

Lehrstuhl für Angewandte Geologie  
Universität Karlsruhe (TH)

„Risikobetrachtung von gravitativen Naturgefahren  
im alpinen Bereich“

*Anwendung auf das Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen*  
*im*  
*UNESCO Weltkulturerbe*  
*Hallstatt-Dachstein/Salzkammergut (Österreich)*

Vollständiger Ausdruck der von der Fakultät für Bau Geo Umwelt der  
Universität Karlsruhe (TH) zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)  
genehmigten DISSERTATION.

von  
Dipl.-Geol. Christina Rönnau  
aus Heilbronn

2005

Tag der mündlichen Prüfung: 22.Juli 2005

Vorsitzender: Herr Prof. Schmidt

Hauptreferent: Univ.-Prof. Dr. Dr. Kurt Czurda

Co-Referent: Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. Hans-Peter Bähr



## **KURZFASSUNG:**

Im Rahmen eines Projektes am Graduiertenkolleg „Naturkatastrophen“ wurde eine Methode zur Risikoanalyse im alpinen Bereich ausgearbeitet. Dabei wurde das Risiko von gravitativen Naturgefahren in einem Arbeitsgebiet bei Hallstatt (25 km<sup>2</sup>) untersucht, welches Teil der UNESCO geschützten Kulturlandschaft Hallstatt-Dachstein/Salzkammergut in Österreich ist. Die dort stattfindenden gravitativen Naturgefahren (Murgang, Rutschung, Steinschlag, Felssturz und Lawinen) sind Teil der einzigartigen Landschaft des Inneren Salzkammerguts und beeinflussen die Lebensart der Bewohner.

Die Aufbereitung und Zusammenfassung von Daten aus verschiedenen Quellen mit einem Geoinformationssystem (GIS), sowie die Entwicklung eines risikoanalytischen Ansatzes standen dabei im Vordergrund. Die Verknüpfung der verschiedenen Naturgefahrenprozesse mit dem davon ausgehendem Schadenpotential führen zu einer detaillierten Risikobetrachtung, die sowohl interpretativ, rechnerisch, als auch kartographisch durchgeführt wurde. Dabei ist die zentrale Aufgabe der gesamtheitlichen Risikobetrachtung das Risiko im gefährdeten Bereich zu minimieren. In diesem Zusammenhang wurden Vorschläge zu risikomindernden Schutzmassnahmen im Arbeitsgebiet ausgearbeitet.

Schlüsselwörter: Risikoanalyse, alpiner Bereich, Hallstatt, UNESCO; gravitative Naturgefahren, Geoinformationssystem, Schadenpotential, Schutzmaßnahmen.

## **ABSTRACT:**

In the course of a project of the Graduate College for Natural Disasters an applied Riskanalysis method in the Alpine Region was elaborated. Therefore the Risk of mass movements was investigated in the study area Hallstatt/Plassen (25 km<sup>2</sup>), which is part of the UNESCO Worldheritage Hallstatt-Dachstein/Salzkammergut in Austria. The local mass movements (debris flow, landslide, rockfall and avalanche) played a constant role in forming the typical landscape and the behaviour of the local population.

The survey of geological and geotechnical data and editing them with ARC GIS, a Geographic Information System was the first workstep. Secondary established risk analytic methods were adapted to availability of data. The risk assessment combines different natural hazard processes with an index of potential damage, which was examined in an interpretative, mathematical and mapping way. The main aim of a risk assessment is to minimize the risk in endangered areas. For this reason proposals of defence measures were made for minimizing the risk in the study area.

Keywords: Riskanalysis, alpine region, Hallstatt, UNESCO, mass movements, Geographic Information System, potential damage index, risk assessment, defence measures.

## **VORWORT:**

Die vorliegende Arbeit entstand am Lehrstuhl für Angewandte Geologie der Universität Karlsruhe im Rahmen des Graduiertenkollegs „Naturkatastrophen“ für deren finanzielle Unterstützung durch die DfG ich mich an dieser Stelle herzlich bedanken möchte.

Beim Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, der Wildbach- und Lawinenverbauung Gebietsbauleitung Bad Ischl, dem Hydrographischen Dienst des Landes Oberösterreich, sowie dem Naturhistorischen Museum Wien möchte ich mich für die überlassenen Daten bedanken. Besonders bedanken möchte ich mich an dieser Stelle bei Herrn Schiffer, Herrn Prüstinger, Herrn Wirobal sowie Herrn Kern und Herrn Reschreiter.

Besonderer Dank geht an meinen Doktorvater Herrn Professor Kurt Czurda, für die Vergabe der Arbeit, seine Einsatzbereitschaft für die vorliegende Arbeit und das in mich gesetzte Vertrauen, welches zum Gelingen des Projektes wesentlich beigetragen hat.

Bei Institut für Photogrammetrie und Vermessungswesen möchte ich mich bei Herrn Wursthorn und Herrn Vögtele bedanken für die Versuche im Umgang mit meinen Luftbildern. Im diesem Zusammenhang bedanke ich mich bei Herrn Professor Bähr für die Übernahme des Co-Referats, sowie die anregenden Gesprächsrunden in den Graduiertenkolleg Seminaren.

Für die stets tatkräftige Arbeit und Unterstützung möchte ich mich bei Herrn Dr. Christian Hauck und Frau Dr. Tina Plapp bedanken, die mich als Koordinatoren während meiner aktiven Zeit im Graduiertenkolleg unter der Leitung von Professor Fritz Gehbauer begleiteten.

Besonderen Dank möchte ich auch allen Graduierten, sowie beteiligten Professoren am Graduiertenkolleg für die Jahre, voller Weiterbildung, Herausforderungen und Diskussionen bedanken, die diese interdisziplinäre Arbeit abgerundet haben.

Bei Dr. Alexander Kienzle möchte ich mich besonders für das gute Arbeitsklima, bei Dr. Wolf Kassebeer für die GIS – Einarbeitung bedanken. Ebenso möchte ich mich bei Dipl.-Geol. Dominik Ehret für seine Leistungen als Diplomand, sowie Dr. Joachim Rohn für die reiche Literatur und Erfahrung im Salzkammergut danken.

Auch folgenden Mitarbeitern und ehemaligen Mitarbeitern des Lehrstuhls möchte ich an dieser Stelle meinen Dank für anregende Gespräche und moralische Unterstützung ausdrücken.

Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei Massimo Randisi, der mir Mut zugesprochen hat das angestrebte Ziel zu erreichen und sich immer meiner Sorgen und Probleme angenommen hat.

An dieser Stelle geht ein besonderer Dank an meine Eltern, die mich stets finanziell und moralisch in allen Phasen der Ausbildung unterstützt haben.



Kurzfassung	I
Vorwort	II
Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IX
Fotoverzeichnis	XIV
Tabellenverzeichnis	XV
Diagrammverzeichnis	XVI

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1. Einführung</b>	<b>1</b>
1.1 Vorgehensweise	2
1.2 Aufbau der Arbeit	2
<b>2. Die ganzheitliche Risikobetrachtung – Theorie und Anwendung</b>	<b>4</b>
2.1 Gefahr und Risiko im alpinen Bereich - Definitionen und Begriffe	4
2.2 Naturrisiken im Alpenraum und ihre Besonderheiten.	6
2.3 Methodengrundlage und Arbeitsschritte	6
2.3.1 Die Risikoanalyse	8
2.3.1.1 Systemabgrenzung und –beschreibung	8
2.3.1.2 Gefahrenabschätzung	8
2.3.1.3 Schadenpotentialanalyse	9
2.3.1.4 Folgenabschätzung	9
2.3.2 Risikobewertung	10
2.3.3 Risikomanagement	10
<b>3. Das Arbeitsgebiet Hallstatt / Plassen – räumliche und konditionelle Systemabgrenzung</b>	<b>12</b>
3.1 Wahl des Arbeitsgebietes	12
3.2 Geografische Einordnung	14
3.3 Hydrologischer Überblick	16
3.4 Hydrogeologischer Überblick	17
3.5 Vegetationsformen	18
3.5.1 Naturschutzflächen	18
3.5.2 Der Bannwald von Hallstatt	19
3.6 Das UNESCO Weltkulturerbe Hallstatt-Dachstein / Salzkammergut	20
3.7 Salz und Archäologie im Arbeitsgebiet	22
3.7.1 Salzabbau – Im Wandel der Zeit	23
3.7.2 Archäologische Untersuchungen	26
3.7.2.1 <i>Das Hallstätter Gräberfeld</i>	26
<b>4. Geologie im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen – Grundlage für die thematische</b>	<b>28</b>

<b>Systemabgrenzung</b>	
4.1 Regionale Geologie des Hallstätter Raumes	28
4.2 Stratigraphie und Ausbildung der geologischen Einheiten	31
4.2.1 Perm	33
4.2.1.1 <i>Haselgebirge (Bunter Tonstein, Gips, Salz; Oberperm)</i>	32
4.2.2 Trias	34
4.2.2.1 <i>Werfener Schichten (Skyth)</i>	34
4.2.2.2 <i>Gutensteiner Formation (Oberskyth-Anis)</i>	34
4.2.2.3 <i>Steinalm-Formation (Anis)</i>	35
4.2.2.4 <i>Reiflinger-Formation (Oberanis-Ladin)</i>	35
4.2.2.5 <i>Schreieralm-Formation (Mittleres Anis – Ladin)</i>	35
4.2.2.6 <i>Hallstätter Schichten - untere Abfolge (Anis-Unterkarn)</i>	36
4.2.2.7 <i>Halbienschiefer bzw. Raibl-Formation (Unterkarn)</i>	36
4.2.2.8 <i>Hallstätter Schichten – obere Abfolge (Oberkarn-Obernor)</i>	36
4.2.2.9 <i>Pötschen Formation (Oberstes Karn – Obernor)</i>	37
4.2.2.10 <i>Zlambach-Formation (Rhät)</i>	37
4.2.3 Trias der Dachsteinfazies	37
4.2.3.1 <i>Dachstein-Formation (Unteres Nor-Rhät)</i>	37
4.2.4 Jura	38
4.2.4.1 <i>Hirlatzkalk, Adneter Kalk (Lias)</i>	38
4.2.4.2 <i>Allgäu-Formation (Lias – Mittlerer Dogger)</i>	38
4.2.4.3 <i>Grünanger-Formation (Dachsteinbrekzie, Oxford)</i>	39
4.2.4.4 <i>Radiolarit-Formation (Oxford-Kimmeridge)</i>	39
4.2.4.5 <i>Plassen-Formation (höherer Malm)</i>	39
4.2.5 Kreide	40
4.2.5.1 <i>Kreuzgraben-Formation (Oberkreide bis Alttertiär).</i>	40
4.2.6 Quartär	40
4.2.6.1 <i>Pleistozäne Ablagerungen</i>	40
4.2.6.2 <i>Holozäne Ablagerungen</i>	41
4.3 Regionaltektonik	41
<b>5. Geotechnik im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen - thematische Systemabgrenzung und Gefahrenabschätzung Teil 1</b>	<b>44</b>
5.1 Festgesteine, veränderlich feste Gesteine und Lockergesteine	45
5.1.1 Festgesteine	45
5.1.2 Veränderlich feste Gesteine	45
5.1.3 Lockergesteine	46
5.2 Klassifikation von gravitativen Naturgefahren	47
5.2.1 Standardklassifikation von gravitativen Naturgefahrenprozessen	49

5.2.2 Klassifikation durch risikorelevante Parameter	49
5.3 Sturz-, Kipp- und Fallprozesse	50
5.3.1 Steinschlag und Felssturz	50
5.3.1.1 <i>Definition von Felssturz und Steinschlag</i>	50
5.3.1.2 <i>Auslösung von Sturzprozessen</i>	50
5.3.1.3 <i>Ablauf und Mechanik von Sturzprozessen</i>	50
5.3.1.4 <i>Energiehaushalt</i>	52
5.3.1.5 <i>Folgeereignisse</i>	52
5.3.1.6 <i>Sturzprozesse im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen</i>	52
5.4 Gleit- und Rutschprozesse	61
5.4.1 Felsgleitung und Rutschung	61
5.4.1.1 <i>Definition und Aufbau im Blockbild</i>	61
5.4.1.2 <i>Auslösung von Rutschprozessen</i>	62
5.4.1.3 <i>Rutschungen im Arbeitsgebiet</i>	62
5.4.2 Lawine	62
5.4.2.1 <i>Definition</i>	62
5.4.2.2 <i>Morphologie</i>	63
5.4.2.3 <i>Meteorologie</i>	63
5.4.2.4 <i>Nivologie</i>	64
5.4.2.5 <i>Lawinenauslösung</i>	64
5.4.2.6 <i>Dynamik von Lawinen.</i>	65
5.4.2.7 <i>Intensität und Wahrscheinlichkeit in der Gefahrenstufeneinteilung</i>	65
5.4.2.8 <i>Lawinen im Arbeitsgebiet</i>	66
5.5 Fließprozesse	69
5.5.1 Wildbach/Murgang	69
5.5.1.1 <i>Das System „Wildbach“</i>	69
5.5.1.2 <i>Wasser- und Feststoffhaushalt in Wildbachsystemen</i>	70
5.5.1.3 <i>Murgang als Wildbach abhängiger Massenbewegungsprozess</i>	71
5.5.1.4 <i>Dispositionsmodell – ein Teil des System Murgang</i>	72
5.5.1.5 <i>Murfähige Wildbäche im Arbeitsgebiet Hallstatt / Plassen</i>	73
5.5.2 Schuttstrom	77
5.5.2.1 <i>Definition von Schuttströmen</i>	77
5.5.2.2 <i>Auslösung</i>	77
5.5.2.3 <i>Bewegungsablauf</i>	78
5.5.2.4 <i>Schuttströme im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen</i>	78
5.6 Kriech- und Driftprozesse	80
5.6.1 Bergzerreissung (Kriechprozess)	80
5.6.1.1 <i>Bergzerreissung im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen</i>	80

5.6.2 Lateral Spreading (Driftprozess)	81
5.6.1.2 <i>Lateral Spreading im Arbeitsgebiet</i>	82
<b>6. Schadenpotentialanalyse</b>	<b>83</b>
6.1 Schutzrelevante Objekte	83
6.2 Kategorisierung der Objekte im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen	84
6.2.1 Personen	84
6.2.2.1 <i>Ansässige Bevölkerung</i>	85
6.2.2.2 <i>Pendler</i>	85
6.2.2.3 <i>Touristen</i>	86
6.2.2 Gebäude und deren Schadenpotentialeigenschaften	87
6.2.2.1 <i>Wohnhäuser</i>	88
6.2.2.2 <i>Hotels</i>	90
6.2.2.3 <i>Büro und Handelsgebäude.</i>	91
6.2.2.4 <i>Nachrichten- und Verkehrswesen</i>	91
6.2.2.5 <i>Werkstätte, Industrie und Lager</i>	91
6.2.2.6 <i>Kultur, Freizeit, Bildung und Gesundheit</i>	91
6.2.2.7 <i>Sonstige Gebäude</i>	92
6.2.3 Leitungsnetz	93
6.2.4 Verkehr	93
6.2.4.1 <i>Straßen- und Wegenetz</i>	93
6.2.4.2 <i>Der Hallstätter Tunnel</i>	95
6.2.4.3 <i>Die Standseilbahn der Austria Salinen AG</i>	96
6.2.4.4 <i>Verkehrsgrößen zur Erfassung des Schadenpotential</i>	96
6.2.5 Sonderkategorie	97
6.2.5.1 <i>Schutzflächen (Natur)</i>	97
6.2.5.2 <i>Archäologische Fundstätten</i>	98
6.2.5.3 <i>Kulturelle Flächen</i>	99
<b>7. Kartenerstellung (Gefahrenabschätzung Teil 2)</b>	<b>100</b>
7.1 Die Datenbearbeitung in einem Geographischen Informationssystem (GIS)	100
7.2 Simulationsmodelle in der GIS basierten Gefahrenabschätzung	101
7.3 Datengrundlage	101
7.3.1 Topographische Informationen	101
7.3.2 Daten der Wildbach- und Lawinenverbauung - GBL Bad Ischl	104
7.3.3 Gefahrenzonenplan	104
7.3.3.1 <i>Die Gefahrenzonenplanung in Österreich</i>	104
7.3.3.2 <i>Bedeutung des Gefahrenzonenplanes für die Risikoanalyse</i>	105
7.3.4 Geologische und Geotechnische Kartengrundlagen	105
7.3.5 Ereigniskarte	106

7.4 Prozesskarten	107
7.4.1 Prozesskarte: Sturz	107
7.4.1.1 <i>Abbruchgebiete und d8 Methode</i>	107
7.4.1.2 <i>Interpretation der Prozesskarte Rutsch</i>	108
7.4.2 Prozesskarte: Rutschung und Schuttstrom	109
7.4.2.1 <i>Hangneigung</i>	109
7.4.2.2 <i>Lithologie</i>	110
7.4.2.3 <i>Störungen</i>	111
7.4.2.4 <i>Vegetation</i>	112
7.4.2.5 <i>Erosion</i>	112
7.4.2.6 <i>Gewichtung der Ebenen</i>	113
7.4.2.7 <i>Interpretation der Prozesskarte Rutschung/Schuttstrom</i>	114
7.5 Objektkategorienkarten	115
7.5.1 Gewichtung der Objektkategorien	115
7.6 Risiko- bzw. Schutzdefizitkarten	117
<b>8. Schutzdefizite und HOT SPOT – Detailkarten</b>	<b>119</b>
8.1 Schutzdefizitkarte Rutschung/Schuttstrom	119
8.1.1 HOT SPOTS „Rutschungsereignisse im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen“	119
8.2 Schutzdefizitkarte Sturz	120
8.2.1 HOT SPOT „Felssturzereignisse im Hallstätter Ortsteil <<Im Tremischen>>“	120
8.2.2 HOT SPOT „Felssturzereignisse im südlichen Stadtteil von Hallstatt“	122
8.2.3 HOT SPOT „Felssturzereignisse an der Hohen Sieg – Risiko für das Hallstätter Gräberfeld und das Archäologenhaus“	123
8.3 Schutzdefizitkarte Lawine	125
8.3.1 HOT SPOT „Lawinenergebnisse an der Landesstraße L 547 zwischen Gosaumühle und Obertraun“	125
8.3.2 Personenrisiko im Fall: „Mehrere Lawinenzüge kreuzen eine Verkehrsachse“	126
8.3.3 HOT SPOT „Lawinenergebnisse über Hallstatt“	127
8.4 Schutzdefizit Murgang	127
8.4.1 HOT SPOT „Mühlbachs“	127
8.4.2 Mühlbach – Murgangsszenarien	131
<b>9. Prognose und Empfehlung</b>	<b>133</b>
9.1 Klimawandel	133
9.1.1 Globale Klimaveränderungen	133
9.1.2 Das Klima der Alpenregion	134
9.1.3 Auswirkungen auf das Umfeld und die Hallstätter Region	134
9.1.3.1 <i>Schneearmut und Gletscherschwund</i>	134
9.1.3.2 <i>Vegetationsveränderungen im Bannwald</i>	134

9.1.3.3 <i>Gletscherrückzug und Permafrostveränderungen</i>	134
9.1.3.4 <i>Trockenperioden</i>	135
9.1.4 Veränderungen der Naturgefahrensituation	135
9.1.4.1 <i>Murgänge</i>	135
9.1.4.2 <i>Lawinen</i>	135
9.1.4.3 <i>Rutschungen</i>	135
9.1.4.4 <i>Sturzprozesse</i>	136
9.1.4.5 <i>Bergzerreissung</i>	136
9.2 Gefährdung des UNESCO Kulturlandschaft – Auswirkungen auf die Gemeinde Hallstatt und den Tourismus	136
9.3 Risikoaversion und/oder Risikoakzeptanz?	138
9.3.1 Ansässige Bevölkerung.	138
9.3.2 Zugezogene Bevölkerung / Pendler	138
9.3.3 Touristen	139
9.4 Risikominderung und der Schutz vor Naturgefahren	139
9.4.1 Technische Prävention	140
9.4.1.1 <i>Massnahmen an der Gefahrenquelle</i>	141
9.4.1.2 <i>Massnahmen am gefährdeten Objekt</i>	141
9.4.2 Frühwarn- und Beobachtungssysteme	141
9.4.2.1 <i>Lawine</i>	143
9.4.2.2 <i>Murgang</i>	144
9.4.2.3 <i>Steinschlag</i>	144
9.4.2.4 <i>Felssturz</i>	144
9.4.2.5 <i>Rutschung und Schuttstrom</i>	145
9.4.3 Abschließende Worte zum Umgang mit Naturgefahren	145
<b>10. Zusammenfassung und Fazit</b>	146
10.1 Zusammenfassung	146
10.2 Fazit	147
<b>11. Literaturverzeichnis</b>	148
<b>12. Anhang</b>	156
Lebenslauf	159

## Abbildungsverzeichnis

- Abb. 2.3-1: Teile der ganzheitlichen Risikobetrachtung mit den 3 Teilen: Risikoanalyse, 7  
Risikobewertung und Risikomanagement (mod. nach BUWAL, 1998).
- Abb. 2.3-2: Zusammenhang Einwirkung-Schadensgrad: bis zu einer unteren Stärke A wird das 10  
Wertobjekt durch die Einwirkung nicht geschädigt (Toleranzgrenze), ab einer oberen Stärke  
B nimmt der Schaden nicht mehr zu (Objekt vollständig zerstört) (HOLLENSTEIN, 1997).
- Abb. 3.1-1: Orthophoto des Arbeitsgebiets RÖNNAU (Hallstatt / Plassen) und bearbeiteten 13  
Teilgebiete.
- Abb. 3.2-1: Arbeitsgebiet Hallstatt Plassen im Digitalen Höhenmodell mit lokalen Ortsangaben. 14
- Abb. 3.2-2: Postkarte des Wasserfalls Waldbachstrub im Echerntal (2004). 15
- Abb. 3.4-1: Hydrologische Einzugsgebiete der Wildbäche im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen (mod. 17  
Daten der WLV Bad Ischl).
- Abb. 3.6-1: UNESCO – Kulturlandschaft Hallstatt-Dachstein/ Salzkammergut mit dem untersuchten 20  
Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen in gelber Farbe dargestellt (mod. nach SCHUHBÖCK, 2001).  
Die Kernzone des geschützten Gebietes ist mit roter Farbe markiert. Die grüne Linie umgibt  
die sog. Pufferzone.
- Abb. 3.6-2 : UNESCO – Symbolschilder im Arbeitsgebiet (2003). 21
- Abb. 3.7-1: Prähistorische Abbaufelder im Hallstätter Salzberg mit Ausdehnung der heutigen 23  
Gewinnungsfelder der Austria Salinen AG (verändert nach Austria Salinen AG, 2003 und  
BARTH, 2000).
- Abb. 3.7-2: Damalige und heutige Laugverfahren im Bergwerk Hallstatt (Austria Salinen AG, 2003). 25
- Abb. 3.7-3: Die Lage des Gräberfeldes und seine zeitlichen Ausgrabungen (verändert nach Kern, 26  
2002).
- Abb. 4.1-1: Nord-Süd Profil durch die Alpen mit Unterteilung in vereinfachte Faziesbeziehungen. In 29  
der Karbonatplattform wurden Hauptdolomit- und Dachsteinfazies abgelagert. Die Hallstatt-  
Fazies und Radiolarite entstanden in der Pelagischen Fazies (FAUPL, 1997, angegebener  
Breitenmaßstab ca. 500m).
- Abb. 4.1-2: Stratigraphie der jurassischen und kredazischen Abfolge im Hallstätter Raum (MANDL, 30  
1971).
- Abb. 4.1-3: Deckenbau mit den 3 unterschiedenen Großeinheiten. Dabei wird die Hallstätter Zone 31  
dem Tirolikum mit Vorbehalt zugeordnet (TOLLMANN, 1976).
- Abb. 4.2-3: Schematische Darstellung der stratigraphischen Stellung und lithologischen Ausbildung 32  
der Hallstätter Fazies im Juvavischem Deckenkomplex (Mandl, 2000).
- Abb. 4.3-1: Deckenübersicht in den mittleren Ostalpen (mod. nach WAGREICH & DECKER, 2001). 42
- Abb. 4.3-2: N-S Profil durch den Vorderen Plassen (MANDL, 1998, modifiziert durch EHRET, 42  
2002). Py: Haselgebirge; t: Werfen-Formation; tmg: Gutenstein-Formation; th: Hallstätter  
Kalke; ip: Plassen-Formation; twd: Wettersteindolomit; td: Hauptdolomit; tkd: Kalk-Dolomit-  
Wechsellagerung; tk: gebankte Kalksteine der Dachstein-Formation; i: Jura (Allgäu-,  
Grünanger-Formation).

## Abbildungsverzeichnis

- Abb. 4.3-3: Übersicht über die Störungen im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen (mod. nach TOLLMANN, 1987). 43
- Abb. 5.1-1: Übersicht über die geotechnischen Einheiten im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen. 44
- Abb. 5.2-1: Die ausgeprägte Standortgebundenheit gravitativer Gefahren begründet ihre hohe raumplanerische Bedeutung (EGLI, 1996a). 48
- Abb. 5.3-1: Bewegungsarten in der Initialphase a) Beulen, b) Kippen, c) Gleiten auf einer bzw. zwei Trennflächen (modifiziert nach POISEL, 1998). 50
- Abb. 5.3-2: Energieverlauf bei der Sprungbewegung nach GERBER (1995). 50
- Abb. 5.3-3: Südwestseite des Vorderen Plassen mit zwei großen Nischenanbrüchen (EHRET, 2002). 53
- Abb. 5.3-4: Steinbergkogel gegliedert in 4 Zonen als geotechnischer Profilschnitt mit Angaben der Messeinrichtungen und ausgewählten kinematischen Charakteristika (LOTTER, 2001). 54
- Abb. 5.3-5: Felssturzswände des Roten Kögeles mit Unterteilung und die verschiedenen Zonen und dem gefährdeten Felsturm FT 2 (EHRET, 2002). 55
- Abb. 5.3-6: Blick auf den Steingrabenschneid vom Hallstättersee aus mit Hauptabrissskante und eingezeichnetem Felssturzmaterial sowie dem Auffangdamm und der Landesstraße L 547 in Blau (2003). 56
- Abb. 5.3-5: Fallspurenanalyse der Sturzprozesse von der Fahnwand oberhalb des Hallstätter Ortsteil „Im Tremischen“. Deutlich zu erkennen sind die langen Fallspuren, die im Bereich der Häuser enden. 57
- Abb. 5.3-7: Im Ortsteil „Im Tremischen“ wurde durch das Felssturzereignis vom 10. April 1965 ein Haus zerstört. Zum Zeitpunkt der Zerstörung, saßen Überlebende im einzigen nicht zerstörten Raum, der Küche des Hauses (URSTÖGER, 2000). 57
- Abb. 5.3-6: Fallspurenanalyse der Sturzprozesse im Bereich der Hirlatzwand. Die östlichste Fallspur hält direkt auf die Kalvarienkirche (Kreis) zu, welche im Jahr 1946 durch Felssturzmassen beschädigt wurde (URSTÖGER, 2000). 58
- Abb. 5.3-8: Felssturzereignis im Jahr 1999 am Mitterwandtunnel im Südwesten des Arbeitsgebietes Hallstatt/Plassen (URSTÖGER, 2000). 59
- Abb. 5.3-7: Fallspurenanalyse im Bereich der Standseilbahn von Hallstatt. Gut zu erkennen sind die roten Fallspuren, die die Standseilbahn-Strecke kreuzen. 60
- Abb. 5.4-1: Schematisches Blockbild einer Felsgleitung (mod. von EHRET (2002) nach DIKAU et al. 1996). 61
- Abb. 5.4-2: Blockbild einer schematisierten Rotationsrutschung: 1: Krone, 2: Hauptgleitfläche, 3: untergeordnete Abrissflächen, 4: Teilschollen, 5: Rutschungskörper, 6: Querspalten und Zugrisse, 7: Rutschungsfuss mit Stauchwellen (mod. von EHRET (2002) nach DIKAU et al. 1996). 61
- Abb. 5.4-3: Lawinenklassifikation (KIENHOLZ, 1928). 63
- Abb. 5.4-5: Übersicht der registrierte Lawinenzüge der Gemeinde Hallstatt (mod. nach WLK 66 Katasterunterlagen, 2003) mit danebenstehenden Katasternummern und Namensgebung.
- Abb. 5.4-6: Schoßlahnganglawine im Winter 1945. um den Verkehr zwischen Obertraun und 67



## Abbildungsverzeichnis

Hallstatt wiederherzustellen, wurde ein 52 m langer Tunnel gegraben, der mehrere Wochen Bestand hatte (URSTÖGER, 2000).	
Abb. 5.4-7: Steingrabenlawine im Jahr 1988, die die Landesstraße für 2 Tage verschüttete und mit dem Bagger (rechts am Lawinenrand) freigeschafft werden musste (URSTÖGER, 2000).	67
Abb. 5.5-1: Blockbild Wildbach (verändert nach KIENHOLZ, 1998)	70
Abb. 5.5-2: Dispositionsmodell (mod. nach ZIMMERMANN, 1997).	72
Abb. 5.5-3: Ausschnitt des Waldbaches in Hallstatt –Lahn aus dem Gefahrenzonenplan Hallstatts (mod. nach WLW, 2003).	73
Abb. 5.5-4: Schematisierter Querschnitt der Mühlbachschlucht mit möglichen Gefahrenstellen	75
Abb. 5.5-5: Einzugsgebiet des Mühlbachs, welches sich vom Gipfel des Plassen bis nach Hallstatt erstreckt (Nr. 907, mod. nach den Katasterdaten WLW – Bad Ischl).	76
Abb. 5.5-6: Profilschnitt durch einen Schuttstrom (mod. nach BUNZA, 1982).	78
Abb. 5.5-7: Schuttstrom Sagmoos mit Abrissfläche im Nährgebiet (EHRET, 2002).	79
Abb. 5.6-1: Bergzerreissung a) und Talzus Schub b) mit unterschiedlich ausgebildeten Scherflächen (mod. nach BUNZA, 1982).	80
Abb. 5.6-2: Geotechnischer Profilschnitt Schichlingkogel- Plassen. Die Pfeile geben die Bewegungsrichtung an. Im Gipfelbereich des Plassen wurden Divergenzmessungen durch EHRET im Jahr 2002 durchgeführt.	80
Abb. 5.6-3: Das System „Hart auf Weich“ nach DIKAU et al. (1996).	81
Abb. 5.6-4: Geotechnischer Profilschnitt durch den Plassen-Lahngangkogel–Sagbach mit den 4 Hauptabrissezonen (HA I bis HA IV) und dem losgelösten Hohenfeldkogel (EHRET, 2002).	82
Abb. 6.2-1: Wege- und Straßennetz im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen. Die Verkehrszählpunkte spielen in Kapitel 6.2.5.4 eine besondere Rolle.	93
Abb. 6.2-2: Lageplan der 2 Röhren des Hallstätter Umfahrungstunnel (gestrichelte Linie) mit Parkterrassen im Ortskern (mod. nach URSTÖGER, 2000).	95
Abb. 6.2-3: Übersicht über die naturgeschützten Flächen im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen (mod. nach GENESYS-Flächen).	98
Abb. 7.1-1: Aufgliederung der realen Gegebenheiten in einem Arbeitsgebiet in Informationsebenen (BUWAL, 1998).	100
Abb. 7.3-1: Verteilung der Hangneigungsklassen im Arbeitsgebiet basierend auf Berechnungen aus dem digitalen Höhenmodell (Rastergröße: 10m) (BEV).	103
Abb. 7.3-2: Vereinfachte Darstellung der Verbreitung von gravitativen Ereignissen und deren „stumme Zeugen“ im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen.	106
Abb. 7.4-1: Ergebnisse aus der Fallspurenanalyse mit der d8-Methode in (modifiziert nach BERCEANU, 2000 und KASSEBEER, 2001).	108
Abb. 7.4-1: Kombination der Informationsebenen und –gruppen zu einer Suszeptibilitätskarte der Rutschungsprozesse.	109
Abb. 7.4-2: Gewichtung der rutsch-gefährdeten Hangneigungsbereiche.	110

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 7.4-3: Verteilung der rutschgefährdeten lithologischen Einheiten.	111
Abb. 7.4-3: Abstände zu Störungen.	112
Abb. 7.4-4: Vegetationsverteilung.	112
Abb. 7.4-5: Erosionsverhalten der fließenden Gewässer im Arbeitsgebiet.	112
Abb. 7.4-6: Prozesskarte Rutschung /Schuttstrom mit Gefährdungskala.	114
Abb. 7.5-1: Verteilung der gefährdeten Schadenpotentiale (Objektkategorien) im Arbeitsgebiet (vgl. beiliegende CD).	117
Abb.7.6-1: Verarbeitungsprozess von Ebenen und Gruppen zu Prozesskarten. Diese werden mit dem Schadenpotential kombiniert zu Risiko- bzw. Schutzdefizitkarten. Aus den Prozessspezifischen Risikokarten können abschließend detaillierte Karten der Risiko HOT SPOT gewonnen werden.	118
Abb.8.1-1: Überblick über die Schutzdefizite im Zusammenhang mit Rutschungen und Schuttströmen im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen.	120
Abb. 8.2-1: Schutzdefizite im Ortsteil „Im Tremischen“ nördlich vom historischen Stadtkern Hallstatts.	121
Abb. 8.2-2: Detailkarte der gefährdeten Objekte im südlichen Stadtbereich von Hallstatt.	122
Abb. 8.2-3: Detailkarte der Schutzdefizite im Hallstätter Salzberg.	123
Abb. 8.3-1: Detailkarte der Lawinengefahr für die Landesstrasse L 547 und den Soleleitungsweg.	125
Abb. 8.3-2: Lawinengefährdung entlang der Landesstraße L547 zwischen Hallstatt-Lahn und Obertraun.	125
Abb. 8.3-3: Schematische Darstellung des Risikofalls: Mehrere Lawinenzüge kreuzen eine Verkehrsachse.	126
Abb. 8.3-4: Formel zur Berechnung des Personenrisikos auf lawinengefährdeten Verkehrsachsen (mod. nach BUWAL 1998).	126
Abb. 8.3-5: Schutzdefizitverteilung im Hallstätter Stadtkern.	127
Abb. 8.4-1: Gefahrenzonenplan Hallstatt. Ausschnitt Hallstatt (verändert nach WLV, 2002). Der Blick in den Gefahrenzonenplan zeigt eine rote Gefahrenzone oberhalb der Parkterrasse durch den Altstadtkern von Hallstatt bis zur Mündung in den Hallstätter See entlang der Unterlaufregulierung.	128
Abb. 9.4-1:Gliederung möglicher Massnahmen zum Schutz vor Naturrisiken nach Art und Ort ihrer Wirkung (HOLLENSTEIN, 1997).	140
Abb. 9.4-2: Objektschutz durch Keilbauweise (BLOETZER, 1998).	142
Abb. 10.1-1: Projektverlauf mit den einzelnen Bearbeitungsstufen.	146
Abb.12-1: Meteorologisches Erhebungsblatt vom Januar 1968 der Messstation Hallstatt-Lahn (Hydrographischer Dienst Oberösterreich). Gelb markiert ist die klimatische Vorgeschichte des Murreignisses vom 15.01.1968.	157

## Fotoverzeichnis

Foto 3.5-1: Bannwald am Westufer des Hallstättersee. Gut zu erkennen ist im linken unteren Bereich die Gemeinde Hallstatt, sowie die hellen Felssturzzonen ohne Bewaldung unterhalb des Schneidkogel (Blick aus der Krippenstein Seilbahn, 2003).	17
Foto 3.6-1: UNESCO – Symbolschilder im Arbeitsgebiet (2003).	21
Foto 3.7-1: Schuttstromablagerungen im Stügerwerk. Führung durch die prähistorischen Stollen von Herrn Reschreiter vom Naturhistorischen Museum Wien (2004)	24
Foto 3.7-2: Archäologische Ausgrabung von Dr. Kern im Gräberfeld von Hallstatt (URSTÖGER, 2000).	27
Foto 4.2-1: Haselgebirge im Hallstätter Salzberg (2004).	33
Foto 4.2-2 : Gutensteiner Kalk Aufschluss (EHRET, 2002).	34
Foto 4.2-3: Südwestseite der Echernwand, frische Abbruchstellen erscheinen weiß im ansonsten dunkelgrau verwitterten Dachsteinkalk (2004).	38
Foto 4.2-4: Allgäuschichten, dunkelgraue verkieselte Schichten (2002).	38
Foto 4.2-5: Ostseite des Plassen-Scholle (2003).	40
Foto 5.3-1: Felsturm am Lahngangkogel (2002).	53
Foto 5.3-2: Blick vom Schneidkogel in den Steingrabenschneid mit einem Schneerest im Frühjahr 2005 (aufgenommen von WLV Bad Ischl, 2005).	54
Foto 5.3-3: Der Felssturz im März 2002 in der Hirlatzwand in etwa 850 mSh verursachte Waldschäden am Wandfuss (2002).	59
Foto 5.3-4: Modernes Stahlschlingen Steinschlagnetz am Fuss der Echern-wand (2004).	60
Foto 5.4-1: Schneebrücke am Hang über dem Ortskern von Hallstatt.	67
Foto 5.4-2: Schneebrücke verfüllt mit Felssturzböcken oberhalb von Hallstatt.	67
Fotos 5.5-1 und Foto 5.5-2: Vermurung des Ortes Hallstatt am 15.01.1968 (Hallstatt Chronik, URSTÖGER 2000).	77
Foto 6.2-1: Wohnhaus aus dem 15.Jht. an der Hallstätter Seestraße in Hallstatt (2004).	88
Foto 6.2-2: Gebäude am Hang in typischer Bauweise Hallstatts (2003).	88
Foto 6.2-3: Hallstatt-Lahn von der Standseilbahn aus fotografiert (2004) mit Blick auf die Badeinsel und die Mündung des Waldbaches.	89
Foto 6.2-4: Orthophoto vom Ortskern Hallstatt (2003) Gut zu erkennen sind die Parkterrassen links im Bild und die hohe Überbauungsziffer.	89
Foto 6.2-5: Parkplatzfläche unterhalb der Katholischen Kirche mit Schiffsanlegestelle von Hallstatt (2004).	92
Foto 6.2-6: Landesstraße L547 ca. 2km nördlich des Hallstätter Tunnel mit Lawinengalerie im Hintergrund (2004).	94
Foto 6.2-7: Blick aus der Bergstation auf die Standseilbahnstrecke nach Hallstatt-Lahn. Rechts im	96

Bild eine Schneebrücke zum Schutz vor Lawinen (2004).

Foto 6.2-8: Katholische Kirche von Hallstatt (2003).	99
Foto 8.2-1: Verfülltes Steinschlaggitter älterer Bauart im Bereich der Hallstätter Hanglagen (2003).	121
Foto 8.2-2: Kombinierte Verbauung über Hallstatt. Schneebrücke mit Fangzaun, die jedoch schon ein größeres Steinschlagereignis hinter sich hat.	122
Foto 8.2-3 & 8.2-4: Freistehender Felsturm am Fuße der Hohen Sieg mit starker Zerlegung des Gesteinsverbandes und Spaltenbildung.	124
Foto 8.4-1: Falkenhaynsperre in der Mühlbachschlucht.	129
Foto 8.4-2: Murmaterial unterhalb der Falkenhaynsperre in der Mühlbach-Schlucht (2004).	129
Foto 8.4-3: Mühlbachwasserfall hinter der oberen Parkterrasse.	130
Foto 8.4-4: Mühlbachaustritt unter der Parkterrasse. Abflussbeobachtung bei einem Sommergewitter. Hier besteht im Murgangfall Ausbruchsmöglichkeit.	130
Foto 8.4-7: Abstützung des regulierten Bachbetts im Ortskern von Hallstatt (1-1,5 m Breite).	130
Foto 9.2-1: Veraltetes Hinweisschild, welches auf die Gefahr von anthropologisch herbeigeführten Steinschlag hinweist und mit strenger Strafe droht.	137
Foto 9.4-1: Veraltetes Steinschlagnetz oberhalb der Häuser von Hallstatt(2003).	143
Foto 9.4-2: Steinschlagnetz mit Schlingen (2003).	143

## Tabellenverzeichnis:

Tab. 5.2-1: Unterteilung der Naturgefahren in 3 Gruppen (BLOETZER, 1998).	47
Tab.5.2-2: Einteilung von gravitativen Naturgefahren modifiziert nach MOSER & ÜBLAGGER (1984).	49
Tab.6.2-1: Kategorien der einzelnen Objekte im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen.	84
Tab.6.2-2: Einteilung der Bevölkerungs- anzahl der Gemeinde Hallstatt (Austria Statistik 2001).	85
Tab. 6.2-3: Pendler Gruppen und deren Verhalten im Bezirk Hallstatt (2001).	86
Tab.6.2-4: Gebäude im Arbeitsgebiet kategorisiert nach der Gebäudeart.	87
Tab. 7.4-1: Gewichtung der rutsch-gefährdeten Hangneigungsbereiche.	110
Tab. 7.4-2: Gewichtung der rutschungs-gefährdeten lithologischen Einheiten.	111
Tab. 7.4-3: Gewichtung der Ebenen $G_E$ , Gewichtung der Gruppe $G_G$ und die Gesamtgewichtung $G_{Gesamt}$ , deren Summe 1 ergeben muss.	113
Tab. 7.4-4: Einteilung der Gewichtungen nach Gefährdungsklassen mit farblicher Unterscheidung.	113
Tab. 7.5-1: Gewichtung der Objekte und Objektkategorien in 3 Schritten. Wobei gilt: Die Summe von $G_K=1$ ; Die Summe von $G_O$ einer Kategorie = 1 und $G_{Gesamt}$ einer Kategorie = $G_K$ .	116
Tab. 7.5-2: Einteilung der Gewichtungen nach Vulnerabilitätsklassen mit farblicher Unterscheidung.	116

- Tab. 7.6-1: Gewichtung der Objekte und Objektkategorien in 3 Schritten. Wobei gilt: Die Summe von  $G_G = 1$ ;  $G_{\text{Gesamt}}$  einer Ebene = 1. 117
- Tab. 7.5-3: Einteilung der Gewichtungen nach Schutzdefizitklassen mit farblicher Unterscheidung. 118
- Tab. 9.4-1: Vergleich zwischen Massnahmen an der Gefahrenquelle und Massnahmen am gefährdeten Objekt (modifiziert nach BLOETZER, 1998). 141

## Diagrammverzeichnis

- Diagramm 3.3-1: Niederschlagsdaten der Messstation Hallstatt-Markt mit Niederschlagsdaten von 1901-1950. 16
- Diagramm 6.2-1: Nächtigungen und Ankünfte im Jahr 2004 bezogen auf Sommer- und Wintersaison in Hallstatt. Die Durchschnittliche Anzahl der Aufenthaltstage liegen bei 2,1. (Daten: Land Oberösterreich, 2004). 90
- Diagramm 7.4-1: Verteilung der Hangneigung in Felssturz-, Rutschungs- und Schuttstromflächen im Vergleich zur Verteilung der Ereignisse. 110



## 1 Einführung

Die Alpen stellen ein geologisch junges Gebirge dar, welches sich nicht nur im Bezug auf Naturgefahren, sondern auch als Siedlungs- und Wirtschaftsraum dynamisch verhält. Seit der ersten Konfrontation von Siedlern mit alpinen Gefahren kam es in der Geschichte immer wieder zu Naturkatastrophen mit hohen Verlusten in der Bevölkerung und Schäden an Wertobjekten. Die Naturprozesse, welche sich von reliefbedingten Energiedifferenzen in Gebirgsregionen ableiten lassen, überschreiten mit ihrer „normalen“ Schwankungsbreite die materiellen und wirtschaftlichen Bedingungen und werden so zu Naturgefahren. Durch die zunehmende Inwertsetzung der alpinen Bereiche als Wirtschafts-, Siedlungs- und Erholungsraum treffen potentiell gefährliche Prozesse mit den Interessen der Anwohner oftmals mit katastrophalen Folgen zusammen. In vergangenen Zeiten haben sich die Bewohner der Alpen immer wieder an veränderte Situationen angepasst. „Sichere“ Siedlungsbereiche wurden ausgebaut und der Mensch lernte durch Erfahrung und Überlieferungen von vorangegangenen Generationen wie man am Besten mit den Naturprozessen umzugehen hatte. Die heutige Bergbewohnergeneration hat den Umgang mit den Gefahren verlernt. Die Natur wird nicht mehr mit ihren Gefahren „in Kauf genommen“, sondern die Natur wurde dem Nutzungsraum mehr und mehr angepasst. Das heutige Denken und die gesunkene Akzeptanz von natürlichen Prozessen verlangen nach einem höheren Schutz vor Naturgefahren. Dabei ist die Gefahrenquelle bisher im Vordergrund der risikomindernden Maßnahmenplanung gestanden. Der reaktive Umgang mit Naturgefahren drückt sich dadurch aus, dass in Folge eines Ereignisses Maßnahmen gegen eine Wiederholung getroffen wurden. Die für die Risikobetrachtung so wichtige Eintretenswahrscheinlichkeit von Prozessen spielte eine untergeordnete Rolle und wurde erst in den letzten 10 Jahren genauer in Betracht gezogen.

Ein Auslöser für die veränderte Betrachtungsweise im Umgang mit Naturprozessen ist die immer wieder aufkeimende Diskussion um die globale Klimaveränderung und ihre möglichen Folgen. Der Klimawandel stellt für den Menschen eine schwer berechenbare Größe dar, die jedoch unweigerlich Einfluss auf die Gebirgsregionen hat. Aktuellen Angaben zur Folge wird mit einer Erwärmung von 2,3°C im Sommer und 2,4°C im Winter, sowie einer Verminderung der Niederschläge im Sommer um 10% und einer Niederschlagserhöhung um 5% im Winter, bis zum Jahr 2030 gerechnet (BLOETZER, 1998). Erste Anzeichen wie zum Beispiel der globale Gletscherrückzug oder Tauvorgänge in Permafrostbereichen werden registriert und im Bewusstsein der Menschen als ernst zu nehmende Warnungen aufgenommen. Die Natur befindet sich im Umbruch. Dieser Umstand zieht zwangsläufig Änderungen in der Lebensgrundlage nach sich. Die Anpassung der Nutzbarkeit des Raumes stellt eine große Herausforderung vor allem im Bereich der Raumordnung dar. Die Festsetzung von Nutzungszonen stellt die Weichen für die räumliche Entwicklung im alpinen Bereich der nächsten Jahrzehnte. Die bereits zum heutigen Zeitpunkt knappen Raumangebote müssen sorgfältig auf ihre Gefährdung durch Naturgefahren geprüft werden, da sich diese zur Standorteigenschaft entwickelt hat, die die Nutzung einschränkt. Dabei ist eine Gefahrenzone nicht gleich zu setzen mit einer Bauverbotszone. Vielmehr muss in Zukunft der Schutz von

Objekten vor der Gefahr in den Vordergrund rücken. Da die Intensität von Gefahren sehr unterschiedlich ausfällt, ist die Verminderung des Schadenausmasses entscheidend, was zur Folge hat, dass die menschliche Nutzung der Gefahr und nicht die Gefahr der Nutzung angepasst wird.

Diese neue Bedeutung die dabei der nachhaltigen Raumordnung zugeschrieben wird, wird in den Alpenstaaten unterschiedlichen angewendet. Das Konzept der ganzheitlichen Risikobetrachtung bestehend aus Risikoanalyse, Risikobewertung und Risikomanagement ist zum festen Bestandteil im Bereich der Naturgefahrenforschung geworden. Die Gefahrenzonenplanung stellt dabei ein Instrument der Risikobetrachtung dar, welches sowohl auf lokaler Ebene in der Nutzungsplanung, als auch auf regionaler Richtplanungsebene funktioniert.

### 1.1 Vorgehensweise

Die Durchführung einer ganzheitlichen Risikobetrachtung für eine ausgewähltes Gebiet bei Hallstatt in Österreich wurde für diese Arbeit angestrebt. Zahlreiche behördliche Hindernisse und mangelnde Kooperationsbereitschaft auf Gemeindeebene machten eine Risikobetrachtung, wie sie in der Literatur vorgeschlagen wird, nur mit Einschränkungen möglich, so dass die einzelnen Analyseschritte an die gegebenen Arbeitsbedingungen im Arbeitsgebiet angepasst werden mussten. Der positive Aspekt einer solchen Vorgehensweise liegt in der standortgerechten Anpassung an die tatsächlich vorliegenden Gegebenheiten in einem potentiell gefährdeten Raum. Die Durchführung einer Risikobetrachtung nach Schema „F“, so sei an dieser Stelle betont, ist aufgrund der Dynamik von Natur- und Siedlungsraum grundsätzlich nicht durchführbar. Die Risikoanalyse, auf welche in dieser Arbeit besonders Wert gelegt wird, wurde sehr detailliert auf das Arbeitsgebiet angepasst. Mit Hilfe eines Geoinformationssystems wurden aquirierte und bereits vorhandene Daten räumlich aufeinander abgeglichen und stellen eine wichtige Analysegrundlage dar. Im letzten Schritt der Risikoanalyse werden die einzelnen Naturgefahrenprozesse mit dem Schadenpotential kombiniert zu Schutzdefizitkarten. Basierend auf diesen Karten wird das Risiko von Bereichen mit sehr hohem Schutzdefiziten, sogenannten HOT SPOTS dargestellt und interpretiert. Die daran anschliessende Maßnahmenplanung zur Risikominderung soll neue Denkanstöße und Aspekte zur Raumplanung im Arbeitsgebiet liefern, jedoch können Einschränkungen in der aktuellen und künftigen Nutzung nur von der Gemeinde vorgenommen werden. An dieser Stelle soll nochmals betont werden, dass die Vorschläge, welche in dieser Arbeit zu Prävention und Nutzung im Zusammenhang mit Schutzdefiziten gemacht werden, keinen gesetzlichen Hintergrund besitzen und nur als Grundlage für Gutachten herangezogen werden können.

### 1.2 Aufbau der Arbeit

Die nachfolgenden Kapitel beginnen mit einer Einführung in die Risikobetrachtung im alpinen Raum und ihrer Anpassung an die Systemstrukturen im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen. Nach einer genauen Beschreibung der topographischen und konditionellen Systemgrenzen in Kapitel 3 wird in Kapitel 4 auf geologische und in Kapitel 5 auf geotechnische Grundlagen, sowie auf die einzelnen gravitativen Naturgefahrenprozesse mit Fallbeispielen eingegangen.



Die parallel dazu durchgeführte Schadenpotentialanalyse, sowie die Einordnung von Objekten in Kategorien wird in Kapitel 6 erläutert. Im Anschluss daran wird in Kapitel 7 die Arbeit mit einem Geoinformationssystem und die Erstellung der Kartengrundlagen beschrieben. Die eigentliche Risikobestimmung wird in Kapitel 8 durchgeführt und anhand von einzelnen HOT SPOTS angewendet. Abschließend wird eine Prognose und Empfehlung in Kapitel 9 vorgelegt.

## 2 Die ganzheitliche Risikobetrachtung – Theorie und Praxis

Eine moderne ganzheitliche Risikobetrachtung zeigt bestehende Risiken auf, stellt deren gesellschaftliche Bedeutung dar und optimiert Massnahmen zur Erhöhung der Sicherheit. In den folgenden Kapiteln werden die Begriffe der Risikobetrachtung definiert (vgl. Kapitel 2.1), darauf folgen die Besonderheiten von Naturgefahren in Kapitel 2.2. Die eigentliche Methodengrundlage wird in Kapitel 2.3 erläutert und deren Anwendung an die Problemstellung im Arbeitsgebiet beschrieben.

Die Umsetzung der Methode erfolgt aufbauend auf Kapitel 3 und Kapitel 4 in den Kapiteln 7 „Kartenerstellung“ und Kapitel 8 „Risikointerpretation“.

### 2.1 Die Begriffe der Risikobetrachtung - Definitionen und Begriffe

Die Schlagworte wie z.B. Gefahr, Schadenpotential, Risiko, die bei einer Risikobetrachtung fallen, haben ihren Forschungshintergrund in der Chemie- und Nuklearindustrie. Die Sicherung von Wertobjekten vor möglichen Gefahren war bereits vor 50 Jahren ein Grund sich mit Wahrscheinlichkeiten und dem Begriff des Risikos zu befassen. Die ersten sicherheitswissenschaftlichen Betrachtungen von Naturrisiken wurden erst Anfang der 80er Jahre durchgeführt. Dabei stand die Methode einer Risikoanalyse im Naturgefahrenbereich im Hintergrund, vielmehr wurden Annahmen und Modelle zur Informationsgewinnung über das Risiko eingesetzt. Heute werden die Begriffe der Sicherheitswissenschaft auf die Bestimmung von Naturgefahren übertragen. Dazu ist es entscheidend die wichtigsten Begriffe eindeutig zu definieren, da diese in anderen Disziplinen mit z.T. völlig anderer Bedeutung verwendet werden.

- **GEFAHR:** „Zustand, Umstand oder Vorgang, aus dem ein Schaden entstehen kann; Möglichkeit des Eintritts eines möglicherweise schadenverursachenden gefährlichen Prozesses.“ (HEINIMANN, 1998).
- **RISIKO:** „Qualitative oder quantitative Charakterisierung eines Schadens hinsichtlich der Möglichkeit des Eintreffens und der Tragweite der Schadenswirkungen.“ (PPRS, 1993).

Das Risiko wird jedoch oft auch im Zusammenhang mit mathematischen Berechnungen definiert, wie die Definition von HEINIMANN (1998) zeigt:

**RISIKO i.e.S.:** „Funktion der Wahrscheinlichkeit eines Schadenereignisses und des möglichen Schadenausmasses (Tragweite des Schadens).“

Die Verwendung des Begriffs Risiko bedarf mindestens einer Charakterisierung der Gefahr, sowie einer Beschreibung der potentiellen Schadenobjekte.

- **RISIKOANALYSE:** „Systematisches, nachvollziehbares und formales Verfahren, um in einem abgegrenzten System Risiken hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit ihres Eintreffens und des Ausmasses der Folgen zu charakterisieren und wenn möglich zu quantifizieren.“ (PPRS, 1993, mod.).

- **RISIKOABSCHÄTZUNG:** „Methodik, um mögliche Auswirkungen eines Ereignisses oder einer Ereigniskette mit den Wahrscheinlichkeiten des Eintreffens dieser Auswirkungen quantitativ zu verknüpfen“ (PPRS, 1993).
  - **RISIKOBEWERTUNG:** „Urteil über die Akzeptierbarkeit der aus der Risikoanalyse gewonnenen Erkenntnisse mit Hilfe individueller oder kollektiver Kriterien.“ (HEINIMANN, 1998).  
Die Risikobewertung ordnet erkannte Gefahren oder Risiken in ein Wertesystem ein und vergleicht sie mit den von ihnen ausgehenden Nutzen. Sie liefert die Grundlage für den Entscheid über die Tolerierbarkeit. Gemeinsam in allen gültigen Definitionen findet sich immer wieder die Bedeutung der Risikobewertung als Antwort auf die Frage: „Was **darf** passieren!“
  - **RISIKOAKZEPTANZ:** „Persönliche oder kollektive Bereitschaft, das subjektiv erkannte Risiko eines Zustandes oder Vorganges zu tolerieren.“ (HEINIMANN, 1998).  
Dabei ist die wesentliche Bestimmungsgröße für die Risikoakzeptanz auf individueller Ebene der erwartete Nutzen. Der Begriff Schutzziel steht in enger Verbindung mit der Risikoakzeptanz und wird in dieser Arbeit sehr häufig verwendet.
  - **INDIVIDUALRISIKO:** „Risiko, dem eine bestimmte Einzelperson gegenübersteht.“ (HEINIMANN, 1998).  
Bsp.: Todesfallrisiko für eine Person, die sich im Untersuchungsobjekt aufhält.
  - **KOLLEKTIVES RISIKO:** „Risiko, dem eine bestimmte oder unbestimmte Anzahl von Personen gegenübersteht.“ (HEINIMANN, 1998).
  - **RISIKOMANAGEMENT:** „Umgang mit erkannten Gefahren und Risiken aufgrund der Ergebnisse von Risikoanalyse und Risikobewertung“. (HEINIMANN, 1998).
- oder:**
- „Methodik zur Gestaltung, Entwicklung und Steuerung von Systemen zur Risikoreduktion. Risikomanagement umfasst Strategien und Massnahmen, die zu einem Entscheid über den Handlungsbedarf, zu Massnahmen und deren Implementation und Überwachung führen.“ (HOLLENSTEIN, 1997).
- **SCHADENPOTENTIAL:** „Gesamtheit aller aus dem bestimmten Gefährdungsbild möglicherweise resultierenden Schäden.“ (PPRS, 1993).
  - **WERTOBJEKTE:** „Menschen, Sachgüter, Kultur- und Naturwerte, welche potentiell durch Gefährdungen geschädigt werden.“ (HEINIMANN, 1998, modifiziert).

