



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

**„Geomorphologische Analyse einer
komplexen gravitativen Massenbewegung
am Beispiel Reischenschuh im Pflerschtal, Südtirol“**

Verfasser

Yakup Cevik

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 1. Oktober 2008

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 453

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Theoret. / Angewandte Geographie

Betreuer:

Univ.-Prof. Dipl.-Geogr. Dr. Thomas Glade

Erklärung

Ich versichere:

- dass ich die Diplomarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.
- dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/ einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.
- dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Datum

Unterschrift

Danksagung

Nicht weil es üblich, sondern weil es mir ein Bedürfnis ist, möchte ich mich an dieser Stelle bei einigen Menschen bedanken, die mir beim Verfassen dieser Diplomarbeit geholfen haben.

Zu Beginn möchte ich an dieser Stelle meinem Betreuer Professor Dr. Thomas Glade danken, der mich über den gesamten Zeitraum unterstützt hat und des Weiteren oft Geduld für mich aufbringen musste.

Ein großer Dank geht an Rainer Bell für seine Zeit und Hilfestellungen. Ich möchte Benni Thiebes einen Dank für seine Zeit im Gelände, die zahlreichen Tipps und die vielen Gespräche aussprechen.

Ein Dank geht nach Südtirol an Volkmar Mair und Kathrin Lang vom geologischen Amt für die Geländebegehung und das Datenmaterial. Danke auch an Elisabeth Berger, Günther Eisendle, Roberto Dinale und Claudio Muttonelli vom Hydrographischen Amt für die Klimadaten und emails mit zahlreichen Klimainformationen.

Für die informativen Gespräche über das Pflerschtal und den Bergbau danke ich Dr. Günther Ennemoser und Dr. Harald Kofler.

Ein Dankeschön an dieser Stelle auch an Robert Peticzka und Christa Hermann für die Benützung und Unterstützung im Labor.

Danke für das Korrekturlesen an Benni und Jasmin.

Ein Danke an meine Freunde und Studienkollegen für die Diskussionen, die Unterstützung, die Motivation und die schöne Studienzeit. Speziell meinem Weggefährten Stefan danke ich, der mich seit der ersten Stunde über das gesamte Studium in zahlreichen Kursen und Exkursionen begleitet hat und mit dem ich nicht nur Lernabende verbracht habe.

Mein besonderer Dank geht an meine Familie und meine Freunde, die mich über die gesamte Studienzeit unterstützt und motiviert haben.

Zum Schluss danke ich meiner Freundin Barbara, für die ich leider in den letzten Monaten viel zu wenig Zeit hatte, die viel Geduld für mich aufgebracht hat und die ich mit unzähligen Fragen von ihrer eigenen Diplomarbeit abgelenkt habe.

I. Inhaltsverzeichnis

II. Abkürzungsverzeichnis	V
III. Abbildungsverzeichnis.....	VI
IV. Tabellenverzeichnis.....	IX
V. Zusammenfassung / Abstract.....	X
1. Einleitung	1
2. Theorie.....	6
2.1 Definitionen zu gravitative Massenbewegungen.....	6
2.2 Prozess- und Materialtypen von gravitativen Massenbewegungen	7
2.2.1 Fallen	8
2.2.2 Kippung	9
2.2.3 Gleiten.....	9
2.2.3.1 Rotationsrutschungen.....	9
2.2.3.2 Translationsrutschung	9
2.2.4 Driften.....	9
2.2.5 Fließen	9
2.2.5.1 Mure.....	10
2.2.5.2 Kriechen.....	10
2.2.6 Komplexe Bewegung.....	10
2.3 Ursachen für Massenbewegungen	10
2.3.1 Hangneigung und Schwerkraftwirkung	11
2.3.2 Kohäsion und Reibungswinkel	12
2.3.3 Faktoren zur Destabilisierung der Hänge	13
2.3.4 Anthropogener Einfluss	16
3. Methodik	18
3.1 Daten.....	18
3.1.1 Eigene Datenerhebung.....	18
3.1.2 Datenbeschaffung und Aufbereitung	18
3.2 Ereignisdokumentation	19
3.3 Geomorphologische Kartierung.....	19

3.3.1 Geländebegehung	20
3.3.2 Kartierung im Gelände	21
3.3.3 Kartierung mittels GIS	24
3.4 Natürliche Einflüsse	25
3.4.1 Niederschlag in Verbindung mit den Ereignissen	25
3.4.2 Materialeigenschaft	25
3.4.2.1 Bodenprobenentnahme	25
3.4.2.2 Laboranalyse	25
3.5 Anthropogene Einflüsse	26
3.5.1 Bergbau.....	26
3.5.2 Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Tourismus.....	27
4. Untersuchungsgebiet.....	28
4.1 Beschreibungen des Gebietes	28
4.1.1 Lage	28
4.1.2 Geologie	30
4.1.2.1 Pennin	32
4.1.2.2 Ostalpin.....	32
4.1.3 Klima	35
4.1.4 Hydrologie.....	37
4.1.5 Geomorphologie	38
4.1.6 Vegetation	41
4.2 Anthropogene Einflüsse	42
4.2.1 Bergbau.....	42
4.2.2 Landwirtschaft.....	43
4.2.3 Tourismus	45
4.3 Naturereignisse, Katastrophen und gravitative Massenbewegungen im Pflerschtal.	45
5. Daten.....	50
5.1 Klimadaten	50
5.2 Daten für das geographische Informationssystem	50
5.2.1 Orthofoto	51
5.2.2 Digitales Geländemodell	51
5.3 Korngrößenverteilung.....	51

6. Ergebnisse	53
6.1 Ereignisdokumentation	53
6.1.1 Dokumentation der Ereignisse der gravitativen Massenbewegung in Reisenschuh	53
6.1.2 Ereignis der Hangrutschung Reisenschuh vom 15.11.2000	55
6.1.3 Ereignis der Hangrutschung Reisenschuh vom 16.11.2002	55
6.1.4 Ereignis der Mure Schleyergraben vom 19.07.05	58
6.1.5 Ereignis der Mure Schleyergraben vom 21.06.07	59
6.1.6 Aktuelle Maßnahmen.....	60
6.2 Geomorphologische Kartierung.....	61
6.2.1 Erster Teilbereich der gravitativen Massenbewegung.....	64
6.2.2 Zweiter Teilbereich der gravitativen Massenbewegung.....	66
6.2.3 Dritter Teilbereich der gravitativen Massenbewegung.....	68
6.3 Analyse des Murganges im Schleyerbach	72
6.4 Die Gefahrenzone der gravitativen Massenbewegung in Reisenschuh	74
6.5 Natürliche Einflüsse.....	76
6.5.1 Niederschlag in Verbindung mit den Ereignissen	76
6.5.2 Materialeigenschaft.....	79
6.6 Anthropogene Einflüsse.....	86
6.6.1 Einflussfaktor Bergbau	86
6.6.2 Einflussfaktor Rodung	87
6.6.3 Einflussfaktor Landwirtschaft	88
6.6.4 Einflussfaktor Wintertourismus.....	88
 7. Diskussion.....	 89
7.1 Geomorphologische Kartierung.....	89
7.2 Analyse des Schleyerbachgrabens	92
7.3 Natürliche Einflüsse.....	93
7.3.1 Niederschlag in Verbindung mit den Ereignissen	93
7.3.2 Materialeigenschaft.....	94
7.4 Anthropogene Einflüsse.....	95
7.4.1 Einflussfaktor Bergbau	96
7.4.2 Einflussfaktor Rodung	96
7.4.3 Einflussfaktor Landwirtschaft	97

7.4.4 Einflussfaktor Wintertourismus.....	97
7.4.5 Folgen des anthropogenen Einflusses	98
8. Weitere Forschungsarbeiten und Maßnahmen.....	100
8.1 Weitere Forschungsarbeiten	100
8.2 Maßnahmen	102
9. Literaturverzeichnis.....	106
Anhang	112
Anhang I: Laboranalyseblätter	112
Anhang II: Lebenslauf	121

II. Abkürzungsverzeichnis

DGM	= Digitales Geländemodell
ÖK	= Österreichische Karte
GIS	= Geographisches Informationssystem
BMBF	= Bundesministerium für Bildung und Forschung
S.F.	= Safety Factor
ASCII	= American Standard Code for Information Interchange
BUWAL	= Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft
ÖNORM	= Österreichische Normen
UZA	= Universitätszentrum Althanstraße
ED	= Ereignisdokumentation
GPS	= Global Positioning Service
UTM / WGS	= Universal Transverse Mercator / World Geodetic System
CCD-Kamera	= Charge-coupled Device
OR	= Oberer Hangrutschungsbereich
MR	= Mittlerer Hangrutschungsbereich
UR	= Unterer Hangrutschungsbereich

III. Abbildungsverzeichnis

1.1:	Grafische Darstellung der schematischen Durchführung (eigene Darstellung)	5
2.1:	Balance der Kräfte Hangneigung und Gravitation (nach Ahnert 1996).....	11
2.2:	Prozess der Hanginstabilität (eigene Abbildung basierend auf Crozier (1989) und Dikau (2001))	13
2.3:	Endogene und exogene Faktoren (nach Popescu 1994) und auslösende Faktoren (nach Dikau et al. 2001)	15
3.1:	Fallzeiten der Korngrößen (nach ÖNORM aus Peticzka et. al. 2005)	26
4.1:	Lage des Pflerschtals im südtiroler Wipptal (eigene Darstellung)	29
4.2:	Kartenausschnitt des Gebietes Reisenschuh mit dem Hangrutschungsgebiet (Geologisches Amt Südtirol 2005).....	30
4.3:	Geologisch-tektonische Übersichtskarte (nach Keim 2005)	31
4.4:	Geologische lagerstättenkundliche Karte des Vererzungsdistrikts St. Martin am Schneeberg – Pflersch (aus Keim 2005 nach Frizzo 2002).....	34
4.5:	Monatlich gemittelte Max-, Min- und Durchschnittstemperatur von 1976-2006 für das Pflerschtals (eigene Darstellung erstellt nach Daten vom Hydrographischen Amt Südtirol).....	35
4.6:	Durchschnittliche Flächenniederschlagsverteilung Südtirols von 1961 bis 2003 (aus dem Klimabericht des Hydrographischem Amtes Südtirol 2007).....	36
4.7:	Jährliche Niederschlagsmenge in mm von 1976 - 2006 der Messstation Pflersch (eigene Darstellung erstellt nach Daten vom Hydrographischen Amt Südtirol).....	37
4.8:	Wassereinzugsgebiet des Pflerschtals (aus der Online Kartographie der Abteilung Raumordnung, Bozen; November 2007; leicht verändert und nachdigitalisiert).....	38
4.9:	links: Blick in das Pflerschtal; rechts: der Untersuchungshang Reisenschuh (aus Google Earth 2007).....	39
4.10:	Ereignisdokumentation für Südtirol (aus ED 30, Documentazione eveniti, Relazione 2004, Abteilung Wasserschutzbauten, Bozen (2004))	47
4.11:	Gefahrenhinweiskarte Pflerschtal 2008 (aus dem Online GeoHazardBrowser Südtirol vom Juni 2008)	48
4.12:	Kartierung punkt- und linienförmiger Phänomene im Pflerschtal (aus dem Online GeoHazardBrowser Südtirol vom Juni 2008)	49
6.1:	Inklinometermessung (Geologisches Amt Südtirol 2002)	54
6.2:	Inklinometermessung (Geologisches Amt Südtirol 2002)	54

6.3:	Vermurung des Trinkwasserreservoir (Hydrographisches Amt 2003).....	56
6.4:	Oberster, verflachter Teil der Rutschung mit Wasseraustritten (Geologisches Amt Südtirol 2002).	56
6.5:	Mittelteil der Rutschung mit Sekundärabbrüchen (Geologisches Amt Südtirol 2002)	57
6.6:	Orografisch linker Lappen der Rutschung, beidseitig abgesichert und flach talwärts kriechend (Geologisches Amt Südtirol 2002)	57
6.7:	Räumungsarbeiten an der Bundesstraße (Geologisches Amt Südtirol 2002).....	58
6.8:	Gesteinsablagerungen der Mure (Geologisches Amt Südtirol 2002)	58
6.9:	Ablagerung der Mure vom Juni 2007 (eigenes Foto)	59
6.10:	Flächenniederschlagsverteilung in Südtirol für Juni 2007 (aus dem Hydreport Juni 2007 des Hydrographischen Amtes)	59
6.11:	Abgrenzung des Untersuchungsgebietes (eigene Darstellung)	61
6.12:	Säbelwuchs im UG (eigenes Foto, September 2007)	62
6.13:	Kriechbewegung am Wegrand (eigenes Foto, September 2007)	62
6.14:	Drei Teilbereiche der gravitativen Massenbewegung (eigene Darstellung).....	64
6.15:	Erster Teil der gravitativen Massenbewegung, talwärts (eigenes Foto, Juli 2007). ..	65
6.16:	Erster Teil der grav. Massenbewegung, bergwärts (eigenes Foto, Juli 2007)	66
6.17:	Abrisskante (Quelle: Geologisches Amt Südtirol (2002)).....	66
6.18:	Blick auf den mittleren Teilbereich eigenes Foto, Oktober 2007.....	66
6.19:	Abrisskante (eigenes Foto, Oktober 2007)	68
6.20:	Oberflächliche Hangrutschungen (eigenes Foto, Oktober 2007)	68
6.21:	Oberflächliche Hangrutschung (eigenes Foto, Oktober 2007)	69
6.22:	Bereich 3a (eigenes Foto, Oktober 2007)	69
6.23:	Bereich 3a talwärts (eigenes Foto, Oktober 2007)	69
6.24:	Geomorphologische Karte der Reischenschuh-Hangrutschung 2007 (eigene Darstellung)	70
6.25:	Geomorphologische Karte der Reischenschuh-Hangrutschung 2000-2007 (eigene Darstellung)	71
6.26:	Seitliche gravitative Massenbewegungen (eigenes Foto, Oktober 2007).....	72
6.27:	Murablagerung (eigenes Foto, Oktober 2007).....	72
6.28:	Entwurzelte Bäume im Bachbett (eigenes Foto, Oktober 2007)	72
6.29:	Bruchkanten im Schleyergraben dargestellt im DGM (eigene Darstellung).....	74

6.30:	Gefahrengebiet der gravitativen Massenbewegung (eigene Darstellung auf Basis des Orthofotos 2003)	75
6.31:	Durchschnittlicher monatlicher Niederschlag von 1998 bis 2006 (eigene Darstellung erstellt nach Daten vom Hydrographischen Amt Südtirol)	77
6.32:	Täglicher Niederschlag des Monats November 2000 (eigene Darstellung erstellt nach Daten vom Hydrographischen Amt Südtirol)	77
6.33:	Täglicher Niederschlag des Monats November 2002 (eigene Darstellung erstellt nach Daten vom Hydrographischen Amt Südtirol)	78
6.34:	Täglicher Niederschlag des Monats November 2005 (eigene Darstellung erstellt nach Daten vom Hydrographischen Amt Südtirol)	79
6.35:	Standorte der Bodenprobenentnahme (eigene Abbildung)	80
6.36:	Atro Bodenproben (eigene Fotos Oktober 2007)	81
6.37:	Probeneintrag in das österreichische Texturdreieck gemäß ÖNORM L 1050 (Texturdreieck aus Peticzka et al. 2005)	82
6.38:	Häufigkeitsdiagramm der Feinbodenfraktion (eigene Abbildung)	84
6.39:	Häufigkeitsdiagramm der Feinbodenfraktion (eigene Abbildung)	84
6.40:	Summendiagramm der Bodenproben (eigene Abbildung)	85
6.41:	Bodenskelett (eigene Abbildung)	85
6.42:	Historische Ablagerungsstellen des Bergbaus (eigene Fotos 2007)	87

IV. Tabellenverzeichnis

2.1:	Klassifizierung gravitativer Massenbewegungen (nach Cruden & Varnes 1996).....	8
2.2:	Beispiele für Landnutzungsänderungen und deren Folgen (nach Krauter 2003)	16
3.1:	Geräte und Utensilien für die Feldbegehung (eigene Darstellung)	21
3.2:	Kartierungskriterien (eigene Darstellung)	23
4.1:	Ereignisdokumentation 1998 bis 2004 für Südtirol (aus ED30 Südtirol 2004).....	46
5.1:	Überblickstabelle über die verwendeten Daten (eigene Darstellung)	52
6.1:	Probenliste, Proben vom 16.Oktober 2007 (eigene Darstellung)	80
6.2:	Masseanteil der Fraktion in Prozent Feinboden (eigene Darstellung).....	82
6.3:	Bodenskelett (eigene Darstellung).....	85

V. Zusammenfassung

Häufige Schäden durch gravitative Massenbewegungen der letzten Jahren zeigen deutlich, dass eine intensive Auseinandersetzung mit dem Thema wichtig ist, um die Prozesse zu verstehen und um sich vor weiteren Ereignissen zu schützen. Gravitative Massenbewegungen sind ein globales Phänomen, das speziell in Südtirol zahlreich auftreten.

Übergeordnetes Ziel dieser Arbeit war es Erkenntnisse, Messergebnisse und Informationen über bereits getroffene Maßnahmen der komplexen Hangrutschung im Pflerschtal, aber auch Informationen über den nahegelegenen Schleyergraben, aus dem Murgänge hervorgetreten sind, zusammenzufassen.

Im Rahmen der Diplomarbeit wurden zwei Hypothesen aufgestellt, welche durch die Erstellung bestimmter Fragen überprüft werden konnten. Einerseits wurden mittels einer geomorphologischen Kartierung aktuelle von historischen, sowie von reaktivierten gravitativen Massenbewegungen aus dem Ereignisjahr 2002 unterschieden. Zum anderen wurden der Niederschlag und die Materialeigenschaft als natürliche Einflussfaktoren auf die gravitative Massenbewegung, sowie das anthropogene Einwirken auf gravitative Massenbewegungen durch den mittelalterlichen Bergbau untersucht.

Für die Dokumentation der Ereignisse wurden Informationen über die komplexe Hangrutschung aus dem Jahr 2000 und 2002, sowie über den Schleyergraben, durch eine gründliche Literaturrecherche und Interviews eingeholt. Im Zuge dieser Arbeit wurde die geomorphologische Karte durch eine intensive Geländekartierung erstellt und mittels GIS dargestellt. Zusätzlich wurden bei der Begehung Bodenproben entnommen, die im Labor auf ihre Korngröße analysiert wurden.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Pflerschtal in Südtirol, welches sich als erstes Seitental südlich des Brenners bei Gossensass öffnet. Die untersuchte gravitative Massenbewegung befindet sich auf der orographisch rechten Seite des Pflerschtals bei der Ortschaft Reischenschuh, oberhalb des Ortsteils Halde. Das Pflerscher Gebiet wird geomorphologisch durch viele gravitative Massenbewegungen geprägt und geologisch von Kalk- und Dolomitgesteinen dominiert. Das alpine Klima wird durch die spezielle Lage des

Pflerschtals von verhältnismäßig milden Temperaturen und für Südtirol überdurchschnittlich hohem Niederschlag beeinflusst. Das Pflerschtal, insbesondere das Gebiet rund um die gravitative Massenbewegung, wurde durch jahrhundertlangen mittelalterlichen Bergbau, sowie durch starke Rodung der Wälder anthropogen beeinflusst.

Für die geomorphologische Kartierung standen das Orthofoto aus dem Jahr 2006 und ein digitales Geländemodell in einer Auflösung von 2,5 x 2,5 Metern zur Verfügung. Niederschlags- und Temperaturdaten wurden für die klimatischen Darstellungen, sowie für den natürlichen Einfluss des Niederschlages auf die gravitative Massenbewegung verwendet.

Im Untersuchungsgebiet treten unterschiedliche Prozess- und Bewegungstypen gravitativer Massenbewegungen auf. Im November 2002 wurde nach starken Niederschlägen die komplexe Hangrutschung aus dem Jahr 2000 reaktiviert, wobei 300.000 m³ Material in Bewegung gerieten. Dabei gingen einige Murgänge aus der komplexen Hangrutschung hervor und verursachten Schäden am angrenzenden Trinkwasserreservoir, sowie an Häusern des Ortsteils Halde und der Pflerscher Bundesstraße. Die Anrainer wurden sofort evakuiert. Durch die Rodung der Bäume und den Bau einer Drainage wurden Schutzmaßnahmen getroffen und der Hang unter Beobachtung gestellt. Letzte Messungen aus dem Jahr 2007 haben eine Bewegungsrate von fünf Zentimeter innerhalb von acht Monaten in 15 Meter Tiefe ergeben.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde eine geomorphologische Kartierung durchgeführt, bei der aufgrund einer Analyse des digitalen Geländemodells, sowie einer Analyse im Gelände, festgestellt werden konnte, dass die untersuchte komplexe Hangrutschung in einem Gebiet zahlreicher historischen gravitativen Massenbewegungen liegt. Im Untersuchungsgebiet konnten sowohl flachgründige als auch tiefgründige Rotations-, sowie Translationsrutschungen kartiert werden, welche eindeutig durch hohe Niederschläge aktiviert wurden. Der Zusammenhang der extrem hohen Herbstniederschläge konnte mit den Ereignissen aus dem Jahr 2000 und 2002 eindeutig in Verbindung gebracht werden. Im Gelände sind kaum bodenbildende Prozesse und ein hoher Verwitterungsgrad der Gesteine zu erkennen. Die Korngröße wird durch den Sandanteil dominiert. Es kann daher angenommen werden, dass die kleineren Tonteilchen in die Tiefe transportiert wurden und dort eine wasserundurchlässige Gleitschicht bildeten.

Nach starken oder langanhaltenden Niederschlägen kann der Boden daher rasch durchfeuchtet werden und an die Gleitfläche gelangen und somit weitere Ereignisse auslösen.

Der anthropogene Einfluss durch den intensiven Bergbau, sowie durch die starke Rodung der Wälder, konnte durch viele Indizien im Gelände und durch Literaturhinweise angenommen werden. Durch das menschliche Einwirken dürfte es zu einer Veränderung der Hanggeometrie und der Hanghydrologie gekommen sein, welches eine Destabilisierung der Hänge zur Folge hatte.

Die gravitative Massenbewegung dürfte daher durch klimatische und anthropogene Einflüsse aktiviert und durch Niederschläge reaktiviert worden sein. Zukünftig können daher weitere historische gravitative Massenbewegungen am untersuchten Hang reaktiviert werden. Es ist daher vermehrt mit Ereignissen zu rechnen.

Bauliche Maßnahmen können die Bewohner der Siedlung Halde vor dem Zerstörungspotential der Murgänge aus dem Schleyergraben, jedoch nicht vor der komplexen Hangrutschung schützen. Grund dafür ist, dass die Fläche und das Volumen für sinnvolle bauliche Schutzmaßnahmen zu groß sind. Jedoch kann nach der Erfassung weiterer Messdaten eine Modellierung der potentiellen Einflussfaktoren auf die Hanginstabilität dargestellt werden. Anhand der Modellierung können Niederschlagsschwellenwerte ermittelt werden. Mittels einer Wetterstation kann ein Frühwarnsystem eingerichtet werden, welches die Anrainer über eine rechtzeitige Evakuierung informieren würde.

Abstract

Large-scale mass movements, and the damage they incur are on the increase, thus the importance of understanding this topic and its processes can aid in protecting people and property from further catastrophic events.

The main aim of this diploma thesis was to gather knowledge, measurement results and information about activities surrounding the complex 2000 and 2002 landslides in Pflerschtal (South-Tyrol), as well as information about the nearby Schleyergraben, where mudflows had already occurred in the past.

The core of this diploma thesis rests upon two hypotheses. The first is that active, historical and reactive mass movements were distinguished through geomorphologic field mapping. The second involves the influence of precipitation and material property on the stability of a slope as well as the anthropogenic impact created by mining and deforestation.

The geomorphologic field map was created using GIS, and soil samples were analysed in a laboratory according to grain size. Basic information was gathered from a 2006 satellite image, and a 2.5 x 2.5 meter digital terrain model to support field mapping.

In the investigated area different processes and types of mass movements occurred. The complex landslide of 2000 was reactivated in November 2002, setting free 300 000 m³ of material. The drinking water reservoir and houses in Halde, as well as the main street were damaged as a consequence of the 2002 mass movement. Residents were immediately evacuated. After the event a drainage system was built and trees were felled to make the area more secure. Measurements taken in 2007 indicate a movement rate of five centimetres in a span of eight months at a depth of 15 meters.

As mentioned earlier, geomorphologic land mapping was undertaken, and through analyses of a digital terrain model of the territory it can be deduced that the complex landslide occurred in an area historically prone to landslides. In this paper, different types of mass movements are recognised and mapped. Through this mapping, a correlation between precipitation and the events of 2000 and 2002 can be confirmed. An interesting result of the soil analyses was that the main surface component in the area is sand, which could lead

one to the conclusion that the sinking of clay to a deeper layer, and the resulting formation of an water-resistant layer trapping sand and moisture above, may be the cause behind the slides. The clay layer allows -water to infiltrate the soil more quickly and leads to an accumulation on the waterproof clay layer, -which builds the shear zone.

Through indices in the explored area and also through literature, the human impacts through intensive mining can be assumed. This led to a change in slope geometry and slope hydrology with the consequence of slope destabilisation.

In summary it can be said that the analysed mass movement got activated through climatical and human impacts and get triggered through precipitation. In fact it can be expected that further landslides become reactivated.

Actions for the future are mainly constructional ones for the mud flow. Unfortunately there are no constructional activities which can be done for the complex landslide except further drainages and monitoring. A necessary tool for future to protect people in the long run, is a early warning system which can alert people in time.

1. Einleitung

Gravitative Massenbewegungen sind ein globales Phänomen. Häufige Schäden durch Hangrutschungen in den letzten Jahren zeigen deutlich, dass eine intensive Auseinandersetzung mit gravitativen Massenbewegungen enorm wichtig ist, um die Prozesse zu verstehen und um sich vor den Ereignissen zu schützen bzw. sie zu verhindern. Obwohl gravitative Massenbewegungen in Betracht auf die verursachten Todesopfer nicht zu den gefährlichsten Naturgefahren zählen (Jones 1993, S.185), nimmt die Zahl der Ereignisse und der Schäden offensichtlich global zu. Bei der Aufstellung solcher Statistiken ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Informationen immer marginaler werden, je weiter die Ereignisse zeitlich zurückliegen (Krauter 2003). Für die Zunahme der Phänomene sind, neben einer besseren Ereignisdokumentation, auch vermehrt anthropogene Eingriffe verantwortlich.

Durch den starken Bevölkerungswachstum und der veränderten Lebensart des Menschen seit der Industrialisierung wird mehr Raum von der Gesellschaft gebraucht und genutzt. Dies führt besonders im Gebirgsraum zu einer Ausdehnung des Siedlungsraums in die Hanglagen (Krauter 2003). Entsprechend ausgeweitet haben sich damit auch die Infrastruktur und die Eingriffe in potentiell gefährliche Gebiete. Der Mensch trägt aktiv durch den Bau von Terrassen, Versiegelung des Bodens, Rodung, Be- und Entwässerung, Bergbau etc. massiv zur Destabilisierung der Hänge bei (Plate und Merz 2001). Die Folgen können eine Veränderung der Hanggeometrie und der Hanghydrologie sein.

Ein Beispiel vom November 2007 zeigt, dass es nach langanhaltenden Niederschlägen in Chiapas, Mexiko, zu mehreren Hangrutschungen kam, die die Straßen und Dörfer verschütteten. Am 5. November 2007 löste sich über der Ortschaft San Juan de Grijalva im Grenzgebiet Tabasco ein Murgang, der das ganze Dorf erfasste und unter sich begrub (Spiegel Online 2007). Zahlreiche Tote und Vermisste und ein enormer Sachschaden waren die Folge. Einen Bericht der Vereinten Nationen in der Online Ausgabe der Frankfurter Allgemeinen vom 6. November zufolge, hätte die Tragödie durch Frühwarnsysteme und Flächennutzungspläne relativ kostengünstig verhindert werden können (Frankfurter Allgemeine Online 2007).

Aber auch in der Alpenregion Mitteleuropas treten häufig gravitative Massenbewegungen auf. Zurzeit beschäftigt eine Hangrutschung am Traunsee im oberösterreichischen Gmunden die österreichische Medienwelt. „Häuser drehen sich, die Lage hat sich zugespitzt. Ein Haus hat sich bereits abgesenkt. Bis zu 500.000 Kubikmeter sind in Bewegung.“ („Die Presse“, 03.12.2007). Im oberen Bereich des Gschlifgrabens lagern sich jährlich tausende Kubikmeter Gestein ab. Durch den Druck der Ablagerung auf den Hang und Niederschläge wurde ein instabiles Gelände reaktiviert, das über 50 Häuser gefährdete, die evakuiert wurden.

Speziell in Südtirol sind gravitative Massenbewegungen häufig anzutreffen. Nach starken Regenfällen im Sommer 2007 kam es zu zahlreichen Muren und Hangrutschungen (Hydrographisches Amt Südtirol 2007). Das zurzeit letzte große Ereignis in Südtirol ereignete sich am 12. November 2007 mit einem Bergsturz im Fischleintal bei Sexten, als sich ein pyramidenförmiger Fels unterhalb des Gipfels mit einem Volumen von ca. 60.000 m³ löste. Laut einer Pressemitteilung des Landes Südtirol (Presseamt Südtirol 2007) wurde durch das Ereignis glücklicherweise niemand verletzt, und es kam auch nur zu einem geringen Sachschaden.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit soll eine tiefgründige Hangrutschung bei der Ortschaft Reischenschuh, oberhalb des Ortsteils Halde im Pflerschtal, Südtirol, beschrieben und auf bestimmte Fragestellungen analysiert werden. Im November 2002 kam es zu einer Reaktivierung der Hangrutschung aus dem Herbst 2000. Eine Bewegungsrate von 5 cm pro 8 Monaten in 15 Meter Tiefe wurde gemessen. Die Hangrutschung gefährdet ein angrenzendes Wasserreservoir, fünf Häuser sowie die Pflerscher Bundesstraße. Durch Rodung der Bäume, Drainage und Monitoring des gefährdeten Hanges wurden bereits Schutzmaßnahmen getroffen. Die vorliegende Arbeit ist in das BMBF Projekt „ILEWS“ (Integrated Landslide Early Warning System) eingebunden, welches den Aufbau von lokalen und regionalen Frühwarnsystemen an der Schwäbischen Alb und in Südtirol als Ziel verfolgt.

In dieser Arbeit soll die komplexe Hangrutschung im Pflerschtal untersucht werden. Erkenntnisse der gravitativen Massenbewegung können in späterer Folge Aufschluss auf mögliche andere Gebiete geben. Auch wenn es nicht möglich sein sollte, gravitative Massenbewegungen zu verhindern, ist ein Verständnis der häufig komplexen

Zusammenhänge hilfreich, um in der Zukunft mögliche Frühwarnsysteme zu installieren und die Einwohner rechtzeitig evakuieren zu können.

Übergeordnetes Ziel dieser Arbeit ist es, bereits bekannte Ereignisinformationen, Erkenntnisse, Messungsergebnisse und Maßnahmen über das Hangrutschungsgebiet Reischenschuh und den Schleyergraben, in dem Muren abgegangen sind, zusammenzufassen.

Im Einzelnen untersucht die Diplomarbeit folgenden Hypothesen und Ziele:

1. Aktuelle gravitative Massenbewegungen können von der Reischenschuh-Rutschung aus dem Jahr 2000 und der Reaktivierung aus dem Jahr 2002, sowie von älteren Bewegungen unterschieden werden.

Die geomorphologischen Erscheinungsformen und das Alter der gravitativen Massenbewegungsprozesse sollen erkannt und mittels einer geomorphologischen Karte dargestellt werden.

2. Für die Aktivierung und Reaktivierung der gravitativen Massenbewegung sind neben dem Niederschlag auch die Materialeigenschaft und der mittelalterliche Bergbau wichtige Faktoren.

Der natürliche und anthropogene Einfluss auf die gravitative Massenbewegung soll anhand der genannten Parameter erkannt werden. Als natürliche Faktoren sind einerseits die Korrelation zwischen den starken Niederschlägen und andererseits der Zusammenhang mit der Materialeigenschaft der gravitativen Massenbewegungen zu nennen, welche in der Arbeit untersucht werden sollen. Des Weiteren soll der Einfluss des betriebenen Bergbaus auf die Hangstabilität abgeschätzt werden. Die Folge des Abbaus waren das Roden der Bäume und das Betreiben von Landwirtschaft. Durch Literaturrecherche und durch Indizien im Gelände soll erkannt werden, ob in der Reischenschuh-Hangrutschung Bergbau betrieben wurde und ob er sich auf die Hangstabilität ausgewirkt hat.

Im Zuge dieser Arbeit soll eine geomorphologische Karte erstellt werden, um einen Überblick über die gravitative Massenbewegung zu geben. Die geomorphologische Kartierung soll durch eine gründliche Geländebegehung erstellt und in Folge digitalisiert werden. Zusätzlich werden bei der Begehung an ausgewählten Stellen Bodenproben entnommen, die auf ihre Korngröße im Labor analysiert werden und somit Aufschluss auf die Materialeigenschaft geben können.

Nach der bisherigen Erläuterung der Fragestellungen, denen die Arbeit nachgeht, folgt in Kapitel 2 eine theoretische Einführung in das Thema gravitative Massenbewegungen, in dem die unterschiedlichen Massenbewegungstypen definiert und charakterisiert und der Mechanismus der Hangstabilität und deren Einflussfaktoren beschrieben werden. In Kapitel 3 werden die methodischen Vorgehensweisen, die Kriterien für die Feldbegehung und die Kartierung, sowie die Durchführung der Labortätigkeiten dargelegt. Das Untersuchungsgebiet und die physiogeographischen Einflussparameter auf die Hangrutschung werden in Kapitel 4 dargestellt und beschrieben. Kapitel 5 beschreibt alle in dieser Arbeit verwendeten Daten und fasst sie in einer Tabelle zusammen. In Kapitel 6 findet man alle Ergebnisse, die gewonnen werden konnten, welche in Kapitel 7 interpretiert und diskutiert werden. Des Weiteren werden die aufgestellten Hypothesen in diesem Kapitel bewertet. In Kapitel 8 werden mögliche weitere Forschungsarbeiten, sowie Maßnahmen erläutert. Am Ende der Arbeit findet man die Zusammenfassung der Untersuchung (Kapitel 9).

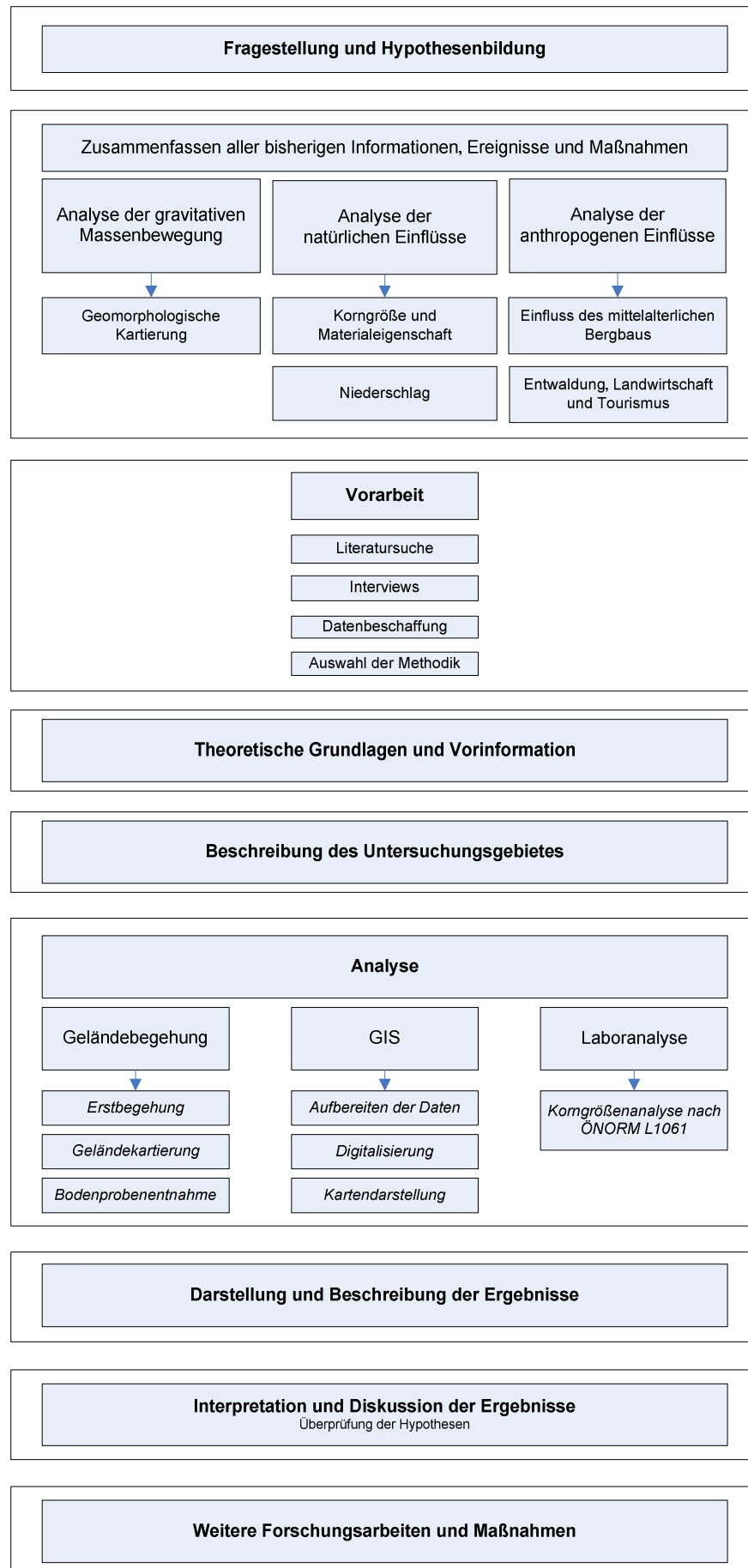


Abbildung 1.1: Grafische Darstellung der schematischen Durchführung.

2. Theorie

In diesem Kapitel sollen die theoretischen Grundlagen kurz erörtert werden, die zur Bearbeitung des Themas dieser Arbeit von Interesse sind. Nach einer Definition und Klassifizierung gravitativer Massenbewegungen sollen vor allem die physikalischen Prozesse und Mechanismen beschrieben werden, die für die Vorbereitung und Auslösung gravitativer Massenbewegungen von zentraler Bedeutung sind.

2.1 Definitionen zu gravitative Massenbewegungen

Aus den in der Literatur zahlreichen zu lesenden Definitionen wird in Folge jene von Cruden (1991, S. 27) zitiert, die in aller Kürze die Thematik beschreibt.

„A movement of a mass of rock, earth or debris down a slope”.

Diese kurze Definition, lässt sich mit der Definition von Finlayson und Stathan (1980) (aus Böhm 1996, S.10) ergänzen:

„Mass movement is the movement of rock and soil debris downslope under the influence of gravity and without the aid of flowing water, wind or glacier ice”.

Diese etwas ältere Definition beschreibt die Massenbewegung als Bewegung von Gestein und Lockermaterial unter Einfluss der Gravitation und schließt Massenbewegungen durch Transport von fließendem Wasser, Wind und Gletschern aus. Man unterscheidet somit in Massenselbstbewegung und Massentransport (Bunza 1992). Die Arbeit beschreibt Massenbewegungstypen, die gravitativen Prozessen unterliegen und somit zur Massenselbstbewegung gezählt werden.

Eine Sonderstellung nehmen Murgänge ein, da sie aus einem Lockergesteins-Wassergemisch bestehen und sich fließend hangabwärts bewegen. Sie folgen hydraulischen Fließgesetzen und sind somit von den anderen gravitativen Massenbewegungen abzugrenzen (Glade und Dikau 2001).

Gravitative Massenbewegungen stellen eine natürliche Prozessgruppe der Geosysteme dar und beschreiben somit eine hangabwärts gerichtete Verlagerung von Locker- und/oder

Festgesteinsmasse entsprechend dem topographischen Gradienten unter vorwiegendem Einfluss der Schwerkraft verstanden (Glade und Dikau 2001).

2.2 Prozess- und Materialtypen von gravitativen Massenbewegungen

Die Klassifizierung gravitativer Massenbewegungen ist eine wichtige Voraussetzung, um die Prozesse und deren resultierende Phänomene beschreiben und dokumentieren zu können. Bei der Gliederung von Massenbewegungen gibt es viele unterschiedliche Methoden, Ansätze und Vorschläge (z.B. Bunza 1982, Hutchinson 1988, Schwenk 1992, Cruden und Varnes 1996).

Gravitative Massenbewegungen sind die Verlagerung von Fels- und/oder Lockergesteinen in fallender, kippender, gleitender/rutschender, fließender, driftender oder komplexer Art aufgrund gravitativ wirkender Kräfte (Glade und Dikau 2001). Weiters lassen sich verschiedene Bewegungsgeschwindigkeiten bei gravitativen Massenbewegungen unterscheiden. Manche Massenbewegungen laufen sehr langsam aber kontinuierlich ab (Böhm 1996), andere hingegen treten nach einer mehr oder weniger langen Ruheperiode plötzlich auf und kommen ebenso rasch wieder zum Stillstand (Geologische Bundesanstalt 2007). Anhand dieser Typenvielfalt ist die Schwierigkeit einer Einteilung in Klassen bereits erkennbar. Somit kann die Kategorisierung nach der Dimension der bewegten Masse, den betroffenen Prozessraum, den Mechanismen und Prozessen, nach der Bewegungsart, nach der Prozessgeschwindigkeit (Böhm 1996), dem morphologischen Erscheinungsbild oder nach anderen Kriterien erfolgen (Geologische Bundesanstalt 2007). Massenbewegungen einer bestimmten Gruppe zuzuordnen ist relativ schwierig, da in der Realität die verschiedenen Typen oft fließend ineinander übergehen, wie folgendes Zitat treffend erklärt.

„Wie überall sonst kennt auch in diesem Belange die Natur keine scharfen Grenzen, sondern verbindet die Gegensätze gerne durch Übergänge; die Grenzen richtet nur der Mensch auf, weil er ihrer zur Verständigung bedarf“ (Stiny 1952 aus Böhm 1996, S. 9).

Im englischsprachigen Raum wird der Begriff „landslide“ als Charakterisierung für die Prozessgruppe verwendet und häufig als Überbegriff und somit als Synonym für „mass movement“ bzw. gravitative Massenbewegungen verwendet (Glade und Dikau 2001).

Die Klassifizierung der Geologischen Bundesanstalt in Österreich ist an den Vorschlag der UNESCO-Arbeitsgruppe „Weltweite Dokumentation von Rutschungen“ (Multilingual Landslide Glossary 1993) angelehnt. Es wird daher einerseits nach der Geschwindigkeit und Art des Transportprozesses und andererseits nach der geologischen Grobcharakteristik des Prozessraumes unterschieden (Geologische Bundesanstalt 2007).

Anhand der geologischen Grobcharakteristik können die Prozesse in grob- und feinkörniges Lockergestein, sowie in Festgestein klassifiziert werden (Geologische Bundesanstalt 2008).

In Folge sind die unterschiedlichen Prozessarten nach Cruden und Varnes (1996) und Dikau et al. (1996) nach den Prozess- (Art der Bewegung) und Materialtypen (Fest- bis Lockergestein) dargestellt.

Tabelle 2.1: Klassifizierung gravitativer Massenbewegungen nach Cruden und Varnes (1996) und Dikau et al. (1996)

Type	Rock	Debris	Soil
Fall (Stürzen)	rock fall	debris fall	soil fall
Topple (Kippen)	rock topple	debris topple	soil topple
Slide (Gleiten)			
- Rotational (Rotationsrutschung)	rock slide	debris slide	soil slide
- Translational (Translationsrutschung)			
Spread (Driften)	rock spread	debris spread	soil spread
Flow (Fließen)	rock flow	debris flow	soil flow
Complex (Komplexe Bewegung)	e.g. rock avalanche	e.g. flow slide	e.g. slump earthflow

Andere Gliederungen werden anhand von Parameter wie Materialfeuchte und Bewegungsgeschwindigkeit klassifiziert, wie z.B. jene von Carson und Kirby (1972) mittels Dreiecksdiagramm. Die Geschwindigkeit der bewegten Masse hat einen wichtigen Einfluss auf das Zerstörungspotential von gravitativen Massenbewegungen.

