-11 – Herstellen der Tiefendrainage	109
Abbildung 6-12 – Hangsituation nach Baumaßnahmen zur Hangsicherung (18.06.2013)	110
Abbildung 6-13 – Zugrisse im Gründungselement des Wohngebäudes an der Talseite	112
Abbildung 6-14 – Zugöffnung bei der Einleitung der Regenrinne in den Regenwasserableitungsschacht: 38 mm am 18.06.2013 - 47 mm am 19.06.2013	112
Abbildung 6-15 – Rissbildung am Gebäude - Verplombung mit Zement.....	113
Abbildung 6-16 – Versatz am Hauptanbruch der Hangrutschung	114
Abbildung 6-17 – Zugrisse im Mittelteil der Hangrutschung	114
Abbildung 6-18 – Darstellung der Hangrutschung im Lageplan	116
Abbildung 6-19 – Lageplan mit der Darstellung der vier Unterfangungsscheiben, angebunden an das Wohngebäude	117
Abbildung 6-20 – Unterfangungsscheibe – Versetzen der Stahlrohre.....	118
Abbildung 6-21 – Unterfangungsscheibe – Verfüllen der Stahlkorb-Stahlrohrkonstruktion mit Beton.....	119
Abbildung 6-22 – Darstellung eines Schnitts durch die Unterfangungsscheibe	119

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Maßnahmen bei Rutschungen und Hangmuren	25
Tabelle 2 – Berechnung der Standsicherheit einer Böschung mit einer Tabelle	57
Tabelle 3 – Globale Verteilung von Rutschereignissen mit Todesopfern für das Jahr 2007	84
Tabelle 4 – Auslöser der Rutschereignisse mit Todesopfern für das Jahr 2007	85
Tabelle 5 – Übersicht der Rutschhangsanierungen, Schätzung der Baukosten und Förderungen in € und % in den Jahren 2001 bis 2013	99

Abkürzungsverzeichnis

A	Abteilung
BH	Bezirkshauptmannschaft
bzw.	beziehungsweise
ca.	zirka
d.	des
d.h.	das heißt
etc.	et cetera
evtl.	eventuell
FA	Fachabteilung
ff.	folgende
insb.	insbesondere
km/h	Kilometer pro Stunde
lt.	laut
LWZ	Landeswarnzentrale
m/s	Meter pro Sekunde
mm/d	Millimeter pro Tag
NPEMFE	Natural Pulsed Electromagnetic Field of Earth
Nr.	Nummer
o.	oder
OAR	Oberamtsrat
P1	Priorität 1
P2	Priorität 2
SAARC	South Asian Association for Regional Cooperation
SKKM	Staatliches Krisen- und Katastrophenschutzmanagement
Stmk.	Steiermärkisch bzw. Steiermark
TOK	Terrainoberkante
Vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel
zus.	zusätzlich