Im Bezug zum Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen ist die UNESCO-Kulturlandschaft ebenso Wertobjekt, wie ein Wohnhaus, Straßenabschnitt etc. Hier spielt vor allem der Wert der kulturellen Güter für die Gesellschaft eine Rolle.

- **SCHUTZZIEL:** „Normativ definierter, quantifizierter Wert (Schwellenwert) für die Sicherheit, die das Risikomanagement zu gewährleisten hat; auf kollektiv-deklaratorischer Ebene mit der Risikoakzeptanz zu vergleichen...“ (HEINIMANN, 1998).
- **SZENARIEN:** „Hypothetische Ereignisabläufe eines Gefahrenprozesses.“ (HEINIMANN, 1998).
- **Vulnerabilität:** Verletzbarkeit oder Schadenanfälligkeit im Bezug auf Naturgefahren.

### 2.2 Naturgefahren im Alpenraum und ihre Besonderheiten

Da Naturgefahren Störungen aus der natürlichen Umwelt darstellen, kann der Mensch diese nur beschränkt beeinflussen. Das heisst, dass man die Gefahren der Natur als äussere Rahmenbedingungen ansehen muss und sich diese von anderen Gefahrenarten unterscheiden (HOLLENSTEIN, 1997):

- ...ihre Grenzen sind schwierig fest zu legen, da es sich um ständig vorhandene Prozesse handelt...
- ...es sind Prozesse, die ausgelöst werden von räumlichen Entwicklungen, die jedoch überwacht werden können (z.B. Abflussmessungen)...
- ...flächige Naturgefahren kann man nicht genau lokalisieren...es gilt: Die Gefahr ist eine Immissions-quelle!
- ...langfristige Belastungen durch mechanische Wirkungen sind bisher nur unzureichend untersucht worden...
- ...es können kaum Analogien zwischen Naturrisiken gezogen werden, da jedes Raumelement einzigartig ist...

### 2.3 Methodengrundlage und Vorgehensweise

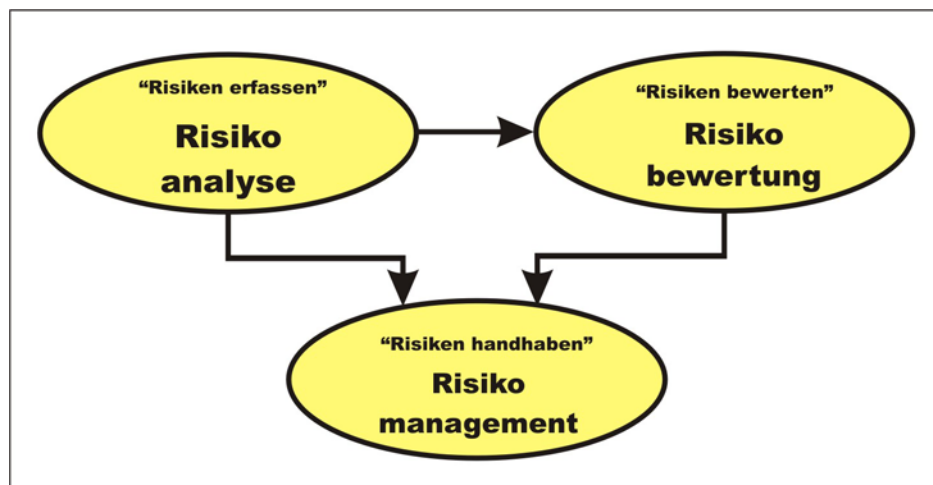
Mit Hilfe einer detaillierten Literaturrecherche wurde nach einem geeigneten Ansatz für die Betrachtung von Naturrisiken gesucht. Der Umstand, dass das Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen Teil einer UNESCO geschützten Kulturlandschaft ist schaffte einen zusätzlichen Problemansatz in der Wahl der Risikobetrachtungsmethode. Der logische Weg um das Risiko von Naturgefahren in einem UNESCO Gebiet zu untersuchen, führt zwangsläufig zur UNESCO selbst. Es zeigte sich jedoch sehr schnell, dass es für das Naturgefahrenproblem im Arbeitsgebiet keine vorgegebenen Lösungsansatz von der UNESCO gibt. Vielmehr wurde nach Kontaktaufnahme auf die verschiedenen Richtlinien zur „Ausscheidung eines Gebietes“ und „Aufnahme in die Liste der gefährdeten Kulturgüter“ verwiesen. Eine konkrete Vorgehensweise wurde jedoch nicht beschrieben. Die gesamte Überwachung und Einstufung eines UNESCO Welterbes basiert auf einem sogenannten Pflegeplan, der theoretisch, wie auch praktisch über

die aktuellen Bedingungen in einem Gebiet berichten sollen. Darin werden die Personen- und Sachrisiken durch Naturgefahren im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen nicht erwähnt. Die Bereitstellung und Durchführung von Schutzmassnahmen vor Naturgefahren lastet auf der Gemeinde, den Ländern und den Bewohnern. Für eine gesamtheitliche Risikobetrachtung konnte also nicht auf eine vorgefertigtes Konzept der UNESCO zurückgegriffen werden.

Diese Umstände machten es zur Priorität, das Arbeitsgebiet in erster Linie als ein Gebiet, wie jedes andere gefährdete Gebiet im alpinen Bereich zu analysieren. Der UNESCO Faktor wurde dabei jedoch nicht außer acht gelassen. Der Schutz der Kulturlandschaft steht nach wie vor im Vordergrund der Risikobetrachtung im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen. Nach mehreren Vergleichen zwischen verschiedenen Risikobetrachtungsansätzen wurde schlussendlich die durchzuführende Risikountersuchung auf einer in den Alpen entwickelten Risikobetrachtungsmethode aufgebaut. Diese Art, Risiken aufzuzeigen basiert auf Ansätzen aus der Sicherheitswissenschaft, deren Begriffe bereits in Kapitel 2.1 näher definiert wurden.

Ausgebaut wurde dieser Risikoansatz von mehreren Autoren, jedoch optimiert auf Naturgefahren und praxisnah angewandt wurde die Methode z.B. von der Bundesanstalt für Umwelt, Wald und Landschaft (kurz: BUWAL) in der Schweiz Mitte der 90er Jahre.

Die Methode besteht dabei aus 3 Teilen, der Risikoanalyse, Risikobewertung und Risikomanagement (vgl. Abb.2.3-1).



**Abb. 2.3-1:** Teile der ganzheitlichen Risikobetrachtung mit den 3 Teilen: Risikoanalyse, Risikobewertung und Risikomanagement (mod. nach HEINIMANN, 1998).

### 2.3.1 Die Risikoanalyse

Die Vorgehensweise bei einer sicherheitswissenschaftlichen Risikoanalyse ist unabhängig von Analyse- und Hilfstechniken. Dabei werden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

1. **Systemabgrenzung und -beschreibung**
2. **Gefahrenabschätzung**
3. **Erfassung und Quantifizierung der exponierten Wertobjekte**
4. **Abschätzung der zu erwartenden Folgen**

Die nächsten Abschnitte gehen detailliert auf die einzelnen durchzuführenden Analysepunkte ein:

#### 2.3.1.1 Systemabgrenzung und –beschreibung

Die Systemabgrenzung ist eine funktional vollständige, vereinfachte Abbildung der Realität. Dabei bedeutet Vollständigkeit, dass alle relevanten Komponenten, Sub- und Teilsysteme und deren Interaktionen in Modellen abgebildet werden. Dabei ist das System ein Komplex, der aus verschiedenen, zu einander in Wechselwirkung stehenden Elementen. Die Systembeschreibung stellt dar, welche Teile des Untersuchungsgebietes kausal miteinander in Zusammenhang stehen (HEINIMANN, 1998).

Die Systemabgrenzung hat das Analyseobjekt klar in den drei Dimensionen, Raum, Zustand und Thematik von der Systemumwelt zu trennen. Diese Abgrenzung wird in Kapitel 3 (räumliche und konditionelle Systemabgrenzung) durchgeführt. Kapitel 5 (thematische Abgrenzung) basiert dabei auf die geologischen Grundlagen in Kapitel 4.

#### 2.3.1.2 Gefahrenabschätzung

Die Gefahrenidentifikation umfasst alle im System möglichen Einwirkungen unabhängig von ihrer Wahrscheinlichkeit (HOLLENSTEIN, 1997). Dabei ist die Identifikation meist unproblematisch. Geologische und Geotechnische Kartierungen ergeben ein genaues Bild der verschiedenen Prozesse im System (Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen).

Dabei kann die Gefahrenabschätzung noch durch Dispositionsmodelle, welche Angaben über potentielle Prozessausbreitung liefern vervollständigt werden. Die Modellierung von Naturgefahrenprozessen sind meist sehr komplex und zum Teil auch noch nicht vollständig, sondern nur in Ansätzen entwickelt (z.B. Murgangsimulationen). Da die Modellierung von verschiedenen Gefahrenprozessen mit erheblichem Zeitaufwand und Einarbeitung verbunden ist, wurden jeweils nur Modelle zu Sturz- und Rutschungsprozessen in die Risikoanalyse eingebracht. Lawinen- und Murgangsimulationen sind mit einem hohen Kosten- und Zeitaufwand (Anschaffung von Modellierungssoftware) verbunden, der im Rahmen dieser Arbeit für einen einzelnen Bearbeiter unverhältnismässig hoch gewesen wäre. Um Aussagen über die Ereignisabschätzung machen zu können muss eine genügende Datenmenge vorhanden sein, damit die Unsicherheit der Aussage sehr klein bleibt. Eine derartige Einschätzung konnte im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen nur im Bezug auf Murgangereignisse durchgeführt werden.

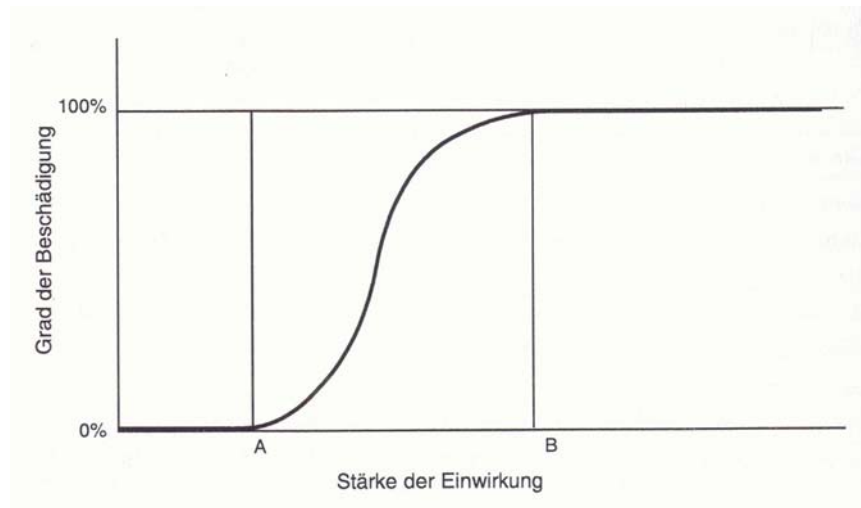
Diese Abschätzung über Wiederkehrperioden wurde hier aufgrund einer sehr geringen Datenmenge durchgeführt und birgt dadurch sehr viele Unsicherheiten (vgl. Kapitel 8.2.2).

### **2.3.1.3 Schadenpotentialanalyse**

Die Schadenpotential- oder auch Expositionsanalyse bestimmt die potentiell durch den Prozess beeinträchtigten Schadenobjekte. Dabei werden die Objekte in Kategorien gegliedert und nach Indikatoren quantifiziert. Dabei soll nicht nur räumlich differenziert, sondern auch die zeitliche Verteilung des Schadenpotentials berücksichtigt werden (vgl. Kapitel 6). Da Gefahrenabschätzung und Schadenpotentialanalyse voneinander abhängen, wurden die Gebiete berücksichtigt, welche beide Parameter vereinen. Um den Arbeitsaufwand möglichst gering zu halten, sollte man sich mit der Gefahrenbeurteilung auf jene Gebiete beschränken, in denen auch ein Schadenpotential vorhanden ist. Aufbauend auf diesen Leitsatz, werden Gefahrenzonenpläne auf die Talbodenbereiche beschränkt. Die Gefahrenursachen werden dabei nicht dargestellt. Vergleichend wurde bei der Auswahl des Arbeitsgebietes verfahren. Nur aufgrund der besonderen geotechnischen Prozesse der Plassen-Scholle wurde dieser Bereich aufgenommen in die Risikobetrachtung. Aus Effektivitätsgründen hätte das Gebiet nicht bearbeitet werden müssen, da sich darin so gut wie keine Schadenpotentiale befinden. Da sich die Schadenpotentiale entlang des Westufers des Hallstättersees befinden ist auch das Arbeitsgebiet stark an die Ausdehnung des Hallstättersees gebunden (vgl. Kapitel 3).

### **2.3.1.4 Folgenabschätzung**

Das Ergebnis aus der Gefahren- und Schadenpotentialanalyse ist das zu erwartende Risiko. Die damit verbundene Aussage über die damit verbundenen Schäden nennt man Folgenabschätzung oder auch Folgeanalyse (Kapitel 8). Die quantitative Beziehung zwischen Intensität und Auswirkungen auf eine Wertobjekt wird in Abb. 2.3-1 erklärt.



**Abb. 2.3-2:** Zusammenhang Einwirkung - Schadensgrad: bis zu einer unteren Stärke A wird das Wertobjekt durch die Einwirkung nicht geschädigt (Toleranzgrenze), ab einer oberen Stärke B nimmt der Schaden nicht mehr zu (Objekt vollständig zerstört) (HOLLENSTEIN, 1997).

Im Rahmen der Folgenanalyse werden die verschiedenen Prozesskarten zusammen mit den Objektkategorienkarten zu Schutzdefizitkarten mittels eines Geoinformationssystems zusammengesetzt (Kapitel 7). Dabei werden sogenannte HOT SPOTS ausgewiesen, für die wiederum Detailkarten angefertigt werden (Kapitel 8).

### 2.3.2 Risikobewertung

Die Risikobewertung beurteilt die Bedeutung wahrgenommener Risiken anhand von Werten und Wertpräferenzen. Dabei ist die Bewertung an die Risikowahrnehmung der Bevölkerung gekoppelt. Die Risikowahrnehmung beruht auf Vorstellungen über Eintrittswahrscheinlichkeit, Reichweite, Dauer, Intensität und somit auf Erfahrungen, Informationen durch Medien und Intuition (FUCHS et al., 2001). Auf die Risikowahrnehmung und die damit verbundene Risikoaversion und -akzeptanz wird in Kapitel 9.3 eingegangen.

### 2.3.3 Risikomanagement

Das Risikomanagement wird oft verbunden mit Zielsetzungen, Handlungsbedarf und Risikominderung. Dabei werden Alternativen zum traditionellen Lösungsansatz durch technische Massnahmen berücksichtigt. Bei der Lösungssuche sollte auch die betroffene Bevölkerung im Sinne der Risikokommunikation mit einbezogen werden.

Sogenannte Zielsysteme stellen dabei eine erhebliche Verbesserung dar (HOLLENSTEIN, 1997). Im Risikomanagement wird zwischen drei Ebenen von Zielen unterschieden:

1. Oberziele umschreiben den Gesamtprozess des Risikomanagements und definieren Sicherheitsvorgaben.
2. Strategische Ziele geben Richtlinien im Sinne von Präferenzen oder Handlungsgrundsätzen für die Umsetzung.



3. Operationelle Ziele enthalten messbare Vorgaben und liefern detaillierte Informationen über geplante Massnahmen.

Die Grundlagen des Risikomanagements angewendet auf das Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen werden in Ansätzen in Kapitel 9 erläutert. Dabei stand die Risikominderung und der Schutz vor Naturgefahren nicht nur durch technische Massnahmen im Vordergrund.

## **3 Das Arbeitsgebiet Hallstatt / Plassen – eine räumliche und konditionelle Systemabgrenzung**

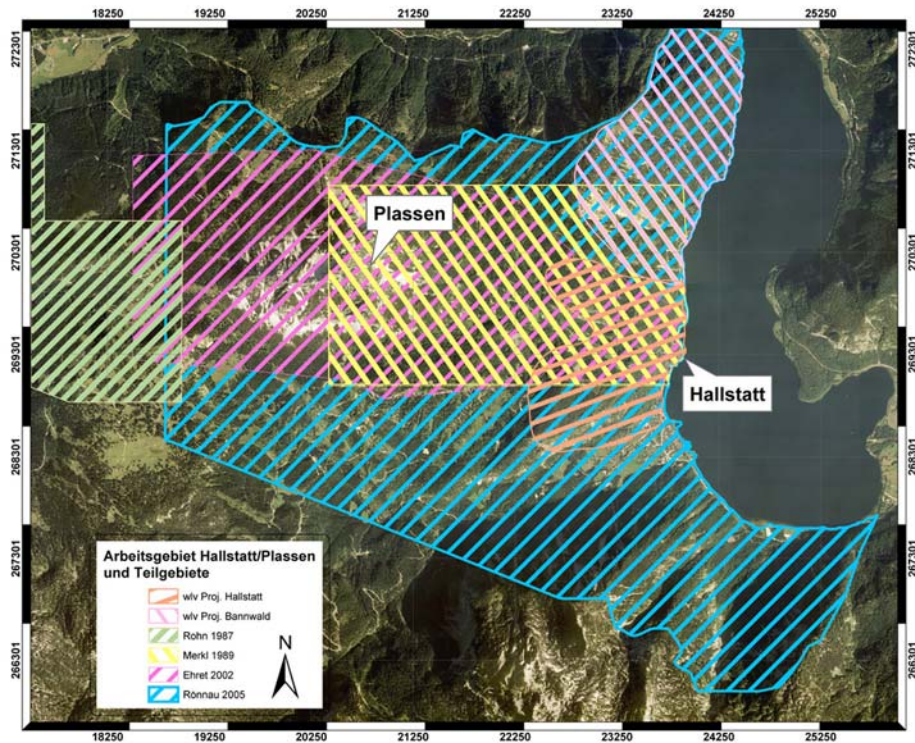
### **3.1 Wahl des Arbeitsgebietes**

Im Folgenden werden die einzelnen Bearbeitungen aufgezählt, die Teilgebiete des Arbeitsgebietes sowohl räumlich, als auch thematisch abdecken:

- EHRET, D. (2002 - Geotechnische Untersuchungen der Massenbewegungen)
- LOTTER, M. (2001 – geotechnische Untersuchungen am Lahngangkogel, Rotes Kögele)
- MITTERHOFER, K. (2001 - Hydrogeologische Untersuchung der Plassen Entwässerung)
- MOSER, M. & CZURDA, K. (1999 – Geotechnische Untersuchung des Roten Kögeles im Hochtal)
- MERKL, M. (1989 – Ingenieurgeologische Untersuchungen im Wildbacheinzugsgebiet des Mühlbachs)
- ROHN, J. (1987 – westlich des Plassen, geotechnische Untersuchungen im Rossalmgraben)
- WLV-Bad Ischl (1985, 1975 – Bannwaldprojekte)

Ausser diesen Arbeiten wurde das Gebiet in sehr umfangreichen Publikationen geologisch, tektonisch, stratigraphisch und paläogeografisch behandelt (siehe Literaturverzeichnis). Geologische Kartenwerke gibt es seit Anfang des 20. Jht.:

- MOJSIVOVICS (1905 – 1 : 75 000)
- SPENGLER (1919 – 1 : 25 000)
- SCHÄFFER (1982 – 1 : 25 000)
- MANDL (1998: - 1 : 25 000)



**Abb. 3.1-1:** Orthophoto als Darstellungsgrundlage des Arbeitsgebiets RÖNNAU (Hallstatt / Plassen) und den bearbeiteten Teilgebiete angegeben in [m].

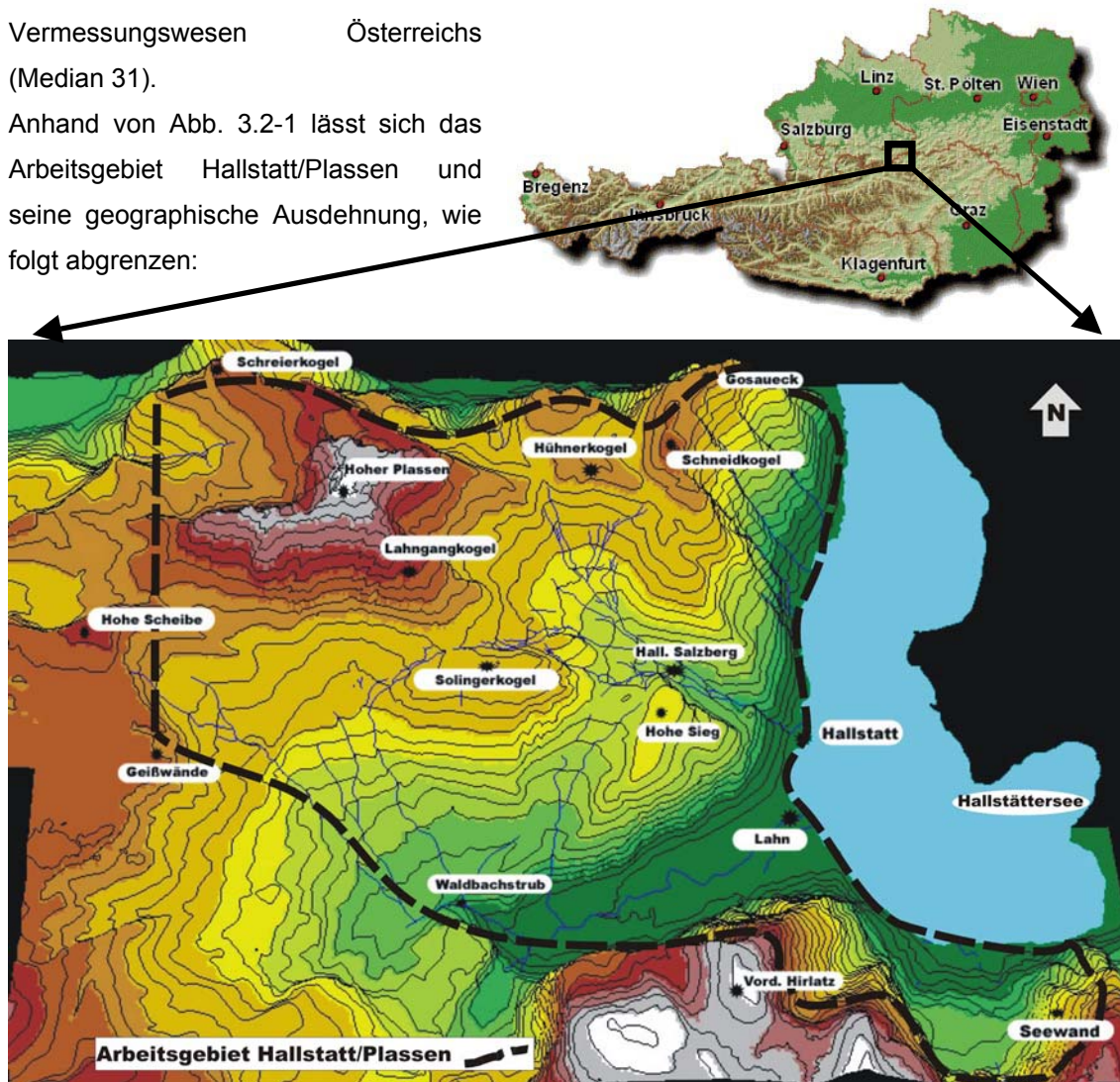
Vor allem die umfangreiche historische Naturforschung, die im Arbeitsgebiet stattgefunden hat, ist für die Auswahl des Arbeitsgebietes entscheidend gewesen. Die besonders gute Abdeckung des Gebietes durch geologische, geotechnische und hydrologische Daten ist für eine Risikoanalyse von Naturgefahren entscheidend. Ebenso ist die Tatsache relevant, dass das Gebiet Teil einer UNESCO geschützten Kulturlandschaft ist. Die besonders zu schützenden materiellen und immateriellen Werte stellen eine Herausforderung für die Risikoanalyse dar. Nicht zuletzt ist das Arbeitsgebiet seit jeher ein geotechnischer Schauplatz, dessen Ereignisse bis in die späte Eisenzeit zurückreichen.

### 3.2 Geografischer Überblick

Das Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen (Fläche etwa 25m<sup>2</sup>) liegt im Landschaftsgebiet „Inneres Salzkammergut“, welches sich über die Bundesländer Oberösterreich, Steiermark und Salzburg erstreckt.

Die oberösterreichische Gemeinde Hallstatt liegt im Kreis Gmunden am Westufer des Hallstättersee. Daran schliesst sich im Westen die Gemeinde Gosau an. Kartographisch gesehen liegt das Arbeitsgebiet auf den Blattschnitten 95 (St. Wolfgang) und 96 (Bad Ischl) des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen Österreichs (Median 31).

Anhand von Abb. 3.2-1 lässt sich das Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen und seine geographische Ausdehnung, wie folgt abgrenzen:



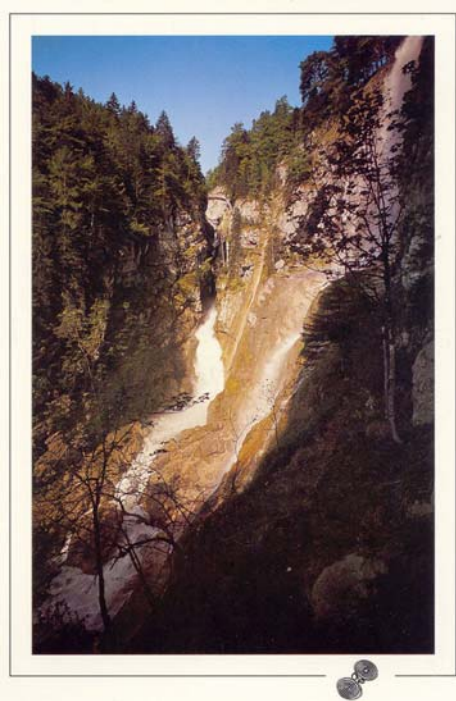
**Abb. 3.2-1:** Arbeitsgebiet Hallstatt Plassen in einer Abbildung des digitalen Geländemodells mit lokalen Ortsangaben [1cm = 50m].

Die östliche Begrenzung des Gebietes bildet das Ufer des Hallstätter See. Im Südosten reicht das Arbeitsgebiet bis zur Seewand und folgt nach Nordwesten den Ausläufern der Schooslahngang, dem Schlittkufengraben vorbei am Vorderen Hirlatz (1934 mSh) durch die Hirlatzwand Richtung Waldbachstrub im Echerntal. Nördlich des Klauskögel (1176 mSh) und den Geißwänden folgt die Arbeitsgebietsgrenze nach Norden über die Hohe- und Niedere Scheibe westlich vorbei am Vorderen Plassen (1871 mSh) bis zum Schreierkogel (1619 mSh).



Die Nordgrenze folgt dem Höhenzug über den Schichlingkogel, den Sattel mit der Karstube, vorbei am Schneidkogel (1552 mSh) und dem Gosaeck (1484 mSh) bis zum Seehotel Gosaumühle am Hallstätter See.

Geomorphologisch betrachtet weist das Gebiet sehr hohe Reliefunterschiede auf. Die Gemeinde Hallstatt (508 mSh) liegt auf einem Schwemmkegel des Mühlbaches. Folgt man der westlich gelegenen Mühlbachschlucht bachaufwärts ist es ein Höhenstufe von ca. 300m bis zum Hallstätter Salzberg hinauf mit dem Rudolfsturm (811 mSh). Das sich nach Westen öffnende Hochtal mit den archäologischen Ausgrabungen der prähistorischen Gräberfelder steigt das Tal kontinuierlich an bis zum Gipfel des Plassen (1954 mSh). Hochflächen finden sich nördlich des Plassen Richtung Schreieralm sowie südlich bis zum Klausmoos, wo der Klauskogelbach bis zur Waldbachstrub (vgl. Abb. 3.2-2), einem Wasserfall im Echerntal abfällt und in den Waldbach mündet.



**Abb. 3.2-2:** Postkarte des Wasserfalls Waldbachstrub im Echerntal (Gemeinde Hallstatt 2004).

Hier öffnet sich das Tal mit einer Breite von etwa 300m bis 500m zwischen Echern- und Hirlatzwand bis zum Gemeindeteil Lahn am Hallstättersee. Höhenzüge mit steilabfallenden Hängen bis zum Hallstättersee prägen das Arbeitsgebiet vom Gosaeck im Nordosten bis zum Hühnerkogel. Dazu gehören ebenfalls die Hohe Sieg oberhalb Hallstatts, und der Kessel der Seewand am Fuße des Vorderen Hirlatz. In zentraler Lage sitzt der Plassen gebirgsstockartig und wird aufgeteilt in Vorderer Plassen im Westen, Plassen im Norden und Lahngangkogel im Südosten. Von der Hohen- und Niederen Scheibe im Westen gelangt man über die Rossalm durch den Brielgraben ins Vordertal der Gemeinde Gosau. Insgesamt beinhaltet das Gebiet eine Reliefdifferenz von 1450 mSh.

Die Grenzen wurden einerseits durch bereits bearbeitete Teilgebiete geprägt, andererseits bestimmten vor allem die Katasterdaten der

Wildbach- und Lawinenverbauung (i.F.: WLV) Bad Ischl die Ausdehnung der Gebietsgrenzen. Im Süden wurde der Bereich zwischen Schlittkufengraben und Seewand mit hinzugenommen, da er von größtem Interesse im Zusammenhang mit der Gefährdung der Landesstrasse durch Lawinen ist. Im Bereich Klausmoos/Waldbachstrub wurde ein noch ausstehender Teilbereich geotechnisch aufgenommen, da hier neue Rutschungsgebiete vermutet wurden. Nördlich von Hallstatt entlang des Hallstätter See bis hinauf zum Schneidkogel und Gosaeck sorgte vor allem das Bannwaldprojekt der WLV, sowie das Felssturzereignis im Steingraben von 1592 und

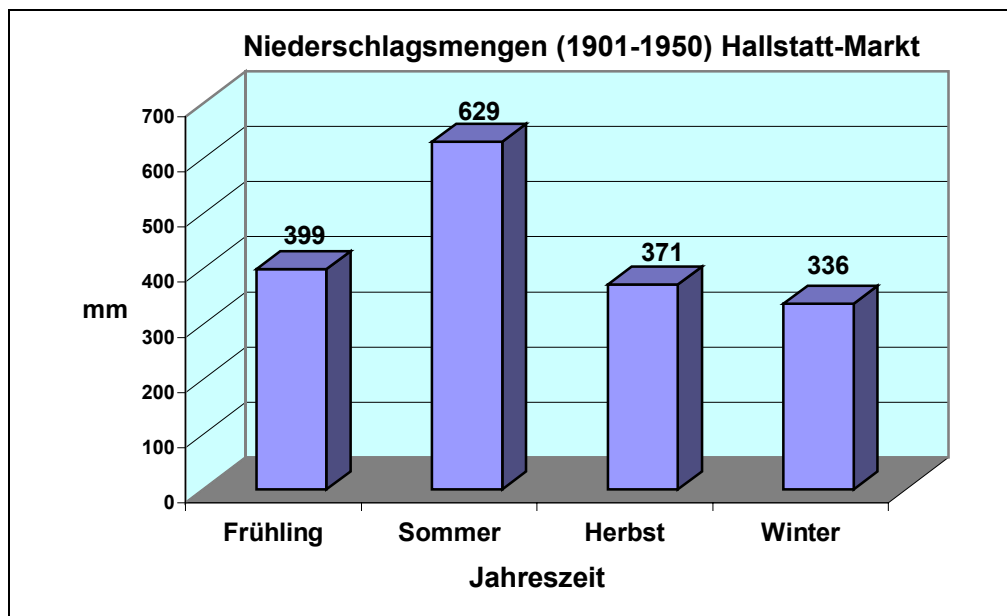
die zahlreichen Wildbach- und Lawinenbereiche für die Aufnahme ins Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen.

### 3.3 Hydrologischer Überblick

**Meteorologisch** gesehen befindet sich das Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen in der atlantisch-ozeanischen Klimazone. Der Hydrographische Dienst Oberösterreichs betreibt seit 1905 eine Messstation in Hallstatt-Lahn. Die seit den 70er Jahren betriebene Station auf dem Hallstätter Salzberg liefert ebenfalls meteorologische Daten. Im Anbetracht der Auslöserfunktion von Niederschlägen bei Massenbewegungsereignissen wird die klimatische Situation im Folgenden genauer erläutert.

Das Gebiet am nördlichen Ausläufer des Dachsteinmassivs ist geprägt durch ein typisches Alpen-Mikroklima, welches im alpinen Bereich keine Seltenheit ist. So können neben starken Wetterschwankungen, ebenso plötzlich Gewitter und Starkniederschläge am Hallstättersee auftreten. Die windkanalisierende Wirkung der Talflanken des Sees führen in der Chronik Hallstatts nicht selten zu verheerenden Orkanböen mit Waldschäden. Prägend sind vor allem die Niederschlagsreichen Monate Juni bis August, in denen mehr als 100 mm Tagesniederschlagsmenge gemessen werden können. Die jährliche Niederschlagsmenge schwankt zwischen 1735 mm in Hallstatt-Lahn und 2134 mm an der 500 m höher gelegenen Salzberg-Messstation (WIROBAL, 1994).

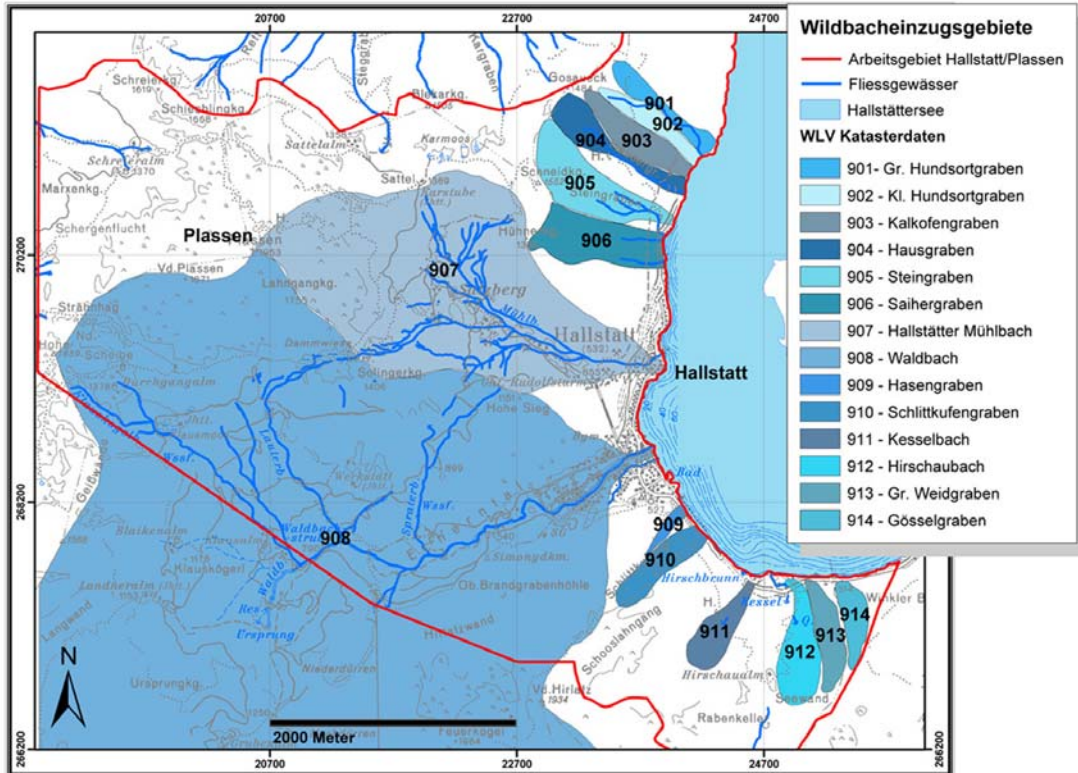
**Diagramm 3.3-1:** Niederschlagsdaten der Messstation Hallstat-Markt mit Niederschlagsdaten von 1901-1950 (jährliches Mittel angegeben in [mm]).



Die Wintermonate sind geprägt durch eine geschlossene Schneedecke von November bis Mai. Die Schneehöhen werden ebenfalls an den Messstationen abgelesen und können Höhen bis zu 3,20 m erreichen. Schneefelder bilden sich vor allem im Osten des Plassen, sowie entlang der Talflanken vom Hühnerkogel bis zu Gosauack. Auch an der Seewand und im Echerntal hält

sich der Schnee bis in die Frühlingsmonate. Entlang dieser Flächen am Westufer des Hallstättersee ziehen sich auch die Lawinenzüge von Hallstatt.

### 3.4 Hydrogeologischer Überblick



**Abb. 3.4-1:** Hydrologische Einzugsgebiete der Wildbäche im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen (mod. Daten der WLV Bad Ischl).

Die hydrologischen Einzugsgebiete der einzelnen Wildbäche sind auf der Abb. 3.4-1 zu erkennen. Besonders auffällig ist das sehr große Einzugsgebiet des Waldbaches, der wie angenommen wird (MITTERHOFER, 2001), unterirdisch durch Gletscherflüsse im Gosautal bis hin zur Riesenkarstquelle Waldbachursprung gespeist wird. Der regionale Vorfluter ist der Hallstättersee. In ihn münden die lokalen Vorfluter, wie z.B. Mühlbach, Waldbach, Hirschbrunn und Kessel. Die Entwässerung im Arbeitsgebiet erfolgt hauptsächlich in östliche Richtung. Aufschluss darüber gibt vor allem das Wildbachkataster der WLV. Im Westen des Plassen erfolgt die Entwässerung über den Schreier- und Brielgraben und fließen im Vordertal in den Gosaubach. Dieser mündet wiederum in den Hallstättersee und bildet die Nordgrenze des Arbeitsgebiets. Im Süden des Plassen mündet der Klausmoosbach, der Spraterbach sowie weitere untergeordnete Bäche in den Waldbach, der bei Lahn in den Hallstättersee mündet. MITTERHOFER kartierte im Entwässerungsbereich Echerntal und Hallstättersee bis zu 80 Quellaustritte. Im Südosten am Fuss der Seewand sind 2 Karstquellen, deren Speisung bzw. unterirdische Wasserführung noch nicht vollständig erkundet wurden. Die Riesenkarstquellen Kessel und Hirschbrunn können nach Starkniederschlagsereignissen und anhaltenden Niederschlägen auf dem Dachsteinmassiv sehr hohe Abflussmengen aufweisen. Der

Wasserpegel des Hallstättersees kann sehr spontan auf die Wassermengen aus den Karstquellen reagieren und im Hallstätter Markt zu Überschwemmungen führen. Zwischen Gosauzwang und Schneidkogel können nur episodische Gerinne kartiert werden. Sie dienen vor allem der Entwässerung zur Zeit der Schneeschmelze (MITTERHOFER, 2001).

Die ausgedehnten Karbonatgesteinsvorkommen im Arbeitsgebiet sind vor allem durch unterirdische Entwässerung ausgezeichnet. Der Plassen und die ihn umgebenden Höhenzüge leiten die Niederschläge durch Klüfte und Störungen in das Gestein. Dabei können **Verkarstungserscheinungen** auftreten. Trichter- und Schüsseldolinen treten nördlich des Plassen auf. Karren können unter anderem im Bachbett (Dachsteinkalk) des Mühlbachs oberhalb Hallstatts beobachtet werden. Durch Lösungsvorgänge im Kalkgestein kommt es zur Bildung von Hohlräumen bis hin zu Verbrüchen und Höhlenbildung. Erwähnt werden sollten hier die Karlgrabenhöhle östlich des Steingrabenschneid im Hausergraben auf einer Höhe von 950 mSh. Die Eisgrubenhöhle liegt nördlich des Lahngangkogel und gilt als trockene Versturzhöhle. Die Große Nischenhöhle liegt östlich unterhalb des Plassen Gipfels. Die Obere Brandgrabenhöhle in der Hirlatzwand, sowie der Rabenkeller in der Seewand werden hier der Vollständigkeit halber erwähnt.

Die meisten **Quellaustritte** im Arbeitsgebiet liegen in Vernässungszonen, die durch die stauende Wirkung von quartärer Sedimentbedeckung auftreten. Beispielhaft können hierfür das Klausmoos, das Karmos und die Dammwiese angeführt werden. Eine Besonderheit im Arbeitsgebiet stellt die sog. „Saure Quelle“ an der Unteren Dammwiese (EHRET, 2002) Durch Verdunstung der Sole aus dem unterliegenden Haselgebirge kommt es zu krustenartigen Salzausfällungen. Das Haselgebirge als stauender Horizont ist auch Austrittsbereich des Lauterbach, welcher den Gipfelbereich des Plassen sein Einzugsgebiet nennen kann. Das durch den Plassenkalk infiltrierte Wasser tritt an der Schichtgrenze zum Haselgebirge aus. Die Wasserstollen des Hallstätter Salzbergs werden von der Salinen Austria AG genutzt. Die insgesamt 7 Stollen werden durch Wasser aus den Kalkstein Klüften des Plassen gespeist und können laut Salinen Austria AG und MITTERHOFER (2001) eine Gesamt-Schüttungsmenge zwischen 200 und 400 m<sup>3</sup>/h aufweisen.

Auf den Waldbach und Mühlbach wird im Zusammenhang mit der Wildbachtätigkeit in Kapitel 5.5.1 noch näher eingegangen.

### 3.5 Vegetationsformen

Die Vielfalt der Vegetation im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen ist einer der Gründe zur Aufnahme in die Weltkulturerbeliste der UNESCO. Die gesamte Landschaft des inneren Salzkammergutes ist geprägt durch 3000 Jahre anhaltende kulturelle Entwicklung.

Die Landwirtschaftliche Nutzung der Talsohlen wurde seit Mitte des 20. Jahrhunderts von Ackerbau auf Grünlandwirtschaft umgestellt. Naturnahe Vegetation existiert nur noch stellenweise am Ufersaum der Gewässer. Der Hallstättersee weist an manchen Stellen noch eine intakte submerse Vegetation auf. Ebenso bedeutungsvoll sind die durch Almwirtschaft geprägten Gebiete (vgl. Kapitel 6.2.10).



### 3.5.1 Naturschutzflächen

Das Land Oberösterreich stellt der Bevölkerung ein Geographisches NaturschutzInformationsSYSTEM (GENESYS) im Internet zur Verfügung. Dieses bietet eine aktuelle Übersicht der rechtlich relevanten Naturschutzflächen. Im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen sind folgende Lokalitäten als GENESYS Naturschutzflächen ausgeschrieben (DORIS, 2002):

- Nördliche Ausläufer des Naturschutzgebietes Dachstein zwischen Seewand und Hirlatzwand (EU-Schutzgebiet N021).
- Karmos: zwischen Blekarkogel und Schneidkogel (Moor-Naturschutzfläche MD 96.40).
- Dammwiese: nordwestlich des Solingerkogels (Moor-Naturschutzfläche MD 96.41).
- Klausmoos: südöstlich der Durchgangalm, südlich des Plassen (Moor-Naturschutzfläche M96.42).

Die unter Naturschutz stehenden Flächen gehen in die im GIS zum besonderen Schutz festgelegte Sonderkategorie ein (siehe Kapitel 6.2 und Kapitel 7).

### 3.5.2 Der Hallstätter Bannwald



**Foto 3.5-1:** Bannwald am Westufer des Hallstättersee. Zu erkennen ist im linken unteren Bereich die Gemeinde Hallstatt, sowie die hellen Felssturzzone ohne Bewaldung unterhalb des Schneidkogel (Blick aus der Krippenstein Seilbahn, 2003).

Die Wälder im Arbeitsgebiet gehören laut der WLW (1985) zur Nördlichen Alpenzwischenzone, bzw. zum nördlichen randalpinen Fichte-Tanne-Buche-Waldgebiet, welches sich entlang der Nördlichen Kalkalpen zieht. Seit Jahrhunderten werden die Wälder intensiv forstwirtschaftlich zugunsten der Salinenbetriebe genutzt. Nachdem im 17.Jht. akuter Holzbedarf herrschte wurde durch die Waldordnung von 1766 die systematische Waldpflege angeordnet (URSTÖGER, 2000). Der Wald zwischen Gosauack, Schneidkogel, Hohe Sieg bis zum Seeufer des Hallstättersee ist seit 1879 „in Bann“ gelegt. Damals erkannte

man, dass nur ein gesunder Wald in steilen und seichtgründigen Berglagen, den Boden gegen Erosion und die Täler gegen Naturgefahren schützt. Seither ist die Holzgewinnung in diesen Wäldern nur im beschränkten Umfang möglich. Durch die Stilllegung der Wälder erwartete man eine natürliche Rückentwicklung zu einem naturnahen Mischwald.

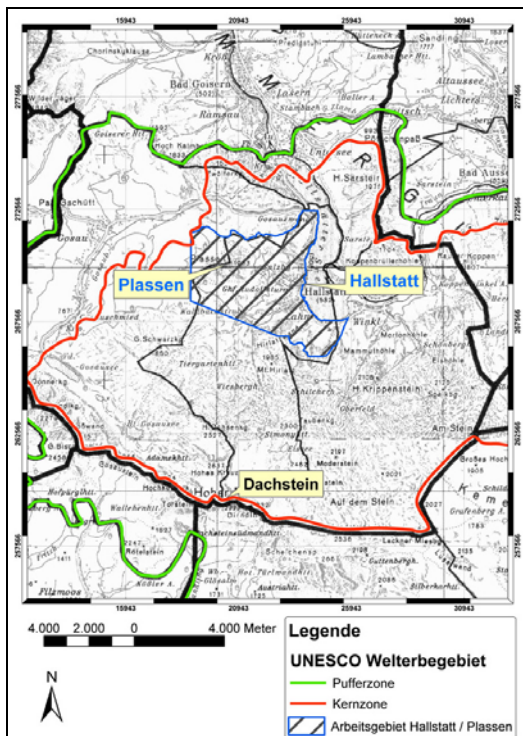
Diese blieb jedoch aus, da ein überhöhter Wildbestand die Überhandnahme von Buche und den Ausfall von Jungnadelhölzern verhinderte. Somit kam es zur Überalterung der Bestände, Auflichtung und Stammzahlverminderung. Der sich zunehmend verbessernde Waldbestand der Gemeinde Hallstatt ist zurückzuführen auf das auf 30 Jahre ausgelegte Bannwaldprojekt der WLW Bad Ischl.

Dieses flächenwirtschaftliche Projekt zur Erhaltung des Schutzwaldes wurde 1985 beschlossen, nachdem ein sich zunehmend verschlechterter Zustand des Hallstätter Bannwaldes in den Medien proklamiert wurde. Ein naturnaher Waldbau soll die biologisch-ökologische Resistenz des Waldökosystems und die Stabilität der Wälder erhöhen (WLV, 1985). Arbeitsschwerpunkte stellen die Rekultivierung, Verjüngung und der Umbau von Bestandsflächen dar. Da der Bannwald vor allem vor Steinschlag und Lawinen eine hohe Schutzwirkung hat, wurden folgende unterstützende Massnahmen beschlossen (WLV, 1985):

- Reduktion der Einwehung aus den Nährgebieten in die Abbruchgebiete der vorhandenen und potentiellen Lawinengebiete.
- Herstellen einer dem extremen Gelände angepassten Aufschliessung.
- Bekämpfung der Gleitschneeschäden.
- Herstellen eines sofort wirksamen Steinschlagschutzes für die Hallstättersee-Landesstrasse.

Der Schutzwald spielt ebenfalls eine besondere Rolle bei der Risikoanalyse im Zusammenhang mit der Erstellung von Rutschungsprozesskarten (siehe Kapitel 7).

### 3.6 UNESCO Kulturlandschaft Hallstatt – Dachstein / Salzkammergut



**Abb. 3.6-1:** UNESCO – Kulturlandschaft Hallstatt-Dachstein/ Salzkammergut mit dem untersuchten Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen in gelber Farbe dargestellt (mod. nach SCHUHBÖCK, 2001). Die Kernzone des geschützten Gebietes ist mit roter Farbe markiert. Die grüne Linie umgibt die sog. Pufferzone.

Wohlstand der Region, einen Wohlstand, der sich in der prächtigen Architektur des Marktes Hallstatt widergespiegelt.“

Der Wert von Kulturlandschaften liegt in der Verbindung von Kultur und Natur. Sie sind eigenständige, integrierte Lebensräume in der menschlichen Umwelt. Die Definition einer Kulturlandschaft von BRIEMLE (1978) lautet:

*“Eine vom Menschen zwar intensiv genutzte, jedoch durch kleinräumige Wirtschaftsweisen geprägte Agrarlandschaft, deren Haushalt durch eine Vielzahl von Landschaftselementen ökologisch relativ stabil ist und in ihrer Physiognomie naturräumliche Verschiedenheiten wahrt.“*

Die Verantwortung für die Erhaltung des UNESCO Gebietes liegt bei den betroffenen Bundesländern (Oberösterreich, Steiermark, Salzburg), sowie den betroffenen Gemeinden (SCHUHBÖCK, 2001). Ein zu diesem Zweck gegründete Kulturlandschaftspflegewerk spricht daher von Schutz, Pflege und behutsamer Weiterentwicklung als grundlegende Ansatzpunkte.

Das Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen ist Teil der UNESCO geschützten Kulturlandschaft Hallstatt –Dachstein/Salzkammergut (siehe Abb.3.6-1). Die UNESCO hat 1997 das Gebiet in die Welterbe - Liste aufgenommen.

Die UNESCO ist die einzige internationale Vereinbarung, die in ihren Grundkonzepten kulturelle und natürliche Werte miteinander verknüpft und damit den gesellschaftsprägenden Gegensatz zwischen Kultur und Natur überbrückt. Die Begründung zur Aufnahme des Gebietes Hallstatt-Dachstein/Salzkammergut lautet wie folgt (UNESCO, 1997):

„Die Hochgebirgsregion Hallstatt- Dachstein / Salzkammergut ist ein herausragendes Beispiel einer Naturlandschaft von grosser Schönheit und hohem wissenschaftlichen Interesse, die auch Zeugnisse wesentlicher menschlicher wirtschaftlicher Tätigkeiten aufweist. All das fügt sich zu einem harmonischen und wechselseitig befruchtenden Ganzen. Schon in prähistorischer Zeit begannen menschliche Aktivitäten in der beeindruckenden Naturlandschaft des Salzkammergutes; die Menschen betrieben bereits im 2. Jahrtausend v. Chr. Den Abbau der dortigen Salzlagerstätten. Bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts bildete dieser Rohstoff die Grundlage für den

Hierzu gehören unter anderem der Schutz gegen Naturgefahren, in Form von technischen Lösungen und Aufklärung der Betroffenen.



Abb. 3.6-2 und Foto 3.6-1: UNESCO – Symbolschilder im Arbeitsgebiet (2003).

Im Rahmen einer Risikoanalyse von gravitativen Naturgefahren sollten nicht nur die Naturgefahren untersucht werden, sondern auch die umgebende Infrastruktur. Die UNESCO geschützten Objekte im Arbeitsgebiet stellen strenggenommen eine Sonderkategorie dar. In dieser Kategorie spielt nicht nur der materielle Wert, sondern vor allem der immaterielle Wert eine große Rolle. Die Einstufung dieser Werte gestaltet sich schwierig. Kulturlandschaft bedeutet, dass es sich um ein Erbe der Menschen handelt – ein universelles Zeugnis der menschlichen Kultur. Im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen wird jeder Quadratmeter als Denkmal oder Naturgebiet eingestuft. Ob UNESCO geschützte Objekte monetär höher einzustufen sind als ein normales Wohnhaus, bleibt zu diskutieren. Tatsache ist, dass sämtliche materiellen Werte zum UNESCO Gebiet gehören, selbst wenn z.B. das Beinhaus mehr kulturelles Zeugnis umfasst als ein Tennisplatz. Folglich werden kulturelle Objekte gesondert ausgewiesen, jedoch nicht höher gewichtet.

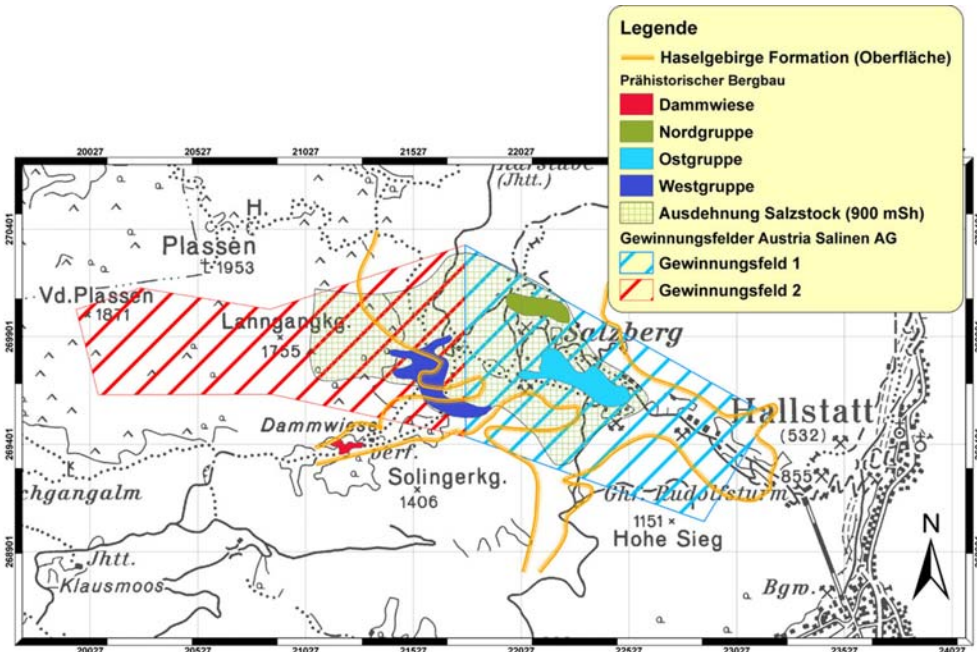
Nicht zu unterschätzen ist das Personenrisiko in den touristischen Anziehungsobjekten des UNESCO Gebietes. Dazu gehören vor allem die Salineneinrichtungen (Schaubergwerk, Standseilbahn), das Museum im Ort Hallstatt, sowie Kirchen, Soleleitungsweg etc. Die Präsenzwahrscheinlichkeit von Personen ist an einem gutbesuchten Sommertag sehr hoch in Hallstatt - 2000 Besucher Hallstatts und seiner Einrichtungen an einem Tag sind keine Seltenheit (vgl. Kapitel 6.2).

### 3.7 Salz und Archäologie im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen

Die Gemeinde Hallstatt ist nicht nur wegen seiner landschaftlichen Schönheit, sondern auch wegen seiner prähistorischen Geschichte bekannt geworden. Der wichtigste Grund für die frühe Besiedlung Hallstatts und des Hallstätter Salzberg ist das Salz. Die folgenden Abschnitte sollen Einblicke in den Salzbergbau und die damit verbundenen archäologischen Untersuchungen geben.