2.2.1 Fallen

Es handelt sich hierbei zumeist um schnelle, freie Bewegung von Fest- oder Lockergestein, welche der Gravitation zu Grunde liegen. Diese Prozesse treten aus steilen Oberflächen

hervor und weisen keine Scherfläche auf. Das Material bewegt sich dabei fallend, rollend und springend talwärts (Dikau und Glade 2002) z.B. Steinschlag, Felssturz, Bergsturz.

2.2.2 Kippung

Unter Kippungen versteht man vorwärts gerichtete Rotationen von Fest- oder Lockergestein, wobei der Gewichtschwerpunkt oberhalb des Massedrehpunktes liegt. Häufig gehen sie in gleitende oder stürzende Bewegungen über (Fernandez-Steeger 2002).

2.2.3 Gleiten

Es handelt sich hierbei um hangabwärts gerichtete Bewegungen von Fest- und/oder Lockermaterial entlang der Scherfläche. Der Prozess wird häufig unter dem Begriff „Rutschungen“ zusammengefasst (Fernandez-Steeger 2002). Gleitbewegungen können translational oder rotational stattfinden (Dikau und Glade 2002).

2.2.3.1 Rotationsrutschungen

Sie ist durch die rotationale Bewegung charakterisiert, die sich zur parallel zum Hang verlaufenden Achse entlang einer konkaven Gleitfläche bewegt, welche häufig in einer ebenen Gleitfläche weiterverläuft. Sie treten sichtbar bevorzugt in weicherem, homogenem Lockergesteinsmaterial im Gelände auf (Geologische Bundesanstalt 2007).

2.2.3.2 Translationsrutschung

Darunter versteht man eine nicht oder kaum rotierende, geradlinig und parallel zum Hang verlaufende Bewegung. Die Gleitfläche ist oft an der Grenzfläche von Bodenhorizonten oder Schichten mit geringer Scherfestigkeit zu finden (Dikau 1996).

2.2.4 Driften

Driften ist das Auseinanderbewegen von Fest- oder Lockergestein. Zusätzlich sinkt die Masse in weichere tiefere Gesteinsschichten ein. Es kommt bei dem Prozess zu keiner Bildung einer definierten Bewegungsfläche (Fernandez-Steeger 2002).

2.2.5 Fließen

Unter Fließen bezeichnet man die Bewegung von Fest- oder Lockergestein, bei der sich die Partikel unabhängig voneinander in der Masse bewegen. Es kommt hierbei zu einer gleichmäßigen, irreversiblen Deformation, bei der die Geschwindigkeitsverteilung einer

viskosen Flüssigkeit gleicht (Dikau und Glade 2002). Arten des „Fließens“ sind z.B.: Solifluktion, Schuttstrom, Mantelfließen und Massenfließen, Lahare, Lawinen und Muren.

2.2.5.1 Mure

Das Phänomen Mure soll an dieser Stelle ebenfalls kurz erwähnt werden, da im Juni 2007 im Untersuchungsgebiet im Schleyergraben sich eine solche ereignet hat und einen Sachschaden an Häusern und der Bundesstraße verursacht hat.

Da Murgänge hydraulischen Fließgesetzen und nicht ausschließend gravitativen Prozessen unterliegen nehmen sie eine Sonderstellung ein (Glade und Dikau 2001). Eine Mure ist eine breite Masse aus Wasser, Grob- und Feinmaterial, welche zumeist durch Niederschlagsereignisse oder Schneeschmelze generiert wird (Schneider 1999).

Die Entstehung von Murgängen wird von der Hangneigung, der Hydrologie im Entstehungsgebiet und der Menge an potentiell verfügbaren lockeren oder losen Sedimenten beeinflusst (Rickenmann 2005). Sie ist in Südtirol eine relativ häufige Form der gravitativen Massenbewegung.

2.2.5.2 Kriechen

Gravitative Massenbewegungen mit einer zumeist langzeitigen Bewegungsrate des Locker- und Festgesteins von wenigen Zentimetern pro Jahr werden als Kriechprozesse bezeichnet. Der Begriff wird geotechnisch für zeitabhängige, langsame Verformung verwendet. Während des Kriechprozesses wird die Lockermasse zumeist vollständig verformt. Die entstehenden Erscheinungsformen können Fels- und Blockkriechen, Schuttkriechen, Bodenkriechen und Talzusub sein (Schneider 1999).

2.2.6 Komplexe Bewegung

Komplexe Massenbewegungen setzen sich aus mehreren Bewegungstypen zusammen. Es treten hierbei die oben genannten Prozesse in Kombination auf. Der initiale Typ verändert sich im Laufe der Hangabwärtsbewegung. (Dikau und Glade 2002).

2.3 Ursachen für Massenbewegungen

Eine Vielzahl an Einflussfaktoren wie Geologie, Morphologie, Klima und Vegetation wirken auf die Erscheinungsform, die Prozessart und den Umfang von gravitativen Massenbewegungen. Zumeist handelt es sich um einen Ursachenkomplex, welcher für die

Instabilität des Hanges verantwortlich ist (Terzaghi 1950). An dieser Stelle sollen physikalische Kräfte aufgezeigt werden, die zu Hanginstabilitäten führen.

2.3.1 Hangneigung und Schwerkraftwirkung

Die Hangneigung bestimmt die auf den Hang einwirkenden Kräfte und ist daher ein wesentlich Faktor für die Wirkung der Gravitation auf die Materialbewegung. Unter Gravitation versteht man die Anziehungskraft auf den Erdmittelpunkt, welche direkt proportional zu den Objektmassen liegt (Leser 1997).

$$F_g = gm$$

Man unterscheidet:

- hangparallele Schubkraft (Schubspannung)
- rechtwinklig zur Fläche gerichtete Druckkraft (Druckspannung) (Ahnert 1996)

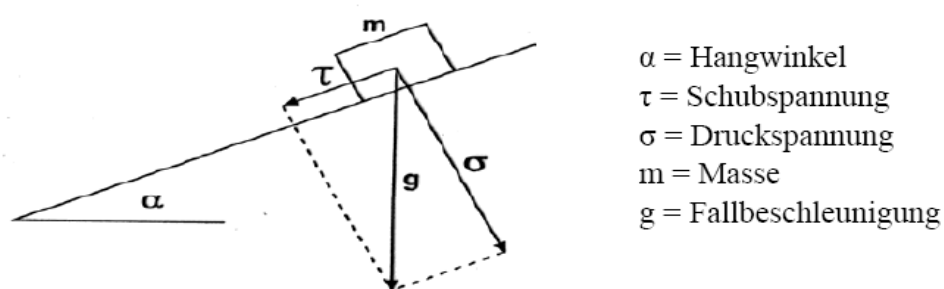


Abbildung 2.1: Balance der Kräfte Hangneigung und Gravitation (Ahnert 1996).

Der hangabwärtsgerichteten Kraft oder treibenden Kraft parallel zur Hangneigung, die der Gravitation zu Grunde liegt, steht die rückhaltende Kraft gegenüber, die im rechten Winkel zur treibenden Kraft steht und die Masse hält. Der Quotient des Verhältnisses der stabilisierenden zu den destabilisierenden Kräften wird als Sicherheitsfaktor bezeichnet und ist somit ausschlaggebend für die Instabilität von Hängen und Auslösung von Massenbewegungen (Hammond et al 1992).

$$\text{Sicherheitsfaktor} = \frac{\text{Rückhaltende Kraft (Scherkraft)}}{\text{Treibende Kraft (Scherwiderstand)}}$$

S.F. > 1: die rückhaltende Kraft ist stärker und der Hang bleibt stabil

S.F. < 1: die treibende Kraft ist stärker und der Hang ist instabil

S.F. = 1: die Kräfte der Scherkraft und des Scherwiderstandes sind ausgeglichen

Mit dem Hangneigungswinkel steigt somit auch die Druckspannung auf den Hang. Der Einfluss auf die Geschwindigkeit der Massenbewegung ist abhängig von der Höhe aufgrund der Fallbeschleunigung und der Masse (Krauter 2003).

Neben der Hangneigung hat auch die Exposition einen wichtigen Einfluss auf eine mögliche Hanginstabilität. Die Richtung des Hanggefälles kann aufgrund der Strahlungsintensität, die dem Hang ausgesetzt ist, eine wesentliche Rolle spielen. Ein steiler, südexpositionierter Steilhang hat aufgrund einer längeren, intensiveren Sonneneinstrahlung im oberen Hangabschnitt, gekoppelt mit der hochliegenden Schneegrenze, einen häufigen Wechsel an Bodenfeuchtigkeit und Frost zur Folge. Dies führt mit anderen Parametern dazu, dass gravitative Prozesse auftreten, d.h. man kann aufgrund der Hangneigung und Exposition, im Bezug auf andere Parameter wie Vegetation, Porosität, Wasserhaushalt oder der Geologie, auf von Hangabtragung gefährdete Gebiete schließen (Ahnert 1996).

2.3.2 Kohäsion und Reibungswinkel

Unter Kohäsion versteht man die Bindung zwischen den einzelnen Körnern des Lockermaterials. Die Kohäsion wirkt hierbei als stabilisierende Kraft. Diese Bindungskraft zwischen den Bodenteilchen wird zum Großteil durch den Wassergehalt bestimmt. Bei einer zu großen Wassermenge kann keine Bindung zwischen einzelnen Körnern auftreten. Es handelt sich somit um die Grenzscherspannung des Materials ohne Berücksichtigung auf jegliche Druckspannung (Ahnert 1996).

Mit der Veränderung der Umwelt ändert sich auch die Kohäsion und Grenzscherdruckspannung. Als Folge von Druckentlastung, Frostsprengung und chemischer Verwitterung wird die Kohäsion geschwächt, während es durch die Abgabe von Bindemitteln (z.B. Fe_2O_3 , CaCO_3) zu einer Stärkung der Kohäsion kommt. Einen wichtigen Einfluss auf die Stabilität bzw. auf die Kohäsion hat das Wasser bzw. der Wasserdruck. Durch negativen Porenwasserdruck wird die Kohäsion erhöht, während bei positivem Porenwasserdruck, wenn die Poren vollständig ausgefüllt sind, die Kohäsion geschwächt und somit die Grenzscherdruckspannung vermindert wird (Müllenhoff 2005).

Der Reibungswinkel oder Winkel der inneren Reibung bezeichnet den Winkel, bei dem der Festkörper oder das Lockermaterial noch belastet werden kann, ohne abzurutschen. Der

Moment bei dem das kohäsionslose Material instabil wird und in Bewegung gerät, wird als Neigungswinkel bezeichnet. Der Reibungswinkel ist somit ein Maß für die Rauigkeit oder Glätte der Oberflächenstruktur. Er entspricht dem natürlichen Böschungswinkel, der ansteigt, je eckiger, dichter und unterschiedlicher die im Material vorkommenden Körner sind (Ahnert 1996). Er gibt somit die maximale Hangneigung an, ohne dass das Material instabil wird.

2.3.3 Faktoren zur Destabilisierung der Hänge

Wenn ein Hang instabil wird, sind jene Kräfte stärker, die eine Verlagerung der Massen hangabwärts forcieren, als die entgegenwirkenden. Sobald das Kräfteverhältnis durch eine größere Hangabtriebskraft beeinflusst wird, kommt es zu Hanginstabilitäten und zur Auslösung der gravitativen Massenbewegung. Die Veränderungen der Kräfteverhältnisse werden von physikalischen und chemischen Prozessen gesteuert, welche wiederum durch andere Faktoren beeinflusst werden (Bollinger et al. 1999). In Folge werden die Einflussfaktoren unterschieden, die auf den Stabilitätsprozess einwirken. Abbildung 2.2 basiert auf Crozier (1989), und zeigt den Prozess von der Hangstabilität zur Hanginstabilität aufgrund des Einflusses endogener und exogener Faktoren (Bollinger et al. 1999).

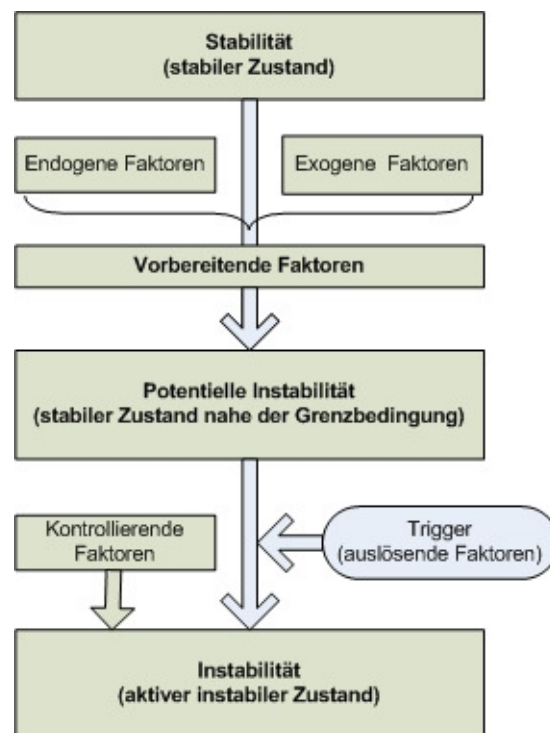


Abbildung 2.2: Prozess der Hanginstabilität
(eigene Darstellung basierend auf Crozier (1989) und Dikau (2001)).

Man kann zwischen vorbereitenden Faktoren der Bewegung (Disposition), prozessauslösenden Faktoren (Trigger) und kontrollierenden Faktoren differenzieren (Crozier 1989). Äußere Einflussfaktoren wie Verwitterung, eine Veränderung der Vegetation oder Hanggeometrie überführen den Hang von einem stabilen in einen instabilen Zustand. Der eigentliche Prozess wird durch einen bestimmten auslösenden Faktor ausgelöst. Diese Phänomene können Erdbeben, Niederschläge, Temperaturänderungen etc. sein. Durch die kontrollierenden Faktoren wird der Prozess der gravitativen Massenbewegung in Folge bestimmt. Beispiele hierfür wären die Hanggeometrie, die Gerinnerauigkeit oder die Vegetation (Glade und Dikau 2001).

Folgende Einflussfaktoren verursachen die Instabilität des Hanges, welcher sich zuvor im labilen Gleichgewicht befunden hat.

- **endogene** Kräfte (Kräfte, die von innen wirken z.B. Schwerkraft, tektonische Prozesse)
- **exogene** Kräfte (Kräfte, die von außen auf die Erdoberfläche einwirken, z.B. Verwitterung, Niederschlag)
- **anthropogener Einfluss** (menschlicher Einfluss, Sonderform der exogenen Kräfte)

Die Folge der Einflussfaktoren kann eine Verringerung der Festigkeit aufgrund der erhöhten Scherspannung sein, welche zu gravitativen Massenbewegung führt. Einzelne Ursachen, die die Materialfestigkeit und die Zunahme der Scherspannung forcieren, können in vier Gruppen gegliedert werden. In folgender Abbildung sind die häufigsten Einflussfaktoren genannt. Aufgrund von Ursachenkomplexen bei der mehrere Parameter zu einer Aktivierung führen, ist es wesentlich, diese in vorbereitende und auslösende Ursachen zu unterteilen (Popescu 1994).

Vorbereitende Faktoren			
Endogene Faktoren		Exogene Faktoren	
Geologische Verhältnisse	Morphologische Ursachen	Anthropogene Ursachen	Physikalische Ursachen
• Gesteinsfestigkeit • Drucklässigkeitskontrast • Kompetenzunterschiede • Geklüftetes oder gestörtes Gestein • Orientierung von Trennflächen • Veränderlich festes Gestein	• Hangneigung • Hangform • Exposition • Größe des Wassereinzugsgebietes • Erosion • Abstand zur Erosionsbasis • Auflast	• Künstliche Anschnitte • Defekte Drainagen und Versorgungsleitungen • Abflussbehinderung • Dynamische Belastung • Entwaldung • Bergbau	• Niederschläge • Hangwasserspiegelschwankungen • Schrumpfung und Quellung • Verwitterung • Schneeschmelze • Tauchen von Permafrost • Erdbeben
Auslösende Faktoren			
• Niederschlag (Intensität und Menge) • Schnelle Schneeschmelze • Hanganschnitte (kann auch vorbereitend sein) • Hangunterschneidung (kann auch vorbereitend sein) • Erdbeben • Vulkanausbrüche • Auflast • Schnelle Wasserspiegelschwankungen			

Abbildung 2.3: Endogene und exogene Faktoren (nach Popescu 1994) und auslösende Faktoren (nach Dikau et al. 2001).

Der auslösende Faktor ist ein kurzfristiger Prozess. Wenn der Einfluss eines Faktors bestimmend wird, spricht man vom auslösenden Moment. Das heißt, eine gewisse Wahrscheinlichkeit einer Prozessauslösung besteht bereits und die Veränderung des Einzelfaktors bestimmt lediglich den Zeitpunkt der Massenbewegung. Das heißt, die auslösenden Faktoren initiieren die Bewegung. Sie stehen in Verbindung mit extremen meteorologischen Ereignissen (kurzzeitig: starker Tagesniederschlag, längerfristig: langandauernder Niederschlag) der Hydrologie (Schneeschmelze, Frostzyklus, Porendruck, Bodensättigung), punktuellen anthropogenen Aktivitäten (Aushübe, Aushöhlung, Auflastung) oder Erschütterung (Erdbeben, Sprengung). Eine gravitative Massenbewegung wird dann ausgelöst, wenn das System bei gegebener Disposition so belastet wird, dass der Schwellenwert einer oder mehrerer Zustandsgrößen überschritten wird (Schneider 1999).

Häufig treten gravitative Massenbewegungen aufgrund von Ursachenkomplexen auf. Diese können aus geophysikalischen Faktoren (Erdbeben, Verwitterung), meteorologischen

Einflüssen (Starkniederschläge) und anthropogenen Eingriffen (Baumaßnahmen, Erschütterungen, Rodung) bestehen (Eikenberg 2000).

2.3.4 Anthropogener Einfluss

In der Literatur lassen sich viele Beispiele für gravitative Massenbewegungen als Folge von anthropogener Beeinflussung finden. Gravitative Massenbewegungen werden häufig durch anthropogene Tätigkeiten aktiviert, wobei es oft schwer zu beurteilen ist, ob das Ereignis auch ohne menschlichen Einfluss ausgelöst worden wäre (Schneider 1999). Tabelle 2.2 von Krauter (2003) zeigt ganz deutlich die unterschiedlichen Einflüsse durch Landnutzungsänderungen und deren Folgen auf.

Fließ- und Gleitprozesse unterliegen zumeist anthropogenen Ursachen, während bei Drift- und Fallprozesse der natürliche Einfluss klar überwiegt (Krauter 2003).

Tabelle 2.2: Beispiele für Landnutzungsänderungen und deren Folgen (Krauter 2003)

Einwirkungen	Auswirkungen	Folgen
Anschnitte Einschnitte Abbau	Verringerung der rückhaltenden Kräfte	Rutschungen Steinschläge, Felsstürze
Aufschüttungen Dämme Kippen Halden	Erhöhung der abtreibenden Kräfte	Rutschungen Schlamm- und Schuttströme
Veränderung der Wasserführung	Erhöhung des Strömungs- bzw. Kluftwasserdrucks Verringerung der Scherfestigkeiten	Rutschungen
Entwaldung	Reduzierung der Evapotranspirationsrate Erhöhung des Wassergehaltes des Bodens	Rutschungen Schlamm- und Schuttströme

Durch die Änderung der Landnutzung können gravitative Folgeprozesse vermehrt auftreten. Durch den Bau von Verkehrswegen, die Anlage von Terrassen zur agrarischen Nutzung, die Ausweitung der Siedlungs- und industriellen Nutzflächen, die Anlage von Steinbrüchen, der Bau von Wasserreservoirien, die Anlage von künstlichen Hängen beim Tagebau, aber auch die Aufschüttung von Abraumhalden und Entwaldung ganzer Regionen führen zur Destabilisierung der Hänge und somit zu einer leichteren Auslösung der Prozesse (Dikau und Glade 2001).

Zumeist ändert sich die Hanggeometrie und die Hanghydrologie als Folge anthropogener Einflüsse. Somit kommt es zu einer Änderung der am Hang wirkenden Kräfte.

Um mögliche Aussagen über Häufungen oder Intensivierungen der Prozesse treffen zu können, sollte die Entstehung und Auslösung der Prozesse analysiert werden (Schneider 1999).

Generell kann man festhalten, dass es durch das anthropogene Einwirken zu einer Veränderung der auf den Hang wirkenden Einflüsse kommen kann.

3. Methodik

In diesem Kapitel sollen die Vorgangsweisen für die Datenerhebungen und Datenverarbeitungen, die für die geomorphologische Karte notwendige Feldbegehungen, die Kartierung und die Laboranalysen beschrieben werden.

3.1 Daten

3.1.1 Eigene Datenerhebung

Die in dieser Arbeit selbstständig erhobenen Daten sind jene für die Korngrößenverteilung. Bei der Ermittlung der Kornfraktion wurden die Bodenproben selbstständig erhoben, im Labor analysiert, berechnet und dargestellt.

3.1.2 Datenbeschaffung und Aufbereitung

Die in dieser Arbeit verwendeten Daten wurden vom Amt für Geologie und vom Hydrographischen Amt zur Verfügung gestellt. Die Daten lagen bereits alle in GIS-fähigem shape-file-Format vor und waren bereits georeferenziert, sodass sie nicht mehr aufbereitet werden mussten. Die Klimadaten des Hydrographischen Amtes lagen als ASCII-Daten vor und konnten in Excel importiert, gefiltert, berechnet und schließlich graphisch dargestellt werden.

Die Klimadaten der Messstation Pflersch wurden einerseits zur Darstellung der Temperatur und des Niederschlages und andererseits verwendet, um den Zusammenhang zwischen den Niederschlägen und Ereignissen aufzuzeigen. Die Darstellungen der täglichen Messwerte seit 1924 wurden auf den dreißigjährigen Zeitraum von 1976 bis 2006 reduziert.

Abbildung 4.5 in Kapitel 4.1.3 basiert auf Messaufzeichnungen, welche durch die gemittelten Maximal-, Minimal- und Durchschnittstemperatur der einzelnen Monate errechnet wurden. Die Daten für den gemittelten Jahresverlauf der maximalen und minimalen Temperaturwerte, sowie die Durchschnittstemperatur für das Pflerschtal wurde für den Zeitraum von 1976 bis 2006 verwendet.

Den jährlichen Verlauf der Niederschlagsmenge in Millimeter, dargestellt in Kapitel 4.1.3 Abbildung 4.7, wurde für den Zeitraum von 1976 bis 2006 aus den summierten jährlichen Niederschlagswerten mittels Excel berechnet und graphisch dargestellt.

Für die Darstellung der starken Niederschläge vor den Ereignissen wurden die täglichen Niederschlagswerte für den Zeitraum eines Monats dargestellt.

3.2 Ereignisdokumentation

Im Zuge dieser Arbeit wurden zunächst Informationen über die Ereignisse der Hangrutschung Reischenschuh, den Murbach Schleyergraben und das Pflerschtal, sowie Daten- und Kartenmaterial und Informationen über bisherige Arbeiten und Maßnahmen mehrheitlich von den Ämtern der Landesregierung der autonomen Provinz Südtirols eingeholt. Diese Informationen dienten neben den allgemeinen Vorkenntnissen über das Untersuchungsgebiet auch als Basis zur Vorkartierung, welche dann durch die Feldbegehung ergänzt und anschließend kartiert wurde.

Um Informationen über das Gebiet und die Ereignisse im Pflerschtal, im speziellen über die komplexe Hangrutschung am Reischenschuh und die Murgänge des Schleyergrabens zu dokumentieren, wurden zunächst mittels Literaturrecherche Unterlagen, wie Publikationen über das lokale Untersuchungsgebiet, Zeitungsartikel, Reporte, wissenschaftliche Arbeiten und Informationen aus persönlichen Gesprächen zusammengetragen. Gesprächspartner waren Herr Dr. Ennemoser, der allgemeine Informationen zum Pflerschtal geben konnte, Herr Dr. Köfler, der zum Thema Bergbau im Pflersch wichtige Informationen lieferte, sowie mit Herr Eisendle vom Forstinspektorat Sterzing.

3.3 Geomorphologische Kartierung

Zur Durchführung der Fragestellungen mittels der Kartierung wurde eine geomorphologische Vorgangsweise, basierend auf Interpretationen von Orthofotos und einem digitalen Geländemodell, kombiniert mit spezifischen und historischen Informationen und durch eine intensive Feldbegehung ergänzt, verwendet. Die geomorphologischen Phänomene wurden digitalisiert und in einer GIS Datenbank gespeichert.

Zu Beginn der geomorphologischen Kartierung musste das Untersuchungsgebiet abgegrenzt werden und eine genaue Prüfung des Geländes auf existierende gravitative Massenbewegungen erfolgen. Die Grenzen des Untersuchungsgebietes wurden großräumig um das Gebiet der aktiven Hangrutschung angenommen, mussten allerdings aufgrund der großmaßstäbigen Kartierung auf den Orthofotos in der Ausdehnung etwas eingeschränkt

werden. Das Gebiet wurde anhand geomorphologischer Merkmale abgegrenzt. Nachdem das Areal dem geologischen Amt, der Wildbach- und Lawinenverbauung und dem Forstinspektoriat in Südtirol durch die Ereignisse und Maßnahmenarbeiten bereits bekannt war, konnten die Informationen der behördlichen Erkenntnisse über die gravitative Massenbewegung verarbeitet werden, welches die Vorarbeiten erleichterten.

Neben der Abgrenzung des Untersuchungsgebietes mussten für die Aufstellung einer Inventarkarte bestimmte geomorphologische Kartierungskriterien definiert werden. Diese konnten im Gelände identifiziert und kartiert werden. Im Anschluss an das Erkennen der gravitativen Massenbewegungen im Gelände konnte eine Beurteilung dieser erfolgen.

3.3.1 Geländebegehung

Eine Erstbesichtigung war wichtig, um einen Überblick über das Gebiet zu bekommen und weitere Vorgehensweisen besser einschätzen zu können. In einer kurzen Geländebegehung konnte somit ein erster Überblick und Eindruck über die Größe, die Prozesse und die Geomorphologie des Hanges erhalten werden. Nach der Erstbesichtigung war klar, dass das Gelände für Bohrungen zu steil und die Durchführung innerhalb dieser Arbeit zu aufwendig ist.

In der zweiten Feldbegehung mit Unterstützung des Geologen Dr. Mair vom geologischen Amt Südtirols konnten weitere Informationen über die Ereignisse aus dem Jahr 2000 und 2002 und den getroffenen Maßnahmen gewonnen werden. Im Zuge des Treffens wurden auch Daten- und Kartenmaterial, Gutachten, Ereignisdokumentationen und Fotos für die Diplomarbeit zur Verfügung gestellt.

Während der Geländebegehung konnten das Bohrloch für die Inklinometer- und Piezometermessungen, die einzelnen oberflächlichen gravitativen Massenbewegungen, Quellaustritte und Bruchkanten im Gelände lokalisiert werden.

In einer dritten Feldbegehung konnte einerseits die geomorphologische Kartierung durchgeführt, sowie das umliegende Areal betrachtet werden. Eine Geländebefahrung des Pflerschtals und eine Begehung des Gebietes rund um die gravitative Massenbewegung dienten zur Erkennung und Einschätzung des Gesamtsystems. Aufgrund der Größe des Gebietes konnte in der kurzen Zeit nur ein kleiner Überblick über das gesamte Gebiet

gewonnen werden. Durch das Abfahren des Pflerschtals bis zum Talende konnten weitere gravitative Massenbewegungen und bereits getroffene Maßnahmen erkannt werden. Durch eine Begehung des Geländes rund um die eigentliche Hangrutschung und die Begehung des Murbaches wurden weitere Eindrücke gewonnen. Der Schleyergraben wurde von der Pflerscher Bundesstraße bis zum Wanderweg, an dem der Bach die Biegung zum Schleyerberg macht, abgegangen. Seitliche Böschungsrutschungen wurden im Zuge dieser Begehung kartiert.

Da häufig nicht nur einer sondern zeitgleich mehrere Hänge instabil werden, empfiehlt es sich, über die Grenzen der gravitativen Massenbewegung hinaus, Einflussfaktoren und Prozesse zu identifizieren. Es ist daher sinnvoll, neben der eigentlichen gravitativen Massenbewegung auch die Umgebung zu untersuchen, um eventuell Prozesse und weitere Einflüsse besser verstehen zu können. Auch wenn die einwirkenden Faktoren und die natürlichen Voraussetzungen in unterschiedlicher Intensität auf die Hänge wirken, können jedoch Analogieschlüsse gezogen werden.

3.3.2 Kartierung im Gelände

Die Methodik der Feldbegehung war an Leser (1977) angelehnt. Für die Kartierung wurde der Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene aus der Ausgabe des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) und dem Bundesamt für Wasser und Geologie (Ausgabe 1995) zu Hilfe genommen. Für die Datenaufnahme im Gelände wurden bei der Geländebegehung folgende Geräte und Materialien verwendet.

Tabelle 3.1: Geräte und Utensilien für die Feldbegehung

Geräte	Utensilien
• Hand-GPS- Gerät • Rollmeter • Handschaufel + Plastiksäcke • Neigungsmesser • Distanzmesser • Kompass • Bodenkoffer	• Fotoapparat • Bleistifte, Buntstifte • Lineal • Karten - Technische Karte - DGM - Orthofoto 2003 • Signaturenschlüssel

Aufgrund des kurzen Zeitrahmens, der für die Geländekartierung zur Verfügung stand, konnten nur bestimmte geomorphologische Erscheinungsformen dokumentiert werden. Die

Auflösung des DGM und der Orthofotos waren für eine Fernkartierung zu ungenau und daher nicht ausreichend. Gleichzeitig ist das Untersuchungsgebiet für eine genaue Feldkartierung im Rahmen dieser Arbeit zu groß. Da eine geomorphologische Feldbegehung sehr zeitaufwändig, speziell bei einem relativ großen und komplexen Gebiet wie des Hanges in Reischenschuh, ist, mussten somit bestimmte Kartierungskriterien festgelegt werden.

Die Vorkartierung wurde zunächst mittels GIS auf Basis des DGM und Orthofoto aus dem Jahr 2003 durchgeführt. Da die Auflösung nur für eine kleinmaßstäbige Kartierung reichte, konnten hier nur die Abrisskanten der oberen und mittleren Hangrutschungen kartiert werden. Diese dienten als Grundlage für die anschließende Feldkartierung. Die meisten Informationen mussten daher durch die Begehungen im Gelände gewonnen werden. Die gesammelten Informationen wurden in Folge mittels GIS digitalisiert.

Als Grundlage für die Karte der Phänomene diente die Dokumentation von geophysikalischen Prozessen im Gelände. Zur Dokumentation und Nachvollziehbarkeit wurden die festgelegten und erhobenen Merkmale früherer oder gegenwärtiger ablaufender Prozesse erkannt und die Phänomene kartiert. Auf Grund der Größe des Gebietes konnten nur bestimmte Phänomene einer bestimmten Größe kartiert werden. Daher wurden die einzelnen Prozesse auf einen bestimmten Detaillierungsgrad festgelegt. Das Ergebnis dieser Karte kann als Gefahrenbeurteilungsgrundlage verwendet werden, welche in weiterer Folge für die Maßnahmenplanung dienen kann. Es wird in der Karte der Phänomene der Aufbau der Kartendarstellung durch Verknüpfung von wenigen Bausteinen und einheitlichen und strukturierten Verknüpfungen von einzelnen Symbolbausteinen und Farben dargestellt.

In Folge werden die einzelnen Parameter dargestellt, die für die Kartierung verwendet wurden.

Tabelle 3.2: Kartierungskriterien

Parameter	Kartierung	Merkmal
Prozesse	• Gravitative Massenbewegungen	
	- Komplexe Hangrutschung	- Bruchlinien (> 1 m) - Seitenwälle - Akkumulationsgebiete
	- Murgänge	- Abrisskanten (> 1 m) - Übermurungsgebiete
	• Natürliche geomorphologische Erscheinungen	- Böschungskanten - Ausgangsgestein
	• Anthropogene Erscheinungen	- Drainagen - Wegenetz - Wasserreservoir
Aktivität & Alter	• Aktive Hangrutschung	
	- Schnelle Hangrutschung (spontan)	- Frische Bruchkanten, Scherflächen und Ablagerungsflächen - Nasse Hangrutschungsflächen - Dunklere Bodenfarbe - Kein Pflanzenbewuchs - Aufreißen des Geländes
	- Langsame Hangrutschung (ca. 2 – 10cm/Jahr)	- Veränderung auf den Orthofotos sichtbar - Ereignisse durch Monitoring bekannt
	• Inaktive (alte) Hangrutschungen	- Keine erkennbare Aktivität - Bewachsene Abriss- und Ablagerungsflächen in Form eines Schwemmfächers, Murkegels oder Schutthalde - Säbelwuchs der Bäume
Hydrologie	• Wildbach • Gerinne • Quellen	

3.3.3 Kartierung mittels GIS

Vor der Feldbegehung wurden mittels GIS Karten erstellt, die als Kartierungsgrundlage für das Gelände dienten. Für die Erstellung, Digitalisierung und Bearbeitung der Karten und Phänomene wurde ArcMap 9.1 der Firma ESRI verwendet. Aus den vorhandenen Orthofotos wurden jene aus dem Jahr 2004 für die Feldkartierung verwendet, da zu diesem Zeitpunkt die Aktuelleren aus dem Jahr 2006 noch nicht zur Verfügung standen. Hier wurden die erkennbaren Anrisskanten vorkartiert. Wie bereits erwähnt, war ein zu kleiner Maßstab der Orthofotos bzw. eine für eine genaue Kartierung des Gebietes zu ungenaue Auflösung des DGM mit 2.5 m x 2.5 m ein Problem. Somit konnte mittels Fernerkundung nur die Steilheit des Gebietes, die Höhenlinien, Koordinatensystem und der Umriss der gravitativen Massenbewegung erkannt und eingezeichnet werden.

Für die spätere Digitalisierung der Feldbegehungsergebnisse diente das Farbborthofoto aus dem Jahr 2006 im Maßstab 1:10.000 mit einer Auflösung von 0,5 x 0,5 Metern als Grundlage.

Wichtig für die digitale Repräsentation der Topographie ist die Verfügbarkeit und Genauigkeit eines digitalen Geländehöhenmodells. Das DGM wurde mittels der GIS Funktion Hillshade in ein dreidimensionales Höhenmodell generiert und für die Geländedarstellung verwendet. Weiters konnten durch das DGM die Höhenlinien und die Hangneigungen für die Vorkartierung mittels Funktionen des Spatial Analysts dargestellt werden. Neben dem bereits georeferenzierten Orthofotos diente das DGM als Kartierungsgrundlage für die Digitalisierung. Für die einzelnen zu digitalisierenden Parameter wurden Shapfiles in Punkt, Linien und Polygon für das Koordinatensystem UTM WGM 84 generiert.

Die Ergebnisse der Feldkartierung wurden in das DGM und die Orthofotos in einem Maßstab von 1:2.500, 1:1.000 und 1:500 eingezeichnet. Zusätzlich wurden eigene Skizzen und Karten erstellt.

Für die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes und die Darstellung des Schleyergrabens wurde ein Maßstab von 1:5.000 gewählt. Die geomorphologische Kartierung des Untersuchungsgebietes wurde im Maßstab 1:2.000 und 1:3.500 kartiert. Die Karte mit der Abgrenzung in die drei Teilbereiche wurde im Maßstab 1:2.500 dargestellt.

3.4 Natürliche Einflüsse

3.4.1 Niederschlag in Verbindung mit den Ereignissen

Um den Einfluss des Niederschlags auf die Ereignisse darzustellen, wurden Niederschlagsdiagramme erstellt. Zu Beginn ist in einer Jahresübersichtstabelle der gemittelte monatliche Niederschlag der Jahre 1998 bis 2006 ersichtlich. Für die einzelnen Ereignisse der komplexen Hangrutschung der Jahre 2000 und 2002, sowie für die Murgänge wurden die Tagesniederschläge für den gesamten Monat, in dem das Ereignis stattgefunden hat, dargestellt. Der Ereignistag wurde in den Diagrammen farblich herausgehoben.

3.4.2 Materialeigenschaft

Für die Vorgehensweise der Bodenprobenentnahme und der Analyse der Korngrößen wurde nach ÖNORM vorgegangen.

3.4.2.1 Bodenprobenentnahme

Bei der Begehung des Geländes wurden bestimmte Standorte für die Bodenprobenentnahme ausgewählt. Hierbei wurde darauf geachtet, einerseits einen repräsentativen Überblick über den gesamten Hang und andererseits über einzelne Rutschkörper, durch Bodenentnahmen an der Abrisskante, an den Seiten und im Akkumulationsbereich, zu geben. Bei der Bodenentnahme wurde aufgrund möglicher Inhomogenität des Bodens besonders auf die Repräsentativität geachtet. Oberflächliche Ablagerungen wurden entfernt. Die Proben wurden an den einzelnen Standorten bis zu einem halben Meter tief genommen. Bohrungen konnten im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt werden. Die entnommenen Bodenproben wurden in entsprechenden Mengen genommen und in das physikalische Labor der Geographie Wien in das UZA2 gebracht.

3.4.2.2 Laboranalyse

Um die Korngrößenfraktionen des Mineralbodens im Labor zu bestimmen, wurden die Proben nach der ÖNORM L 1061–1 für den Grobboden und nach der ÖNORM L 1061–2 für den Feinboden mittels der Pipettiermethode analysiert. Das Grobmaterial wurde mittels Nasssiebung (Schlammanalyse) bestimmt. Der Siebsatz mit den Maschengrößen 2 mm, 0,63 mm, 0,2 mm und 0,063 mm wurde verwendet. Bei der Pipettierung wurden die Korngrößen nach ihrer Sinkgeschwindigkeit ermittelt. Da die Fallzeiten abhängig von der Suspensionstemperatur sind, werden in folgender Tabelle die Pipettierzeiten für die

bestimmten Kornfraktionen angegeben. Die Analyse wurde im Labor bei 21°C durchgeführt.

Temperatur °C	Viskosität mPa·s	Fallzeit für eine Korngröße von			
		0,063 mm	0,02 mm	0,006 mm	0,002 mm
18	1,040	29 s	4 min 49 s	53 min 34 s	8 h 2 min 3 s
19	1,019	29 s	4 min 43 s	52 min 29 s	7 h 52 min 19 s
20	1,002	28 s	4 min 39 s	51 min 36 s	7 h 44 min 26 s
21	0,979	27 s	4 min 32 s	50 min 25 s	7 h 33 min 47 s
22	0,958	27 s	4 min 26 s	49 min 20 s	7 h 24 min 3 s
23	0,938	26 s	4 min 21 s	48 min 19 s	7 h 14 min 47 s
24	0,917	26 s	4 min 15 s	47 min 14 s	7 h 5 min 3 s
25	0,897	25 s	4 min 10 s	46 min 12 s	6 h 55 min 46 s
26	0,877	25 s	4 min 4 s	45 min 10 s	6 h 46 min 30 s
27	0,856	24 s	3 min 58 s	44 min 5 s	6 h 36 min 46 s
28	0,836	23 s	3 min 52 s	43 min 3 s	6 h 27 min 30 s
29	0,815	23 s	3 min 47 s	41 min 58 s	6 h 17 min 46 s
30	0,797	22 s	3 min 42 s	41 min 3 s	6 h 9 min 25 s
– Fallhöhe (Eintauchtiefe der Pipette): – Fallbeschleunigung für Österreich: – Feststoffdichte von Quarz: – Dichte von Wasser bei 20 °C:		100 mm 9,806 65 m·s ⁻² 2,65 kg·dm ⁻³ 1,00 kg·dm ⁻³			

Abbildung 3.1: Fallzeiten der Korngrößen (Peticzka et al. 2005).

Die Auswertungen beider Analysen wurden zusammengetragen und die relativen Anteile errechnet.

Die Berechnungen erfolgten nach ÖNORM und wurden mittels Excel berechnet und in Tabellen dargestellt. Das Ergebnis des Masseanteils der Fraktion in Prozent des Feinbodens und Grobbodens wurden in Tabellen, als Korngrößenverteilungssummenkurve und als Häufigkeitsdiagramm ausgewertet und dargestellt. Für die Bestimmung der Bodenart wurden die Werte zusätzlich noch in ein Texturdreiecksdiagramm eingetragen.

3.5 Anthropogene Einflüsse

3.5.1 Bergbau

Es wurde versucht im Gelände bestimmte Merkmale des mittelalterlichen Bergbaus zu finden, und damit alte Stollen im Untersuchungsgebiet lokalisieren zu können. Eine sichere Verortung der Stollen erfolgte durch Stolleneingänge, die an mehreren Stellen im Pflerschtal gefunden wurden. Weitere Merkmale sind gestapeltes, kantiges, mit Vegetation bewachsenes Gestein und eingemeißelte Zeichen.

Eine wichtige Hilfestellung konnte hier durch Dr. Harald Kofler erhalten werden, der mit seiner Dissertation „Beiträge zur Erforschung der Geschichte des Bergbaus im Gebiet von

Gossensass und Sterzing bis in die Mitte des 16. Jahrhundert mit besonderer Berücksichtigung der Quellen“ aus dem Jahr 2003 und einigen Veröffentlichungen wissenschaftlicher Arbeiten z.B. im Schlern, Aufschluss auf den Bergbau im Pferssch gibt. Zusätzlich konnten auch Informationen durch ein persönliches Gespräch erhalten werden. Um Antworten des Einflusses von ehemaligen Stollen und Bergbau auf gravitative Massenbewegungen zu geben, wurde in der Literatur nach Einflussfaktoren durch den Bergbau auf die Hangstabilität gesucht.

3.5.2 Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Tourismus

Die Rodung der Wälder und die betriebene Landwirtschaft konnte für das Untersuchungsgebiet nicht direkt untersucht werden, ist aber höchstwahrscheinlich betrieben worden. Mögliche Auswirkungen des Einflusses konnten durch die Theorie beschrieben werden. Auch der Einfluss durch das Ladurner Skigebiet konnte nur theoretisch beantwortet werden, da hierfür keine genaueren Untersuchungen gemacht wurden.

4. Untersuchungsgebiet

In diesem Kapitel werden das Pflerschtal und das Gebiet der untersuchten gravitativen Massenbewegung des Ortsteils Halde in Reischenschuh beschrieben. Die Provinz Südtirol liegt am Südrand der Zentralalpen und gliedert sich in Öztaler, Stubai und Zillertaler Alpen. Das Gebiet um den Brenner nimmt eine der wichtigsten Durchlässe und wesentliche Nord-Südverbindung ein, an das sich das Eisack Tal anschließt und nach Süden zum Bozener Becken führt. Dort befinden sich das Hauptsiedlungsgebiet und der Wirtschaftsraum der Provinz. Südtirol gilt in seiner Geographie als so vielfältig, wie kaum eine andere Region in den Alpen (Chwaszcza 1997).

In den folgenden Abschnitten sollen die physiogeographischen Parameter beschrieben werden, welche die Anfälligkeit gegenüber gravitativer Massenbewegungen bestimmen.

4.1 Beschreibungen des Gebietes

Das Pflersch, das aufgrund des Bergbaus in der Vergangenheit auch „Silbertal“ genannt wurde (Ennemoser 1984), zählt mit den Siedlungen Innerpflersch und Außerpflersch und den Fraktionen Gossensass und Brenner zu der politischen Gemeinde Brenner. Das gesamte Pflerschtal liegt auf über 1.000 m Meereshöhe.