### 3.7.1 Salzbergbau im Wandel der Zeit

Diese ausgedehnte Lagerstätte unter dem Kalkstock des Plassen gelegen, lockte schon seit Beginn der Jungsteinzeit vor ca. 7000 Jahren Menschen und Tiere in das Hochtal. Der gezielte Abbau der Salzlagerstätte (evaporitische Gesteine der Haselgebirge - Formation vgl. Kap.4.2)



**Abb.3.7-1:** Prähistorische Abbaufelder im Hallstätter Salzberg mit Ausdehnung der heutigen Gewinnungsfelder der Austria Salinen AG (verändert nach Austria Salinen AG, 2003 und BARTH, 2000).

bestand wie vermutet wird zunächst in der Nutzung salzhaltiger Wässer, die an der Oberfläche austraten.

Ab dem 14. Jahrhundert v.Chr. (Bronzezeit) wurden Schächte in das Gestein getrieben. Die Fundstätte „Nordgruppe“ (Grünerwerk und Appoldwerk) zeugt von diesen frühen baulichen Fähigkeiten der damaligen Bergleute. Jüngste Untertage-Ausgrabungen (RESCHREITER, 2004) haben mit Hilfe der Dendrochronologie von konservierten Moorhölzern im Vergleich mit Hölzern aus prähistorischen Stollen gezeigt, dass die untersuchten Stollenbereiche tatsächlich auf die Bronzezeit zurückgehen. Die „Nordgruppe“ wurde laut BARTH & LOBISSER (1999) durch Sedimenteinschwemmungen (Murgänge bzw. Schlammströme) verlegt, so dass der Abbau zunächst zum Erliegen kam.

Der Stollenbau wurde horizontal betrieben und ging weniger in die Tiefe, wie es bei der „Nordgruppe“ der Fall ist. Die Methode, „Herzen“ (Barth & Lobisser, 1999) abzubauen gelang durch das Eisen, welches die Technologie der neuen Bevölkerung prägte.



Diese Phase um 750 – 400 v.Chr. bekam in der Literatur den Namen „Hallstattzeit“ und ist heute ein feststehender Begriff für das kulturelle Erscheinungsbild Mitteleuropas. Parallel zum Bergbau entwickelte sich eine Gräberfeldkultur, welche im Kapitel 3.7.2.1 näher erläutert wird. Die Hallstattzeit ist geprägt durch ausgedehnte Handelskontakte bis ans Mittelmeer und Ostsee. Diese hochentwickelte Kultur findet ein jähes Ende um das 4.Jht. v.Chr.. Fundstellen in der Ostgruppe zeigen eindeutige Zeichen einer Massenbewegung, welche Material (feinklastische Sedimente mit Komponenten bis zu 2m<sup>3</sup>) von der Oberfläche in die Stollen einbrachte. Stützvorrichtungen brachen zusammen und machten das Bergwerk unpassierbar. Die Ablagerungen, welche heute von Dr. Hannes Reschreiter im (Naturhistorisches Museum Wien) Zuge der

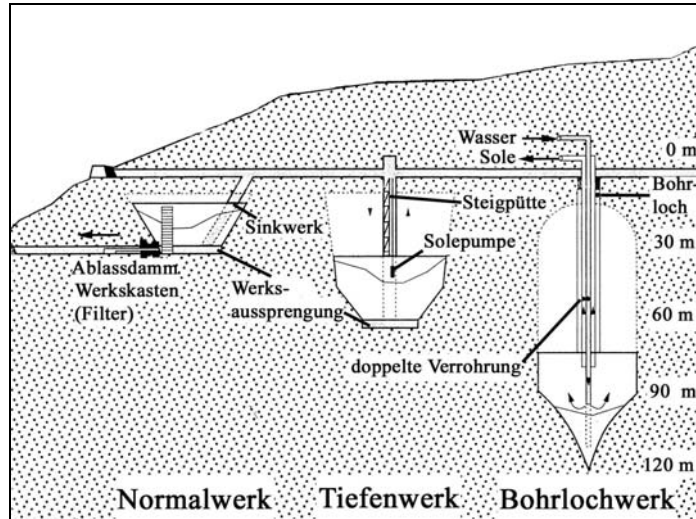


**Foto 3.7-1:** Schuttstromablagerungen im Stügerwerk. Führung durch die prähistorischen Stollen von Herrn Reschreiter vom Naturhistorischen Museum Wien (2004).

Ausgrabungen untersucht werden zeigen Anzeichen (sog. Schwimmeffekte von Komponenten) für ein größeres Schuttstromereignis. Verschüttete wurden bisher nicht ausgegraben, so dass die Bergleute genügend Zeit gehabt haben könnten die Stollen zu verlassen (EHRET, 2002). Erst in spätkeltischer Zeit wurde der Bergbau vermutlich wieder aufgenommen. Ausgrabungen deuten auf eine Siedlung auf der Dammwiese (ca. 1357mSh) südöstlich des Plassen hin. Die sog. Westgruppe war als höchstgelegene Fundstätte aus Sicherheit vor neuen Massenbewegungsereignissen angelegt worden. Die nachfolgenden Römer betrieben die Bergwerke mit großer Sicherheit weiter und gründeten Siedlungen am Fuße des Salzberges, am heutigen Standort Hallstatts (z.B.: Archäologischer Keller, Römerfunde im Sportgeschäft Dachsteinsport Janu Hallstatt).

Die ersten Hinweise auf einen systematischen Bergbau wurden im 13.Jht. n.Chr. aufgezeichnet. Die Frau des deutschen Königs Albrecht I verlieh 1311 Hallstatt seine Marktrechte und reorganisierte den Salzabbau. Die Gewinnung des Salzes wurde seit dem Mittelalter mehrfach revolutioniert, behielt aber die Form des sog. Laugverfahren bei. Da die Salzlagerstätten der österreichischen Alpen kein reines Steinsalz enthalten, sondern aus einem Gemisch von Salz- und Tonmineralien mit oft unter 50% Natriumchloridgehalt bestehen, lässt sich ein reines Salz nur durch Auslaugen des „Haselgebirges“ und Versieden der konzentrierten Sole erzeugen. Dabei wird das Salz im Berg durch Zuführen von Süßwasser gelöst. Die salzgesättigte Sole (1 m<sup>3</sup> Sole enthält etwa 330 kg Salz) wird aus dem Bergwerk geleitet, wo das Salz durch Verdampfen der Sole in Sudhütten gewonnen wurde. Der sog. „nasse Abbau“ begünstigt die Reinheit der Sole, da die unlöslichen Bestandteile des Haselgebirges im Berg zurückbleiben.

Die Eindampfung von Salz ist mit hohem Energieaufwand verbunden, so dass bereits im 16. Jht. ein akuter Holzmangel bestand. Mit dem Bau einer Holz-Pipeline vom Hochtal bis zum 40 Kilometer nördlich gelegenen Ebensee verschaffte man sich Abhilfe. Die sog. Soleleitung wurde mehrfach durch die verschiedensten Materialien erneuert und besteht bis heute. 1998 wurde das Teilstück zwischen Hallstatt und Steeg durch eine neue Leitung ersetzt, so dass bereits im ersten Betriebsjahr 200 000 m<sup>3</sup> Sole nach Ebensee geleitet werden konnte.



**Abb. 3.7-2:** Damalige und heutige Laugverfahren im Bergwerk Hallstatt (Austria Salinen AG, 2003).

In der Verdampfungsanlage für Soleaufbereitung der Austria Salinen AG in Ebensee wird die Sole gereinigt und zu verschiedenen Salzprodukten verarbeitet. Im Wirtschaftsjahr 2001/2002 konnte mehr als 3 Mio m<sup>3</sup> Sole und 1.200 Tonnen Steinsalz produziert werden. Die Sole wurde im Mittelalter aus „Normalwerken“ gefördert, später wurden „Tiefenwerke“ angelegt, welche mittels einer Pumpe die Sole aus dem Hohlraum förderte. Der heutige Abbau erfolgt mit Sonden in Bohrlochwerken. Doppelt verrohrte Bohrlöcher sorgen für eine getrennte Zufuhr von Frischwasser und Ableitung der Sole (AUSTRIA SALINEN AG, 2002).

Der hohe Gebirgsdruck und die stark herabgesetzte Festigkeit des Haselgebirges verhindert weitgehend das Bestehenbleiben von Hohlräumen im Bergwerk. Die wenigen erhaltenegebliebenen Stollen aus prähistorischer Zeit sind durch eingedrungenes Bergwasser bestehen geblieben. Fortschreitende Verbrucherscheinungen in diesem Bereich des Bergwerks in den 70er Jahren des 20. Jhts. führten zu aufwendigen Sanierungen des Hohlraumes (EHRET, 2002). Verbrucherscheinungen übertage sind bis heute nicht bekannt. Der Salzabbau, sowie die prähistorischen Stollen wurden in der Risikoanalyse nicht berücksichtigt.

### 3.7.2 Archäologische Untersuchungen

Wie schon in Kapitel 3.7.1 angedeutet wurde nimmt man heute an, dass sich parallel zum Salzabbau eine Form der Besiedlung im Hochtal oder am Ufer des Hallstättersee entwickelt haben muss.

Neben den exzellenten technischen Fähigkeiten der prähistorischen Bergleute, sind auch durch Salz konservierte Funde, wie organische Substanzen, Bekleidungs- und Nahrungsreste, sowie Holz von größter archäologischer Bedeutung.

Im Jahr 1734 fand man im „Kilbwerk“ den „Mann aus dem Salz“. Dieser Leichenfund ist bis heute verschollen, da er aufgrund des guten Erhaltungszustandes nicht als prähistorisch gedeutet wurde

und „standesgemäß“ begraben wurde. Siedlungsreste werden unter Schuttstrommaterial an Mundlöchern im höheren Teil des Hochtals vermutet. Ausgegrabene Reste von Blockhausbauten und ungewöhnliche Anhäufungen von Tierknochen werden der Konservierung von Fleisch durch Salz, zugeschrieben.

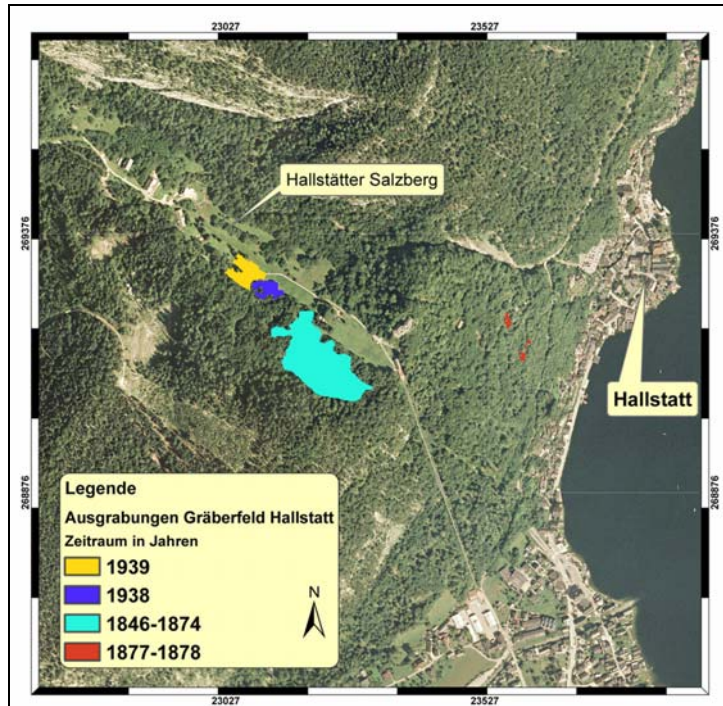


Abb. 3.7-3: Die Lage des Gräberfeldes und seine zeitlichen Ausgrabungen (verändert nach Kern, 2002).

#### 3.7.2.1 Das Hallstätter Gräberfeld

In die Zeit der Hallstatt Kultur lässt sich das ausgedehnte Gräberfeld im Hochtal datieren. Das Gräberfeld liegt am Ausgang des Salzbergtales am Fuss der Niederen Sieg, einem steil abfallenden Abhang, der mit Felssturzmaterial teilweise bedeckt ist. Bereits 1846 entdeckt und erstmals von J.G. Ramsauer systematisch ausgegraben, wurden 980 Gräber abgezeichnet und die Funde katalogisiert. Bis heute wurden über 1300 Gräber entdeckt. Diese enthalten neben Keramik, Tongefäße, Bekleidungsresten und Gegenstände aus Bronze, Eisen, Gold, Elfenbein und Bernstein (Kern, 2002; Hrsg. in Jeschke 2002).





**Foto 3.7-2:** Archäologische Ausgrabung von Dr. Kern im Gräberfeld von Hallstatt (URSTÖGER, 2000).

Die hohe Dichte an Bestattungen (Körper- und Brandbestattungen), sowie die terrassenartige Bestattungsform in West-Ost Ausrichtung ist für diesen Zeitabschnitt einmalig. Bis heute wurde die Zahl der Bestatteten mit etwa 4000 geschätzt. Rückschlüsse auf die sozialen Strukturen der Hallstattzeit anhand der Funde werden in Fachkreisen diskutiert. Tatsache ist, dass das Gräberfeld bis heute einzigartig geblieben ist und einen entscheidenden Grund zur Aufnahme der Region in die UNESCO Welterbeliste darstellt. Die reichen Grabfunde haben die archäologischen Ausgrabungen unter der Leitung von Dr. Anton Kern zu einem festen jährlichen Ereignis im Hochtal werden lassen.

Das neu ins Leben gerufene EU-Projekt „Archäolive“ soll als archäologisches Experiment und als Methode zur Erkenntnisgewinnung gesehen werden. Aus archäologischen Befunden sollen prähistorische Lebenswirklichkeiten rekonstruiert werden. Die bronzezeitlichen Industrieanlagen sollen wiedererrichtet und anschließend als Freilichtmuseum der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden (Barth & Lobisser, 1999). Die archäologischen Ausgrabungen, sowie das Projekt „Archäolive“ werden von der Salinen AG finanziert. Die Archäologen wohnen und arbeiten während den Kampagnen in einem Gebäude direkt am Bergwerksgebäude, welches im Kapitel 8 genauer auf das Felssturfrisiko untersucht wird.

## 4 Geologie im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen – Grundlage für die thematische Systemabgrenzung

Für die Durchführung einer Risikoanalyse von gravitativen Naturgefahren ist es unerlässlich die geologischen und tektonischen Verhältnisse im Arbeitsgebiet zu berücksichtigen. In den folgenden Kapiteln sollen die geologischen Gegebenheiten und der tektonische Einfluss näher betrachtet werden. Dabei wird auf eigene Beobachtungen und Geländebegehungen in den Jahren 2002 bis 2004 und den Arbeiten der in Kapitel 3 beschriebenen Autoren zurückgegriffen. Zusätzliche Angaben aus der Fachliteratur ergänzen die Beschreibungen.

Das Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen liegt in den Ostalpen und gehört zu den mittleren Nördlichen Kalkalpen („Oberostalpin“). Um die Stratigraphie der geologischen Einheiten (Kapitel 4.2) im Arbeitsgebiet besser in Zusammenhang zu bringen, wird im Folgenden auf die regionale Geologie des Hallstätter Raumes eingegangen (Kapitel 4.1) sowie abschließend eine Zusammenfassung der komplexen tektonischen Vorgänge (Kapitel 4.3) der Umgebung des Arbeitsgebietes gegeben.

### 4.1 Regionale Geologie des Hallstätter Raumes

Die nördlichen Kalkalpen erstrecken sich vom Alpen-Rhein bis zum Wiener Becken. Diese 500 km lange Zone am nördlichen Rand des Ostalpen weist eine permomesozoische bis in das Neokom reichende Schichtenfolge auf. Die vorherrschenden kalkig-dolomitischen Gesteine der Trias haben ihren Entstehungsort mehrere hundert Kilometer südlich des penninischen Troges. Die Nördlichen Kalkalpen bilden die jüngste tektonische Einheit des Oberostalpins, welche am weitesten nach Norden bewegt wurde. Tektonische Fenster bestätigen die allochthone Lagerung auf stratigraphisch jüngeren Schichten. Führt man gedanklich den Rücktransport des Oberostalpins durch, so lässt sich die besondere Entstehungsgeschichte der verschiedenen Großfaziesräume, welche auch im Arbeitsgebiet vorwiegend auftreten, rekonstruieren.

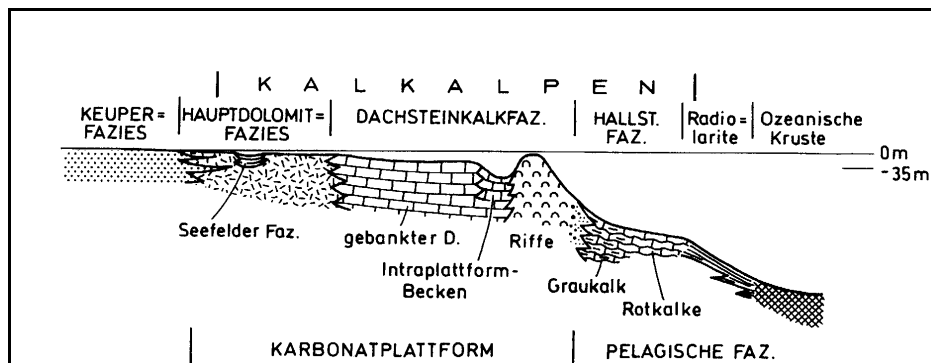
Am Ende des **Paläozoikums** beginnt die Ablagerung mit permischer Klastika der Rotliegend Gruppe. Diese überlagern das variszische Grundgebirge und weisen im grob- bis feinklastischen Detritus saure vulkanische Einschaltungen auf.

Im **Oberperm** kommt es aufgrund einer Transgression der Tethys zur Sedimentation von evaporitischen Sedimenten. Es handelt sich hierbei um die sogenannte Haselgebirgs-Formation; eine evaporistische Steinsalz führende Serie, die in flachen Meeresbecken durch Eindampfung hypersalinaren Wassers und gleichzeitiger Sedimentschüttung entstand (MÖBUS, 1997). Im Rahmen der alpidischen Deckenbewegungen fungierte diese Serie als ein bevorzugter Bewegungshorizont (Kapitel 4.3). Begleitet wurde diese Phase von einem synsedimentären Magmatismus, welcher Einlagerungen von Diabasen, Melaphyren und Tuffen im Haselgebirge hinterlassen hat (ZIRKL, 1957).

Ab der **Trias** kommt es zur weiteren Absenkung des Kontinentalrandes, welche im *Ober-Skyth* die Ausbildung der Werfener Schichten nach sich zieht. Diese Wechsellagerung aus Quarziten, Sandsteinen, Schiefen und Kalken zeichnet sich im Hangenden durch einen zunehmenden Karbonatanteil auf. Die zeitliche Wende auch Reichenhaller Wende genannt (*Skyth bis Anis*)

beginnt mit Subsidenz und Karbonatsedimentation, die bis ins Jura anhalten soll. Die Gutensteiner Kalke gehen lateral in den Gutensteiner Dolomit über und bilden die Gutensteiner - Formation aus. Die Ablagerungen fanden in seichten, sauerstoffarmen Meeresbecken statt. Im *Oberen Anis* folgt der Reiflinger Kalk, welcher grünliche Tuff- und Tuffitlagen aufweist. In sogenannte Steinalm Formation treten auch Hornsteinbildungen auf, die ein Kennzeichen für Flachwasserkalke sind.

Die sogenannte *Reiflinger Wende* (SCHLAGER & SCHÖLLNBERGER, 1974) ist der Beginn von zunehmend pelagischem Einfluss. Es kommt zur Bildung von großen Karbonatplattformen, die in 3 Gruppen unterteilt werden können.



**Abb. 4.1-1:** Nord-Süd Profil durch die Alpen mit Unterteilung in vereinfachte Faziesbeziehungen. In der Karbonatplattform wurden Hauptdolomit- und Dachsteinfazies abgelagert. Die Hallstatt-Fazies und Radiolarite entstanden in der Pelagischen Fazies (FAUPL, 1997, angegebener Profilmastab ca. 500 km).

1. **Hauptdolomitfazies:** Ausbildung im Bereich der gesamten westlichen Nördlichen Kalkalpen und voralpinen Bereichen der mittleren und östlichen Nördlichen Kalkalpen. Ablagerung erfolgte im lagunären Rückriffbereich (sog. „back-reef“).
2. **Dachsteinkalkfazies:** Im Anschluss an die Hauptdolomitfazies im gesamten mittleren und östlichen Abschnitt der Nördlichen Kalkalpen. Ablagerungsmilieu: Riffgürtel im Übergang zur Lagune.
3. **Hallstätter Fazies:** Schmale Zonen im mittleren und östlichen Abschnitt der Nördlichen Kalkalpen. Die Ablagerung erfolgte im Hang- und randlichen Beckenbereich zwischen Riffgürtel und Tethys-Ozean.

Das Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen ist geprägt durch das Vorhandensein der Dachstein- und Hallstätter - Fazies. Die 2 Formationen besitzen völlig unterschiedliche Ausbildungsmerkmale. Nicht nur die unterschiedlichen Mächtigkeiten (DF: 1000m; HF:300m), sondern auch farblich lassen sich die Kalke beider Fazies gut unterscheiden. Die roten und bunten Abfolgen der Hallstätter Fazies sind zurückzuführen auf stark reduzierende Schwellensedimentation mit hohem Fossilanteil, für welchen der Hallstätter Kalk besondere Berühmtheit erlangt hat. Ein weiteres charakteristisches Merkmal sind brekzie-bestückte Diskontinuitäten, Blockrotationen und die Bildung von synsedimentären Klüften (Tiefe bis 80 m), welche auf halokinetische Vorgänge zurückzuführen sind (MANDL, 2000).

Während es im Inneren Becken zur Ausbildung der hornsteinführenden Pötschen - Formation kommt, setzt im *Karn* eine Regression des Meeres ein, welche eine Umgestaltung des Reliefs zur Folge hat. Die Nordalpine Raibler-Formation ist ein Zeichen für die kurzanhaltenden terrigenen Verhältnisse.

Im *Jura* (siehe Stratigraphie in Abb. 4.1-2) sinken die Karbonatplattformen ab und geringer mächtige Sedimente werden abgelagert. Die Tethys verband sich mit dem germanischen Meeresraum bis es im Malm zu Heraushebungen über den Meeresspiegel kam. Im *Lias* kam es als Folge der Reliefversteilung zu Massenbewegungen an Tiefseehängen mit Brekzienbildung. Zu den Kalkbildungen auf den submarinen Schwellen gehört auch der benthosreiche Hirlatzkalk, der vielfach dem verkarsteten Hauptdolomit aufliegt. Der Lias-Fleckenmergel auch Allgäu-Formation genannt, bildet verkieselte und nicht verkieselte Formationen aus.

Zum Ende des *Doggers* bilden sich auf tektonischen Horsten oder allgemein geringerer Subsidenz kondensierte Rotkalk Abfolgen. In dieser Phase (*Dogger-Malm*) gelangten in Tiefwasserbereichen die Radiolarite zur Ablagerung begleitet von weitreichenden gravitativen Eingleitungen von Olistostromen und Großschollen nach Norden. Das Herkunftsgebiet der

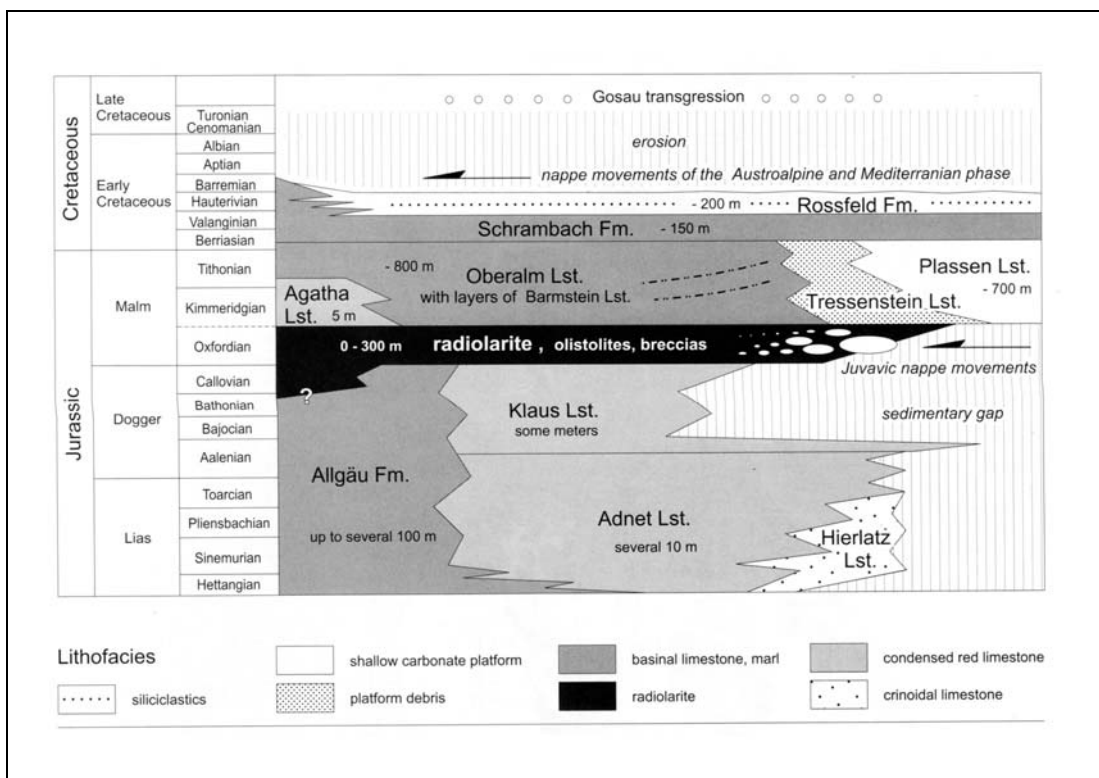


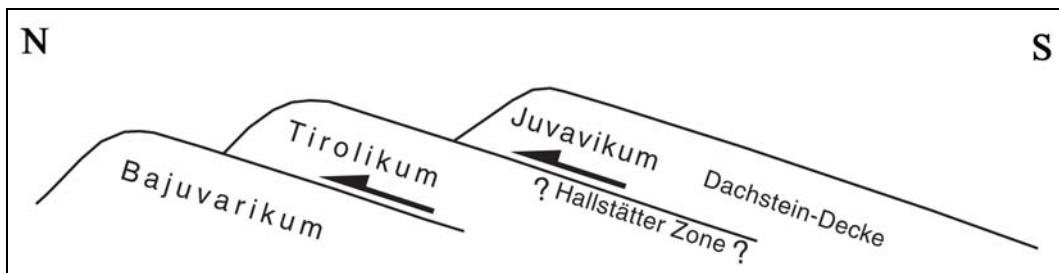
Abb. 4.1-2: Stratigraphie der jurassischen und kredazischen Abfolge im Hallstätter Raum (MANDL, 1971).

Gleitmassen am distalen Kontinentalrand verlagert sich stetig nach Norden und erfasst zuerst den Hangbereich, bevor schließlich Teile des Dachsteinriffs mobilisiert wurden (GAWLICK et al., 1999).

Im Späteren *Malm* kommt es zur Ablagerung der Plassen-Formation, deren Kalksteine maximale Mächtigkeiten von 700m erreichen können. Im Gegensatz zu den triassischen Riffen

ist jedoch die Ausbreitung der jurassischen Riffe sehr viel geringer. An der Grenze von **Jura zur Kreide** wurde die Oberalmer Formation mit Olisthostromen mit Haselgebirgs-Olistholiten abgelagert.

In der *Frühen Kreide* setzt eine Sedimentation von klastischen Komponenten ein. Nachdem sich der Hallstatt-Meliata-Ozean geschlossen hatte wurden die permomesozoischen Sedimente mit ihrem variszischen Sockel im Rahmen einer einsetzenden Gebirgsbildung abgeschert und nach Norden überschoben. Der wichtigste Abscherhorizont stellt die Haselgebirge-Formation mit ihren permischen evaporitisch-tonigen Gesteinen dar. Die Rekonstruktion der ursprünglichen räumlichen Beziehungen zwischen den einzelnen Faziesräumen lässt sich heute nur schwer nachvollziehen. Die entstandenen Decken werden in 3 Großeinheiten gegliedert (Abb.4.1-3), wobei ehemalige Faziesgrenzen oft mit Deckengrenzen zusammenfallen. Das **Bajuvarikum** ist die niedrigste Einheit im Nordteil. Das **Tirolikum** stellt den Hauptbildner im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen dar. Es umfasst die Hallstätter- und Dachstein – Fazies. Das **Juvavikum** ist im Südteil der Nördlichen Kalkalpen aufgeschlossen.



**Abb. 4.1-3:** Deckenbau mit den 3 unterschiedenen Großeinheiten. Dabei wird die Hallstätter Zone dem Tirolikum mit Vorbehalt zugeordnet (TOLLMANN, 1976).

Im der *Frühen Kreide* war die alpalidische Orogenese abgeschlossen. Heraushebung und andauernde Erosion und Verkarstung prägten diese Phase. Eine Subgruppe Gosau-Schichten (Ablagerung vom Coniac bis ins Paläozän), welche fluviatile bis flachmarine Gesteine aufweist, wurde durch Extensionsbewegungen in neu entstandene Pull-apart-Becken geschüttet. Das 8km breite und 10km lange Becken liegt westlich des Arbeitsgebietes bei Gosau-Russbach.

Die anschließende Hebung im **Tertiär** wurde außer der Gosau-Formation nur lokal Material sedimentiert. Der gesamte Alpenraum wurde im **Quartär** durch eiszeitliche Prozesse geprägt. Ein zusammenhängendes Eisstromnetz, das über die gesamten Alpen bis zum Alpenvorland reicht konnte sich aufgrund eines langanhaltenden Temperaturabfall über vier Hauptvereisungsphasen ausbilden. Diese *pleistozänen* Phasen sind durch Moränenablagerungen geprägt. In den Zwischeneiszeiten wurden dagegen die Ablagerungen erodiert. Die Würm, als jüngste Vereisungsphase wird in 3 Phasen eingeteilt:

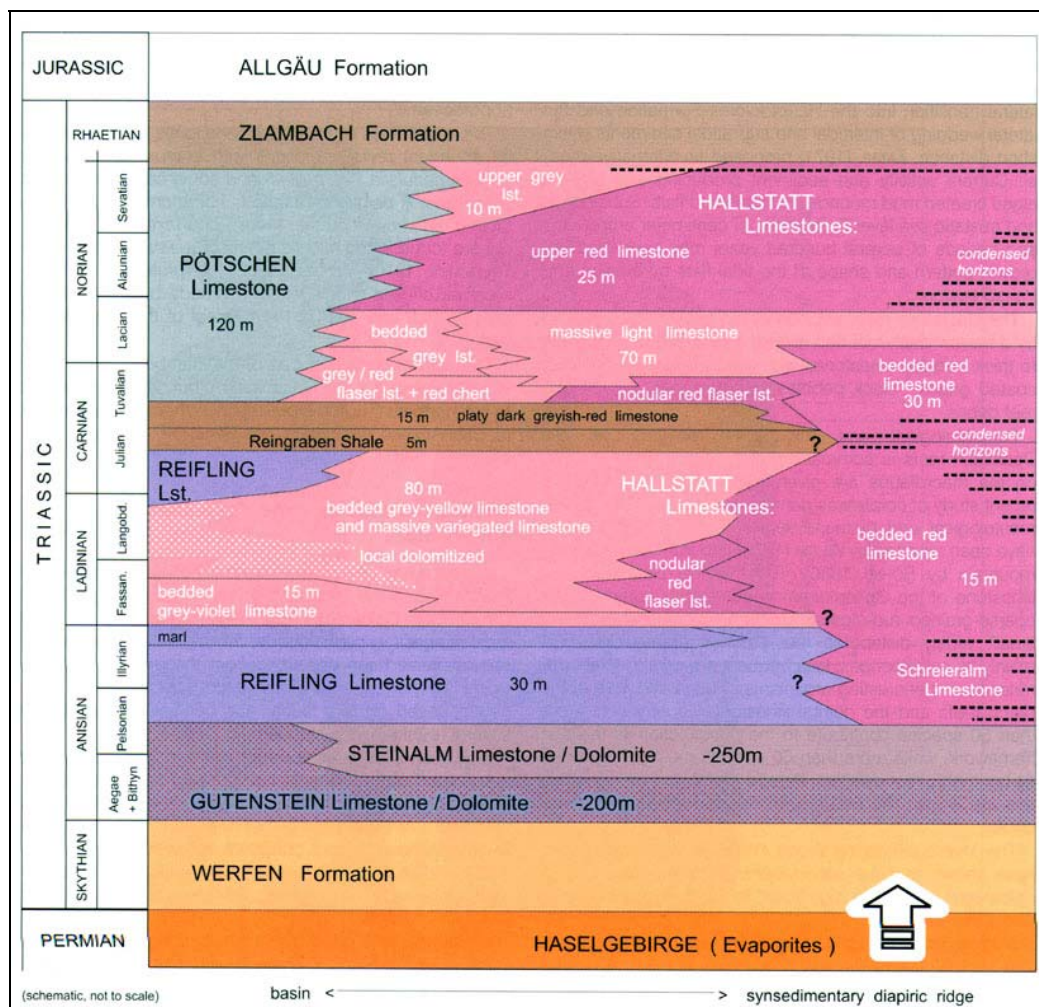
1. *Vorstoßphase*: Ein Eisstromnetz bildet sich aus, die Gebirgsgletscher fließen zusammen und flossen in die Täler.
2. *Hochglazialphase*: Maximaler Vereisungsstand. Es ragen nur noch einzelne Gebirgsspitzen aus dem Eisstromnetz als Nunataker hervor (z.B. Plassen 1954 mSh).

3. *Spätglazialphase*: Oszillierender Verlauf mit 5 Vorstoßphasen (VAN HUSEN 1977). Die Gletschervorkommen des Plassen werden isoliert und während der 4. Vorstoßphase abgeschmolzen. Lokalgletscher blieben bis heute reliktsch vorhanden.

Im *Holozän*, wird die Landschaft durch Erosion, Sedimentation und gravitative Massenbewegungen geprägt. Bäche schneiden sich zunehmend in ihren Untergrund ein und übertiefen die Täler. Die Talhänge werden durch große Rutschungsereignisse geprägt und es werden große Massen durch Talzuschübe verlagert. Die Gipfelbereiche der ehemals mehr oder weniger zusammenhängenden Kalkschollen (Plassen 1954 mSh) werden, ausgelöst von halokinetische Bewegungen, durch Bergzerreissungsprozesse zerlegt.

## 4.2 Stratigraphie und Ausbildung der geologischen Einheiten

Die im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen vorkommenden geologischen Einheiten, ihre Ausbildung, Verbreitung und ihre Genese soll in diesem Kapitel betrachtet werden. Dabei kann auf die einzelnen Gesteine nur kurz eingegangen werden, für ausführlichere Beschreibungen wird auf das Literaturverzeichnis verwiesen.



**Abb. 4.2-3:** Schematische Darstellung der stratigraphischen Stellung und lithologischen Ausbildung der Hallstätter Fazies im Juvavischem Deckenkomplex (Mandl, 2000).



Die Stratigraphie im Arbeitsgebiet reicht vom Perm bis zum Holozän und wurde im Wesentlichen den Geologischen Karten Blatt 95, (PLÖCHINGER, 1982) und 96 (SCHÄFFER, 1982) entnommen. Die Stratigraphie von MANDL (2000) entspricht der Gesteinsabfolge im Arbeitsgebiet vom Perm bis Jura. Die Einheiten von Kreide bis Quartär werden gesondert dargestellt.

#### 4.2.1 Perm

##### 4.2.1.1 Haselgebirge (Bunter Tonstein, Gips, Salz; Oberperm)

###### Entstehung:

Das im Arbeitsgebiet vorkommende Haselgebirge ist ein Mischgestein aus Gips, Anhydrit, Salzton, Steinsalz (auch Kerngebirge genannt) und klastischen Einschaltungen, sowie Einschlüsse von Melaphyren. Die siliziklastisch - evaporitische Einheit umfasst die gesamte Abfolge der alpinen Salzlagerstätten. Laut SCHAUBERGER (1978) lässt sich das Haselgebirge in 2 Abfolgen unterteilen:

1. Primär sedimentär entstandenes Mischgestein.
2. Sekundär fluidaltektonisch entstandenes Mischgestein.

Abgelagert ist das Haselgebirge auf Phylliten und Basisbreccien des Perm, sowie der Grauwackenzone aus dem Altpaläozoikum.

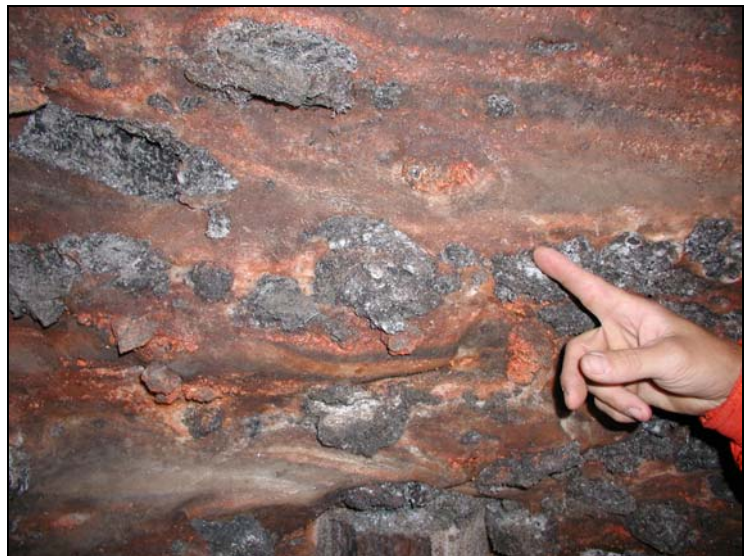


Foto 4.2-1: Haselgebirge im Hallstätter Salzberg (2004).

###### Ausbildung:

Durch die bodennahen zirkulierenden Grundwässer ist das Haselgebirge an der Oberfläche durch Lösung der Salze nahezu ausgelaugt. Anhydrit wird in Gips umgewandelt und ebenfalls gelöst. Der tonreiche Auslaugungshorizont schützt das darunter liegende Haselgebirge vor Verwitterung. Die Bändersalze weisen Bereiche mit 70-90% Steinsalz auf und werden als Kerngebirge bezeichnet.

###### Verbreitung:

Unterirdisch erstreckt sich das Haselgebirge im Arbeitsgebiet zwischen Rudolfsturm im Osten bis zur Rossalm westlich des Plassen in Tiefen zwischen 300m und 500m. Verdeckt durch die Einheiten der Plassen-Scholle und der Hallstätter Fazies ist das Haselgebirge salzstockartig verbreitet, wobei eine Ausdehnung von 2000m Länge und 800m Breite vermutet wird; absolute Tiefenangaben sind nicht bekannt. Die halotektonischen Bewegungen führen zu Bergzerreissungen der Plassen-Scholle (siehe Kapitel 5). Oberflächlich ist das Haselgebirge an mehreren Stellen aufgeschlossen. Das größte Vorkommen zieht sich vom Solingerkogel vorbei

am Lahngangkogel bis zum Steinbergkogel. Kleinere Vorkommen befinden sich am Fusse der Hohen Sieg, der Strähnenhag und im Süden am Klauskogelbach und Lauterbach.

#### 4.2.2 Trias

##### 4.2.2.1 Werfener Schichten (Skyth)

###### Entstehung:

Werfener Schichten sind Bestandteil sowohl der Hallstätter Fazies, als auch Dachstein Fazies und Werfener Schuppenzone. Dabei gliedern sich die Werfener Abfolge in eine karbonatische Hangendserie über mächtigen bunten Schiefern hinzu Quarziten an der Basis. Das Ablagerungsmilieu ist ein küstennaher, seichter Sedimentationsraum, der durch Wellenrippel und Trockenrisse charakterisiert wird.

###### Ausbildung:

Die Mächtigkeit der Werfener Schichten wird auf 500m geschätzt. Rote bis ins Grünliche übergehende Färbungen rühren von oxidierenden Eisenmineralen her.

###### Verbreitung:

Im Arbeitsgebiet kommen die Werfener Schichten als verwitterte Ton-Sandstein Wechsellagen südwestlich des Sattel vor. Kleinere Vorkommen sind am Sagmoos Schuttstrom und am Rudolfsturm zu finden. Quarzite kommen im Arbeitsgebiet nicht vor.

##### 4.2.2.2 Gutensteiner Formation (Oberskyth-Anis)

###### Entstehung:

Die Sedimentstrukturen der Gutensteiner-Formation weisen auf ein im Flachwasserbereich gebildetes Karbonatgestein hin. Es kann zu Verzahnungen mit dem Steinalmkalk kommen.

###### Ausbildung:

Der Gutensteiner Dolomit weist eine deutliche Schichtung im cm- bis dm- Bereich auf. Dabei



Foto 4.2-2 : Gutensteiner Kalk Aufschluss (EHRET, 2002).

wechseln sich grobbankige graue Dolomiten oft mit dünnplattigen dunklen Dolomiten ab. Ebenso sind sedimentär brekziöse Bänke und einzelne dunkle Kalklagen mit Dolomitschlieren vertreten.

Die Kalke sind mikrofaziell als Mikrite bis Biomikrite anzusprechen. Der hohe biogene Anteil wird aus Crinoiden, Lamellibranchiaten, Gastropoden, Ostracoden und Foraminiferen aufgebaut.



##### Verbreitung:

Der Dolomit ist im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen an mehreren Stellen aufgeschlossen. Zum einen zieht er sich entlang der Nordgrenze vom Sattel bis zum Schichlingkogel und südlich des Solingerkogels entlang mit mehreren kleineren Vorkommen bis zur Durchgangsalpe im Westen und der Hohen Scheibe an der Westgrenze des Arbeitsgebietes.

Der Gutensteiner Kalk kommt im Arbeitsgebiet gemeinsam mit dem Gutensteiner Dolomit vor. Hauptvorkommen sind am Nordrand zwischen Sattel und Schichlingkogel und im Südwesten des Solingerkogels.

##### **4.2.2.3 Steinalm-Formation (Anis)**

##### Entstehung:

Die Bildung der Steinalm-Formation fand im Seichtwasserbereich mit anisischer Algenflora statt. Der Steinalmdolomit ist die sekundär dolomitisierte Variante der Steinalmer Kalke. Ebenso werden zur Steinalm-Formation die bunten Lutite gezählt.

##### Ausbildung:

Die Kalke treten mit hellgrauer Farbe, durchzogen von leichtrötlichen Tonärdern durchzogen auf. Die massigen Wandbildner sind Algensparite, die an der Oberfläche oft Verkarstungserscheinungen aufweisen. Aufgrund der massigen Ausbildung kann die Mächtigkeit nur geschätzt mit 200-250m angegeben werden.

##### Verbreitung:

Die Steinalm-Formation ist eng verzahnt mit der Gutensteiner-Formation und kommt im Arbeitsgebiet an der Nordgrenze und im Süden zwischen Solingerkogel und Hoher Scheibe vor.

##### **4.2.2.4 Reiflinger-Formation (Oberanis-Ladin)**

##### Entstehung, Ausbildung und Verbreitung:

Die Reiflinger Schichten stellen karbonatische Ablagerungen des tieferen Wassers dar. Die lithologische Bandbreite reicht von knolligen Dolomiten, schwarzen Kalken bis hornsteinführenden Knollenkalken. Im Ladin wurden hellgraue Bankkalke mit Hornsteinen und bunte Knollenflaserkalke gebildet. Die Reiflinger-Formation tritt nur südlich des Solingerkogels im Arbeitsgebiet auf. Für genauere Gesteinsbeschreibungen wird auf EHRET (2002) verwiesen.

##### **4.2.2.5 Schreieralm-Formation (Mittleres Anis – Ladin)**

##### Entstehung:

Die Schreieralm-Formation wurde abgelagert unter submarinen Bedingungen, auf einer Schwelle in einem tieferen Meeresbecken. Die Gesteine sind geprägt durch Mangersedimentation und weisen nur eine Mächtigkeit von ca. 20m auf.

##### Ausbildung:

Die Schichtflächen sind wellig verbogen, es treten Ammoniten im unterschiedlich rot gefärbten Kalkgestein auf. Eisen-Mangan-Krusten sind ein Zeichen für längere Sedimentationsstillstände und Zusammenschwemmung von Fossilien. Die Oberfläche ist meist verkarstet.

##### Verbreitung:

Die Schreieralm Schichten treten im Nordwesten des Arbeitsgebietes auf. Der Schreieralmkogel ist namensgebend für die Formation.

#### **4.2.2.6 Hallstätter Schichten - untere Abfolge (Anis-Unterkarn)**

##### Entstehung:

Die gesamte Abfolge der Hallstätter Gesteine wird in der Literatur sehr unterschiedlich beschrieben. Einer der Gründe dafür sind die Bildungsbedingungen in kleinräumigen Schwellenzonen, die sich von sedimentologischen Bedingungen in Becken unterscheiden. Die durch halokinetischen Vorgänge gebildeten Schwellenzonen verzahnen sich randlich mit Beckenbereichen, so dass es zu starken faziellen Übergängen innerhalb der Hallstätter Schichtenfolge kommen konnte.

##### Ausbildung und Verbreitung:

Die untere Abfolge der Hallstätter Schichten beginnt mit dem **Unteren Grauvioletten Bankkalk**, geht dann über in den **Graugelben Bankkalk** und endet mit dem **Buntdolomit**.

Die Gesteine der unteren Hallstätter Serie treten im Arbeitsgebiet am Solingerkogel auf. Die Grenzen zwischen den einzelnen Schichten lassen sich nur schwer erkennen. Oberflächlich ist die Formation verkarstet.

#### **4.2.2.7 Halobienchiefer bzw. Raibl-Formation (Unterkarn)**

##### Entstehung, Ausbildung und Verbreitung:

Die Formation wurde in geringer Meerestiefe gebildet und ist terrigen beeinflusst. Die Mächtigkeit der Sedimente weist in den Nördlichen Kalkalpen 500m auf.

Die dunkelbraunen bis schwarzen Schiefertone wechseln mit grauen Mergeln und kleineren Kalksteinbänken ab. Die Formation kommt westsüdwestlich der Schreieralm vor und lässt sich aufgrund der lokal geringen Mächtigkeit auch nur schwer ansprechen.

#### **4.2.2.8 Hallstätter Schichten – obere Abfolge (Oberkarn-Obernor)**

##### Entstehung:

Die Ablagerungsräume der Gesteine der Hallstätter Zonen werden als lokale Schwellen innerhalb tieferer Becken gesehen, da nur geringmächtige Kalksedimente akkumuliert werden konnten. Im Frühen Nor kommt es zur Mangelsedimentation, da ab dieser Zeit die Zirkulation zwischen Karbonatplattform und Becken durch einen dichten Riffgürtel behindert wurde.

##### Ausbildung:

Die Abfolge beginnt im Liegenden mit dem **Oberen Grauvioletten Bankkalk**, welcher dünnbankig, ebenflächig auftritt. Der grau bis olivgrüne Kalk enthält lagig bis wolkige violette Einschaltungen.

Im Oberen Karn tritt der **Rote Knollenflaserkalk** auf. Die intensiv roten mikritischen Kalksteinbänke mit welligen Schichtflächen werden durch ebenfalls rote Mergellagen getrennt. Als Folge von Drucklösung können Kalkknollen auftreten.

Vom Oberkarn bis zum Unteren Nor bildete sich der **Rote Bankkalk**, der eine rote Färbung aufweist und im dm-Bereich gebankt ist. Der fließende Übergang vom Knollenflaserkalk lässt die Mächtigkeit auf 20 m schätzen. Der **Massige bis Gebankte Hellkalk** dominiert durch die grau bis Weiße Färbung der mikritischen Kalksteine. Eine undeutliche Bankung im Meter-Bereich stellt ein Indiz für den Übergang zum Beckensediment der Pötschen-Formation dar.

Im Nor wurden dünn- bis mittelbankige, mikritische **Hangendrotkalke** gebildet. Die im dm-Bereich ausgebildeten fleischroten Bänke enthalten in den Schichtfugen dunkelrote Mergellagen.

Verbreitung:

Die Obere Hallstätter Abfolge kommt im Arbeitsgebiet an mehreren Stellen vor. Die größte Verbreitung zeigt sich am Solingerkogel und Steinbergkogel, sowie am Roten Kögele. Kleine Vorkommen befinden sich am Natternköpfl und der Niederen Scheibe.

#### **4.2.2.9 Pötschen Formation (Oberstes Karn – Obenor)**

Entstehung:

Die Abfolge von im tiefen Wasser abgelagerten Kalken wurde zeitgleich mit der Dachstein – Formation abgelagert. Arenitischer Riffschutt in den Pedataschichten wird als Anzeiger für die Nähe einer Karbonatplattform gedeutet.

Ausbildung:

Die Pötschenkalke und Pedataschichten sind jeweils hell bis dunkelgraue, feinkörnig dichte, dm- gebankte Kalke. Lagig-knollige Kieselsäurekonkretionen, knollig-wellige Schichtflächen und Mergellagen treten im Pötschenkalk auf.

Verbreitung:

Die Pötschen-Formation zeigt sich im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen an 2 Lokalitäten. Die Niedere Scheibe südwestlich des Vorderen Plassen wird durch Pötschenkalk aufgebaut. Nordwestlich des Plassen sind die Gesteine der Pötschen-Formation zwischen Schichlingkogel und Schreieralmkogel zu finden.

#### **4.2.2.10 Zlambach-Formation (Rhät)**

Entstehung, Ausbildung und Verbreitung:

Die Zlambach Schichten wurden in seichten Becken in der Nähe des Riffs abgelagert. Die graugrünen, fein geschichteten bis blättrigen Mergel sind zusammen mit mergelreichen Kalkbänken im Hangenden der Hallstätter Kalke zu finden. Die Vorkommen im Arbeitsgebiet sind klein und liegen verstreut am Solinger-, Sommerau- und Schreieralmkogel. Ebenso treten die Zlambachschichten am Lauterbach und an der Durchgangsalm auf.

### **4.2.3 Trias der Dachsteinfazies**

#### **4.2.3.1 Dachstein-Formation (Unteres Nor-Rhät)**

Entstehung:

Am Übergang zu den Riffkalken treten massige bis unregelmäßig gebankte Typen auf, die noch der Lagune bzw. dem Rückriffbereich angehören. Die Dachsteinfazies wurde zwischen der Karbonatplattform und dem tiefen Becken mit Hallstätter Fazies gebildet. Die über 1000m mächtigen Kalke treten im Arbeitsgebiet als massige Riffkalke auf, welche direkt am Riffgürtel abgelagert wurden.

### Ausbildung:

Die Bänke der Kalke entsprechen dem sogenannten Loferzyklus, der im Liegenden mit tonigem Material und aufgearbeitetem Karbonatgeröllen, darüber folgt eine wenige dm-mächtige Lage von kalkig-dolomitischen Millimeterrhythmiten (Loferite), die durch Algenmatten gebildet wurden. Den Abschluss des Zyklus bilden mehrere Meter mächtige Megalodontenkalke. Die Kalkoberflächen sind meist verkarstet.

### Verbreitung:

Die Dachstein-Formation tritt vor allem in der Ost- und Südhälfte des Arbeitsgebietes auf. Die Seewand, Hirlatzwand, Echernwand und der Bereich zwischen Hallstatt und Gosau bis hinauf zum Schneidkogel werden aus Dachsteinkalk aufgebaut.



**Foto 4.2-3:** Südwestseite der Echernwand, frische Abbruchstellen erscheinen weiß im ansonsten dunkelgrau verwitterten Dachsteinkalk (RÖNNAU, 2004).

## **4.2.4 Jura**

### **4.2.4.1 Hirlatzkalk, Adneter Kalk (Lias)**

#### Entstehung, Ausbildung und Verbreitung:

Die Adneter Kalke gehen auf Schwellen- und Beckenmilieu zurück, in dem durch Subsolution oder unterschiedliches Setzungsverhalten es zur Knollenbildung kommt. Der Hirlatzkalk stellt hingegen die Seichtschwelfazies im Lias dar. Die roten Jurakalke treten einerseits als geringmächtige Auflage über dem Dachsteinkalk oder als Spaltenfällungen auf. Beide Einheiten treten im Arbeitsgebiet nur untergeordnet am Blekarkogel und Hühnerkogel auf.

### **4.2.4.2 Allgäu-Formation (Lias – Mittlerer Dogger)**

#### Entstehung, Ausbildung und Verbreitung:

Die Allgäuschichten wurden während der einsetzenden Extensionsbewegungen entweder in tiefen Flachmeer oder größerer Wassertiefe gebildet. Die hohe Sedimentationsrate führte zur raschen Bedeckung von Organismen deren Zersetzung zur Bildung von Pyritanreicherungen führte.



**Foto 4.2-4:** Allgäuschichten, dunkelgraue verkieselte Schichten ( RÖNNAU 2002).

Die Hallstätter Zone weist 2 Varietäten der Allgäuschichten auf. Die älteren Lagen sind dunkelgrau geschichtete Mergel und mergelige Kalke, während die jüngeren Schichten meist verkieselt sind. Die Allgäuschichten kommen im Arbeitsgebiet an mehreren Stellen hervor. Einmal treten sie am Klauskogelbach bis zum Klauskögerl, an der Hohen Sieg, sowie am Blekarkogel bis zum Salzberg auf.

#### **4.2.4.3 Grünanger-Formation**

##### **(Dachsteinbrekzie, Oxford)**

##### Entstehung, Ausbildung und Verbreitung:

Während dem Lias bis zum Dogger kam es zu vermehrten submarinen Massenbewegungen in Form von Turbiditen, Olistostromen etc. an kontinentalen Tiefseehängen. Diese Ablagerungen enthalten aufgearbeitete Komponenten aus dem Lias

bis Dogger. Die Grünanger-Formation enthält vor allem Dachsteinkalkbrekzien. Diese sind schlecht sortiert und bestehen aus Kalksteinen mit dunkelroter Kalkmatrix. Die Grünanger-Formation tritt im Südwesten am Klauskogelbach und im Nordosten an der Karwand im Arbeitsgebiet auf.

#### **4.2.4.4 Radiolarit-Formation (Oxford-Kimmeridge)**

##### Entstehung, Ausbildung und Verbreitung:

Diese aus der Literatur als „Ruhpoldinger Schichten“ bekannte Formation repräsentiert das Stadium größter Meerestiefe in den Kalkalpen. Die Mächtigkeit beträgt nur wenige 10er Meter. Die dunkelgrauen bis grünen tonig-kieseligen Ablagerungen kommen nur im Bereich des Klauskogelbaches im Südwesten des Arbeitsgebietes vor.