4.1.1 Lage

Das in Südtirol gelegene Pflerschtal öffnet sich als erstes Seitental südlich des Brenners und zieht sich von Gossensass (1.098 m) im Wipptal ca. 16 Kilometer westlich in die Stubai Alpen auf über 3.000 m hinein und ist etwa sechs Kilometer breit. Die Lage des Pflerschtals ist in folgender Abbildung dargestellt.

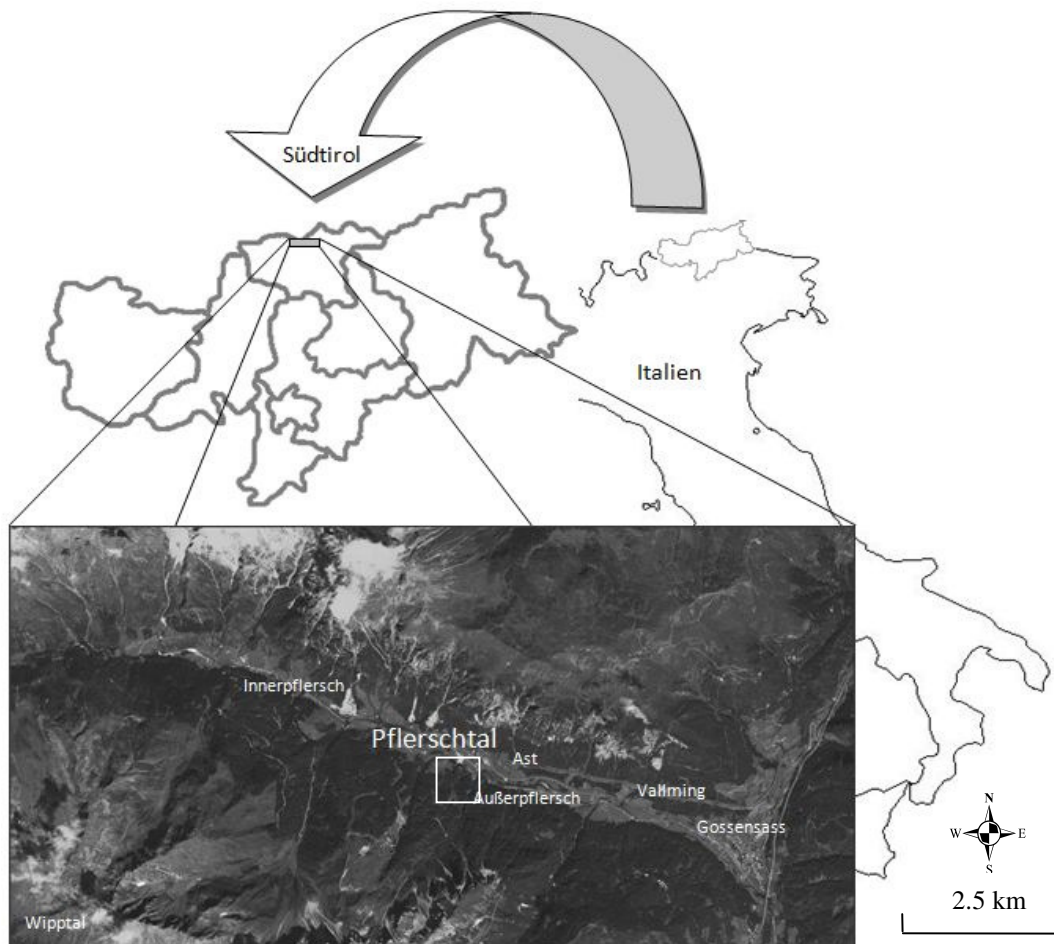


Abbildung 4.1: Lage des Pflerschtals im südtiroler Wipptal, Italien; Quadrat zeigt das untersuchte Hangrutschungsgebiet (eigene Abbildung).

Östlich wird das rund 75 km² große Pflerschtal durch die Talmündung in Gossensass, das in einem bogenförmigen Becken im Eisacktal liegt, begrenzt. Der Alpenhauptkamm stellt mit den Stubai Alpen nördlich und mit den Gebirgsstöcken, wie den Pflerscher Tribulaun, Wahrzeichen des Tals, gleichzeitig die Staatsgrenze zwischen Österreich und Italien dar. Westlich grenzt die Schneespitze (3.178 m) das Pflersch vom Ridnaun, dem südlichen Nachbartal, ab, dem zu Fuß die Magdeburger Scharte liegt. Der Grad führt weiter über den Telfer Weißen und über den südlichen Grad zum Rosskopf im Osten, der in Gossensass ausläuft.

Die in der Diplomarbeit beschriebene gravitative Massenbewegung liegt auf der orographisch rechten Seite des Pflerschtals in der Ortschaft Reisenschuh oberhalb des Ortsteils Halde in der Nähe der Talstation Ladurns und ist in der folgenden Karte nochmals genauer eingezeichnet. Die genaue Abgrenzung des Untersuchungsgebietes erfolgte durch die Feldbegehung. Die Höhe reicht vom Wasserreservoir bis ca. 50 m oberhalb der oberen Bruchkante der gravitativen Massenbewegung 2002. Für den Überblick des

Gesamtgebietes wird das Wassereinzugsgebiet des Hanges „Holzstube“ vom Schleyer- bis zum Röckgraben abgegrenzt.

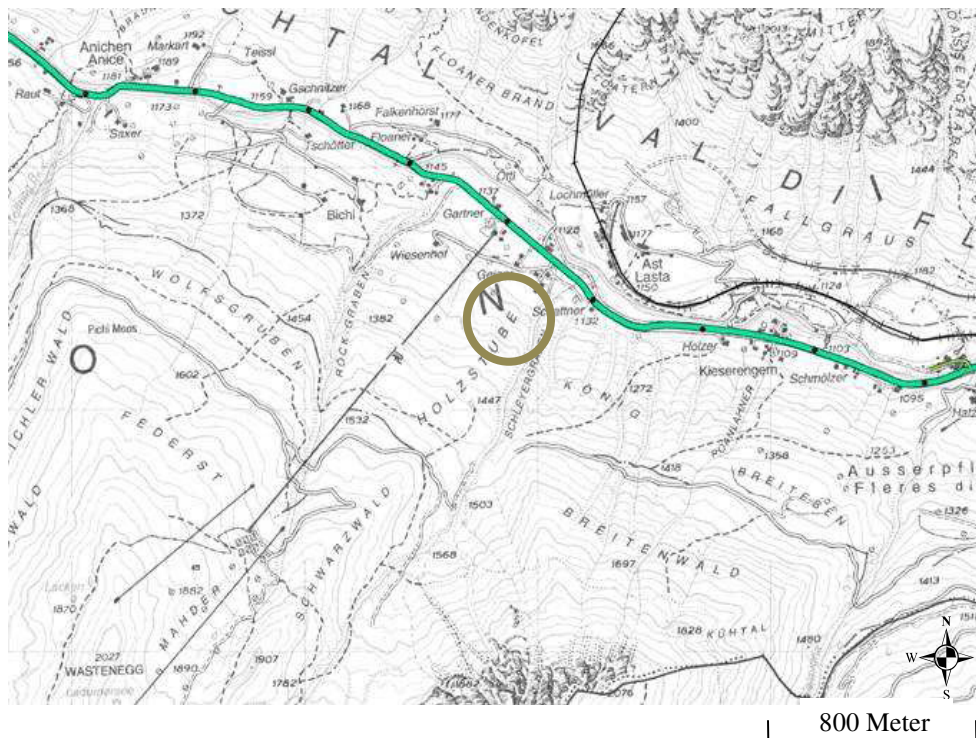


Abbildung 4.2: Kartenausschnitt des Gebietes Reischenschuh mit dem Hangrutschungsgebiet (Geologisches Amt Südtirol 2005).

4.1.2 Geologie

Für das Landschaftsbild, das im Kapitel Geomorphologie noch näher beschrieben wird, ist vor allem die geologische Entwicklung verantwortlich. Die geologischen Eigenschaften unterliegen unterschiedlichen Prozessen und Zeitperioden. Zum einen kam es zur Bildung des Gesteins an Land, Meer und im Erdinneren. Durch Erdkrustenbewegungen, Hitze und Druck kam es zu mechanischen Verformungen und Metamorphosen und schließlich durch erosive Prozesse zur landschaftlichen Formgebung (Keim 2005). Der Raum Brenner-Gossensass-Pfiersch wird geologisch durch die Brenner Furche in das östliche Tauernfenster und das westliche Ötztal-Stubai-Kristallin geteilt. Die Brenner-Abschiebungszone, eine der bedeutendsten Störungszonen der Alpen, wurde durch die Hebung des Tauernfensters verursacht. Durch die Anhebung und Auskühlung kam es zu einer spröden und bruchhaften Verformung des Gesteins. Der Dolomitmarmor ist stark zu eckigem Schutt erodiert. Auch bei dem Bau des Eisenbahntunnels von Brennerbad nach Ast kam es dadurch zu Schwierigkeiten, da Wasser durch die Gesteinszerreibung einfließen konnte (Keim 2005).

Tektonisch gesehen treffen hier auf engen Raum die Europäische Platte, die Ozeanische (beide zusammen bilden das Penninische Tauernfenster) und die Adria Platte (Ostalpin) aufeinander. Die drei erwähnten Platten der Erdkruste, die ursprünglich auseinander gelegen waren, wurden bei der Gebirgsbildung „übereinander geschoben, verschweißt und verfaltet“ (Keim 2005, S.7).

Häufige Erdbeben im Wipptal in den Jahren 1873 bis 1909, Thermalquellen am Brennerbad und die Furche des Brennertals deuten auf die Trennfläche zwischen Tauernfenster und Ötztal-Stubai-Kristallin hin (Ennemoser 1984). Diese tektonischen Prozesse in Südtirol führten zur Metamorphose des Gesteins. Abgesehen von den jüngeren Auflagerungen bildet das Tauernkristallin den Talboden und den Unterbau der Westseite des Pflerschs.

Abbildung 4.3 aus dem Heimatbuch Gossensass und Pflersch zeigt die geologisch-tektonische Übersichtskarte von Tirol. Die Störungszone oder Brenner-Abschiebungszone ist mittels der roten Linie dargestellt. Die Brenner-Furche ist somit die Grenze zwischen dem Ostalpin der Stubai-Ötztaler-Kristallin und dem Pennin.

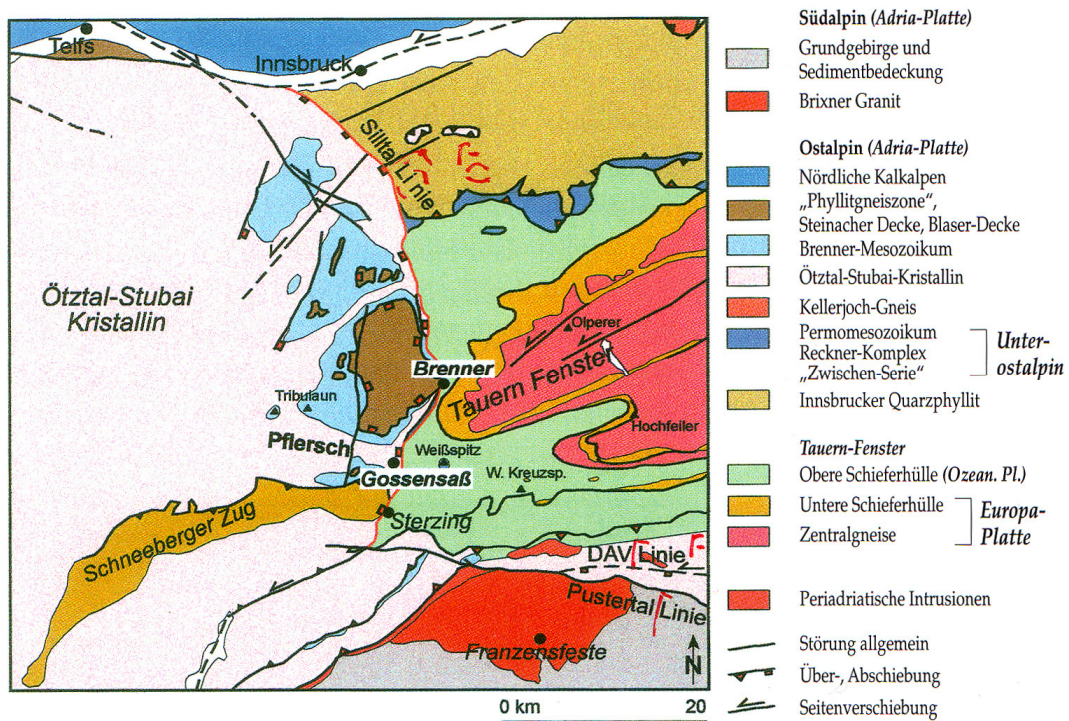


Abbildung 4.3: Geologisch-tektonische Übersichtskarte (nach Lammerer 1997 und Reiter et al. 2001 aus Keim 2005).

Das Pflerscher Gebiet wird dominiert durch Kalk- und Dolomitgesteine, Kalkglimmerschiefer, Quarzite, Gneise und Schiefer. Für den geologischen Aufbau ist der am Tribulaun sichtbare Pflerscher Kalkkeil kennzeichnend (Keim 2005). An dieser Stelle soll auch kurz erwähnt werden, dass das Dolomit-Gestein im Pflerschtal durch Deodat de Dolomieu im 18. Jahrhundert entdeckt wurde. Man erkannte damals, dass sie fast kein Wasser enthielten wie die übrigen Kalksteine, sondern vielmehr auf einer Kalzium-Magnesium-Carbonat Verbindung basieren (Ennemoser 1984).

4.1.2.1 Das Pennin

Unter dem Penninischen Tauernfenster östlich der Brennerfurche versteht man das unter das Ötztal-Stubai-Kristallin abgetauchte Penninische Schiefergestein, das in Zentralgneise, untere und obere Schieferhülle abgegrenzt werden kann. Durch Erosion wurden die Gesteinseinheiten wieder freigelegt.

Die untere Schieferhülle (Gesteine der europäischen Platte), bestehend aus Greiner oder Pfitscher Schiefer, findet man zwischen Brennerwolf und Brennerbad, welche zumeist durch hochkristalline, mineralreiche, kalkarme Glimmerschiefer und Hornblendengarbenschiefer charakterisiert ist. Ebenfalls findet man in diesem Gebiet Quarzit- und Serizitquarzitschiefer, Grauwackengneise, Konglomeratgneise und Marmore. Dolomite treten ebenfalls in diesem Gebiet in Erscheinung. In der oberen Schieferhülle (Gesteine der Ozeanischen Platte) findet man die sogenannten „Bündner Schiefer“, dessen Erstehungsort am Ozeanbecken angenommen wird, bestehend aus Kalkglimmerschiefer, Phylliten, metamorphen Basalt und Serpentiniten. Die Wechsellagerungen von tonig-mergeligen Sedimentablagerungen sind trotz Metamorphose erkennbar (Keim 2005).

4.1.2.2 Ostalpin

Das Ostalpin gliedert sich in die „Zwischen-Serie“, Ötztal-Stubai-Kristallin, Schneeberger Zug und Steinacher Decke.

a) „Zwischen-Serie“

Die Gesteine der oberen Schieferhülle und dem Ötztal-Stubai-Kristallin, die zum Unterostalpin gezählt werden, liegen zwischen Giggelberg und der Wechselalm. Kalke, Dolomite und Glimmerquarzite sind hier typische Gesteine (Keim 2005).

b) Ötztal-Stubai-Kristallin

Das Pflerscher Altkristallin, wie das Ötztal-Stubai-Kristallin auch bezeichnet wird, bildet zusammen mit dem Brenner-Mesozoikum den Hauptteil der Pflerscher Berge. Die Grenze befindet sich zwischen der Weißwand und Ast. Das Pflerscher Altkristallin wurde mehrmals durch hohen Druck und hoher Temperatur verändert. Die Hauptmetamorphose liegt 360-320 Millionen Jahre zurück. Schiefer, Paragneise, Orthogneise und Amphibolite zählen zu den wichtigsten Gesteinen (Keim 2005).

c) Brenner-Mesozoikum

Das Brenner-Mesozoikum, das vor rund 200 Millionen Jahren abgelagert und von der Steinacher Decke überlagert wurde, liegt an der nördlichen Seite des Pflerschtals über dem Stubai Kristallin und wird auch als Pflerscher Kalkteil bezeichnet. Wahrzeichen ist der Pflerscher Tribulaun, der aus Kalk und Dolomiten besteht. Dominierend sind hier der Wetterstein-Dolomit und der Hauptdolomit. Auch die Kalkauflage der Weißspitze wird dem Brenner-Mesozoikum zugeteilt (Staindl 1984).

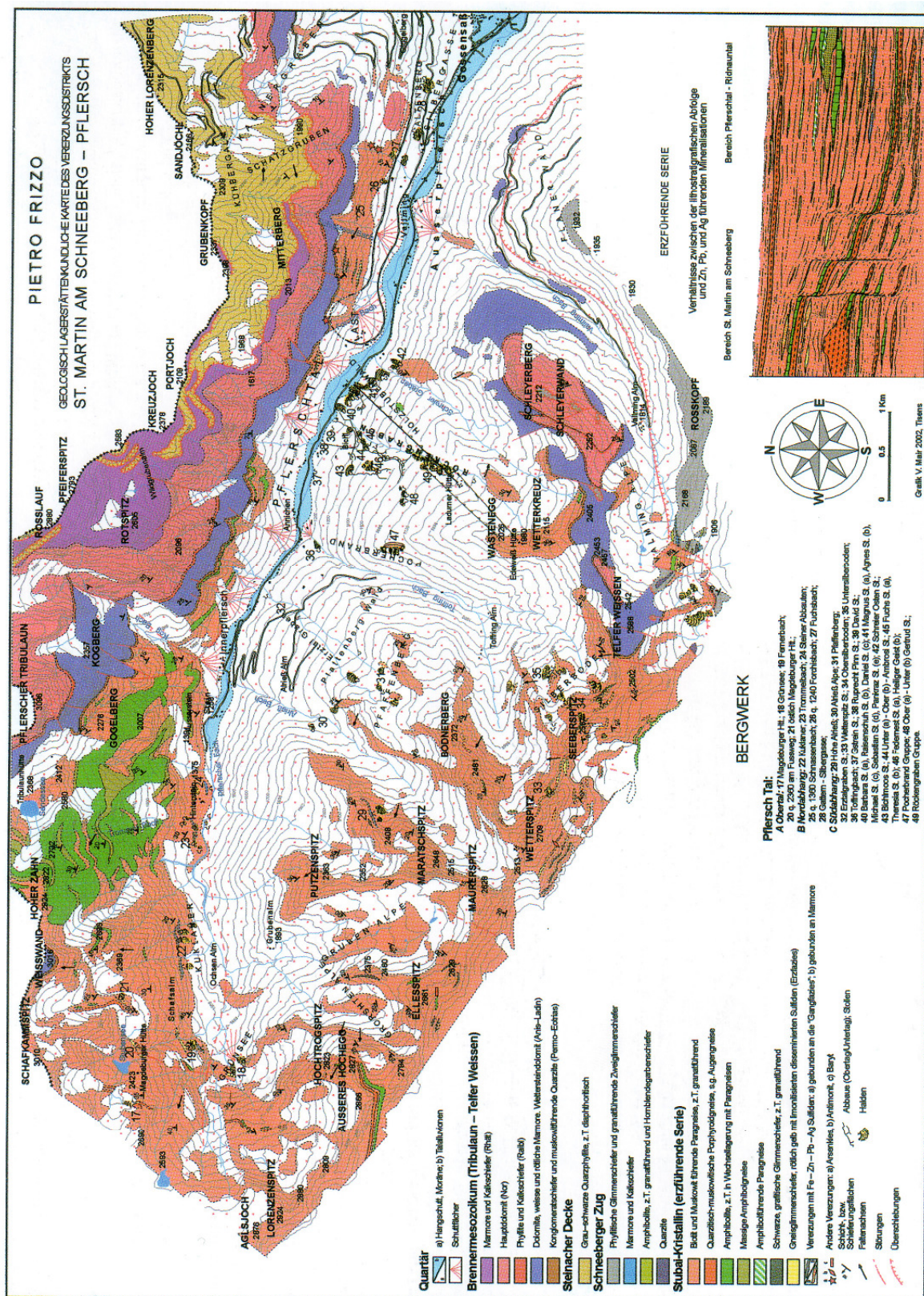
d) Steinacher Decke

Zusammen mit dem metamorphen Kalkkomplex kommt es im Kontaktbereich zu Verformungen, die eine Faltenstruktur aufweist. Die Hauptgesteine sind Schiefer und Quarzite (Keim 2005).

e) Schneeberger Zug

Der Schneeberger Zug zieht sich bis in das Gebiet Rosskopf und grenzt an die Triasgesteine der Schleyerwand und Telfer Weißen. Man findet hier Grantglimmerschiefer, Karbonatglimmerschiefer und Amphibolit (Keim 2005 nach Langenheinrich 1965).

Folgende Abbildung der geologischen, lagerstättenkundlichen Karte des Vererzungsdistrikts St. Martin am Schneeberg im Pflersch soll an dieser Stelle einen Überblick über die Geologie und die Menge der Bergabbaugebieten geben.



4.1.3 Klima

Klimatisch sind am Alpenhauptkamm auf kurzen Entfernungen starke Unterschiede festzustellen (Fliri 1975). Das Gebiet ist generell durch ein alpines Klima mit häufigen Wetterstürzen und Kälteeinbrüchen gekennzeichnet, weist jedoch aufgrund der Lage südlich des Alpenhauptkammes ein vergleichsweise mildes Klima im Sommer auf (Ennemoser 1984).

Während Gossensass den Nord- und Südwinden durch die Nord-Südtallage ausgesetzt ist, liegt das Pflerschtal durch die von Osten nach Westen gerichtete Lage und dem mächtigen Gebirgsstock im Norden etwas geschützter vor den Nordwinden (Hauch und Kuntzke 1994) und genießt, trotz der Hochlage, ein relativ mildes Klima, was daran liegt, dass einerseits durch die hohe Bergwand die kälteren Strömungen aus dem Norden abgehalten werden und gleichzeitig aus den weit niedrigeren südlichen Gebirgszügen wärmere Luftmassen einfließen können. Zusätzlich wirkt auch der Kalkstein im Nordgebirge als Wärmesponder (Ennemoser 1984). Somit ist das Gebiet trotz der hohen Lage klimatisch begünstigt. Die folgende Abbildung zeigt den gemittelten Jahresverlauf der maximalen und minimalen Temperaturwerte, sowie die Durchschnittstemperatur für das Pflerschtal. Die Graphik wurde aus den Messaufzeichnungen für den Zeitraum 1976-2006 erstellt. Die mittlere Jahrestemperatur für diese Periode liegt bei 5,8°C.

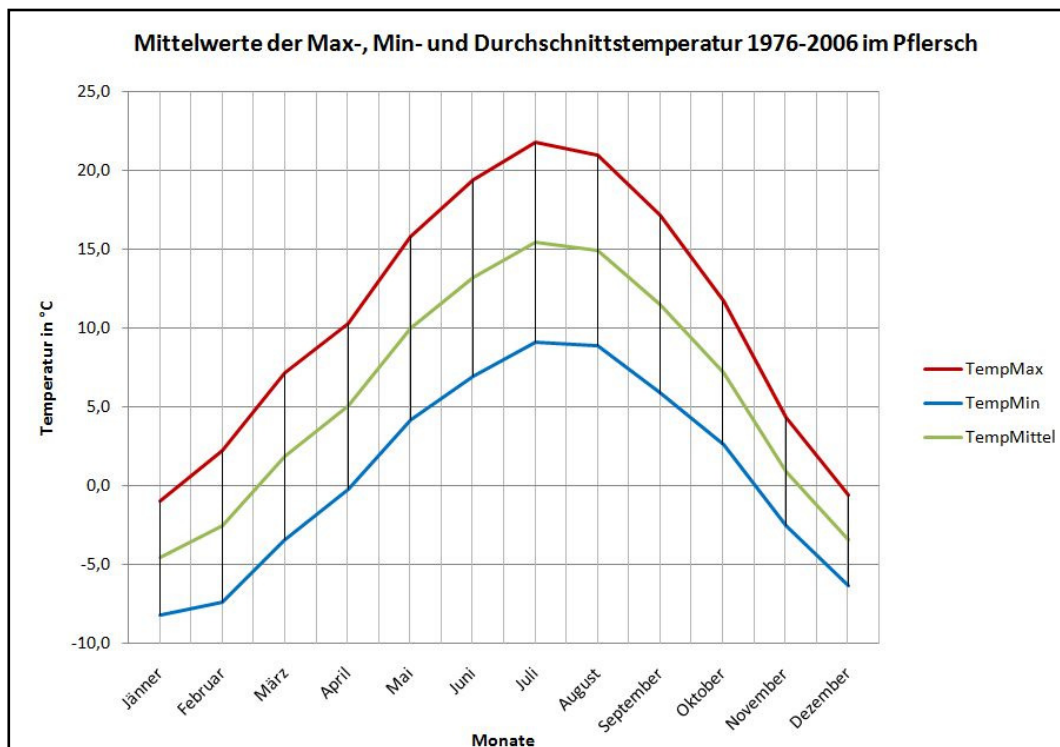


Abbildung 4.5: Monatlich gemittelte Max-, Min- und Durchschnittstemperatur von 1976-2006 für das Pflerschtal (eigene Abbildung).

Ein wichtiger Einfluss auf die Hangstabilität ist der Niederschlag. In Abbildung 4.6 ist eine Karte mit der Flächenniederschlagsverteilung dargestellt, die für den neuen Gewässernutzungsplan für Südtirol aus den qualitativen Stationsmessdaten bearbeitet worden ist. Wenn man über die Wasserhaushaltsberechnung auf die Niederschläge rückschließt, liegt der klimatologische mittlere Jahresflächenniederschlag für Südtirol um die 1000 mm (persönliche Auskunft von Roberto Dinale 2007, Hydrographisches Amt Südtirol). Abbildung 4.6 gibt zunächst einen allgemeinen Überblick über die Niederschlagsverteilung in Südtirol, in der man bereits den höheren Niederschlag im nördlichen Südtirol erkennt.

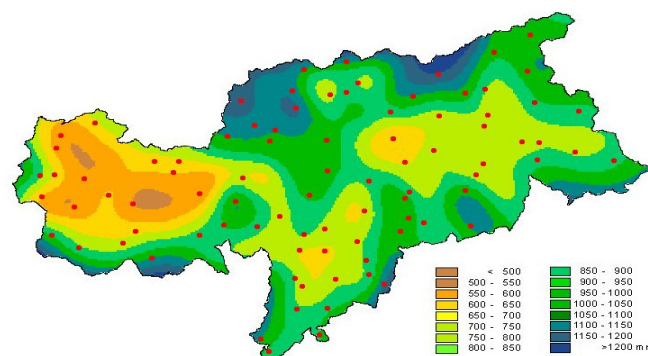


Abbildung 4.6: Durchschnittliche Flächenniederschlagsverteilung Südtirols für den Zeitraum von 1961 bis 2003. Die einzelnen Klimamessstationen sind durch rote Punkte in der Karte gekennzeichnet (Hydrographisches Amt Provinz Südtirol 2004).

Abbildung 4.7 zeigt den Verlauf der jährlichen Niederschlagsmenge für den Zeitraum 1976-2006 für das Pflersch. Generell ist in den letzten 30 Jahren ein leichter Anstieg der Niederschlagsmenge erkennbar. Jedoch ist der Jahresniederschlag deutlichen Schwankungen unterworfen. Laut Fliri (1975) liegt die Tagesmittelniederschlagsmenge im Pflersch bei 10 mm.

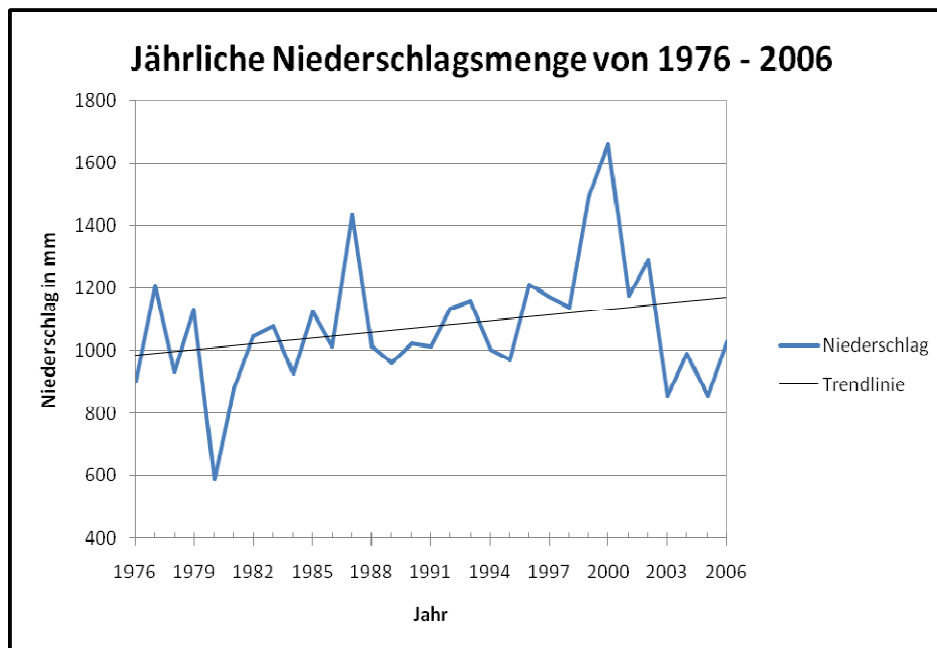


Abbildung 4.7: Jährliche Niederschlagsmenge in mm von 1976 - 2006 an der Messstation Pflersch (eigene Abbildung).

4.1.4 Hydrologie

Wasser beeinflusst in den unterschiedlichen Erscheinungsformen nicht nur die Geomorphologie, sondern ist ein wichtiger Parameter für die Hangstabilität bei gravitativen Massenbewegungen. Neben dem im Kapitel Klima bereits beschriebenen Niederschlag nimmt auch der Abfluss eine wichtige Rolle ein. Das ca. 75 km² große Wassereinzugsgebiet des Pflerschtals wird durch den Pflerscher Bach in den Eisack, den zweitgrößten Fluss Südtirols, entwässert. Die Südhänge weisen deutlich mehr Zuflüsse in den Pflerscher Bach auf, während auf der orographisch rechten Seite die Bäche einen deutlich längeren Weg zurücklegen müssen. Zusätzlich wird das Gletschergebiet im Westen mit dem Stubenferner, zunächst in kleinere Seen und weiter über den Hochalm Bach in den Pflerscher Bach, entwässert. Die wichtigsten Zuflüsse sind der Vallmingbach, der Toffringbach, der Alrißbach, der Schleyergraben, der Rockgraben und der Hochalmbach. Viele der Bäche sind potentiell murganggefährdet. Daher erfolgten bzw. erfolgen Schutzmaßnahmen, wie die Verbauung und die Erstellung von Gefahrenzonenplänen. In folgender Abbildung ist das Wassereinzugsgebiet des Pflerschtals dargestellt.

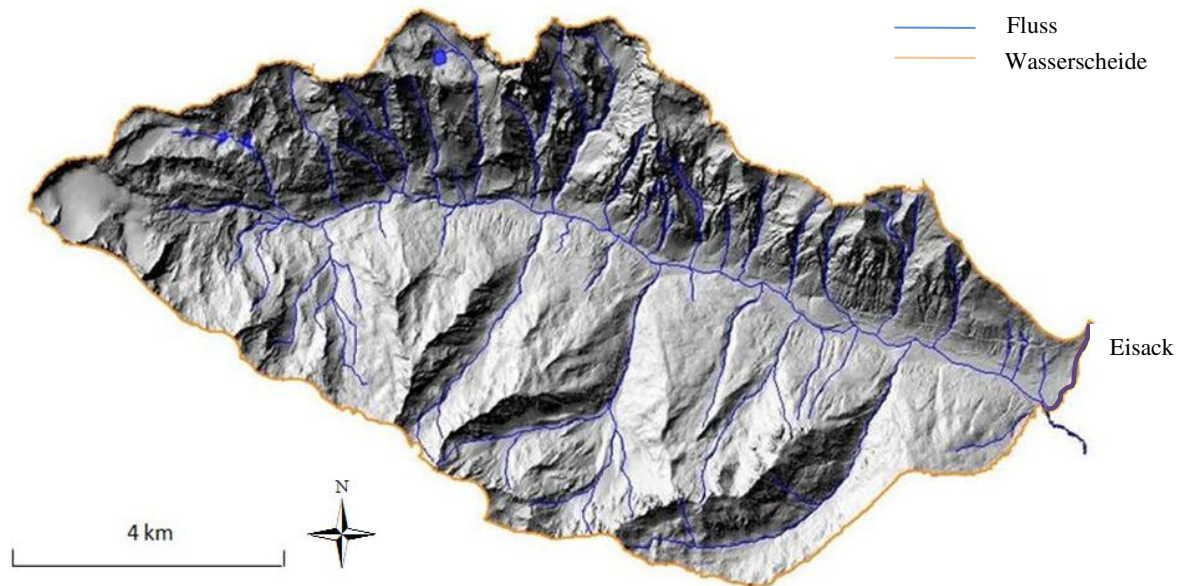


Abbildung 4.8: Wassereinzugsgebiet des Pflerschtals (aus der Online Kartographie Südtirols 2007; leicht verändert).

4.1.5 Geomorphologie

Die Geologie, das Klima und die Hydrologie sind für das heutige Erscheinungsbild des Pflerschtals verantwortlich. Gleichzeitig ist das Relief Regulator für bestimmte Teile des Landschaftshaushaltes und seiner Systemelemente (Leser 1977).

Die Talgestaltung wurde durch den Pflerscher Bach geprägt, der ein Gebiet von 75 km² zwischen 3.250 m und 1.080 m entwässert. Seit Beginn der Alpenhebung ist das Gebiet starker Erosion ausgesetzt. Das heutige Landschaftsbild wurde neben dem Pflerscher Bach hauptsächlich durch eis- und zwischeneiszeitlichen Prozesse geprägt, welche das lange in sich geschlossene Bergtal formten. Der Feuersteinferner und der Stubenferner sind die letzten beiden noch erhaltenen Gletscher im Pflersch, der in der Würmkaltzeit das Tal bis etwa 2.600 m mit Gletschereis füllte. Der Untergrund wurde durch die Schurftätigkeit des Gletschers geformt, abgeschliffen oder erodiert (Keim 2005). Täler, die bereits vorgeformt waren, wurden durch das fließende Eis ausgeräumt.

Nach der Gletscherschmelze wurde durch die Flüsse das Moränenmaterial abtransportiert. Erosive Tätigkeiten in das Gelände und Einschnitte in den Untergrund waren die Folge. Sande und Kiese wurden im Haupttal abgelagert. Die Folge war die Entstehung des U-

oder Trogtals (Klebensberg 1956). In den folgenden Ausschnitten aus Google Earth sind das gesamte Pflerschtal und der untersuchte Hang in Reischenschuh dargestellt. Abbildung 4.9 zeigt das Pflerschtal vom Taleingang in Gossensass bis zum Talende mit der Magdeburger Scharte.



Abbildung 4.9: links der Blick in das Pflerschtal / rechts das Hangrutschungsgebiet Reischenschuh/Ladurns (Google Earth 2007).

Das Pflerschtal weist aufgrund des unterschiedlichen Gesteinsaufbaus asymmetrische Talflanken auf. Glimmerschiefer, Paragneise und Amphiboliten dominieren die orographisch rechte Seite des Pflerschtals (Pflerscher Altkristallin), während die linke Talseite von Kalk- und Dolomitwänden des Brenner-Mesozoikums und der Steinacher Decke aufgebaut ist (Keim 2005). Das Pflerschtal kann somit als Trogtal mit asymmetrischen Talflanken aufgrund der unterschiedlichen Gesteinsbeschaffenheit und derer Erosionseigenschaften bezeichnet werden. Die orographisch linke Seite des Trogtals ist durch die steilen und schroffen Wände der Nordseite des Pflerschtals gekennzeichnet und wird vom Triasdolomit dominiert. Auf der flacheren Südseite sind Glimmerschiefer und Paragneise zu finden. Sie bilden typische Hängetäler, die nicht so stark von dem Gletscher beeinflusst wurden wie das Haupttal und daher weniger eingeschnitten und ausgeräumt wurden (Keim 2005).

Gossensass stellt den östlichen Taleingang in das Pflerschtal dar und liegt in der Brenner-Senke, die durch das Aneinanderstoßen des Pennins der Zillertaler Alpen mit dem Ostalpin der Stubai Alpen tektonisch bedingt ist (Keim 2005). In Gossensass erweitert sich der Einschnitt vom Brenner her nach Tiefe, Breite, Gefälle und Wassermenge als untergeordnet gegenüber dem von Westen, aus den Stubai Alpen, kommenden

Pflerschtal, dessen vergletschter Hintergrund (Feuersteinferner) der Landschaft Gossensass einen hochalpinen Abschluss gibt (Klebensberg 1948).

Durch Vorstoßen und Zurückweichen der Gletscher wurde die Talform mehrmals verändert. Relikte dieser Zeit sind Stirn- und Seitenmoränen, die sich vor allem auf der Südseite bis in die Seitentäler hinein erkennen lassen. Moore und Quellen, sowie der Rocholl- oder Stubensee entstanden durch die Moränen, da vor allem die Grundmoräne wasserundurchlässig ist (Staindl 1984). Im gesamten Pflerschtal sind noch typische Ablagerungen des strömenden Gletschereises zu finden. Moränen findet man in den verschiedensten Höhenstufen, wie die Ufermoränenlandschaft bei Toffring oder die Moränenlandschaft aus Wällen und Mulden bei Vallming. Viele Moränen fielen der Erosion durch Fließgewässer wieder zum Opfer (Keim 2005).

Weiters wurde die Landschaftsform durch Murenabgänge, Bergstürze, Hangrutschungen und Talzuzschübe generiert. Da durch den Rückgang der Gletscher der Seitenhalt der Hänge verloren ging bzw. es durch die ansteigenden Temperaturen vermehrt zu Frostsprengung und zu Instabilitäten der Felsmassen kam, waren gravitative Massenbewegungen die Folge, welche das Landschaftsbild heute prägen. Diese Prozesse sind weiterhin landschaftsgestaltend und eine Gefahr für die Infrastruktur und die Bevölkerung. Ein häufiges Erscheinungsbild im Pflersch sind daher die typischen Kegelformen als Folge von Hangschuttablagerungen am Fuße von steilen Felswänden und Murschuttablagerungen durch fluvialen Transport an den flacheren Hängen. Die Häufigkeit der Mureignisse ist erkennbar an dem Wechsel von groben und feinen Lagen, die zu Schichtungen führen. Einige Siedlungen im Pflersch, wie die Ortschaft Ast, liegen auf flachen Murschuttkegeln. Einige Schuttkegel, wie der Kaim- und Pinegraben, wurden zum Schotterabbau genutzt (Ennemoser 1984).

Aufgrund der größeren Mächtigkeit des Pflerscher Gletschers gegenüber dem Eisackgletscher lag der Talboden des Pflerschtals am Ende der letzten Kaltzeit tiefer als das Passtal, womit das geringe Gefälle von 0,6 Prozent auf den 16 Kilometern des Tals erklärt werden kann (Keim 2005).

Südtirol ist stark vom Menschen geformt und geprägt worden und kann somit als Kulturlandschaft angesehen werden. Durch den Menschen wurden Sumpftäler und Bergwälder zugänglich (Hauch und Kuntzke 1994). Das Tal war ursprünglich ein

Sumpfbereich, weshalb zunächst die Almen besiedelt wurden. Trotz Eingriffe in die Natur gilt das Pflerschtal als eines der ursprünglichsten Täler Südtirols. Der in dieser Arbeit untersuchte Hangrutschungskörper liegt nordost exponiert zwischen Anichen und Ast.

4.1.6 Vegetation

Das Pflersch mit der bewaldeten Talandschaft weist eine hohe Artenvielfalt auf. Es soll in diesem Kapitel nur ein kurzer Überblick über die Flora gegeben werden. Aufgrund der geologischen Verhältnisse und des relativ milden Klimas haben sich auf den unterschiedlichen Gesteinsunterlagen verschiedene Bodentypen entwickelt, die wiederum Grundlage für die Pflanzen darstellen. Kalk- und Dolomitpflanzen, wie die Silberwurz, und Silikatpflanzen, wie die Alpenrose, findet man recht häufig in diesem Gebiet. Auch viele geschützte Pflanzenarten sind im Pflersch zu finden. Die montane Stufe wird von Fichten- und (vor allem an sauren Standorten wie im Innerpflersch) Lärchenwäldern dominiert. Zusätzlich sind Föhren (Mittelpflersch), Tannen, eine Vielzahl von Sträuchern und Kulturwiesen zu finden. Die subalpine Stufe weist einzelne Lärchenwälder, Latschen und Grünerlengebüsche auf. Auch Mähder (magere Heuwiesen), die teilweise bis in die alpine Zone reichen, sind hier zu finden. In der unteren alpinen Stufe sind nur vereinzelt Bäume und Sträucher vorhanden (Krummholz). Die Baumgrenze liegt zwischen 1900 und 2000 Höhenmeter. In der oberen alpinen Stufe sind noch einige Zwergsträucher zu finden, ansonsten wachsen hier noch verschiedene Gräser und Pflanzengesellschaften. Die unterste Grenze der nivalen Stufe von 3000 m wird im Pflersch angerissen. Hier lösen sich die alpinen Rasen auf und Schutt- und Felsspaltensiedler, Moose, Sporenpflanzen und Krustenflechten treten zu Tage (Kranebitter 2005).

An dieser Stelle soll auch die Flora kurz erwähnt werden, die sich auf Geröllhalden ansiedelt, da diese wieder Aufschluss auf alte Bergbauhalden oder alte Ablagerungen von gravitativen Massenbewegungen geben kann. Diese Pflanzen brauchen eine besondere Anpassungsfähigkeit, um mit ihren Wurzeln an Nährstoffquellen zu gelangen. Schuttwanderer, die auch wenn sie von Geröll überdeckt werden, wieder an die Oberfläche gelangen, sind Schildpfler und der Bergbaldrian. Schuttüberkriecher liegen mit oberirdischen Trieben lose auf dem Schutt wie das Alpenleinkraut und die Alpengänsekresse. Weiters sind die Schuttstrecker und die Schuttstauer zu erwähnen, welche mit ihren langen Wurzeln im Boden verankert sind (Kranebitter 2005).

4.2 Anthropogene Einflüsse

Neben der Forstwirtschaft und Berglandwirtschaft ist die Bedeutung des Tourismus in den letzten Jahren stark gestiegen. Nach dem starken Eingriff durch den Menschen aufgrund von Bergbau und Rodung im 15. und 16. Jahrhundert, ist im 20. Jahrhundert vor allem durch das Anlegen des Skigebietes Ladurns in unmittelbarer Nähe der Hangrutschung in die Landschaft eingegriffen worden.

4.2.1 Bergbau

Die sicherlich bedeutendste Landnutzung im Pflerschtal - gleichzeitig starker Wirtschaftsfaktor - war jahrhundertlang der Bergbau, wie Abbildung 4.4 erkennen lässt. Das Pflersch wird heute noch von der bergbäuerlichen Kultur geprägt. Funde von eingemeißelten Zeichen wie das Haken- und Trudenkreuz, sowie dem Sonnenrad, das in einem Stein am Stolleneingang am Ende des Pflerschtals am Stollen zur „Hölle“ zu finden ist, deuten schon auf Bergbau in prähistorischer Zeit hin. Nach Kofler (2004) handelt es sich hierbei allerdings lediglich um Vermutungen. Almbödenflurnamen wie Furt, Allriß, Toffring oder Ladurns weisen auf Zeiten zurück, in der Hirten und Erzsucher mit ihren Herden in den Sommermonaten geweidet haben dürften (Ennemoser 2004). Einige Schätzungen zählen über 200 Gruben für das Pflersch. Zahllose Halden lagen zwischen Rockgraben und Schleyergraben im Gebiet der „Holzstube“, wo die untersuchte Hangrutschung liegt. Wie Herr Dr. Ennemoser in einem Gespräch 2007 erklärte, ist der Name der Ortschaft Reischenschuh, der 1491 erstmals niedergeschrieben wurde, durch die Ablagerung von großen gravitativen Massenbewegungen entstanden. Das Wort „Reisen“ deutet auf Aufreißen des Geländes und Bodens hin und das Wort „Schuh“ auf die Form der Ablagerung.

Durch neue Erzvorkommen kam es vom 15. bis 16. Jahrhundert zu einem Aufschwung des Bergbaus und unzählige Gruben, Stollen und Schächte wurden erschlossen und nach abbauwürdigen Erzen durchschürft (Kofler 2004).

Beweise für die Bedeutung des Bergbaus im Pflerschtal sind neben alten Halden und einigen alten Mundlöchern auch Stollen und Gräben am Ende des Pflerschtals. Auch im Gebiet nordwestlich der Telfer Weißen bis in den Westen zur Wetterspitze sind alte Stollen zu finden. Alte Relikte an Häusern, wie alte Wappen, und der damaligen Bereitstellung eines eigenen Stellvertreters des Bergrichters in Gossensass, deuten auf die Wichtigkeit des Bergbaus in diesem Gebiet hin. Auch eine eigene Bergordnung für den Ladurnsbach zeigt

die Bedeutung dieses Gebietes. Stollen und Stollenreste sind immer noch an einigen Stellen im Pflerschtal zu finden. Mit dem Rückgang des Gletschers wurden immer mehr neue Stollen freigelegt (Ennemoser 2004).

Der meiste Bergbau im Pflersch wurde auf der orographisch rechten Seite betrieben. Seit 1399 ist der Bergbau in Reischenschuh bei Ladurns historisch nachweisbar. Eines der größten Abbaugebiete war im Gebiet um den Röckbachgraben, dessen Mundlöcher und Stollen sich weit in die Almen von Ladurns zogen. Zu Beginn der Bergbautätigkeiten im Pflersch wurden Silbervorkommen abgebaut. Namen wie „Silberböden“ und „Halde“ deuten immer noch auf den Abbau in dem Gebiet hin. Nachdem jedoch in der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts in Schwaz in Tirol deutlich größere Silbervorkommen entdeckt wurden, verlagerte man die Silberproduktion nach Schwaz. Im Pflersch wurde nun hauptsächlich Blei abgebaut, welches nach Schwaz transportiert wurde, um dort das Silber aus dem kupferhaltigen Gestein herauszulösen (Kofler 2004).

Die Fördermenge lag im Jahr 1514 bei 145 Kübel Erz. Alte Stolleneingänge und Geröllhalden sind Relikte des früheren Bergbaus, bei dem Silber und Blei abgebaut wurden. Der hohe Bedarf an Blei führte auch zu einem starken Raubbau. Dies und die mit dem Bergbau immer höher werdenden Investitionskosten führten zum langsamen Niedergang des Bergbaus in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts (Kofler 2004). Die Informationen zu dem Bergbau im 15. und 16. Jahrhundert im Pflersch beziehen sich auf Aufzeichnungen aus dem Bergbuch aus dem Jahr 1540 und den Landesbüchern (Kammernkorpualbücher) für den Zeitraum 1418-1514, welche durch das Berggericht eingetragen wurden. Hier finden sich auch Informationen über die Besitzer, die Lage und den Zeitraum der Nutzung der Stollen. Der Bergbau hatte seine Blütezeit im 15. und 16. Jahrhundert, jedoch wurde vereinzelt bis in das 20. Jahrhundert Bergbau z.B. am Ambrosi-, Theresien und Fuchsstollen betrieben (Kofler 2004).

4.2.2 Landwirtschaft

Die Landwirtschaft ist der älteste Erwerbszweig des Pflerschtals und hat jahrhundertelange Tradition. Die meisten Höfe sind Familienbetriebe, wobei heute viele einem Nebenerwerb nachgehen müssen, da das landwirtschaftliche Einkommen zu gering ist. Bäuerliche Aktivitäten tragen zur Erhaltung der Kulturlandschaft bei und sind Voraussetzung für andere Wirtschaftsbereiche wie dem Sommertourismus. Viele der Almen befinden sich im Privatbesitz und werden zumeist als Weidefläche verwendet (Autonome Provinz Südtirol

2008). Obwohl mittlerweile die wirtschaftliche Haupteinnahmequelle durch den Fremdenverkehr gewährleistet wird, ist das Pflerschtal landwirtschaftlich geprägt. Wenn man das Tal durchfährt, sind immer noch viele Bauernhäuser zu sehen.

Das Pflerschtal wird landwirtschaftlich durch Wiesen, Almen und Weideflächen gekennzeichnet. Die zahlreichen Almen dienen als Futter für die Rinderherden. Nach dem Stand aus dem Jahr 1984 waren von insgesamt 11.430 ha 742 ha intensiv, 6.014 extensiv und 3.190 ha forstwirtschaftlich genutzt. 1.484 ha wurden demnach als unproduktives Land eingestuft (Ennemoser 1984).

Die Bauern halten hauptsächlich Rinder. Die Landwirtschaft hat heute ihren Schwerpunkt in der Milchproduktion. Daneben werden die Rinder auch als Zuchtvieh verwendet. Weiters halten die Pflerscher Bauern Geflügel und Schweine, die zumeist dem Eigenbedarf dienen. Vereinzelt werden auch Ziegen und Schafe in den im Pflerschtal insgesamt 87 angesiedelten Höfen (Stand 1984) gehalten (Ennemoser 1984).

Der Ackerbau ist in den vergangenen Jahren stark zurückgegangen. Auf einigen wenigen Feldern wird Roggen angebaut. Diverse Gemüsearten, Kartoffeln und Kräuter sind zumeist nur für den Eigenbedarf gedacht. In sonnigen Gebieten findet man Obstbäume, die aufgrund der Höhenlage und des rauen Klimas nur selten vorkommen.

Zuletzt sei an dieser Stelle der Wald erwähnt, der einen wichtigen Wirtschafts- und Erholungsraum für die Bevölkerung darstellt. Das Pflersch wird von Fichten und Lärchen dominiert. Wie bereits im Kapitel Vegetation erwähnt wurde, kommen weiters Föhren, Tannen, Birken, Eschen, Bergahorn, Vogelbeerbäume, Holunder u.a. vor.

Die Forstwirtschaft zeichnet sich durch eine gute Holzqualität aus. Der jährliche Einschlag beträgt in etwa 5.500 m³, wobei jährlich ca. 2 ha Wald neu aufgeforstet werden (Ennemoser 1984).

Landwirtschaft konnte und kann oft nur als Folge von Waldrodung betrieben werden. Durch die anthropogenen Eingriffe und den daraus resultierenden Landnutzungsänderungen können ebenfalls gravitative Massenbewegungen zu Tage treten.

4.2.3 Tourismus

Der Tourismus ist in den letzten Jahren eine wesentliche Lebensgrundlage der Pflerscher Bevölkerung geworden. Vor allem der Wintertourismus und Bergsport sind wohl gute Beispiele für den anthropogenen Eingriff in die Natur. Hohe Gästezahlen und Übernachtungen in den Alpen sind ein Indiz für den alpinen Freizeitboom. Das Pflerschtal weist hier noch einen relativ sanften Tourismus auf, jedoch steigt auch hier die Gästeanzahl. Weiters kommt es immer mehr zu Erschließungen von Gipfeln und abgelegenen Gebieten (Veit 2002). Das an das Untersuchungsgebiet angrenzende Skigebiet Ladurns ist zwar relativ klein, jedoch erhöhen sich auch hier die Besucherzahlen. Erst im Sommer 2007 wurde im Bereich der Talabfahrt eine neue Piste fertiggestellt. Zwei Vierersessellifte, 15 km Pistenstrecke und Beschneiungsanlagen stehen den Touristen zur Verfügung. Vor allem der untere Bereich des Skigebietes ist relativ nah an der gravitativen Massenbewegung.

4.3 Naturereignisse, Katastrophen und gravitative Massenbewegungen im Pflerschtal

Die im Südosten der Alpen gelegene autonome Provinz Südtirol weist eine glazial geprägte Geomorphologie mit großen Ablagerungsflächen und Lockermaterial auf. Das gesamte Gebiet liegt über 1.000 m und ist daher stärkeren geomorphodynamischen Prozessen ausgesetzt. Aufgrund der stärkeren Landnutzung durch den Tourismus und den Ausbau von Infrastruktur werden diese Prozesse weiter beeinflusst (ALPSLOPE 2003).

Neben einer Vielzahl von Waldbränden, Lawinen und Überschwemmungen findet man im Pflersch auch eine Vielzahl an gravitativen Massenbewegungen. Das Pflerschtal ist häufig von starken Gewittern und Niederschlägen betroffen. Diese heftigen Regenfälle hatten oft gravitative Massenbewegungen zur Folge. Hangrutschungen und Steinschläge verursachten Schäden an Wiesen und Häusern und sind weiters eine Gefahr für die Bevölkerung und Wanderer. Vor allem der Toffring-, Vallming- und Pflerscher Bach richteten große Schäden im Pflersch an. Auch Erdbeben und Stürme sind, jedoch selten, im Pflerschtal zu verzeichnen (Ennemoser 2004). Laut historischer Recherchen von Dr. Kofler (2003) kam es in Anichen im Außerpflersch um 1420 durch eine intensive Schneeschmelze zu zahlreichen Hangrutschungen, welche Erzadern freilegten. Dies deutet auf bereits damals äußerst aktive Prozesse hin.

Gravitative Massenbewegungen in Form von Hangrutschungen, Steinschlägen, Muren, sowie Schneelawinen sind im Pflersch bereits häufig aufgetreten. Speziell Murgänge findet

man in Südtirol relativ häufig. Besonders stark betroffen sind steile Einzugsgebiete mit hoher Schuttproduktion. Das Ausmaß der Murgänge ist sehr unterschiedlich. Der größte bekannte Murgang im 20. Jahrhundert ereignete sich 1921 bei Klausen mit einer Gerölllawine von ca. 500.000 m³. Das Flussbett des Eisacks verklebte und es kam zu Überschwemmungen. Von der Provinz Bozen werden Maßnahmen für die Eindämmung des Murgangrisikos getroffen und daher hohe technische und finanzielle Mittel aufgebracht. Ansaaten, Aufforstungen und Stützbauten zur Verminderung der Erosion, sowie Sperrenstaffelungen und Uferschutzmauern zur Stabilisierung des Bachbettes und der Ufer in der Transportstrecke wurden zur Verminderung der Tiefenerosion errichtet. Weiters dienen Filtersperren, Murbrecher, Dämme, Wälle und entsprechende Ablagerungsbecken als Schutz vor Murgängen.

Massenbewegungen, die sich in Südtirol ereignen, werden vom Amt für Geologie und Baustoffprüfung der Abteilung 11 – Hochbau und technischer Dienst im Zuge des IFFI Projektes (Inventario Fenomeni Franosi in Italia – Inventur der Massenbewegungen in Italien) und vom Amt für Wasserschutz, Wildbach- und Lawinenverbauung erfasst.

Die folgende Ereignisdokumentation für Südtirol wurde von der Autonomen Provinz Südtirol dargestellt und zeigt die Ereignisse für den Zeitraum von 1998 bis 2003. Deutlich kann die hohe Anzahl der Ereignissen der Jahre 2000 und 2002 für den Norden und Westen Südtirols erkannt werden. Südtirol wird für die Ereignisdokumentation in die Verwaltungsgebiete Nord (lila), Ost (grün), Süden (blau) und West (braun) aufgegliedert. Die Standorte der Ereignisse sind in Abbildung 4.10 durch rote Punkte hervorgehoben.

Tabelle 4.1: Ereignisdokumentation 1998 - 2004 für Südtirol (Wildbach- und Lawinenverbauung 2004)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Insges.
Norden	4	8	38	3	14	20	2	89
Osten			8		14	11	2	35
Süden		4	27	2	19	5	6	63

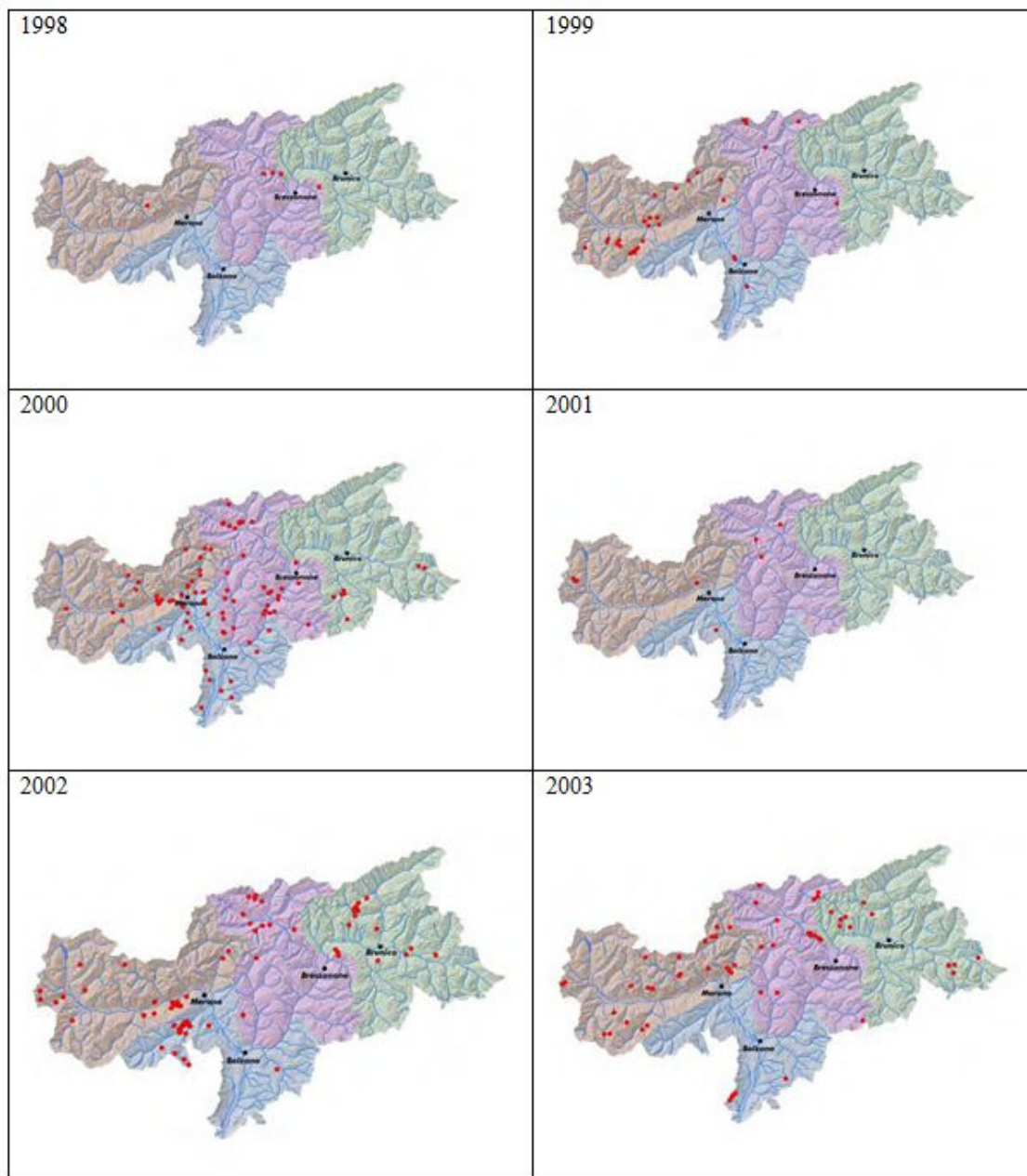


Abbildung 4.10: Ereignisdokumentation für Südtirol (Hydrographisches Amt 2004).

In den Aufzeichnungen ED30 des Einzugsgebietes Pflerscherbach (B.650) wurden weitere Murgänge im Pflerschtal dokumentiert. Ein historisches Großereignis wurde anhand anonymer Aufzeichnungen der Chronik der Hochwasser- und Wildbachverheerungen entnommen. Am 31.08.1877 war das gesamte Pflerschtal von Muren und austretenden Wildbächen betroffen. Drei Häuser, eine Kapelle, viele Grundstücke und Wege wurden dabei zerstört und verschlammt.

Als Maßnahme für den Schutz von Personen und Bauwerken wurden im Pflersch Gefahrenzonenkarten von der Gemeinde erstellt, welche zumeist von Geologen,

Geotechnikern und Förstern ausgearbeitet wurden und werden. Die Gefahrenzonenpläne beinhalten Karten der Phänomene, Karten mit Klassifizierungen, Gefahrenzonenkarten und einen Report, indem die eingesetzten Methoden, Modelle, Erklärungen, Definitionen, Softwares, historische Ereignisse, Fotos, Daten, Karten und Risiken beschrieben werden.

Unter <http://www.provinz.bz.it/wasserschutzbauten/wildbachverbauung/redirect.asp> findet man im Internet den Hazard Browser Südtirols, eine Plattform durch die man geographische Informationen zu hydrographischen Risiken visualisieren kann. Des Weiteren findet man Daten zu verschiedenen Naturereignissen, die in den Datenbanken der Landesämter erfasst sind, sowie Gefahrenhinweiskarten, Wasserschutzbauten, die geologische Karte etc. In Folge ist die Gefahrenhinweiskarte des Pflerschtals dargestellt. Sie zeigt ganz deutlich die Aktualität von Steinschlägen und Murgängen im Pflerschtal.

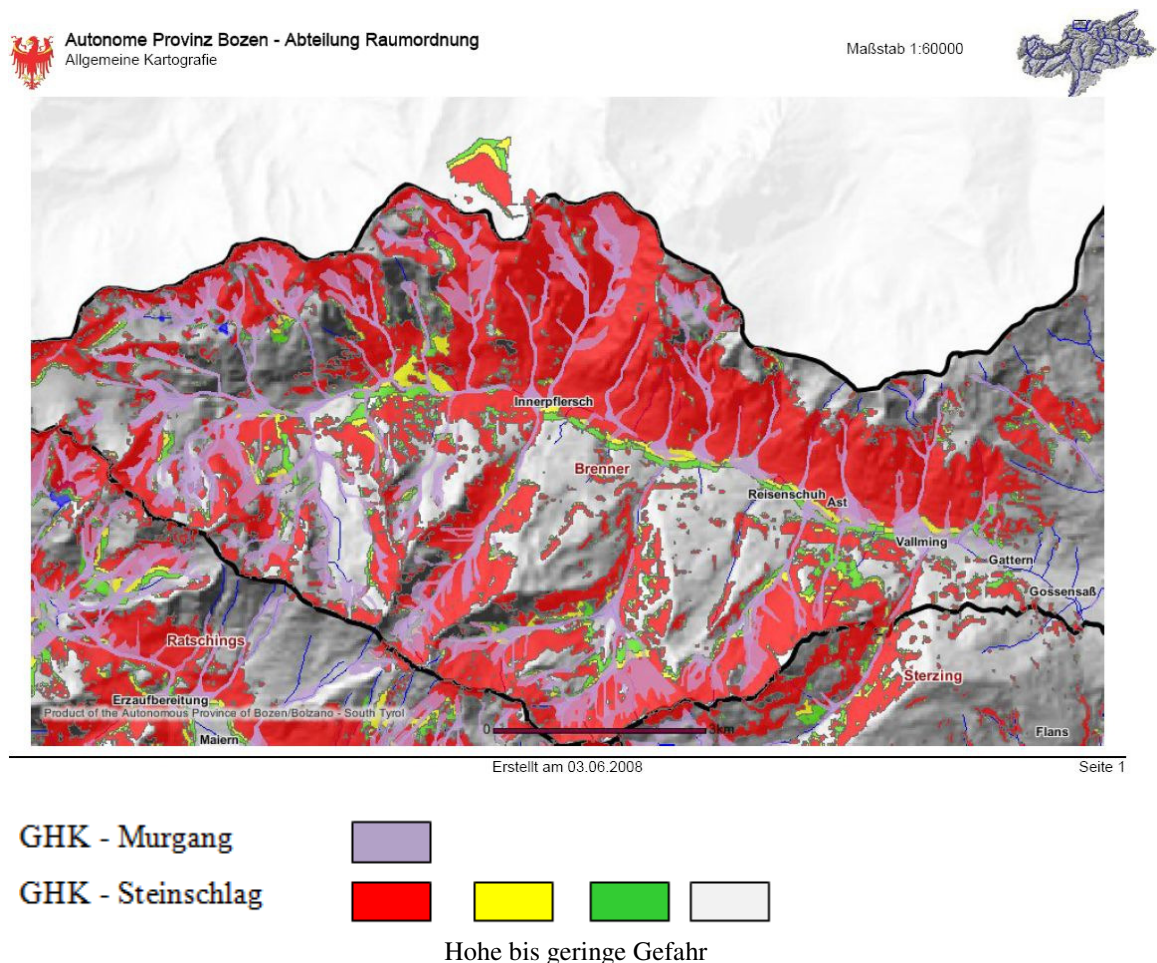


Abbildung 4.11: Gefahrenhinweiskarte Pflerschtal (Hazard Browser Südtirol 2008).

In der Abbildung 4.12 sind punkt- und linienförmige Phänomene, sowie erhobene Gefahren durch Murgänge kartiert. Man erkennt hier deutlich die dokumentierten Ereignisse nahe der Reischenschuh-Rutschung am Schleyergraben.

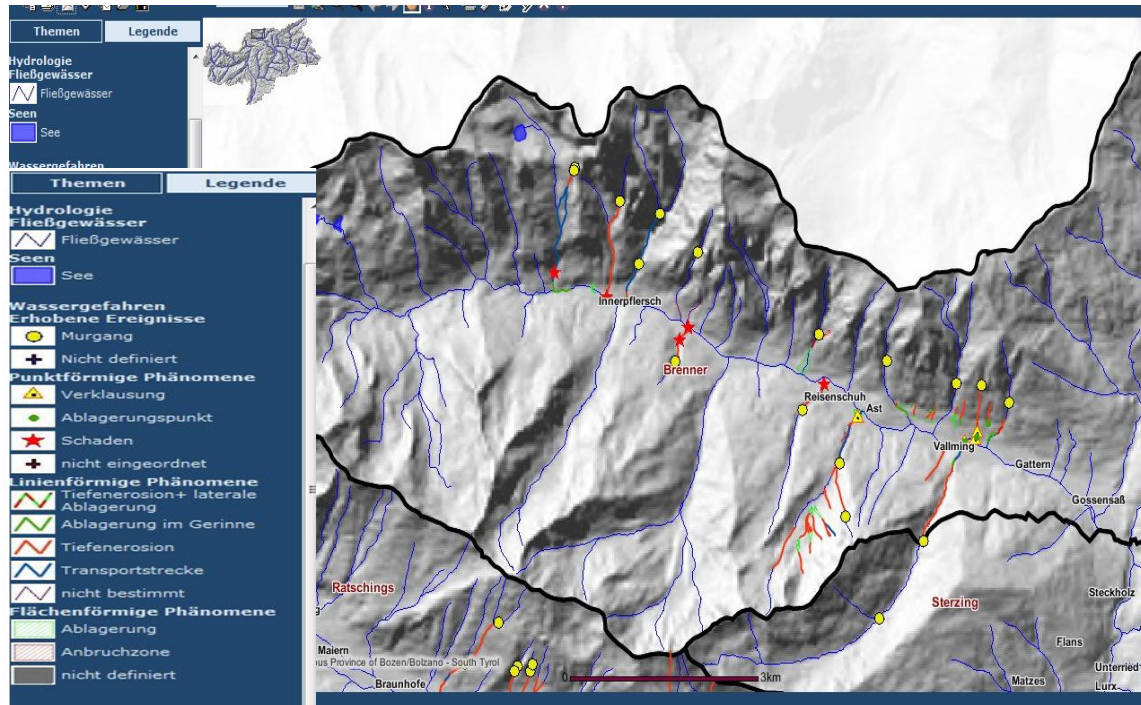


Abbildung 4.12: Kartierung punkt- und linienförmiger Phänomene im Pflersch (Hazard Browser 2008).

5. Daten

In diesem Kapitel wird ein Überblick über die verwendeten Daten gegeben. Die meisten der in der Arbeit verwendeten Daten wurden von unterschiedlichen Ämtern und Personen zur Verfügung gestellt. Die im Rahmen dieser Arbeit von Autor selbst erhobenen Daten beziehen sich auf die Korngrößenanalyse. In Folge werden die einzelnen Basisdaten kurz erläutert und am Ende des Kapitels nochmals zusammenfassend in einer Übersichtstabelle dargestellt.

5.1 Klimadaten

Für die Darstellung der Niederschlags- und Temperaturdiagramme wurden die Klimadaten des Hydrographischen Amts Südtirol verwendet. Die Niederschlags- und Temperaturdaten wurden an der Wetterstation „Pflersch/Ladurns“ mit der Stationsnummer 3140 am Pfeldererbach (Rechtswert: 678592 / Hochwert: 5203835) gewonnen.

Wie Günther Geier vom Hydrographischen Amt in Südtirol mitteilte, handelt es sich bei der Station Pflersch 3140 um eine MTX 1400 mit beheiztem Niederschlagskübel MTX mit einer 1000 cm² Auffangfläche. Weiterhin gibt es auch eine manuelle Messung mittels Minimum- und Maximumthermometer und eines Niederschlagskübels. Die Temperaturdaten beinhalten die täglichen Tiefst- und Höchstwerte in Grad Celsius für den Zeitraum vom 01.01.1956 bis 31.12.2006 für die Station Pflersch.

Der Niederschlag wurde in Tagessummenwerte für den Zeitraum 01.01.1924 bis 31.12.2006 in Millimeter gemessen.

5.2 Daten für das geographische Informationssystem

Das verwendete Orthofoto und das digitale Geländemodell wurden vom Geologischen Amt Südtirols zur Verfügung gestellt.

Die zu bearbeitenden Daten waren bereits georeferenziert. Da die GIS-Daten auch auf internationaler Ebene und aufgrund des verstärkten Arbeitens von GPS-Geräten verwendet wurden, stellte man 2005 in Südtirol vom Koordinatensystem Gauss Boaga auf das neue geodätische Bezugssystem WGS84 (Äquatorachse = 6378137 m, Polabflachung = $1/298.257223563$) um. Die erhaltenen Daten waren daher im geodätischen System, UTM

WGS84 – ETRS89 georeferenziert. Die Koordinaten wurden mit dem Faktor 0.9996 multipliziert, um die Verzerrung minimal zu halten (Raumordnung Südtirol 2006).

5.2.1 Orthofoto

Die digitalen Farbborthofotos im Maßstab 1:10.000 in Farbe sind mit einer Auflösung von 0,5 x 0,5 Metern verfügbar und wurden auf der Basis von Flugaufnahmen mit einer in der Satellitenbildtechnologie eingesetzten CCD-Kamera erstellt und standen bereits georeferenziert als jpeg-Datei zur Verfügung (Raumordnung Südtirol 2006).

5.2.2 Digitales Geländemodell

Weiters wurde für die Kartierung ein digitales Höhenmodell verwendet. Das digitale Geländemodell ist in einer Auflösung von 2,5 x 2,5 Metern nicht nur für die Geländedarstellung mittels Schummerung für die Höhenlinien, Hangneigung und Exposition wichtig, es dient zusätzlich für die Entzerrung der Luftbilder und ermöglicht dreidimensionale Darstellungen des Geländes. Seit 2004 werden durch Laserscanner genauere Höhendaten durch 3D Punktwolken für das DGM erzeugt (Raumordnung Südtirol 2006). Die Qualität des DGM liegt im kartierten Bereiche der Grundkarte bei 1 zu 5.000 zu 25 cm Höhengenaugkeit.

5.3 Korngrößenverteilung

Die Daten für die Korngrößenverteilung wurden gemäß ÖNORM mittels Nasssiebung und Pipettierung gewonnen, berechnet und im Ergebnissteil graphisch dargestellt und beschrieben (siehe Methodik Kapitel 3.4.2)

Die folgende Tabelle soll einen Überblick über die verwendeten Daten geben.

Tabelle 5.1: Überblickstabelle der verwendeten Daten

Daten		Information	Messgerät	Format	Quelle
Zeitreihen	Klimadaten	Station	Messstation 3140 im Innerpferssch Rechtswert: 678592 Hochwert: 5203835		Hydrographisches Amt Südtirol
			Niederschlag		
			Zeitraum: 01.01.1924-31.12.2006 Tagessummenwerte in mm	ASCII	Hydrographisches Amt Südtirol
Räumliche Daten	Orthofotos	Temperatur	Zeitraum: 01.01.1956-31.12.2006 Tageswert Maximum °C Tageswert Minimum °C	ASCII	Hydrographisches Amt Südtirol
			Rutschungsgebiet / farbe Cellsize: 0,5 x 0,5 / Pixel Depth: 8 Bit	JFIF (JPEG)	Geologisches Amt Südtirol
			2,5m x 2,5m	adf	Geologisches Amt Südtirol
Korngrößen	DGM		Laserscanner		
			Feinboden und Grobboden nach ÖNORM		Eigene Erhebung

6. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Arbeit dargestellt. Im Abschnitt Ereignisdokumentation werden die bekannten Informationen zusammengetragen und die einzelnen Ereignisse sowie die getroffenen Maßnahmen beschrieben. In Folge werden die Ergebnisse der geomorphologischen Kartierung vom Herbst 2007 dargestellt. Des Weiteren sollen die Ergebnisse der natürlichen und anthropogenen Einflüsse dargelegt werden.

6.1 Ereignisdokumentation

6.1.1 Dokumentation der Ereignisse der gravitativen Massenbewegung in Reischenschuh

Die Siedlung Halde in der Nähe der Talstation Ladurns ist von einer komplexen Hangrutschung bedroht. Eine Kriechbewegung von 5 cm pro 8 Monaten in 15 Meter Tiefe wurde vom geologischen Amt Südtirols gemessen. Zusätzlich gingen oberflächlich einige Murstöße aus der Hangrutschung hervor (Geologisches Amt 2002). Die gravitative Massenbewegung wird vom Schleyergraben im Osten abgegrenzt, der durch Murereignisse ebenfalls eine Gefahr für den Ortsteil Halde darstellt. Die Hangbewegungen wurden durch eine starke Bodendurchfeuchtung nach langen bzw. intensiven Niederschlägen verursacht. Durch die Kriechbewegung und somit langsame Form der Fortbewegung konnten die Anrainer rechtzeitig gewarnt und evakuiert werden, jedoch richteten Murstöße, welche aus der tiefgründigen komplexen Hangrutschung hervortraten einen ökonomischen Schaden an den Häusern, am Wasserreservoir und an der Bundesstraße an.

Das Ergebnis der Inklinometermessung zeigt eine starke oberflächliche Bewegung, sowie eine starke Deformation in einer Tiefe von 12 bis 14 Meter, wo es zu einer seitlich, hangabwärts gerichteten Bewegung gekommen ist. Die Daten der Inklinometermessung des geologischen Amtes Südtirols wurden mittels eines Inklinometers zwischen dem oberen und mittleren Hangrutschungsbereich seit 28.11.2006 gewonnen, jedoch werden seit August 2007 keine weiteren Daten mehr geliefert. Für die Messung des Grundwassers an der Hangrutschung Reischenschuh wurde ein Piezometer installiert, welches jedoch seit der Installation zu keinem Zeitpunkt Wasser anzeigte.

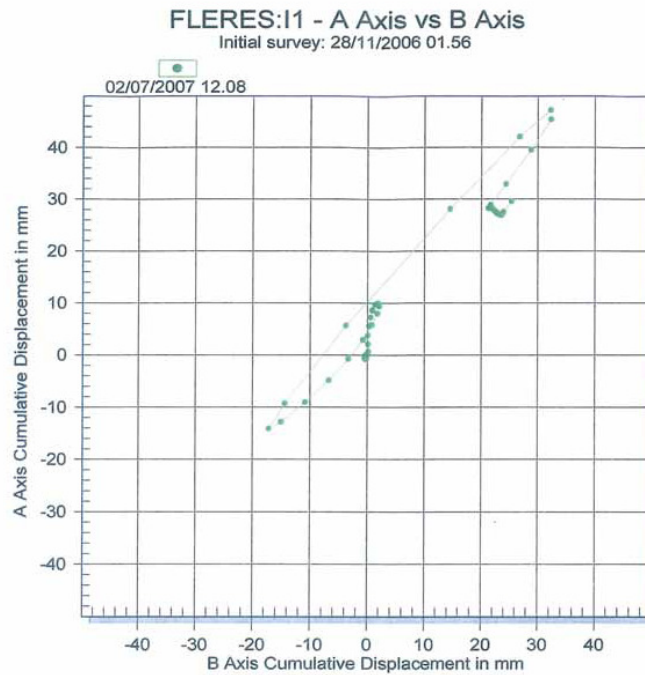


Abbildung 6.1: Inklinometermessung (Geologisches Amt Südtirol 2002).

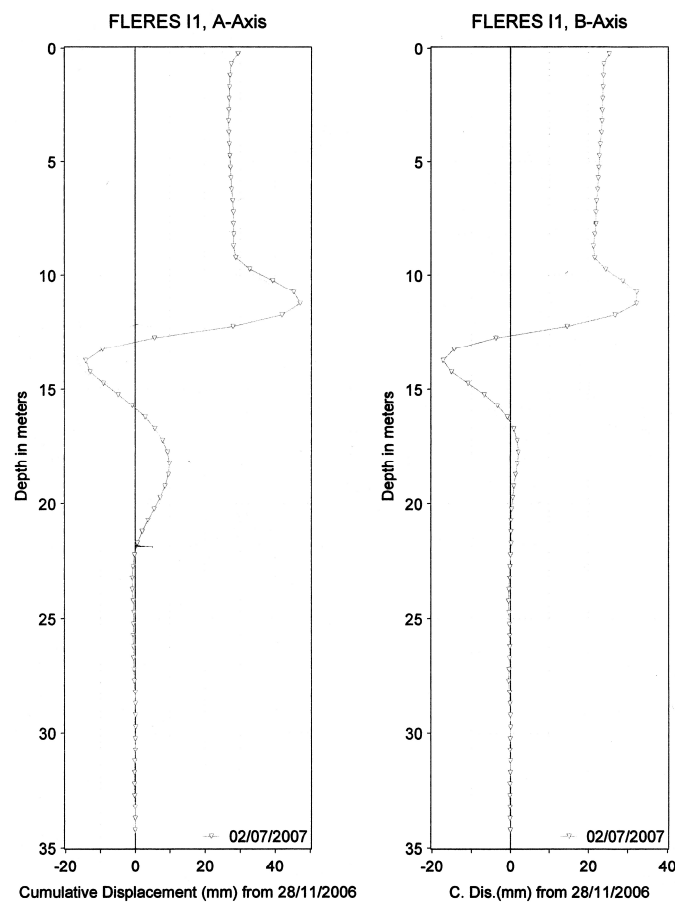


Abbildung 6.2: Inklinometermessung (Geologisches Amt Südtirol 2002).

6.1.2 Ereignis der Hangrutschung Reischenschuh vom 15.11.2000

Die Hangrutschung vom 15.11.2000 wurde leider nicht genauer dokumentiert. Es existieren hier trotz intensiver Suche kaum genaue Aufzeichnungen. Daher kann auch das genaue Ereignisdatum nicht mit aller Sicherheit bestätigt werden. Das Datum 15.11.2000 wurde mir von Markus Sperling aus der Südtiroler Abteilung „Wasserschutzbauten“ empfohlen, da damals auch der Murgang „St. Anton“ am Gewässer B.650.110 (gegenüber des Pfaffenbergbaches und östlich des Kogbaches) initiiert wurde.

Wie im „Klimareport November 2000“ des Hydrographischen Amtes beschrieben wurde, war der Herbst durch starke Schlechtwetterereignisse auf der Alpensüdseite und somit durch niederschlagsreiche und relativ milde Tage geprägt. Der Niederschlag lag über dem Mittel. Im November hat es drei- bis sechsmal mehr geregnet als normal. Die Herbstmonate 2000 in Bozen waren die niederschlagsreichsten seit Beginn der Aufzeichnungen. Mit 32 Regentagen (davon 20 in November) ist die Niederschlagsmenge extrem. Am 17. November begannen starke Niederschläge, was zum Anschwellen der Wasserläufe führte. Es wurden verbreitet Muren und Hangrutschungen im Pflersch und den Nachbartälern ausgelöst.

Hier kam es auch zu einigen kleineren gravitativen Massenbewegungen im Untersuchungsgebiet. Wie das Forstinspektorat Sterzing im Dezember 2007 berichtete, wurden nur einige wenige Prozesse ausgelöst. Man hat in Folge jedoch bereits mit Rodung in dem Gebiet als Vorsichtsmaßnahme begonnen.

6.1.3 Ereignis der Hangrutschung Reischenschuh vom 16.11.2002

Am 16. November 2002 kam es zu einer Reaktivierung der komplexen Hangrutschung aus dem Jahr 2000. Die Niederschläge waren ähnlich stark wie im Jahr 2000 und sind innerhalb von drei Tagen, vom 14. bis 16. November, niedergegangen. Hinzu kam, dass es durch die südliche Höhenströmung am 14. und 15. November relativ warm war, sodass die Schneegrenze auf über 2.200 m anstieg und somit weniger Niederschlag in Form von Schnee gefallen ist. Wie im Klimareport 2002 zu lesen war, wurde durch die Höhenströmung zusätzlich Saharasaand, der durch ein Gewitter des Atlantiktiefes aufgewirbelt wurde, an der Alpensüdseite vom Regen ausgewaschen und abgelagert. Am 16. November waren Teile Südtirols von einer braunen Schlammschicht überzogen (Hydrographisches Amt 2002).

Als Folge der Niederschläge kam es am 16. November zu dem Hangrutschungsereignis. Es wurden hier ca. 300.000 m³ Material bewegt. Einige Murstöße gingen aus der Hangrutschungsfront hervor (Hydrographisches Amt 2002). Die Hangrutschung teilte sich im unteren Bereich in zwei Lappen und bedrohte das Trinkwasserreservoir in 50 m und die Siedlung Halde in ca. 300 m Entfernung. Ein kleinerer Murgang erreichte den Ortsteil Halde. Die Häuser mussten evakuiert werden. Bei weiteren Begehungen konnte festgestellt werden, dass der orographisch rechte Bereich keine Bewegungen aufzeigte, während der orographisch linke Lappen flachgründig abscherste und sich mit erhöhter Geschwindigkeit talwärts bewegte (Geologisches Amt 2002).

Folgende Abbildungen zeigen die Auswirkung der Ereignisse. Das Ausmaß der Vermurung des Trinkwasserreservoirs, die Wasseraustrittsstellen im Gelände und die Bruchstelle sind erkennen. Wie Volkmar Mair vom Amt für Geologie in einem Gespräch vom September 2007 erwähnte, kam es neben der Vermurung des Ortsteils Halde zu zahlreichen Entwurzelung von Bäumen unterhalb der Hangrutschung.



Abbildung 6.3: Vermurung des Trinkwasserreservoir (Hydrographisches Amt 2003).



Abbildung 6.4: Oberster, verflachter Teil der Rutschung mit Wasseraustritten (Geologisches Amt Südtirol 2002).



Abbildung 6.5: Mittelteil der Rutschung mit Sekundärabbrüchen (Geologisches Amt Südtirol 2002).



Abbildung 6.6: Orographisch linker Lappen der Rutschung, beidseitig abgesichert und flach talwärts kriechend (Geologisches Amt Südtirol 2002).

Zum Schutz der Bevölkerung wurden Sofortmaßnahmen eingeleitet, welche in dem geologischen Gutachten 2002 dokumentiert wurden. Zu den Dringlichkeitsmaßnahmen zählten die Evakuierung der betroffenen Häuser der Siedlung Halde und das sofortige Fassen und geregelte Ableiten des Wassers, welches in die Ausbruchsnische eindrang bzw. welches innerhalb des Rutschungskörpers austrat. Die Kontrolle und das Monitoring des gesamten Hangrutschbereiches wurden von der Feuerwehr durchgeführt. Die Drainagerohre wurden von der Forstbehörde verlegt. Leider existieren keine genauen Pläne mehr, wie die Drainagerohre verlegt wurden, sondern nur eine technische Karte des Forstinspektorates Sterzing mit einer möglichen Verlegung.

Nach Lokalausgesehen der zuständigen Behörden am 18., 19. und 20. November zeigte sich, dass die getroffenen Sofortmaßnahmen Wirkung zeigten. Der orographisch rechte Lappen war zum Stillstand gekommen. Der linke Teil der Hangrutschung scherte mit erhöhter Geschwindigkeit flachgründig talabwärts. Jedoch entfernte er sich vom gefährdeten Trinkwasserreservoir. Somit wurde nach der Begehung die Evakuierung der Häuser aufgehoben, das Monitoring der Hangrutschung blieb jedoch aufrecht. Nach einer weiteren Begehung am 26. November konnte festgestellt werden, dass auch der linke Teil der gravitativen Massenbewegung langsam zum Stillstand gekommen war. In Folge wurden die Drainagearbeiten fertiggestellt. Eine weitere Maßnahme neben der Entwässerung des Hanges und der Evakuierung der Häuser war die Rodung der Bäume, welche auf der Oberfläche der gravitativen Massenbewegung liegen gelassen wurden. Laut Geologe Dr. Volkmar Mair 2007 sollte einerseits das Gefahrenpotential durch Bäume bei einer Hangrutschung vermindert werden und andererseits der Hang besser entwässert werden. Weiters gab es auch Überlegungen von baulichen Schutzmaßnahmen für das

Gebiet, jedoch konnte keine Stabilisierung durch bauliche Maßnahmen erwartet werden angesichts der Tiefe der bewegten Masse sowie deren Volumen.

Um die Wirkung der Maßnahmen in dem Hangrutschungsgebiet zu beobachten, wurden wie bereits beschrieben ein Piezometer und ein Inklinometer installiert. Zusätzlich wurde bei der Bohrung festgestellt, dass die wasserundurchlässige Schicht etwa zwischen 15 bis 20 Meter unter der Erdoberfläche liegt.

6.1.4 Ereignis der Mure Schleyergraben vom 19.07.05

Wie in einer Pressemitteilung der Autonomen Provinz Bozen, Südtirol, berichtet wurde, ereignete sich am 19. Juli 2005 um neun Uhr morgens nach heftigen Niederschlägen eine Mure im Schleyergraben, welche bis zur Bundesstraße zu Tal ging. Dieser Bach grenzt das Untersuchungsgebiet östlich ab und nimmt vermutlich Einfluss auf das hydrologische Regime der komplexen Hangrutschung. Dieses Ereignis wurde auch in der Ereignisdokumentation ED30 des Amtes für Wasserschutzbauten und vom Amt für Geologie beschrieben. Bei diesem Ereignis wurden 1200 m³ Material bewegt, welches sich bis über die Pflerscher Bundesstraße bewegte. Es kam zu Schäden am Verkehrsweg und an anderen Verbauungen. Die Straße musste kurzfristig gesperrt werden und konnte erst nach Aufräumarbeiten wieder freigegeben werden. Folgende Fotos zeigen das Ausmaß des Ereignisses und die Aufräumarbeiten.



Abb. 6.7: Räumungsarbeiten an der Bundesstraße



Abb. 6.8: Gesteinsablagerungen der Mure

(Geologisches Amt Südtirol 2002).

6.1.5 Ereignis der Mure Schleyergraben vom 21.06.07

Erst im Juni 2007 kam es nach einem großen Unwetter im Wipptal zu zahlreichen gravitativen Massenbewegungen. Hierbei ereignete sich auch eine Mure im Schleyergraben, bei der insgesamt geschätzte 9000 m³ Material bewegt wurden. 2000 m³ Murmaterial verschütteten die Bundesstraße (Presseamt des Landes Südtirol 2007). Nach der Vermurung der Straße kam es zu langen Aufräumarbeiten. Die Straße war fünf Tage lang gesperrt. In Abbildung 6.9 vom Oktober 2007 erkennt man das Ablagerungsmaterial der Mure.