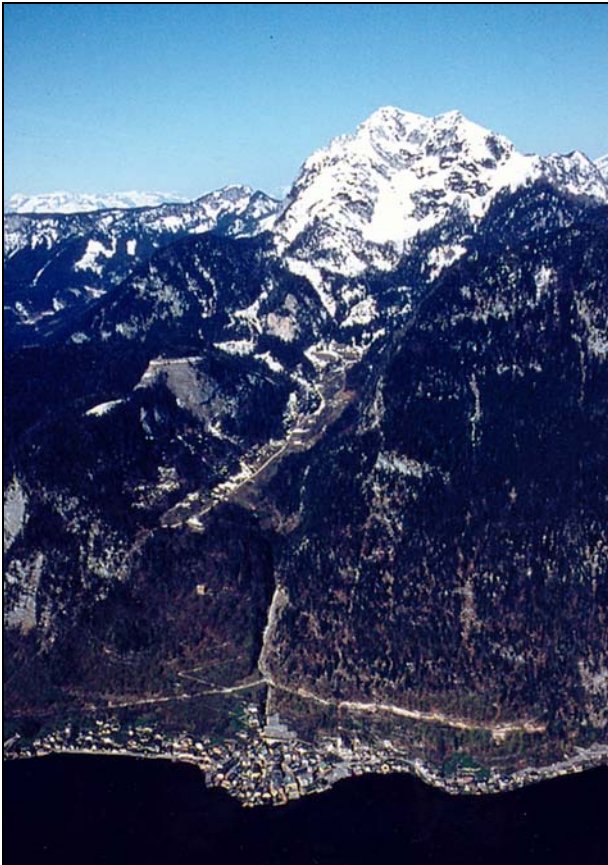
#### **4.2.4.5 Plassen-Formation (höherer Malm)**

##### Entstehung:

Der Plassenkalk ist im seichten Milieu der Riffazies abgelagert worden und liegt diskordant auf den unterlagernden Gesteinen. Die Absenkungsraten waren im lagunenähnlichen Stillwasserzonen sehr gering, wodurch sich nur kleine lokale Riffe bilden konnten.

Ausbildung:

Der graue bis bräunliche Kalkstein besteht aus 2 Abfolgen. Der ältere mikritische Kalkstein weist nur einen geringen Biogehalt auf, ist dickbankig und sehr dicht. Die jüngere Abfolge ist sparitisch, ungebankt und enthält zahlreiche Korallen, Algen und Detritus.



**Foto 4.2-5:** Ostseite des Plassen-Scholle. Am Seeufer ist Hallstatt gut zu erkennen, erbaut auf dem Murschuttkegel des Mühlbachs (WLV, 1999).

Verbreitung:

Der Plassenkalk baut im Arbeitsgebiet das Plassenmassiv auf, sowie die durch Bergerreissungsvorgänge lateral auseinander gedrifteten Blöcke (z.B. Lahngangkogel).

#### 4.2.5 Kreide

##### 4.2.5.1 Kreuzgraben-Formation (Oberkreide bis Alttertiär)

Entstehung:

Die Gosauablagerungen beginnen im Liegenden mit der Kreuzgraben-Formation, welche das Konglomerat der Gosausedimente darstellt. Die Entstehung der grobklastischen Basis hängt mit der Gosauischen Gebirgsbildung zusammen und fand im Dehnungsbecken der Ostalpen statt. Die Kreuzgraben-Formation wird als Wildbachschutt der vorgosauischen Alpen aufgefasst. Die Hangenden Schichten werden überwiegend in marinem Milieu abgelagert.

Ausbildung:

Die Abfolge besteht aus gut gerundeten, schlechtsortierten Kalkalpinen Geröllen, welche mit tonigem Material verfestigt sind und in einer karbonatischen Grundmasse schwimmen.

Verbreitung:

Im Arbeitsgebiet tritt die Kreuzgraben-Formation am Solingerkogel und westlich der Durchgangsalm auf.

#### 4.2.6 Quartär

##### 4.2.6.1 Pleistozäne Ablagerungen

Entstehung:

Die typischen pleistozänen Ablagerungen wurden durch Überprägung der früheren Geländeoberfläche durch Gletscher randlich als Seitenmoränen, unter dem Gletscher als



Grundmoränen und an der Gletscherzunge als Endmoränen ausgebildet. Andere Formen wie Drumlins, Rundhöcker etc. finden sich nur untergeordnet im Arbeitsgebiet.

##### Ausbildung:

Die glazialen Ablagerungen weisen einen hohen Anteil an Feinmaterial auf, so dass es zur Stauwirkung kommen kann. Grundmoränen weisen einen höheren Feinanteil als Endmoränen auf, die eine charakteristische Morphologie und geringere Lagerungsdichte aufweisen.

##### Verbreitung:

Seitenmoränen treten im Arbeitsgebiet in der Nähe der Schreieralm auf. Die Wälle bei der Rossalm werden als Steinschlag- und Felssturzmaterial gedeutet (EHRET, 2002) und nicht als Endmoräne. Grundmoränen treten vor allem im Hochtal und südlich des Plassen bis zur Waldbachstrub auf.

#### **4.2.6.2 Holozäne Ablagerungen**

##### Entstehung, Ausbildung und Verbreitung:

Auf die Entstehung von Wildbachschutt wird in Kapitel 5. genauer eingegangen. Schwemmkegel sind kegel- bis fächerförmige Akkumulationen von Lockersedimenten, die häufig den Einmündungsbereich von Seitengraben und Nebengerinnen in das Haupttal kennzeichnen. Ein derartiger Schwemmkegel ist die Unterlage des Ortskerns von Hallstatt. Moorflächen sind Vernässungszonen, die auf feinkörnigen quartären Lockersedimenten oder tonreichen Festgesteinen moortypische Vegetationen bilden können. Solche Moore stellen im Arbeitsgebiet das Karmoos, das Klausmoos und die Dammwiese dar.

Die zahlreichen Massenbewegungsarten werden in gesonderten Abschnitten im Kapitel 5 behandelt.

### **4.3 Regionaltektonik**

Die Nördlichen Kalkalpen sind stark geprägt durch die Wechsel von Kompression und Extensionsphasen. Bereits im Rhät kommt es durch zunehmende Zerrungstektonik zur Bildung von Spalten in Riffkalkmassiven. Im Lias bilden sich erste Extensionsbrüche, denen im Malm synsedimentäre listrisch verlaufende Brüche folgen. Die Folge sind Olistostrome, Turbidite und Diskordanzen. Im Oberen Malm wandelt sich die Zerrungstektonik in eine Kompressionstektonik, welche Auslöser für die umfassenden Deckenbewegungen ist. Nach TOLLMANN (1985) kommt es zu nordwärts gerichteten Schollenabgleitungen. Das Arbeitsgebiet Hallstatt / Plassen wird von der Hallstätter Fazies und Dachstein Fazies dominiert (siehe Kapitel 4.1).

Im Deckenaufbau gehören beide „tektonische Faziesdecken“ (MÖBUS, 1997) zur obersten Einheit, dem Juvavikum (Mündlichen Aussagen zufolge wird die Hallstätter Decke heute dem Tirolikum zugeschrieben (EHRET, 2002)). Dabei ist die Hallstätter Decke auf der darunterliegenden permoskytischen Salinarserie nordwärts aufgeschoben worden. Durch die Gleitvorgänge kam es zu salinarfremden Einschlüssen und linsenförmig in sich isoklinale verfaltete Salinaranschuppungen, die sich im Hallstätter Salzberg beobachten lassen. Die Dachstein Fazies liegt auf der Hallstätter Fazies als kompetent starre Einheit mit nur flachen Verbiegungen. Im Arbeitsgebiet lässt sich folgende Situation beobachten.

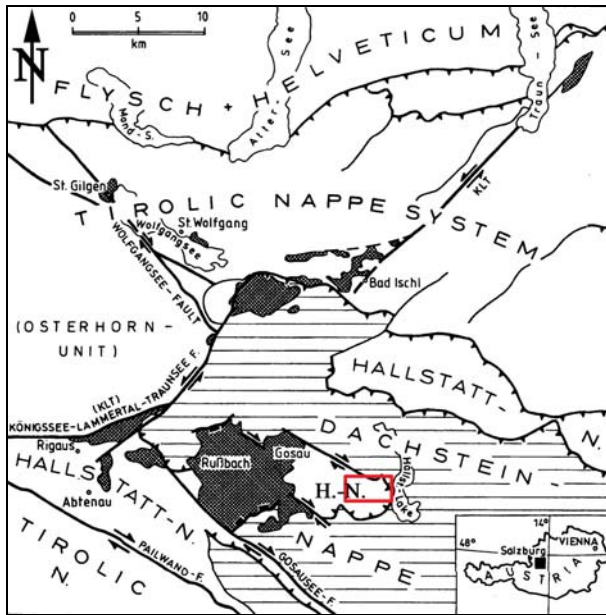


Abb. 4.3-1: Deckenübersicht in den mittleren Ostalpen (mod. nach WAGREICH & DECKER, 2001).

Die Einheiten der Hallstätter Fazies werden im Norden, Osten und Süden von der Dachstein Fazies begrenzt und überlagern diese eindeutig an mehreren Stellen. Im Westen sind die Gesteine der Gosau-Gruppe aufgeschlossen, die nicht erkennen lassen wie hier die Deckengrenzen verlaufen.

Die Plassenscholle wurde vorgosauisch in ihre heutige Position gebracht und grenzt an der Nordost und Südwestseite an NW-SE streichende dextrale Blattverschiebungen.

Dieses Störungssystem ist Teil des Gosau-Russbach Pullapart-Beckens im Westen des Arbeitsgebietes. Der Plassen erscheint daher im Vergleich

zum südlich anschließenden Dachsteinplateau eingesenkt. Die Plassenscholle lässt sich in 4 Einheiten gliedern:

Im Süden des Plassen befindet sich das Plankensteinplateau, dessen nördliche Ausläufer noch im Arbeitsgebiet liegen. Dieser Teil der Plassen-Scholle ist gekennzeichnet durch eine Großfaltenstruktur mit inversem Liegend- und Mittelschenkel (z.B. Hohe Scheibe, westlich des Plassen). Nach Norden grenzt dieser Teil an die Rossalmstörung. Der Solingerkogel ist die Fortsetzung des Plankensteinplateaus als Antiklinalstruktur ausgebildet. Die Rossalmstörung

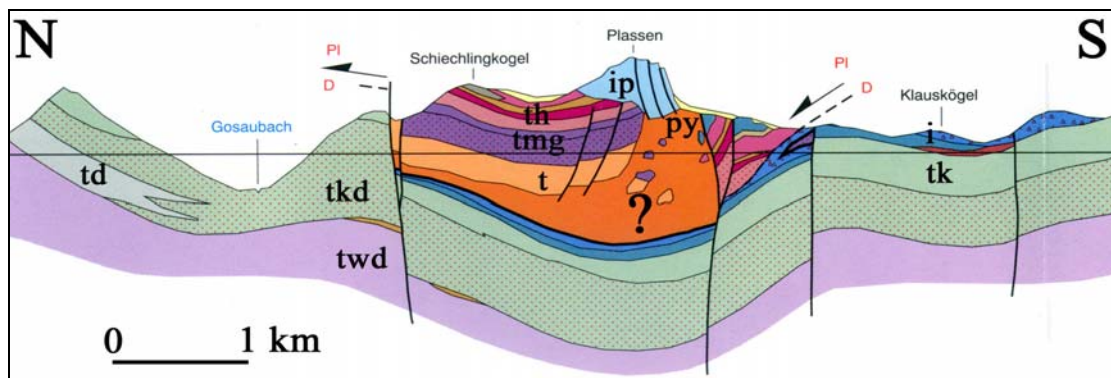
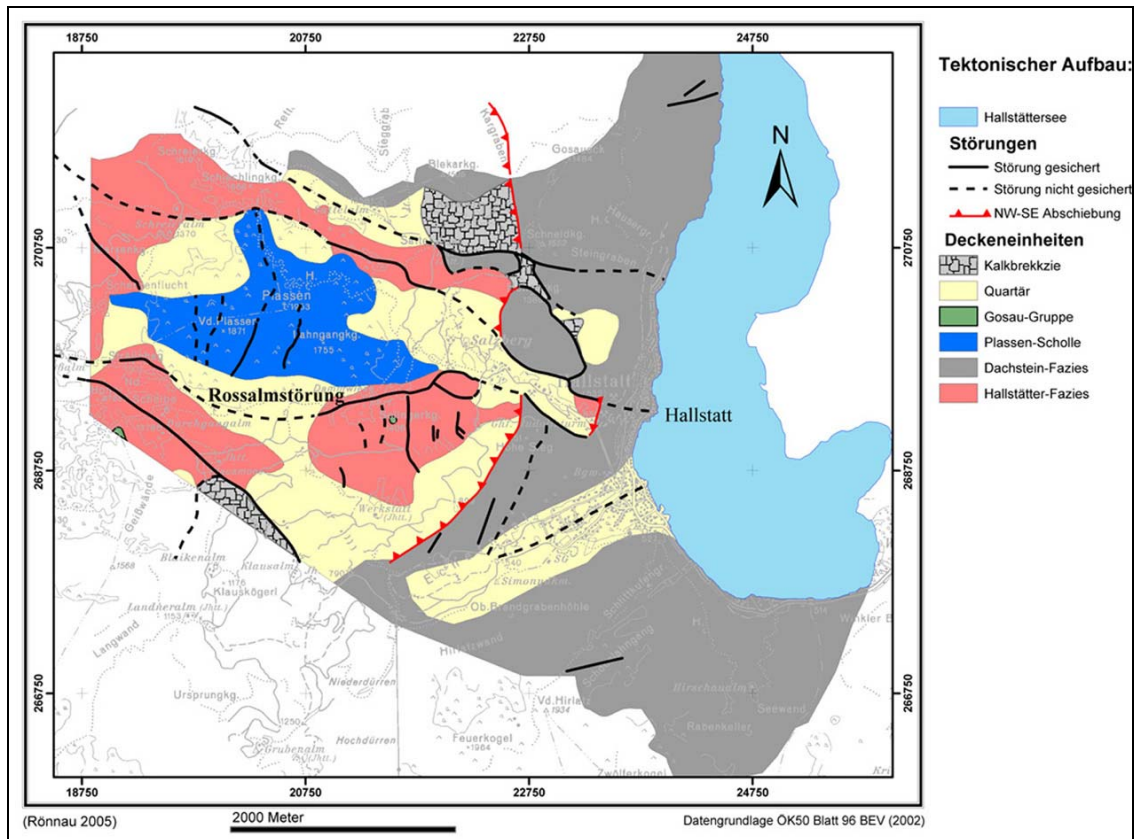


Abb. 4.3-2: N-S Profil durch den Vorderen Plassen (MANDL, 1998, modifiziert durch EHRET, 2002). py: Haselgebirge; t: Werfen-Formation; tmg: Gutenstein-Formation; th: Hallstätter Kalke; ip: Plassen-Formation; twd: Wettersteindolomit; td: Hauptdolomit; tkd: Kalk-Dolomit-Wechselagerung; tk: gebankte Kalksteine der Dachstein-Formation; i: Jura (Allgäu-, Grünanger-Formation).

verläuft wiederum nördlich und grenzt an den Hohen Plassen, der die jüngste Einheit der Plassen-Scholle darstellt. Im Norden und Nordwesten grenzen die jurassischen Gesteine der Plassen Formation an triassische Karbonate (EHRET, 2002).





**Abb. 4.3-3:** Übersicht über die Störungen im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen (mod. nach TOLLMANN, 1985).

Neben den NW-SE verlaufenden Blattverschiebungen sind der Solingerkogel und der westliche Plassen von mehreren Nord-Süd verlaufenden Störungen durchzogen. Die Echernwand weist ebenfalls Störungszonen am Himberkogel und westlich im Spraterbachtal auf. Diese Störungen haben vermutlich ihre Verlängerung durch das Salzbergtal bis zum Hühnerkogel. Zwischen Sattel und Schneidkogel verläuft eine weitere Nord-Süd Störung und endet im Gosautal. Der Lahngangkogel und der Hohe Plassen ist von mehreren Gräben und Bereichen mit Auflösungserscheinungen des Gesteinsverbandes durchzogen, die jedoch auf die Bergzerreissungsvorgänge zurückgehen und nicht tektonischer Natur sind (vgl. Kapitel 5.6).

## 5 Geotechnik im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen – thematische Systemabgrenzung und Gefahren- abschätzung Teil 1

Die geotechnischen Eigenschaften der Gesteine sind ein wichtiger Parameter, wenn es um das Prozessgeschehen von gravitativen Naturgefahren geht. Eine Unterteilung der Gesteine in Festgesteine, Gesteine mit veränderlicher Festigkeit sowie Lockergesteine vereinfacht die Untersuchung und Vorhersage von Massenbewegungen, da jeder einzelne Prozess nur mit ganz bestimmten Gesteinseigenschaften in Zusammenhang gebracht wird. In den folgenden Kapiteln wird auf die einzelnen geotechnischen Gruppen eingegangen, während in den Kapiteln 5.2 bis 5.6 die verschiedenen Naturgefahrenprozesse erörtert werden.

### 5.1 Festgesteine, veränderlich feste Gesteine und Lockergesteine

Für das Prozessgeschehen der verschiedenen gravitativen Naturgefahren (vgl. Kapitel 5.2) ist es von Vorteil, wenn man die Gesteine nach ihren unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften in Festgesteine, veränderlich feste Gesteine und Lockergesteine einteilt (vgl. Abb. 5.1-1).

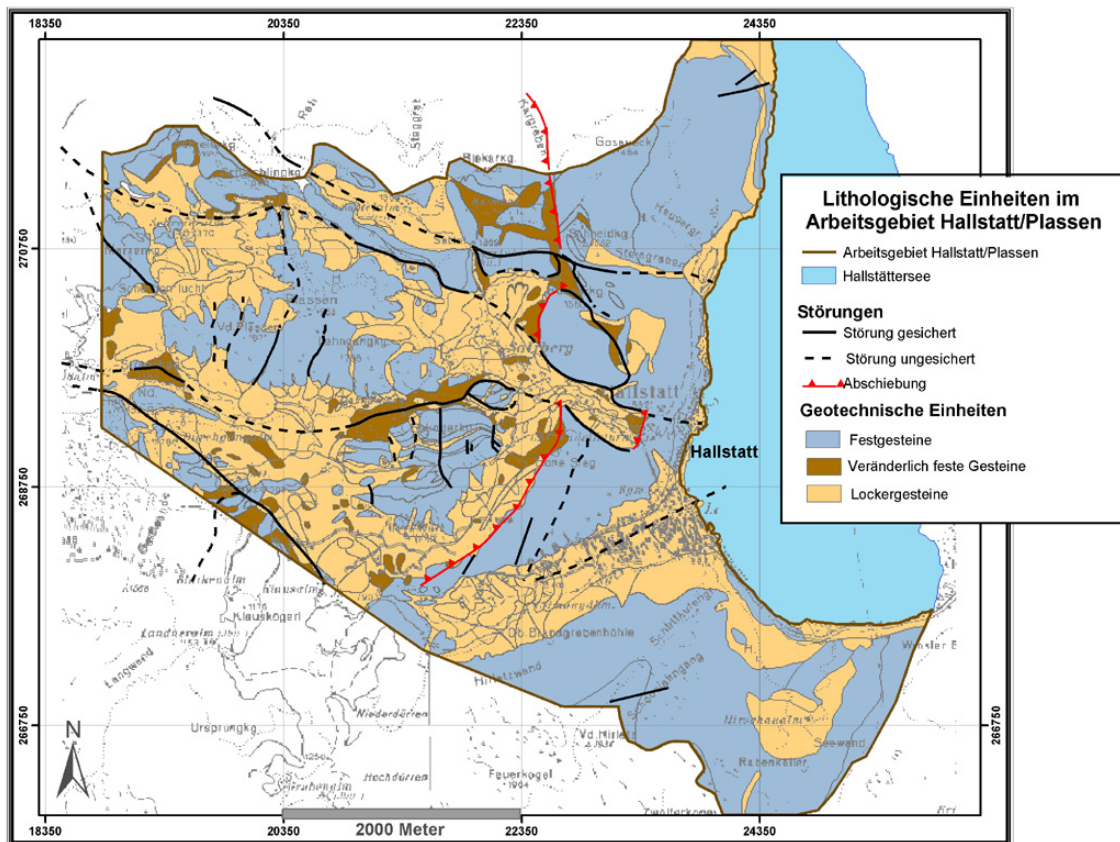


Abb. 5.1-1: Übersicht über die geotechnischen Einheiten im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen.

### 5.1.1 Festgesteine

Nach DIN 4022, Teil 1, 10.7 gehören alle Gesteine, die eine mineralische Bindung aufweisen und nach 12-stündiger Lagerung im Wasser keine Veränderungen aufweisen, zu den Festgesteinen. Im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen kann man folgende Gesteinsformationen zu den Festgesteinen zählen.

- **Karbonate, Brekzien, Dolomite und Radiolarit**

Weite Verbreitung, Aufbau der Gipfelregionen in den Nördlichen Kalkalpen, kein einheitliches mechanisches Verhalten aufgrund schwankender Tongehalte.

- *Steinalm-Formation*
- *Schreieralm-Formation*
- *Gutenstein-Formation*
- *Pötschen-Formation*
- *Hallstätter-Fazies*
- *Plassen-Formation*
- *Dachstein-Formation*
- *Brekkie der Dachstein-Formation*
- *Dolomit der Dachstein-Formation*
- *Radiolarit*

### 5.1.2 Gesteine mit veränderlicher Festigkeit

Nach DIN 4022, Teil 1, 10.7 werden alle Gesteine, die nach 12-stündiger Lagerung in Wasser Veränderungen zeigen als veränderlich festes Gestein, wechselfestes Gestein oder Halbfestgestein bezeichnet. Dabei verändert sich ihre Konsistenz und sie werden als verwitterungsanfälliger und feuchtigkeitsempfindlicher als Festgesteine eingestuft.

- **Salz-Ton-Gestein (*Haselgebirge-Formation*):**

Durch Wasserzutritt an der Oberfläche und unter Kalkschollen wird das Steinsalz gelöst. Anhydrit entsteht durch Wasseraufnahme aus Gips, welcher wiederum gelöst wird. Es bleibt ein Auslaugungshorizont aus einem Schluff-Ton-Gemisch übrig. Die bodenmechanischen Eigenschaften werden in EHRET (2002) genauer beschrieben. An dieser Stelle soll jedoch daraufhingewiesen werden, dass die großen Massenbewegungsereignisse im Plassengebiet auf die mechanischen Eigenschaften der Haselgebirge-Formation zurückgehen.

- **Kalk-Mergel-Wechselagerungen:**

Die *Zlambach- und Allgäu-Formation* bestehen aus einer Wechselfolge von tonfreien Kalksteinen und Mergeln mit hohem Tongehalt. Im trockenen unverwitterten Zustand verbessern die Mergel durch Verkittung die Standfestigkeit. Jedoch kommt es bei Wasserzutritt zur Auswaschung des karbonatischen Bindemittels und der Reibungswinkel nimmt deutlich ab.

- **Sandstein-Tonstein-Wechselfolgen:**

Die *Werfen-Formation* besteht aus einer Wechsellagerung von Sandstein und Tonstein. Die geringe Festigkeit und schwache Kornbindung macht die höher gelegenen Bereiche mit erhöhtem Tongehalt anfällig für Massenbewegungen.

- **Tonstein/Schiefertone:**

Die Vorkommen der *Nordalpinen Raibl-Formation* im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen bestehen aus geringmächtigen tonreichen Erosionsresten, die keine Massenbewegungen aufzeigen.

### 5.1.3 Lockergesteine

Als Lockergesteine werden alle Sedimente bezeichnet, die diagenetisch noch nicht verfestigt worden sind und die keine mineralische Bindung zwischen den einzelnen Körnern aufweisen. Die Lockergesteine im Arbeitsgebiet weisen sehr unterschiedliche Eigenschaften auf und wurden gesondert dargestellt.

- **Moräne:**

Die Moränenablagerungen weisen im Arbeitsgebiet eine hohe Verbreitung auf und können wie folgt eingeteilt werden

- *Grundmoränen* (sehr wechselhafte Zusammensetzung, hohe Lagerungsdichte, hohe Standfestigkeit).
- *End- und Seitenmoränen* (geringerer Feinkornanteil, weniger stark verfestigt, im Arbeitsgebiet sind keine Massenbewegungen in dieser Einheit bekannt).

- **Hang- und Verwitterungsschutt:**

Durch physikalische und chemische Verwitterung entsteht eine steinig bis blockige Bedeckung. Das Auftreten von Hangschutt ist an das Vorkommen von Festgesteinen gebunden und erschwert die Grenzkartierung zwischen Fest- und veränderlich festen Gesteinen.

- **Bergsturz-, Felssturz- und Steinschlagmaterial:**

Das nach einem Sturzereignis abgelagerte Material besteht aus kantigem Material zwischen wenigen m<sup>3</sup> und 2000m<sup>3</sup> (Rotes Kögele, Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen). Ablagerungen von Sturzereignissen sind an Steilwände gebunden, wo sie einen fächerförmigen Schuttkegel bilden, der einen Neigungswinkel von ca. 38° aufweist. Sinkt das Material in den Untergrund, welcher aus veränderlich festen Gesteinen besteht ein, so kann es zu Ausquetschungen und Aktivierung von Schuttströmen kommen.

- **Rutschungen:**

Das Auftreten von Rutschungen im Arbeitsgebiet ist an das Salzberg Hochtal, den Westen des Schichlingkamms und an das Gebiet südwestlich des Solingerkogels gebunden. Je nach Rutschungsgebiet weisen die Rutschkörper aufgrund der verschiedenen geologischen Einheiten sehr unterschiedliche Ausbildungen auf.

- **Schuttstromablagerungen:**

Die Schuttstromablagerungen befinden sich im Arbeitsgebiet im Hochtal und zwischen Hoher Scheibe und Solingerkogel. Dabei wird in aktive und inaktive Ströme unterschieden, wobei beide eine starke Durchmischung von Komponenten aufweisen.

- **Fluviatile Ablagerungen:**

Die fluviatilen Sedimente werden im Bachbett transportiert und abgelagert. Dazu werden folgende Einheiten gezählt:

- Wildbachschutt: Bei Murgangereignissen kann der Wildbachschutt aktiviert werden und zusammen mit Gerinneholz, Schnee und Wasser für Übermürungen sorgen.
- Schwemmfächer: Ablagerungen am Fusse der Mühlbachschlucht haben den Baugrund für den Ortskern Hallstatt geschaffen.
- Deltasedimente
- Sanderkegel

## 5.2 Klassifikation von gravitativen Naturgefahren

Da im Rahmen dieser Arbeit das Risiko von gravitativen Naturgefahren betrachtet wird, befassen sich die folgenden Absätze mit der Klassifikation und Qualitätsmerkmalen von gravitativen Naturgefahren. In Kapitel 5.3 wird anschließend auf die verschiedenen Prozesse eingegangen und es werden Fallbeispiele im

**Tab. 5.2-1:** Unterteilung der Naturgefahren in 3 Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen erläutert. Gruppen (BLOETZER, 1998).

<b>Gravitative Gefahren:</b>	<b>Murgänge</b> <b>Erd- und Felsbewegungen</b> <b>Lawinen</b> Gletscherabbrüche Hochwasser
Tektonische Gefahren:	Erdbeben
Klimatische Gefahren:	Sturm, Hagel Kälte- / Hitzewelle Trockenheit Nässe

Aufgrund ihrer Ursachen werden Naturgefahren in 3 Hauptkategorien unterteilt (vgl. Tab. 5.2-1).

Neben einer ursachenbezogenen Klassierung charakterisieren folgende fünf Merkmale die unterschiedliche Qualität der einzelnen Gefahrenarten.

Diese Einteilung spielt für das Verständnis verschiedenartiger Risikowahrnehmung und dem Prozessgeschehen eine entscheidende Rolle.

- **Standortgebundenheit:**

Naturgefahren können nicht überall auftreten, das heißt sie sind raumgebunden. Die meisten gravitativen Naturgefahren haben eine hohe Standortgebundenheit, da sie nur bei entsprechenden klimatischen, topographischen und geologischen Verhältnissen auftreten können.

- **Zeitgebundenheit:**

Gravitative Naturgefahren weisen eine starke jahreszeitliche Gebundenheit, wie z.B. Lawinen oder Steinschlag, auf.

- **Spontanität:**

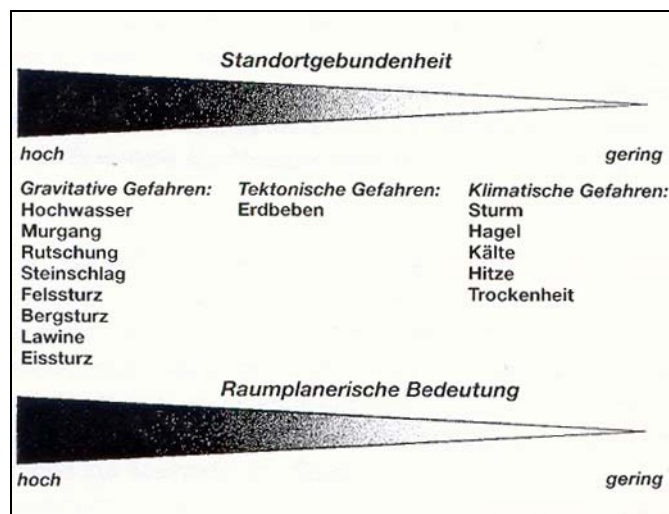
Die Naturgefahrenprozesse können spontan oder permanent ablaufen, dabei kommt es bei plötzlichen Prozessen zu einer Schädigung durch Einzelereignisse, bei permanenten Prozessen ist die Schädigung abhängig von der Zeitdauer des Einwirkens, nicht von der Eintretenswahrscheinlichkeit.

- **Abgrenzbarkeit:**

Eine ausgeprägte Abgrenzbarkeit liegt dann vor, wenn sich das Wirkungsgebiet einer Naturgefahr pro Ereignis klar abgrenzen lässt, z.B. Murgang.

- **Beeinflussbarkeit**

Die Eintretenswahrscheinlichkeit lässt sich bei gravitativen Naturgefahren durch Massnahmen an der Gefahrenquelle beeinflussen. Tektonische und klimatische Naturgefahren lassen sich nicht gezielt beeinflussen.



**Abb. 5.2-1:** Die ausgeprägte Standortgebundenheit gravitativer Gefahren begründet ihre hohe raumplanerische Bedeutung (EGLI, 1996a).

Da gravitative Naturgefahrenprozesse im Vordergrund der vorliegenden Arbeit stehen, wird in den folgenden Kapitel nicht auf tektonische und klimatische Naturgefahren eingegangen. Diese können allerdings als Auslöser von gravitativen Naturgefahren fungieren und werden deshalb immer wieder in einzelnen Absätzen thematisch angerissen, jedoch nicht genauer ausgeführt.

Für den Aspekt der Risikobetrachtung im Zusammenhang mit der Raumplanung stehen die in Tabelle 5.2-1 herausgehobenen gravitativen Naturgefahren aufgrund ihrer hohen Standortgebundenheit und Abgrenzbarkeit im Vordergrund des Forschungsziels (siehe Abb. 5.2-1). Gletscherabbrüche kommen im Arbeitsgebiet nicht vor und werden daher nicht genauer betrachtet. Hochwasserereignisse stellen zwar aufgrund des schnellen Ansteigens des Hallstätterseespiegels in Hallstatt ein Problem dar, sind aber aufgrund ihrer hydrologisch-hydrogeologisch- sowie klimatisch bedingten Komplexität nicht bearbeitet worden.

Gravitative Naturgefahren lassen sich auf mehrere Arten kategorisieren, klassifizieren und definieren. Dabei standen für 2 Arten der Klassifikation zur Diskussion. Auf der einen Seite, lassen sich gravitative Naturgefahren nach einer standardisierten Methode, aufgrund ihrer

Mechanismen einteilen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Prozesse aufgrund risikorelevanter Parameter zu charakterisieren.

### 5.2.1 Standardklassifikation von gravitativen Naturgefahrenprozessen:

Tab.5.2-2: Einteilung von gravitativen Naturgefahren modifiziert nach MOSER & ÜBLAGGER (1984).

Prozessgeschehen	Festgestein	Lockergestein
Sturz-, Kipp- und Fallprozesse	Bergsturz (> 1 Mio. m <sup>3</sup> ) <b>Felssturz</b> <b>Steinschlag</b>	<b>Steinschlag</b>
Gleit- und Rutschprozesse	<b>Felsgeleitung</b> mit vorgezeichneter Gleitfläche (translationsförmig)	<b>Translationsrutschung</b>
	<b>Felsgleitung</b> ohne vorgezeichnete Gleitfläche (rotationsförmig)	<b>Rotationsrutschung</b> <b>Lawine</b>
Fließprozesse	-	<b>Murgang (&gt;5 m/s)</b>
		<b>Schuttstrom (&lt;5 m/s)</b>
Kriechprozesse, Lateral Spreading	<b>Talzus Schub</b> , Sackung <b>Bergzerreissung</b>	Lockergesteinskriechen

Die folgenden Kapitel 5.3 bis 5.6 behandeln alle Prozesse, welche in Tabelle 5.2-2 herausgehoben wurden. Zum besseren Verständnis wurden Lawinen als Fließ- bzw. Rutschprozess zur Klassifikation hinzugenommen. Da jedoch Waldlawinen, die im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen vorherrschend auftreten eher zu den Rutschprozessen gehören werden diese in Kapitel 5.4 erläutert.

### 5.2.2 Klassifikation durch risikorelevante Parameter:

Die Einteilung von Massenbewegung i. w. S. kann durch risikorelevante Parameter erfolgen, die in den Kapiteln 5.3 bis 5.6 erfolgen. Dabei wird auf Prozesstyp, Wahrscheinlichkeitsgrenzen, Gefährdungstufen und Intensitäten eingegangen. Ebenso werden Themen, wie Auslösemechanismus, Definition, Vorkommen im Arbeitsgebiet behandelt sowie Fallbeispiele und Folgen aufgezeigt.

## 5.3 Sturz-, Kipp- und Fallprozesse

### 5.3.1 Steinschlag und Felssturz

Für die Gefahrenbeurteilung werden Sturzprozesse per Definition nach Korngröße, Volumen und Prozessdynamik in Stein- und Blockschlag, Felssturz und Bergsturz unterteilt, wobei der Bergsturz im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen nicht vorkommt und aus diesem Grund nicht näher behandelt wird.

#### 5.3.1.1 Definition von Felssturz und Steinschlag

- **Felssturz:** „Ablösen eines in sich mehr oder weniger fragmentiertes Gesteinspaket *<en bloc>* aus dem Gebirgsverband, das während des Sturzes bzw. beim Aufprall in Blöcke und Steine weiter fraktioniert wird, wobei die Interaktionen zwischen den Komponenten keinen massgebenden Einfluss auf die Dynamik des Prozesses haben“ (HEINIMANN et al., 1998). Das verlagerte Volumen umfasst ca. 100 bis 100.000m<sup>3</sup> pro Ereignis und kann in Ausnahmefällen auch größer sein (BUWAL et al., 1998). Die Transportgeschwindigkeit liegt in einem Bereich von 10 bis 40 m/s.
- **Steinschlag:** „Fallen und Springen von isolierten Steinen ( $\varnothing < 50$  cm) und Blöcken ( $\varnothing > 50$  cm)“ (KIENHOLZ et al., 1998). Die Geschwindigkeiten liegen in einem Bereich von 5 bis 30 m/s.

#### 5.3.1.2 Auslösung von Sturzprozessen

Sturzprozesse werden den Massenselbstbewegungen zugeordnet, deren Ursachen in geologischen, tektonischen und bodenkundlichen Gegebenheiten und in den hydrologischen Verhältnissen liegen. Als weitere Faktoren werden physikalische chemische und mechanische Eigenschaften der Gesteine sowie der Einfluss von Klima, Vegetation und Schwerkraft genannt. Auslösefaktoren können dabei sein:

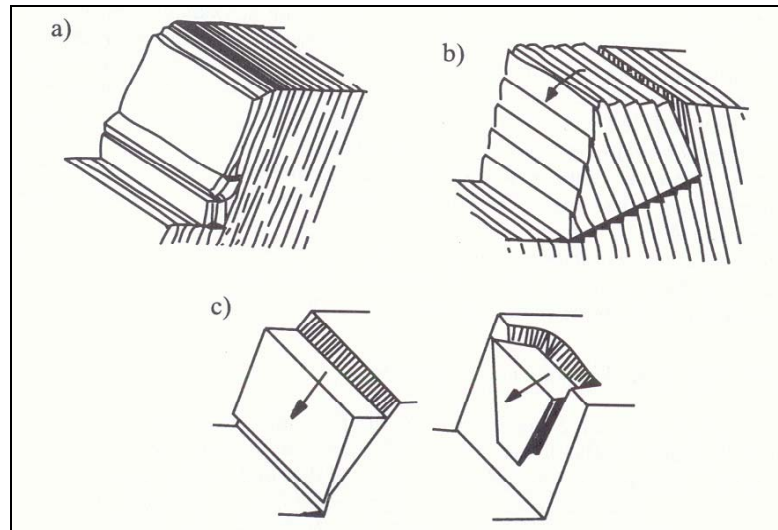
- Zunehmende Separation durch Verwitterung, Frostverwitterung
- Vergrößerung des natürlichen Böschungswinkels
- Verlust des Widerlagers im Böschungsfuss, bzw. Hangunterschneidung
- Poren- und Kluftwasser
- Erdbeben

Eine Kombination mehrerer auslösender Faktoren bewirken in Verbindung mit dem Faktor „Zeit“ die ersten Bewegungsphasen.

#### 5.3.1.3 Ablauf und Mechanik von Sturzprozessen

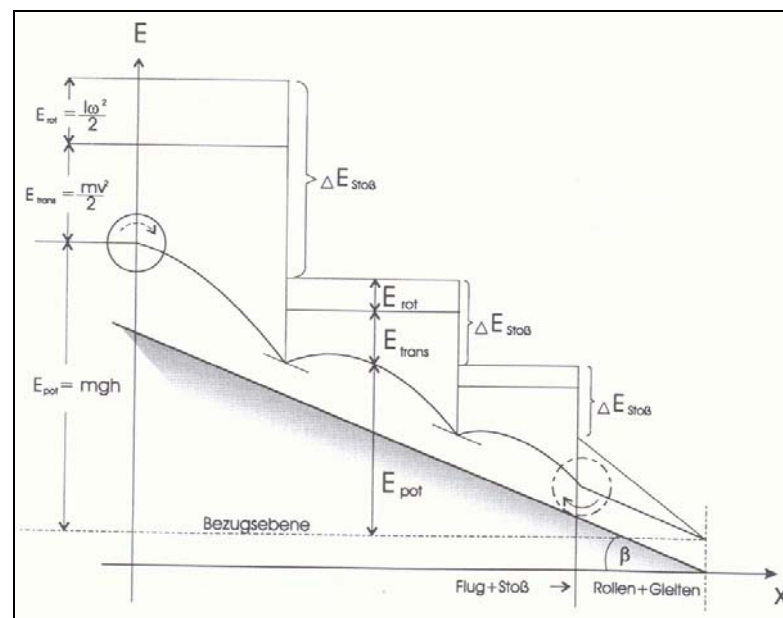
Felssturz, Block- und Steinschlag weisen die selben Bewegungsmechanismen auf. Dabei verläuft der Bewegungsablauf in der ersten Phase mit das Ablösen vom Gesteinsverband durch Kippen, Beulen oder Gleiten (Abb. 5.3-1). Entlang ungünstig orientierter Trennflächen erfolgen schließlich die Phasen des Fallens, Springens, Rollens und Gleitens (MeißL, 1998).





**Abb. 5.3-1:** Bewegungsarten in der Initialphase a) Beulen, b) Kippen, c) Gleiten auf einer bzw. zwei Trennflächen (modifiziert nach POISEL, 1998).

- **Freier Fall:** Nach Loslösen aus dem Gesteinsverband bewegt sich die Massen im freien Fall, zwischen den einzelnen Komponenten besteht kein Zusammenhang mehr.
- **Springen:** Das Springen setzt sich aus einer Flugphase entlang parabelförmiger Bahnen und der, Kollision mit dem Hang zusammen. Nach dem Aufprall erfolgen weitere Sprünge und es kann eine Änderung der Bewegungsart hin zum Gleiten oder



**Abb. 5.3-2:** Energieverlauf bei der Sprungbewegung nach GERBER (1995).

Rollen erfolgen. Das Springen erfolgt bei einer beobachteten Hangneigung von  $45^\circ$  bis  $63^\circ$  (JOHN & SPANG, 1979). Die Sprungbewegung endet mit dem Aufprall, wobei die kinetische Energie durch plastische Deformation des Blocks und des Untergrunds

sowie eine eventuelle Zerlegung des Blocks in kleinere Komponenten, umgewandelt wird.

- **Rollen:** Das Rollen beschreibt die Abwärtsbewegung eines Blocks durch Rotation um seine eigene Achse ohne Verlust des Bodenkontakts. Rollen ist die dominierende Bewegungsart bei Steinschlag und Felssturz auf langen Sturzbahnen mit mässig geneigten Hängen (FUCHS et al. 2001). Die Rollphase setzt sich aus Rollen, Gleiten und sehr kurzen Sprüngen zusammen, wodurch die Modellierung der komplizierten dynamischen Bewegungsabläufe erschwert wird.
- **Gleiten:** Das Gleiten tritt vor allem beim Starten und Stoppen der Blöcke auf und geht innerhalb kurzer Zeit in eine Rollphase über.

#### **5.3.1.4 Energiehaushalt**

Die Sturzmasse ist bei Bewegungsbeginn mit potentieller Energie ausgestattet, die in kinetische Energie, Reibungsenergie und Energie für innere Brüche umgewandelt wird. Kommt der Stein zur Ruhe ist die kinetische Energie gleich Null.

Intensitätsparameter ist bei allen Aufprallphänomenen die kinetische Energie, die in den Intensitätsklassen folgende Grenzwerte besitzen (BLOETZER, 1998):

- Starke Intensität:  $E_K > 300 \text{ kJ}$
- Mittlere Intensität:  $30 \text{ kJ} < E_K < 300 \text{ kJ}$
- Schwache Intensität:  $E_K < 30 \text{ kJ}$

#### **5.3.1.5 Folgeereignisse**

Besonders durch größere Fels- oder Bergstürze kann es – je nach Beschaffenheit des Ablagerungsgebiets – zur Auslösung anderer Massenbewegungen wie Rutschungen, Schuttströme oder Steinlawinen übergehen. Ebenso können durch Sturzmassen fließende Gewässer aufgestaut werden.

#### **5.3.1.6 Sturzprozesse im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen**

Im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen kommen zahlreiche Felssturz- und Steinschlagereignisse vor. Die Chronik von Hallstatt beweist, dass Sturzprozesse seit jeher im Arbeitsgebiet stattgefunden haben und dokumentiert wurden (Anhang 2). Anhand der weitverbreiteten Felssturzmaterialvorkommen im Bereich des Plassen wird deutlich wie stark die Kalkscholle durch Bergerreissungsvorgänge und Lateral Spreading (Kapitel 5.6.1) in mehrere Blöcke zerbricht. Randlich äußert sich dieser Vorgang durch das Auflösen des Gesteinsverbandes, Steinschlagereignisse und Felsstürze. Jedoch sind nicht nur die Flanken des Plassen sondern auch die Echernwand, Hirlatzwand und der Bereich zwischen Mühlbachschlucht und Gosaeck anfällig für Sturzprozesse. Die bedeutendsten Ereignisse und potentiellen Sturzprozesse sollen in den folgenden Absätzen kurz erläutert werden.



**Foto 5.3-1:** Felsturm am Lahngangkogel (2002).

### **Felssturmbildung zwischen Dammwiese und Lahngangkogel**

Der Lahngangkogel südöstlich des Plassen ist an seiner Südostseite umgeben von jüngerem und älterem Felssturzmaterial. Ein etwa 200m langer und breiter Teilbereich der Lahngangkogel-Scholle sackt durch Bergzerreissungsprozesse als sackender Talzusub nach Südosten ab (vgl. Kapitel 5.6). Die Extensionsbewegung wird durch Zerrgräben angezeigt, dabei kommt es an den Randbereichen der Scholle zur Bildung von bis zu 25 m hohen turmartigen Großkluftkörpern der kompetenten Kalksteins der Plassen-Formation. Nach Ablösung der Türme vom rückwärtigen Gesteinsverband driften die Felstürme auf ihrer plastischen Unterlage aus ausgelaugter Haselgebirge-Formation gravitativ ab und weisen oft eine Kippbewegung auf (EHRET, 2002).

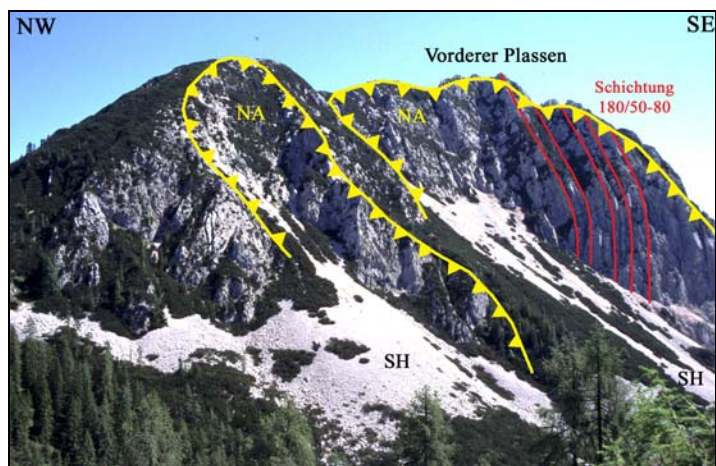
Die Universität Erlangen führt seit 1994 Divergenzmessungen durch, die laut LOTTER (2001) 11mm betragen - Nachmessungen von

EHRET (2002) bestätigen diesen Wert. Unterhalb der Felstürme kommt es zum Ausquetschen des duktilen Untergrundes durch das Einsinken grösserer Blöcke. Ebenso wurde ein inaktiver Schuttstrom kartiert, der durch einen vorangegangenen Felssturz ausgelöst wurde.

### **Vorderer Plassen**

Deutlich erkennbar sind am vorderen Plassen große Schuttfächer, die sich als Band ca. 1km lang von der Strähnhag bis zu einem Bereich zwischen Niederer und Hoher Scheibe führen. Die größten Blöcke erreichen Volumina bis maximal 200 m<sup>3</sup> und befinden sich im zentralen Bereich.

EHRET (2002) errechnete bei einer bedeckten Fläche von etwa 0,3 km<sup>2</sup> und einer durchschnittlichen Bedeckung



**Abb. 5.3-3:** Südwestseite des Vorderen Plassen mit zwei großen Nischenanbrüchen (EHRET, 2002).

von 3 m ein Gesamtvolumen von etwa 1 Mio. m<sup>3</sup>. Das Alter lässt sich auf jünger als 12.000 a schätzen, so dass sich die Felsgleitung als Folge glazialer Übersteilung nach Abschmelzen der Gletschermassen ereignete.

### Steinbergkogel – Rotes Kögele

Die tektonisch isolierte Steinbergkogel - Scholle aus massigen Hallstätter Kalken wird umgeben von Haselgebirge – und Zlambach-Formation. Umfassende Erläuterungen zum Gebiet Rotes Kögele liefern die Arbeiten von LOTTER (2001) und MERKL (1989). Die Autoren gliedern die stark tektonisch beanspruchte Scholle in 4 Sektionen (vgl. Abb. 5.3-4), die sich wie folgt charakterisieren lassen:

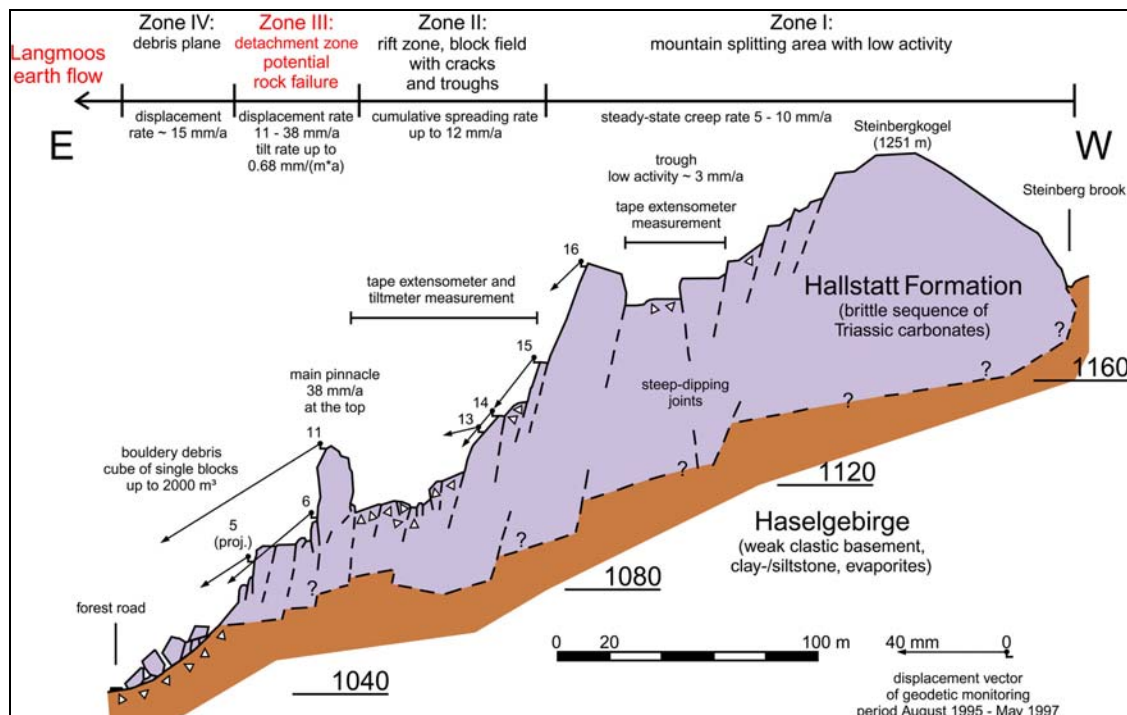


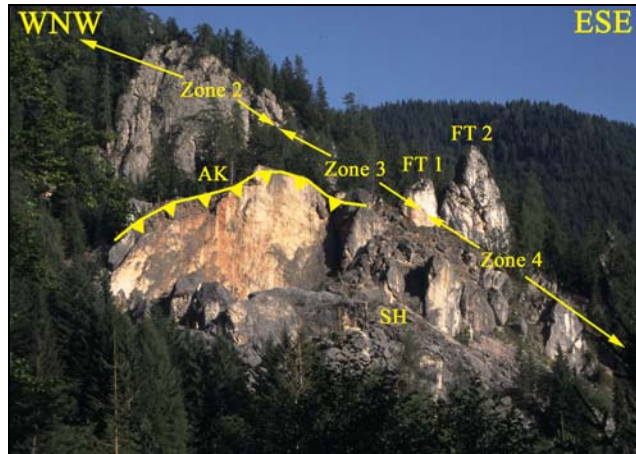
Abb. 5.3-4: Steinbergkogel gegliedert in 4 Zonen als geotechnischer Profilschnitt mit Angaben der Messeinrichtungen und ausgewählten kinematischen Charakteristika (LOTTER, 2001).

- **Zone I:** Dieser Bereich ist geprägt durch eine 200 m lange und bis zu 25 m hohe Abrissfläche, die die Scholle in ihrer gesamten Breite durchzieht.
- **Zone II:** In dieser Zone finden erste aktive Bewegungen statt, welche sich durch gravitative Instabilität und Auflösung des Gebirgsverbandes bemerkbar machen.
- **Zone III:** Die 125 m lange und 40 m hohe Hauptabbrisskante wird durch massigen Hellkalk aufgebaut. Im südwestlichsten Teil dieser Wand ereignen sich durch Kippung immer wieder Felssturzereignisse. Im Jahr 1985 wurde eine Felssturz mit einer Kubatur von 30.000 m<sup>3</sup> registriert, dem bereits im Jahr 1981 ein kleinerer Felssturz mit 800 m<sup>3</sup> vorangegangen war. EHRET (2002) beobachtete am nördlichsten, etwa 40 m hohen Felsturm (siehe Abb. 5.3-5: FT 2 mit etwa 5.000 m<sup>3</sup>) Anzeichen für eine Kippbewegung



nach Nordnordosten.

- **Zone IV:** Unterhalb der Abrisszone folgt das ca. 1 ha große Felssturzmaterialfeld, welches Felsblöcke mit Volumina bis 2.000 m<sup>3</sup> aufweist. Unterhalb des Forstweges, der 1985 nach dem Felssturzereignis erneuert werden musste, schlissen sich Ablagerungen von älteren und jüngeren Schuttströmen an, die durch die Sturzprozesse ausgelöst wurden.

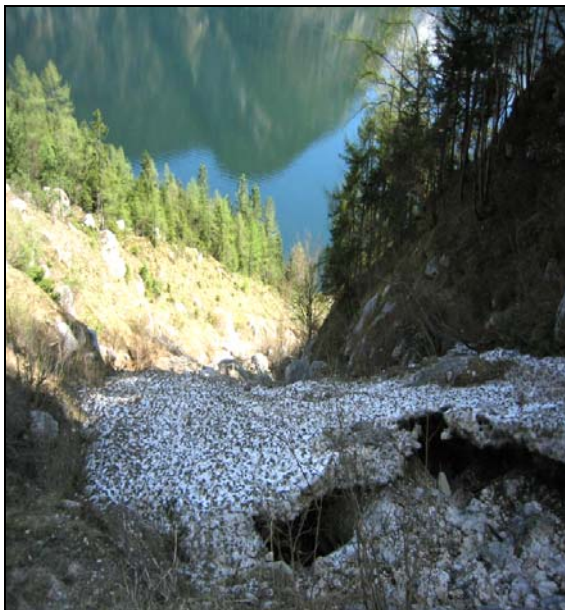


**Abb. 5.3-5:** Felssturzwände des Roten Kögeles mit Unterteilung und die verschiedenen Zonen und dem gefährdeten Felsturm FT 2 (EHRET, 2002).