Abbildung 6.9: Ablagerung der Mure vom Juni 2007 (eigenes Foto).

Der Klimareport des Hydrographischen Amtes beschreibt den Juni 2007 als sehr warm (das erste Halbjahr 2007 war das wärmste seit Beginn der Wetteraufzeichnung in Bozen). Die Niederschläge waren im Juni generell über dem Mittelwert. Die mittleren Abflüsse lagen an den meisten Flüssen Südtirols über 35 %. Vor allem im Pflerschtal kam es lokal zu sehr kräftigen Gewittern. An der Station Ladurns wurde in der Nacht auf den 21. Juni 81 mm (innerhalb von 8 Stunden) gemessen. Insgesamt kam es vom 20. bis 23. Juni 2007 zu einem Niederschlag von 126 l/m². Wie man in folgender Abbildung des Flächenniederschlags vom Juni 2007 erkennt, waren die höchsten Niederschlagswerte im Pflersch. Der höchste Wert wurde in Ladurns mit 323 mm Niederschlag gemessen.

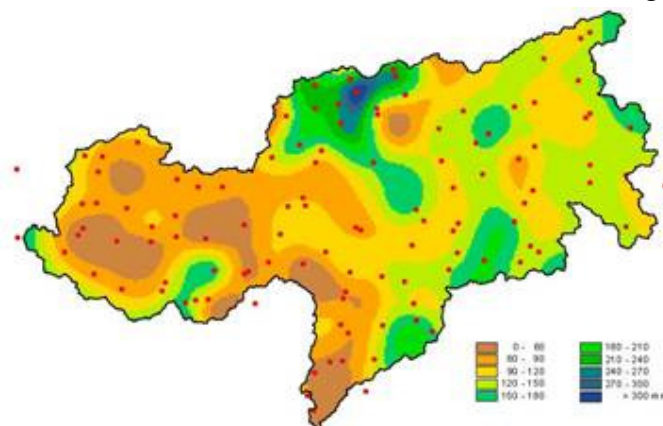


Abbildung 6.10: Flächenniederschlagsverteilung in Südtirol für Juni 2007 (Hydrographisches Amt 2007).

Die Folge der in der Nacht vom 20. auf den 21. Juni gemessenen starken Niederschläge waren Murabgängen im Kog-, Fuchs- und Schleyergraben. Wie in Südtirol Online, unter Chronik, Lokales am *Donnerstag, 21. Juni 2007* zu lesen war:

„Situation in Pflersch entspannt sich - Zivilschutzsitzung einberufen

Am Donnerstagnachmittag verschlimmerte sich die Situation in Pflersch dramatisch. Es gab sehr heftige Niederschläge und Gewitter. Am Freitagmorgen wurde jedoch Entwarnung gegeben: die Situation habe sich entspannt (...). Die Freiwillige Feuerwehr Pflersch wurde am Donnerstag erneut zum Einsatz gerufen, weil der Bach vom Kog-Graben mit Schlamm und Wasser über die Ufer trat. Unter anderem musste eine Brücke eingerissen werden.“

6.1.6 Aktuelle Maßnahmen

Die Maßnahmen an der gravitativen Massenbewegung werden an dieser Stelle nochmals zusammengefasst. Die Erstmaßnahme war die Evakuierung der Anrainer, die von der gravitativen Massenbewegung gefährdet wurden. Des Weiteren wurde der Hang drainiert, teilweise gerodet und unter Beobachtung gestellt. Zum Monitoring zählt die Beobachtung der horizontalen Bodenbewegung, zu dessen Messung ein Inklinometer installiert wurde. Im August 2007 wurde die Verbindung unterbrochen, daher stehen keine Daten mehr zur Verfügung. Für die Messung des Grundwassers wurde ein Piezometer installiert, welches seit Beginn der Messung immer trocken war.

Eine wichtige Maßnahme war die Erstellung eines Gefahrenzonenplanes durch die Gemeinde in Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden wie dem geologischen Amt, der Wildbach- und Lawinenbehörde und dem Forstinspektorat.

Neben einer Gefahrenzonierung werden im Pflerschtal vor allem einige Bäche durch die Wildbachverbauung durch bauliche Maßnahmen gesichert. Es gibt daher einige bauliche Schutzmaßnahmen wie ein großes Rückhaltebecken am Röckbachgraben nahe Ladurns. Zurzeit wird auch der Vallmingbach durch bauliche Maßnahmen entschärft. Für den Verbauungszustand des Einzugsgebietes Pflerscherbach dient auch eine online Karte der Provinz Südtirol. Die Gemeinde glaubt die Gefahrengebiete zu kennen und hilft sich heute durch Katastrophenpläne, Gefahrenzonenpläne und Zivilschutzkommissionen.

6.2 Geomorphologische Kartierung

Das Untersuchungsgebiet der Reissenschuh-Hangrutschung konnte aufgrund der Aktivität im Gelände deutlich vom umliegenden Gebiet abgegrenzt werden. Die exakte Ausdehnung und Tiefe der Rotationsrutschung, zu deren Materialstrom auch Bäume zählen, kann aufgrund fehlender Parameter nicht bestimmt werden.

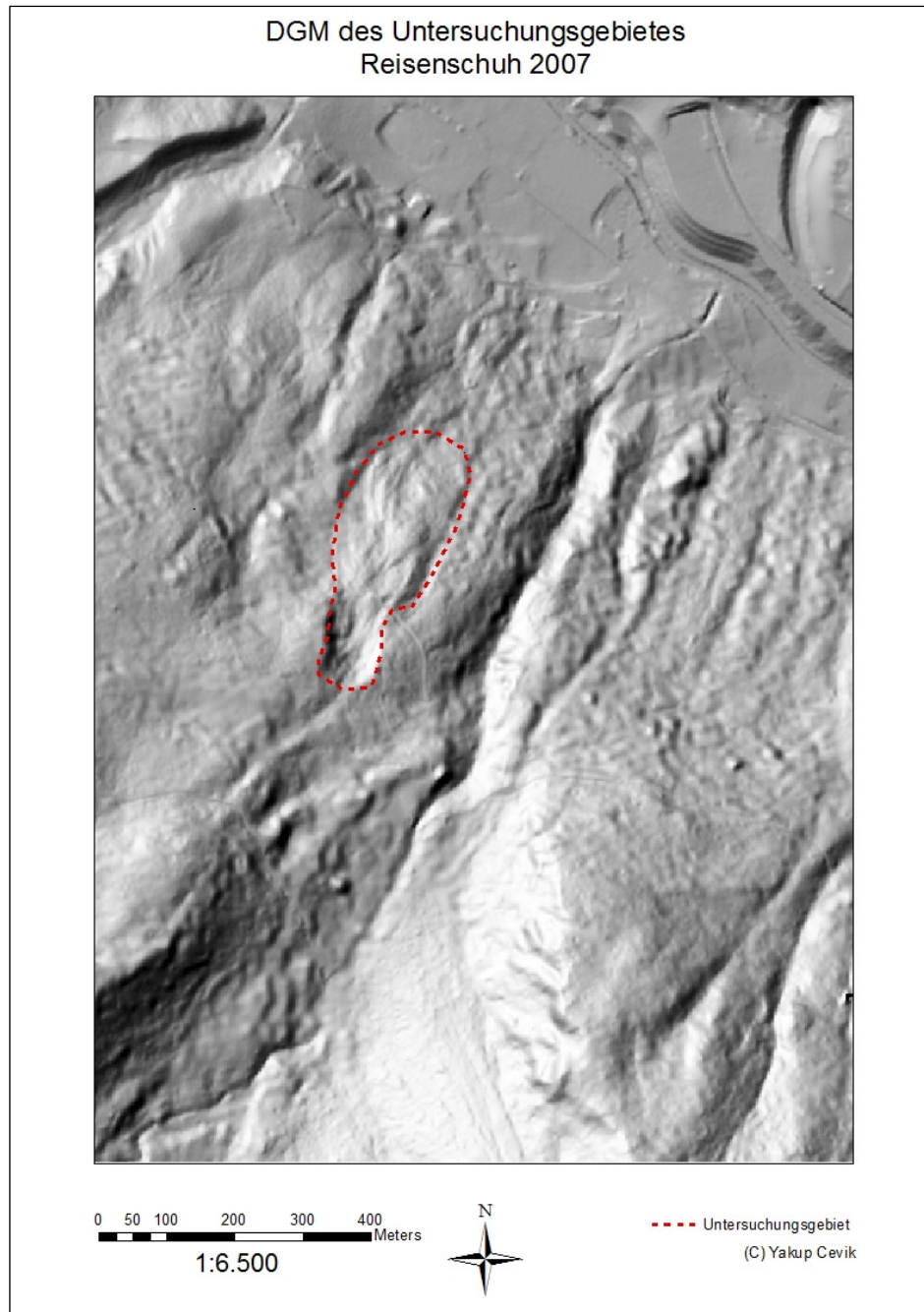


Abbildung 6.11: Abgrenzung des Untersuchungsgebietes (eigene Karte).

Jedoch lassen sich in Abbildung 6.11 deutlich Anzeichen für gravitative Massenbewegungen im umliegenden Gebiet erkennen. Im DGM kann man das raue, deformierte umliegende Gebiet erkennen, welches durch eine Vielzahl an Geländestufen,

Hangmulden und Ablagerungsbereiche gekennzeichnet ist. Aufgrund der Feldbegehung konnte festgestellt werden, dass in diesem Bereich bereits runde Formen und eine vegetationsbewachsene Geländeoberfläche vorliegt. Früher abgelaufene Prozesse gravitativer Massenbewegungen konnten somit festgestellt werden. Neben den alten Abrissbereichen, aus denen im Zuge von Massenbewegung Material heraus transportiert wurde, findet man hangabwärts die Ablagerungsbereiche, welche sich aufgrund der Materialakkumulation aus der Umgebung durch eine positive morphologische Geländeform abheben.

Neben der Geomorphologie konnten weitere Spuren im Gelände gefunden werden, die auf gravitative Massenbewegungen schließen lassen. So lässt sich durch den Säbelwuchs vieler Bäume auf eine bewegte Geländeoberfläche schließen. Neben der Baumvegetation als Beweis für abgelaufene Prozesse in Abbildung 6.12 zeigt Abbildung 6.13 eine oberflächliche Kriechbewegung am Wegrand und somit eine gegenwärtige Bewegung des Bodenmaterials außerhalb des Untersuchungsgebietes.



Abbildung 6.12: Säbelwuchs im UG



Abbildung 6.13: Kriechbewegung am Wegrand

(eigene Fotos Oktober 2007).

Im Untersuchungsgebiet treten sowohl flachgründige als auch tiefgründige Hangrutschungen, sowie Rotationsrutschungen, als auch Translationsrutschungen in äußerst unterschiedlichen Bewegungsgeschwindigkeiten und Zeiten auf. Aus der flächenmäßig größten tiefgründigen Rotationsrutschung gehen flachgründige kleinere, schnelle Hangrutschungen hervor. Im Untersuchungsgebiet sind zahlreiche rezente Hangrutschungen durch die frischen Abrisse deutlich zu erkennen. Zumeist sind das Mobilisierungsareal, die Transportstrecke und das Akkumulationsareal erkennbar.

Durch die Inklinometermessung kann eine seitliche, talwärts bewegende Rotation um eine hangparallele Achse, die zur Verkipfung des Materials entlang einer konkaven Linie führt,

erkannt werden. Es handelt sich bei der Reischuh-Hangrutschung um eine komplexe gravitative Massenbewegung, die sich aus mehreren Bewegungstypen zusammensetzt. Es treten unterschiedliche Prozesse auf, wobei der Bewegungstyp sich mit der Hangabwärtsbewegung verändert. Aus einer flachgründigen Translationsrutschung im oberen Bereich wird eine tiefgründige Rotationsrutschung im mittleren Bereich, aus der flachgründige Translationsrutschungen hervortreten. An dem mittleren Bereich schließen beidseitig zwei weitere gravitative Massenbewegungsbereiche an. Auf der orographisch rechten Seite geht eine flachgründige gravitative Massenbewegung hangabwärts, während sich auf der orographisch linken Seite eine tiefgründige, relativ homogene Masse talwärts bewegt. Aufgrund der unterschiedlichen Prozesse der gravitativen Massenbewegungen konnte nach der Besichtigung der Hang in drei Teilbereiche gegliedert werden.

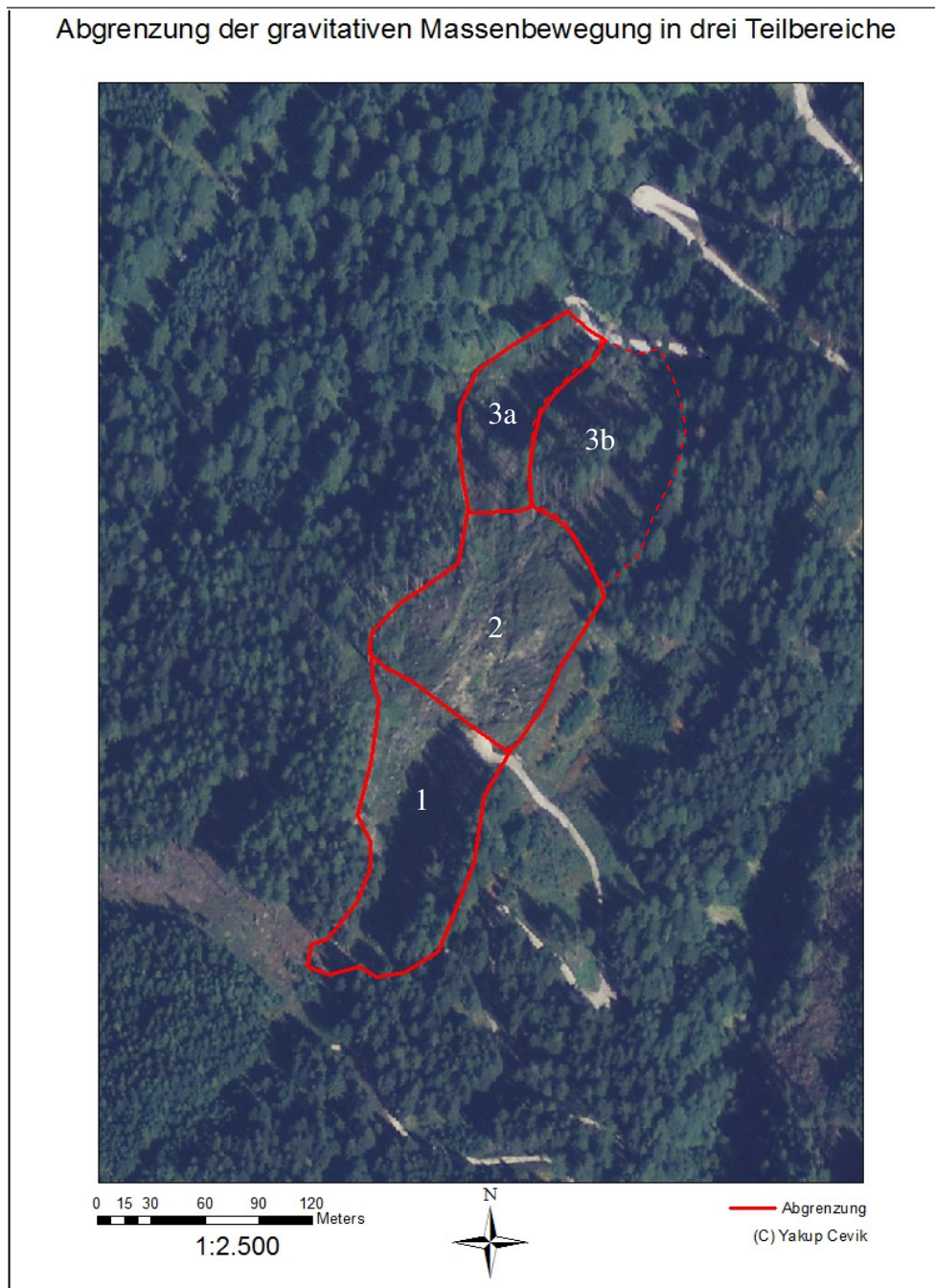


Abbildung 6.14: Drei Teilbereiche der gravitativen Massenbewegung (eigene Karte).

6.2.1 Erster Teilbereich der gravitativen Massenbewegung

Es handelt sich um den obersten der drei Bereiche der gravitativen Massenbewegung. Der Bereich wird hangabwärts von dem Schotterweg und hangaufwärts von der Geländekante abgegrenzt und bildet eine Art Kessel, der talwärts ein Plateau bildet. In diesem Bereich gehen aus dem orographisch rechten Bereich oberflächliche Böschungsrutschungen ab. Auf der orographisch linken Seite der bogenförmigen Abgrenzung talaufwärts kann bereits das Ausgangsgestein mit einer flachen Humusauflage erkannt werden. Aus diesem Bereich geht daher keine weitere Gefahr der Hanginstabilität aus.

In diesem obersten Bereich der gravitativen Massenbewegung wurde ein Drainagekanal, welcher in ein kleines Retentionsbecken mündet, angelegt, um das in die gravitative Massenbewegung eindringende Wasser abzuleiten. Die Verminderung der Fließgeschwindigkeit des Wassers wurde durch den Bau von Terrassen erzielt. Hierdurch wird die Transportkapazität, aber auch die Tiefenerosion eingedämmt. Das im Becken gesammelte Wasser wird mittels Drainagerohre aus der Hangrutschung abgeleitet.

Im oberen Bereich, sowie auf der orographisch rechten Seite treten kleinere flachgründige Translationsrutschungen auf. Aufgrund des geringen Gefälles besteht in diesem Bereich keine weitere Gefahr, da das transportierte Material im Bereich des Drainagekanals bzw. im Plateau abgelagert wird.

Des Weiteren findet man in diesem Teil der gravitativen Massenbewegung aufgehäuftes Bodenmaterial, welches durch den Bau der Drainage seitlich von dieser abgelagert wurde und teilweise bereits bewachsen ist. Auf der orographisch linken Seite des abgelagerten Materials befindet sich der Akkumulationsbereich kleinerer Hangrutschungen unterhalb der Geländekante.

Zwischen dem Wall und der Halde konnte sich ein Gerinne bilden. Das Wasser wird am Wegrand durch ein Drainagerohr abgeleitet.



**Abbildung 6.15: Erster Teil der gravitativen Massenbewegung, talwärts
(eigenes Foto Juli 2007).**



Abbildung 6.16: Erster Teil der gravitativen Massenbewegung, bergwärts
(eigenes Foto Juli 2007).

6.2.2 Zweiter Teilbereich der gravitativen Massenbewegung

Der mittlere und größte Bereich der gesamten gravitativen Massenbewegung ist zugleich auch der komplexeste Teil, da hier unterschiedliche Prozessstypen auftreten. In diesem Gebiet sind besonders viele frische Abrisse und Geländestufen zu erkennen, welche die anhaltende Aktivität im Untersuchungsgebiet aufzeigt.

Im obersten Bereich sind mehrere Abrisskanten in unterschiedlichen Höhen vorhanden, welche parallel zueinander mehrere Geländestufen im Hang bilden. Gleich unterhalb des Weges findet man mit einer Länge von fast 50 Metern die längste Abrisskante im Untersuchungsgebiet. An dieser Stelle des Hanges geht die erste initiale Bewegung des Materials aus. Es handelt sich in diesem Bereich um eine tiefgründige Rotationsrutschung, aus der oberflächlich kleinere flachgründige Translationsrutschungen hervorgehen.



Abbildung 6.17: Abrisskante
(Amt für Geologie 2002).



Abbildung 6.18: Blick auf den mittleren
Teilbereich (eigenes Foto Oktober 2007).

Der Hangrutschungsbereich wird westlich vom Wald abgegrenzt und geht dort in den Bereich alter Aktivitäten über. Der mittlere Bereich der gravitativen Massenbewegung ist aufgrund der Flächengröße, der Exposition und den Ablagerungen etwas unübersichtlich, da die Gleitmasse der gravitativen Massenbewegung während der Bewegung in zahlreiche Schollen zerfallen ist. Der Bereich wird von kleineren Geländestufen im mittleren und unterem Bereich, sowie von oberflächlichen Schollenrutschungen dominiert, welche eine seichte und glatte Gleitfläche haben und die Hangrutschungsmasse daher homogen abgleiten lässt. Man findet im Hang Anrissbildungen bzw. initiale Abrisse ohne Ausbildung einer Geländestufe. Die Ablagerungen der oberflächlichen Hangrutschungen haben dazu beigetragen, dass Wälle, Plateaus und Schuttkegel entstanden sind, welche das Bild des Oberflächenreliefs prägen. Dies führt auch dazu, dass man von keiner Stelle aus in diesem Teilbereich in den Hang als Ganzes einsehen kann.

Das Gelände ist durch junge, baumlose Vegetation gekennzeichnet. Teilweise haben sich junge Triebe bereits wieder angesiedelt. Durch das Ereignis selbst bzw. durch Maßnahmen des Forstinspektorates Sterzing kam es zur Entwurzelung bzw. Rodung der Bäume, viele der Baumstämme liegen auf der Geländeoberfläche des Hanges auf. Durch weitere Bodenbewegungsprozesse wurden die Bäume teilweise einige Meter in den Boden hinein transportiert. Partiiell ragen Baumwurzeln senkrecht nach oben, während das Stammende tief im Boden verankert ist. Dies zeigt ebenfalls die anhaltende Aktivität der Bodenbewegung der Rotationsrutschung.

Neben den Abriss- und Ablagerungsbereichen, den Baumstämmen und dem anstehenden Festgestein ist das restliche Gelände von durchmischem Lockermaterial gekennzeichnet. In diesem Teilbereich der gravitativen Massenbewegung ist keine Bodenbildung erkennbar.

Trotz Ableiten des oberhalb in die Hangrutschung einfließenden Wassers, kann nicht alles drainiert werden. Es treten daher immer noch einige Quellen aus dem Hangrutschungskörper heraus. Es bilden sich dadurch auch Gerinne, welche das Wasser über das Untersuchungsgebiet entwässern. Es tritt an zahlreichen Stellen Wasser zu Tage. Aufgrund des Lockermaterials verschwindet das Wasser teilweise wieder in den Boden bzw. staut sich auch an einigen Stellen aufgrund von Festgestein auf. Diese Feuchtgebiete sind im Gelände durch eine herausragende grüne Vegetation zu erkennen. Aufgrund der

Bodenbewegungen wurden einige Drainagerohre im oberen Bereich bereits aufgerissen. Das austretende Wasser fließt westlich aus dem Untersuchungsgebiet heraus und reaktiviert in diesem Bereich bereits alte gravitative Massenbewegungen. Kleinere oberflächliche Hangrutschungen sind ausgelöst worden und weitere Anrisskanten sind in diesem Bereich bereits erkennbar.



Abbildung 6.19: Abrisskante



Abbildung 6.20: Oberflächliche Hangrutschungen

(eigene Fotos Oktober 2007).

Das unterschiedliche Alter und die verschiedenen Prozessstadien der gravitativen Massenbewegung sind erkennbar. Das Gebiet wird oberflächlich durch viele junge, vegetationsfreie und feuchte Hangrutschungen geprägt. Ältere Bereiche sind mittlerweile bewachsen. Dies gilt jedoch nur für die oberflächlichen Hangaktivitäten. Die tiefgründige Rotationsrutschung weist aufgrund der langsamen Bewegung eine Vegetationsschicht auf, kennzeichnet sich jedoch durch die Anrisskanten und Geländestufen. Ältere Prozesse lassen sich neben bereits vorhandener Vegetation auch durch eingeebnete Abrisskanten und Akkumulationsbereiche erkennen.

6.2.3 Dritter Teilbereich der gravitativen Massenbewegung

Der dritte Teilbereich lässt sich aufgrund der Aktivität in die zwei Teile 3a und 3b gliedern. An der Grenze zu dem mittleren Teilbereich wird der untere Bereich durch eine Baumzeile geteilt. Der orographisch rechte Teil (als 3b in Abbildung 6.14 dargestellt) stammt von dem Ereignis 2002. Der Bereich wird auf der orographisch linken Seite von einem Geröllwall und auf der orographisch rechten Seite durch einen drei Meter tiefen Graben in Form eines Trogtals abgegrenzt. In diesem Bereich ist es nach der Drainagemaßnahme zu einem Stillstand der Bodenbewegung gekommen. Oberflächlich findet man aktuell jedoch in diesem Bereich zwei kleine flachgründige Hangrutschungen.

Auch in diesem Bereich tritt Wasser aus dem Hang heraus, welches in einem Gerinne talwärts und am Weg aus dem Hang fließt.



Abbildung 6.21: Oberflächliche Hangrutschung (eigene Fotos Oktober 2007).

Eine interessante Form nimmt der orographisch linke Bereich 3a an. Bogenförmig bewegt sich dieser Bereich von dem mittleren Teilbereich weg und findet am Schotterweg beim Wasserreservoir sein Ende. Dieser Teil ist im Gegensatz zum ersten oder zweiten Bereich sehr homogen in seiner Bewegung. Aus diesem Bereich ist im Jahr 2002 zunächst das aus der Rutschmasse bewegte Material als Mure talwärts abgeflossen.

Die fast vegetationsfreie Oberfläche wird von durchmischem Lockermaterial und einigen Schuttkegeln dominiert. Eine sichelförmige Abrisskante bildet den Anfang dieses Bereiches. Der Akkumulationsbereich 15 Meter weiter talwärts bildet in diesem sehr steilen Gebiet ein kleines Plateau. Die Transportfläche der flach talwärts kriechenden Hangrutschung wird seitlich durch zwei Meter hohe Wälle eingegrenzt, welche von der Form Seitenmoränen eines Gletschers ähneln. Die Wälle grenzen die Scherfläche der gravitativen Massenbewegung in diesem Bereich ein. In diesem Bereich sind keine Wasseraustritte sichtbar. Westlich des Walls fließt ein Gerinne talwärts.



Abb. 6.22: Bereich 3a (eigenes Foto Oktober 2007). Abb. 6.23: Bereich 3a talwärts (Geol. Amt 2002).

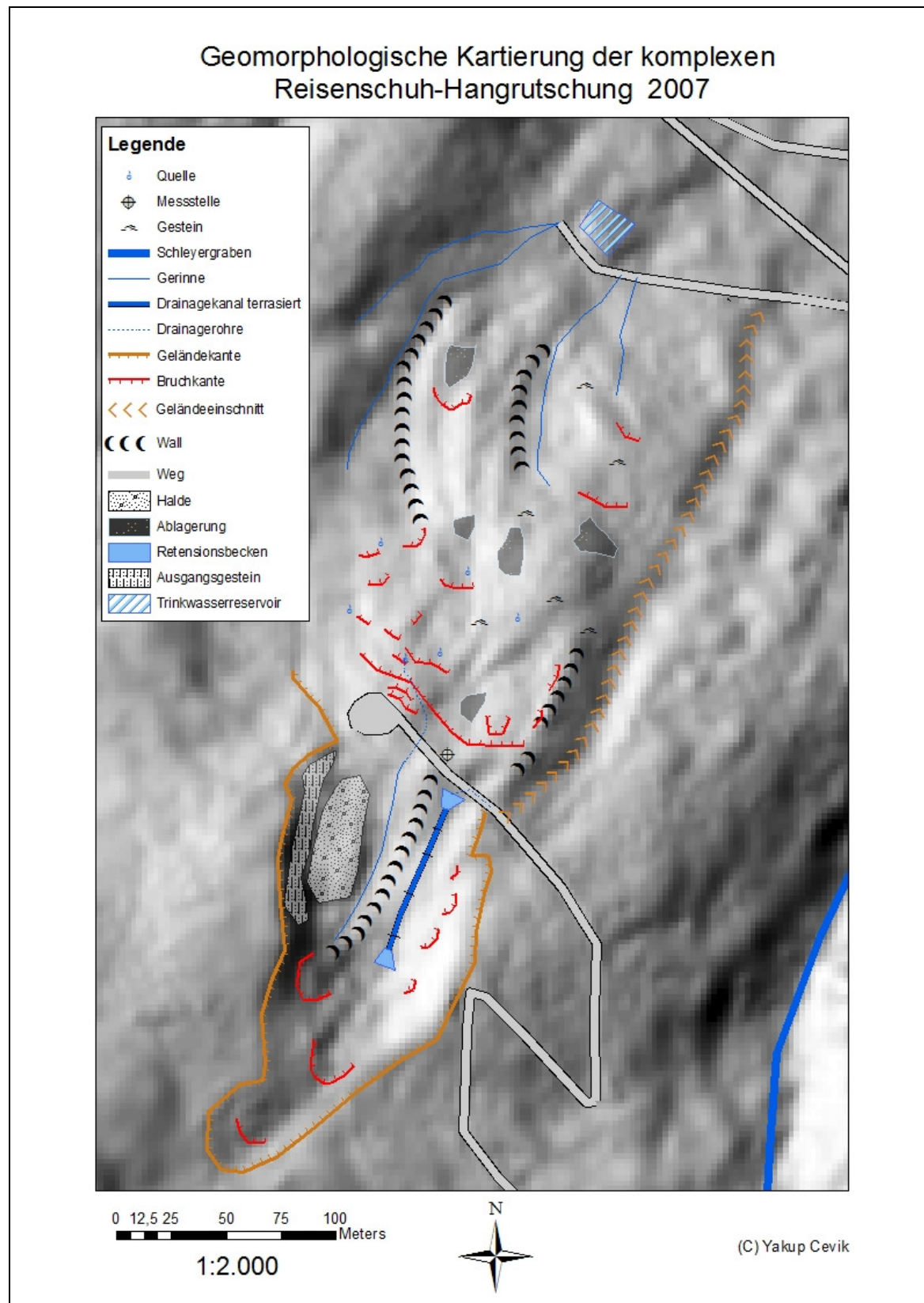


Abbildung 6.24: Geomorphologische Karte der Reisenschuh-Hangrutschung 2007 (eigene Karte).

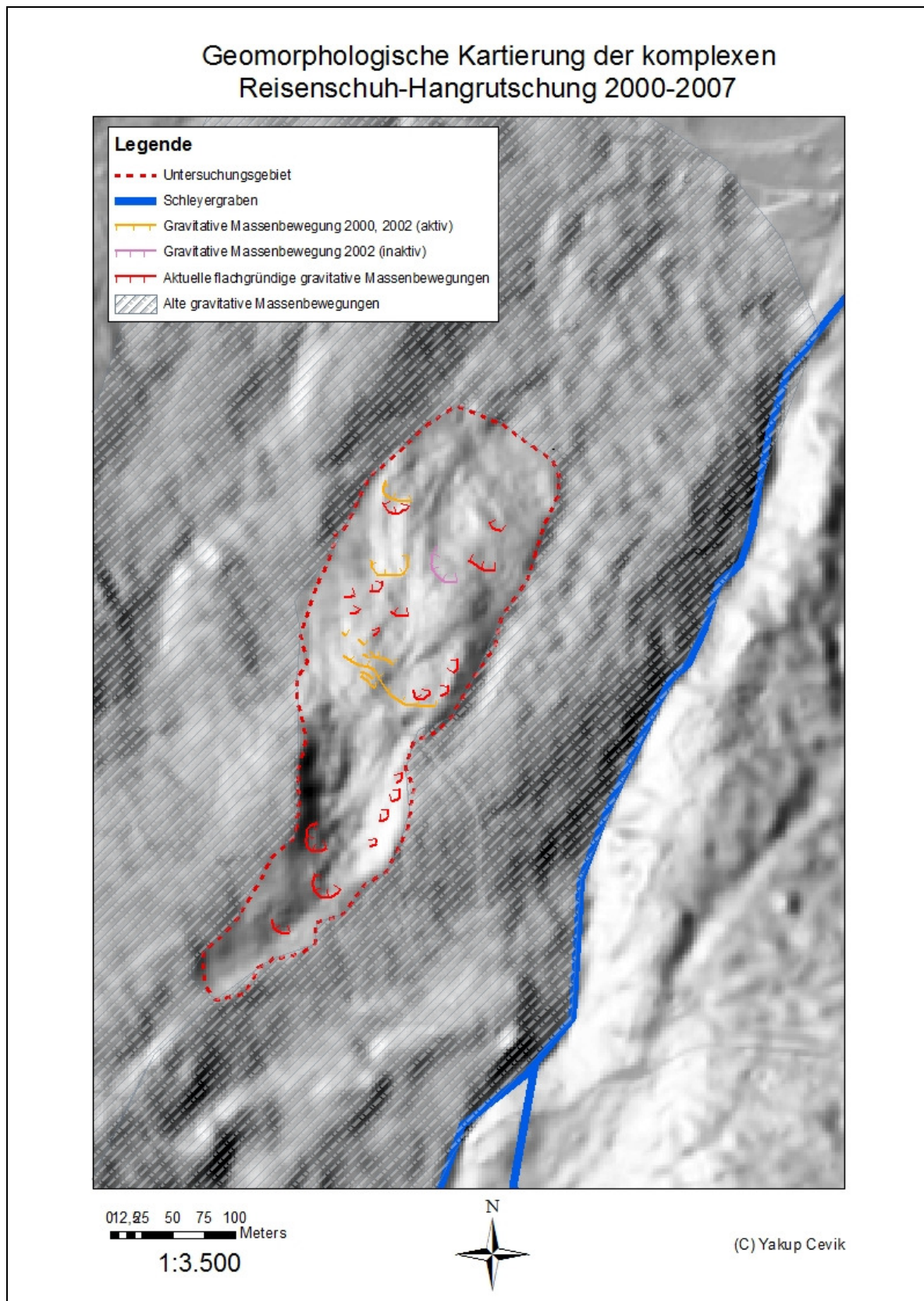


Abbildung 6.25: Geomorphologische Karte der Reisenschuh-Hangrutschung 2000-2007 (eigene Karte).

6.3 Analyse des Murganges im Schleyerbach

Obwohl Muren aufgrund des Transportes von Wasser laut Definition nicht zu gravitativen Prozessen gezählt werden, soll das Phänomen am Schleyerbach aufgrund des möglichen Einflusses auf die komplexe gravitative Massenbewegung im Untersuchungsgebiet in Folge kurz erläutert werden.

Aus dem Schleyerbach, der in den Pflerscher Bach entwässert, sind einige Murgänge hervorgegangen, die letzte erst im Juni 2007. Wie in Abbildung 6.27 zu erkennen ist, sind im oberen Bereich am Schleyerberg deutlich Ablagerungen von Gesteinen und Vegetationsschichten zu erkennen. Durch die vielen Zuflüsse in den Schleyerbach und die schnelle Abflusszunahme in den Bachlauf in Folge von Niederschlägen konnten Bachsedimente mobilisiert werden, welche als Muren ins Tal transportiert wurden. Der Schleyerbach ist vor allem im Bereich des Schleyerberges, sowie im unteren Bereich relativ steil mit einem mittleren Gefälle von über 15 %. Durch das Erosionsvermögen ist es im unteren Bereich des Schleyerbaches zu einer Eintiefung in das Bachbett gekommen. Dies hat eine Destabilisierung der Böschungen zur Folge. Vor allem aus der orographisch linken Seite sind einige Böschungsrutschungen hervorgetreten, welche in Abbildung 6.26 dargestellt sind.



Abb. 6.26: Seitliche gravitative Massenbewegungen
(eigene Abbildung Oktober 2007).



Abbildung 6.27: Murablagerung
(eigene Abbildung Oktober 2007).



Abb. 6.28: Entwurzelte Bäume im Bachbett
(eigene Abbildung Oktober 2007).

Im unteren Bereich des Wildbaches liegen entwurzelte und verkeilte Bäume wie in Abbildung 6.28 ersichtlich, sowie Gesteinsblöcke, welche durch die hohe Transportkapazität und Abflussgeschwindigkeit mitgerissen und transportiert wurden. Die Mure hat an einigen Stellen das Bachbett verlassen und sich seitlich ausgebreitet, wie man im Bereich des Weges an der Bachkehre durch die Bildung seitlicher Levees erkennen kann.

Das Material der Murgänge wurde im Tal im Bereich Halde abgelagert. Die Bundesstraße wurde durch das Material ebenfalls vermurt. Nachdem die Straße geräumt wurde, ist der Höhenunterschied von fast zwei Meter zu dem abgelagerten Murkegel deutlich erkennbar. Das grobkörnige Material bildet aufgrund der ungeschichteten Ablagerung den Murkopf an der Front. Dahinter staut sich feineres Material auf.

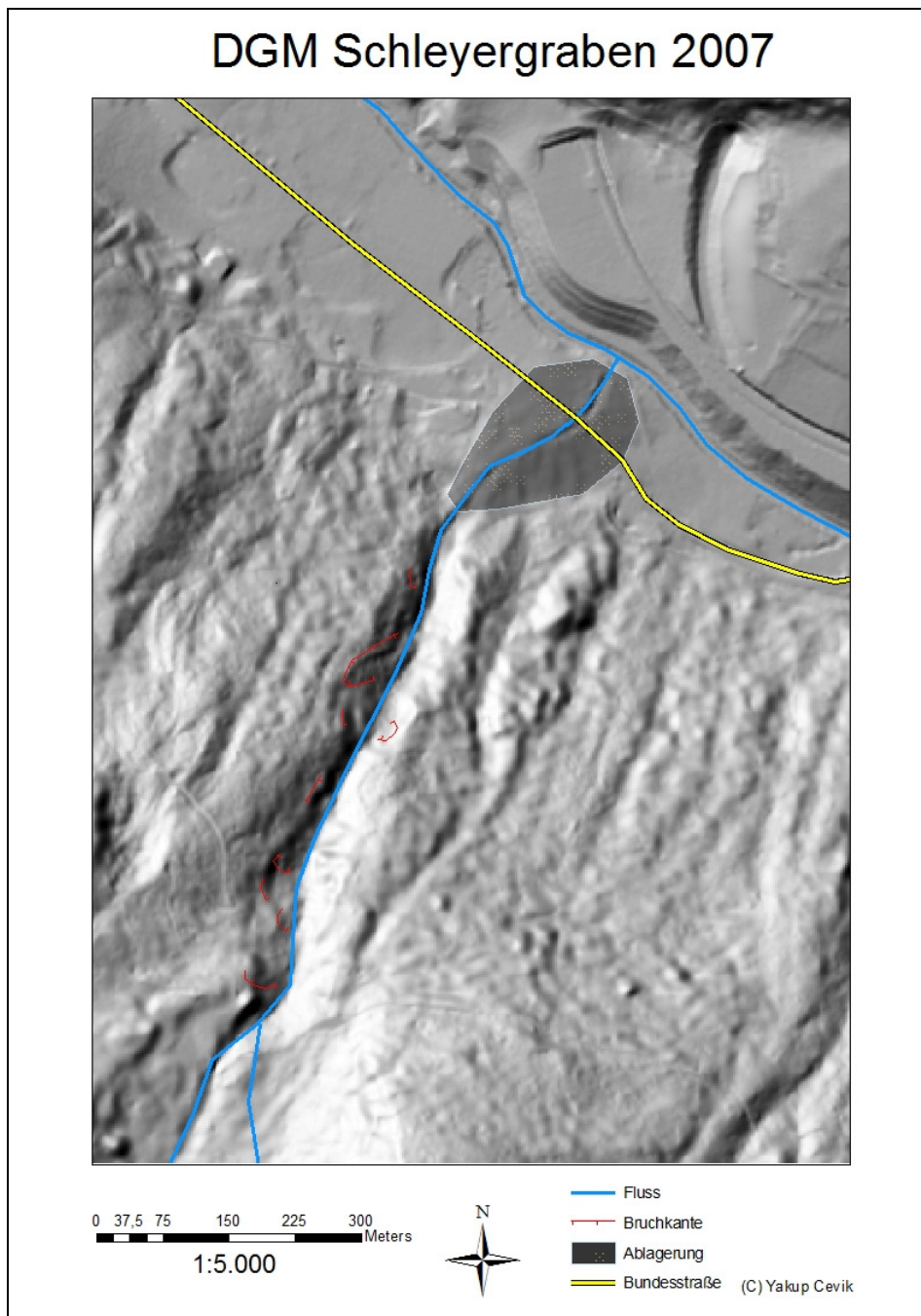


Abbildung 6.29: Bruchkanten im Schleyergraben dargestellt im DGM (eigene Darstellung).

6.4 Die Gefahrenzone der gravitativen Massenbewegung in Reischenschuh

Das durch die komplexe Hangrutschung gefährdete Gebiet in Reischenschuh, Ortsteil Halde, umfasst zusammengefasst folgende Objekte:

- fünf bewohnte Häuser des Ortsteils Halde, Reischenschuh
- ein Haus im Rohbau
- das Trinkwasserreservoir von Reischenschuh
- die Pflerscher Bundesstraße, die von Gossensass in das Außerpflersch führt

- eventuell das neugebaute Hotel Alpin, das bereits nördlich der Bundesstraße liegt

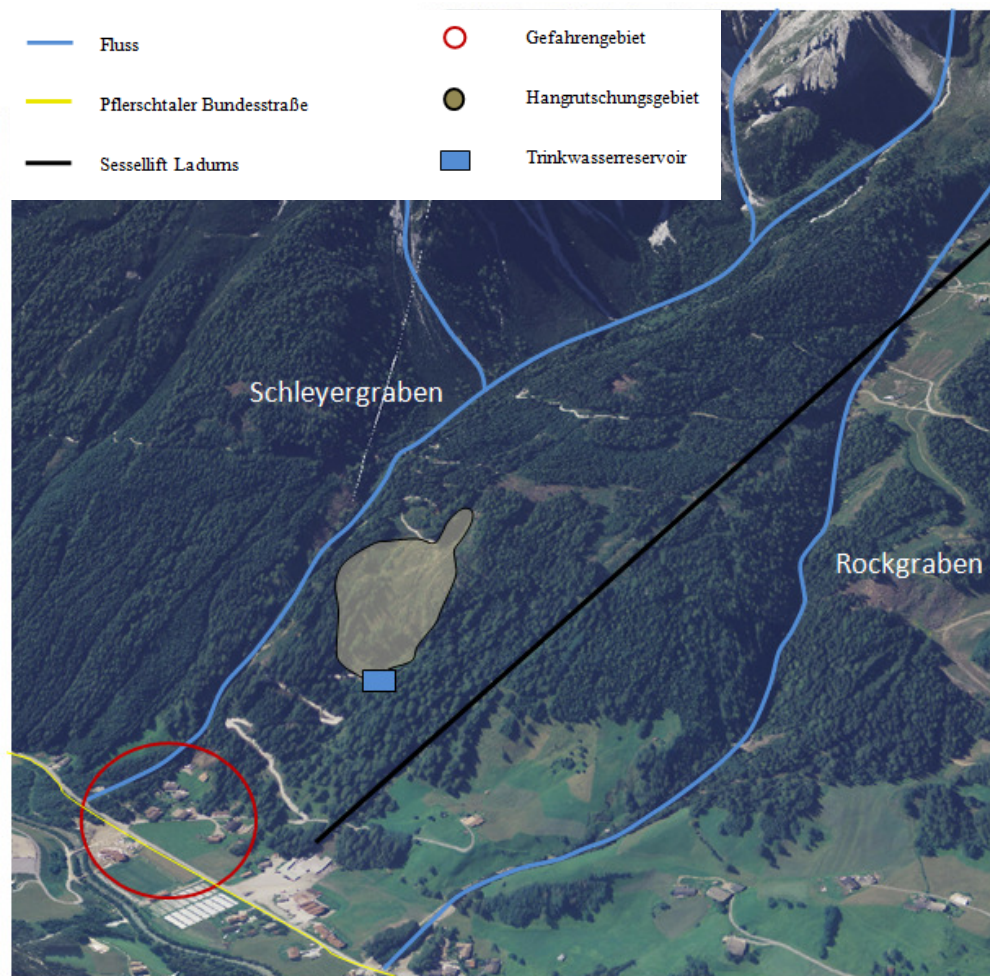


Abbildung 6.30: Gefahrengebiet der gravitativen Massenbewegung (eigene Karte auf Basis des Orthofotos 2006).

Das Schadensausmaß hängt natürlich vom Materialvolumen, der Geschwindigkeit und der Geometrie der Bewegung ab. Nachdem unterschiedliche Ereignisarten gravitativer Massenbewegungen im Untersuchungsgebiet auftreten, bedrohen einerseits die spontanen, wenn auch kleineren Ereignisse die Bevölkerung und andererseits langsame, tiefgründige Hangrutschungen Bauwerke und Infrastruktur. Aufgrund der langsamen Ausbreitung können jedoch rechtzeitig Maßnahmen getroffen werden und eventuell die Bevölkerung gewarnt bzw. evakuiert werden.

6.5 Natürliche Einflüsse

In diesem Kapitel sollen die natürlichen Parameter der gravitativen Massenbewegung beschrieben werden. Der erste Teil des Kapitels beschäftigt sich mit dem Niederschlag im Untersuchungsgebiet und den Auswirkungen auf die Ereignisse. Der zweite Teil beschreibt das Ergebnis der Materialanalyse.

6.5.1 Niederschlag in Verbindung mit den Ereignissen

Wasser hat aufgrund des hydrostatischen Drucks in den Poren und Trennflächen und des hydrodynamischen Drucks Einfluss auf den Hang und die Stabilität. Daher sollen die Wetteraufzeichnungen der Niederschlagsmonate dargestellt werden, um den Einfluss des Niederschlages auf die Hangstabilität deutlich zu machen. Zuerst soll jedoch der durchschnittliche monatliche Niederschlag für den Zeitraum von 1998 bis 2006 aufgezeigt werden.

Man erkennt ganz deutlich die extrem hohen Herbstniederschläge der Jahre 2000 und 2002. Die starken Sommerniederschläge im Jahr 2007, die einige Muren zur Folge hatten, konnten nicht dargestellt werden, da die Niederschlagsdaten zu dem Zeitpunkt der Erstellung noch nicht zur Verfügung standen. In den relativ niederschlagsarmen Jahren 2003, 2004 und 2006 sind keine Ereignisse im Untersuchungsgebiet bekannt. Im Jahr 2005 kam es in dem ebenfalls durchschnittlichen Niederschlagsjahr durch Sommerniederschläge zu dem Murgang im Schleyerbach.

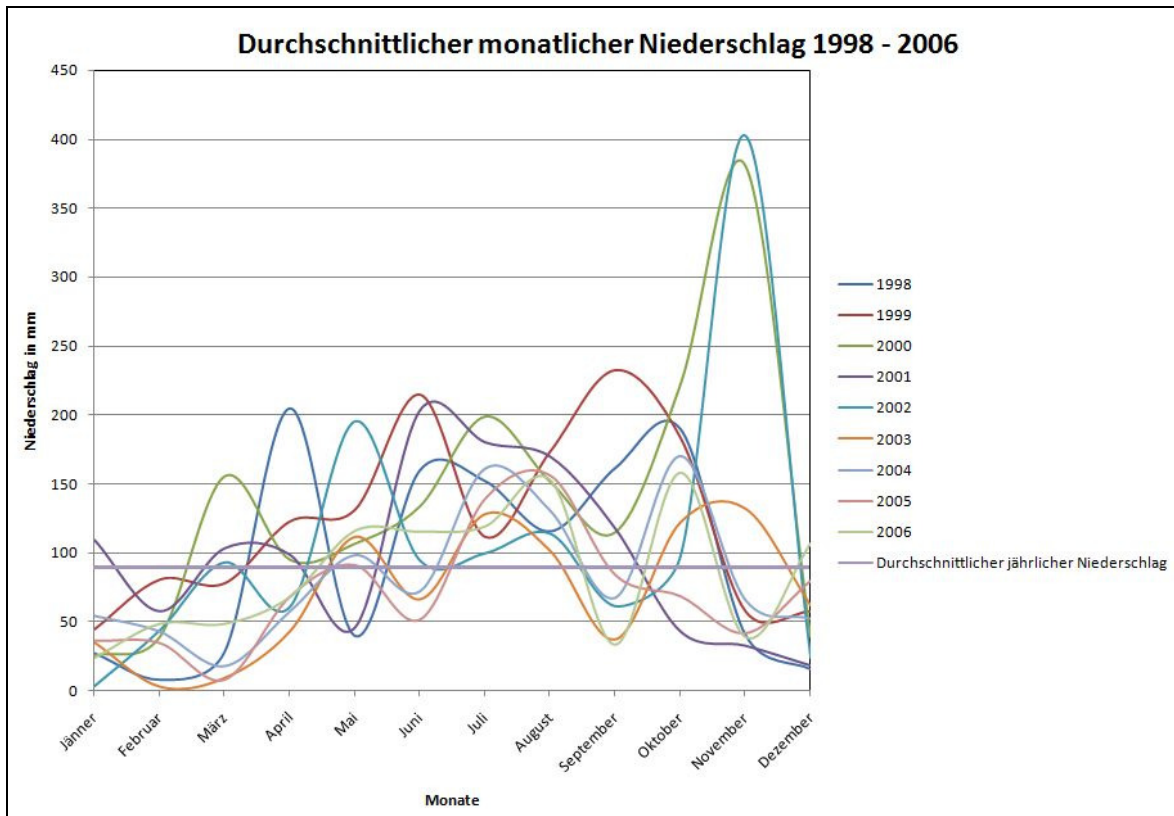


Abbildung 6.31: Durchschnittlicher monatlicher Niederschlag von 1998 bis 2006 (eigene Darstellung).

Durch die Darstellung der Mittelwerte werden die Extremwerte geglättet und sind daher nicht in der Abbildung zu erkennen. Deshalb wurden die täglichen Niederschläge der Ereignismonate der Jahre 2000, 2002 und 2005 in folgenden Abbildungen nochmals dargestellt.

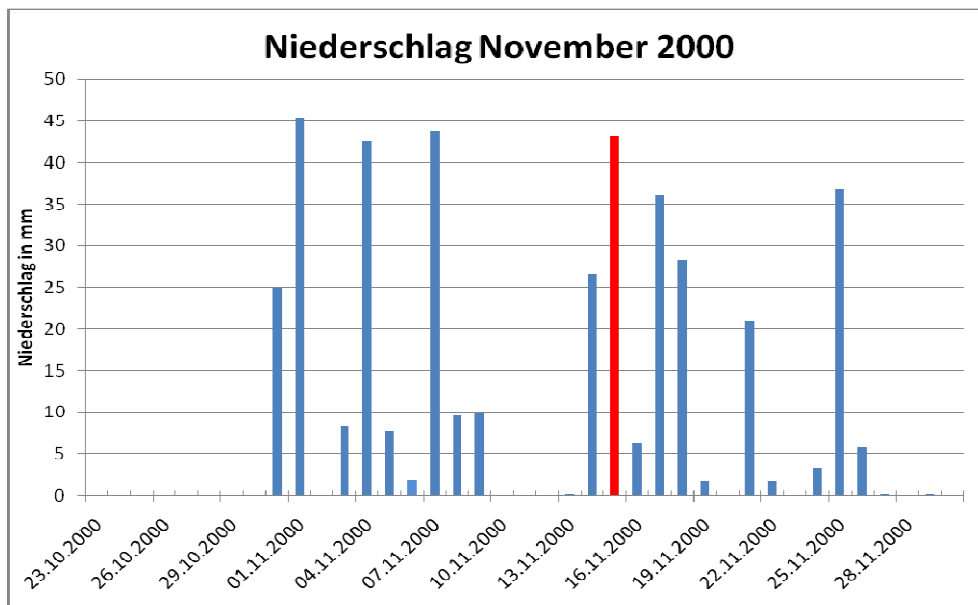


Abbildung 6.32: täglicher Niederschlag des Monats November 2000 (Ereignistag rot markiert) (eigene Darstellung).

Der deutlich über den Pflerscher Durchschnitt liegende Niederschlag im November führte zu dem ersten Ereignis am 15.11.2000. Trotz vieler regenreicher Tage und einer bereits hohen Niederschlagsmenge zu Beginn des Monats blieb der Hang stabil. Nach einer niederschlagsfreien Woche begann es am 14. November wieder zu regnen. Durch den weiteren Niederschlag, der in Summe fast 70 mm ausmachte, kam es zu Hanginstabilitäten und den ersten leichten Bewegungen im Gelände.

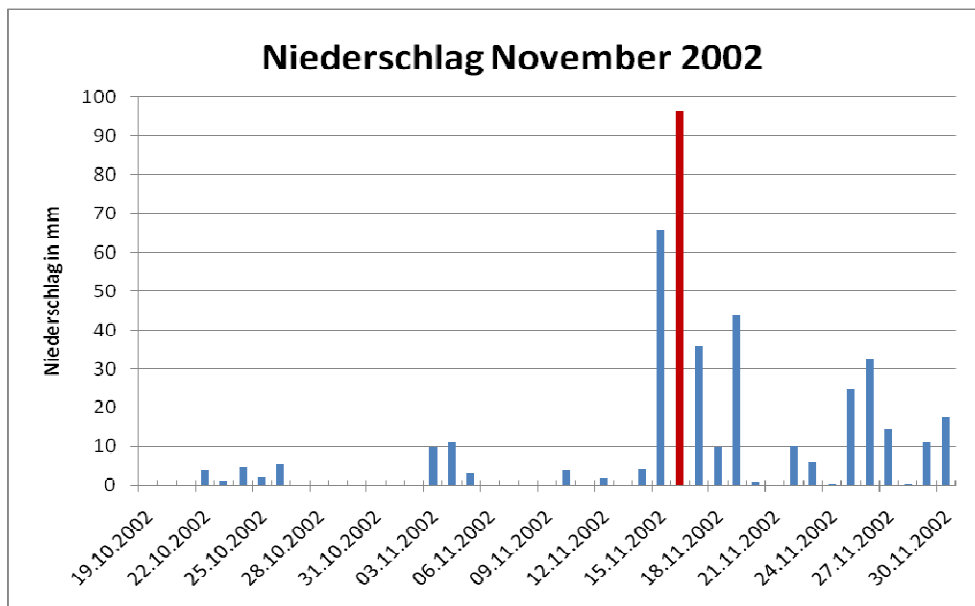


Abbildung 6.33: täglicher Niederschlag des Monats November 2002 (Ereignistag rot markiert) (eigene Darstellung).

Im Gegensatz zu dem Jahr 2000 waren im November 2002 vor dem Ereignis deutlich weniger Niederschlagstage zu verzeichnen. Dem Hangrutschungsereignis am 16. November 2002 ging ein regenreicher Tag mit ca. 65 mm Niederschlag voraus. An diesem Samstag konnte sogar ein Niederschlag von 96 mm gemessen werden. Dieser absolute Extremwert ist der mit Abstand höchste Tageswert, der in den letzten 30 Jahren gemessen wurde. Der Höchstwert seit Beginn der Niederschlagsaufzeichnungen 1924 liegt bei 130 mm und wurde am 4. August 1942 gemessen. Durch die hohe Niederschlagsmenge von insgesamt fast 160 mm in beiden Tagen kam, wie bereits in der Ereignisdokumentation erwähnt wurde, hinzu, dass es relativ warm war und der Niederschlag daher in höheren Lagen nicht in Form von Schnee gebunden werden konnte.

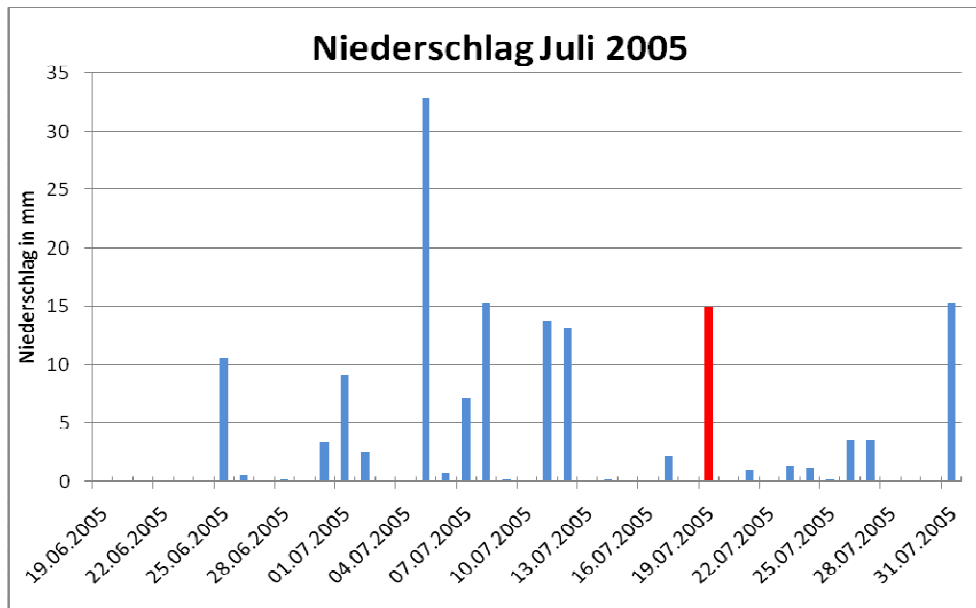


Abbildung 6.34: täglicher Niederschlag des Monats November 2005 (Ereignistag rot markiert)
(eigene Abbildung).

Am 19. Juli ereignete sich im Schleyerbach eine Mure, der ein Niederschlag von 15 mm vorausging. Zuvor war es fast eine Woche trocken. Obwohl mit 15 mm eine relativ geringe Menge niedergegangen war, löste sich eine Mure.

6.5.2 Materialeigenschaft

In diesem Kapitel wird das Ergebnis der Korngrößenanalyse dargestellt. Die einzelnen Korngrößen und die Verteilung der einzelnen Größen zueinander prägen die Eigenschaften des Bodens bzw. des Substrate. Die Möglichkeit Wasser zu speichern bzw. in Wasser gelöste Stoffe zu binden, wird vor allem durch die Körnung beeinflusst. Die Bodentextur ist ein relativ konstantes Kriterium der Bodenbewertung (Kuntze et al. 1994). Die Bodenprobenanalyse wurde nach ÖNORM durchgeführt. Insgesamt wurden neun Proben zur Repräsentation des gesamten Hanges genommen. Zwei im oberen, vier im mittleren und drei im unteren Hangrutschungsbereich. Bei der Entnahme der Bodenproben konnten kaum bodenbildende Prozesse erkannt werden, da aufgrund der Ereignisse der Hangrutschung nur gestörte Bodenhorizonte gefunden werden konnten. Aufgrund der anhaltenden Bewegung kommt es kaum zu einer Bodenentwicklung. Weiters konnte festgestellt werden, dass das im Material vorkommende Gestein, vor allem Schiefer, bereits einen hohen Verwitterungsgrad aufweist.

Tabelle 6.1: Probenliste, Proben vom 16.Oktober 2007

Probenliste		
Nr.	Name	Lage
1	OR1	Unterhalb der Bruchkante (flachgr. Translationsr.)
2	OR2	An der Scherfläche (flachgr. Translationsr.)
3	MR1	Unterhalb der Bruchkante (tiefgr. Rotationsr.)
4	MR2	An der Bruchkante (tiefgr. Rotationsr.)
5	MR3	Seitliche flachgründige Translationsrutschung
6	MR4	Bereich frisch aufgetretener flachgr. Translationr.
7	UR1	Rechter Bereich der Hangrutschung (Wall)
8	UR2	Mittlerer Bereich der Hangrutschung
9	UR3	Geländekante am Weg

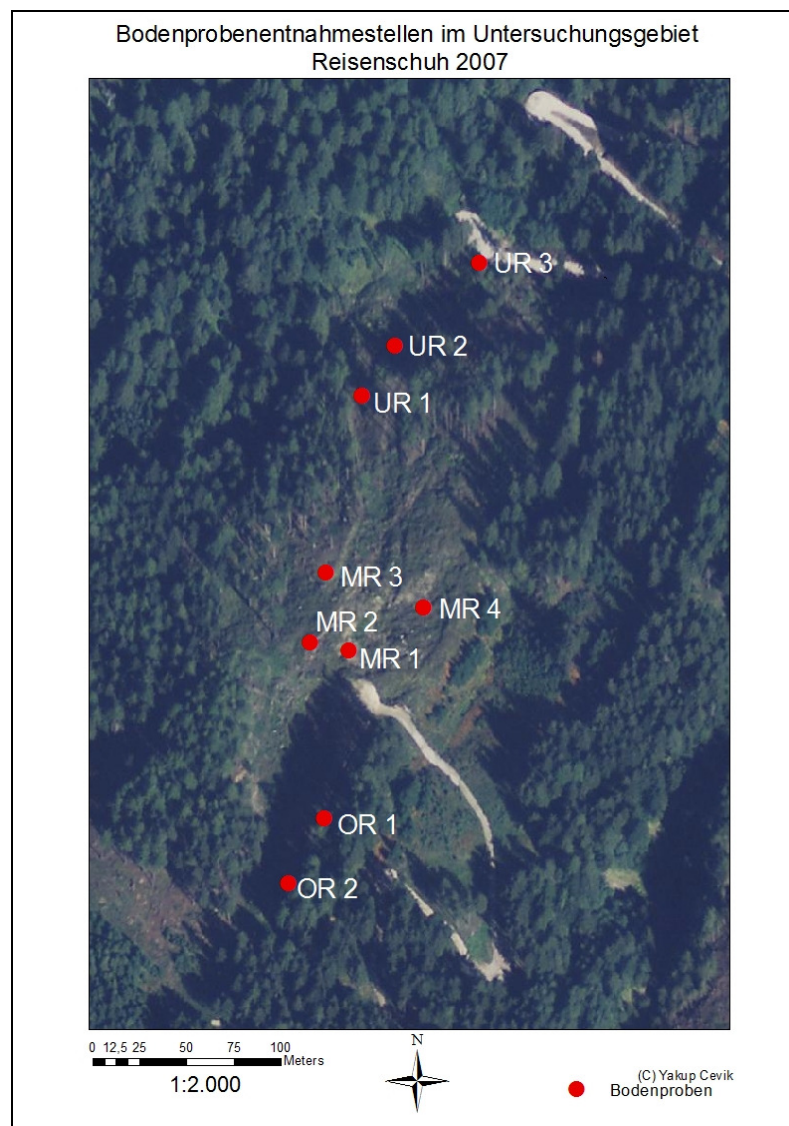


Abbildung 6.35: Standorte der Bodenprobenentnahme (eigene Abbildung).

Obwohl es am Tag der Bodenentnahme nicht regnete, war der Boden aufgrund von Niederschlägen der Vortage sehr feucht. Der Wassergehalt wurde daher nicht ermittelt. Wie man in der folgenden Abbildung erkennen kann, weisen die einzelnen Atro Proben (Anmerkung: nach 24h bei 105°C im Trockenschrank) bereits einen deutlichen Unterschied in der Farbgebung auf. Während die Farben der im oberen Bereich genommen Proben nahezu gleich sind, unterscheiden sich die Proben im mittleren Bereich. Alle vier genommen Proben weisen eine deutlich differenzierte Farbe auf. Die drei im unteren Bereich genommenen Proben sind farblich wiederum sehr ähnlich.

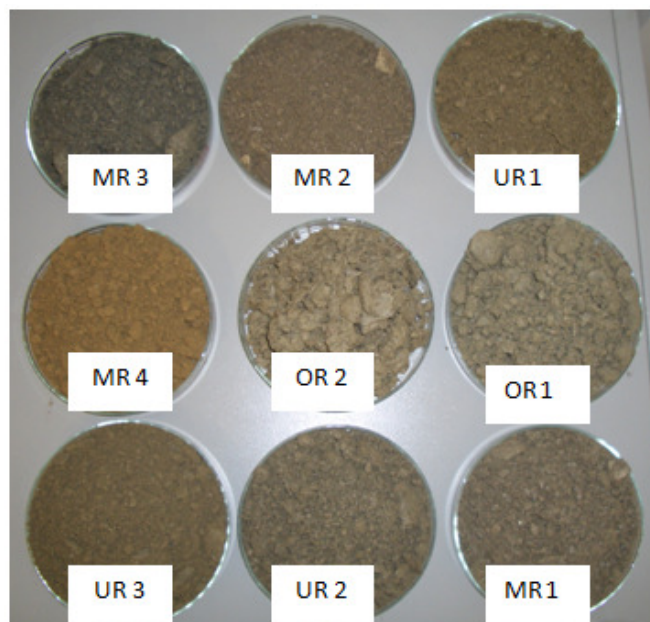


Abbildung 6.36: Atro Bodenproben (eigenes Foto Oktober 2007).

Nach der Laboranalyse wurden die gewonnenen Werte gemäß ÖNORM berechnet. Die Eingabeblätter und Ergebnisse jeder einzelnen Probe finden sich im Anhang dieser Arbeit wieder. In Folge werden die Ergebnisse der Nasssiebung und Pipettierung für jede einzelne Probe in Kornfraktion in Prozent dargestellt. Die Bodensedimentart kann aus dem österreichischen Texturdreieck ÖNORM L 1050 in Abbildung 6.36 herausgelesen werden.

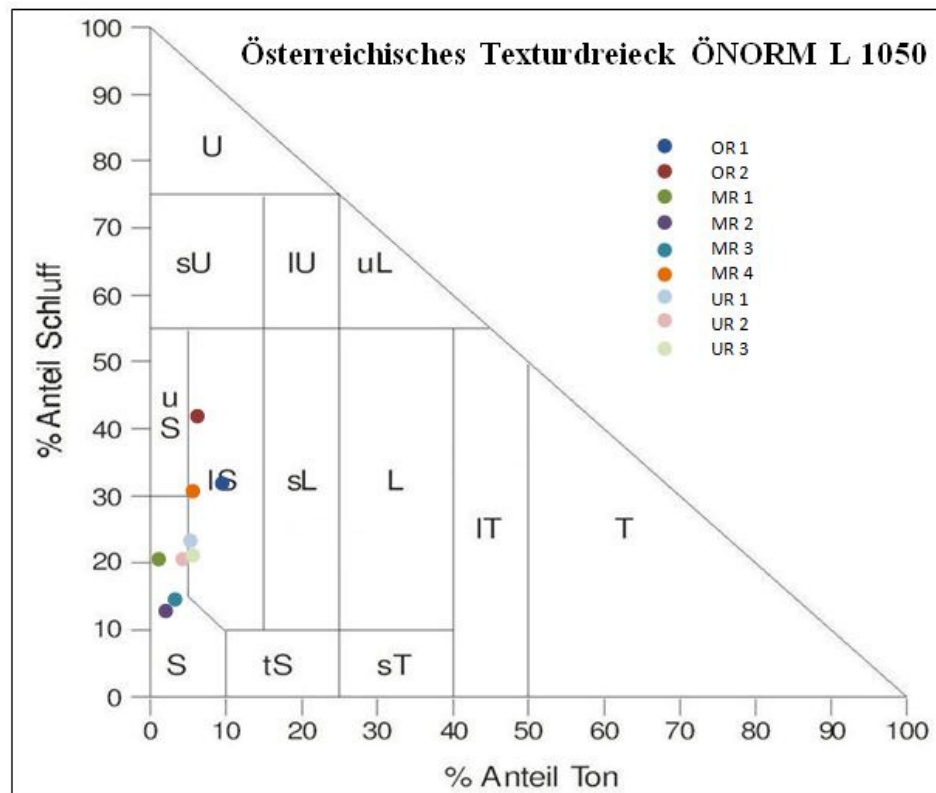


Abbildung 6.37: Probeneintrag in das österreichische Texturdreieck gemäß ÖNORM L 1050 (eigene Darstellung auf Basis des Texturdreiecks).

Tabelle 6.2: Masseanteil der Fraktion in Prozent Feinboden

Nr. der Probe	Kornfraktion in %			Bodenart
	Ton < 2 μ	Schluff 2 μ - 63 μ	Sand 0,063 - 2mm	
OR 1	9,40	33,95	56,65	lehmiger Sand
OR 2	7,89	43,07	49,05	lehmiger Sand
MR 1	1,94	20,15	77,91	Sand
MR 2	2,41	14,98	82,62	Sand
MR 3	3,73	15,63	80,64	Sand
MR 4	6,40	31,54	62,06	lehmiger Sand
UR 1	5,51	24,19	70,30	lehmiger Sand
UR 2	4,76	20,88	74,36	Sand
UR 3	5,70	22,60	71,70	lehmiger Sand

Wie man in der Tabelle 6.2 erkennen kann, ist der Tongehalt aller Proben relativ gering und liegt zwischen 1,94 % und 9,40 %. Der höchste Tonanteil liegt in den beiden analysierten Bodenproben OR 1 und OR 2 im obersten Bereich des Hanges. Die Werte des Tonanteils der im unteren Teil des Hanges genommenen Proben liegen relativ nah beieinander. Aufgrund des etwas geringeren Tonwertes der Probe UR 2 unter 5 % wird die

Bodensedimentart als Sand angegeben. Die größte Variation der Werte liegt im mittleren Hangrutschungsbereich vor. Hier findet sich auch der geringste Tonwert mit 1,94 % wieder.

Die Schluffwerte haben eine Spannweite, die zwischen 14,98 % und 43,07 % liegt. Auch hier sind die Höchstwerte wieder in den Proben OR 1 und OR 2 zu finden. Der mit Abstand höchste Wert ist in der Probe OR 2 zu finden. Im mittleren Bereich ist wieder ein deutlicher Unterschied der Werte festzustellen. Hier wurden auch die Proben MR2 und MR 3 mit den geringsten Schluffwerten genommen. Die Werte im unteren Bereich unterscheiden sich wieder nur minimal.

Der Sandanteil liegt bei fast allen Proben bei 50 Prozent und darüber. Bei den Proben OR 1 und OR 2 ist der Sandanteil von allen Proben am geringsten. Im mittleren Bereich liegen die Werte der Proben MR 1,2 und 3 relativ nah beisammen, während MR 4 im Vergleich dazu einen deutlich niedrigeren Wert aufweist. Im unteren Bereich liegen die Werte wieder eng zusammen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass alle Proben relativ ähnlich sind. Alle weisen einen relativ hohen Sandgehalt auf. Die Bodensedimentart ist daher Sand bzw. bei jenen Proben, wo der Tongehalt über fünf Prozent liegt, lehmiger Sand. Weiters lässt sich erkennen, dass sowohl die Werte im oberen, als auch im untern Bereich jeweils sehr nah zusammen liegen. Die im mittleren Bereich genommen Proben weisen die größten Differenzen auf.

Wie man in Abbildung 6.38 erkennen kann, ist die Korngrößenverteilung des Feinbodens, vor allem bei den Proben im unteren Hangbereich sehr ähnlich. Durch den hohen Schluffgehalt ist die Probe OR 2 der Ausreißer der insgesamt neun Bodenproben. Durch folgende Diagramme lassen sich die in Tabelle 6.2 genannten und zuvor beschriebenen Werte nochmals graphisch darstellen.

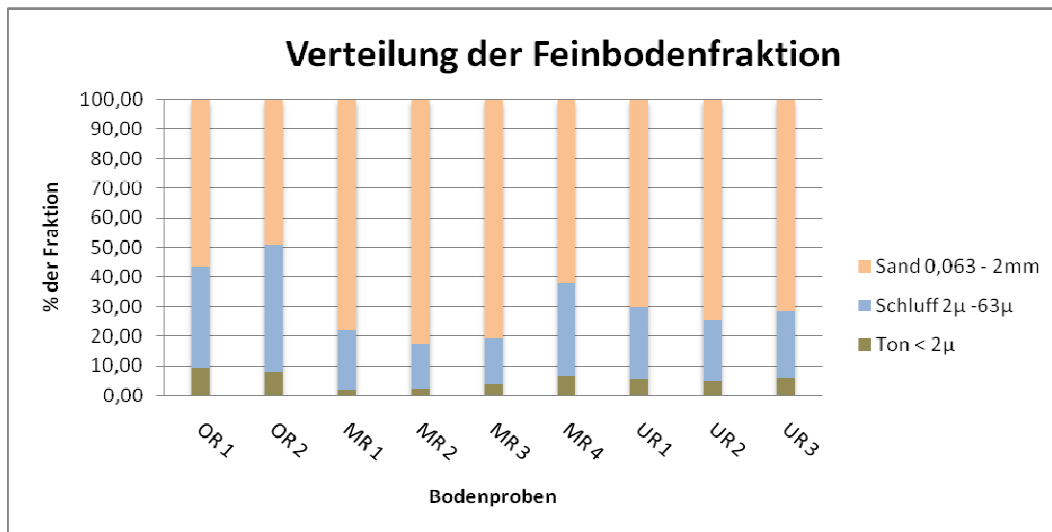


Abbildung 6.38: Häufigkeitsdiagramm der Feinbodenfraktion (eigene Abbildung).

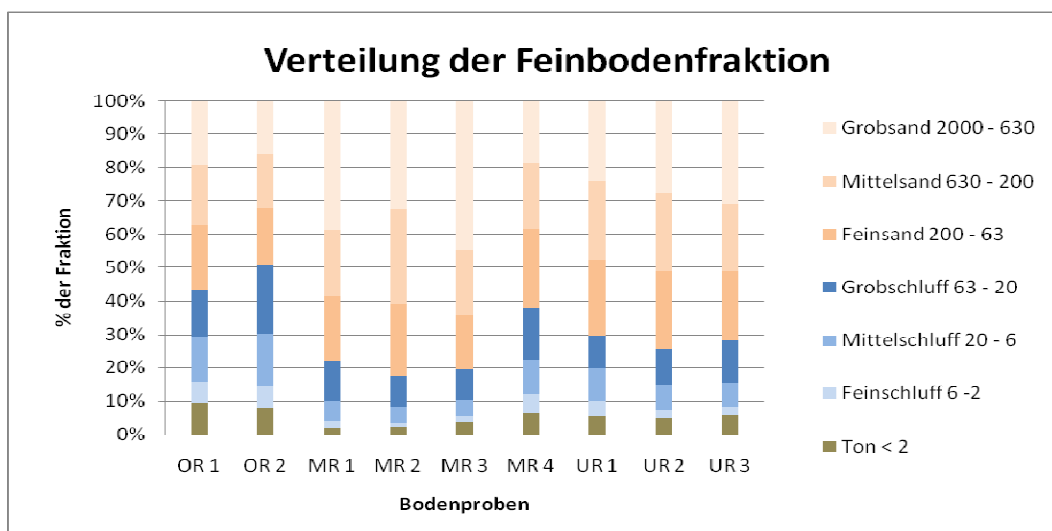


Abbildung 6.39: Häufigkeitsdiagramm der Feinbodenfraktion gegliedert (eigene Abbildung).

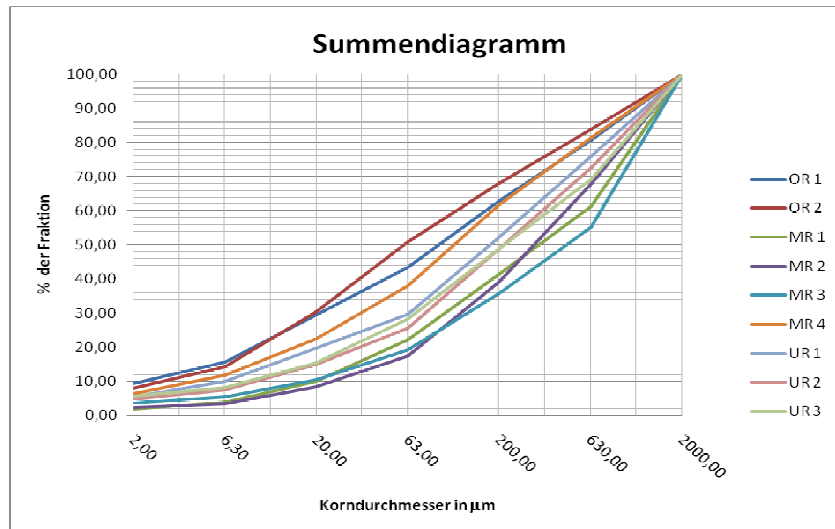


Abbildung 6.40: Summendiagramm der Bodenproben (eigene Abbildung).

Das Ergebnis des Kiesgehaltes, jener Fraktion dessen Korngröße größer als 2 mm ist, wird in folgender Abbildung dargestellt. Der Kiesgehalt der Proben liegt zwischen 15 % und 42 %. Der Kiesgehalt variiert zwischen den einzelnen Proben recht stark, da er in Prozent der Gesamtmasse berechnet wurde. Somit treten hier höhere Schwankungen der Stichprobenwerte auf. Alle Proben können als mittel bis stark steiniger und kiesiger Grobboden bezeichnet werden.

Tabelle 6.3: Bodenskelett

Probe	Kies in % der Gesamtmasseanteils
OR 1	27,94
OR 2	21,87
MR 1	42,06
MR 2	33,96
MR 3	39,25
MR 4	15,21
UR 1	21,18
UR 2	32,81
UR 3	30,28

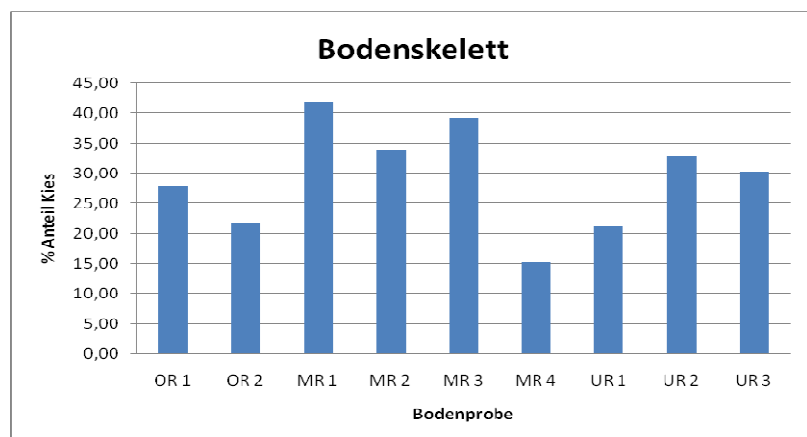


Abbildung 6.41: Bodenskelett (eigene Abbildung).

6.6 Anthropogene Einflüsse

Neben den natürlichen Einflussfaktoren auf den Bewegungsprozess konnten im Untersuchungsgebiet auch anthropogene Einflüsse nachgewiesen werden. Daher soll der Einfluss durch den Menschen auf die Auswirkungen im Untersuchungsgebiet beleuchtet werden. Durch menschliche Tätigkeiten im Gelände könnten gravitative Massenbewegungen aktiviert bzw. reaktiviert worden sein.

6.6.1 Einflussfaktor Bergbau

Im Pflerschtal kam es zu einem intensiven Gesteinsabbau im Mittelalter, welcher sich teilweise noch bis ins 20. Jahrhundert fortsetzte.

Historisch lässt es sich heute kaum mehr nachvollziehen, wie viele Stollen und Gruben in diesem Gebiet bearbeitet wurden. Durch die natürliche Erosion und durch den Bau der Skipisten und der Liftanlage gingen leider fast alle Überreste des Bergbaus verloren (Kofler 2003). Jedoch gibt es viele Indizien die Hinweise auf den Bergbau im Untersuchungsgebiet geben. Der Name der durch die gravitative Massenbewegung gefährdeten Siedlung Halde, zeigt ganz deutlich die Bergwerkstätigkeit, die bis zum heutigen Tage erhalten ist. Auch oberhalb des Hangrutschungsgebietes war vor allem das Gebiet des Röckbachgrabens bis zu den Almen von Ladurns das wohl wichtigste Abbaugbiet im Pflersch. Hier waren die längsten und tiefsten Stollen zu finden. Laut Dr. Kofler (2007, persönliche Mitteilung) befanden sich unterhalb der Ladurner Alm Gruben am Hang der Holzstuben und des Schwarzwaldes. In diesem Gebiet wurde der Bergbau bis in das 20. Jahrhundert betrieben. Die Möglichkeit ehemalige Stollen im Untersuchungsgebiet über das mittelalterliche Verleihbuch des Berggerichtes, welches die Besitzer und Stollen dokumentierte, zu finden, ist in diesem Fall keine Hilfe, da die Anzahl der Verleihungen nicht gleich die Anzahl der Gruben und Stollen darstellt, da Stollen häufiger ihren Besitzer und ihren Namen änderten und die genauen Standorte heute nicht immer bekannt sind.

Obwohl man aufgrund der vielen Indizien durch die Literatur und Namensgebungen davon ausgehen kann, dass hier im Untersuchungsgebiet intensiver Bergbau betrieben wurde, können jedoch keine genauen Verortungen der Stollen gemacht werden. Durch die methodische Suche nach bestimmten Merkmalen des Bergbaus konnten alte Stollen lokalisiert werden. Im Zuge der Feldbegehung konnten im Bereich zwischen dem Skilift

und der westlichen Grenze der mittleren gravitativen Massenbewegung im Wald zwei Stellen entdeckt werden, auf die die im Methodenteil beschriebenen Kriterien zutrafen. Herausragende, gestapelte, kantige, teilweise bewachsene Gesteine konnten als alte Halden erkannt werden. Nicht brauchbares Abbaumaterial, sogenanntes Totgestein, wurde zumeist neben den Stolleneingängen abgelagert. In der Abbildung 6.42 erkennt man deutlich die bemoosten Ablagerungen von kantigem Gestein mit einer Höhe von ca. 1 bis 1,5 Meter. Der Fund dieser aus dem Gelände herausragenden Ablagerungen beweist somit auch die Bergbautätigkeit im Untersuchungsgebiet.



Abbildung 6.42: Historische Ablagerungsstellen des Bergbaus (eigene Fotos 2007).

6.6.2 Einflussfaktor Rodung

Eine Folge des Bergbaus war, dass der Bedarf an Holz im Pflerscher Raum radikal anstieg und somit die Wälder immer stärker gerodet und genutzt wurden.

Jedoch war Holz als Baustoff notwendig, um Gruben auszumauern und abzustützen und um die Schmelzöfen betreiben zu können (Kofler 2004). Es kam zu teilweise exzessiver Waldnutzung für die Schmelz- und Hüttwerke. Zusätzlich wurde die Energie der Holzverbrennung auch für die Harz- und Pechgewinnung gebraucht. Durch die Ansiedlung vieler Bergleute stieg auch der Bedarf an landwirtschaftlichen Nutzungsflächen, Infrastrukturen und Baumaterialien. Es gab zwar erste Regelungen, durch die die massive Rodung reduziert und kontrolliert werden sollte, jedoch konnte der Wald dadurch auch nicht wirklich geschützt werden (Kofler 2004).

Ein Beweis hierfür kann jedoch nicht erbracht werden, da hierfür die Datengrundlage fehlt.

6.6.3 Einflussfaktor Landwirtschaft

Obwohl die Pflerscher Landwirtschaft heute ihren Schwerpunkt in der Milchproduktion hat, wurde durch die starke Ansiedlung der Bergleute im Mittelalter verstärkt Landwirtschaft ausgeübt, welche oft nur als Folge von Rodung betrieben werden konnte. Durch die künstliche Bewässerung oder durch die Entwässerung des Bodens gibt es hier einen starken Einfluss auf gravitative Prozesse unter Annahme, dass Landwirtschaft betrieben wurde. Zuviel Wasser führt zu einer Durchfeuchtung des Bodens, während eine Entwässerung des Bodens das Bodenvolumen ändert. Es können sich Trockenrisse oder Schrumpfrisse bilden. Es handelt sich in Folge meist um langsame Massenbewegungsprozesse (Hartge 1978).

Ein Beweis das Landwirtschaft im Untersuchungsgebiet betrieben wurde, kann aufgrund fehlender Datengrundlage jedoch nicht bewiesen werden.

6.6.4 Einflussfaktor Wintertourismus

Der Tourismus ist mittlerweile eine wesentliche Lebensgrundlage der Pflerscher Bevölkerung. Der Eingriff durch den Wintertourismus in das Gelände mit dem Skigebiet Ladurns hat ökologische Folgen. Der Skilift des Ladurner Skigebietes startet in unmittelbarer Nähe der untersuchten gravitativen Massenbewegung. Der anwachsende Tourismus in bereits potentiell von Massenbewegung gefährdetem Gebiet hat Auswirkungen auf die unterschiedlichsten Prozesstypen.

Für die Entstehung des Skigebietes kam es zum Bau von neuem Siedlungsraum und Infrastruktur bzw. Verkehrswegen. Große Flächen werden für Infrastruktureinrichtungen (Parkplätze, Hotels, Straßen, Lifte, Restaurants etc.) verwendet und versiegeln den Boden. Um breite Pisten bzw. Skilifte zu Verfügung zu stellen, wurden weitere Rodungen durchgeführt. Des Weiteren wird durch Skipistenplanierungen, künstlichen Beschneiungsanlagen und nicht zuletzt durch die Skikanten selbst der Hang der Hang belastet.

7. Diskussion

In diesem Kapitel sollen die Ergebnisse interpretiert und die zu Beginn der Arbeit aufgestellten Hypothesen überprüft werden.

7.1 Geomorphologische Kartierung

Das um das Untersuchungsgebiet gelegene Areal ist durch viele Hangmulden, Ablagerungen und alte Abrisskanten gekennzeichnet. Dieses raue Relief, welches man auch im DGM sehr gut erkennen kann, ist bereits vollständig mit Vegetation bewachsen und weist weiche Geländeformen auf. Es handelt sich offensichtlich um ein Gebiet alter gravitativer Massenbewegungen. Nachdem die Ereignisse zeitlich länger zurückliegen und viele der Indizien durch Erosion, Verwitterung oder neueren Prozessen verschwunden sind, können alte gravitative Massenbewegungen nur schwer nach Alter und Prozess untersucht werden. Die Vermutung, dass die gravitative Massenbewegung im Untersuchungsgebiet aus einer alten reaktiviert wurde, ist sehr wahrscheinlich und könnte auch auf das umliegende Gebiet in Zukunft zutreffen. Wie in Kapitel 4 erwähnt wurde kam es im Jahr 1420 zu vielen gravitativen Massenbewegungen, durch die Erzadern freigelegt wurden (Kofler 2003). Es wäre daher möglich, dass die untersuchte komplexe Hangrutschung damals erstmalig aktiviert wurde. Es besteht daher die Gefahr, dass nach starken oder langandauernden Niederschlägen auch andere Hangrutschungen im Bereich Ladurns reaktiviert werden können. Historische Hangrutschungen könnten auch durch anthropogenen Eingriff reaktiviert werden. Diese alten Rutschungshänge sind oft nur scheinbar zur Ruhe gekommen und können durch bestimmte Faktoren reaktiviert werden.

Anzeichen für die Reaktivierung kann man bereits an der orographisch linken Grenze zum Untersuchungsgebiet erkennen. Durch ein gerissenes Drainagerohr fließt das austretende Wasser in den benachbarten Bereich alter gravitativer Massenbewegungen und reaktivierte bereits kleine, oberflächliche Hangrutschungen. Des Weiteren sind auch kleinere Anrisse zu erkennen. Aus diesem Bereich geht jedoch keine große Gefahr aus, zeigt jedoch die Sensibilität des Geländes auf externe Einflüsse.

Am untersuchten Hang wurden bis zu dem Jahr 2000 keine wissenschaftlichen Untersuchungen durchgeführt. Selbst das Erstereignis aus dem Jahr 2000 wurde aufgrund geringer Aktivität nur marginal beschrieben. Aufgrund fehlender historischer

Aufzeichnungen und vieler (möglichen) Einflussfaktoren, ist es schwierig diese gravitative Massenbewegung auf alle Einflussfaktoren zu analysieren.

Es handelt sich im Untersuchungsgebiet um eine komplexe Hangrutschung, in der tiefgründige als auch flachgründige, sowohl langsame als auch schnelle Bewegungen und sowohl Translations- als auch Rotationsrutschung auftreten. Die komplexe Hangrutschung wird von dem murfähigen Schleyergraben im Osten abgegrenzt, der ebenfalls Einfluss auf die Hangbewegung haben könnte. Den größten Teil im Untersuchungsgebiet nimmt die tiefgründige Rotationsrutschung ein, welche sich kriechend und somit langsam talwärts bewegt. Jedoch kommen auch schnelle Ereignisse, wie die Murgänge im Schleyerbach und jene, die aus der Rotationsrutschung hervorgestoßen sind, vor. Der Verlauf der Scherfläche kann zurzeit nur vermutet werden. Sie wird aufgrund einer Inklinometermessung im oberen Bereich auf eine Tiefe von 15 Meter geschätzt, die sich jedoch talwärts verändern kann. Die Scherfläche kann sich entweder im Boden selbst befinden oder die Grenze zwischen dem Boden und dem anstehenden Gestein bilden, was wahrscheinlicher ist.