### **Schneidkogel und Steingrabenschneid**

Der Schneidkogel (1552 mSh) liegt im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen nördlich des

Hühnerkogels (1386 mSh) und bildet mit dem Gosauock (1484 mSh) einen Höhenzug, der bis zum Gosauzwang ausläuft. Der Steingraben liegt an der Ostseite des Schneidkogel und weist eine Höhendifferenz von etwa 1000m auf. Der am Seeufer des Hallstättersee beginnende tief eingeschnittene Graben verbreitert sich ab etwa 1200 mSh und endet am Gipfel des Schneidkogels. Der gesamte Graben ist geprägt durch Kalkstein Felsbänke der Dachstein-Fazies. Laut SCHÄFFER (1982) verläuft entlang der Hauptabrisszone im Gipfelbereich die Grenze jurassischer sedimentärer Gleitmassen, welche für Schwächezonen im Gestein verantwortlich sein kann und dadurch das Auflösen des Gesteinsverbandes begünstigt. Die heutige Ausbildung verdankt der „Steingrabenschneid“ einem Felssturzereignis vom Jahr 1652, der in der Hallstatt Chronik



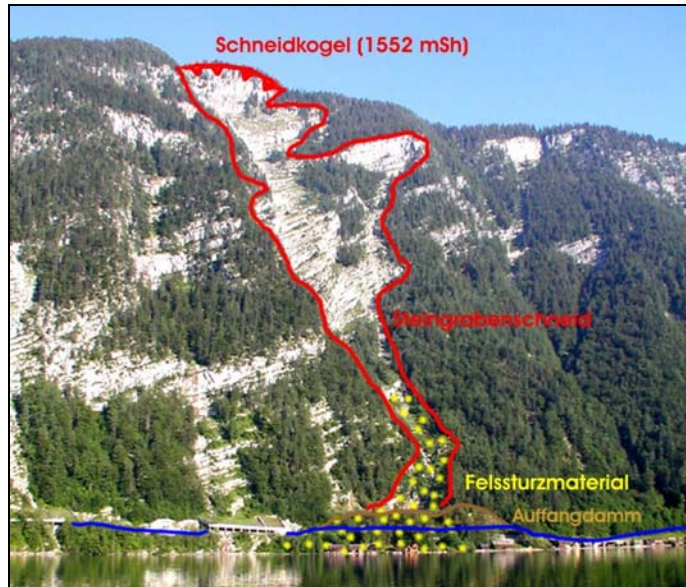
**Foto 5.3-2:** Blick vom Schneidkogel in den Steingrabenschneid mit einem Schneerest im Frühjahr 2005 (aufgenommen von WLV Bad Ischl, 2005).

wie folgt beschrieben wird:

„Riesiger Felssturz vom Schneidkogel, es entsteht der Steingrabenschneid. Riesige Gesteinsmassen zerstören die Soleleitung und den darunter liegenden Saumpfad (heutige Landesstraße). Sehr starke

Staubentwicklung, so dass auf dem See eine 3 Zoll dicke Staubschicht liegt. Die Hallholzhaine am östlichen Seeufer wurde durch den gewaltigen Luftdruck umgeworfen und vom heftigen Wellengang weggeschwemmt.“

Welche Volumina Gesteinsmaterial damals in den See transportiert wurde lässt sich nur schwer abschätzen, da keine Beschreibungen oder Zeichnungen des Schneidkogels vor dem Felssturzereignis existieren. Die Hauptmasse des Felssturzmaterials liegt im Hallstättersee. Heute ist der Auslauf im unteren Teil des Steingrabenschneids mit einem Auffangdamm gesichert, da sich in der breiten Rinne nicht nur Felssturzmaterial angesammelt hat, sondern auch einen Kataster-Lawinenzug (WLV Kataster: Steingrabenschneid Nr. 919) darstellt. Der Damm schützt die Landesstraße L547 und das Seeufer vor

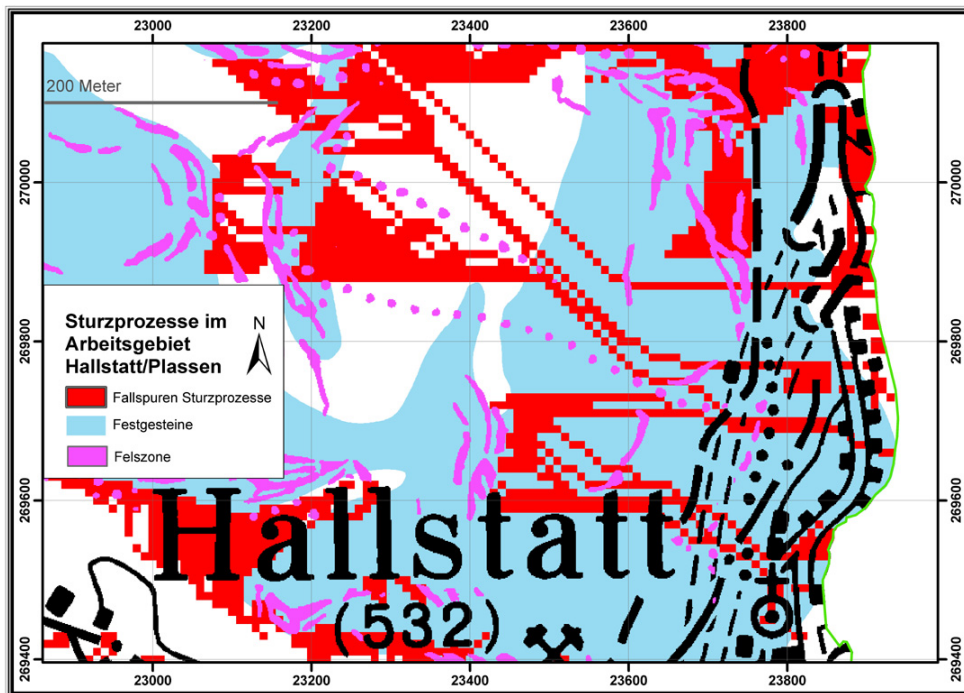


**Abb. 5.3-6:** Blick auf den Steingrabenschneid vom Hallstättersee aus mit Hauptabrissskante und eingezeichnetem Felssturzmaterial sowie dem Auffangdamm und der Landesstraße L 547 in blau (2003).

neuen Felssturz- und Lawinenereignissen. Im Anrissgebiet am Gipfel des Schneidkogel wurden jedoch Anzeichen zur Ausbildung einer neuen Anrisszone beobachtet. Die Felszone zeigt Spaltenbildung, welche zum Nachbrechen der Gipfelzone führen kann.

### ***Fahnlwand - Siegpalven***

Am 10.04.1965 ereignete sich ein Felssturz von der sogenannten Fahnlwand, welche eine Felszone zwischen dem Hühnerkogel und dem Salzberghochtal bildet. In etwa 1200mSh (auch „Siegpalven“ genannt) kam es immer wieder zu kleineren Felssturzereignissen, deren Felssturzmaterial ein Blockfeld unterhalb der Felszonen bildet.



**Abb. 5.3-5:** Fallspurenanalyse der Sturzprozesse von der Fahlwand oberhalb des Hallstätter Orteil „Im Tremischen“. Deutlich zu erkennen sind die langen Fallspuren, die im Bereich der Häuser enden.

Der Felssturz von 1965 hatte eine geschätzte Volumina von 900 m<sup>3</sup> und ereignete sich um 15 h nachmittags. Dabei zerbrach die Felssturzmaterial in mehrere Blöcke und beschädigte im Hallstätter Ortsteil „Im Tremischen“ die Wohnhäuser Nr. 79 (Tanklhaus) und Nr. 80 (Windhoferhaus, teilzerstört). Das Staindlhaus mit der Nr. 81 wurde komplett zerstört (siehe

Abb. 5.3-7). Bereits in den Jahren 1803 und 1861 ereigneten sich ähnliche Ereignisse.

Dabei wurde im Jahr 1803 am 7. März Wohnhaus Nr. 75 (Pernthamerlhaus) zerstört.

Das Felssturzmaterial stürzte in den See. Bei dem Ereignis im Jahr 1861 wurde abermals das Windhoferhaus (auch Ederhaus genannt) beschädigt. Ein weiteres Haus (Kohlerhaus) erfuhr



**Abb. 5.3-7:** Im Ortsteil „Im Tremischen“ wurde durch das Felssturzereignis vom 10. April 1965 ein Haus zerstört. Zum Zeitpunkt der Zerstörung, saßen Überlebende im einzigen nicht zerstörten Raum, der Küche des Hauses (URSTÖGER, 2000).

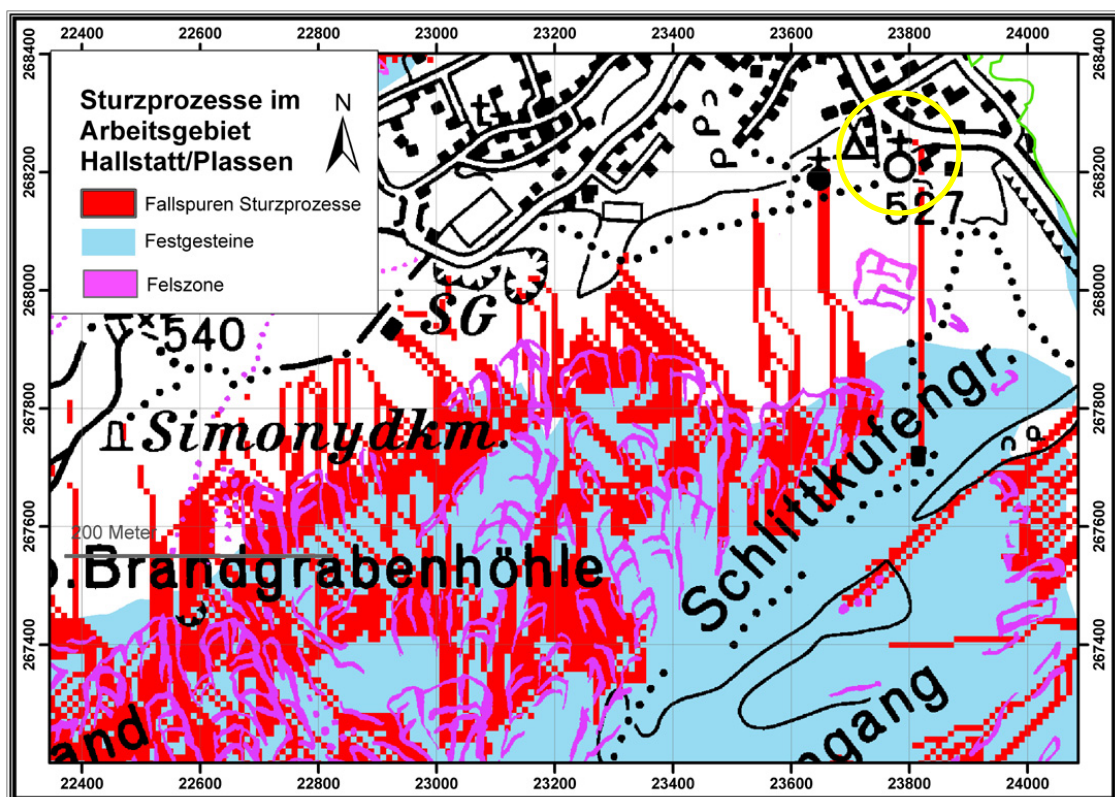


berg-seitige Schäden an Dach und Mauerwerk.

Zum Schutz gegen neue Felssturzereignisse wurden am Hang oberhalb der Häuser Fangzäune (1,64 m lang) aufgestellt. Fraglich ist, ob eine Felssturzmasse mit einem Volumen von fast 1000 m<sup>3</sup>, welche zusätzlich einen Transportweg von mehr als 500 Höhenmeter hinter sich hat, von einem Fangzaun abgehalten werden kann.

### Hirlatzwand

Die Hirlatzwand ist aufgebaut aus grob gebanktem Dachsteinkalk, der senkrechte Felswände aufbaut. Dabei kann es immer wieder zum Nachbrechen von Teilstücken aus der Bankung kommen (Sargdeckelbildung). 2 Felssturzereignisse ereigneten sich hier in den letzten 6 Jahren.



**Abb. 5.3-6:** Fallspurenanalyse der Sturzprozesse im Bereich der Hirlatzwand. Die östlichste Fallspur hält direkt auf die Kalvarienkirche (Kreis) zu, welche im Jahr 1946 durch Felssturzmassen beschädigt wurde (URSTÖGER, 2000).

Anfang März im Jahr 1999 ereignete sich im Bereich der Mitterwand ein Felssturz mit einer geschätzten Volumina von etwa 500m<sup>3</sup>. Das abbrechende Felspaket zerstörte zwischen der Wiesberghaus-Gepäckseilbahn-Talstation und dem Mitterwandtunnel einen großen Teil der 1949 angelegten Forststraße über die "Waldbachleiten" (vgl. Abb. 5.3-8). Das Felssturzmaterial verlegte den Wanderweg zum Gletschergarten.





**Abb. 5.3-8:** Felssturzereignis im Jahr 1999 am Mitterwandtunnel im Südwesten des Arbeitsgebietes Hallstatt/Plassen (URSTÖGER, 2000).



**Foto 5.3-3:** Der Felssturz im März 2002 in der Hirlatzwand in etwa 850 mSh verursachte Waldschäden am Wandfuß (2002).

Im Jahr 2002 ereignete sich direkt in der Hirlatzwand ein weiterer Felssturz am 2. und 3. März, jeweils abends, 200 m südwestlich des Eingangs zur Hirlatzhöhle. Das geschätzte Volumen von ca. 1000 - 2000 m<sup>3</sup> verursachte Waldschäden am Wandfuß. Es wurden in Folge mehrere kleinere Nachbrüche registriert. Verbauungen wurden nicht angebracht.

Weitere Felssturzereignisse am Waldbacheck der Hirlatzwand, sowie auf Höhe der Kalvarienkirche wurden in den Jahren 1801, 1802, 1824 und 1946 dokumentiert, dabei wurden beinahe das alte Amtshaus in Hallstatt-Lahn beschädigt. Die Kalvarienkirche wurde bei dem Ereignis im Jahr 1946 teilzerstört. Dabei ist davon auszugehen, dass sich das Felssturzmaterial in dem Lawinenzug der Kalvarienberglawine (WLV Kataster Nr. 923) gelöst hat.

### ***Echernwand***

Die der Hirlatzwand im Norden gegenüberstehende Echernwand weist einen ähnlichen Felssturzacharakter auf. Auch hier ereigneten sich mehrere Felsstürze, die durch „stumme Zeugen“ im Echerntal, wie zum Beispiel dem Kreuzstein angezeigt werden. Neben kleineren Felssturzereignissen wurden weitere Ereignisse in den Jahren 1907, 1999, 2001 und 2002 dokumentiert. Dabei lösen sich immer wieder Teilstücke aus der Echernwand und gefährden die Wohnhäuser im Echerntal. Vor allem die Gebäude direkt an der Echernwand wie zum

Beispiel das Binderwirthaus wurden bereits mehrmals in der Chronik Hallstatts beschädigt. Nach Osten kommt es immer wieder zu Steinschlagereignissen, die die Standseilbahn von Hallstatt etwa auf Höhe der 2. Stütze bedrohen. Inzwischen wurden hier auch gegen kleinere Schneelawinen Schneebrücken aufgestellt, die auch gegen den Steinschlag Abhilfe leisten sollen (vgl. Abb. 5.3-7). Ein weiteres Problem stellt an der Echernwand der Steinschlag von den Dachsteinkalkwänden dar. Gegen die zahlreichen Ereignisse wurden in den letzten Jahren moderne Steinschlagnetze am Fusse der Wand aufgestellt (vgl. Foto 5.3-4).

### **Hohe Sieg**

Die Felswände der Hohen Sieg (1151 mSh) bereitet im Salzberghochtal Probleme durch Steinschlag und Felssturzmaterial.

Die Nordwände der Hohen Sieg zeigen ebenfalls Ablösungserscheinungen. Hier zeugt ein am Fuss der Dachsteinkalkwände ausgebreitetes Felssturzmaterialfeld von früheren Ereignissen. Im August 2004 wurde mündlich von einem neuen Ereignis von Dr. Anton Kern (Archäologe, Naturhistorisches Museum Wien) berichtet. Dabei lösten sich mehrere Gesteinsblöcke blieben



**Foto 5.3-4:** Modernes Stahlschlingen Steinschlagnetz am Fuss der Echernwand (2004).



**Abb. 5.3-7:** Fallspurenanalyse im Bereich der Standseilbahn von Hallstatt. Gut zu erkennen sind die roten Fallspuren, die die Standseilbahn-Strecke kreuzen.

jedoch oberhalb des Archäologenhauses im Wald liegen. Bei einer Begehung wurden mehrere Felssturmartige Ablösungen an den Wänden festgestellt, die auf der Haselgebirge Unterlage kippen könnten. Im Ablagerungsbereich dieser Felsmassen liegt das Gräberfeld Hallstatts, der Salzberg-Wanderweg und das Archäologenhaus. Dieser HOT SPOT wird in Kapitel 8 näher erläutert.

## 5.4 Gleit- und Rutschprozesse

In den folgenden Kapiteln wird auf die Definition, Auslösung, Intensität und Verbreitung von Rutsch- und Gleitprozesse eingegangen. Es wird dabei primär unterschieden zwischen den Materialien Gestein und Schnee, da sowohl Rutschungen, Felsgleitungen aber auch ein Teil der Lawinenarten zu den Gleit- und Rutschprozessen gehören. Wie bereits in Kapitel 5.2 erläutert wurde, macht es aufgrund der besonderen Lawinengenese im Arbeitsgebiet Sinn, diese zu den Gleitprozessen hinzuzufügen und gesondert zu erklären (Kapitel 5.4.2).

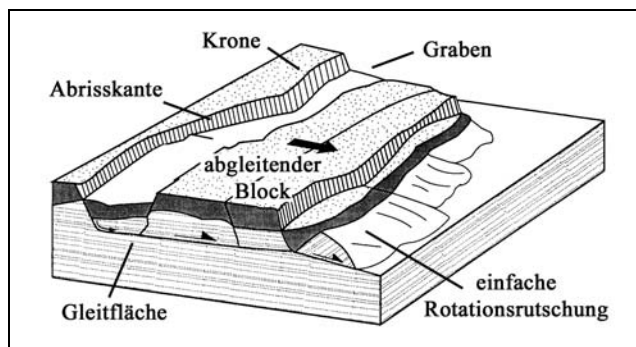
### 5.4.1 Felsgleitung und Rutschung

Gleitprozesse erfolgen entlang einer oder mehrerer diskreter Scherflächen und führen zu „Rutschungen“ im Lockergestein und „Felsgleitungen“ im Festgestein (vgl. Kapitel 5.3).

#### 5.4.1.1 Definition und Aufbau im Blockbild

Im Festgestein und in Lockergesteinen mit unterschiedlich konsolidierten Bereichen treten überwiegend Translationsrutschungen auf, die im Festgestein „Felsgleitung“ (vgl. Abb. 5.4-1) genannt werden.

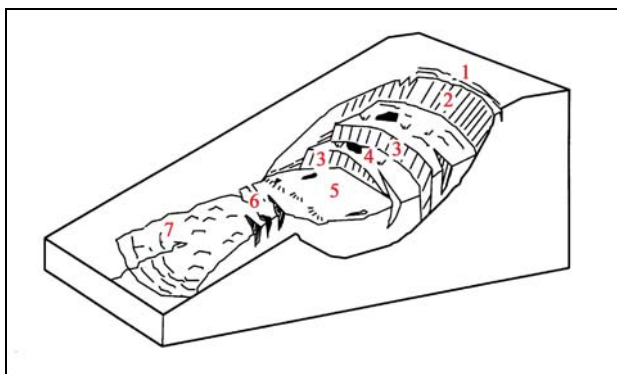
Diese bewegen sich entlang vorgezeichneter Trennflächen auf einer ebenen Bahn.



**Abb. 5.4-1:** Schematisches Blockbild einer Felsgleitung (mod. von EHRET (2002) nach DIKAU et al. 1996).

Rotationsrutschungen (vgl. Abb. 5.4-2)

treten im Lockergestein auf und bewegen sich entlang listrischer Scherbahnen. Der Rutschkörper erfährt dabei eine Drehung um eine horizontale hangparallele Achse. Ebenso möglich ist die Kombination aus beiden Bewegungsarten. Bei der Aktivität der Rutschungen



**Abb. 5.4-2:** Blockbild einer schematisierten Rotationsrutschung: 1: Krone, 2: Hauptgleitfläche, 3: untergeordnete Abrissflächen, 4: Teilschollen, 5: Rutschungskörper, 6: Querspalt und Zugrisse, 7: Rutschungsfuss mit Stauchwellen (mod. Von EHRET (2002) nach DIKAU et al. 1996).

kann unterschieden werden in permanente und in substabile Bewegungstypen. Je nach geologisch-hydrologischen Verhältnissen können die unterschiedlichsten Rutschungskörper ausgebildet werden. Bei Rutschungen handelt es sich oft um permanente Prozesse mit zwischenzeitlichen Ruhephasen.

Der Wahrscheinlichkeitsbegriff verursacht daher bei diesen Prozessen am meisten Probleme.

Die Intensitätsparameter sind bei Rutschungsphänomenen die durchschnittlichen Geschwindigkeiten  $R_v$ :

- Starke Intensität:  $R_v > 0,1$  m/Tag bei oberflächlichen Rutschungen, bei Verschiebungen  $R_v > 1$  m pro Ereignis.
- Mittlere Intensität:  $R_v > 2$  cm/Tag.
- Schwache Intensität:  $R_v \leq 2$  cm/Tag.

### **5.4.1.2 Auslösung von Rutschprozessen**

Rutschprozessen gehen immer langsame bruchlose Kriechbewegungen voraus. Die Scherfestigkeit kann dabei überschritten werden und es kommt zu einem Scherbruch.

Auslösende Ereignisse, wie zum Beispiel Starkniederschlagsereignisse, Erdbeben oder Felsstürze gehen meist einer Rutschbewegung vorausgehen. Ebenso kann es in der Nähe von Störungen zu Rutschungsereignissen kommen (siehe Kapitel 7.3).

### **5.4.1.3 Rutschungen im Arbeitsgebiet**

Von EHRET (2002) und MERKL (1989) wurden umfangreiche geotechnische Kartierungen durchgeführt. Dabei wurden mehrere kleinräumige Rutschungsgebiete im Bereich zwischen Plassen und Hallstatt untersucht und genauestens beschrieben.

Die wenigen Rutschungskörper, die sie außer im Salzberg Hochtal befinden, sind südlich des Plassen anzutreffen. Im Klausbacheinzugsgebiet, sowie westlich davon im Lauterbach wurden im Rahmen dieser Arbeit einige kleinere Rutschkörper kartiert, die jedoch keinen Einfluss auf die Risikoanalyse haben und lediglich als Standortanzeiger für möglich weitere Ereignisse in die Karte der Rutschprozesse (vgl. Kapitel 7.3) eingehen. Die einzelnen Rutschbereiche im Talkessel des Hochtals, im Langmoos, Schlaipfenmoos und zwischen den Kogeln stellen keine größeren Personen- und Sachgefährdung dar. Jedoch kann es bei Rutschprozessen auch zu Folgeerscheinungen kommen. So können zum Beispiel Rutschmassen fließende Gewässer aufstauen. Brechen diese natürlichen nicht verfestigten Dämme, können die Wassermassen zu Überflutungen und Murgängen führen. Ein derartiges Szenario könnte auch eine Reaktivierung alter Rutschmassen oder Schuttströme nach sich ziehen. Diese Möglichkeiten bestehen im Arbeitsgebiet im Salzberghochtal, stellen jedoch zum Zeitpunkt der Arbeit keine akute Gefahr dar.

## **5.4.2 Lawine**

Da Lawinen nicht zu den geologisch bedingten Naturgefahren gehören, jedoch zu den gravitativen Naturgefahren gezählt werden wurden diese als Grenzkategorie von Fliess- und Gleitprozessen eingestuft. Aufgrund der besonderen gleitgeprägten Bewegung der Lawinen im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen, werden in den folgenden Kapiteln Lawinen definiert, ihr Prozessgeschehen sowie ihre Verbreitung erklärt.

### **5.4.2.1 Definition**

Als Lawine wird im Allgemeinen der gesamte Bewegungsvorgang einer Schneemasse vom Anrissgebiet über die Sturzbahn bis in das Akkumulationsgebiet verstanden. Weitergehende Definitionen bezeichnen Lawinen als plötzliche und schnelle Talwärtsbewegung von Schnee oder Eis als gleitende, fließende oder rollende Masse oder als aufgewirbelte Schneewolke an

Hängen und Wänden mit einer Sturzbahn von über 50m Länge (BUWAL, 1998). Beträgt die Dislokation weniger als 50 m, nennt man diesen plötzlichen Abgang einer Schneedecke Schneerutsch oder Schneeschlupf. Gemäss SALM (1982) variieren die Geschwindigkeitsbereiche in der Sturzbahn etwa in den folgenden Bereichen:

- Nassschnee-Fliesslawinen = 10 bis 30 m/s
- Trockene Fliesslawinen = 20 bis 40 m/s
- Staublawinen = 30 bis 70 m/s

### **5.4.2.2 Morphologie**

Die Geländeform und deren –ausprägung beeinflussen als Zeit-unabhängige Variable die Grunddisposition der Lawinentstehung. Die für eine Risikoanalyse massgeblichen Extremereignisse entstehen im Normalfall bei Hangneigungen zwischen 28° und 50° (SLF, 2000). Der Transitbereich von Lawinenzügen weist in der Regel eine Neigung von 10° bis 20° auf, dies ist der Bereich in dem sich die Lawinenbewegung progressiv ausbreiten kann. Wie an der Verbreitung der Lawinen im Arbeitsgebiet (vgl. Kapitel 5.4.2.8) deutlich wird, enden 90% aller Lawinenzüge in den Hallstättersee, der zu einer Abbremsung des Materials führt.

Neben der Geländeform ist auch die Oberflächenbeschaffenheit bei der Bildung von Lawinen zu beachten. Übersteigt die Höhe der Schneedecke die Vegetationsdecke nicht, so kann diese eine hemmende Wirkung auf die Auslösung von Lawinen haben. In diesem Zusammenhang sei nochmals auf die Bedeutung des Schutzwaldes hingewiesen. Löcher im Waldbestand sind zu vermeiden, da diese oft als Initialabrissgebiet dienen. Durch Lawinenabgänge werden die Bewegungsbahnen durch den Lawinenschurf zu länglichen Schuttrinnen umgestaltet, mit schutfächerartiger Gesteinsablagerung am Auslauf und unter Umständen moränenartiger Schuttumsäumung der Bahnränder (BUNZA, 1982). Die Kahlflächen vertiefen sich im Frühjahr durch die Erosion des Schmelz- und Regenwassers, wobei durch den Verwitterungsprozess neues Abgrusungs- und Ausspülungsmaterial bereitgestellt wird.

### **5.4.2.3 Meteorologie**

Die hochvariablen Parameter, Neuschneehöhe, Wind, und Temperatur sind mit den herrschenden Wetterbedingungen verknüpft. Dabei stellt der Neuschneezuwachs den wichtigsten Faktor bei der Lawinenbildung dar.

Die Entstehung von extremen Lawinenereignissen wird begünstigt durch eine genügend große Ansammlung von Schnee. Der Wind hat Einfluss auf die Form und den Zustand der Schneedecke und ist der Hauptgrund für eine Versprödung der Schneedecke, was zur Bildung von harten Schneeschichtoberflächen führt. Die neue Schneeauflage findet dadurch keinen Halt auf der glatten Unterlage. Die Temperaturveränderung in der Schneedecke ist für die Festigkeitsentwicklung der Schneedecke von Bedeutung (FUCHS et al. 2001). Steigt die Temperatur an, so kommt es zu einer kurzfristigen Festigkeitsverminderung der Schneedecke und somit zur Erhöhung der Lawinengefahr. Temperaturschwankungen führen zum Verlust des inneren Zusammenhalts der Schneedecke. Irreversible Prädispositionen bilden sich aus.



#### 5.4.2.4 Nivologie

Die Entwicklung der Schneedecke ist abhängig vom Auf- und Abbau, thermischen Eigenschaften und Schneehöhenentwicklung. Dabei ist die Schneedecke definiert als „poröses Medium, in dem Wasser in drei Aggregatzuständen, fest, flüssig und gasförmig auftritt, wobei der feste Anteil überwiegt“ (WILHELM, 1975).



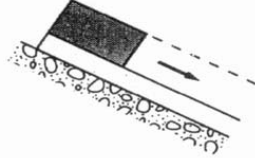
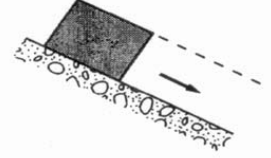

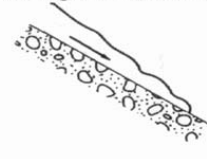
Lawinenklassifikation und Begriffsbestimmung		
äusseres Merkmal	Unterscheidung und Namensgebung	
Form des Anrisses	linienförmig, scharfkantig, senkrecht zur Gleitfläche  ⇒ <b>Schneebrettlawine</b>	punktförmig  ⇒ <b>Lockerschneelawine</b>
Lage der Gleitfläche	innerhalb der Schneedecke  ⇒ <b>Oberlawine</b>	auf dem Boden  ⇒ <b>Bodenlawine</b>
Form der Bewegung	vorwiegend stiebend  ⇒ <b>Staublawine</b>	vorwiegend fließend  ⇒ <b>Fließlawine</b>
Feuchtigkeit des abgleitenden Schnees	trocken ⇒ <b>Trockenschneelawine</b>	nass ⇒ <b>Nassschneelawine</b>
Form der Bahn (Querprofil)	flächige Bahn ⇒ <b>Flächenlawine</b>	runsenförmige Bahn ⇒ <b>Runsenlawine</b>
Länge der Bahn	vom Berg ins Tal ⇒ <b>Tallawine</b>	am Hangfuss zum Stillstand kommend ⇒ <b>Hanglawine</b>
Art des Schadens	Heimstätte, Hab und Gut, Verkehr, Wald ⇒ <b>Katastrophen- oder Schadenlawine</b>	Skifahrer und Bergsteiger im freien Skigelände ⇒ <b>Touristen- oder Skifahrerlawine</b>

Abb.5.4-3: Lawinenklassifikation (KIENHOLZ, 1998).

#### 5.4.2.5 Lawinenauslösung

Zug-, Druck- und Scherspannungen in der Schneedecke werden durch Setzungserscheinungen ausgelöst, was zu einer progressiven Instabilität der Schneedecke führen kann. Übersteigen die Spannungen innerhalb der Schneedecke die Stabilität, kommt es zur Lawinenauslösung. Dabei

unterscheidet man bei Lawinenbewegungsbahnen, ähnlich wie bei anderen Massenbewegungen ein Anriss-, Transit- und Akkumulationsgebiet.

Die Klassifikation von Lawinen ist in Abb. 5.4-3 abgebildet. Dabei wird unterschieden in äußere Merkmale und weitere Unterscheidungskriterien, nach denen sich die Namensgebung der Lawinen richtet.

### **5.4.2.6 Dynamik von Lawinen**

#### **Neuschneelawine:**

Nach dem Anbrechen gleitet die Schneedecke zunächst blockförmig ab. Übersteigt die Geschwindigkeit von etwa 10 m/s und zerbricht zu einzelnen Schollen, die sich je nach Konsistenz des Schnees zu einer knolligen, pulvrigen oder zäh fließenden Masse auflöst. Die Gleitbewegung geht in eine schnelle Fließbewegung über.

#### **Fließlawine:**

1. gleichförmiger schichtartiger Lawinenfluss an der Oberfläche.
2. die Grenzschicht zwischen Untergrund und Hauptteil der Lawine sind gekennzeichnet durch häufige Kollisionen der Bestandteile.

Ab etwa 20m/s kommt es zum Einzug von Luft in die Fließlawine und die Bewegung wird turbulent, dabei werden Schneepartikel von der Oberfläche der Lawine gelöst und suspendiert. Es entsteht über dem Fließanteil ein Gemisch aus Eispartikeln und Luft. Dabei erreicht der Gasanteil höhere Geschwindigkeiten als der Fließanteil und können sich voneinander trennen.

### **5.4.2.7 Intensität und Wahrscheinlichkeit in der Gefahrenstufeneinteilung**

Als massgeblicher Intensitätsparameter wird bei Lawinen der Staudruck ( $P$ ) genommen, der folgende Grenzwerte aufweist:

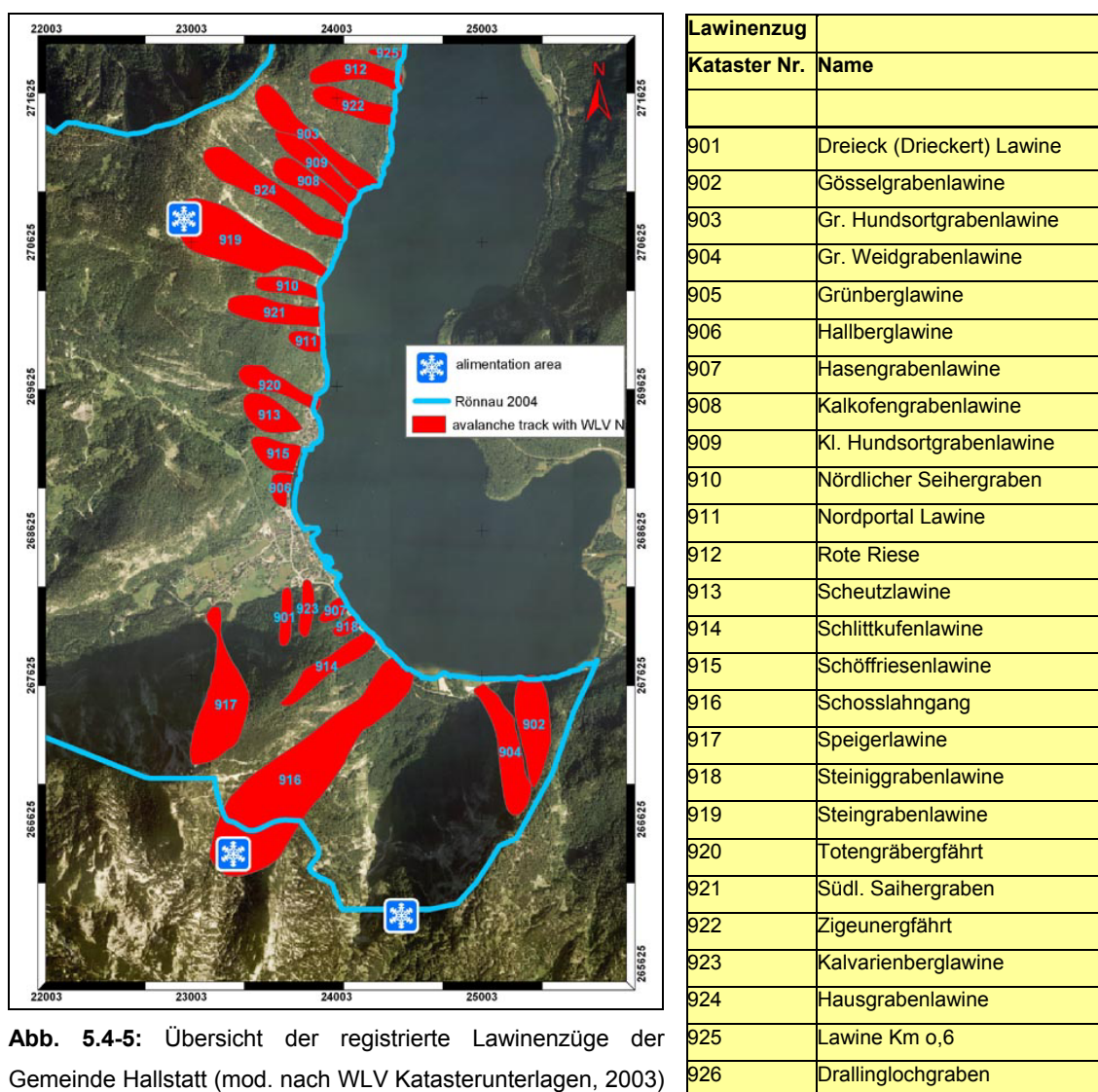
- Starke Intensität:  $P > 30 \text{ kN/m}^2$
- Mittlere Intensität:  $3 < P < 30 \text{ kN/m}^2$
- Schwache Intensität:  $P < 3 \text{ kN/m}^2$

Der Grenzwert von  $3 \text{ kN/m}^2$  gilt bei Staublawinen, derjenige von  $30 \text{ kN/m}^2$  bei Fließlawinen. Gebäude können mit verhältnismässigem Aufwand gegen Staudrücke bis  $30 \text{ kN/m}^2$  durch verstärkte Bauweise geschützt werden.

Als Grenzen der Wahrscheinlichkeit werden Wiederkehrperioden von 30 bis 300 Jahren berücksichtigt. Aussagen über Eintretenswahrscheinlichkeiten können über genaue Beobachtung und Messreihen berechnet werden.

#### 5.4.2.8 Lawinen im Arbeitsgebiet

Da ein Blick in das Lawinenkataster der Wildbach- und Lawinenverbauung Bad Ischl genügt, um zu erkennen, welche Gefahr von Lawinenzügen für die Gemeinde Hallstatts ausgeht, kann man das Thema „Lawinen“ bei einer gesamtheitlichen Risikobetrachtung nicht Aussen vor



**Abb. 5.4-5:** Übersicht der registrierte Lawinenzüge der Gemeinde Hallstatt (mod. nach WLV Katasterunterlagen, 2003) mit danebenstehenden Katasternummern und Namensgebung.

lassen. Die Verbreitung der insgesamt 26 Lawinenzüge im Arbeitsgebiet ist in Abb. 5.4-4 dargestellt. In der folgenden Beschreibung kann nicht auf alle Lawinenzüge im einzelnen eingegangen werden (ausführliche Beschreibungen in Anhang 3). Vielmehr soll Wert auf die Gemeinsamkeiten und historischen Ereignisse in der Geschichte Hallstatts gelegt werden.

In Abbildung 5.4-4 ist die Gebundenheit der Lawinenzüge an die Hanglagen am Hallstättersee gut zu erkennen. Die flächenmässig größten Lawinenzüge stellen die Nr. 916 (Schosslahngang) und Nr. 919 (Steingrabenschneid) dar. Die insgesamt 4 Lawinenzüge (906, 913, 915 und 920) bedrohen direkt den Ortskern Hallstatts. In den letzten Jahrzehnten aus diesem Grund wurde der gesamte Hangbereich zwischen Hallstatt und Rudolfsturm mit technischen Schutzmassnahmen (Schneebrücken)verbaut.





**Foto 5.4-1:** Schneebrücke am Hang über dem Ortskern von Hallstatt.



**Foto 5.4-2:** Schneebrücke verfüllt mit Felssturzböcken oberhalb von Hallstatt.

Die Chronik von Hallstatt beschreibt folgende größere Lawinenabgänge:

**1945:**

*„Schoßlawine. Durch diese wird ein 52m langer Tunnel gegraben; Lawinen Schäden auch im Ortszentrum.“*



**Abb. 5.4-6:** Schoßlahnganglawine im Winter 1945. um den Verkehr zwischen Obertraun und Hallstatt wiederherzustellen, wurde ein 52 m langer Tunnel gegraben, der mehrere Wochen Bestand hatte (URSTÖGER, 2000).

*Lawine verschüttet die Obertraunerstraße (spätere Landesstraße). Wegen langanhaltender und meist auch sehr heftigen Schneefällen gingen auf das Ortszentrum von Hallstatt zahlreiche*

*Lawinen nieder. Eine besonders Große gefährdete den im nördlichen Bereich der Katholischen Kirche liegenden Ortsteil, sie erreichte zwischen den Häusern Höplinger (Nr. 95) und Binder (Nr.96) den See. Eine weitere richtete am Kirchenweg erhebliche Schäden an. Im Haus des Ferdinand Scheutz (Nr. 37) wurde eine Ziege von den Schneemassen getötet und auch der Obere Weg war von den Lawinenabgängen betroffen.“*

**1956:**

*„Nach Tauwetter am 1.März.. Abgang von 20 Lawinen!!! U.a. auch der Schoßlahn beim Hirschbrunn. 40 Meter langer Tunnel nach Obertraun, der Schneestollen bleibt bis April erhalten.“*

**1988:**

*„Steingrabenlawine verschüttet die Landstraße - Langanhaltende Schneefälle, denen Tauwetter folgte, führten im März zu einem gewaltigen Abgang der Steingraben-Lawine. Die Steingraben-Lawine. Die Schneemassen schoben sich über die Landesstrasse bis in den See. Die Zufahrt nach Hallstatt und Obertraun war für zwei Tage unterbrochen.“*



**Abb. 5.4-7:** Foto der Steingrabenlawine im Jahr 1988, die die Landesstraße für 2 Tage verschüttete und mit dem Bagger (rechts am Lawinenrand) freigeschafft werden musste (URSTÖGER, 2000).

**1999:**

*„Langanhaltende und ausgiebige Schneefälle führen zur Verkehrsbehinderung und Sperrung der Straßen nach Obertraun und nach Gosaumühle für ca. 2 Wochen. Lawinenabgang vom Hirlatz führt zur Vernichtung eines großen Waldstücks im unteren Bereich der Waldbachleiten.“*

Im Anhang finden Eckdaten aus dem Lawinenkataster der Wildbach- und Lawinenverbauung zu jedem einzelnen Lawinenzug. Dabei ist für eine Risikobetrachtung vor allem die Wiederkehrdauer und die Verbauung ausschlaggebend, da diese die Auftretenswahrscheinlichkeit massgeblich beeinflusst. Die Gefahr, welche von den Lawinen im Arbeitsgebiet ausgeht, wird in Kapitel 8 genauer beschrieben und auf das Risiko hin untersucht.

## 5.5 Fließprozesse

Durch Fließprozesse können ganz unterschiedliche Materialzusammensetzungen betroffen sein. Im Allgemeinen versteht man unter Fließen bei Feststoffen eine irreversible plastische Verformung unter Zug- oder Schubspannung. Bei einer solchen Kinematik entsteht die Gesamtbewegung der Rutschmasse aus vielen Einzelbewegungen der Partikel relativ zueinander (KASSEBEER, 2002). Das Fließen wird von VARNES (1984) als kontinuierliche räumliche Bewegung, in der die einzelnen eng ständigen Scherflächen nur kurzlebig sind und in der Regel nicht konserviert werden, beschrieben. Im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen treten unterschiedliche Fließprozesse in Form von Schuttströmen und Murgängen auf. Dabei unterscheiden sich beide Prozesse eindeutig durch ihre Geschwindigkeiten, die bei Schuttströmen mehrere m/h, bei Muren jedoch Geschwindigkeiten bis zu mehreren m/s erreichen können. Allgemein gilt, je höher der Wassergehalt ist, desto geringer ist die Viskosität und desto schneller erfolgt die Bewegung. Zwischen Abrissgebiet und Ablagerungsgebiet kann dabei eine große Distanz von der Murgangmasse zurückgelegt werden.

Die folgenden Kapitel wenden sich den Definitionen, Auslösern und der Verbreitung von Schuttströmen (vgl. Kapitel 5.5.2) und Murgängen im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen zu. Im Kapitel 5.5.1 wird aufgrund der Bedeutung von Murgangereignissen im Arbeitsgebiet sehr detailliert auf die Grundlagen von Muren eingegangen und das System Wildbach genauer erklärt.

### 5.5.1 Wildbach/Murgang

Wildbäche stellen in alpinen Gebieten nachweislich eine grosse Bedrohung für den Menschen, seine Aktivitäten und seine Umwelt dar. Nicht ohne Grund beschäftigt sich die Wildbach- und Lawinerverbauung intensiv mit der Sensitivität von Wildbachsystemen. In diesen Systemen wird ein Niederschlagsereignis und eine Geschiebezufuhr zu einem geschiebeführenden Abfluss transformiert (KIENHOLZ et al. 1998). Diese empfindlichen Veränderungen des Inputs führen oft zu verheerenden Folgen als Output. Nicht selten taucht in einem Wildbachkataster das charakterisierende Wort „murfähig“ auf, welches auf eine hohe Tendenz zur Murgangausbildung hinweist. In den folgenden Kapiteln soll das System Wildbach, sowie die Entstehung und Folgen von Mureneignissen anhand zweier Wildbäche im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen erläutert werden.

#### 5.5.1.1 Das System „Wildbach“

Bei geologischen Untersuchungen werden oft nur die Massenbewegungen kartiert, welche im Gerinne oder Hangbereichen von Wildbächen stattfinden. Um eine umfassende Aussage über potentielle Massenbewegungen im Einzugsgebiet eines Wildbachs machen zu können muss das gesamte Prozesssystem betrachtet werden. Das System „Wildbach“ stellt oftmals ein kompliziertes zeitliches und räumliches Zusammenspiel von Einflussparametern (Geschiebepotential, Klima, Bodenhaushalt etc.) dar.

Die **Definition eines Wildbaches nach DIN 19663 S.3** lautet:

„Wildbäche sind oberirdische Gewässer mit zumindest streckenweise großem Gefälle, rasch und stark wechselndem Abfluss und zeitweise hoher Feststoffführung.“



Die Komponenten eines Wildbaches bestehen aus einem Prozessablauf zwischen Einzugsgebiet und Gerinnesystem (siehe Abb. 5.5-1).

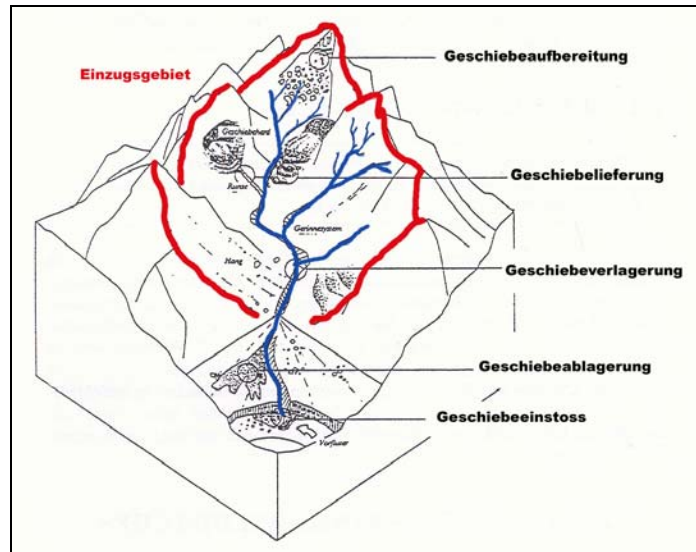


Abb. 5.5-1: Blockbild Wildbach (verändert nach KIENHOLZ, 1998).

#### 5.5.1.2 Wasser- und Feststoffhaushalt in Wildbachsystemen

Der **Wasserhaushalt** von Wildbächen wird durch folgende „Gefährlichkeitsparametern“ bestimmt:

- Abflussspitzen [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] im Gerinne,
- Gesamtwasserfracht bei Hochwasserereignissen,
- sekundliche Abflussmenge, welche Aufschluss über die Kapazität des Gerinnes gibt.

Der Übergang von Niederschlag zu Abfluss unterliegt folgenden Faktoren:

- Speichervermögen von Boden und Vegetationsdecke,
- Wasserwegsamkeit an der Oberfläche und im Untergrund,
- Vorgeschichte

Der **Feststoffhaushalt** ist ein Zusammenspiel aus folgenden 3 Prozesse:

1. Mobilisieren
2. Verlagern
3. Ablagern

Bei der Bestimmung des Feststoffhaushalts müssen die Vorgänge im Hang von denen im Gerinne unterschieden werden. Die Feststoffaufbereitung setzt mobilisierbares Material voraus. Dieses Material wird durch Verwitterungsvorgänge oder geologische Prozesse abgelagert und bereitgestellt. Der im Kapitel 5.5.1.7 noch näher untersuchte Mühlbach wird durch Bäche im Hochtal, bzw. im Salzberg oberhalb Hallstatts gespeist. Hier finden sich als Materiallager die Schuttstromablagerungen vom Lahngangkogel und Rutschungsmassen am Fuße des Hühnerkogel, sowie Moränenmaterial und anthropologisch eingebrachte Ablagerungen. Die Abgrenzung der verschiedenen Materialliefergebiete, sowie die quantitative Abschätzung aus welchem Materiallager wie viel mobilisiert wird lässt sich nur schwer abschätzen. Jedoch verhält

sich das Angebot über den Zeitraum von mehreren hundert Jahren annähernd gleich. Die Hangprozesse, welche für das Angebot des Materials verantwortlich sind kann man im Salzberghochtal folgendermaßen klassifizieren:

- Bergzerreissung Plassen: hohe Verwitterungsrate in Abrisskantenzone und Störungen
- Lahngangkogel mit Lateral Spreading Randerscheinungen (kippende Felstürme)
- Rotes Kögele: Felssturzmaterial und aktivierbarer Schuttstrom.
- Rutschungen nordöstlich des Plassen.
- Felssturzmaterial nördlich der Hohen Sieg
- Moränenmaterial
- Steinschlagereignisse von Felszonen.

Die **Feststoffmobilisierung** spielt im Zusammenhang mit Murereignissen eine besondere Rolle. Hier unterscheidet man zwischen der Mobilisierung einzelner Komponenten und grösserer Kompartimente. Wenn die Schleppspannung des fliessenden Gewässers gross genug ist, um einen Partikel aus seinem bisherigen Verband heraus zu reissen, kommt es zur Mobilisierung einzelner Komponenten aus der Sohle oder Böschung. Die dazu nötige Kraft hängt ab von der Grösse des Partikels und der Art und Festigkeit seiner Einbindung. Die Schleppspannung ist zeitlich und räumlich sehr stark abhängig. Zum Freisetzen grösserer Kompartimente kommt es meist nur episodisch. Die weitere **Verlagerung** von grossen, auf einen Schlag in Bewegung gesetzten Feststoffmassen erfolgt oft als **Murgang** auf den im Weiteren noch näher eingegangen wird. Die Ablagerung des zugeführten Materials findet in einem Vorfluter oder Schwemmkegel statt. Der Geschiebe- und Schwebstofftransport, sowie der Murgang sind die drei vorherrschenden Verlagerungsformen von Wildbachmaterial.

### **5.5.1.3 Murgang als Wildbach abhängiger Massenbewegungsprozess**

Der Murgang als Mobilisierungsprozess von grösseren Kompartimenten geschieht nach HABERLI et al. (1991) auf zwei Arten:

#### **1. Verflüssigung der Bachsohle:**

Unter Auflast und wirkender Schleppkraft kann ein Hochwasser grössere Teile der Sohle in einer Art Rutschung abscheren und in Bewegung geraten.

#### **2. Durchbruch einer Verklausung.**

Als Verklausung wird eine mehr oder weniger lange dauernde Verstopfung des Gerinnebetts durch Unholz und/oder Geröll bezeichnet. Hinter einer Verklausung sammelt sich mit Wasser gesättigtes Material an, das sich beim Bruch des Damms als Ganzes in Bewegung setzen kann.

Nach **DIN 19663 S. 4** ist die **Definition von Murgang** folgende:

„Muren sind eine wildbachtypische Sonderform der Hochwasserabflüsse. Sie sind Gemische aus Wasser und Feststoffen (Boden, Gesteinsschutt aller Korngrößen, Holz, Schnee). Sie

bewegen sich in Wildbachbetten oder Hangfurchen schnell bis sehr schnell zu Tal und erreichen den Vorfluter unmittelbar oder entmischen sich im Bereich abnehmenden Gefälles wobei sich die Feststoffe ganz oder teilweise in Umlagerungsstrecken, auf Schwemmkegeln oder im Talboden ablagern. Muren entstehen durch starke Feststoffeinstöße, bei Durchbruch von Verklausungen oder bei Damnbrüchen.“

In Massenbewegungs - Klassifikationen gehört der Murgang in die Bewegungskategorie „Fließen“. Nach BUNZA (1982) ist bei einem quasiviskosem Fließen die gegenseitige Behinderung der Feststoffanteile so groß, dass alle Bestandteile annähernd gleich schnell vorankommen. Ein Murgang entspricht dabei einem breiigen Gravitationsstrom, der eigenen Bewegungsgesetzen folgt. Die Bewegung wird als schnell bis extrem schnell, sowie reißenförmig beschrieben. Die breiartige Suspension aus Wasser setzt sich zusammen aus Erde, grobem und feinem Schutt bis zur Blockformgröße und Baumstämmen in Wildbächen mit steilem Gefälle. Die Geschiebefracht wird in einem am Oberlauf ansässigen Nährgebiet entnommen. Schuttreiche Einzugsgebiete stellen einen Teil des Materials dar.

#### 5.5.1.4 Dispositionsmodell – ein Teil des System Murgang

Wie in ZIMMERMANN (1997) beschrieben ist der Begriff der „Disposition“ die Bereitschaft oder Anfälligkeit eines Gebietes zur Bildung und Auslösung von Murgangprozessen. Sie ist abhängig von geologischen, reliefbestimmenden und hydrologischen Parametern abhängig. Im System Murgang gilt es zwei verschiedene Arten der Disposition zu unterscheiden.

- Grunddisposition: invariabel, bestimmt das Auftreten von Muren, bzw. deren Intensität.
- Variable Disposition: kann sich mittelfristig ändern, bestimmt das zeitliche Auftreten von Murgängen, sowie die Intensität.
- Auslösende Ereignisse sind episodische Ereignisse.

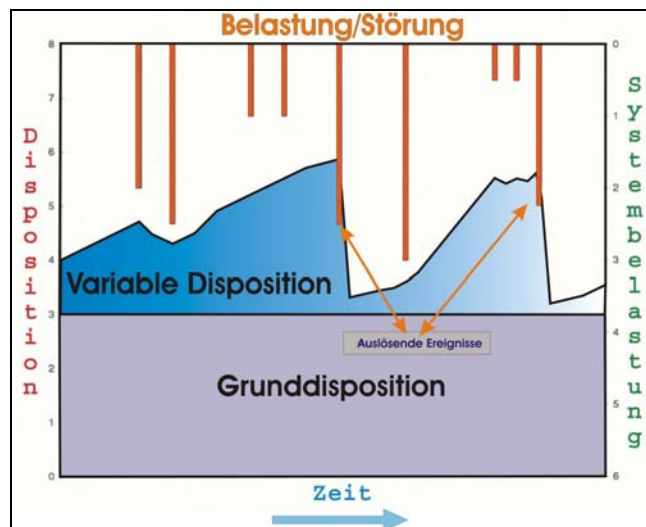


Abb. 5.5-2: Dispositionsmodell (mod. nach ZIMMERMANN, 1997).

Die Disposition beschreibt demnach den Systemzustand über die Zeit (siehe Abb.5.5-2).

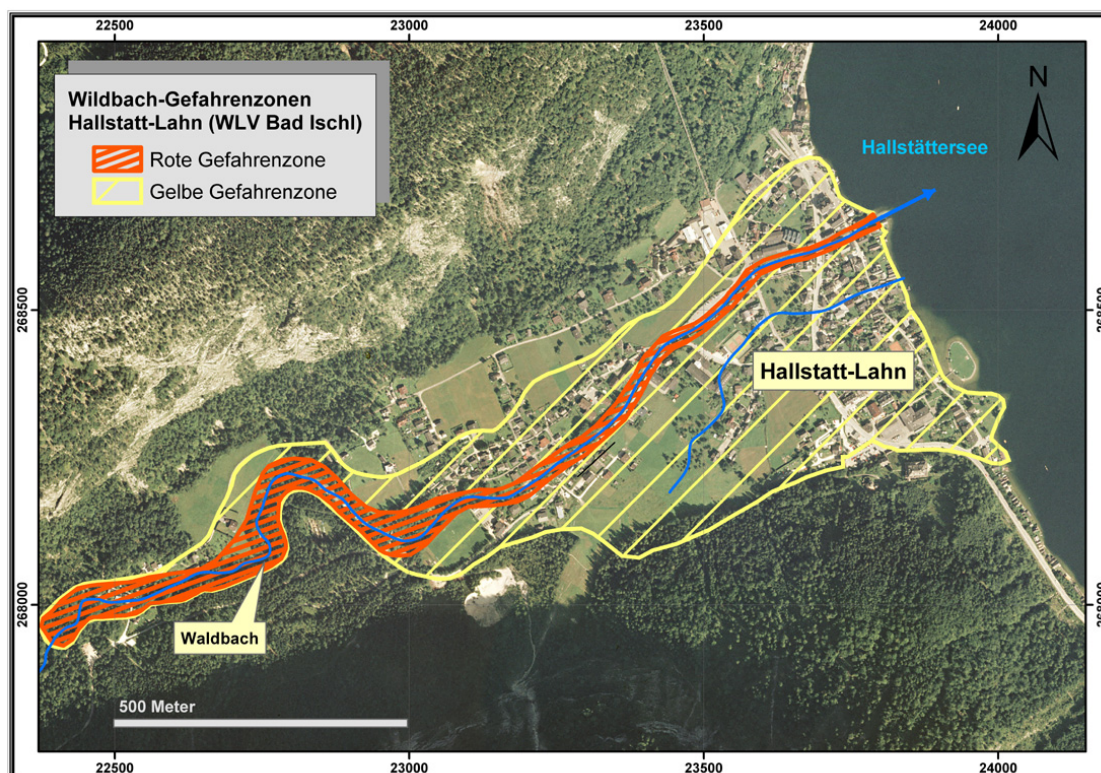
Eine von Außen eingeleitete Systembelastung wirkt auslösend, d.h. der durch die Disposition definierte Schwellenwert wird überschritten und führt zum Ereignis. Wie in dem folgenden Kapitel beschrieben wird, können sich die auslösenden Ereignisse auch von Ereignis zu Ereignis unterscheiden (siehe Murereignis 1968).

#### **5.5.1.5 Murfähige Wildbäche im Arbeitsgebiet Hallstatt / Plassen**

Von den insgesamt 14 Wildbächen, die im Wildbachkataster von Hallstatt beschrieben sind (WLV, 2002; vgl. Anhang), weisen 2 Wildbäche einen „murfähigen“ Charakter auf. Das ist zum einen der Waldbach, welcher aus dem Echerntal in den Hallstättersee mündet und zum anderen der Mühlbach, der von den Bächen im Salzberg Hochtal gespeist wird und im Ortskern von Hallstatt in den Hallstättersee mündet. Im folgenden Kapitel wird auf den Waldbach eingegangen, der jedoch eine untergeordnete Rolle im Naturgefahrensystem Hallstatts spielt. Im Kap. 8. wird der Mühlbach beschrieben und auf das damit verbundene Risiko hin untersucht.