Deutlich erscheint der Niederschlag als Auslöser für die Ereignisse 2000 und 2002, sowie für die Murereignisse in den Jahren 2005 und 2007. Trotz starker Niederschläge nach dem Ereignis aus dem Jahr 2002 wurden aus der gravitativen Massenbewegung nur wenige weitere Vorfälle in diesem Ausmaß initiiert. Sie ist zwar aufgrund der zu erkennenden Anrisskanten und Geländestufen immer noch aktiv, jedoch konnten keine weiteren größeren Ereignisse registriert werden. Obwohl im Schleyergraben 2005 und 2007 nach starken Niederschlägen Muren abgegangen sind, lösten sich im Untersuchungsgebiet lediglich kleinere oberflächliche Hangrutschungen. Dies könnte an der Drainage des Hanges liegen. Des Weiteren wäre es möglich, dass noch andere Faktoren für die Destabilisierung des Hanges mitverantwortlich sind.

Aus dem obersten Bereich sind keine Gefahren für Bauwerke oder Menschen zu erwarten. Die kleineren oberflächlichen Hangrutschungen, die zwar auftreten, werden nach wenigen Metern im Plateau abgelagert. Auf der orographisch rechten Seite ist die Böschung nur wenige Meter hoch. Die auftretenden oberflächlichen gravitativen Massenbewegungen weisen daher eine kurze Transportstrecke auf. Auf der orographisch linken Seite sind aufgrund des Ausgangsgesteins mit einer dünnen Auflage keine gravitativen Massenbewegungen zu erwarten. Ein Problem, vor allem nach starken Niederschlägen,

könnte das Retentionsbecken der Drainage sein, das bei großen Mengen das Wasser nicht mehr ableiten kann über den Beckenrand fließt und somit ein Nassstauungs im Bereich der Abrisskante bilden kann.

Der mittlere Bereich zeigt mit den vielen parallel zu einander laufenden Abrisskanten die Aktualität der Bewegung. Auch die vielen kleineren flachgründigen Translationsrutschungen weisen auf Prozesse im Hang hin. Die oberflächlichen Hangrutschungen sind nur maximal 50 cm tief und reagieren daher schnell auf Niederschlagsänderungen, sowie auf Hangbe- und entlastungen. Dies gilt auch für die Masse der tiefgründigen Rotationsrutschung gelten, die sich in feuchten Monaten stärker als in trockenen bewegen müsste. Auch Bodenfrost des Bodenwassers kann als auslösend für den Prozess angenommen werden.

Trotz der Drainage ist eine große Menge Wasser im Hang vorhanden. Viele kleinere Quellen, Gerinne und Wasserstauungen weisen auf die Feuchtigkeit im Hang hin. Auch einige Wasserstauungsbereiche lassen sich im Sommer durch eine farblich grün herausstechende Feuchtvegetation im Gelände verorten. Auch am Fuß der gravitativen Massenbewegung rinnt das Wasser aus dem Hang. Die Fläche der Hangrutschung ist für eine flächendeckende Drainage zu groß und vor allem im mittleren Bereich flacher als im unteren und bietet daher dem Niederschlag eine größere Fläche zur Infiltration.

Aufgrund der starken Bodenbewegungen ist das Bodenmaterial aufgelockert und die Geländeoberfläche zerrissen. Daher ist die Wasseraufnahmefähigkeit der Bodenschichten relativ hoch. Zusätzlich fehlt eine schützende Vegetation. Bäume könnten mit ihren Wurzeln die Bodenkrume festigen. In Folge dessen und aufgrund stärkerer Niederschlagsmengen bzw. -intensitäten ist daher im Untersuchungsgebiet vermehrt mit Aktivitäten zu rechnen. Obwohl offensichtlich Wasser im Hang vorhanden ist, konnte jedoch mit dem Piezometer kein Grundwasser gemessen werden. Dies könnte daran liegen, dass lokal am Standort des Piezometers aufgrund geologischer Erscheinungen kein Wasser auftritt bzw. das Wasser in tieferen Schichten abfließt. Man könnte im unteren Bereich der gravitativen Massenbewegung daher nochmals eine Piezometermessung durchführen. Sowohl der Autor als auch das Geologische Amt Südtirols können eine Instabilisierung des gesamten Hanges nicht ausschließen.

An einigen Materialablagerungsbereichen erkennt man Wiederholungen der Aktivitäten aufgrund verschiedenartiger Strukturen, da mehrfach Material übereinander geschoben wurde. Dies wird am Schuttkegel direkt unterhalb der Abrissnische und dem daran talwärts anschließenden Schuttfächer deutlich.

Eine Vorhersage einer möglichen Reaktivierung von Hangrutschungen erscheint jedoch schwierig und erfordert eine große Bandbreite an weiteren Untersuchungsmethoden.

Aktuelle gravitative Massenbewegungen können von der Reissenschuh-Hangrutschung aus dem Jahr 2000 und der Reaktivierung aus dem Jahr 2002, sowie von älteren Bewegungen unterschieden werden.

Die gravitative Massenbewegung im Untersuchungsgebiet kann deutlich von älteren Prozessen im Gelände abgegrenzt werden. Das umliegende Gebiet ist durch keine Aktivität (außer an der zuvor beschriebenen Stelle des auslaufenden Drainagerohrs) aufgefallen und wird durch eine weiche, runde und bewachsene Oberfläche gekennzeichnet. Das Hangrutschungsgebiet aus dem Jahr 2002 kann ebenfalls deutlich aufgrund der Ereignisdokumentation und der materialdurchmischten, relativ vegetationsarmen Beschaffenheit erkannt werden. Sie kann jedoch von den Ereignissen aus dem Jahr 2000 nicht unterschieden werden, da hier genauere Aufzeichnungen über die erste Aktivierung fehlen. Deutlich stechen aktuelle, frische gravitative Massenbewegungen aus dem Gelände durch ihre dunkle, nasse, vegetationslose Oberfläche hervor. Somit kann die oben aufgestellte Hypothese bestätigt werden.

7.2 Analyse des Schleyerbachgrabens

Aus dem Schleyerbachgraben gingen in den letzten Jahren bereits einige Murereignisse hervor. An den teilweise steilen und hohen Böschungen des Wildbaches sind bereits einige gravitative Massenbewegungen in den Bach abgerutscht. Als Folge dessen wurde nicht nur Bodenmaterial abgelagert, sondern auch Bäume verkeilten sich im Bachbett, was dazu führte, dass sich Material im hinteren Bereich aufstauen konnte. Aus dem Schleyerbachgraben geht daher nach starken bzw. langen Niederschlägen die Gefahr von Murgängen aus. Im Bereich, wo der Bach den Wegrand trifft und sein Fließrichtung talwärts ändert, dürfte der Schleyerbach bereits aus dem Bachbett getreten sein. Die Folge dessen könnte eine Durchfeuchtung des Bodens oberhalb des Untersuchungsgebietes

gewesen sein. Somit könnte man auch annehmen, dass der Wildbach die gravitative Massenbewegung beeinflusst hat. Auch im Bachbett selbst könnte es zu einer Durchfeuchtung der Böschungen gekommen sein. Aufgrund der Nähe zum Untersuchungsgebiet kann auch hier ein Einfluss auf die Hanghydrologie vermutet werden.

7.3 Natürliche Einflüsse

7.3.1 Niederschlag in Verbindung mit den Ereignissen

Der Niederschlag ist nicht nur vorbereitender, sondern auch auslösender Faktor, der zur Destabilisierung des Hanges geführt hat. Das Ereignis aus dem Jahr 2000 war durch eine lange Niederschlagsperiode gekennzeichnet, während 2002 die gravitative Massenbewegung durch kurzen Starkniederschlag ausgelöst wurde. Wie die Niederschlagsdarstellung in Kapitel 6 beweist, handelt es sich in beiden Jahren um die niederschlagsreichsten der letzten Jahre. Wenn man jedoch die Murgangereignisse näher betrachtet, fällt auf, dass im Vergleich zu anderen Tagen, der Niederschlag deutlich geringer war. Während 2005 und 2007 nach Niederschlägen Muren abgegangen sind, kam es aber nach Tagen mit deutlich stärkeren Regenfällen zu keinen Murgängen. Dies könnte am fehlenden Material im Schleyergraben liegen, welches zuvor durch Muren ausgeräumt wurde. Des Weiteren könnte es sein, dass der Niederschlag nicht der einzige Einfluss auf die Mure und die komplexe Hangrutschung ist, sondern nur in der Kombination mit anderen Faktoren zum Auslöser wird.

Eine statistische Analyse für die Berechnung der Korrelation des Niederschlages mit dem Naturereignis kann momentan nicht optimal durchgeführt werden, da aufgrund fehlender Parameter die nominalverteilte Variable „Ereignis“ nicht mit den metrischen Variablen des „Niederschlages“ korreliert werden kann. Die Möglichkeit über eine Kreuztabelle einen statistischen Zusammenhang zu erkennen, ist aufgrund der Tageswerte des Niederschlages nicht sinnvoll, da die Niederschlagsereignisse nicht vergleichbar sind. Die Niederschlagsintensität ist aus dem Diagramm nur verzerrt zu erkennen. So würde ein nächtlicher Niederschlag statistisch mit 2 durchschnittlichen Niederschlagstagen dargestellt werden, während dieselbe Niederschlagsmenge an einem Tag als hoch zu bezeichnen wäre.

Ein IPCC-Szenario sagt eine Zunahme des Niederschlages und eine Temperaturerhöhung im Alpenraum voraus und in Folge dessen eine Verstärkung der Aktivität der kleineren

Hangrutschungen ($< 1\text{km}^2$) in Höhen von weniger als 1.500 Meter (Liehr 2006). Nachdem der Niederschlag einen starken Einfluss auf die Hangstabilität hat, könnte es daher vermehrt zu Aktivierungen bzw. Reaktivierungen gravitativer Massenbewegungen kommen.

An dieser Stelle sei auch ein möglicher Einfluss aufgrund der Erhöhung der lokalen Temperatur erwähnt. Vor allem im alpinen Bereich kann hier eine Veränderung einen starken Einfluss auf gravitative Prozesse haben. Durch die hohen Herbsttemperaturen im Jahr 2002 wurde die Schneefallgrenze nach oben verschoben und somit weniger Niederschlag temporär gespeichert. Dadurch konnte mehr Wasser in den Hang eindringen. Durch Schwankungen der Nullgradgrenze kann auch die Hanghydrologie verändert werden. Sedimentspeicher in höher gelegenen Bereichen können aufgrund höherer Temperaturen vermehrt freigegeben werden, was vor allem für das Geschiebematerial des Schleierbaches relevant ist.

7.3.2 Materialeigenschaft

Neben der Korngrößenanalyse, die durchgeführt wurde, könnten weitere Messungen der Proben Aufschluss über die Eigenschaft geben.

In Anbetracht der aktuellen Datenlage kann nur ein allgemeiner Überblick über die Materialeigenschaft wiedergegeben werden. Weitere Bodenproben sowie Bohrungen wären hilfreich, um die Materialeigenschaften der gravitative Massenbewegung an der Scherfläche bzw. im Hangrutschungskörper abschätzen zu können.

Es wurden neun Proben an unterschiedlichen Stellen im Gelände genommen und analysiert. Das Ergebnis der Korngrößenverteilung kann aufgrund der Ereignisse im Gelände sehr unterschiedlich ausfallen. Daher können nur wenige Zentimeter neben der genommenen Bodenprobe andere Ergebnisse der Korngröße auftreten. Es handelt sich um Stichproben, die umso repräsentativer werden, je mehr Proben genommen werden. Zusätzlich wird im Labor eine geringe Menge für die Analyse genommen. Auch hier kann aufgrund der genommenen Stichprobe ein Unterschied zu anderen Proben auftreten. Ein kleiner Stein in der Probe kann bei der geringen Menge eine deutliche prozentuelle Veränderung der Korngrößenfraktion bewirken. Jedoch soll an dieser Stelle nur ein Überblick über die Korngrößenfraktion gegeben werden.

Im Gelände konnte festgestellt werden, dass kaum Bodenbildungsprozesse stattgefunden haben bzw. stattfinden. Das Material tritt in durchmischter und relativ lockerer Form auf. Das Bodenmaterial ist aufgrund der starken Bewegung teilweise sehr stark verwittert. Das Wasser kann daher durch die grobkörnigen oberflächlichen Schichten relativ rasch in den Hang eindringen.

Durch die Laboranalyse konnte festgestellt werden, dass sich anteilmäßig sehr viel Sand in den Proben befindet. Der Tonanteil ist relativ gering, was daran liegen kann, dass die kleinen Tonpartikel von den oberflächlichen Lagen aufgrund der lockeren und zerklüfteten Oberfläche in tiefere transportiert wurden. Es könnte daher sein, dass an der Gleitfläche ein deutlich höherer Tonanteil zu finden ist. Der abgelagerte Ton könnte an der Scherfläche eine kompakte wasserundurchlässige Schicht gebildet haben, an der sich das Wasser staut. Sobald viel Wasser vorhanden ist wird der Porenwasserdruck im Porenraum gelöst und die Partikel werden durch das Wasser getrennt und das Material bewegt sich in Folge dessen talwärts. Laut Ahnert (1999) wird die Instabilität der tonhaltigen Schichten höher, je mächtiger das den Tonen aufliegende Gestein ist. Daher könnte es sich im Untersuchungsgebiet um eine Tonschicht handeln, die die Scherfläche bildet.

Vor allem der unterste Bereich der Hangrutschung ist aufgrund des steilen Geländes bei starken Niederschlägen und unterirdischen Wasservorkommen für ein Ereignis stark gefährdet. Die seitlichen Wälle sind sehr stabil und das Material komprimiert. Das lockere Transportmaterial dazwischen könnte bei einer Instabilität aufgrund des steilen Geländes eine hohe Geschwindigkeit erreichen und neben dem Wasserreservoir auch die Siedlung Halde erreichen.

7.4 Anthropogener Einfluss auf die gravitative Massenbewegung

Neben den natürlichen Einflussfaktoren auf den Bewegungsprozess konnten im Untersuchungsgebiet anthropogene Einflüsse nachgewiesen werden. Nicht nur durch historische Aufzeichnungen, sondern auch durch den Fund zweier alten Halden nahe dem Untersuchungsgebiet konnte die Aktivität des Menschen durch Bergbau im Gelände aufgezeigt werden.

Durch anthropogene Eingriffe könnte es zu einer Veränderung der Hanggeometrie und der Hanghydrologie gekommen sein. Somit änderten sich die im Hang wirkenden Kräfte,

welche zu gravitativen Massenbewegungen führten. Somit könnten gravitative Massenbewegungen durch menschliche Tätigkeiten im Gelände aktiviert bzw. reaktiviert worden sein.

7.4.1 Einflussfaktor Bergbau

Nachdem der Bergbau durch die Hinweise in der Literatur und Merkmale im Gelände nachgewiesen werden konnte, ist es sehr wahrscheinlich, dass der Gesteinsabbau Auswirkungen auf die Hangstabilität hatte. Es wurde intensiver Bergbau im Pflerschtal betrieben, besonders an den Hängen südlich Ladurns, jedoch sind hier keine genauen Standorte bekannt. Durch die Aushöhlung und Entfernung des Bergfußes, sowie die Auflast im Gelände durch die Ablagerung der Abraummasse konnte es zu einer Änderung der Hangstatik gekommen sein, welche die Hangstabilität beeinflusste. Dies führte zu Destabilisierungen der Hänge, welches ein leichteres Auslösen der gravitativer Massenbewegungen zur Folge hat. Dadurch, dass steilere und höher gelegene Regionen durch Bergbau bearbeitet wurden, kann es sein, dass sich der Gesteinsabbau in instabile Hanglagen oder Schuttfächern alter Murgänge ausgedehnt hat.

7.4.2 Einflussfaktor Rodung

Für den hohen Energiebedarf während des mittelalterlichen Bergbaus wurden Wälder stark gerodet. Entwaldung ist ein weiterer entscheidender anthropogener Faktor für die Zunahme gravitativer Massenbewegungen, was anhand von vielen Beispielen weltweit dokumentiert werden kann, da die Schutzwaldfunktion aufgehoben wird. Die Wurzeln der Bäume festigen den Boden, daher kann es bei der Entwaldung eines Bergwaldes zu einer Lockerung des Bodens kommen. Zusätzlich wird dem Boden Schutz vor Wind und Wasser geboten. Falsche Aufforstung nach Rodungen können den Boden nicht mehr stabilisieren. Gerade das Innerpflersch wird von Fichtenbeständen dominiert. Häufig wurde mit Fichte aufgeforstet, weil sie relativ schnell nachwächst. Sie ist allerdings ein Flachwurzelbaum und kann somit mit ihren Wurzeln nicht tief genug in den Boden wurzeln, um ihn zu stabilisieren (Veit 2002). Das Fehlen einer Vegetationsdecke kann jede Form der Massenbewegung beschleunigen und die hydrologischen Situation verändern.

Unter der Annahme, dass Rodung im Untersuchungsgebiet stattgefunden hat, kann davon ausgegangen werden, dass der Wald einen starken Einfluss auf die hydrologische Hangsituation hat. Durch die Entwaldung ändert sich die Interzeption, da das Kronendach

fehlt, und es kommt somit zu verstärktem und schnellerem Eindringen des Wassers in die Hänge. Weiters steigt der Bergwasserspiegel und der Kluftwasser- bzw. Strömungsdruck und der Oberflächenabfluss, was die Hangstabilität stark beeinflusst, da die Vegetationspumpe und das Rückhaltevermögen des Waldes fehlt. Bei steilen Hängen setzen dann vor allem linienhafte Abtragungen mit Grabenbildung sowie großflächige und tiefgreifende gravitativen Massenbewegung ein (Krauter 2003).

7.4.3 Einflussfaktor Landwirtschaft

Auch die betriebene Landwirtschaft, die oft nur als Folge von Rodung betrieben werden konnte, hatte eine Änderung der Hanghydrologie und der Bodeneigenschaften zur Folge. Landwirtschaft konnte im Gebiet Ladurns nicht nachgewiesen werden und ist daher rein spekulativ.

Sowohl Überweidung als auch Unterweidung können Massenbewegungen zur Folge haben. Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen wird die schützende natürliche Vegetationsdecke zerstört. Somit kann Niederschlags- und Abflusswasser unmittelbar in den Boden eindringen und ihn mit Wasser übersättigen. Auf Hängen können dadurch Muren entstehen (Krauter 2003). Aber auch die Unterweidung kann zu verstärkter Murenbildung und zu Hangrutschungen führen. Grashalme können sich im Extremfall bei starken Niederschlägen umlegen. Dies führt dazu, dass das Niederschlagswasser oberflächlich abfließt, ohne zu versickern. Das Wasser kann sich in Gräben und Mulden konzentriert ansammeln und Murgänge auslösen (Krauter 2003). Des Weiteren kommt es auf landwirtschaftlich genutzten Flächen oft zu Bodenverdichtungen, was eine Abnahme der Porenräume und somit eine Änderung der Infiltrationsrate zur Folge hat. Wenn zusätzlich noch stark gedüngt wird, kann es zu einem Rückgang der Artenvielfalt kommen, da sich düngerliebende Arten ansiedeln werden (Veit 2002).

7.4.4 Einflussfaktor Wintertourismus

Zum Schluss soll der aktuelle Eingriff in das Gebiet durch den Bau der Skianlage Ladurns erwähnt werden. Der mögliche Einfluss auf die gravitative Massenbewegung ist in diesem Fall relativ gering, da der Hang von der Hanghydrologie aufgrund der Wasserscheide unbeeinflusst ist und keine Piste durch das Untersuchungsgebiet führt. Jedoch gibt es einen Einfluss auf die Hangstabilität durch die winterliche Nutzung des umliegenden Gebietes, dort könnten daher vermehrt gravitative Massenbewegungen auftreten.

Aufgrund der Skipistenplanierung wird die Stabilität des Bodens maßgeblich herabgesetzt. Sie führt auch zu einer Zerstörung der Vegetation und zu einem Abtrag des Oberbodens. Dadurch nimmt die Durchwurzelung ab, der Boden verdichtet sich und der Oberflächenabfluss nimmt zu. Es kann zu einer Auswaschung von Feinmaterial und zur relativen Anreicherung von Grobmaterial kommen, wobei die Wasserspeicherkapazität herabgesetzt wird. Durch die Pistenpräparierung kommt es zu Schneeverdichtung. Dies führt zu einer Veränderung der Wärmeleitfähigkeit. Auch eine Verdichtung des Bodens kann auftreten. Die veränderte Wärmeleitfähigkeit kann ein späteres Ausapern, eine verkürzte Vegetationszeit und eine Vereisung der Schneedecke durch die Bearbeitung zur Folge haben. Letzteres führt zu einem Sauerstoffmangel unter der Schneedecke.

Bei der Pistennutzung werden die Vegetation, der Boden, Humus und Jungbäume durch die Skikanten beschädigt. Zusätzlich wird die Hydrologie durch die starke künstliche Beschneidung erhöht. Dies führt wiederum zu einer starken Erhöhung des Oberflächenabflusses. Die negative Folge ist das Herabsetzen der Hangstabilität durch verspätetes Ausapern, durch die Veränderungen der Vegetation und den enormen Anstieg an vorhandenem Hangwasser (Veit 2002).

Eine genaue Abschätzung der Folgen des Wintertourismus ist aufgrund der Datengrundlage nicht möglich.

7.4.5 Folgen des anthropogenen Einflusses

Fakt ist der betriebene mittelalterliche Bergbau und die als Folge betriebene Rodung der Wälder an den Hängen des Untersuchungsgebietes. Dadurch sind damals wahrscheinlich bereits gravitative Massenbewegungen aktiviert worden. Es könnte sich im Untersuchungsgebiet also um einen Hang handeln, der durch starken Bergbau und Rodung instabil wurde und durch starke Niederschläge reaktiviert wurde.

Somit kann an dieser Stelle festgehalten werden, dass es durch den anthropogenen Einfluss (Bergbau, Entwaldung und Landwirtschaft) zu einer Änderung der Hanghydrologie und Hanggeometrie gekommen ist. Durch eine Veränderung der Hanggeometrie ändert sich folglich häufig die Hangneigung. Weiters ist es zu einer Änderung der Bodenhydrologie, der Bodendurchlässigkeit, des Abflusses und des Grundwassers gekommen. Auch eine

veränderte Vegetationsfläche führte zu einer Erhöhung der treibenden Kraft und somit zu einer Instabilität im Hang.

Für die Aktivierung und Reaktivierung der gravitativen Massenbewegung sind neben Niederschlag auch die Materialeigenschaft und der mittelalterliche Bergbau wichtige Faktoren.

Dass der Niederschlag auslösender und vorbereitender Faktor der Ereignisse war, kann aufgrund der dargestellten starken Niederschläge als gegeben angenommen werden.

Zusätzlich wird die Hanginstabilität durch das lockere, grobkörnige oberflächliche Bodenmaterial beeinflusst, durch die das Hangwasser rasch in tiefere Bodenschichten gelangen kann. Bei diesem Prozess kann das Wasser die Tonfraktionen des Bodens mittransportieren. Für die Scherfläche kann daher angenommen werden, dass sie aus einer Tonschicht besteht, an der sich das Wasser anstauen kann und somit zum auslösenden Prozess beiträgt. Daher ist es sehr wahrscheinlich, dass die Materialeigenschaft einen starken Einfluss auf die gravitative Massenbewegung hat.

Nachdem intensiver Bergbau im Untersuchungsgebiet nachgewiesen werden konnte und der theoretische Einfluss auf den Hang bekannt ist und durch zahlreiche Beispiele weltweit aufgezeigt wurde, kann der anthropogene Eingriff als wichtiger Faktor für die Destabilisierung des Hanges angenommen werden. Jedoch kann der Einfluss ehemaliger Stollen nicht bewiesen werden, da im Untersuchungsgebiet keine mehr existieren und auch historische Aufzeichnungen keinen Aufschluss auf lokale Standorte geben konnten.

Somit kann die Hypothese verifiziert werden. Niederschlag, Materialeigenschaft und mittelalterlicher Bergbau sind für die Instabilität der gravitativen Massenbewegung verantwortlich.

8. Weitere Forschungsarbeiten und Maßnahmen

Zu Beginn dieses Kapitels werden mögliche weitere Vorgehensweisen und weitere Messungen für das Untersuchungsgebiet erläutert, die für ein besseres Verständnis und für weitere Arbeiten hilfreich wären, während der zweite Teil dieses Kapitels beschreibt, welche möglichen Maßnahmen im Untersuchungsgebiet getroffen werden können, um eine Stabilisierung des Hanges herbeizuführen bzw. um eine Verminderung der Gefahren durch die gravitative Massenbewegung zu erreichen. Erkenntnisse der gravitativen Massenbewegung können in späterer Folge Aufschluss auf mögliche andere Gebiete geben.

8.1 Weitere Forschungsarbeiten

Gravitative Massenbewegungen treten häufig dort wieder auf, wo sie in Vergangenheit bereits in Erscheinung getreten sind (Guzetti et al. 2003). Umso genauer man die Region und die Ereignisse kennt, desto besser können Vorhersagen und Maßnahmen getroffen werden. Es sollten daher in Zukunft weitere Ereignisse genau erfasst und dokumentiert werden. In dieser Arbeit konnten einige Arbeitsziele nicht bearbeitet werden, da die Datengrundlage nicht ausreichend war, die Aufschluss über die gravitative Massenbewegung geben könnten.

Man muss weitere Methoden einsetzen, um ein besseres Systemverständnis erreichen zu können.

Zunächst sollte eine detailliertere Kartierung des Untersuchungsgebietes und des umliegenden Gebietes durchgeführt werden. Vor allem die mögliche Reaktivierung alter gravitativer Massenbewegungen im umliegenden Gebiet kann durch eine umfassende Kartierung dokumentiert werden. Bereiche die bereits kleinere Anrisse vorweisen und alte historische gravitative Massenbewegungen die durch neue Wasserläufe oder anthropogene Eingriffe (Bereich Skilift) veränderten Einflussfaktoren unterliegen, müssten erkannt und kartiert werden, um rechtzeitig neue potentielle Gefahrengebiete abzugrenzen und durch frühe Maßnahmen zu entschärfen.

Des Weiteren empfiehlt sich eine Aufnahme der Untergrundstruktur, da es somit möglich ist die Ergebnisse qualitativ in die bisher im Untersuchungsgebieten erhobenen

Informationen sinnvoll zu integrieren. Momentan werden aus dem Untersuchungsgebiet keine Daten bezüglich der Bewegungsdynamik aufgezeichnet. Um den genaueren Verlauf der gravitativen Massenbewegung und der Scherfläche zu dokumentieren, müssten mehrere Inklinometer im Hang installiert werden. Die Oberflächenbewegung kann durch den zeitlichen Vergleich regelmäßiger Laserscannungen erfasst werden. Wichtig hierbei wäre ein DGM in einer möglichst hohen Auflösung von der gravitativen Massenbewegung zu erstellen, welches auch für eine Fernkartierung von Vorteil wäre. Aber auch regelmäßige tachymetrische Messungen könne Aufschluss über die Aktivität der Oberflächenbewegung geben.

Durch flächenverteilte Tiefenbohrungen am Hang können Bohrkerne Aufschluss auf das Bodenprofil und den Verlauf der Scherfläche geben. Hierfür sollten auch geophysikalische Messungen mittels Refraktionsseismik durchgeführt werden. Durch die Bohrungen kann die Materialeigenschaft an der Gleitzone analysiert werden, welche für eine Modellierung essentiell wäre. Zusätzlich kann durch die Entnahme weiterer oberflächlicher Bodenproben, sowie deren Analyse, eine genauere Repräsentation erzielt werden. Bei der Laboranalyse empfiehlt sich weiters eine Analyse des Wassergehaltes, der Infiltration, der Farbbestimmung, des PH-Wertes, des Karbonatgehaltes und des organischen Substrates durchzuführen, um eine vollständige Bodenanalyse zu erhalten.

Um den Einfluss des Klimas auf den Hang genauer dokumentieren zu können, ist eine Wetterstation im Untersuchungsgebiet notwendig. Die Niederschlagswerte sollten im Dreißigminutentakt aufgenommen werden, da erst durch eine Messung im kurzen Intervall die Niederschlagsintensität erkannt werden kann. Erst durch genauere Niederschlagsaufzeichnung lassen sich auch statistische Analysen durchführen, um Berechnungen zur Korrelation des Niederschlages mit dem Ereignis errechnen zu können.

Neben der Temperatur sollte auch die Strahlungsintensität gemessen werden, die Aufschluss auf die Evapotranspiration gibt. Informationen über die Infiltration und Abfluss könnten Aufschluss auf die Hanghydrologie geben. Hierfür wäre die Verwendung eines Infiltrimeters nützlich, um die Menge des in den Boden eindringenden Niederschlages zu messen. Neben der Grundwassermessung, die zurzeit immer noch mittels Piezometers gemessen wird, sollte auch die Abflussmenge gemessen werden. Interessant wäre hier auch die Anwendung von Tracermessungen, die Aufschluss über die

Entwässerungsgeschwindigkeit und die unterirdische Entwässerung geben könnte. Mittels Tracermessungen könnte auch ein möglicher Einfluss der Hanghydrologie auf die gravitative Massenbewegung durch den Schleyerbach nachgewiesen werden.

Mit den neu gewonnen Informationen wie der Materialeigenschaft an der Gleitzzone, den genauen Niederschlagsdaten und den Informationen zur Hanghydrologie, wie Infiltrationsmenge und –zeit, kann eine Modellierung durchgeführt werden. Hierbei soll der Niederschlagswert im Bezug auf einen bestimmten Zeitraum erkannt werden, der zur Instabilität des Hanges führt. Bei der Modellierung kann berechnet werden, wie sich das Bodenmaterial bei Niederschlag verhält und wie lange es dauert bis das Material soweit durchtränkt ist, dass der Hang instabil wird. Die durch die Modellierung errechneten Schwellenwerte können in Folge für die Verwendung eines Frühwarnsystems eingesetzt werden.

8.2 Maßnahmen

Es gibt Maßnahmen zur Verhinderung der gravitativen Massenbewegung und Maßnahmen zur Reduktion des Schadens.

Das Naturereignis selbst ist schwer zu verhindern, da es in historischer Zeit bereits Massenbewegungen gegeben hat und in dem Gebiet wieder reaktiviert werden können. Jedoch kann der Schaden der Hangrutschungen reduziert und somit das Risiko minimiert werden.

Für eine Verhinderung der gravitativen Massenbewegung können keine bauliche Schutzmaßnahmen getroffen werden. Die Sanierung des Hanges dürfte sich als sehr komplex und kostenintensiv darstellen. Durch bauliche Schutzmaßnahmen kann bei der Tiefe und Masse dieser komplexen Hangrutschung kaum Abhilfe geboten werden. Anker oder Piloten am Hang können bei dieser Tiefe nicht für die Stabilisierung des Hanges sorgen. Die mechanische Festigkeit des Bodens kann durch bauliche Maßnahmen im Hang nicht gewährleistet werden. Für eine Abtragung des destabilisierten Hanges ist das Volumen zu groß.

Auch Hangsanierungsmaßnahmen wie die Wiederherstellung einer Vegetationsdecke, die die Erosion und Hanginfiltration verringern kann, sind aufgrund der Tiefe der gravitativen

Massenbewegung nicht wirksam. Des Weiteren könnte die Auflast der Vegetation auf den Hang zur weiteren Destabilisierung beitragen.

Eine Möglichkeit zur Hangstabilisierung wäre es, den Anrissbereich abzutragen und den Hang neu zu böschen, wobei der angestrebte Neigungswinkel die Stabilisierung des Hanges gewährleisten sollte. Dies ist angesichts der Größe der gravitativen Massenbewegung jedoch eine sehr teure und aufwendige Maßnahme.

Nachdem im Gelände kaum ein praktikabler baulicher Eingriff sinnvoll erscheint, kann zumindest die Bevölkerung der Siedlung Halde, Bauwerke und die Bundesstraße geschützt werden. Durch die Errichtung von Schutzdämmen könnte die Siedlung Halde vor Murgängen, die aus der Hangrutschung hervortreten, geschützt werden. Für den Fall der Destabilisierung des Hanges durch starke Bodendurchfeuchtung kann für die Siedlung baulich kein Schutz geboten werden. Dies könnte durch eine Modellierung festgestellt werden. Bei dem Volumen der gravitativen Massenbewegung würden die Häuser von dem Material überlagert werden. Theoretisch wäre es am Besten die Anrainer in sichere Gebiete umzusiedeln, was praktisch aufgrund von finanziellen Mitteln und der emotionalen Bindung zu deren Eigenheimen im Normalfall nicht möglich ist.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Verlegung des Trinkwasserreservoirs an einen anderen Standort, da hier keine Möglichkeit besteht, dieses im Fall eines Ereignisses zu schützen.

Neben den baulichen Schutzmaßnahmen muss gleichzeitig aber auch ein Eingriff zur Ableitung des Wassers getätigt werden. Nachdem die Drainagerohre teilweise bereits aufgerissen wurden, sollten neue Drainagen angelegt werden. Oberflächliche Drainagen können das Sickerwasser ableiten, während für das Ableiten von Wasseradern Entwässerungssysteme in der Tiefe angebracht werden müssen. Auch eine Verdichtung der Oberfläche könnte zu einem oberflächlichen Abfluss führen, womit die Hangdurchfeuchtung reduziert werden würde.

Für den Schleyergraben können jedoch bauliche Maßnahmen getroffen werden. Hier könnten eine Terrassierung des Wildbaches und der Bau eines Rückhaltebeckens Schutz vor weiteren Muren bieten.

Die Brücke, die die Pflerscher Bundesstraße über den Schleyergraben führt, liegt nur wenige Meter über dem Bach und ist bei einem Murgang daher relativ rasch überschwemmt, wie Fotos des Murganges aus dem Jahr 2007 zeigen. Da die Bundesstraße die einzige Verbindung in und aus dem Tal darstellt, sollte diese durch bauliche Maßnahmen gesichert werden.

Um den Schaden an Menschen und Bauwerken möglichst gering zu halten, gilt es generell das Bewusstsein der Menschen für die Gefahr zu stärken. Durch raumplanerische Maßnahmen, wie Gefahrenzonenkarten und Bauverbote, können Flächen ausgegliedert werden, welche durch die komplexe Hangrutschung gefährdet sind. Dies ist allerdings nur für noch nicht bebaute Flächen wirksam und nicht für bereits existierende Gebäude.

Durch Monitoring und Frühwarnsysteme kann das Areal beobachtet, rechtzeitig gewarnt und evakuiert werden. Die bei der Modellierung errechneten Schwellenwerte können für die Installation eines Frühwarnsystems herangezogen werden. So kann im Untersuchungsgebiet eine Niederschlagsmessung erfolgen. Bevor die Niederschlagsschwellenwerte erreicht werden, kann das System Alarm schlagen und die Anrainer können evakuiert werden. Auch starke Bodenbewegungen, welche durch die installierten Inklinometer aufgezeichnet werden, sollen in das System eingebunden sein und die Bewohner alarmieren. Nach der Evakuierung der Anrainer soll des Weiteren die Bundesstraße gesperrt werden.

Auch das umliegende Gebiet soll überwacht werden, da in diesem Gebiet viele alte gravitative Massenbewegungen zu finden sind, die nach Niederschlägen reaktiviert werden könnten.

Auch wenn es nicht möglich sein sollte, gravitative Massenbewegungen zu verhindern, ist ein Verständnis der häufig komplexen Zusammenhänge hilfreich, um in der Zukunft mögliche Frühwarnsysteme zu installieren und die Einwohner rechtzeitig evakuieren zu können.

Neben der systematischen Erfassung und der Dokumentation historischer Ereignisse, die als Grundlage für Aussagen künftiger Entwicklungen dienen, sollen auch weitere potentielle Gefahrengebiete identifiziert werden (Dikau 2003). Zuletzt ist die Einrichtung

eines Risikomanagements eine wichtige Maßnahme, um im Ereignisfall schnell reagieren zu können. Hierbei wäre eine ausführliche quantitative Risikoanalyse hilfreich, sowie eine Kommunikation der Risikomanagementoptionen mit den lokalen Entscheidungsträgern, um im Ereignisfall rasch und strukturiert reagieren zu können.

Ursache und Wirkung können in der Natur nicht unbedingt miteinander verbunden werden, da oftmals komplexe Wechselwirkungen zwischen einzelnen Umweltfaktoren bestehen und ein Verständnis des Systems nur schwer erreicht werden kann. Nachdem der Aufbau von Hängen nie gleich ist, können bestimmte Einflussfaktoren Massenbewegungen auslösen, während benachbarte Hänge stabil bleiben. Daher muss jeder Hang individuell genauer betrachtet werden. Jedoch hilft jede weitere Analyse andere potentiell von Massenbewegung gefährdete Gebiete zu erkennen. So könnte man Vergleichsstudien mit anderen Hängen im Pflerschtal bzw. in den Nachbartälern vornehmen.

9. Literaturverzeichnis

- AHNERT, F. (1996): Einführung in die Geomorphologie. UTB. Stuttgart.
- ALPSLOPE (2003): Monitoring of unstable slopes in the Italian Alps based on remote sensing. Report. (Zugriff am 25. Mai 2008).
http://dup.esrin.esa.it/files/project/192-171-5-19_200442992849.pdf.
- AMT FÜR GEOLOGIE UND BAUSTOFFPRÜFUNG (2002): Geologisches Gutachten über die Rutschung Reischenschuh, Pflersch, GE Amt 26.3, GM 010. Autonome Provinz Südtirol. Bozen.
- AMT FÜR GEOLOGIE UND BAUSTOFFPRÜFUNG (2005): Protocollo di sopralluogo. Protokoll Nr. 57007 GE Abt. 26.3 GM010 vom 27.06.2007. Autonome Provinz Südtirol. Bozen.
- AMT FÜR ÜBERÖRTLICHE RAUMORDNUNG UND LANDESKARTOGRAPHIE (2006): Landeskartographie und GIS, Beschreibung der kartographischen Daten. Autonome Provinz Südtirol, Abteilung 27. (Zugriff am 21. Mai 2008).
<http://www.provinz.bz.it/raumordnung/kartografie/459.asp>.
- AMT FÜR WILDBACH UND LAWINENVERBAUUNG (2004): Ereignisdokumentation ED30, B.650. Abteilung 30, Wasserschutzbauten, Autonome Provinz Südtirol, Bozen.
- AUTONOME PROVINZ SÜDTIROL (2008): Abteilung Land und Forstwirtschaft: (Zugriff am 25. Jänner 2008). <http://www.provinz.bz.it/landwirtschaft>.
- BOLLINGER, D., HEGG, C., KEUSEN, H. & LATELTIN, O. (2000): Ursachenanalyse der Hanginstabilitäten. In: Bull. angew. Geol. 5 (1), S. 5-38.
- BÖHM, M. (1996): Massenbewegungen als landschaftsgestaltendes Element. Diplomarbeit an der Hauptuniversität Wien.
- BRABB, E. (1993): Priorities for landslides mapping during the International Decade of Hazard Reduction. Landslides - Seventh International Conference & Field Workshop. Ed. by Novosad S. und P. Wagner P. Balkema/Rotterdam/Brookfield.
- BUNZA, G. (1992): Instabile Hangflanken und ihre Bedeutung für die Wildbachkunde. Forschungsberichte des Deutschen Alpenvereins (5), Deutscher Alpenverein, München.
- CHWASZCZA, J. (1997): Südtirol. Dtv Merian Reiseführer. München.
- CROZIER, M. (1989): Landslides: Causes, consequences and environment. Routledge, London.

- CROZIER, M. (1999): Prediction of rainfall-triggered landslides: a test of the antecedent water status model. In: *Earth Surface Processes and Landforms* (24), S. 825-833.
- CRUDEN, D.M. (1991): A Simple Definition of a Landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology* 43, S. 27-29.
- CRUDEN, D. & VARNES, D. J. (1996): Landslide types and processes. In: Turner, A. K. & Schuster, R. L. (Hrsg.) (1996), *Landslides - Investigation and Mitigation*, Transp. Res. Board, Nat. Acad. Sci. Spec. Report 247, Washington D.C., S. 36 – 75.
- DIE PRESSE (2007): Oberösterreich: Weiter Erdbeben in Gmunden. Die Presse Online: (Zugriff am 03.12.2007).
<http://diepresse.com/home/panorama/oesterreich/347020/index.do>.
- DIKAU, R., BRUNSDEN, D., SCHROTT, L. & IBSEN, M.L. (1996): *Landslide Recognition, Identification, Movement and Causes*. Wiley, Chichester.
- DIKAU, R. & GLADE, T. (2002): Gefahren und Risiken durch Massenbewegungen. *Geographische Rundschau* 54 (1), S. 38-45.
- DIKAU, R. & SCHMIDT, K.H. (2001): Mass movements in South. West and Western Germany. In: *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F., Suppl.Bd. 125.
- DIKAU, R., STÖTTER, J., WELLMER, F. & DEHN, M. (2001): Massenbewegungen. In: Plate, E. & Merz, B. (2001): *Naturkatastrophen - Ursachen, Auswirkungen, Vorsorge*. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- ENNEMOSER, G. (2004): Der Bergtourismus im 19. Jahrhundert. In: *Schlern 3: Die Bedeutung des Bergbaus für die Entwicklung von Gossensass und Pflersch*. Bozen. S. 20-27.
- ENNEMOSER, G. (1984): *Gossensass, Brenner, Pflersch*. Verl. Anst. Athesia. Bozen.
- FERNÁNDEZ-STEEGER, T. (2002): *Erkennung von Hangrutschungssystemen mit Neuronalen Netzen als Grundlage für Georisikoplanungen*. Dissertation, Geologisches Institut Karlsruhe.
- FINLAYSON, B. & I. STATHAM (1980): *Hillslope analysis*. Butterworth, England, S. 230.
- FLIRI, F. (1975): *Das Klima der Alpen im Raume von Tirol*. Universitätsverlag Wagner Innsbruck, München.
- GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (2008): *Allgemeine Informationen zu Massenbewegungen*. Report der Geologischen Bundesanstalt Wien – Fachabteilung Ingenieurgeologie (Zugriff am 20. März 2008).
http://geomap.geolba.ac.at/MASS_DEN/text/allgemeine_info_mass_end_h.pdf

- GLADE, T. & DIKAU, R. (2001): Gravitative Massenbewegung - vom Naturereignis zur Naturkatastrophe. In Petermanns Geographische Mitteilungen 145 (6), S. 42-55.
- GUZZETTI, F., REICHENBACH, P. & WIECZOREK, G.F. (2003): Rockfall hazard and risk assessment in the Yosemite Valley, California, USA. In: Natural Hazard and Earth System Science 3: S. 491-503.
- HARTGE, K. (1978): Einführung in die Bodenphysik. 1. Aufl. Enke. Stuttgart.
- HAUCH, C. & KUNTZKE, R. (1994): Südtirol. Dumont Reise. Köln.
- HAMMOND, C., HALL, D., MILLER, S. & SWETIK, P. (1992): Level I stability analysis (LISA) documentation for version 2.0. General Technical Report INT-285, Forest Service, Intermountain Research Station, U.S. Department of Agriculture.
- HYDROGRAPHISCHES AMT SÜDTIROL (2007): Hydreport (06). Sonderdruck zum Klimareport Nr. 138. Provinz Südtirol. Bozen.
- HYDROGRAPHISCHES AMT (2007): Klimareport für Juni 2007. Provinz Südtirol. Bozen.
- HYDROGRAPHISCHES AMT SÜDTIROL (2004): Wassernutzungsplan für die Autonome Provinz Bozen – Teil 1. (Zugriff am 10. April 2008)
http://www.provinz.bz.it/wasser-energie/download/WNP_erster_teil.pdf.
- HYDROGRAPHISCHES AMT (2002): Hochwasser-, Erdbeben- und Murenereignis. In: Klimareport Extra. (9). Provinz Südtirol. Bozen.
- HYDROGRAPHISCHES AMT (2000): Klimareport für November 2000. Provinz Südtirol. Bozen.
- JONES, D. (1993): Landsliding as a hazard. Geography 78 (2), S. 185-190.
- KEIM, L. (2005): Geologische Entwicklung im Raum Brenner – Gossensass – Pflersch. In: Heimatbuch: Gossensass und Pflersch. Brixen, S. 7-21.
- KIENHOLZ, H. & KRUMMENACHER, B. (1995): Symbolbalken zur Kartierung der Phänomene. Mitteilungen des Bundesamtes für Wasser und Geologie (6), BUWAL und BWG.
- KLEBELSBERG, R. (1995): Südtirol geomorphologische Studien. In: Schlern 3, Innsbruck. S. 113.
- KLEBELSBERG, R. (1948): Südtirols Berge und Täler. Brixen
- KOFLER, H. (2004): Die Erzbergbaue von Pflersch und Gossensass im Mittelalter und in der frühen Neuzeit. In: Schlern 78 (5): Die Bedeutung des Bergbaus für die Entwicklung von Gossensass und Pflersch. Bozen. S. 75-85.