#### **Der Waldbach**

Der Waldbach (Wildbachkataster Nr. 908, WLV Bad Ischl, 2002 vgl. Anhang 1) entspringt am nordöstlichen Fuss des Ursprungkogels im Dachsteinmassiv. Die mächtige Quelle wird durch Schmelz- und Niederschlagswässer im Bereich des Hallstättersee Gletschers gespeist. Das sehr große Einzugsgebiet weist 27,8 km<sup>2</sup> auf - jedoch wird durch die starke Verkarstung des Dachsteinmassivs das Ausmass sehr viel größer geschätzt. Laut der WLV Bad Ischl sind Hochwasserabfluss- Berechnungen fast unmöglich. 1959 kam es zu einem beobachteten HHQ von 100 m<sup>3</sup>/s. Der Waldbach stürzt über die Steilabfälle der „Waldbachstrub“ ins Echerntal und fließt dann in zunächst grobblockigem Bachbett durch die Ortschaft Hallstatt-Lahn in den Hallstättersee. Im Gebiet des Klauskogelgrabens können Geschiebe den Waldbach erreichen und zu einem murfähigen Charakter führen. Das Gefahrenpotential für die Ortschaft Lahn ist jedoch sehr gering. Vielmehr geht die eigentliche Gefahr durch Hochwässer aus, wobei der regulierte Unterlauf die Wassermenge problemlos abführen kann. Die WLV Bad Ischl geht lediglich davon aus, dass der Talboden überschwemmt werden könnte. Größere Schäden sollen hierbei ausbleiben. Die Gefahrenzonen wurden wie in Abb. 5.5-3 dargestellt ausgewiesen. Die rote Gefahrenzone umfasst den Bachlauf mit beidufriem Sicherheitsstreifen. Die gelbe Zone umfasst den Talboden.



**Abb. 5.5-3:** Ausschnitt des Waldbaches in Hallstatt -Lahn aus dem Gefahrenzonenplan Hallstatts (mod. nach WLV, 2003).

### ***Der Mühlbach***

Das komplizierte Einzugsgebiet des Mühlbaches mit seinen Quellen wurde bereits im Kapitel 3.3 beschrieben. Der eigentliche murfähige Bachabschnitt beginnt erst ab der Falkenhaynsperre unterhalb des Rudolfturms (vgl. Abb.5.5-4). Die klammartige Mühlbachschlucht beginnt am östlichen Rand des „Hallstätter Salzbergs“ am Fuße des Rudolfturms. Der Mühlbach überwindet in mehreren fast senkrechten Gesteinsstufen z.T. freifallend ca. 250m, bevor er durch einen Durchlass hinter der oberen und unteren Tunnelröhre mit angrenzenden Parkdecks kurzzeitig verschwindet. Beim Bau des Hallstätter Tunnels wurde der natürliche Wasserfalllauf freigehalten bzw. kanalisiert. Zugänglich ist der Wasserkanal durch eine Stahltüre in der unteren Tunnelröhre. Der Mühlbach kommt erst unterhalb des Parkdecks wieder zu Tage. Nach mehrmaligen Umkanalisierungen in der Baugeschichte Hallstatts, fließt der Mühlbach heute eingefasst zwischen den historischen Häusern. Teilabschnitte verlaufen unterirdisch bis zur Mündung in den Hallstättersee. Die Mündung liegt an der evangelischen Kirche neben der Schiffs-Anlegestelle Hallstatts.



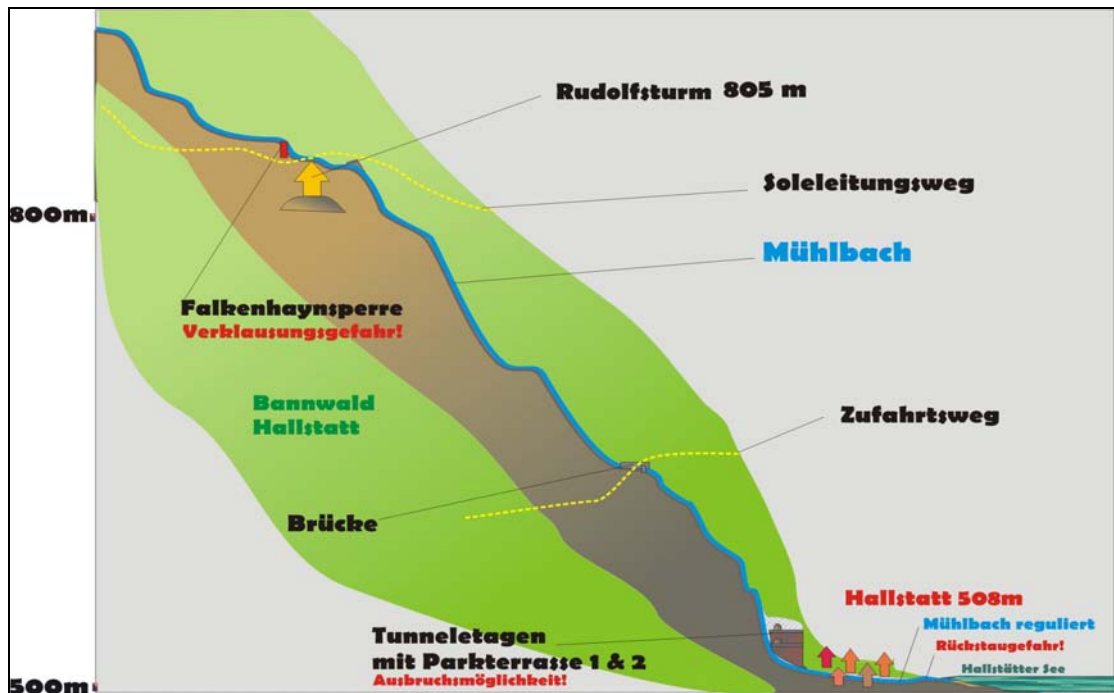


Abb. 5.5-4: Schematisierter Querschnitt der Mühlbachschlucht mit möglichen Gefahrenstellen.

Der Mühlbach wird im Wildbachkataster der Wildbach- und Lawinerverbauung (WLV, 2002), Gebietsbauleitung Bad Ischl unter der Nummer 907 geführt. Folgende Katasterdaten beschreiben seinen Wildbachcharakter:

- Durchschnittliches jährliches Hochwasser : 4 m<sup>3</sup>/s.
- Absolutes Hochwasser: 30 m<sup>3</sup>/s.
- Bachcharakter: Verklauungsgefahr unterhalb der Falkenhaynsperre, murstossfähig.
- Einzugsgebiet: ca. 3,3 km<sup>2</sup> (vgl. Abb. 5.5-5).

Einzugs- und Liefergebiet: „Im gesamten Einzugsgebiet finden aktive Bewegungsprozesse statt. Die aktiven Bergzerreissungen und Massenbewegungen stellen ein enormes Potential an Berg- und Felssturzmaterial bereit, das sich zusammen mit umfangreichen Moränenablagerungen mit dem darunter liegenden Haselgebirge intensiv vermischt...“ (WLV, Anmerkungen zum Gefahrenzonenplan Hallstatts, 2002).

Im Falle des Mühlbachs stellt vor allem oben beschriebene Verklauung ein potentiell Materiallager dar. Das eingeschwemmte Material bestehend aus Schutt, Baumstämmen und oftmals auch Eisen- und Metallschrott aus den Bachläufen im Salzberg Hochtal (siehe Kap. 8.2.2) bleibt nach der Falkenhaynsperre in einer Art Trog liegen. Ein größerer Kalkblock stellt eine natürliche Absperrung zur eigentlichen Schlucht dar. Das angesammelte Material bleibt solange liegen, bis der Bachlauf aufgestaut wird und sich bei stärkeren Niederschlagsereignissen abwärts in Richtung Hallstatt entleert. Jedoch kann auch ein anderes auslösendes Szenario stattfinden, wie das im Falle des Murereignisses von 1968:



**Abb. 5.5-5:** Einzugsgebiet des Mühlbachs, welches sich vom Gipfel des Plassen bis nach Hallstatt erstreckt (Nr. 907, mod. nach den Katasterdaten WLW – Bad Ischl, Grundlage Orthophoto).

### ***Murgangereignis 1968:***

Am 15.01.1968 kommt es zu einem der schwersten Murgangereignisse in der Mühlbachschlucht. Am 14. Januar findet innerhalb von 15h ein dramatischer Temperaturanstieg von ca. 14°C statt (7h = -12,8°C, 21h = +2,8°C, siehe Anhang 1). Zudem fällt eine hohe Niederschlagsmenge (41 mm) zunächst in Form von Schnee und bringt ca. 15cm Neuschnee. Mit steigender Lufttemperatur wird aus Schnee zunehmend Regen. Die einsetzende Schneeschmelze lässt die Schneehöhe von 75 cm am 14.01. bis auf 55 cm am 16.01. abnehmen. Die auslösenden Faktoren, die schließlich zum Murereignis am 15.01. geführt haben sind in diesem Fall ein rapider Temperaturanstieg und einsetzende Schneeschmelze. Die zusätzlich freigesetzten Wassermengen im Bachbett des Mühlbachs führen zum Durchbruch einer Verklausung. Die Bachläufe im Hallstätter Salzberg führen höchstwahrscheinlich auch Schnee- und Lockergesteinsmassen aus dem Hochtal in die Mühlbachschlucht. Die zu Tal fließenden, z.T. auch fallenden Murgangsmassen bahnen sich den Weg bis in den historischen Ortskern Hallstats, verschütten die Gassen bis zu einer Höhe von 1,20 m, und dringen in Keller- und Erdgeschosse ein (vgl. Foto 5.5-1 und 5.5-2). Die Aufräumarbeiten dauern mehrere Wochen an.



**Fotos 5.5-1** und **Foto 5.5-2**: Vermurung des Ortes Hallstatt am 15.01.1968 (Hallstatt Chronik, URSTÖGER 2000).

Seit dem Jahr 1572 bis 2002 wurden insgesamt 12 Ereignisse als Murgänge dokumentiert (URSTÖGER, 2000; WIROBAL, 1992; vgl. Anhang). Davon sind einige sehr detailliert beschrieben und geben einen Eindruck davon, welche Energie von einem Murgangereignis ausgeht. Die im Anhang beschriebenen Aufzeichnungen zeigen, dass die Beobachtern schon zu historischen Zeiten typische Merkmale eines Murgangereignisses registrierten:

Heterogenes Material, hoher Wassergehalt, hohe Bewegungsrate, große Folgeschäden.

Die Bevölkerung Hallstatts ist nachweislich immer wieder betroffen von Schäden durch Murgangereignisse. Das Kapitel 8. soll weitere Aspekte, Einschätzungen und Massnahmen aufzeigen, die zum besseren Verständnis von Murgängen und somit zur Sicherheit von Personen und Objekten in der Gemeinde Hallstatt beitragen sollen.

### 5.5.2 Schuttstrom

Die folgenden Absätze definieren Schuttströme und beschreiben die Auslöser sowie deren Bewegungsablauf. Abschließend werden Fallbeispiele von aktiven und inaktiven Schuttströmen aus dem Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen erörtert.

#### 5.5.2.1 Definition von Schuttströmen

Bei Schutt- und Schlammströmen ist der Wasseranteil geringer als der Anteil an Feststoffen. Die „plastisch bis dünnbreiigen Massen, die sich in Hangeinschnitten oder Hangmulden unmerklich langsam bis mäßig schnell abwärts bewegen und lagern sich dabei gletscherähnlich der von ihnen benutzten Depression an“ (mod. nach LAATSCH & GROTTENTHALER, 1972). Das Einzugsgebiet besitzt meist eine große flächenhafte Ausdehnung, der untere Teil ist durch eine stromartige Form charakterisiert (FISCHER, 1967).

#### 5.5.2.2 Auslösung

Schuttströme können durch folgende Veränderungen auftreten:

- Zunahme des Wassergehalts der veränderlich festen Gesteine.
- Auftreten von Porenwasserüberdruck.
- Dynamische Belastung während eines Erdbebens.

- Undrainierte Belastung durch Felsstürze als Teil des Lateral Spreadings (vgl. RÖNNAU, 2001 – Arbeitsgebiet Bad Ischl - Altaussee).

### 5.5.2.3 Bewegungsablauf

Die Initialphase von Schuttströmen ist durch Rotationsrutschungen im Nährgebiet mit zunehmend plastischer Bewegung geprägt (vgl. Abb. 5.5-6).

Dabei können sich innerhalb der Masse weitere Abrisse bilden. Im Zehrgebiet kommt es an der Stirn zum Überrollen.

Die Bewegungsgeschwindigkeit kann bis zu mehrere Meter am Tag betragen, wie ein Fallbeispiel eines Schuttstromes im

Gebiet Bad Ischl – Altaussee (vgl. RÖNNAU, 2001) am Fusse der Zwerchwand zeigt. Hier wurden bis zu 120 m/d gemessen. Dabei hängt die Geschwindigkeit von folgenden Parametern ab:

- Materialbeschaffenheit
- Hangneigung
- Wassergehalt

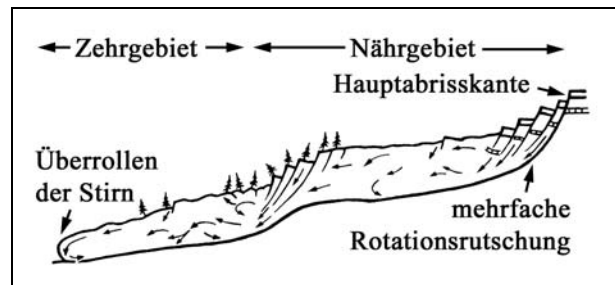


Abb. 5.5-6: Profilschnitt durch einen Schuttstrom (mod. nach BUNZA, 1982).

### 5.5.2.4 Schuttströme im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen

Die Schuttströme im Arbeitsgebiet lassen sich in aktive und inaktive Bewegungen einteilen. Dabei stellen sie für die Risikountersuchung keine direkte Bedeutung, jedoch gelten sie als Materiallieferanten für Murgänge und werden in den folgenden Absätzen erläutert. Die Schuttstromablagerungen werden in den Prozesskarten berücksichtigt. Nähere Informationen lassen sich bei MERKL (1989) und EHRET (2002) nachlesen.

#### Prähistorischer inaktiver Schuttstrom:

Die Ablagerungen eines verheerenden Schuttstromes lassen sich vom Steinbergkogel bis in den Hallstätter Salzberg verfolgen. Dabei wurden auf etwa 900 mSh unter der Bedeckung Reste von prähistorischen Blockwannen und Siedlungsreste gefunden, die vor etwa 2400 Jahren errichtet wurden (vgl. Kapitel 3.7.1).

#### Hühnerkogel und Sagmoos:

Der kleinräumige aktive Schuttstrom im Hallstätter Salzberg zwischen Sagmoos und Hühnerkogel bewegt sich nur sehr langsam mit einer Geschwindigkeit im cm-Bereich pro Jahr. Die Stirn des Schuttstromes befindet sich am linken Ufer des Kreuzbergbachs.

Der weiter westlich gelegene Sagmoos-Schuttstrom (vgl. Abb. 5.5-7) beginnt unterhalb des Karwand Forstwegs und weist eine Länge von 400 m auf. Die Hauptabbrisszone besteht aus Muschelabrüchen, die sich in der Werfen- und Haselgebirge-Formation rückschreitend erweitern und den Forstweg untergraben können.





Abb. 5.5-7: Schuttstrom Sagmoos mit Abrissfläche im Nährgebiet (EHRET, 2002).

***Hohenfeldkogel:***

Der westlich des Hohenfeldkogel beginnende aktive Schuttstrom weist eine Länge von ca. 100m auf und ist als Folgeerscheinung der Lateral Spreading Bewegungen (vgl. Kapitel 5.6) des Lahngangkogels zu deuten. Das Material besteht aus Plassenkalkschutt und Ton der Haselgebirge-Formation. Für detaillierte Geländebeschreibungen wird auf EHRET (2002) verwiesen.

## 5.6 Kriech- und Driftprozesse

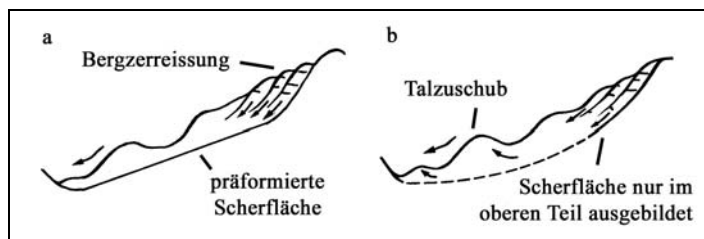
In den folgenden Kapiteln wird auf die Kriech- und Driftprozesse im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen eingegangen. Da diese Prozesse Auslöser für andere Massenbewegungen sind, werden sie zwar im Rahmen dieser Arbeit kurz definiert und erläutert, jedoch stellen sie aufgrund der langsamen Bewegungen über einen langfristigen Zeitraum keine direkte Gefahr für Personen und Objekte im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen dar.

In Kapitel 5.6.1 werden Kriechprozesse im Zusammenhang mit Bergzerreissungen erklärt. Nachfolgend wird in Kapitel 5.6.2 auf das Lateral Spreading als Driftprozess eingegangen.

### 5.6.1 Bergzerreissung (Kriechprozess)

Per Definition sind Kriechprozesse sehr langsame Hangbewegungen im mm- bis dm/a Bereich. Dabei können Kriechprozesse so lange stattfinden bis die Mohr-Coulombsche Bruchbedingung nicht erreicht ist und man ein rein plastische Deformation vorliegen hat.

Ebenso können Kriechbewegungen in der Endphase von Rutschungen auftreten und charakterisieren den Restscherfestigkeitsbereich. Der Verlauf



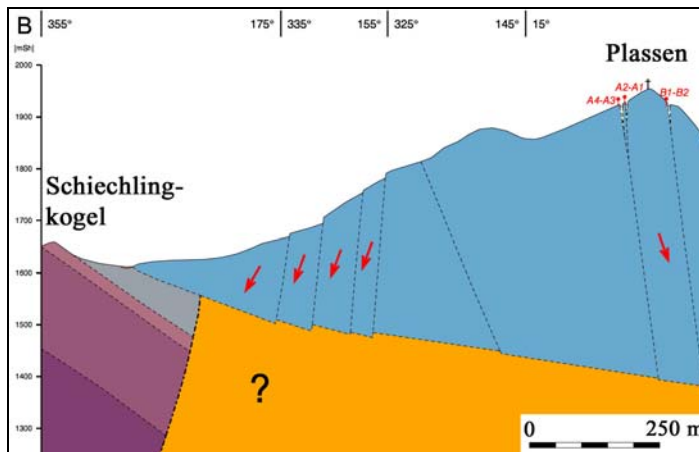
**Abb. 5.6-1:** Bergzerreissung a) und Talzus Schub b) mit unterschiedlich ausgebildeten Scherflächen (mod. nach BUNZA, 1982).

von Kriechbewegungen kann stetig oder unstetig sein und betrifft oft ganze Bergflanken im alpinen Bereich.

Im Rahmen dieser Arbeit spielen vor allem Kriechprozesse im Festgestein eine große Rolle. Dabei handelt es sich um tiefgreifende, großräumige Bewegungen, die von AMPFERER (1939 bis 1941) als Bergzerreissungen bezeichnet werden. Dabei kommt es in Gipfelbereichen zur offenen Spaltenbildung und steilen Abrisskanten mit Auslauf in flachen Gleitflächen. AMPFERER erkannte, dass es sich dabei um Folgen gravitativer Hangbewegungen handelt und nicht um tektonisch bedingte Bewegungen. Ein typisches Merkmal von Bergzerreissungen ist die Doppelgradbildung. Im unteren Teil kommt es oft zur Bildung eines Talzushubs, der in der Literatur sehr unterschiedlich benannt und beschrieben wird.

#### 5.6.1.1 Bergzerreissung im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen

Im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen treten Kriechprozesse als Bergzerreissung im Bereich des Plassens auf. EHRET (2002) beschreibt solche Kriechprozesse an der Nordseite des Plassen Richtung



**Abb. 5.6-2:** Geotechnischer Profilschnitt Schichlingkogel-Plassen. Die Pfeile geben die Bewegungsrichtung an. Im Gipfelbereich des Plassen wurden Divergenzmessungen durch EHRET im Jahr 2002 durchgeführt.

Schichlingkogel. Dabei driften die Plassenkalke auf unterliegenden Mergeln der Zlambach-Formation, jedoch wird die Bewegung durch das Einfallen der Kalkschollen in südliche Richtung abgebremst. In westlicher Richtung halten die Bewegungen aufgrund fehlender Widerlager weiter an. Insgesamt sind die Sackungsbereiche jedoch in einer Phase der Stagnation, was auch durch Divergenzmessungen bewiesen werden konnte EHRET (2002).

### 5.6.2 Lateral Spreading (Driftprozess)

Der Driftprozess beschreibt eine langsam ablaufende laterale Extensionsbewegung, ohne deutlich ausgeprägte Gleitfläche.

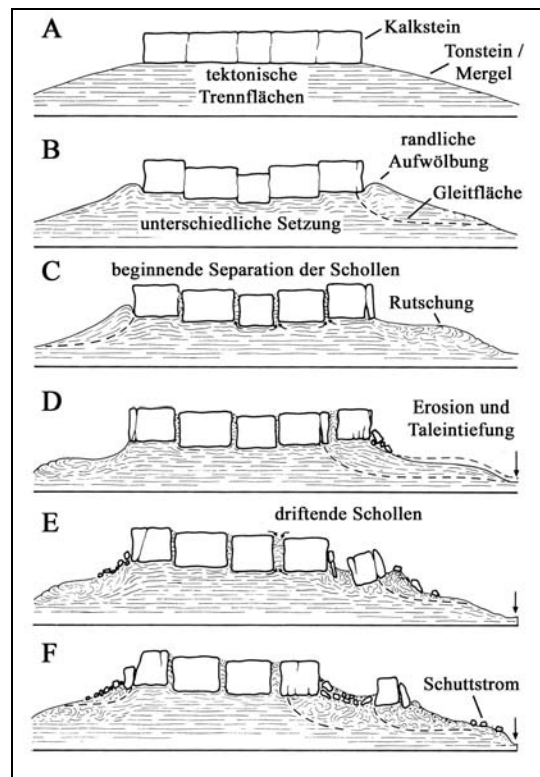
Das sogenannte Lateral Spreading tritt auf, wenn sich harte, spröde Einheiten auf einem weichen, duktilen Sockel befinden.

Dabei bezeichnet man diese mechanische Ausgangssituation häufig auch als „System Hart auf Weich“ (POISEL & EPPENSTEINER, 1988, 1989).

Die Konstellation von hartem Karbonatsockel auf weicher Ton-Mergelunterlage (A) (vgl. Abb. 5.6-3) hat verschiedene sich gegenseitig beeinflussende Massenbewegungen zur Folge. Durch Auflast kommt es im Sockel zu einer plastischen Verformung. Als Folge zerbricht die gesamte Einheit in einzelne Schollen und Blöcke, deren Geometrie durch das Trennflächengefüge beeinflusst wird. Die entstandenen Schollen sinken in die weiche Unterlage ein, was durch aktiven unterirdischen Bergbau verstärkt werden kann (B).

Durch die Vertikalbewegungen treten randliche Aufwölbungen des plastischen Materials auf.

Bei genügend großem Relief setzen sich die



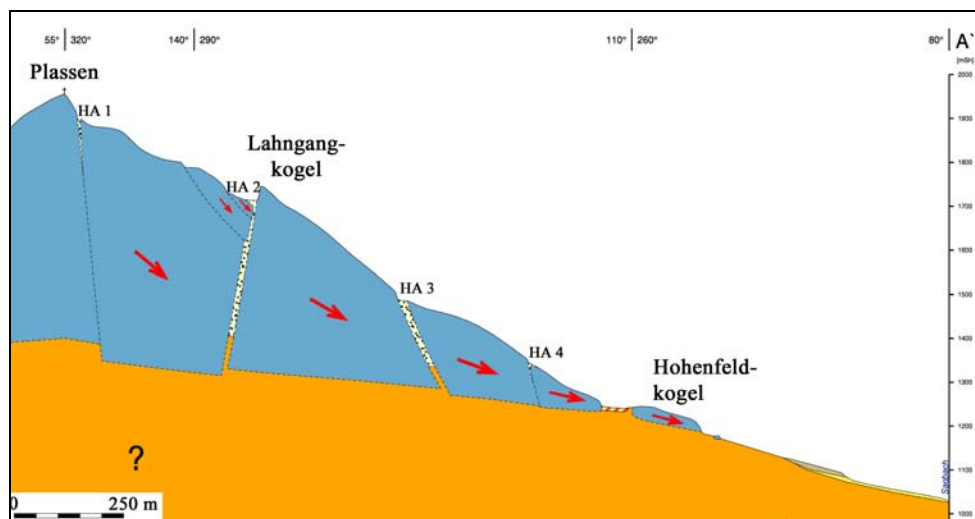
**Abb. 5.6-3:** Das System „Hart auf Weich“ nach DIKAU et al. (1996).

Schollen langsam in Richtung des größten

Gefälles in Bewegung. Es entstehen randliche Rutschungen (C) und eine atektonische Graben-Horst-Struktur. Durch Spalten und Risse kann Wasser verstärkt zur unterlagernden Einheit eindringen und zu intensiven Verwitterung führen (D). Bei den äußeren Schollen kommt es zu einer Zunahme der Freiheitsgradanzahl, wodurch Kipp- und Felssturzprozessen hervorgerufen werden können. (E). Schuttströme sind oft eine Folge solcher Prozesse (F).

### 5.6.2.1 Lateral Spreading im Arbeitsgebiet

Die Plassenscholle erfährt in südöstlicher Richtung am Lahngangkogel zunehmend eine Zerlegung in Schollen. Der Lahngangkogel zeigt eine großräumige Auflösung des Gesteinsverbandes und die Bildung von Spalten und Gräben. Die entstandenen Blöcke driften auf der weichen Haselgebirge Unterlage gravitativ ab und ziehen Felssturz- und Steinschlagereignisse nach sich. Durch die Auflösung des Gesteinsverbandes hat sich an der Hauptabrissskante inzwischen ein 35m breite und 25 m tiefe Rinne gebildet. Das Blockschuttmaterial baut auf der Süd- und Nordostseite des Lahngangkogels Schutthalden auf. Wie der Profilschnitt in Abb. 5.6-4 zeigt wird der Lahngangkogel in 4 - 5 Abrisszonen unterteilt (EHRET, 2002). Randlich tritt im Zusammenhang mit den Lateral Spreading ein lokales Einsinken des Festgesteins in das ausgelaugte Haselgebirge auf, sowie die Auslösung von Schuttströmen (Sagbachschuttstrom). Eine der völlig losgelösten Schollen stellt der Hohenfeldkogel dar, der sich sowie weitere kleinere Schollen von der Plassenscholle bereits entfernt hat.



**Abb. 5.6-4:** Geotechnischer Profilschnitt durch den Plassen-Lahngangkogel-Sagbach mit den 4 Hauptabrissszonen (HA I bis HA IV) und dem losgelösten Hohenfeldkogel (EHRET, 2002).



## 6 Schadenpotentialanalyse

Die Risikoanalyse beinhaltet die 2 Hauptschwerpunkte, Gefahrenanalyse (Prozessanalyse) und Schadenpotentialanalyse, die zusammen das Risiko ergeben. Die Prozesse werden in Kapitel 5 genauer beschrieben. Das Schadenpotential soll in den folgenden Kapitel erörtert werden.

Per Definition der BUWAL (1999) bezeichnet das Schadenpotential die Menge der potentiell durch Naturereignisse beeinträchtigten Objekte in ihrer zeitlichen und räumlichen Verteilung. Neben diesen Objekten müssen in einer ganzheitlichen Betrachtung auch die Systemfunktionen erfasst werden. Besonders wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass die Eigenschaften von Objekten für die Folgenabschätzung in geeigneter Form charakterisiert werden.

### 6.1 Schutzrelevante Objekte

Die folgenden Kapitel sollen auf die schutzrelevanten Objekte im Arbeitsgebiet Hallstatt Plassen eingehen. Das sind vor allem Objekte, die ein mehr oder weniger großes Schutzdefizit aufweisen. Innerhalb der einzelnen Kategorien werden die einzelnen Punkte noch in ihrer Schadenanfälligkeit gewichtet. Um szenarienbezogene **Schutzdefizite** bestimmen zu können, müssen die Rasterdaten der **Intensitäten** mit den **Objektkategorien** in einem Geoinformationssystem (GIS) miteinander verschnitten werden (Kapitel 7 und Kapitel 8). Dabei werden Schutzdefizite an den Stellen ausgewiesen, wo das **Schutzziel** eines Raumelements nicht erfüllt wird. Das heißt, dass die tatsächliche Intensität  $I_{\text{Ist}}$  die maximal zulässige Intensität  $I_{\text{Soll}}$  übertrifft (BUWAL, 1999).

**Schutzdefizit Gewichtungsgruppen** (kurz: SG):

- **Gruppe 1** Objekt weist kein Schutzdefizit auf, die Schadenanfälligkeit ist gering oder nicht vorhanden.
- **Gruppe 2** Objekt weist ein geringes Schutzdefizit auf, es bestehen bereits technische Schutzmaßnahmen.
- **Gruppe 3** Objekt weist ein mittleres Schutzdefizit auf, die Gefahr ist von mittlerer Intensität, es bestehen veraltete oder keine technischen Schutzmaßnahmen.
- **Gruppe 4** Objekt weist ein hohes Schutzdefizit auf, die Schadenanfälligkeit ist hoch. Es bestehen keine technischen Schutzmaßnahmen

Für Personen kann das Schutzdefizit Prinzip nur bedingt angewendet werden, da die Aufenthaltsorte sich ständig ändern können. Die meisten Objekte sind standortgebunden oder ihre Bewegungen können linear nachvollzogen werden (z.B. Standseilbahn). Folglich kann das Schutzdefizit von Personen nur in einem kleinen Umfang berechnet werden. Es kommen dafür lediglich Arbeitsstätten oder Wohnstätten in Frage. Das Schutzdefizit des Objektes wird auf die sich darin aufhaltenden Personen angewendet. Somit überschneidet sich in diesen Bereichen das Objektrisiko mit dem Personenrisiko. Kraftfahrzeuge und andere Fortbewegungsmittel werden nicht in die Risikoanalyse miteinbezogen. Kommt es zu einem Schaden an Personen in KFZ, so wird lediglich das Personenrisiko ermittelt, da der Fahrzeugschaden in diesem Fall

nicht relevant ist. Es wird in diesem Fall grob unterschieden zwischen 2 Sonderklassen, welche bei der Risikoanalyse berücksichtigt werden:

- Objekte mit hohem Personenrisiko-Potential (**SK 1**) aufgrund großer Menschenansammlungen.
- Objekte mit hohem Sachrisiko-Potential (**SK 2**).

## 6.2 Kategorisierung der Objekte im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen

Tab.6.2-1: Kategorien der einzelnen Objekte im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen.

Objektart	Kategorie	Indikatoren
1 Personen	Bewohner Pendler Touristen	Präsenzwahrscheinlichkeit Personenanzahl
2 Gebäude	Wohnhäuser Hotel Büro- und Handel Nachrichten- und Verkehrswesen Werkstätte, Industrie, Lager Freizeit, Kultur, Bildung, Gesundheit Parkplatzflächen Almen, Bootshäuser	Bauart Standort Alter Personenanzahl
3 Leitungsnetz	Elektrizität Telekommunikation	Lage Aufgabe
4 Verkehr	Landesstraße Gemeindestraßennetz Wander- u. Forstwege, Soleleitung Tunnelsystem Standseilbahn	Fahrzeugdichte Personendichte
5 Sonderkategorie	Archäologische Fundstätten Schutzflächen (Natur) Kulturelle Flächen (Kirche etc.)	Lage, Wert? Personendichte

### 6.2.1 Personen

Das Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen ist seit jeher Anziehungspunkt für die Menschheit. Natur und Kultur zeugen von einer umfangreichen Nutzung und Prägung des Gebietes durch den Menschen. Damals wie heute lassen sich folgende Gruppen von Personen unterscheiden, die saisonal, aber auch täglich das Gebiet aufsuchen, sich darin aufhalten, ihrer Arbeit nachgehen, leben und ihre Freizeit verbringen.

### 6.2.1.1 Ansässige Bevölkerung

Da das Arbeitsgebiet eigentlich nur den Gemeindebezirk Hallstatt betrifft kann aus Quellen der Austria Statistik (2005) mit folgenden aktuellen Zahlen zuverlässig gerechnet werden.

**Bevölkerungszahlentwicklung** zwischen 1869 und 2001: Fallend von 1325 auf **946** Bewohner.

Dabei kann man die Bevölkerung im Jahr 2001 nach Geschlecht und Alter wie in Tabelle 6.2-2 aufgeführt wird, einteilen.

Besonders wichtig im Zusammenhang mit dem Personenrisiko auf Verkehrsachsen und in Gebäuden erscheint die Anzahl der Pendler. Eine große Rolle spielt bei der Risikoberechnung die **Präsenzwahrscheinlichkeit  $P_{pr}$** , welche wie folgt nach BUWAL (1998) definiert wird: „Wahrscheinlichkeit, dass sich die Personen in der untersuchten Fläche befinden.“

$$P_{pr} = T_p/24$$

$T_p$  = geschätzte mittlere Aufenthaltszeit der Personen im Objekt in Stunden pro Tag. In Wohngebäuden liegt  $T_p$  bei 18 Stunden, bei Industriegebäuden 10 Stunden, bei Schulen 7 Stunden.

### 6.2.1.2 Pendler

Die Gruppe der Pendler sind vor allem Erwerbstätige, die ihren Wohnort täglich, wöchentlich oder für längere Zeit verlassen. Dabei unterscheidet man zwischen Auspendlern und Einpendlern. Die tägliche Rückkehr sowohl in das Arbeitsgebiet, als auch in die Wohnorte außerhalb ist eine wichtige kalkulierbare Größe, die Aufschluss über das Pendlerverhalten gibt und besonders für die Präsenzwahrscheinlichkeit entscheidend ist. So gibt die Austria Statistik für das Jahr 2001 folgende Zusammenfassung.

Die Gemeinde Hallstatt unterhält eine Grundschule, sowie die Hochschule für Holz und Gestaltung. Die Schüler, die auspendeln besuchen weiterführende Schulen im Bezirk Gmunden. Die Schüler der Holzgestaltungs-Hochschule bewohnen während der Ausbildungssemester Zimmer im Ort, was sich in den Zahl der täglichen Rückkehrer bemerkbar macht. 301 Schüler zuzüglich 42 Erwerbstätige zählen mehr oder weniger kurzfristig die Anzahl der Bewohner um 343 Personen. Jedoch kehren immerhin 31 Schüler und 46 Erwerbstätige nicht täglich nach Hallstatt zurück, so dass die Bewohnerzahl zwischen 869 und 1212 Personen schwanken kann. Der statistische Mittelwert läge somit bei 1040 Personen. Genauer könnte das Pendlerverhalten nach Tageszeiten ausgewertet werden, jedoch liegen hierfür zuwenig Daten über Schulzeiten, Arbeitszeiten (Vollzeit, Teilzeit) vor. So dass man mit einem durchgehend ausgewogenen Zahl rechnen muss.

**Tab.6.2-2:** Einteilung der Bevölkerungszahl der Gemeinde Hallstatt (Austria Statistik 2001).

	Männer	Frauen
Insgesamt:	458	488
0 – 14 Jahre	57	66
15 – 59 Jahre	300	285
60 u. m. Jahre	101	137

**Tab. 6.2-3:** Pendler Gruppen und deren Verhalten im Bezirk Hallstatt (2001).

		Tägliche Rückkehr
Erwerbstätige Insgesamt	<b>396</b>	
Nichtpendler	<b>48</b>	
Gemeinde-Binnen-Pendler	<b>131</b>	<b>131</b>
Auspendler	<b>217</b>	<b>171</b>
Einpendler	<b>211</b>	<b>169</b>
Schüler insgesamt	<b>146</b>	
Schüler-Binnenpendler	<b>40</b>	<b>40</b>
Schüler-Auspendler	<b>106</b>	<b>75</b>
Schüler-Einpendler	<b>425</b>	<b>124</b>

Tatsache ist, dass die Zahl der Bewohner vor allem in den Morgenstunden zum Arbeitsbeginn zwischen 6:00 – 9:00h, in den Mittagszeiten zwischen 12:00 und 14:00h und zu den Arbeitsenden zwischen 16:00 – 20:00h stark fluktuiert.

die Zufahrtswege der Pendler können genauer festgelegt werden, denn die einzige befahrbare Straße, die in das Arbeitsgebiet führt ist die Landesstraße L 547, die von Gosauack im Norden von durch Hallstatt-Lahn nach Obertraun führt. Als zweite Pendlerbeförderung ist die Schifffahrtlinie auf dem Hall-

stättersee zu nennen. Die Hauptlinie verkehrt zwischen dem Bahnhof Hallstatt am östlichen Seeufer und der Anlegestelle im Markt Hallstatt (siehe Kapitel 6.1.4 )

### 6.2.1.3 Touristen

Die Zahlen der Touristenströme, die die UNESCO Kulturlandschaft besuchen ändern sich jährlich, da sie vom Reiseverhalten der Personengruppen abhängen. Jedoch können auch hier zuverlässige Angaben gemacht werden. Probleme erweisen sich nur im Aufenthaltsverhalten der Touristen. Der Aufenthaltsradius von Touristen im Arbeitsgebiet schwankt zwischen mehreren Kilometern (Wanderer, Bergsteiger, Mountainbiker) und wenigen hundert Metern (Ortbesucher, Besucher der näheren Umgebung, sog. Ruhe-Touristen<sup>1</sup>).

Das Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen weist Tourismus „HOT SPOTS“ aus, die ganzjährlich oder saisonal aufgesucht werden können. Diese lassen sich in Gruppen einteilen:

- **Der Markt Hallstatt:** Tourismus – Informationszentrum, Museum Hallstatt, Kirchen, Gassen und Restaurants.
- Der **Hallstätter Salzberg:** Standseilbahn, Besucher-Salzbergwerk, Gräberfeld, Rudolfsturm.
- Das **Echerntal:** Waldbachstrub - Wasserfall, Gletscherwelten.
- Der **Soleitungsweg.**
- Die **Freizeiteinrichtungen** in Hallstatt-Lahn: Minigolfanlage, Badeinsel, Tennisplätze, Campingplatz.
- **Richtung Obertraun:** Hirschbrunn, Kessel, Klettersteig Seewand, Badeplatz.

Dazu kommen noch die touristischen Ziele außerhalb des Arbeitsgebiets. So können Touristen ebenso pendeln wie die ansässigen Bewohner. Nachzuweisen ist ein derartiges Verhalten nur

<sup>1</sup> Ruhe-Touristen bevorzugen den passiven Tourismus mit einem nur geringen Aktionsradius.

an Besucherzahlen in Museen oder Nächtigungen. Gemessen werden auch Standseilbahnbeförderungszahlen, da sich die Zahl der Besucher für die Betreiber der Standseilbahn (Austria Salinen AG) wirtschaftlich rechnen muss. Auch Salzbergwerk-Besucherzahlen geben Aufschluss über die Präsenzwahrscheinlichkeiten von Touristen. Ein weiterer Anhaltspunkt sind Öffnungs- und Führungszeiten von touristischen Einrichtungen. Erschwerend für die Berechnung der Präsenzwahrscheinlichkeit ist, dass sich Touristen je nach Saison nicht nur in Objekten aufhalten, so wie es meist bei Erwerbstätigen der Fall ist. Naturliebende, sowie sportlich-aktive Touristen sind am schwersten zu orten und können in Risikoanalysen kaum berücksichtigt werden. Hier kommt die gesamte Tageszeit als mögliche Bewegungszeit in Frage. Auch spielt die Frequentierung von einzelnen Flächen einen bedeutende Rolle, Zubringer – Wege sind somit wichtige Objekte für die Risikobetrachtung.

### 6.2.2 Gebäude und deren Schadenpotentialeigenschaften

Die Definition der Austria Statistik von Gebäuden lautet: „Gebäude sind freistehende oder – bei zusammenhängender Bauweise – klar gegeneinander abgegrenzte massive Baulichkeiten, deren verbaute Fläche mindestens 20 Quadratmeter beträgt...“. Nach dem Personenrisiko steht das Risiko von Gebäuden auf zweiter Kategorien Stufe. Das Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen beinhaltet 442 Gebäude (Austria Statistik, 2001). Es wird unter folgenden Gebäudearten unterschieden (vgl. Tab. 6.2-4):

**Tab.6.2-4:** Gebäude im Arbeitsgebiet kategorisiert nach der Gebäudeart.

Kategorie	Gebäudeart	Anzahl
1	Wohnhäuser	293
2	Hotels	27
3	Büro und Handelsgebäude	13
4	Nachrichten- und Verkehrswesen	-
5	Werkstätte, Industrie, Lager	12
6	Kultur, Freizeit, Bildung, Gesundheit	11
7	Lawinengalerien, Schutzbauten	4
8	Bootshäuser, Almen, Kirchen, Feuerwehr, Sonstige	86

Da aus der Tabelle im Einzelnen nicht hervorgeht, welche Gebäude konkret gemeint sind, erläutern die folgenden Kapitel genauer den Inhalt der Gebäude - Kategorie. Ebenso wird eingegangen auf deren Lage und potentielle Gefährdung durch Naturgefahren. Dabei wird grob unterschieden zwischen 2 Sonderklassen, welche bei der Risikoanalyse berücksichtigt werden:

### 6.2.2.1 Wohnhäuser (SK 1)

Der Großteil aller Wohnhäuser liegt in den flachen Gebieten des Arbeitsgebiets. Der Ortskern von Hallstatt liegt auf einem Schwemmkegel, welcher aus Mühlbachmaterial aufgebaut ist. Das Ortsbild wie es heute besteht ist teilweise über 500 Jahre alt. Im Jahre 1750 kam es zu einem verheerenden Brandkatastrophe, durch die sehr viel Gebäude vernichtet oder beschädigt wurden. Viele Wohnhäuser bestehen ganz oder teilweise aus Mittelalterlichen Bausubstanz.



**Foto 6.2-1:** Wohnhaus aus dem 15. Jht. an der Hallstätter Seestraße in Hallstatt (2004).

Aufgrund des besonderen Baugrunds wurde eine für Hallstatt typische Bauweise entwickelt, welche bis heute das Ortsbild prägt. Die Wohnhäuser stehen eng gedrängt auf dem Schwemmkegel bis an das Ufer des Hallstättersee, z.T. auch in den See hineingebaut. Da Platzmangel herrscht wurden die Häuser stockwerkartig in den Hang hineingebaut. Die höchstgelegenen Häuser sind durch einen Forstweg (siehe Kapitel 6.5) mit dem PKW erreichbar. IDAM & BUXBAUM (2002) teilen den Ortskern in mehrere Zonen,

wobei die ältesten Gebäude entlang des Mühlbaches stehen, welcher von der Parkterrasse den Ort in nordöstliche Richtung durchfließt und bei der Evangelischen Kirche in den See mündet. Durch diese Kategorisierung der Gebäude lässt sich auch der zu erwartende Schaden bei einem Murereignis nur erahnen (siehe Kapitel 8.). Die älteste Bausubstanz wäre somit das erste „Bollwerk“ gegen die Murmaterialmassen.



**Foto 6.2-2:** Gebäude am Hang in typischer Bauweise Hallstatts (2003).

Ebenso besteht eine Gefahr durch Felssturzereignisse, so wie das Ereignis im Jahr 1965, als von der Fahlwand ein Felssturzblock mehrere Gebäude beschädigte und zerstörte (siehe Kapitel 5.3.1.1). Lawinereignisse sind im Ortskern selten geworden (vgl. Kapitel 5.4.2), da der gesamte Hang oberhalb Hallstatts eine hohe Verbauungsdichte von Schneeschutzmassnahmen aufweist. Jedoch sind das Alter der Verbauungen sehr unterschiedlich und können bisweilen auch überaltert oder beschädigt sein.

Das Ortsbild wird traditionell in mehrere Stadtteile unterteilt („Im Tremischen“, „Im Römischen“, „Pfannhausbüchel“ etc). Der Ortsteil Hallstatt-Lahn weicht in seiner Bebauungsart vom historischen Ortskern ab und wird im folgenden Absatz erläutert.



**Foto 6.2-3:** Hallstatt-Lahn von der Standseilbahn aus fotografiert (2004) mit Blick auf die Badeinsel und die Mündung des Waldbaches.

Hallstatt-Lahn entstand erst Mitte des 18.Jht., als die Saline Arbeiterunterkünfte benötigte und die bis dahin landwirtschaftlich genutzten Flächen bebauen ließ. Ebenso ließen sich auf den Flächen Holzlager für die Soleproduktion und andere industrielle Gebäude errichten. Erst im 19.Jht. entwickelte sich der Ortsteil zunehmend zu einem Wohnortsteil.

Die Bebauungsdichte ist hier sehr viel geringer als im historischen Ortskern. Gefährdet ist der Ortsteil Lahn lediglich durch den Waldbach, der durch den Ortsteil in West-Ost Richtung durchfließt und in den Hallstättersee mündet. Die gefährdete Fläche ist jedoch nur entlang des regulierten Baches als schmaler Streifen ausgeschieden. Bei einem Hochwasserereignis wäre der materielle Schaden relativ gering. Der Gebäudewert lässt sich hier nur schwer abschätzen. Sowohl das Denkmalschutzamt, als auch die UNESCO können hierzu keine Angaben machen. Städtebaulich gesehen sind diese Gebäude Ortsbildner und haben zudem einen hohen traditionellen und kulturellen Wert beigetragen.

Die entscheidenden Parameter zur Berechnung von Sachrisiken von Gebäuden sind von der BUWAL (1999) vordefiniert und gelten für fast alle Gebäude im Arbeitsgebiet, einzig der Raumbezug bezieht sich auf die Kategorie Wohnhäuser:

- **Flächeninhalt:**  
Hallstatt zw. 25 und 100m<sup>2</sup>
- **Überbauungsziffer:**  
Hallstatt Ortskern = 0,9  
Hallstatt Lahn = < 0,5
- **Raumbezug bei Wohnhäuser:**



**Foto 6.2-4:** Orthophoto vom Ortskern Hallstatt (2003) Gut zu erkennen sind die Parkterrassen links im Bild und die hohe Überbauungsziffer (Maßstab: 1 cm = 50 m).



Einfamilienhaus(1)  
 Mehrfamilienhaus (2)

- **Gebäudezahl in der untersuchten Fläche:**

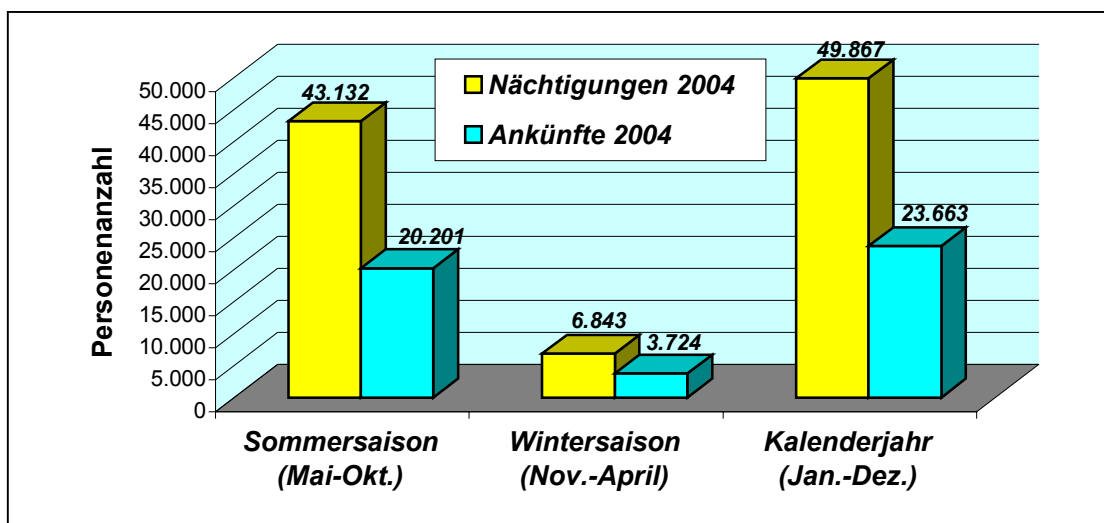
Abhängig vom Naturgefahren Prozess und Schutzdefizit-HOT SPOT (vgl. Kapitel 8).

### 6.2.2.2 Hotels (SK 1)

Hotels sowie Ferienhäuser stellen eine eigene Kategorie dar, da sie unter Umständen eine sehr hohe Präsenzwahrscheinlichkeit von gefährdeten Personen aufweisen. Da Hallstatt ein touristischer Anziehungspunkt ist, übernachten sehr viele dieser Touristen in Hotels, Ferienwohnungen oder auf dem Campingplatz. Die Hotels sind bis auf wenige im Ortskern Hallstatts und Hallstatt-Lahn verstreut und beherbergen zum Teil seit Jahrhunderten Reisende und Touristen. Ferienwohnungen sind im Ortskern, wie auch im Ortsteil Lahn zu finden. Die Gefährdungen sind im Wesentlichen dieselben wie für Wohnhäuser. Felssturz- und Murgangereignisse stellen die Hauptgefahren dar, Lawineneignisse sind dagegen untergeordnet einzuordnen. In Lahn befindet sich auch der einzige Campingplatz von Hallstatt, welcher durch Steinschlag und Felssturzmaterial von der Hirlatzwand bedroht ist. Lawinenabgänge wären hier keine Bedrohung, da der Platz nur in den Sommermonaten geöffnet ist.

Parameter, die zur Erfassung des Schadenpotential von Hotels etc. dienen, stellen vor allem die Nächtigungen von Touristen dar. Da die Parameter für Wohnhäuser hier ebenfalls gelten, sind es im Wesentlichen die Übernachtungen die hier Aufschluss über die Präsenzwahrscheinlichkeit geben. Die Anzahl der sich im Gebäude aufhaltenden Personen ist besonders wichtig bei der Berechnung des Personenrisikos in Objekten.

**Diagramm 6.2-1:** Nächtigungen und Ankünfte im Jahr 2004 bezogen auf Sommer- und Wintersaison in Hallstatt. Die Durchschnittliche Anzahl der Aufenthaltstage liegen bei 2,1. (Daten: Land Oberösterreich, 2004).



Hotels werden bei der Kartenerstellung in Kapitel 7 zu den Wohnhäusern gerechnet, da sich oft die vermieteten Zimmer im Wohngebäude befinden.

### **6.2.2.3 Büro und Handelsgebäude (SK 1)**

Bürogebäude sind Verwaltungsgebäude, Bank, Konferenzzentrum oder ähnliche Gebäude. Die Handelsgebäude sind vor allem Kaufhäuser, Geschäfte, Tankstellen und Souvenirläden. Die meisten Büro- und Handelsgebäude stehen entweder im Ortskern Hallstatts oder entlang der Landesstraße L547 im Ortsteil Lahn, an dessen Straßenseiten sich Supermarkt, Tankstelle und andere Gebäude aufreihen. Besondere Gefahr besteht für die Tankstelle, welche direkt im Ablagerungsgebiet der Kalvarienberglawine (WLV Kataster Nr. 923) liegt. Die Gebäude, wie z.B. das Gemeindeamt, das Touristeninformationszentrum, sowie Bank, Post etc. stehen im historischen Ortskern und sind genau wie die restlichen Wohnhäuser und Hotels durch Felsstürze und Murgänge gefährdet.

### **6.2.2.4 Nachrichten- und Verkehrswesen (SK 1)**

Die Schiffsanlegestellen von Hallstatt, Parkterrassen und öffentliche Parkplätze gehören zu diesen Gebäuden. Das Standseilbahngebäude gehört zur Kategorie Werkstätte, Industrie und Lager, da die Standseilbahn von der Austria Salinen AG betrieben wird.

### **6.2.2.5 Werkstätte, Industrie und Lager (SK 2)**

Zu dieser Gruppe gehören einzelne Gebäude der Austria Salinen AG, Lagerhallen, Fabrikgebäude, Bergwerksgebäude im Ortsteil Hallstatt-Lahn. Bei einer Beschädigung der Salinengebäude durch Felssturzereignisse von der Echernwand könnte es evtl. zu Stillstandszeiten im Salinenbetrieb kommen.

### **6.2.2.6 Kultur, Freizeit, Bildung und Gesundheit (SK 1)**

Hier sind vor allem Schulen, Museum, Bibliothek, Arzt, Sporthalle, Tennisplätze mit inbegriffen. Vor allem der Besuch des Museums von Hallstatt gehört zu jedem Hallstatt-Reisetag und weist einen hohen Besucherandrang auf. Im Jahr 1999 wurden 21.957 Besucher gezählt. Das Museum liegt im Ortskern von Hallstatt und könnte bei einem Murereignis beschädigt werden. Dies gilt auch für das Arzthaus mit der Hausapotheke. Auch ein Felssturzereignis mit Folgeschäden ist hier nicht auszuschließen. Die Einrichtungen in Hallstatt-Lahn sind weniger von potentiellen Naturgefahrenereignissen betroffen.

In diese Kategorie gehören ebenso die Gebäude des Besucherbergwerks im Hallstätter Salzberg Hochtal. Die Besucherzahlen für das Bergwerk lagen hier im Jahr 1999 bei ca. 109.500 Personen (Land Oberösterreich, 2001). Diese Personen betreten hauptsächlich in den Sommermonaten (das Bergwerk ist von April bis Oktober geöffnet) durch das Bergwerksgebäude das Bergwerk. Dieses Gebäude ist eingerahmt von den Felszonen der Fahnwand im Norden und der Hohen Sieg im Süden. In beiden Felswänden kam es bereits zu Felssturzereignissen, in deren Wirkungszone das Gebäude steht. Parkplatzflächen (SK1)

In die Kategorie Freizeit gehören auch die Parkplatzflächen im Ort Hallstatt. Hier sind vor allem



**Foto 6.2-5:** Parkplatzfläche unterhalb der Katholischen Kirche mit Schiffsanlegestelle von Hallstatt (2004).

3 Standorte zu nennen. Die Parkterrassen oberhalb Hallstatts wurden im Zusammenhang mit den Tunnelröhren erbaut. Die Gefährdung welche durch Murabgänge im Mühlbachtal für die Parkflächen besteht wird in Kapitel 8.2.2 dargestellt.

Die Gefahr durch Murmaterial verschüttet zu werden besteht auch für den Parkplatz an der Schiffsanlegestelle im historischen Stadtkern von Hallstatt (siehe Foto 6.2-5). Da direkt daneben der Mühlbach in den Hallstättersee mündet besteht hier die Möglichkeit einer

Überschwemmung oder Übermuring.

Die Parkfläche am südlichen Ortsausgang von Hallstatt-Lahn befindet sich nahe der Tankstelle unterhalb der Kalvarienkirche und ist gefährdet durch einen Lawinenzug. Die Ablagerungszone der Kalvarienberglawine (WLV Kataster Nr. 923, vgl. Anhang) endet direkt in hangnahen Bereichen des Talbodens, in dessen Bereich sich die Parkfläche befindet. Im WLV-Kataster wird eine 10-jährige Wiederkehrdauer angegeben, der Hang ist ungesichert und weist einen schmalen Gang im Wald-Bestand auf.

### **6.2.2.7 Sonstige Gebäude (SK 2)**

Zu dieser Kategorie gehören die Bootshäuser, welche sich abschnittsweise an zugänglichen Stellen am Westufer des Hallstättersee befinden. Ebenso gehören Almen und nicht mehr bewohnbare Gebäude dazu.

### **Almen im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen (SK 2)**

Die Almen sind die einzigsten Gebäude, die nicht als Anhäufung gesehen werden können. Sie stehen zumeist einzeln oder in sehr kleinen Gemeinschaften. Aktuelle Untersuchungen haben gezeigt, dass die Almwirtschaft eine sehr alte Form der Besiedlung im Gebiet Plassen/Dachstein darstellt. Der Verein ANISA<sup>2</sup> nimmt an, dass die mittel- und spätbronzezeitliche Hochweidenutzung im Zusammenhang mit den Anfängen des Hallstätter Bergbaubetriebes stehen könnte. Außerdem wird angenommen, dass viele heutige Almen auf den prähistorischen Fundamenten erbaut wurden. Die südlich des Arbeitsgebietes liegende Plankenalm weist immerhin 60 Hüttenreste in Form von Steinfundamenten auf (MANDL, 1998). Heutzutage sind alle 4 Almen (Durchgangs-, Sattel-, Hirschau- und Schreieralm) im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen unbewirtschaftet und verfallen zum Teil durch mangelnde Pflege und Abwesenheit. Einige Hütten wurden in der traditionellen Blockbauweise rekonstruiert. An

---

<sup>2</sup> ANISA: 1978/79 gegründeter Verein zur Erforschung der Felsbilder in den Nördlichen Kalkalpen.

dieser Stelle soll auch darauf hingewiesen werden, dass jahrhundertealte Bewirtschaftungsformen verloren gegangen sind. Dieser wertvolle Teil der Historischen Kulturlandschaft wurde erst in den letzten Jahrzehnten im Gebiet des Hallstätter Salzberges aufgegeben (PANHOLZER, 2002, Hrsg. in JESCHKE, 2002).

### 6.2.3 Leitungsnetz (SK 2)

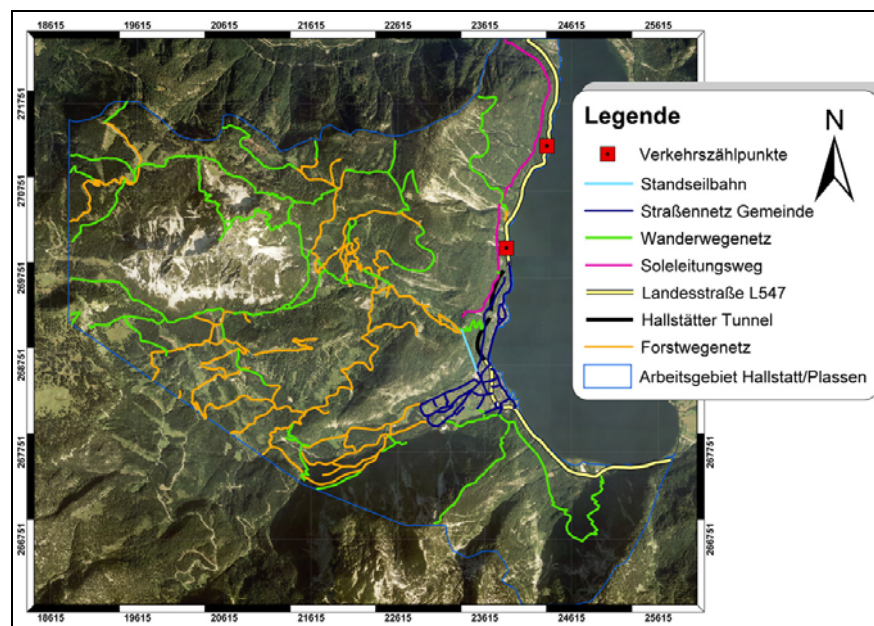
Zur Kategorie Leitungsnetz gehören alle Versorgungs- und Industrieleitungen, die sich im Arbeitsgebiet befinden. Dazu zählen Elektrizität-, Telefon- und Stromleitungen, die während der letzten Jahrzehnte vom Straßenrand der L547 in den Hallstättersee verlegt wurden. Diese Maßnahmen wurden aufgrund der häufigen Beschädigung der Leitungen durch Steinschlag und Lawinen durchgeführt. Diese Leitungen werden in der Objektkategorienkarte nicht berücksichtigt.

### 6.2.4 Verkehr

In den nachfolgenden Kapiteln wird die Situation des Verkehrsnetzes im Arbeitsgebiet erläutert. Dabei wird im Text unterschieden zwischen Straßen, die für den PKW Verkehr tauglich sind und Wege, welche ausschließlich von Personen genutzt werden. Das Personenrisiko steht bei der Risikoanalyse von gefährdeten Verkehrswegen immer an erster Stelle.

#### 6.2.4.1 Straßen- und Wegenetz (SK 1)

Bis zur spät einsetzenden Erschliessung der Region durch Strassen- und Eisenbahnnetze im 18. und 19. Jahrhundert war der Wasserweg auf der Traun und dem Hallstättersee die Hauptverkehrsader. Seit dem 19.Jht. hat jedoch der Straßenverkehr erst durch den historischen Stadtkern Hallstatts und später durch den Hallstätter Tunnel stark zugenommen.



**Abb. 6.2-1:** Wege- und Straßennetz im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen. Die Verkehrszählpunkte spielen in Kapitel 6.2.5.4 eine besondere Rolle.

Betrachtet man das Straßennetz, welches für den KFZ Betrieb zugelassen ist, so gestaltet sich das Arbeitsgebiet recht einfach (vgl. Abb. 6.4-1). Die Landesstraße L547 durchquert das Gebiet in seiner ganzen östlichen Begrenzungslänge. Sie führt von Obertraun durch den Hallstätter Tunnel zur Abzweigung Gosaumühle auf die Bezirksstraße 166 nach Gosau und Bad Goisern. Diese Straße ist einziger Zufahrtsweg der den Markt Hallstatt mit anderen Gemeinden



**Foto 6.2-6:** Landesstraße L547 ca. 2km nördlich des Hallstätter Tunnel mit Lawinengalerie im Hintergrund (2004).

verbindet. Die Strecke führt etwa 20 m über dem Hallstätterseeufer entlang mit steiler Bergseite (Schneidkogel bis Gosauock) bevor sie durch den Hallstätter Tunnel in zwei getrennten Röhren durch das Gestein (Dachsteinkalk) der Hohen Sieg in Hallstatt-Lahn den Tunnel wieder verlässt. Hier verläuft sie ca. 1km durch den Ort, bevor sie wiederum entlang des Seeufers vorbei an der Seewand Richtung Obertraun das Arbeitsgebiet wieder verlässt.

Das Gemeindestraßennetz verläuft durch den Markt Hallstatt einspurig, bis in den Ortsteil Hallstatt-Lahn. Hier erweitert sich das Straßennetz bis ins Echerntal und führt vorbei an der Waldbachstrub durch den Mitterwandtunnel über die „Waldbachleiten“ durch das Spraterbachtal zwischen Solingerkogel und Hoher Sieg in das Tal des Hallstätter Salzbergs. Im Jahr 1974 wurde der Bau einer Zubringerstrasse vom Mühlbach bis zum nördlichen Ortsende beschlossen. Dieser Forstweg, welcher vom

Standseilbahngebäude bis oberhalb des Ortsteils „Im Tremischen“ in einer Sackgasse endet. Die Strasse wurde von der WLV Bad Ischl 1983 zur Erleichterung der Steinsicherungsarbeiten im „Kirchtal“ unterhalb der „Fahnlwand“ fertiggestellt.

Alle weiteren Wege im Arbeitsgebiet sind für den PKW Verkehr gesperrt. Besonders zu erwähnen sind die Wanderwege, welche im Hallstätter Salzberg beginnen. Der Weg Nr. 601 ist der Soleleitungsweg und wurde in Kapitel 6.4.1 beschrieben. Die Wege Nr.640 – 648 durchziehen das Arbeitsgebiet auf und um den Plassengipfel, sowie in den westlichen Gemeindebezirk Gosau und nach Süden Richtung Dachsteinplateau.

Die Austria Salinen AG leitet seit mehreren hundert Jahren die Sole vom Salzberg nach Ebensee zur Aufbereitung. Diese Soleleitung verläuft parallel der L547 gleichbleibend auf 650 mSh von der Mühlbachschlucht bis zum Gosauzwang an der nördlichen Grenze des Arbeitsgebiets. Die Strecke von ca. 3,5 km Länge wird häufig durch Wanderer auf dem Soleleitungsweg abgelaufen und gehört zu einer der Hauptattraktionen im UNESCO Kulturlandschaftsgebiet. Die Leitung, bestehend aus PVC Röhren verläuft im Erdreich in ca. 50

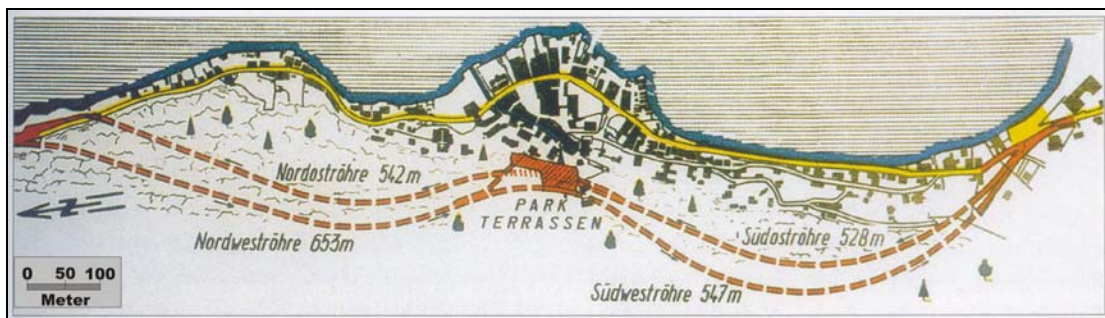


cm Tiefe, könnte jedoch durch größere Felssturz oder Lawinenabgänge beschädigt oder durchtrennt werden (vgl. Felssturzereignis von 1652, Kapitel 5.3).

Ganzheitlich betrachtet sind fast alle Straßen- und Wegabschnitte im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen durch Steinschlag-, Felssturz- und Lawinenergebnisse mehr oder weniger gefährdet. Beispiele für die Gefährdungen sind Lawinenabgänge entlang der L547 (vgl. Kapitel 5.4) oder auch das Felssturzereignis am Fahrweg vor „Waldbachleiten“ im Echerntal im Jahr 1999 (vgl. Kapitel 5.3.), bei welchem die Straße zu einem großen Teil in die Tiefe gerissen wurden. Die Felssturzereignisse am Roten Kögele von 1981 und 1985 beschädigten den darunter verlaufenden Forstweg.

#### 6.2.4.2 Der Hallstätter Tunnel (SK 1)

Nachdem in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts das zunehmende Verkehrsaufkommen im Markt Hallstatt zu einer erheblichen Belastung für Anwohner und Bausubstanz wurde, entwickelte die Gemeinde in Zusammenarbeit mit dem Land OÖ verschiedene Vorschläge für eine Umgehung des dicht bebauten Ortskern. Zur Diskussion stand eine Streckenführung durch den historischen Ortskern (SAPP-Projekt) oder die Umgehung durch einen Tunnel. Am 3. April 1964 entschied man sich gegen die ortszerstörende Strecke, so dass bereits am 18. April mit



**Abb. 6.2-2:** Lageplan der 2 Röhren des Hallstätter Umfahrungstunnel (gestrichelte Linie) mit Parkterrassen im Ortskern (mod. nach URSTÖGER, 2000).

dem Tunnelbau begonnen werden konnte. Das Abraummateriale bildet die heutige Badeinsel in Hallstatt-Lahn.

Die Länge der Tunnelröhren werden mit etwa 1360m angegeben (vgl. Abb. 6.2-2). Die gefährdeten Bereiche der Tunnelstrecke sind die Röhrenaugänge. Vor allem der nördliche Ausgang ist durch Steinschläge von der „Fahnlwand“ und den Lawinenabgängen der Nordportallawine (WLV Kataster Nr. 911, vgl. Anhang 3) gefährdet. Es wurden allerdings in diesem Bereich Steinschlagsicherungen und Lawinenbrücken angebracht. Da die Röhren des Tunnels getrennt und auf verschiedenen Höhen im Gebirge verlaufen, könnte es bei einem Ereignis zu Verkehrsstauungen im Tunnel kommen.

Für Rettungswege und Evakuierungsmaterial im Tunnel ist jedoch gesorgt (vgl. Kapitel 9). Die eigentliche Bedrohung der Tunnelröhren geht von den Murabgängen in der Mühlbachschlucht aus. Die Szenarien und Folgen werden in Kapitel 8.2.2 genauer erörtert.

### 6.2.4.3 Die Standseilbahn der Austria Salinen AG (SK 2)

Die Standseilbahn von Hallstatt führt vom Fuss der Echernwand mit einer Höhendifferenz von 300 m bis zum Standseilbahngebäude südlich des Rudolfturms im Hallstätter Salzbergtal. Die Standseilbahn wurde mit der Eröffnung des Besucherbergwerks eingeweiht, jedoch erstmals als Gondelseilbahn. Die heutige Strecke der Standseilbahn wurde in den 70er Jahren erbaut (vgl. Foto 6.2-7).

Die Hauptgefahr, durch welche die Strecke bedroht ist, geht von den Felssturz- und Steinschlagereignissen von der Hohen Sieg Felszone aus (vgl. Kapitel 5.3.). Jedoch ist der Fahrbetrieb von Oktober bis April eingestellt, so dass es in den für Steinschlag kritischen Jahreszeiten die Gefahr sehr gering ist. Zu Personenschäden könnte es in den Betriebszeiten durch kleinere Felssturzereignisse kommen. Die Wildbach- und Lawinverbauung hat hier jedoch bereits für technische Schutzmaßnahmen gesorgt. Einzig die Sachschäden könnten für die Austria Salinen AG beträchtlich sein.



**Foto 6.2-7:** Blick aus der Bergstation auf die Standseilbahnstrecke nach Hallstatt-Lahn. Rechts im Bild eine Schneebrücke zum Schutz vor Lawinen (2004).

### 6.2.4.4 Verkehrsgrößen zur Erfassung des Schadenpotential

Da auf Verkehrsachsen die Personenzahl entscheidend für das Schadenpotential ist, werden die wesentlichen Größen in den folgenden Absätzen erklärt. Die Quelle der Erhebungsdaten über den Verkehr auf der starkbefahrenen Landesstrasse L547 sind Verkehrszählungen, die im Jahr 1995 und 2000 an zwei Messpunkten zwischen Gosauack und Hallstatt vom Land Oberösterreich, Abt. Verkehrskoordination und öffentlicher Verkehr durchgeführt wurden.

Zählpunkte:

- 586 – 2000: 2,8km südlich der Abzweigung Gosaumühle.  
**DV** (Durchschnittlicher Verkehr in 1h) = 172 KFZ/h
- 585 – 1995: 1,4km südlich der Abzweigung Gosaumühle.  
**DTV** (Durchschnittlicher täglicher Verkehr) = 2939 KFZ/24h,
- 585 – 2000: Lage identisch mit Zählpunkt Nr. 585-1995  
**DTV** = 2400 KFZ/24h

Aus den 2 Zählungen an Punkt 585 wurde eine mittlere **DV** = 110KFZ/h berechnet.

Weitere Parameter, die für die Landesstraße L547 ermittelt wurden:

- **Mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit:**  $v = 60 \text{ km/h}$ .



- **Besetzungsgrad  $\beta$**  = 1,7 (1,5 für Pendlerverkehr und 2,0 für Reiseverkehr; BUWAL, 1999).
- **Busanteil** = 9% (Linienverkehr und Reisebusse, Land OOE, 2000).
- **Letalität  $\gamma$**  = 0,3 (Bergseite sehr steil mit Stützmauer; BUWAL, 1999).

Diese Parameter gehen bei der Risikoberechnung mit ein, wenn z.B. Straßenabschnitte durch Lawinenzüge bedroht sind oder Steinschlaggefahr besteht (siehe Kapitel 8).

### 6.2.5 Sonderkategorie (SK 2)

Diese Kategorie enthält Flächen, die unter besonderem Schutz stehen oder einen hohen kulturellen Wert besitzen, der monetär nicht ausgedrückt werden kann. Die UNESCO hat das gesamte Gebiet als Teil der Kulturlandschaft Hallstatt-Dachstein/Salzkammergut aufgenommen. Der Schutz vor äußeren Einflüssen, welche die Kulturlandschaft zerstören könnte muss von den Gemeinden und den betroffenen Bundesländern hergestellt werden (vgl. Kapitel 3.6). Im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen steht sozusagen 100% der Fläche unter besonderem Schutz. Einige Objekte sind mit mehr Kultur und Geschichte verknüpft als andere, jedoch können in den vorangegangenen Kategorien immer nur einzelne Objekte angesprochen werden. Manche Flächen sind bereits durch andere Institutionen unter besonderen Schutz gestellt worden. So gehört z.B. die Hirlatzwand bis zur Seewand zu einem EU-Naturschutzgebiet. In den folgenden Kapiteln werden weitere Flächenobjekte besprochen und kurz auf deren Gefährdung durch Naturgefahrenprozesse eingegangen.

#### 6.2.5.1 Schutzflächen (Natur) (SK 2):

Das Land Oberösterreich hat in Zusammenarbeit mit dem GENESYS-Projekt (vgl. Kapitel 3.5.1) Naturschutzflächen ausgewiesen. Im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen gehören hierzu das Karmos, die Dammwiese und das Klausmoos. Schutzdenkmäler sind im Arbeitsgebiet der Kessel, der Hirschbrunn und die Eibe an der Evangelischen Kirche (vgl. Abb. 6.5-1).

Sicherlich kann man für diese Objekte nur schwer das Sachrisiko bestimmen. Dazu fehlt ein festgelegter Flächen- oder Objektwert. Jedoch lassen sich diese besonderen Objekte bei der Risikoermittlung im GIS höher gewichten, so dass ein höheres Schutzdefizit und somit auch ein höheres Schadenpotential erhoben werden kann.

Von allen Objekten liegt vor allem die Dammwiese in einem gefährdeten Bereich, da hier die Türme des Lahngangkogels kippen können und Felssturzmaterial in das Feuchtgebiet eindringen könnte. Außerdem zählt die Dammwiese zu einer der archäologischen Fundstätten, die im nächsten Kapitel beschrieben werden.

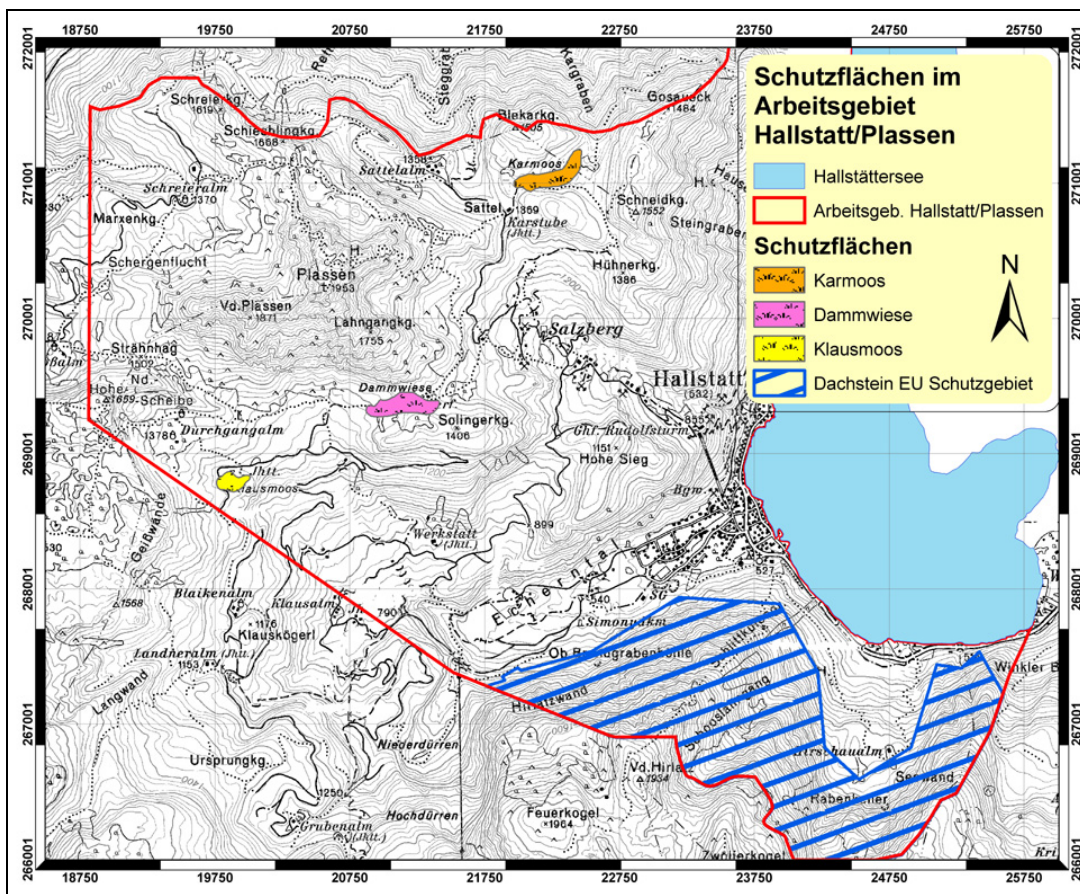


Abb. 6.2-3: Übersicht über die naturgeschützten Flächen im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen (mod. nach GENESYS-Flächen).

### 6.2.5.2 Archäologische Fundstätten (SK1; SK 2)

Die Archäologischen Fundstätten wurden bereits in Kapitel 3.7.2 ausführlich behandelt. In diesem Kapitel soll auf die Gefährdung der Flächen und das daraus resultierende Personen und Sachrisiko eingegangen werden.

Folgende gefährdete Flächen gehören zur Kategorie 5 1:

- Dammwiese: südöstlich des Lahngangkogel.
- Der Hallstätter Salzberg.
- Gräberfeld von Hallstatt: am nördlichen Hangfuß der Hohen Sieg im Hallstätter Salzberg gelegen.

Beide Flächen sind durch Felssturzereignisse gefährdet. Die Dammwiese wurde bereits im Kapitel 5.3.1.6 behandelt. Das Gräberfeld von Hallstatt ist bereits teilweise mit Felssturzmaterial bedeckt und es besteht noch die Tendenz zu neuen Felsstürzen von der Felszone der Hohen Sieg, wie das Ereignis im August 2004 gezeigt hat (vgl. Kapitel 5.3.1.6). Selbst wenn ein großer Bereich der Fläche bereits ausgegraben und die Fundstücke sichergestellt wurden, so stellt das Gräberfeld doch einen einzigartigen kulturelles Erbe dar. Die gesamte Anlage der Gräber, Ihre Anordnung und Ausrichtung ist bedeutend für die Hallstattzeitforschung. Das Sachrisiko ist hoch, jedoch lässt es sich kaum berechnen, da ein materieller Wert nicht festgelegt werden

kann. Für das Gräberfeld lässt sich jedoch auch ein Personenrisiko berechnen, da jedes Jahr in den Sommermonaten Ausgrabungskampagnen stattfinden und ein ständiger Touristenstrom an den Gräbern Richtung Besucherbergwerk vorbeizieht. Für die Festlegung der Besucheranzahl im Salzberg standen für Berechnungen, Zählungen von Besuchern des Bergwerks im Jahr 1999 zur Verfügung. Dabei wurden **97.280 Personen** gezählt, die alle auf dem Gräberfeldweg zum Eingang des Bergwerks und denselben Weg wieder zurück zur Standseilbahn gehen. Dazu kommen noch die Angestellten der Austria Salinen AG, die jeden Tag im Bereich des Besucherbergwerks arbeiten (Kassierer, Führungen, etc.) sowie Archäologen, die in einem der Häuser im Hochtal wohnen und arbeiten. Mit diesen Zahlen lässt sich für bestimmte Abschnitte des Gräberfeldes und des angrenzenden Besucherwegs das Personenrisiko bestimmen. Die Gefährdung des Gräberfeldes und des Archäologenhauses durch Felsstürze von der Hohen Sieg wird in Kapitel 8.2.1 genauer behandelt.

### 6.2.5.3 Kulturelle Flächen

Zu dieser Unterkategorie gehören die kirchlichen und geschichtlichen Flächen im Arbeitsgebiet. Die evangelische und katholische Kirche, sowie der Friedhof und das Beinhaus befinden sich im historischen Stadtkern.



Foto 6.2-8: Katholische Kirche von Hallstatt (2003).

Die katholische Kirche steht erhöht am Hang gebaut und wurde in ihrer Geschichte von Felssturzmaterial und Wassermassen aus dem Kirchtal getroffen. Hinter der Kirche beginnt der steile Bannwald-Hang. Die evangelische Kirche steht direkt am Seeufer neben der Mündung des Mühlbaches. Bei Murgangereignissen kann es im Unterlauf des Mühlbaches zur Gefahr durch Rückstauungen und Überschwemmungen kommen, wovon die Kirche betroffen wäre.

Außerdem gehört zu dieser Kategorie der Rudolfsturm in 300m Höhe oberhalb von Hallstatt, jedoch ist dieses historische Gebäude aufgrund seiner exponierten Lage (855 mSh) kaum gefährdet und wird daher nicht näher erläutert.

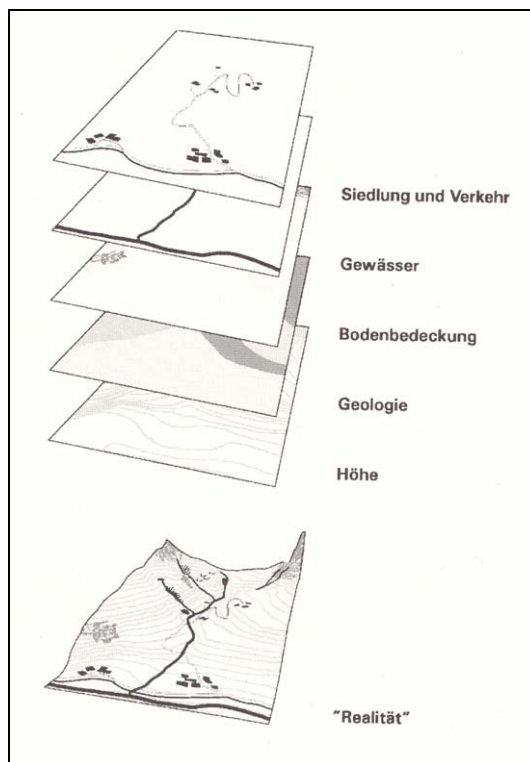
## 7 Kartenerstellung (Gefahrenabschätzung Teil 2)

### 7.1 Die Datenbearbeitung in einem Geographischen Informationssystem (GIS)

Geographische Informationssysteme (kurz: GIS) sind effiziente Instrumente für die Analyse von räumlichen Phänomenen und für die Verwaltung räumlich referenzierter Daten. Sie stellen damit in der Gefahrenbeurteilung ein wertvolles Hilfsmittel dar.

Geographische Informationssysteme eignen sich auch für die Verwaltung von Kataster- und Schadenpotentialdaten (HEINIMANN, 1998). Eine allgemein gültige Definition eines Geoinformationssystem wird in den SIK-GIS Empfehlungen von 1992 gegeben:

*„Unter einem GIS verstehen wir ein Informationssystem, das raumbezogene Daten enthält, und das eine systematische Erfassung, Aktualisierung, Verarbeitung, Analyse und Umsetzung dieser Daten auf der Grundlage eines einheitlichen Bezugssystems gestattet. Ein GIS ist ein Instrument zur Entscheidungsfindung in Verwaltung, Recht und Wirtschaft, sowie ein Hilfsmittel für die Planung.“* (SIK-GIS, 1992).



**Abb. 7.1-1:** Aufgliederung der realen Gegebenheiten in einem Arbeitsgebiet in Informationsebenen (HEINIMANN, 1998).

In einem GIS erfolgt die Datenverwaltung in Informationsebenen, die sich thematisch unterscheiden (vgl. Abb. 7.1-1).

Für die Anwendung kommen im Allgemeinen zwei Konzepte zum Einsatz:

1. Räumlich klar voneinander abgrenzbare Objekte. Die Beschreibung erfolgt im **Vektorformat** mit Punkten, Linien und Flächen, denen Attribute in Tabellen zugeordnet werden.
2. **Rasterformate** sind die Austausch- oder Speicherformate von sog. Rasterdaten. Die einzelnen Bildelemente heißen Pixel und stellen quadratische Grundelemente dar.

Im GIS verwendete Daten zum Verwalten und Analysieren von Naturgefahren können mit weiteren Informationen kombiniert werden und liefern so wertvolle weiterführende Informationsebenen. Dabei darf bei der Verwendung von einem GIS in der Risikobetrachtung von Naturgefahrenprozessen

nicht vergessen werden, dass Geographische Informationssysteme die Arbeit des Naturgefahren-Experten nur unterstützen, aber nicht ersetzen können (HEINIMANN, 1998).

## 7.2 Simulationsmodelle in der GIS basierten Gefahrenabschätzung

Bei der Naturgefahrenanalyse werden Prozesse und deren Ablauf prognostiziert. Dabei kommen oft Modelle zum Einsatz, die die Realität vereinfacht darstellen sollen, da Naturgefahren-Prozesse oft sehr komplexe Systeme darstellen. Um die Richtigkeit von Modellen feststellen zu können, muss man diese mit den realen Gegebenheiten immer wieder vergleichen. Gefahrenprozesse werden dabei in Start-, Transit- und Ablagerungsgebiete unterteilt. Für die Risikoanalyse ist die Berücksichtigung von den Schadenpotentialen in Zusammenhang mit dem Prozessgeschehen von grösster Bedeutung.

Sogenannte Dispositionsmodelle können für Sturz-, Rutsch-, Murgang- und Lawinenprozesse angewendet werden. Im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen wurde für die Sturzprozesse eine Modellierung nach der d8-Methode nach BERCEANU (2000) und KASSEBEER (2001) (vgl. Kapitel 7.4.1) durchgeführt. Rutschungen und Schuttströme haben einen ähnlichen Prozessraum und treten oft in ähnlichen Gesteinseinheiten und Hangneigungsklassen auf. Da sie zwar unterschiedliche mechanische Abläufe aufweisen, jedoch ähnliche Systembedingungen zur Prozessauslösung benötigen, wurden beide Prozesse in einer Prozesskarte Rutschung/Schuttstrom durch Verschneidung mehrerer Informationsebenen nach der Methode von JUANG et al. (1992) dargestellt (vgl. Kapitel 7.4.2). Die Murgangsimulation wurde aufgrund der Standortgebundenheit der Murgänge auf die Mühlbachschlucht nicht durchgeführt, jedoch konnten anhand der Gefahrenzonenpläne Abschätzungen zur Reichweite des Murgangmaterials gemacht werden (vgl. Kapitel 8). Für weitere Aussagen über die Reichweiten von Murgangereignissen in Hallstatt wäre eine Reichweiten-Modellierung mit Erfassung des Geschiebepotentials im Hallstätter Hochtal sinnvoll. Die Lawinensimulation ist mit der Anschaffung von Modellierungssoftware und einem hohen Zeitaufwand sowie Fachwissen verbunden, welches im Rahmen dieser Arbeit nicht zur Verfügung stand. Jedoch wurden anhand der Katasterdaten Annahmen für Schutzdefizitzonen im Ablagerungsbereich der Lawinen durchgeführt (Kapitel 8).

## 7.3 Datengrundlage

Für die Gefahrenabschätzung in einem Arbeitsgebiet ist eine genaue Erfassung aller räumlich-basierten Daten zur Ausstattung des Untersuchungsraumes nötig. Dabei dienen topographische Daten als Verwaltungs-, Darstellungs- und Analysegrundlage. Des weiteren sind Katasterdaten zu Ereignissen, Wildbächen und Lawinenzügen von größter Wichtigkeit. Ein weiterer Analyse-Hintergrund stellen geologische und geotechnische Kartierungen dar. Der Gefahrenzonenplan der WLV Bad Ischl für das Gebiet gibt einen ersten Aufschluss über bereits ausgewiesene Gefahrenzonen und macht Abschätzungen über Schutzdefizitzonen möglich.

Die folgenden Kapitel geben eine Übersicht über die verwendeten Datengrundlagen.

### 7.3.1 Topographische Informationen

Verwendete topographische Informationen zur Gefahrenabschätzung und Systemabgrenzung sind:

- Digitale topographische Informationsebenen der BEV (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen Wien) (Auflösung 400 l/cm, Median 31, Ausschnitt aus der ÖK 96



Bad Ischl und ÖK 95 St. Wolfgang im Salzkammergut, generalisiert auf ein Maßstab 1:50.000): vorliegend als rektifizierte Bilder im tif-Format wertvolle Informationen der ÖK 50 aufgliedert in 8 Ebenen. Diese digitalen Informationsebenen dienen vor allem als Kartiergrundlage und zur Darstellung bei der Kartenerstellung. Folgende Informationsebenen wurden verwendet:

- F - Felszone
  - G - Gewässer
  - H - Höhengichtlinien
  - M - Wegmarkierungen
  - S - Situation
  - T - Gewässerton
  - W - Wald
  - Y – Strassenaufdruck gelb
- 
- Digitales Geländemodell (DGM)

Erst im Jahr 2003 konnte auf ein digitales Geländehöhenmodell mit einer Rasterweite von 10 m von der BEV zurückgegriffen werden. Das zuerst verwendete DGM wies eine Rasterweite von 25 m auf und war für die kleinräumigen Betrachtungen im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen ungeeignet. Die Generierung eines digitalen Geländemodells aus Luftbildern wäre im Photogrammetrischen Institut der Universität Karlsruhe mit viel Einarbeitung in die Programmmodule der Mircostation verbunden gewesen. Die Luftbilder zeigten nach mehreren Versuchen der Verarbeitung extreme Unsicherheiten in der Zuordnung der Passpunkte. Daher wurde für diese Arbeit von einer eigenen Erstellung eines Geländemodells abgesehen.

Folgende Ausdehnungen in Rechts- und Hochwerten beschreiben das Digitale Geländemodell des BEV:

Nördliche Teil: RW l.u. 16500/ HW l.u.268400  
RW r.o. 24500/ HW r.o.272500

Südliche Teil: RW l.u. 18500/ HW l.u.266000  
RW r.o. 26000/ HW r.o.268500

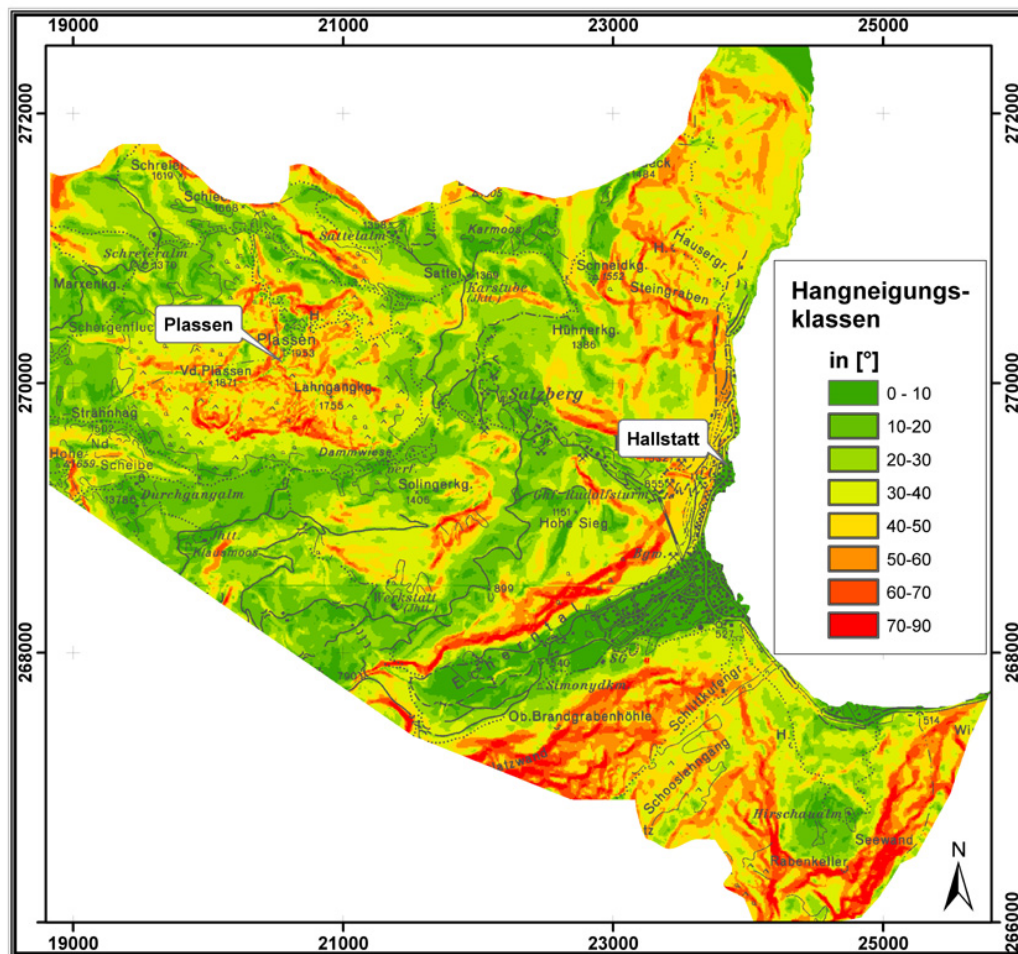
Diese Ausdehnungen gelten auch für die digitalen topographischen Informationen des BEV.

Aus dem DGM konnten mit einfachen Standard Funktionen von ArcInfo™ wichtige Informationen über die Hangneigung im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen gewonnen werden (vgl. Abb. 7.3-1). Für die weitere Verarbeitung der neuen Informationen wurden die darin enthaltenen Werte mittels des Grid-Modul Befehls „reclass“ (vgl. Kapitel 7.3) neu eingeteilt.

Da das Arbeitsgebiet während der Projektdauer um einen südlichen Teil erweitert wurde, konnten die später aquirierten digitalen Höhenmodell Daten nicht mehr an den nördlichen Teil angepasst werden. Daher wurden die Berechnungen der Prozesskarten



zum Teil in einen Nord- und Südteil unabhängig voneinander durchgeführt, jedoch als Gesamtkarten visualisiert



**Abb. 7.3-1:** Verteilung der Hangneigungsklassen im Arbeitsgebiet basierend auf Berechnungen aus dem digitalen Höhenmodell (Rastergröße: 10m) (BEV).

- Orthophotos des BEV:  
Durch neue Befliegungen in den Jahren 2002 konnte das BEV Orthophotos aufweisen, die zur genaueren Betrachtung und Abschätzung der Gefahren im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen verwendet wurden. Dabei unterscheiden sich die farbigen Orthophotos in Auflösung und Informationsgehalt wesentlich von den qualitativ schlechteren schwarz-weiß Orthophotos aus früheren Befliegungen.  
Aus den Orthophotos konnten Informationen über schwer zugängliche Bereiche im Gelände, wie z.B. die Abbruchgebiete für die Berechnung der Sturzprozesse, erhoben werden.

### **7.3.2 Datengrundlage der Wildbach- und Lawinenverbauung – GBL Bad Ischl<sup>3</sup>**

Die Wildbach- und Lawinenverbauung (kurz: WLV) ist zuständig für die gesamte Gefahrenzonenplanung. Ebenso verwaltet diese Behörde die Katasterdaten der Wildbachbereiche und Lawinenzüge. Ausserdem konnte bei der Gebietsbauleitung Bad Ischl großzügigerweise auf Daten über die verschiedenen Projekte und Verbauungen zurückgegriffen werden. Auch wenn es um Fotomaterial ging, zeigte sich die WLV sehr kooperativ.

Die Katasterdaten sind vor allem für die Lokalisierung von Wildbächen und Lawinen ein erster Anhaltspunkt. Außer der geographischen Lage enthalten diese Daten noch Auskünfte über den Charakter des Wildbaches oder Lawinenzuges. Diese Informationen gingen vor allem in die Beschreibung der Prozesse in Kapitel 5 mitein (vgl. Anhang 1 und 2). Jedoch wurden auch räumliche Daten unterstützend zur Risikoanalyse hinzugezogen (z.B. Ausdehnung der Lawinenzüge) und zur Ausweisung von Schutzdefizitzonen herangezogen.

Das Projekt Bannwald wurde bereits in Kapitel 3.5.2 angesprochen. Es existierten auch Informationen über die Verbauungen am Hallstätter Haushang unterhalb der Hohen Sieg, Echernwand und Fahnwand, die zur Risikoanalyse hinzugezogen werden konnten.

Der Gefahrenzonenplan wird gesondert in nachfolgenden Kapitel 7.3.3 erklärt.

### **7.3.3 Der Gefahrenzonenplan**

Um das Naturgefahrenrisiko eines Gebietes bestimmen zu können ist es hilfreich für den Bearbeiter den örtlichen Gefahrenzonenplan (kurz: GZP) hinzuzuziehen. Die darin enthaltenen Informationen sind jedoch meist nur auf siedlungsnahen Talflächen begrenzt. Gefährdete Hanglagen werden dabei kaum berücksichtigt. Im Folgenden soll der Gefahrenzonenplan im Allgemeinen und die Bedeutung des Hallstätter Plans für die vorliegende Arbeit genauer definiert werden.

#### **7.3.3.1 Die Gefahrenzonenplanung in Österreich**

Mit der Zunahme der Bevölkerung, sowie der starken Bau- und Siedlungstätigkeit in den Alpentälern wurde in den 60er Jahren die Notwendigkeit erkannt, in der Raumplanung ein Instrument zu schaffen, welches das Vordringen von Siedlungsflächen in durch Wildbach- und Lawinen gefährdete Flächen zu unterbinden. Das Forstgesetz von 1975 bildet die gesetzliche Grundlage für die Gefahrenzonenplanung in Österreich. Die Ausführungen werden in der Verordnung über Gefahrenzonenpläne (1976) erläutert. Der Gefahrenzonenplan wird nach dem (Bundes-) Forstrecht vom regional zuständigen forsttechnischen Dienst der Wildbach- und Lawinenverbauung erstellt. Die Gefahrenzonen werden auf der Grundlage des Grundstückkatasters dargestellt und im Wortlaut hinsichtlich ihrer Ursache und Ausdehnung beschrieben (WLV, 2002). Die Gefahrenzonenpläne besitzen zwar keine unmittelbare Rechtswirksamkeit für die örtliche Raumordnung, sie finden aber zunehmend Berücksichtigung in der Flächenwidmungs- und Bebauungsplanung. Die CIRPA<sup>4</sup> fordert eine international übergreifende Alpengemeinden-Gefahrenzonenplanung.

---

<sup>3</sup> WLV – GBL Bad Ischl: Wildbach- und Lawinenverbauung – Gebietsbauleitung Bad Ischl.

<sup>4</sup> CIRPA International, Im Bretscha 22, FL 9494 Schaan. cirpa@cirpa.org.

Ein Gefahrenzonenplan enthält die Wildbach- und Lawinengefährdeten Bereiche und deren Gefährdungsgrad, sowie die für Schutzmassnahmen erforderlichen Flächen.

**Rote Gefahrenzone:** umfasst alle Bereiche, deren ständige Nutzung für Siedlungs- und Verkehrszwecke durch das hohe Mass der Gefährdung nicht oder nur mit unverhältnismässig hohem Aufwand möglich ist.

**Gelbe Gefahrenzone:** zeigt das Ausmass der Gefährdung, dass die ständige Nutzung unter Einhaltung bestimmter Schutzmassnahmen möglich ist.

**Blaue Vorbehaltsbereiche:** zeigt die Durchführung von Massnahmen der Wildbach- und Lawinenverbauung oder eine besondere Art der Bewirtschaftung an, welche sichergestellt werden soll.

**Violette Hinweisbereiche:** stellen die Abhängigkeit der Schutzfunktion von der Erhaltung des Bodens oder des Geländes dar.

**Braune Hinweisbereiche:** zeigen welche Wirkungsbereiche anderer als von Wildbächen und Lawinen ausgehenden Naturgefahren (Steinschlag, Rutschungen, Erosion, u.ä.) an.

Der Bemessungszeitraum für die Wiederkehrwahrscheinlichkeit liegt bei **150 Jahren** (WLV, 2002).

### **7.3.3.2 Bedeutung des Gefahrenzonenplanes für die Risikoanalyse**

Der für diese Arbeit von der Wildbach- und Lawinenverbauung Bad Ischl zur Verfügung gestellte Gefahrenzonenplan von Hallstatt lag zum Bearbeitungszeitpunkt noch in analogem Format vor. Im Jahr 2004 wurde in der Gebietsbauleitung damit begonnen den Gefahrenzonenplan in ein GIS zu übertragen. Für die vorliegende Arbeit wurden Teile dieses Planes abdigitalisiert und waren ein sehr hilfreiches Orientierungsinstrument. Vor allem zu Beginn der Risikoanalyse war der Zonenplan die Basis für weitere Untersuchungen. Jedoch liefert der Plan keine Informationen über das Prozessgeschehen von Naturgefahren. Da sich die Erhebungsflächen nur auf Talsohlenbereiche beziehen, bleiben die eigentlichen Auslöse- und Transportvorgänge unberücksichtigt. Betrachtet man jedoch das Schutzdefizit von Schadenspotentialen ist der Gefahrenzonenplan sehr aussagekräftig. In Verbindung mit Wildbach- und Katasterdaten können auch Aussagen über die Wirksamkeit von risikomindernden technischen Massnahmen getroffen werden (siehe Kapitel 9).

### **7.3.4 Geologische und Geotechnische Kartengrundlagen**

Für die Risikoanalyse der gravitativen Naturgefahren im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen konnte zurückgegriffen werden auf mehrere früher entstandene Arbeiten, die bereits in Kapitel 3 erwähnt wurden.

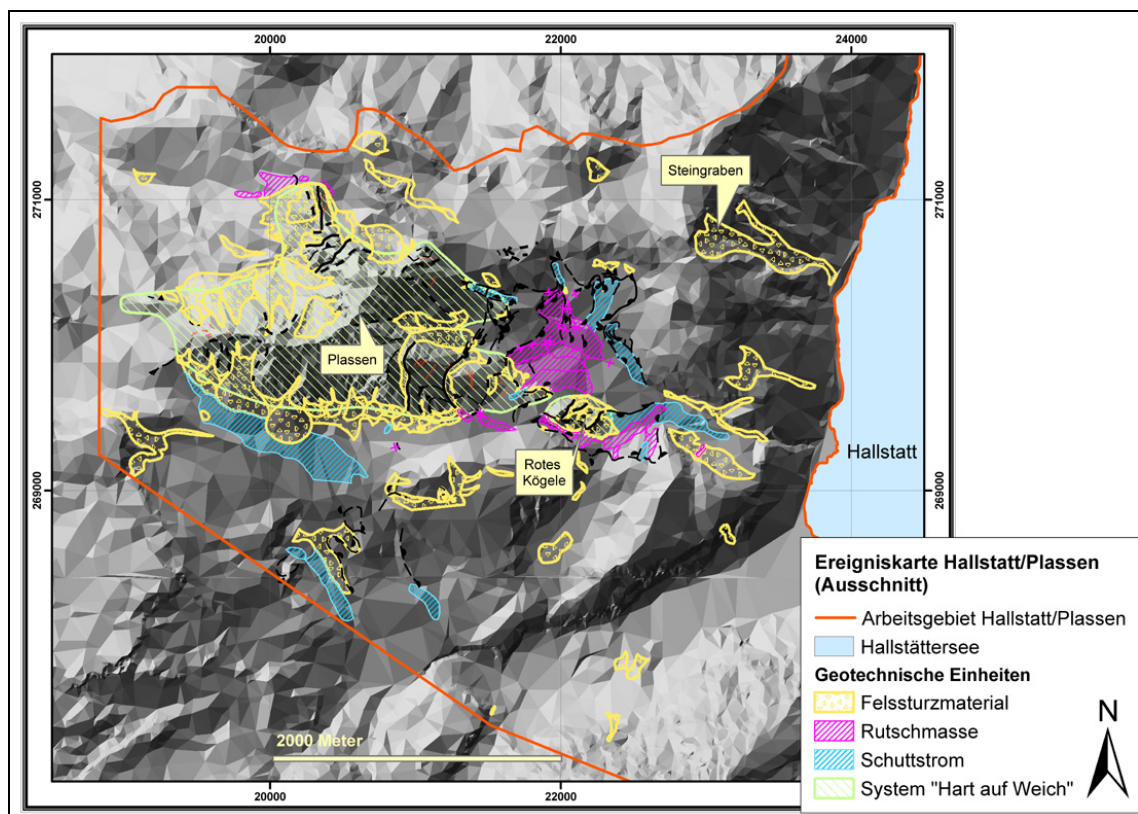
Dabei wurden für die Gefahrenabschätzung folgende geologische und geotechnische Kartenwerke teilweise verwendet und optimiert:

- Geologische Karte der Dachsteinregion (1998): 1:50.000, Wien, Geologische Bundesanstalt und Umweltbundesamt.
- Geologische Karte der Republik Österreich 95 (1982): St. Wolfgang im Salzkammergut, 1:50.000 (Geologische Bundesanstalt, Wien).

- Geologische Karte der Republik Österreich 96 (1982): Bad Ischl. (Geologische Bundesanstalt, Wien).
- Geologische und Geotechnische Karten der Diplomarbeit von EHRET, 2002, Universität Karlsruhe.
- Geologische und Geotechnische Karten der Diplomarbeit von MERKL, 1989, Universität Erlangen.
- Geologische und Geotechnische Karten der Diplomarbeit von ROHN, 1987, Universität Erlangen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine aktualisierte geologische und geotechnische Karte erstellt, die eine Übersicht über die Verhältnisse im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen geben. Die Erstellung von Gefahrenkarten stand jedoch im Vordergrund der Arbeit, darum wurde auf einen Ausdruck der geologischen und geotechnischen Karten verzichtet. Diese befinden sich im pdf-Format auf der beigelegten CD-Rom (vgl. Anhang).

### 7.3.5 Ereigniskarte



**Abb. 7.3-2:** Vereinfachte Darstellung der Verbreitung von gravitativen Ereignissen und deren „stumme Zeugen“ im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen.

Die Ereigniskarte (vgl. Abb. 7.3-2) soll einen Überblick über die verschiedenen Massenbewegungen im Arbeitsgebiet liefern. Die Ergebnisse der Prozesskarten basieren aus den Erkenntnissen der tatsächlich in der Realität vorkommenden gravitativen Ereignisse (vgl. Kapitel 5). Ihre Verteilung gibt erste Hinweise auf die Standortparameter und Gefahren-HOT SPOTS (vgl. Kapitel 8).

## 7.4 Prozesskarten

In den folgenden Kapiteln wird auf die Erstellung der Prozesskarten eingegangen. Kriech- und Driftprozesse wurden nicht mittels Prozesskarten dargestellt, da sie für die Gefahrenabschätzung relativ unbedeutend sind. Um Lawinenprozesse im Arbeitsgebiet darzustellen, benötigt man eine geeignete Modellierungssoftware um genaue Aussagen über die Wirkungsbereiche in der Auslaufzone der Lawinen machen zu können, daher wurden räumliche Katasterdaten mit den Schadenpotentialen kombiniert um Schutzdefizite aufzeigen zu können. Über Prozessbereiche von Rutschungen und Schuttströme Aussagen machen zu können muss eine Gewichtung von Informationsebenen erfolgen (Kapitel 7.4.1). Sturzprozesse können mittels Trajektorienmodelle im GIS dargestellt werden (Kapitel 7.4.2).

Prozesskarten ergeben nach der Verschneidung mit der Objektkategorienkarte eine Gefahrenkarte, auf welcher basierend Aussagen über Schutzdefizitzonen gemacht werden können.

### 7.4.1 Prozesskarte: Steinschlag und Felssturz

Sturzprozesse können basierend auf der *d8 – Methode* von JENSON & DOMINIQUE (1988) berechnet werden. Dabei wurde der Schwerpunkt der Berechnungen auf den Transitbereich gelegt. Um die Reichweite mit der Sturzbahn kombiniert berechnen zu können müssen physikalische Bodenparameter mit der Sturzbahnberechnung kombiniert werden. Zum Zeitpunkt der Arbeit wurde an einem derartigen Ansatz am Institut für Angewandte Geologie gearbeitet (BERCEANU, in Vorbereit.). Da die für Personen und Objekte gefährlichsten Felssturzereignisse am Hallstätterseeufer ihren Auslaufbereich im See haben, wurde auf eine Reichweitenanalyse verzichtet. Die Sturzbahnen enden entweder im See oder kurz davor, da hier das hohe Gefälle der Hanglagen schlagartig in ein Nullgefälle der schmalen Uferzonen übergeht.

#### 7.4.1.1 Abbruchgebiete und *d8 Methode*

Die Abbruchgebiete wurden basierend auf den verschiedenen geotechnischen Kartierungen im Arbeitsgebiet ausgewiesen. Dabei wurden die potentiell gefährlichen Felszonen neu ausgewiesen und Abbruchgebiete festgelegt. Da die meisten Schadenpotentiale (Hallstatt) im Hangfuss der Uferwände zwischen Echernwand und Gosauack liegen, wurde bei Begehungen auf diesen Bereich besonderen Wert gelegt. Weitere Informationen über die Bereiche die nur schwer zugänglich sind, ließen sich aus Ortho- und Luftbildern gewinnen. Dabei konnte eine Hangneigungsbereich größer  $55^\circ$  als Abbruchgebiet im Vergleich mit realen Felssturzonen ausgewiesen werden.

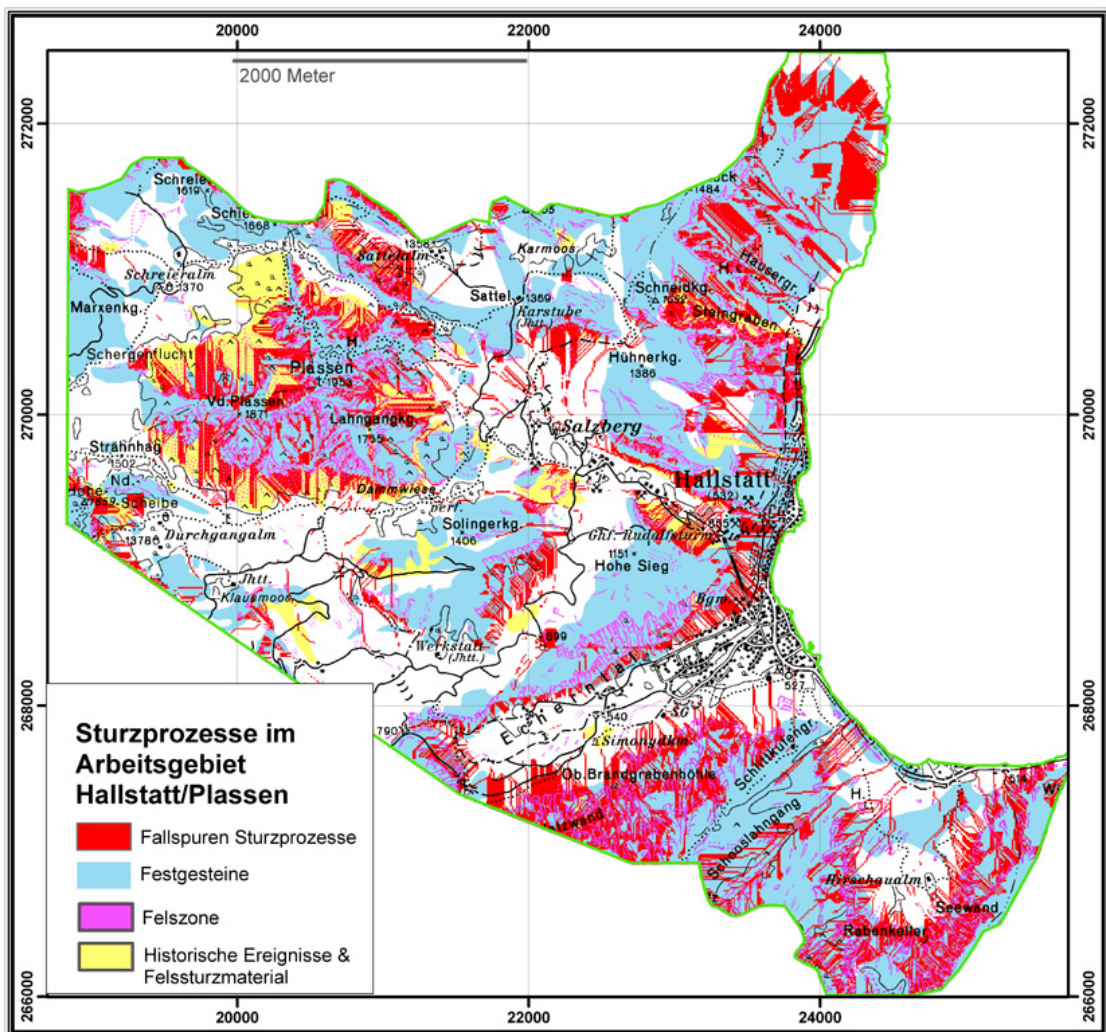
Die *d8-Methode* basiert auf ArcInfo<sup>TM</sup> Befehle, wobei jeder Zelle in einer gerasterten Hangneigungsebene die Richtung des niedrigsten Nachbars in einem berechnet wird. Danach wird der direkte Weg von der Ausgangszelle zu den tieferen Zellen dargestellt. Aufgrund des sehr schnell geringer werdenden Gefälles enden die Sturzbahnen in den Talbodenbereichen des Arbeitsgebietes. Um dennoch unrealistischen Auslaufbahnen vorzubeugen, wurde ein Bereich mit der Hangneigung  $< 15^\circ$  als Grenzbedingung im Auslauf ausgewiesen. Diese Annahme beruht auf der Geländeanalyse, bei der Bereiche mit Felssturzmaterial auf deren



Neigungswinkel im Ablagerungsbereich untersucht wurden. Das Ergebnis ist ein Bereich zwischen  $15^\circ$  und  $30^\circ$ .