- KOFLER, H. (2004): Gossensass und Pflersch –historischer Rückblick. In: Schlern 78 (5).: Die Bedeutung des Bergbaus für die Entwicklung von Gossensass und Pflersch. Bozen. S. 6-11.
- KOFLER, H. (2003): Beiträge zur Erforschung der Geschichte des Bergbaus im Gebiet von Gossensass und Sterzing bis in die Mitte des 16. Jhd. mit besonderer Berücksichtigung der Quellen. Dissertation am Institut für Geschichte, Universität Innsbruck.
- KRANEBITTER, P. (2005): Pflanzenwelt im Raum Brenner – Gossensass – Pflersch. In: Heimatbuch: Gossensass und Pflersch. Brixen. S. 21-28.
- KRAUTER, E. (2003): Marginalsiedlungen und deren Gefährdung durch Rutschungen. Geo-International.
- LESER, H. (1997): Diercke-Wörterbuch der Allgemeinen Geographie. Braunschweig.
- LESER, H. (1977): Feld- und Labormethoden der Geomorphologie. 1. Aufl., De-Gruyter-Lehrbuch, Berlin.
- LIEHR, C. (2006): Katastrophen und das Vergessen: Naturkatastrophen, der Klimawandel und deren Wahrnehmung. Diplomarbeit am Department für Bautechnik und Naturgefahren, Universität für Bodenkultur Wien.
- MÜLLENHOFF, M. (2006): Denudation und gravitative Massenbewegungen. Vorlesungsunterlagen „Geomorphologie“ der Sitzung vom 19.05.2006, Institut für Geographie der Universität Marburg.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (2002): ÖNORM L 1061/1 - Physikalische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Korngrößenverteilung des Mineralbodends Teil 1: Grobboden.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (2002): ÖNORM L 1061/2 - Physikalische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Korngrößenverteilung des Mineralbodends Teil 2: Feinboden.
- PETICZKA, R., HERMANN, C., RIEGLER, D. & LUKESCH, R. (2005): Labormethoden in der Physiogeographie. Arbeitsunterlagen „Analytik in der Physiogeographie“, Physiogeographisches Labor der Universität Wien.
- PLATE, E. & MERZ, B. (2001): Naturkatastrophen - Ursachen, Auswirkungen, Vorsorge. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- POPESCU, M. (1994): A Suggested Method for Reporting Landslide Causes. In: Bulletin of the IAEG (50), Paris. S. 71-74.
- RICKENMANN, D. (2005): Schlammlawinen - Die braune Flut. In: Spektrum. Entfesselte

- Elemente. Der Mensch und die Kräfte der Natur. Wissen Media Verlag, München. S. 196-201.
- SCHNEIDER, U. (1999): Geotechnische Untersuchungen, satellitengestützte (GPS) Bewegungsanalysen und Standsicherheitsüberlegungen an einem Kriechhang in EBNIT, Vorarlberg. Dissertation, Fakultät für Bio- und Geowissenschaften der Universität Karlsruhe (TH).
- STAINDL, A. (1982): Kurze Geologie von Südtirol. 5. erw. Aufl., Weger. Brixen.
- TERZAGHI, K., (1950): Mechanisms of landslides. In: Application of Geology to Engineering Practice, Berkey Vol., Geological Society of America, S. 83-123.
- VEIT, H. (2002): Die Alpen – Geoökologie und Landschaftsentwicklung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

Internetquellen

- AFP/DPA (2007): Sollen wir Villahermosa im eigenen Schlamm wieder aufbauen?. Bericht der Frankfurter Allgemeinen FAZ.NET: (Zugriff am 26. November 2007). http://www.faz.net/s/RubB08CD9E6B08746679EDCF370F87A4512/Doc._~E420BF5C1B3614DB7AB507FD4E3D3AF60~ATpl~Ecommon~Sspezial.html.
- ALS/AP (2007). Katastrophe in Mexiko - Schlammlawine begräbt Dorf. Spiegel Online: (Zugriff am 26. November 2007). <http://www.spiegel.de/panorama/0,1518,515549,00.html>.
- AMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GIS SÜDTIROL (2008): Geo Browser der Online Kartographie Autonomen Provinz Südtirol. Bozen. (Zugriff 15. Jänner 2008). <http://www.provinz.bz.it/informatik/0906/kartografie/>.
- AMT FÜR RAUMPLANUNG SÜDTIROL (2008): Karte der Verbauungsmaßnahmen des Pflerscherbaches (Zugriff 28.Jänner 2008). http://www.provinz.bz.it/downloads/abrip30/Diego/Bauten_150dpi.pdf.
- GOOGLE EARTH: (Zugriff 15. November 2007). www.googleearth.com.
- PRESSEAMT DES LANDES SÜDTIROL (2008): Zsigmondyhütt nach Felssturz wieder erreichbar. Online Pressemitteilung Abteilung Umwelt. der Autonomen Provinz Südtirol (Zugriff am 12.10.2007). http://www.provinz.bz.it/lpa/285.asp?redas=yes&aktuelles_action=4&aktuelles_article_id=224357.
- PRESSEAMT DES LANDES SÜDTIROL (2007): Unwetterschäden im Wipptal. Pressemitteilung vom 22.06.2007 der Autonomen Provinz Südtirol. Bozen. (Zugriff

am 12. April 2007).

http://www.provinz.bz.it/lpa/service/news.asp?redas=yes&archiv_action=4&archiv_article_id=173636.

SÜDTIROL ONLINE (2007): Situation in Pflersch entspannt sich - Zivilschutzsitzung einberufen. Chronik/Lokales vom Donnerstag, 21. Juni 2007. (Zugriff am 12. April 2007).

<http://www.stol.it/nachrichten/artikel.asp?ArtID=95405&p=4&KatID=da&SID=462385761642968818>.

Korngrößenanalyse OR 1

1. Projektbezogene Daten

Name des Projektes ILEWS
 Bezeichnung der Probe OR 1
 Analyse durchgeführt von: Cevik
 Datum der Auswertung
 Datum der Analyse 29.10.2007

2. Allgemeine Daten

Gesamtgewicht in g		100,00
Gewicht der Pipettierung	Einwaage minus Sand	3,59
Gewicht der Pipettierung	Summe Schluff+ Ton	2,975
Differenz		0,615
Salzfehler in g		0,0130

Differenz % 17,13

3. Siebanalyse

Korngröße in mm	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g		GewFrakt an GesGew	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
>2	OR1 1	67,57	95,51		27,9400	27,9400	0,0000
2 - 0,63	OR1 2	43,03	56,88		13,8500	13,8500	19,2201
0,63 - 0,2	OR1 3	47,78	60,70		12,9200	12,9200	17,9295
0,2 - 0,063	OR1 4	67,05	81,10		14,0500	14,0500	19,4976
Summe					68,7600	68,7600	56,6472

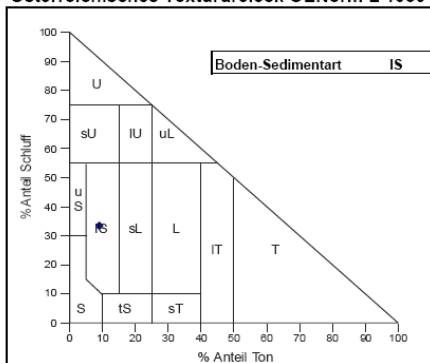
4. Pipettierung

Korngröße in μ	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g	GewPip 20ml Pip	GewFrakt 20ml Pip	GewFrakt an Pipett	mass%Frakt an Pipett	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
63 - 20	OR1 1	46,8800	46,9525	0,0595	0,0191	0,9550	32,1008	10,0283	13,9166
20 - 6	OR1 2	47,6030	47,6564	0,0404	0,0188	0,9400	31,5966	9,8708	13,6980
6 - 2	OR1 3	45,3545	45,3891	0,0216	0,0087	0,4350	14,6218	4,5679	6,3390
< 2	OR1 4	44,8271	44,8530	0,0129	0,0129	0,6450	21,6807	6,7730	9,3992
Summe						2,9750	100,0000	31,2400	43,3528

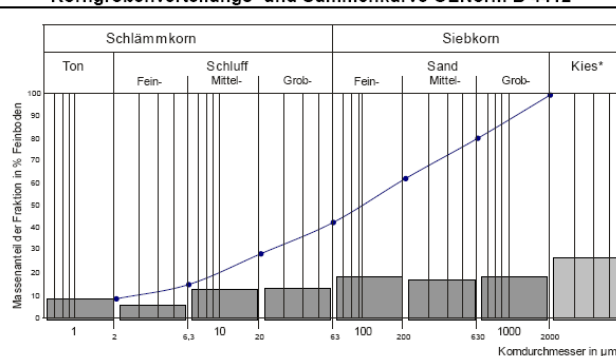
Korngrößenbestimmung gemäß OENorm L 1050, L 1061 und B 4412

Bezeichnung des Projektes: ILEWS
 Bezeichnung der Probe: OR 1
 Analyse durchgeführt von: Cevik
 Analyse durchgeführt am: 29.10.2007

Österreichisches Texturdreieck OENorm L 1050



Korngrößenverteilungs- und Summenkurve OENorm B 4412



Massenanteil der Fraktion in % Feinboden

Korngröße	Ton	Schluff			Sand			Kies*
		fein	mittel	grob	fein	mittel	grob	
in μ m	<2	2-6	6-20	20-63	63-200	200-630	630-2000	>2000
% je Fraktion	9,40	6,34	13,70	13,92	19,50	17,93	19,22	27,94
% kumulierend	9,40	15,74	29,44	43,35	62,85	80,78	100,00	

* Kies/Grus/Schotter nicht Teil des Feinbodens



Korngrößenanalyse OR 2

1. Projektbezogene Daten

Name des Projektes ILEWS
 Bezeichnung der Probe OR 2
 Analyse durchgeführt von: Cevik
 Datum der Auswertung
 Datum der Analyse 29.10.2007

2. Allgemeine Daten

Gesamtgewicht in g		100,00
Gewicht der Pipettierung	Einwaage minus Sand	3,83
Gewicht der Pipettierung	Summe Schluff+ Ton	3,360
Differenz		0,470
Salzfehler in g		0,0130

Differenz % 12,27

3. Siebanalyse

Korngröße in mm	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g	GewFrakt an GesGew	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
>2	OR2 1	55,36	77,23	21,8700	21,8700	0,0000
2 - 0,63	OR2 2	67,34	79,88	12,5400	12,5400	16,0502
0,63 - 0,2	OR2 3	64,26	76,74	12,4800	12,4800	15,9734
0,2 - 0,063	OR2 4	38,87	52,17	13,3000	13,3000	17,0229
Summe				60,1900	60,1900	49,0465

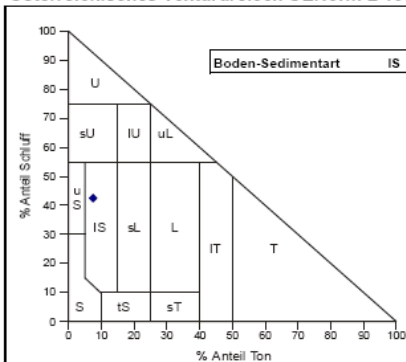
4. Pipettierung

Korngröße in µ	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g	GewPip 20ml Pip	GewFrakt 20ml Pip	GewFrakt an Pipett	mass%Frakt an Pipett	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
63 - 20	OR2 1	64,1848	64,2650	0,0672	0,0271	1,3550	40,3274	16,0543	20,5482
20 - 6	OR2 2	42,3817	42,4348	0,0401	0,0214	1,0700	31,8452	12,6776	16,2263
6 - 2	OR2 3	64,5490	64,5807	0,0187	0,0083	0,4150	12,3512	4,9170	6,2934
< 2	OR2 4	61,7128	61,7362	0,0104	0,0104	0,5200	15,4762	6,1611	7,8857
Summe						3,3600	100,0000	39,8100	50,9535

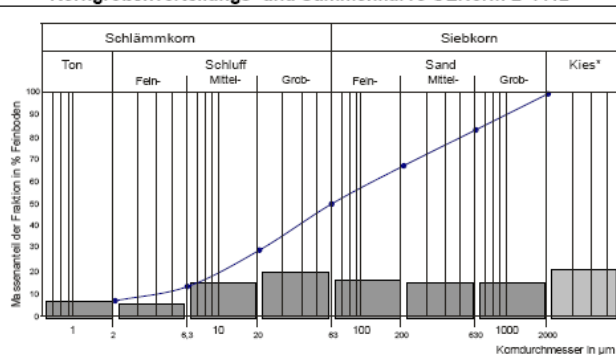
Korngrößenbestimmung gemäß OENorm L 1050, L 1061 und B 4412

Bezeichnung des Projektes: ILEWS
 Bezeichnung der Probe: OR 2
 Analyse durchgeführt von: Cevik
 Analyse durchgeführt am: 29.10.2007

Österreichisches Texturdreieck OENorm L 1050



Korngrößenverteilungs- und Summenkurve OENorm B 4412



Massenanteil der Fraktion in % Feinboden

Korngröße	Ton	Schluff			Sand			Kies*
in µm	<2	fein 2-6	mittel 6-20	grob 20-63	fein 63-200	mittel 200-630	grob 630-2000	>2000
% je Fraktion	7,89	8,29	18,23	20,56	17,02	15,97	18,05	21,87
% kumulierend	7,89	14,18	30,41	50,95	67,98	83,95	100,00	

* Kies/Grus/Schotter nicht Teil des Feinbodens

Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien - Physiogeographisches Labor

Althanstrasse 14 A-1090 Wien Tel.: +43 1 427748607 Fax: +43 1 4277 48671



Korngrößenanalyse MR 1

1. Projektbezogene Daten

Name des Projektes ILEWS
 Bezeichnung der Probe MR 1
 Analyse durchgeführt von: Cevik
 Datum der Auswertung
 Datum der Analyse 29.10.2007

2. Allgemeine Daten

Gesamtgewicht in g		100,00
Gewicht der Pipettierung	Einwaage minus Sand	2,25
Gewicht der Pipettierung	Summe Schluff+ Ton	1,990
Differenz		0,260
Salzfehler in g		0,0130

Differenz % **11,56**

3. Siebanalyse

Korngröße in mm	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g	GewFrakt an GesGew	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
>2	MR1 1	39,50	81,56	42,0600	42,0600	0,0000
2 - 0,63	MR1 2	39,08	61,49	22,4100	22,4100	38,6779
0,63 - 0,2	MR1 3	44,77	56,27	11,5000	11,5000	19,8481
0,2 - 0,063	MR1 4	39,25	50,48	11,2300	11,2300	19,3821
Summe				87,2000	87,2000	77,9082

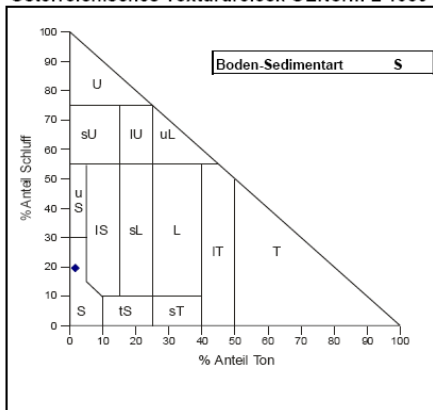
4. Pipettierung

Korngröße in u	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g	GewPip 20ml Pip	GewFrakt 20ml Pip	GewFrakt an Pipett	mass%Frakt an Pipett	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
63 - 20	MR1 1	36,9880	37,0408	0,0398	0,0220	1,1000	55,2764	7,0754	12,2116
20 - 6	MR1 2	45,4388	45,4696	0,0178	0,0108	0,5400	27,1357	3,4734	5,9948
6 - 2	MR1 3	45,2590	45,2790	0,0070	0,0035	0,1750	8,7940	1,1256	1,9427
< 2	MR1 4	40,1956	40,2121	0,0035	0,0035	0,1750	8,7940	1,1256	1,9427
Summe						1,9900	100,0000	12,8000	22,0918

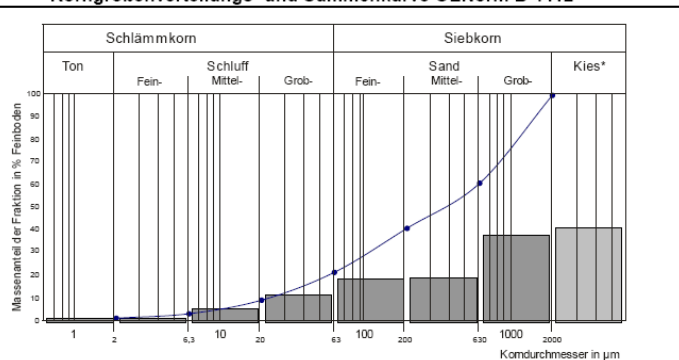
Korngrößenbestimmung gemäß OENorm L 1050, L 1061 und B 4412

Bezeichnung des Projektes: ILEWS	Analyse durchgeführt von: Cevik
Bezeichnung der Probe: MR 1	Analyse durchgeführt am: 29.10.2007

Österreichisches Texturdreieck OENorm L 1050



Korngrößenverteilungs- und Summenkurve OENorm B 4412



Massenanteil der Fraktion in % Feinboden

Korngröße	Ton	Schluff			Sand			Kies*
		fein	mittel	grob	fein	mittel	grob	
in µm	<2	2-6	6-20	20-63	63-200	200-630	630-2000	>2000
% je Fraktion	1,94	1,94	5,99	12,21	19,38	19,85	38,68	42,06
% kumulierend	1,94	3,89	9,88	22,09	41,47	61,32	100,00	

* Kies/Grus/Schotter nicht Teil des Feinbodens



Korngrößenanalyse MR 2

1. Projektbezogene Daten

Name des Projektes: ILEWS
 Bezeichnung der Probe: MR 2
 Analyse durchgeführt von: Cevik
 Datum der Auswertung:
 Datum der Analyse: 29.10.2007

2. Allgemeine Daten

Gesamtgewicht in g		100,00
Gewicht der Pipettierung	Einwaage minus Sand	1,57
Gewicht der Pipettierung	Summe Schluff+ Ton	1,155
Differenz		0,415
Salzfehler in g		0,0130

Differenz % **26,43**

3. Siebanalyse

Korngröße in mm	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g	GewFrakt an GesGew	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
>2	MR2 1	40,00	73,96	33,9600	33,9600	0,0000
2 - 0,63	MR2 2	66,15	87,39	21,2400	21,2400	32,1623
0,63 - 0,2	MR2 3	38,82	57,74	18,9200	18,9200	28,6493
0,2 - 0,063	MR2 4	59,56	73,96	14,4000	14,4000	21,8050
Summe				88,5200	88,5200	82,6166

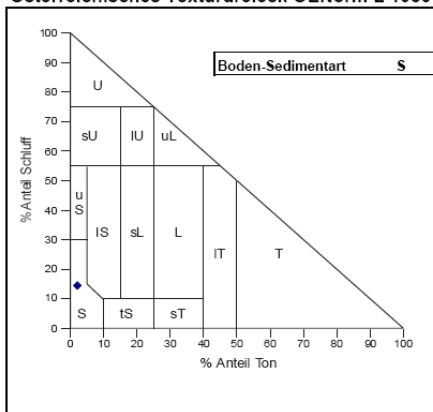
4. Pipettierung

Korngröße in µ	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g	GewPip 20ml Pip	GewFrakt 20ml Pip	GewFrakt an Pipett	mass%Frakt an Pipett	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
63 - 20	MR2 1	43,5445	43,5806	0,0231	0,0119	0,5950	51,5152	5,9139	8,9551
20 - 6	MR2 2	40,4630	40,4872	0,0112	0,0065	0,3250	28,1385	3,2303	4,8914
6 - 2	MR2 3	46,4118	46,4295	0,0047	0,0015	0,0750	6,4935	0,7455	1,1288
< 2	MR2 4	41,1204	41,1366	0,0032	0,0032	0,1600	13,8528	1,5903	2,4081
Summe						1,1550	100,0000	11,4800	17,3834

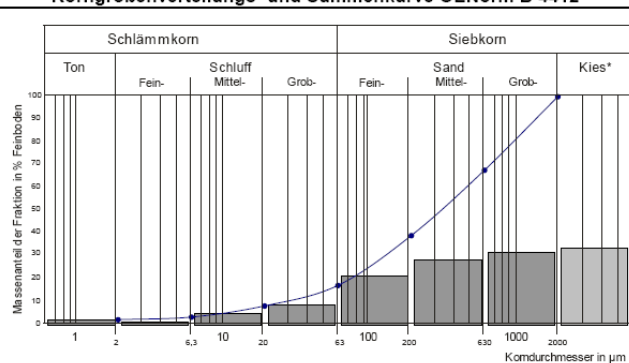
Korngrößenbestimmung gemäß OENorm L 1050, L 1061 und B 4412

Bezeichnung des Projektes:	ILEWS	Analyse durchgeführt von:	Cevik
Bezeichnung der Probe:	MR 2	Analyse durchgeführt am:	29.10.2007

Österreichisches Texturdreieck OENorm L 1050



Korngrößenverteilungs- und Summenkurve OENorm B 4412



Massenanteil der Fraktion in % Feinboden

Korngröße	Ton	fein	Schluff mittel	grob	fein	Sand mittel	grob	Kies*
in µm	<2	2-6	6-20	20-63	63-200	200-630	630-2000	>2000
% je Fraktion	2,41	1,13	4,89	8,96	21,80	28,65	32,16	33,96
% kumulierend	2,41	3,54	8,43	17,38	39,19	67,84	100,00	

* Kies/Grus/Schotter nicht Teil des Feinbodens



Korngrößenanalyse MR 3

1. Projektbezogene Daten

Name des Projektes ILEWS
 Bezeichnung der Probe MR 3
 Analyse durchgeführt von: Cevik
 Datum der Auswertung
 Datum der Analyse 29.10.2007

2. Allgemeine Daten

Gesamtgewicht in g		100,00
Gewicht der Pipettierung	Einwaage minus Sand	1,69
Gewicht der Pipettierung	Summe Schluff+ Ton	1,480
Differenz		0,210
Salzfehler in g		0,0130

Differenz % 12,43

3. Siebanalyse

Korngröße in mm	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g	GewFrakt an GesGew	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
>2	MR3 1	45,65	84,90	39,2500	39,2500	0,0000
2 - 0,63	MR3 2	61,75	89,01	27,2600	27,2600	44,8724
0,63 - 0,2	MR3 3	72,92	84,75	11,8300	11,8300	19,4733
0,2 - 0,063	MR3 4	56,26	66,16	9,9000	9,9000	16,2963
Summe				88,2400	88,2400	80,6420

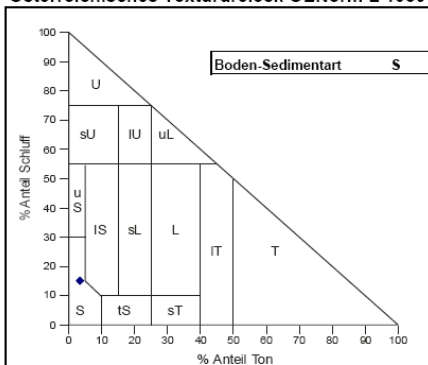
4. Pipettierung

Korngröße in µ	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g	GewPip 20ml Pip	GewFrakt 20ml Pip	GewFrakt an Pipett	mass%Frakt an Pipett	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
63 - 20	MR3 1	42,3833	42,4259	0,0296	0,0137	0,6850	46,2838	5,4430	8,9596
20 - 6	MR3 2	37,7929	37,8218	0,0159	0,0074	0,3700	25,0000	2,9400	4,8395
6 - 2	MR3 3	40,0573	40,0788	0,0085	0,0028	0,1400	9,4595	1,1124	1,8312
< 2	MR3 4	42,9638	42,9825	0,0057	0,0057	0,2850	19,2568	2,2646	3,7277
Summe						1,4800	100,0000	11,7600	19,3580

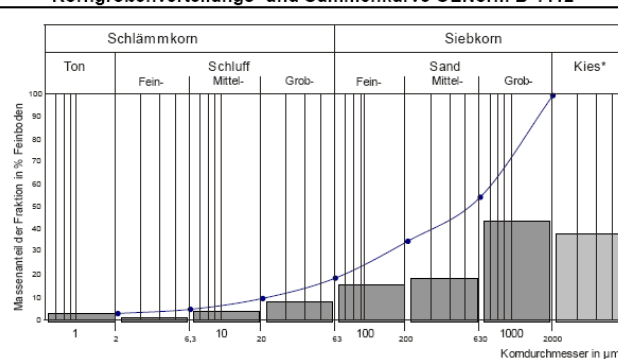
Korngrößenbestimmung gemäß OENorm L 1050, L 1061 und B 4412

Bezeichnung des Projektes: ILEWS
 Bezeichnung der Probe: MR 3
 Analyse durchgeführt von: Cevik
 Analyse durchgeführt am: 29.10.2007

Österreichisches Texturdreieck OENorm L 1050



Korngrößenverteilungs- und Summenkurve OENorm B 4412



Massenanteil der Fraktion in % Feinboden

Korngröße	Ton	Schluff	Sand	Kies*
		fein mittel grob	fein mittel grob	
in µm	<2	2-6 6-20 20-63	63-200 200-630 630-2000	>2000
% je Fraktion	3,73	1,83 4,84 8,96	16,30 19,47 44,87	39,25
% kumulierend	3,73	5,56 10,40 19,36	35,65 55,13 100,00	

* Kies/Grus/Schotter nicht Teil des Feinbodens



Korngrößenanalyse MR 4

1. Projektbezogene Daten

Name des Projektes	ILEWS
Bezeichnung der Probe	MR 4
Analyse durchgeführt von:	Cevik
Datum der Auswertung	
Datum der Analyse	29.10.2007

2. Allgemeine Daten

Gesamtgewicht in g		100,00
Gewicht der Pipettierung	Einwaage minus Sand	3,90
Gewicht der Pipettierung	Summe Schluff+ Ton	3,645
Differenz		0,255
Salzfehler in g		0,0130

Differenz %	6,54
-------------	------

Differenz % **6,54**

3. Siebanalyse

Korngröße in mm	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g	GewFrakt an GesGew	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
>2	MR4 1	63,27	78,48	15,2100	15,2100	0,0000
2 - 0,63	MR4 2	59,56	75,27	15,7100	15,7100	18,5281
0,63 - 0,2	MR4 3	43,46	60,26	16,8000	16,8000	19,8137
0,2 - 0,063	MR4 4	38,81	58,92	20,1100	20,1100	23,7174
Summe				67,8300	67,8300	62,0592

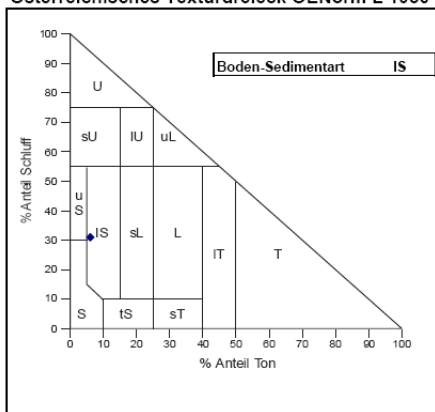
4. Pipettierung

Korngröße in µ	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g	GewPip 20ml Pip	GewFrakt 20ml Pip	GewFrakt an Pipett	mass%Frakt an Pipett	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
63 - 20	MR4 1	63,1338	63,2197	0,0729	0,0299	1,4950	41,0151	13,1946	15,5615
20 - 6	MR4 2	38,6576	38,7136	0,0430	0,0202	1,0100	27,7092	8,9140	10,5131
6 - 2	MR4 3	39,1490	39,1848	0,0228	0,0105	0,5250	14,4033	4,6335	5,4647
< 2	MR4 4	45,6080	45,6333	0,0123	0,0123	0,6150	16,8724	5,4279	6,4015
Summe						3,6450	100,0000	32,1700	37,9408

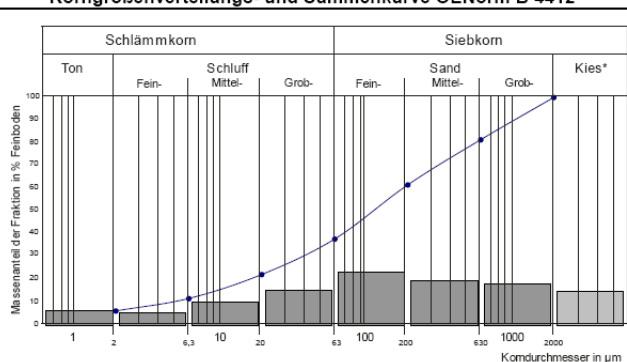
Korngrößenbestimmung gemäß OENorm L 1050, L 1061 und B 4412

Bezeichnung des Projektes:	ILEWS	Analyse durchgeführt von:	Cevik
Bezeichnung der Probe:	MR 4	Analyse durchgeführt am :	29.10.2007

Österreichisches Texturdreieck OENorm L 1050



Korngrößenverteilungs- und Summenkurve OENorm B 4412



Massenanteil der Fraktion in % Feinboden

Korngröße	Ton	Schluff			Sand			Kies*
		fein	mittel	grob	fein	mittel	grob	
in µm	<2	2-6	6-20	20-63	63-200	200-630	630-2000	>2000
% je Fraktion	6,40	5,46	10,51	15,56	23,72	19,81	18,53	15,21
% kumulierend	6,40	11,87	22,38	37,94	61,66	81,47	100,00	

* Kies/Grus/Schotter nicht Teil des Feinbodens



Korngrößenanalyse UR 1

1. Projektbezogene Daten

Name des Projektes	ILEWS
Bezeichnung der Probe	UR 1
Analyse durchgeführt von:	Cevik
Datum der Auswertung	
Datum der Analyse	29.10.2007

2. Allgemeine Daten

Gesamtgewicht in g		100,00
Gewicht der Pipettierung	Einwaage minus Sand	2,80
Gewicht der Pipettierung	Summe Schluff+ Ton	2,370
Differenz		0,430
Salzfehler in g		0,0130

Differenz % 15,36

3. Siebanalyse

Korngröße in mm	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g	GewFrakt an GesGew	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
>2	UR1 1	39,15	60,33	21,1800	21,1800	0,0000
2 - 0,63	UR1 2	56,18	75,12	18,9400	18,9400	24,0294
0,63 - 0,2	UR1 3	39,73	58,42	18,6900	18,6900	23,7123
0,2 - 0,063	UR1 4	108,13	125,91	17,7800	17,7800	22,5577
Summe				76,5900	76,5900	70,2994

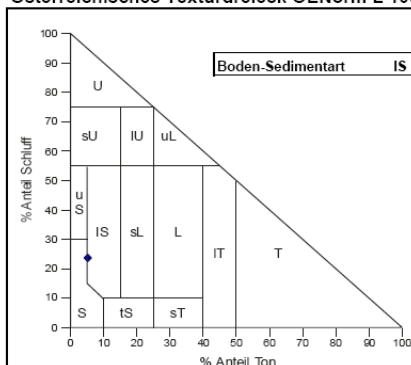
4. Pipettierung

Korngröße in µ	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g	GewPip 20ml Pip	GewFrakt 20ml Pip	GewFrakt an Pipett	mass%Frakt an Pipett	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
63 - 20	UR1 1	41,0993	41,1597	0,0474	0,0159	0,7950	33,5443	7,8527	9,9629
20 - 6	UR1 2	63,0414	63,0859	0,0315	0,0157	0,7850	33,1224	7,7539	9,8375
6 - 2	UR1 3	59,1471	59,1759	0,0158	0,0070	0,3500	14,7679	3,4572	4,3862
< 2	UR1 4	57,1075	57,1293	0,0088	0,0088	0,4400	18,5654	4,3462	5,5140
Summe						2,3700	100,0000	23,4100	29,7006

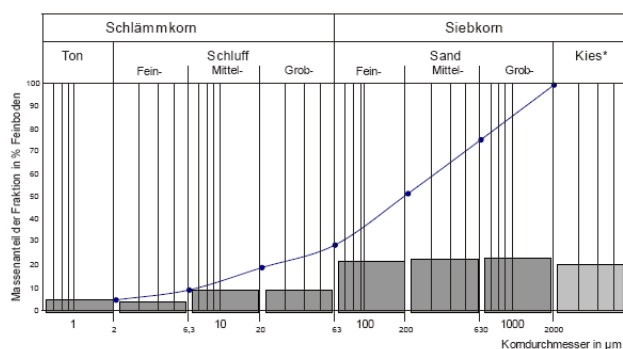
Korngrößenbestimmung gemäß OENorm L 1050, L 1061 und B 4412

Bezeichnung des Projektes:	ILEWS	Analyse durchgeführt von:	Cevik
Bezeichnung der Probe:	UR 1	Analyse durchgeführt am :	29.10.2007

Österreichisches Texturdreieck OENorm L 1050



Korngrößenverteilungs- und Summenkurve OENorm B 4412



Massenanteil der Fraktion in % Feinboden

Korngröße	Ton	Schluff			Sand			Kies*
		fein	mittel	grob	fein	mittel	grob	
in µm	<2	2-6	6-20	20-63	63-200	200-630	630-2000	>2000
% je Fraktion	5,51	4,39	9,84	9,96	22,56	23,71	24,03	21,18
% kumulierend	5,51	9,90	19,74	29,70	52,26	75,97	100,00	

* Kies/Grus/Schotter nicht Teil des Feinbodens

Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien - Physiogeographisches Labor

Althanstrasse 14 A-1090 Wien Tel.: +43 1 427748607 Fax: +43 1 4277 48671



Korngrößenanalyse UR 2

1. Projektbezogene Daten

Name des Projektes: ILEWS
 Bezeichnung der Probe: UR 2
 Analyse durchgeführt von: Cevik
 Datum der Auswertung:
 Datum der Analyse: 29.10.2007

2. Allgemeine Daten

Gesamtgewicht in g	100,00
Gewicht der Pipettierung	Einwaage minus Sand
Gewicht der Pipettierung	Summe Schluff+ Ton
Differenz	0,300
Salzfehler in g	0,0130

Differenz % **12,50**

3. Siebanalyse

Korngröße in mm	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g	GewFrakt an GesGew	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
>2	UR2 1	62,25	95,06	32,8100	32,8100	0,0000
2 - 0,63	UR2 2	65,88	84,37	18,4900	18,4900	27,5190
0,63 - 0,2	UR2 3	47,32	63,14	15,8200	15,8200	23,5452
0,2 - 0,063	UR2 4	39,91	55,56	15,6500	15,6500	23,2922
Summe				82,7700	82,7700	74,3563

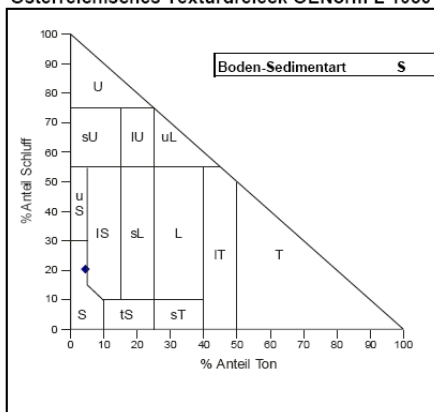
4. Pipettierung

Korngröße in µ	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g	GewPip 20ml Pip	GewFrakt 20ml Pip	GewFrakt an Pipett	mass%Frakt an Pipett	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
63 - 20	UR2 1	45,1168	45,1718	0,0420	0,0175	0,8750	41,6667	7,1792	10,6849
20 - 6	UR2 2	47,6765	47,7140	0,0245	0,0123	0,6150	29,2857	5,0459	7,5099
6 - 2	UR2 3	45,2682	45,2934	0,0122	0,0044	0,2200	10,4762	1,8050	2,6865
< 2	UR2 4	45,4223	45,4431	0,0078	0,0078	0,3900	18,5714	3,1999	4,7624
Summe						2,1000	100,0000	17,2300	25,6437

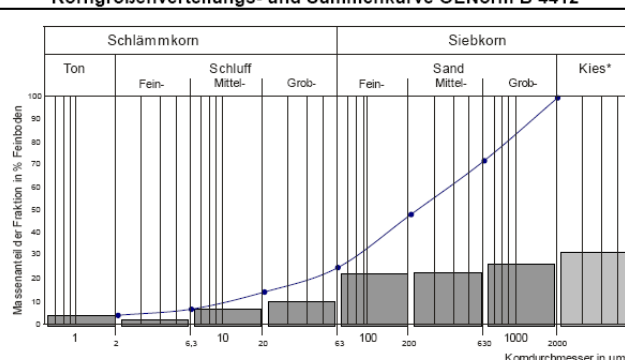
Korngrößenbestimmung gemäß OENorm L 1050, L 1061 und B 4412

Bezeichnung des Projektes: ILEWS
 Bezeichnung der Probe: UR 2
 Analyse durchgeführt von: Cevik
 Analyse durchgeführt am: 29.10.2007

Österreichisches Texturdreieck OENorm L 1050



Korngrößenverteilungs- und Summenkurve OENorm B 4412



Massenanteil der Fraktion in % Feinboden

Korngröße	Ton	Schluff			Sand			Kies*
in µm	<2	fein	mittel	grob	fein	mittel	grob	>2000
% je Fraktion	4,76	2,69	7,51	10,68	23,29	23,55	27,52	32,81
% kumulierend	4,76	7,45	14,96	25,64	48,94	72,48	100,00	

* Kies/Grus/Schotter nicht Teil des Feinbodens



Korngrößenanalyse UR 3

1. Projektbezogene Daten

Name des Projektes ILEWS
 Bezeichnung der Probe UR 3
 Analyse durchgeführt von: Cevik
 Datum der Auswertung
 Datum der Analyse 29.10.2007

2. Allgemeine Daten

Gesamtgewicht in g		100,00
Gewicht der Pipettierung	Einwaage minus Sand	2,94
Gewicht der Pipettierung	Summe Schluff+ Ton	2,680
Differenz		0,260
Salzfehler in g		0,0130

Differenz % **8,84**

3. Siebanalyse

Korngröße in mm	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g		GewFrakt an GesGew	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
>2	UR3 1	43,48	73,76		30,2800	30,2800	0,0000
2 - 0,63	UR3 2	56,69	78,24		21,5500	21,5500	30,9094
0,63 - 0,2	UR3 3	67,72	81,82		14,1000	14,1000	20,2238
0,2 - 0,063	UR3 4	45,24	59,58		14,3400	14,3400	20,5680
Summe					80,2700	80,2700	71,7011

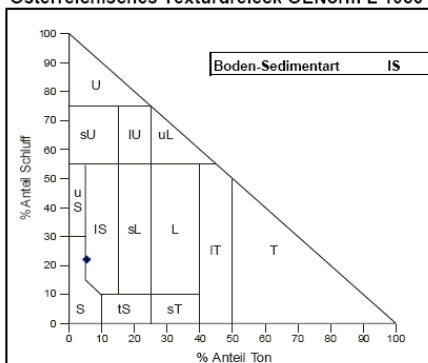
4. Pipettierung

Korngröße in µ	Bezeichnung der Schale	Schale in g	Schale +Probe in g	GewPip 20ml Pip	GewFrakt 20ml Pip	GewFrakt an Pipett	mass%Frakt an Pipett	mass%Frakt an GesGew	mass%Frakt an FeinBo
63 - 20	UR3 1	41,2924	41,3590	0,0536	0,0243	1,2150	45,3358	8,9448	12,8295
20 - 6	UR3 2	40,4665	40,5088	0,0293	0,0137	0,6850	25,5597	5,0429	7,2331
6 - 2	UR3 3	64,7616	64,7902	0,0156	0,0048	0,2400	8,9552	1,7669	2,5342
< 2	UR3 4	45,3010	45,3248	0,0108	0,0108	0,5400	20,1493	3,9754	5,7020
Summe						2,6800	100,0000	19,7300	28,2989

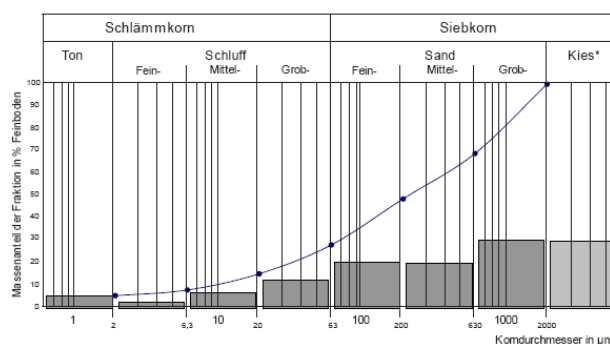
Korngrößenbestimmung gemäß OENorm L 1050, L 1061 und B 4412

Bezeichnung des Projektes: ILEWS
 Bezeichnung der Probe: UR 3
 Analyse durchgeführt von: Cevik
 Analyse durchgeführt am : 29.10.2007

Österreichisches Texturdreieck OENorm L 1050



Korngrößenverteilungs- und Summenkurve OENorm B 4412



Massenanteil der Fraktion in % Feinboden

Korngröße	Ton	fein	Schluff	grob	fein	Sand	grob	Kies*
in µm	<2	2-6	6-20	20-63	63-200	200-630	630-2000	>2000
% je Fraktion	5,70	2,53	7,23	12,83	20,57	20,22	30,91	30,28
% kumulierend	5,70	8,24	15,47	28,30	48,87	69,09	100,00	

* Kies/Grus/Schotter nicht Teil des Feinbodens



Lebenslauf

Yakup Cevik

j.cevik@kabsi.at

Persönliches:

- ☛ Geboren am 6. Mai 1980 in Wien
- ☛ Österreichische Staatsbürgerschaft
- ☛ Familie: Mutter: Margarete Cevik
 Vater: Necati Cevik †
 Schwester: Jasmin Temel

Ausbildung:

- ☛ 2001-2008 Studium „Geographie & Regionalforschung“
 Schwerpunktfach: Landschaftsökologie
 NF: Angewandte Geomorphologie und GIS
- ☛ 1994 – 2000 HLW - Biedermannsdorf
- ☛ 1990 – 1994 Realgymnasium BRG XI

Präsenzdienst:

- ☛ 2000- 2001 1. Gardekompanie; Maria-Theresien-Kaserne

Fachbezogene berufliche Tätigkeiten:

- ☛ Aktuell: - Internship in der Sektion „Isotope Hydrology“,
 International Atomic Energy Agency (IAEA)
 - Projektmitarbeiter der ZAMG
- ☛ 2007 Projektmitarbeiter im Bereich der physischen
 Geographie am Institut für Geographie und
 Regionalforschung, Uni Wien
- ☛ 2007 Tutoriumsauftrag der Lehrveranstaltung
 „Landschaftsökologie“ im SS07, Uni Wien
- ☛ 2006 Praktikum in der Firma „Water and Waste“ als
 chemische Aufsicht einer Altlastendeponie