#### 7.4.1.2 Interpretation Prozesskarte Felssturz/Steinschlag

Die Prozesskarte „Sturz“ zeigt vor allem Fallspurenkonzentrationen im Bereich des Hallstätterseeufers und in radialer Ausbreitung um den Plassen. Ebenso sind die Echernwand und Hirlatzwand von Felssturzereignissen betroffen. Historische Felssturzereignisse konnten mit der Fallspurenanalyse nachgewiesen und anhand von Detailausschnitten dargestellt werden (vgl. Kapitel 5.3).



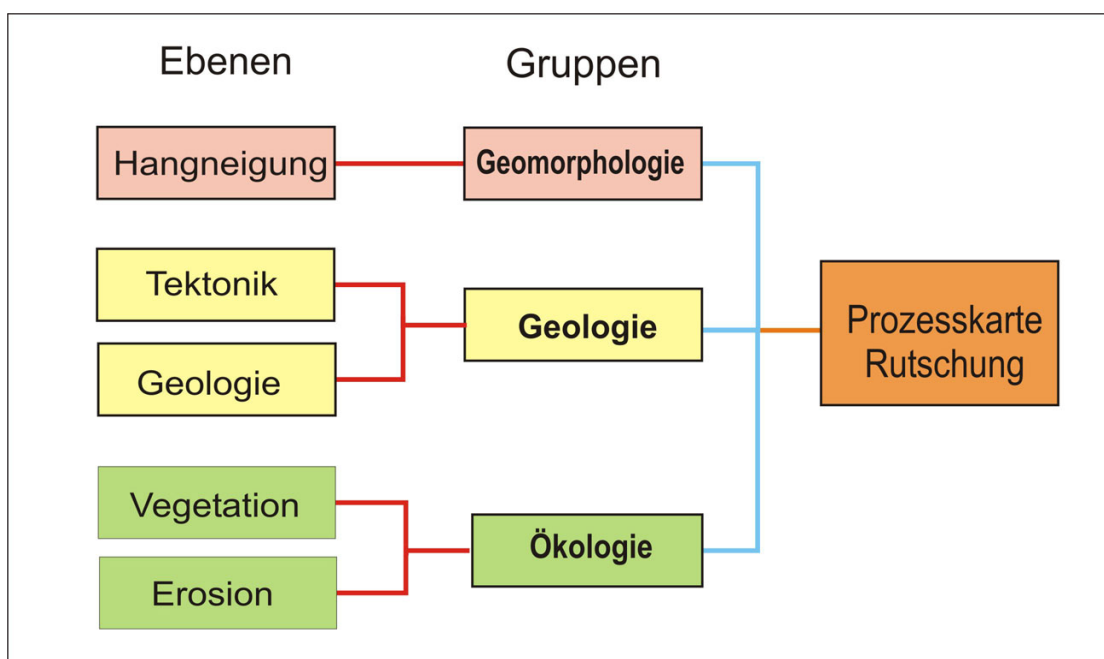
**Abb. 7.4-1:** Ergebnisse aus der Fallspurenanalyse mit der d8-Methode in (modifiziert nach BERCEANU, 2000 und KASSEBEER, 2001).



### 7.4.2 Prozesskarte Rutschung / Schuttstrom

Um potentielle Rutschungsbereiche festlegen zu können, wurden verschiedene Informationsebenen nach ihrem Gefährdungsgrad bewertet und miteinander vertikal kombiniert. Diese Methode basiert auf eine Methode von JUANG et al. (1992) und REITERER (2001) und wurde von KASSEBEER (2002) optimiert.

In einem ersten Schritt werden die Informationsebenen mit verschiedenen Parametern zur Geomorphologie, Geologie, Vegetation und Erosion in fließenden Gewässern georeferenziert um später miteinander verschnitten werden zu können. Dabei werden den Inhalten einzelner Ebenen verschiedene Werte zwischen 0 und 1 zugeordnet, die die Gefährdung von sehr schwach (0) bis stark (1) qualitativ beschreiben.



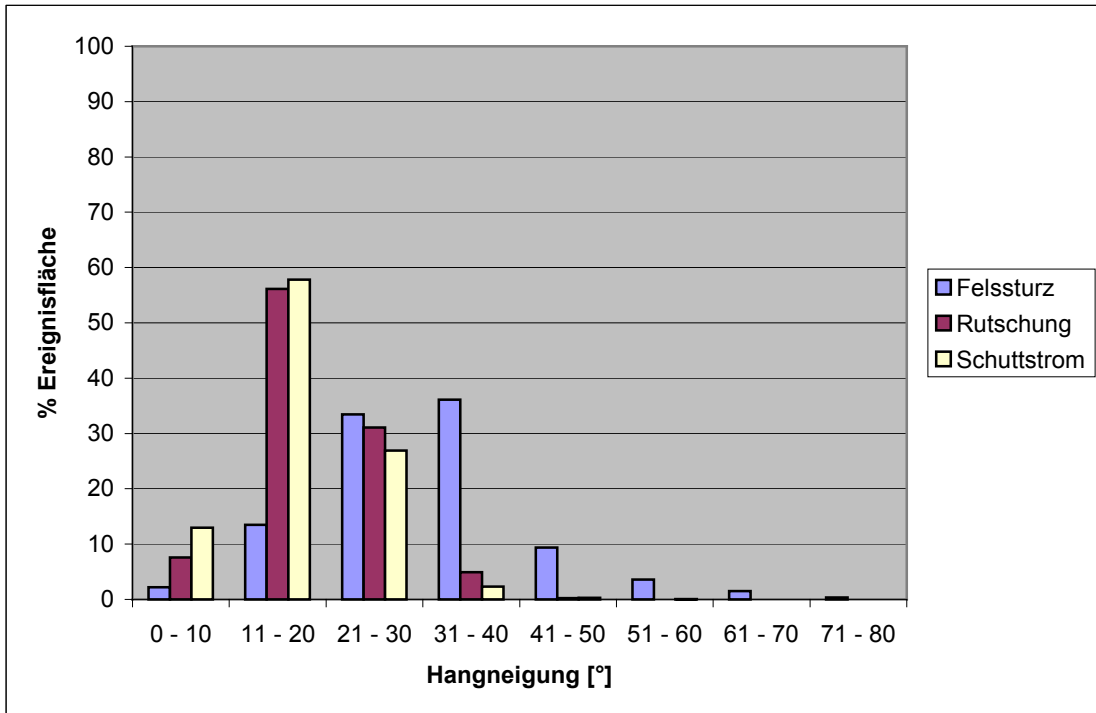
**Abb. 7.4-1:** Kombination der Informationsebenen und –gruppen zu einer Suszeptibilitätskarte der Rutschungsprozesse.

#### 7.4.2.1 Hangneigung

Die Hangneigung ist einer der Parameter, der für die Entstehung von Schuttstrom- und Rutschungsbereichen besonders ausschlaggebend ist. Gefährliche Hangneigungsbereiche im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen wurden durch eine statistische Auswertung und Geländebegehungen ermittelt. Dabei wurde folgende Verteilung (vgl. Diagramm 7.4-1) festgestellt.

Die Bewertung der Hangneigungsbereiche erfolgt nach der Verteilung der Rutschung bezogenen Hangneigungen.

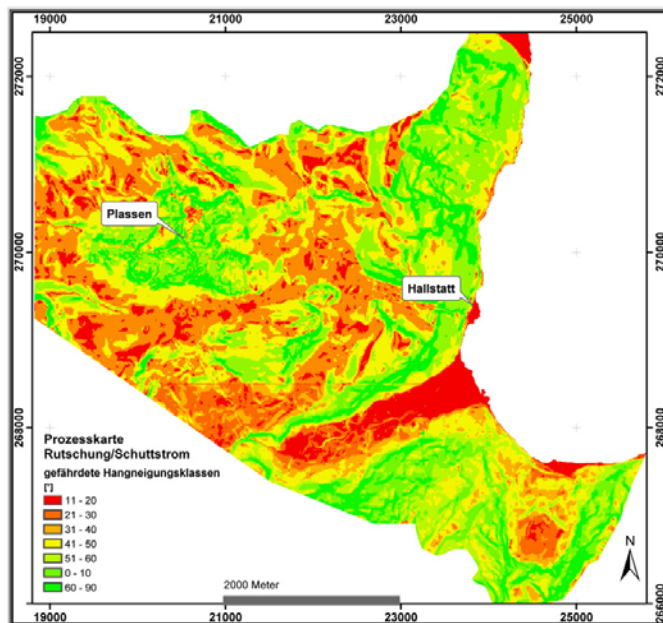
**Diagramm 7.4-1:** Verteilung der Hangneigung in Felssturz-, Rutschungs- und Schuttstromflächen im Vergleich zur Verteilung der Ereignisse.



Dabei wird der Bereich 61°-90° nur gering gewichtet, da sich in diesen Hanglagen vermehrt Sturzprozesse abspielen und die Rutschprozesse nachlassen.

Der am höchsten gewichtete Bereich liegt zwischen 11° und 20°, da viele Rutschungen und Schuttströme im Grundmoränenablagerungen oder der Haselgebirge-Formation auftreten (vgl. Tab. 7.4-1).

Hangneigung	Gewichtung
0°-10°	0,2
11°-20°	0,9
21°-30°	0,7
31°-40°	0,6
41°-50°	0,4
51°-60°	0,3
60°-90°	0,1

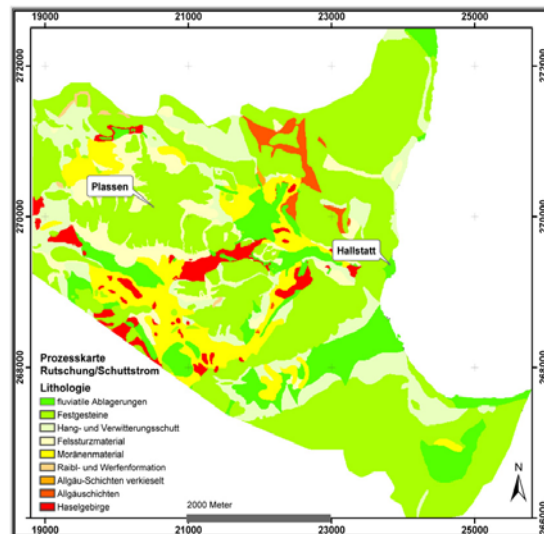


**Tab. 7.4-1** und **Abb. 7.4-2:** Gewichtung der rutschgefährdeten Hangneigungsbereiche.

### 7.4.2.2 Lithologie

**Tab. 7.4-2:** Gewichtung der rutschungsgefährdeten lithologischen Einheiten.

Lithologische Einheit	Gewichtung
Fluviatile Ablagerungen	0,1
Festgesteine	0,2
Hang- und Verwitterungsschutt	0,3
Felssturzmaterial	0,4
Raibl-Formation + Werfen-Formation	0,5
Moränenmaterial	0,6
Allgäuschichten (verkieselt)	0,7
Allgäu- und Zlambachschichten	0,8
Haselgebirge	0,9



**Abb. 7.4-3:** Verteilung der rutschgefährdeten lithologischen Einheiten.

Die geotechnischen Einheiten im Arbeitsgebiet wurden in Fest-, veränderlich feste und Lockergesteine unterteilt. Dabei sind die Festgesteine nur selten an Rutschungen beteiligt. Im Arbeitsgebiet sind es vor allem die Lockergesteine und veränderlich festen Gesteine, die die Rutschungsbereiche charakterisieren. Dabei wurde eine Gewichtung aufgrund der Verteilung der Rutschmassen in den verschiedenen Einheiten und Kartierergebnissen aus früheren und aktuellen Geländebegehungen ausgewertet und wie folgt gewichtet.

### 7.4.2.3 Störungen

Da die Zerrüttungszonen von Störungen eine Auflockerung des Gesteinsverbandes bedeuten, muss in der Nähe von Störungen mit erhöhten Wasserwegsamkeiten gerechnet werden, die wiederum eine Auslaugung des Untergrundes und somit eine erhöhte Vulnerabilität für Rutschungen bedeuten. Da im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen die Rutschungen nicht an Störungszonen gebunden sind wurden der Abstand zu den Störungszonen zwar berücksichtigt, jedoch gering bewertet.

- 200m Abstand zur Deckenabschiebung : 0,5
- 100m Abstand zu Störungen und Blattverschiebungen: 0,3

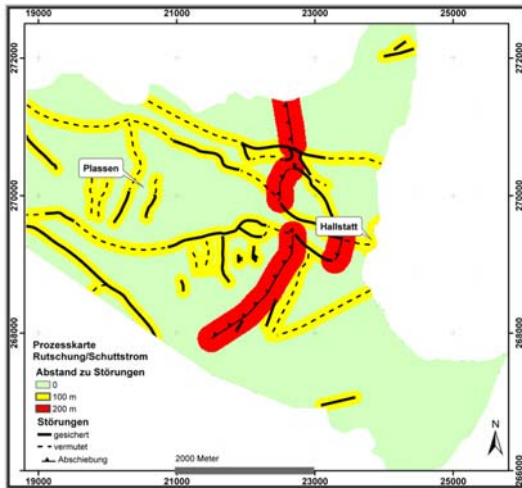


Abb. 7.4-3: Abstände zu Störungen.

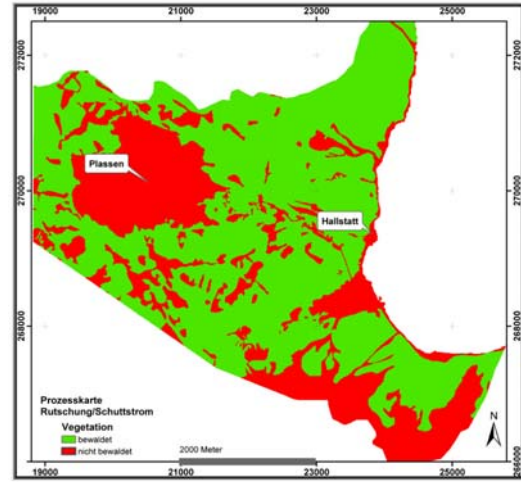


Abb. 7.4-4: Vegetationsverteilung.

#### 7.4.2.4 Vegetation

Die Vegetation spielt eine entscheidende Schutzrolle, da sie Hänge stabilisiert, erosionsmindernd wirkt und Einwirkungen auf den Wassergehalt im Hang hat (vgl. Abb. 7.4-4). Im Arbeitsgebiet konnte unterschieden werden zwischen Bewaldung und Nicht-Bewaldung, wobei „Waldflächen“ eine schwache Gefährdung für Rutschungsanfällige Gebiete bedeutet (Gewichtung 0), „kein Wald“ hingegen rutschungsanfällige Gebiete verletzbar macht (Gewichtung 1). Wiesen und Almen machen im Rutschungsgebiet keine signifikanten Flächen aus. Die Wiesen im Waldbachtal sind rutschungsfrei und somit nicht bedeutend für die Gefährdung.

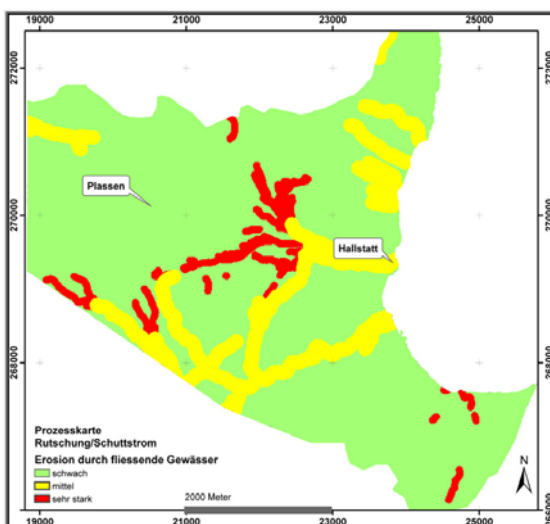


Abb. 7.4-5: Erosionsverhalten der fließenden Gewässer im Arbeitsgebiet.

#### 7.4.2.5 Erosion durch fließende Gewässer

Durch die Erosionswirkung von Bächen kann es vermehrt zur Destabilisierung von Hangfussbereichen kommen und Rutschungen ausgelöst werden. Dabei wurden sogenannte „Buffer“ (Pufferzonen) ausgewiesen für Hauptbäche wie den Mühlbach und Waldbach wurden 100 m (Gewichtung 0,5) und für die zahlreichen Nebenbäche und Entwässerungsläufe im Hochtal 50m (Gewichtung 0,7) angegeben, da die Schleppkraft bei den kleineren Fließgewässern aufgrund des höheren Gefälles stärker ist. Allen anderen Bereichen wurde der Wert 0 zugeordnet.

### 7.4.2.6 Gewichtung der Gruppen und Ebenen

Um die verschiedenen Ebenen im GIS auswerten zu können mussten die Gruppen getrennt von den Inhalten bewertet werden wobei nach der Indexmethode von KASSEBEER (2002) die

**Tab. 7.4-3:** Gewichtung der Ebenen  $G_E$ , Gewichtung der Gruppe  $G_G$  und die Gesamtgewichtung  $G_{\text{gesamt}}$ , deren Summe 1 ergeben muss.

Gruppe	$G_G$	Ebenen	$G_E$	$G_{\text{gesamt}}$
Geomorphologie	0,3	Hangneigung	1	0,3
Geologie	0,5	Lithologie	0,7	0,35
		Störungen	0,3	0,15
Ökologie	0,2	Vegetation	0,7	0,15
		Gewässer	0,3	0,05

Gewichtungen in ihrer Summe 1 ergeben müssen. An dieser Stelle soll nochmals betont werden, dass flächendeckende gesicherte Aussagen über die Schichtlagerung der einzelnen Einheiten im vergleichsweise kleinen Arbeitsgebiet nicht vorlagen, jedoch für die Erstellung von Prozesskarten für Rutschungen von grossem

Interesse gewesen wären. Auf eine Berücksichtigung von derart ungesicherten Informationsebenen wurde aus diesem Grund verzichtet.

Um die **Gefährdung G** ermitteln zu können müssen die einzelnen informationsebenen miteinander kombiniert werden. Dafür wurde eine empirische Formel angewendet, die sich aus den Gewichtungen der einzelnen Ebenen ableiten lässt (KASSEBEER, 2002).

$$G = 0,3 h + 0,5 (0,35 l + 0,15 s) + 0,2 (0,15 v + 0,05 g)$$

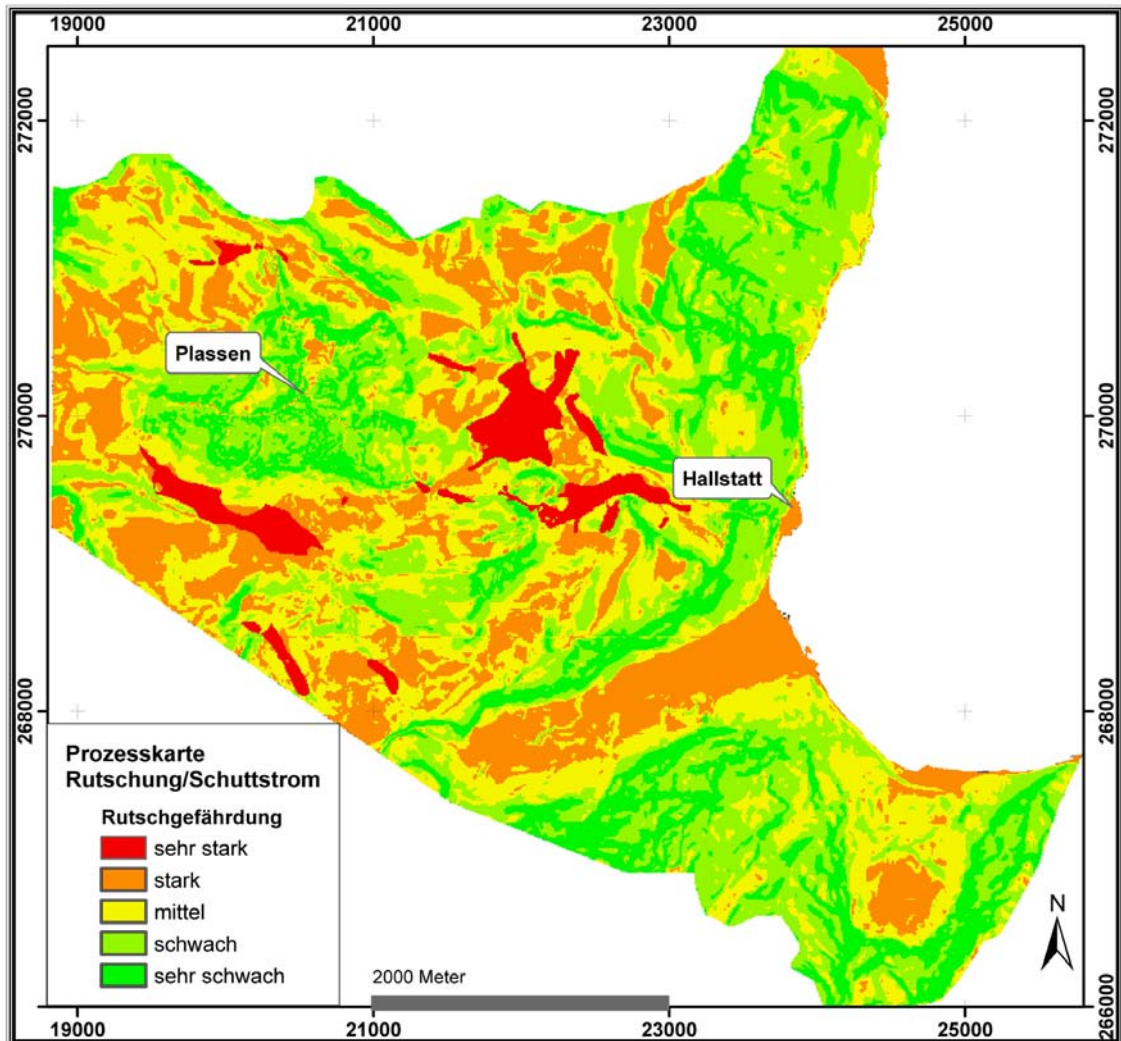
[h = Hangneigung; l = Lithologie; s = Störungen; v = Vegetation; g = Gewässer]

Die Bereiche wurden mit unterschiedlichen Farben nach der sog. „Ampelmethode“ in Gefährdungsklassen eingeteilt:

**Tab. 7.4-4:** Einteilung der Gewichtungen nach Gefährdungsklassen mit farblicher Unterscheidung.

Gewichtung	0 - 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,8	0,8 - 1
Gefährdung	sehr schwach	schwach	mittel	stark	sehr stark
Farbgebung	grün	hellgelb	gelb	hellrot	rot

## 7.4.2.7 Interpretation der Prozesskarte Rutschung/Schuttstrom



**Abb. 7.4-6:** Prozesskarte Rutschung /Schuttstrom mit Gefährdungskala.

Die Prozesskarte Rutschung/Schuttstrom zeigt die Verteilung der Gefährdungsklassen sehr schwach bis sehr stark. Da die Hangneigung einen sehr hohen Gewichtungsfaktor zugewiesen bekommt, halten sich die Gefährdungsflächen stark an die Hangneigungsflächen. Felszonen mit mehr als 60° Neigung wurden als schwach bis sehr schwach erkannt. Bereits bestehende Rutschungsereignisse wurden bei der Überlagerung nicht berücksichtigt, jedoch in der Gefährdungskarte als potentiell gefährdete Bereiche erkannt. Gut zu erkennen ist, dass das gesamte Hallstätterseeufer schwach oder mittelmässig (grün bis gelb) durch Rutschungen gefährdet ist und somit nur wenige Schutzdefizite für Schadenpotentiale durch die Überlagerung von Objektkategorie und Gefährdung auftreten dürften.

### 7.4.3 Prozesskarte Lawinen

Die Prozesskarte Lawine besteht aus den räumlichen Katasterdaten der Lawinenzüge, welche durch die WLW erkannt wurden. Dabei wurde keine Reichweitenbestimmung aufgrund von Auftretenswahrscheinlichkeiten durchgeführt, sondern lediglich die räumliche Ausdehnung der Lawinenzüge als Grundlage verwendet um einen möglichen Prozesszustand darstellen zu



können (vgl. Kapitel 5.4.2). Für detailliertere Risikoanalysen im Bereich Lawinen sollte jeder einzelne Lawinenzug auf seine Eintretenswahrscheinlichkeit untersucht werden. Dabei spielt auch die Funktion des Bannwaldes, sowie der bereits vorhandenen Verbauungen eine entscheidende Rolle. Trotz der fehlenden Simulationssoftware wurde versucht mit den vorhandenen Katasterdaten und den Objektkategorien einen Überblick über einzelne Schutzdefizitbereiche im Arbeitsgebiet darzustellen (vgl. Kapitel 7.6).

### **7.5 Objektkategorienkarten**

Die Objektkategorienkarte enthält alle definierten Objektkategorien des Systems. Dabei erfasst man Flächen-, Linien- und Punktobjekte in getrennten Informationsebenen. Als Grundlage für die Objektkategorienkarte sollte im Normalfall der Flächenwidmungsplan der Gemeinde dienen. Da dieser jedoch zur Verarbeitung nicht bereit stand, wurden die jeweiligen Nutzungen durch Katasterpläne, Übersichtspläne, Begehungen und Literatur ergänzt. Die einzelnen Objekte werden im GIS digitalisiert und gewichtet (vgl. Kapitel 6). Diese Gewichtung richtet sich nach dem Personenrisiko, welches für die Personen, die sich im ausgesuchten Objekt befinden besteht. Die Festlegung der Gewichtungen erfolgte zum Teil in Anlehnung an die BUWAL-Methode (1998), jedoch wurden die im Arbeitsgebiet vorkommenden Objekte auch nach Besucherzahlen, Nächtigungen, Verkehrszählungen und bevorzugten Zielen gewertet. An erster Stelle steht bei der Gewichtung das Personenrisiko. Das Sachrisiko der einzelnen Objekte richtet sich nach deren materiellen (monetären) Wert für den in den meisten Fällen keine Angaben gemacht werden konnte. Die BUWAL (1998) liefert zwar Werte für Gebäude und Flächen in Schweizer Franken, jedoch sind diese Werte nicht übertragbar auf die geschützten Werte im UNESCO Kulturerbegebiet. Betrachtet man das Individualrisiko eines Objektes geht der geschätzte monetäre Wert in die Berechnung ein (siehe Kapitel 8).

#### **7.5.1 Gewichtung der Objektkategorien**

Ähnlich wie bei der Gewichtung von Informationsebenen bei der Erstellung von Prozesskarten für Rutschungen werden auch die Objektkategorien gewertet. Das endgültige Produkt ist eine Objektkategorienkarte, die Vulnerabilitäten qualitativ zwischen dem Wert 1 (besonders schützenswertes Objekt, da ein hohes Personenrisiko besteht) und 0 (sehr gering schützenswertes Objekt, bzw. Objekt mit sehr geringem Personenrisiko). Dabei werden die Schadenobjektkategorien aus Kapitel 6 alle bis auf die Kategorie 1 (Personen) übernommen und neu gewichtet.

**Tab. 7.5-1:** Gewichtung der Objekte und Objektkategorien in 3 Schritten. Wobei gilt: Die Summe von  $G_K=1$ ; Die Summe von  $G_O$  einer Kategorie = 1 und  $G_{Gesamt}$  einer Kategorie =  $G_K$ .

Kategorie		$G_K$	Objekte	Kürzel	$G_O$	$G_{Gesamt}$
2	Gebäude	0,4	Wohnhäuser & Hotel	wh	0,6	0,2
			Büro/Handel/Werkstätte	b	0,15	0,05
			Freizeit/Parkflächen	f	0,2	0,1
			Almen/Bootshäuser	a	0,05	0,05
4	Verkehr	0,3	Landesstrasse	l	0,4	0,15
			Gemeindestraßennetz	g	0,2	0,05
			Wegenetz/Soleleitung	we	0,1	0,025
			Tunnel Hallstatt	th	0,1	0,025
			Standseilbahn	st	0,2	0,05
5	Sonderkat.	0,3	Archäologische Fläche	af	0,4	0,15
			Schutzfläche Natur	sn	0,2	0,05
			Kulturelle Fläche	kf	0,4	0,15

Wurden die einzelnen Objektflächen und –linien gewichtet, wird die Vektor-basierte Ebene in ein Rasterformat umgewandelt. Dabei werden den Objektkategorien Farben der qualitativen Vulnerabilität zugeordnet:

**Tab. 7.5-2:** Einteilung der Gewichtungen nach Vulnerabilitätsklassen mit farblicher Unterscheidung.

Gewichtung	0 - 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,8	0,8 - 1
Vulnerabilität	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
Farbgebung	grün	hellgelb	gelb	hellrot	rot

### Überlagerung von Objektflächen

Im Falle einer Überschneidung der Objektflächen, aufgrund verschiedener Nutzungen wird zur Verarbeitung der einzelnen Informationsebenen vorgegangen wie bei der Prozesskarte für Rutschungen. Dabei werden die Ebenen einzeln gewichtet und nach einer empirischen Formel miteinander im GIS verschnitten. Die Formel für die Objekte im Arbeitsgebiet lautet im Falle einer Überschneidung:

$$VO = 0,4 G (0,3w + 0,3h + 0,15b + 0,2f + 0,05a) + 0,3V (0,4l + 0,2g + 0,1we + 0,1th + 0,2st) + 0,3S (0,4 af + 0,2sn + 0,4kf)$$

[VO = Vulnerabilität Objekt]

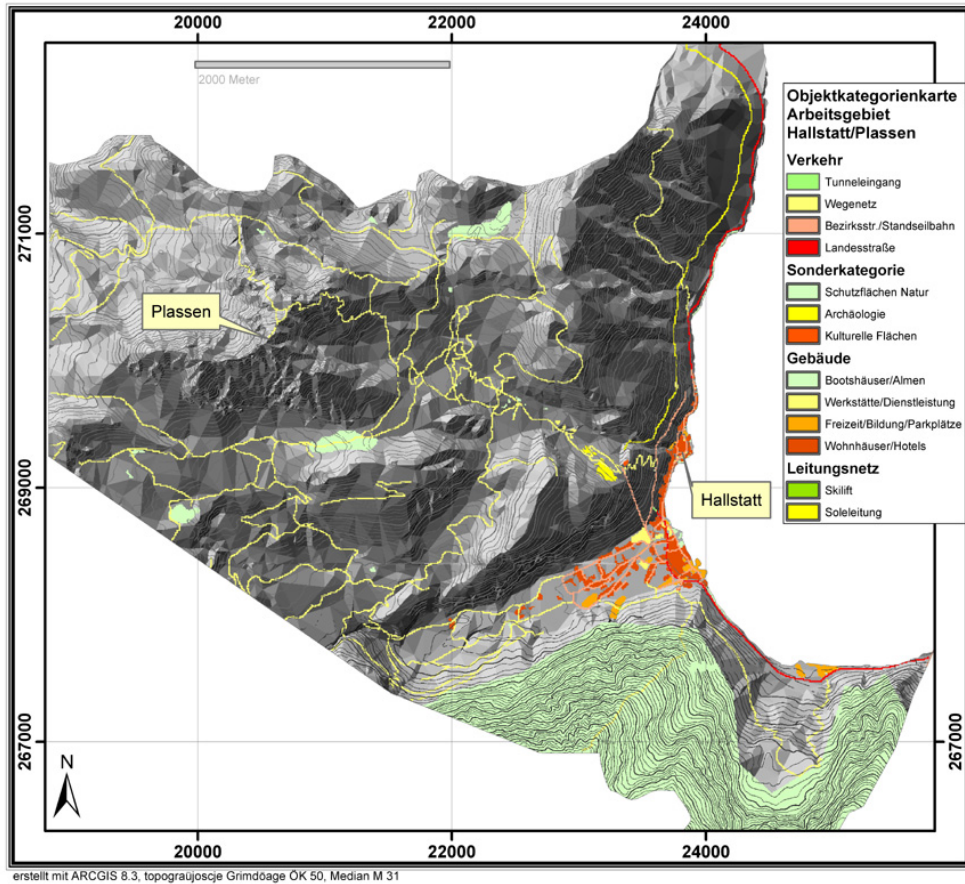


Abb. 7.5-1: Verteilung der gefährdeten Schadenpotentiale (Objektkategorien) im Arbeitsgebiet (vgl. beiliegende CD ROM).

### 7.6 Risiko- bzw. Schutzdefizitkarten

Die Risikokarte wird in der Literatur oft auch als Schutzdefizitkarte bezeichnet. Entscheidend ist,

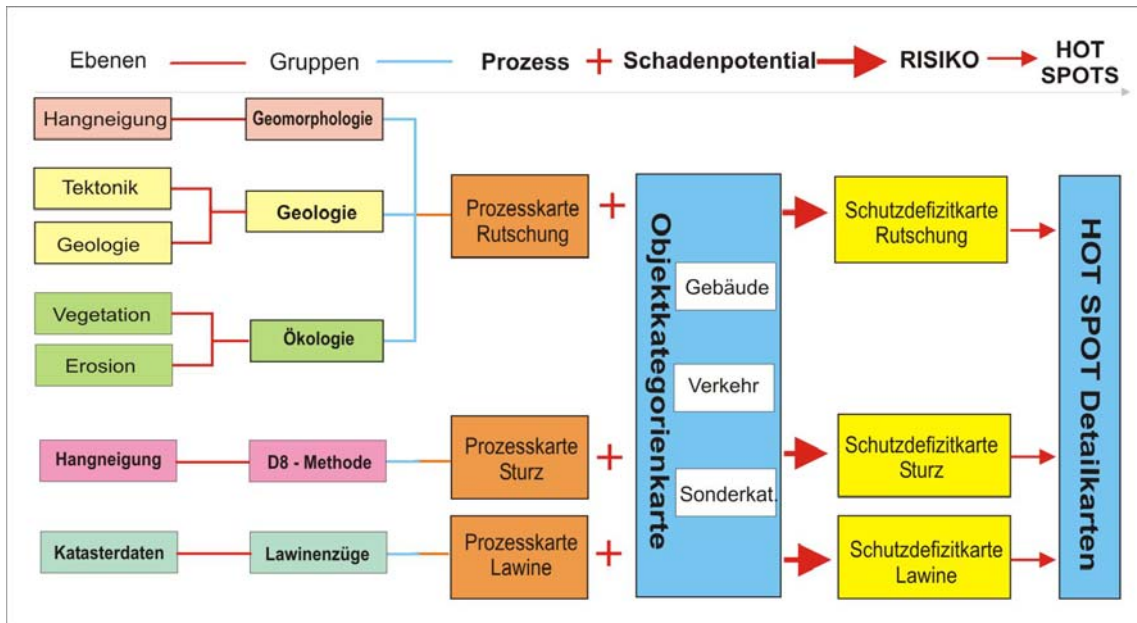
Tab. 7.6-1: Gewichtung der Objekte und Objektkategorien in 3 Schritten. Wobei gilt: Die Summe von  $G_G = 1$ ;  $G_{Gesamt}$  einer Ebene = 1.

Ebenen	$G_G$	$G_E$	$G_{gesamt}$
Prozess	<b>0,5</b>	0 - 0,2	0,1
		0,2 - 0,4	0,2
		0,4 - 0,6	0,3
		0,6 - 0,8	0,4
		0,8 - 1	0,5
Objektkategorie	<b>0,5</b>	0-0,2	0,1
		0,2-0,4	0,2
		0,4-0,6	0,3
		0,6-0,8	0,4
		0,8-1	0,5
Summe	<b>1</b>		1

das eine Risikokarte erst dann gültig ist, wenn die Gefährdung mit dem Schadenpotential kombiniert wurde. Dabei werden ähnlich der Verarbeitung von Prozessinformationsebenen auch die Schutzdefizitkarten für jeden einzelnen Gefahrenprozess erstellt. Die Werte der Ebenen „Prozess“ und „Objektkategorien“ werden neu klassifiziert, da beide in der Summe den Wert 1 nicht überschreiten dürfen.

Im GIS werden beiden Ebenen gleiche Wertigkeiten von 0,5 zugeteilt und miteinander kombiniert. Die empirische Formel für die Verknüpfung der Ebenen Prozess und Objektkategorie ergibt für SD (Schutzdefizit):

$$SD = 0,5 P + 0,5 Ok$$



**Abb.7.6-1:** Verarbeitungsprozess von Ebenen und Gruppen zu Prozesskarten. Diese werden mit dem Schadenpotential kombiniert zu Risiko- bzw. Schutzdefizitkarten. Aus den Prozess-spezifischen Risikokarten können abschließend detaillierte Karten der Risiko HOT SPOT (vgl. Kap. 8) gewonnen werden.

Das Resultat zeigt gerasterte Risiko-Flächen deren Inhalte sich als Summe aus Gefährdung und Schadenpotential überschneiden. Die Gefährdung, welche in einer Schadenpotentialfläche auftritt ist von massgebender Bedeutung. Ist die Gefährdung hoch, ist auch das Schutzdefizit hoch, das heisst, dass in diesen Flächen das Schutzziel nicht erfüllt ist (vgl. Kapitel 6). Die Inhalte werden nach Schutzdefiziten in 5 Stufen dargestellt.

**Tab. 7.6-2:** Einteilung der Gewichtungen nach Schutzdefizitklassen mit farblicher Unterscheidung.

Gewichtung	0 - 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,8	0,8 - 1
Schutzdefizit	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
Farbgebung	grün	hellgelb	gelb	hellrot	rot

Die Flächen, die ein sehr hohes Schutzdefizit aufweisen, werden HOT SPOTS genannt und stellen stark bis sehr stark gefährdete Gefahrenzonen mit hohem bis sehr hohem Schutzdefizit für die Kategorien Gebäude, Verkehr und Sonderflächen dar. In den Schutzdefizitkarten wird immer vom „worst-case“ Szenario ausgegangen, dabei werden bereits bestehende Schutzmassnahmen nicht berücksichtigt. Technische und ökologische Schutzeinrichtungen werden erst in der Risikoberechnung als risikomindernder Faktor (in %) einberechnet. Die HOT SPOT Detailkarten zu jedem Prozess werden in Kapitel 8 interpretiert. Die Gesamtrisikokarten sind aufgrund der besseren Visualisierung nicht im Textteil sondern auf der beiliegenden CD ROM abgelegt.

## 8 Schutzdefizite und HOT SPOT Detailkarten

### 8.1 „Schutzdefizitkarte Rutschung/Schuttstrom“

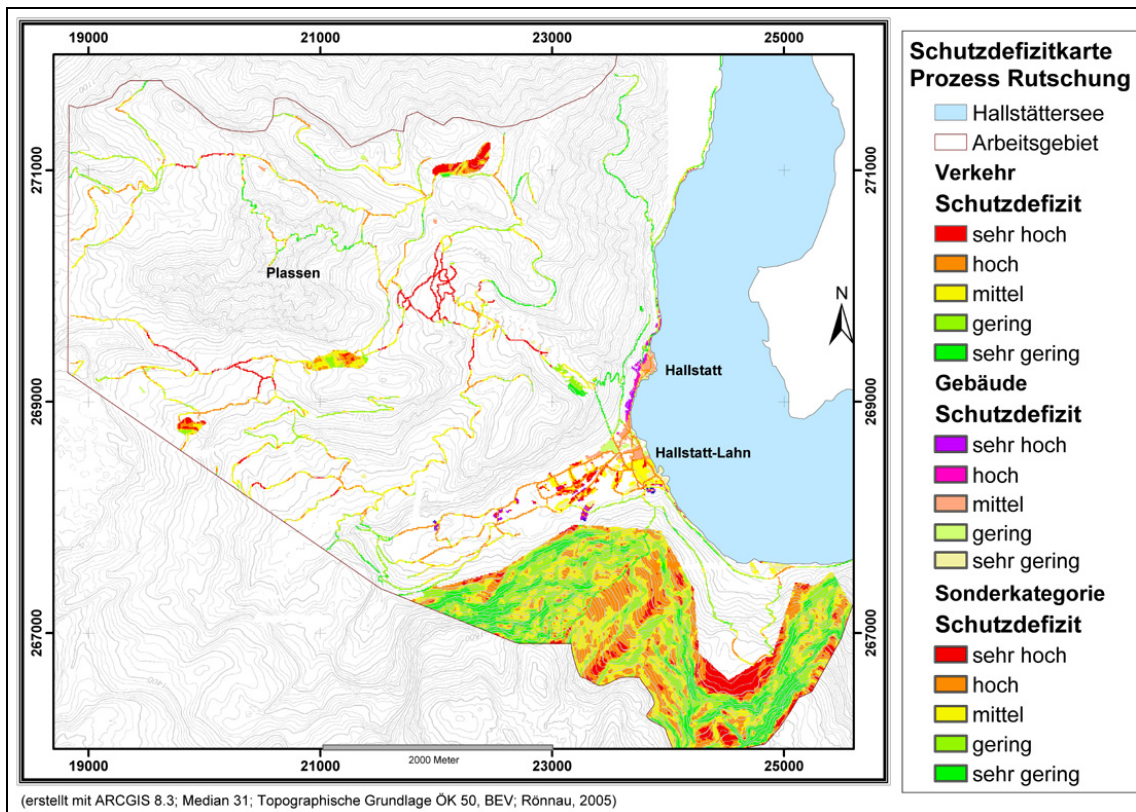
Durch die Verschneidung der Prozesskarte Rutschung/Schuttstrom mit der Objektkategorienkarte entsteht eine Karte, deren Inhalt Aufschluss über das zu erwartende Schutzdefizit von Objekten gibt. Dabei werden die Kategorien getrennt voneinander dargestellt und in die in Tab. 7.6-2 beschriebenen Schutzdefizitklassen unterteilt. Da sich die Objekte, wie bereits aus der Objektkategorienkarte zu lesen war, im östlichen Bereich nach des Hallstätterseeufers liegen, ist hier auch das Schutzdefizit am Höchsten vertreten.

#### 8.1.1 HOT SPOTS „Rutschungsereignisse im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen“

Werden die Ergebnisse der Schutzdefizitkarte für Rutschungsprozesse (vgl. Abb. 8.1-1) mit den Ergebnissen der Prozesskarte (vgl. Abb. 7.4-6) verglichen, so fallen zunächst die roten Gefährdungsbereiche im Hallstätter Salzberg Hochtal auf. Dieses Gebiet zwischen der Ostflanke des Plassen und den Salinengebäuden gilt als Knotenpunkt aller Wanderwege im Arbeitsgebiet. Ein Schutzdefizit besteht vor allem für die Wege im gekennzeichneten Bereich, die bei Rutschungsereignissen untergraben, überdeckt oder mit der Rutschmasse abrutschen können. EHRET (2002) erkannte bereits während seiner Geländearbeit, dass sich die Rutschungen und Schuttströme im diesem Bereich kesselartig ballen und alle Massenbewegungen sich in östliche Richtung bewegen.

Ein hohes bis sehr hohes Schutzdefizit besteht auch für die Sonderkategorie. Gut zu erkennen sind die Risiko behafteten Teilflächen im Karmoos und Klausmoos. Für die Dammwiese besteht nur ein geringes Risiko von Rutschungsereignissen. Das EU-Naturschutzgebiet Dachstein zeigt Schutzdefizite im Bereich der Hirschaualm und in den Lawinenzügen der Schlittkufen- und Schosslahnganglawine.

Die Gebäude im Echerntal sind zum Teil mit sehr hohen bis hohen Schutzdefiziten ausgezeichnet worden. Dies ist einerseits bedingt durch die hohe Hangneigungsgewichtung von niedrigen Gefällen und andererseits durch die dort abgelagerten Grundmoränen. Zur Ausbildung von Rutschungen fehlen hier allerdings die mittleren Hangneigungsklassen, die die Abrisszonen von Rutschungen darstellen. Trotz Ausweisung der hohen Schutzdefiziteklassen, kann im Echerntal nur mit geringer Rutschungsaktivität gerechnet werden. Vielmehr herrscht hier die Gefahr durch Hochwasser vom Waldbach oder Steinschlagereignissen in der Nähe der Hirlatz- und Echernwand.



**Abb.8.1-1:** Überblick über die Schutzdefizite im Zusammenhang mit Rutschungen und Schuttströmen im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen.

## 8.2 Schutzdefizitkarte „Sturz“

Die Karte der Schutzdefizite im Falle von Sturzprozessen wird durch eine Kombination der Prozesskarte Sturz mit der Objektkategorienkarte erreicht. Daraus ergibt sich das zu erwartende Risiko bzw. Schutzdefizit für die verschiedenen Objektkategorien im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen. Aus der Gesamtkarte (vgl. beiliegende CD) konnten folgende Detailkarten erstellt werden:

### 8.2.1 HOT SPOT „Felssturzereignisse im Hallstätter Ortsteil <<Im Tremischen>>“

Die hohen bis sehr hohen Schutzdefizite treten in allen 3 Kategorien (Gebäude, Verkehr und Sonderflächen) auf (vgl. Abb. 8.2-1). Dabei handelt es sich um Felssturzereignisse von der Fahl- oder Kirchtalwand, deren Fallspuren entweder im See oder in den Objektflächen enden.

Felssturzereignisse im Bereich der Gebäude im Ortsteil „Im Tremischen“ in diesem Bereich fanden in den Jahren 1803, 1861 und 1965 statt (URSTÖGER, 2000). Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass in der Chronik nur größere Felssturzereignisse dokumentiert wurden. Kleinere Kubaturen ohne Folgeschäden fanden sicher öfter statt, wurden jedoch als alltägliches Ereignis eingestuft.



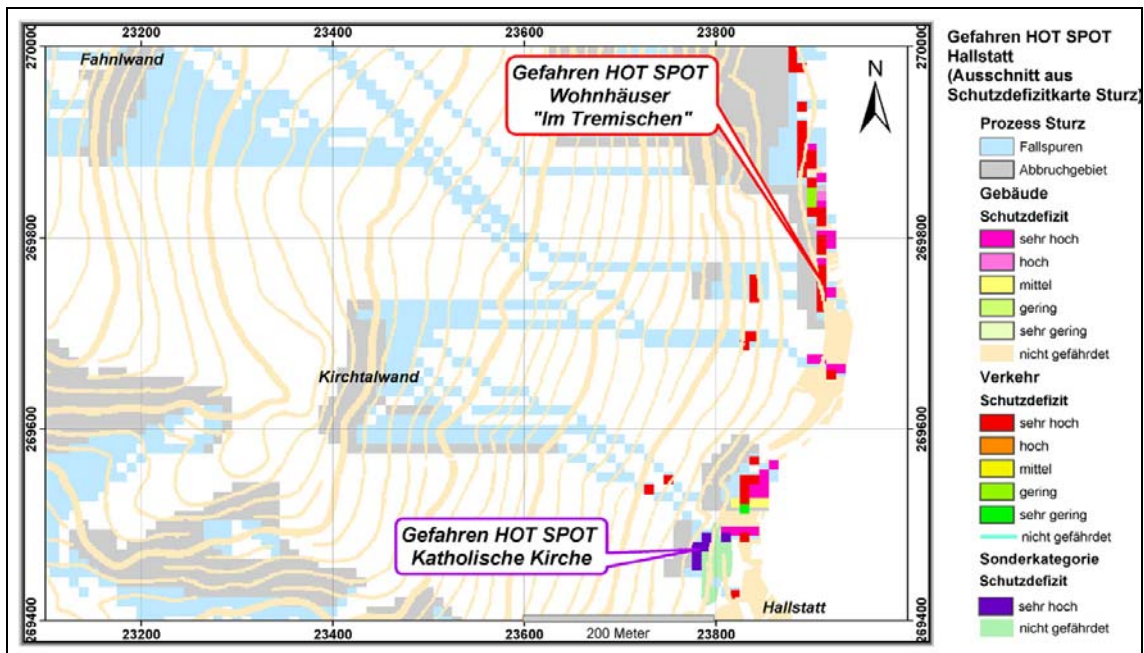


Abb. 8.2-1: Schutzdefizite im Ortsteil „Im Tremischen“ nördlich vom historischen Stadtkern Hallstatts.



Foto 8.2-1: Verfülltes Steinschlaggitter älterer Bauart im Bereich der Hallstätter Hanglagen (2003).

Selbst wenn inzwischen die Hangbereiche mit Fangzäunen gesichert wurden besteht immer noch ein Restrisiko, da nicht gesichert ist, dass diese Verbauungen auch größere Felssturm Massen aufhalten können. Ebenso wichtig ist die Kontrolle der Verfüllung der Netze und zum Teil sehr alten Verbauungen, die im Bereich der Hallstätter Hanglagen befinden (vgl. Foto 8.2-1).

### 8.2.2 HOT SPOT „Felssturzereignisse im südlichen Stadtteil von Hallstatt“

Die Detailkarte (vgl. Abb. 8.2-2) zeigt, dass die Gebäude entlang des Hallstätterseeufers fast flächendeckend Schutzdefizite aufweisen. Steinschlagereignisse und kleinere Felssturzereignisse, werden zwar oft vom Bannwald abgebremst, jedoch können auch größere Blöcke bis zu den Gebäuden am Hangfuß durchdringen. Im Jahr 1907 kam es zu einem größeren Ereignis, bei dem eine komplette Front eines Hauses zerstört wurde. Die Verbauungen im Hangbereich sind eher auf Lawineneignisse ausgelegt. Es handelt sich fast ausschliesslich um Schneebrücken und Verbauungen älterer Substanz, die Felssturzblöcke nur bedingt aufhalten können. Manche Schneebrücken werden von der Bevölkerung auch als

Lagervorrichtung für Baumschnitt oder Feuerholzstapel genützt. Eine derartige Zweckentfremdung setzt die Schutzwirkung von Verbauungen erheblich herab.

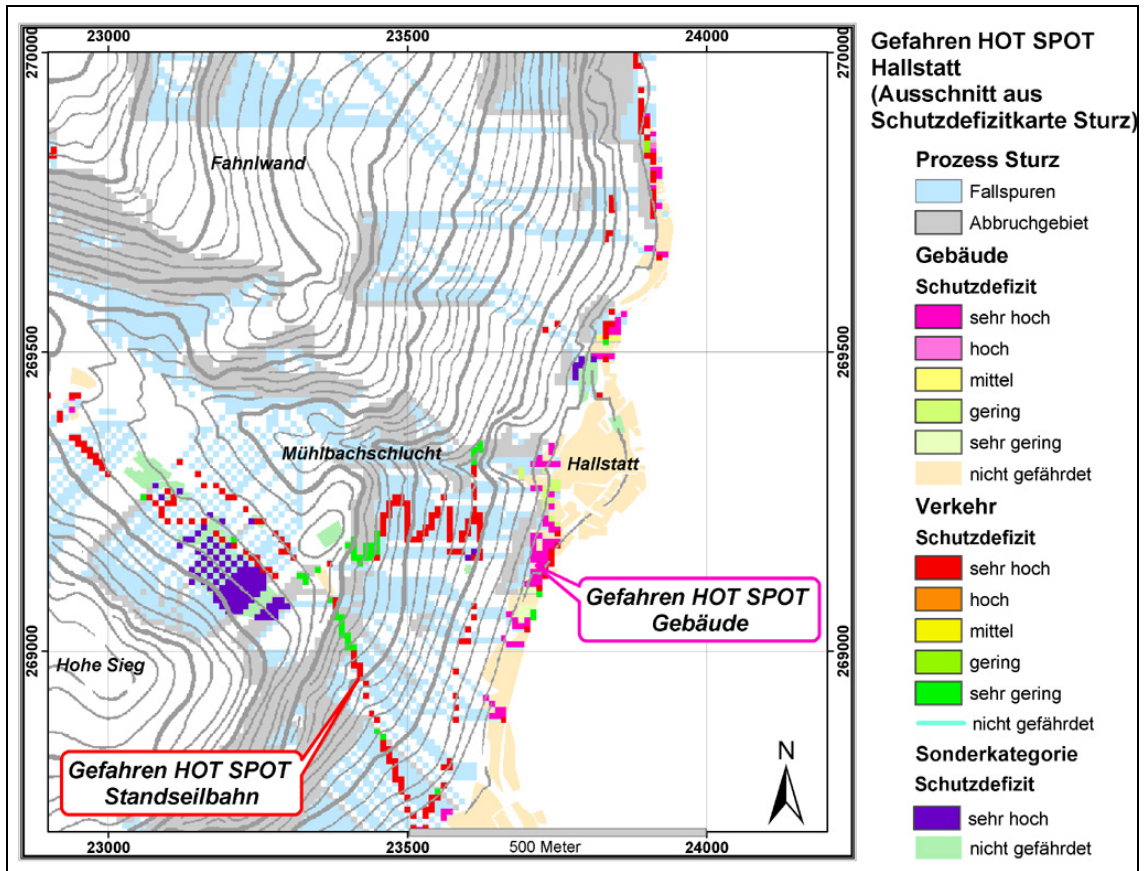


Abb. 8.2-2: Detailkarte der gefährdeten Objekte im südlichen Stadtbereich von Hallstatt.

Die gesamten Hanglagen zwischen Rudolfsturm und Hallstättersee weisen auch Schutzdefizite von Wanderwegen, Forststraßen und der Standseilbahn auf. Die Gefahr von



Foto 8.2-2: Kombinierte Verbauung über Hallstatt. Schneebücke mit Fangzaun, die jedoch schon ein größeres Steinschlagereignis hinter sich hat.

Steinschlagereignissen besteht hier durch die ganzjährig hohen Niederschlagswerte nicht nur im Frühjahr. Personenschäden könnten bei der Beförderung durch die Standseilbahn, aber auch beim Aufstieg zu Fuss zum Hochtal. Die Anbringung von kleinmaschigeren Steinschlagnetzen wäre in diesen Bereichen sinnvoll, da es sich hauptsächlich um Steinschlagereignisse handelt.



### 8.2.3 HOT SPOT „Felssturzereignisse an der Hohen Sieg – Risiko für das Hallstätter Gräberfeld und das Archäologenhaus“

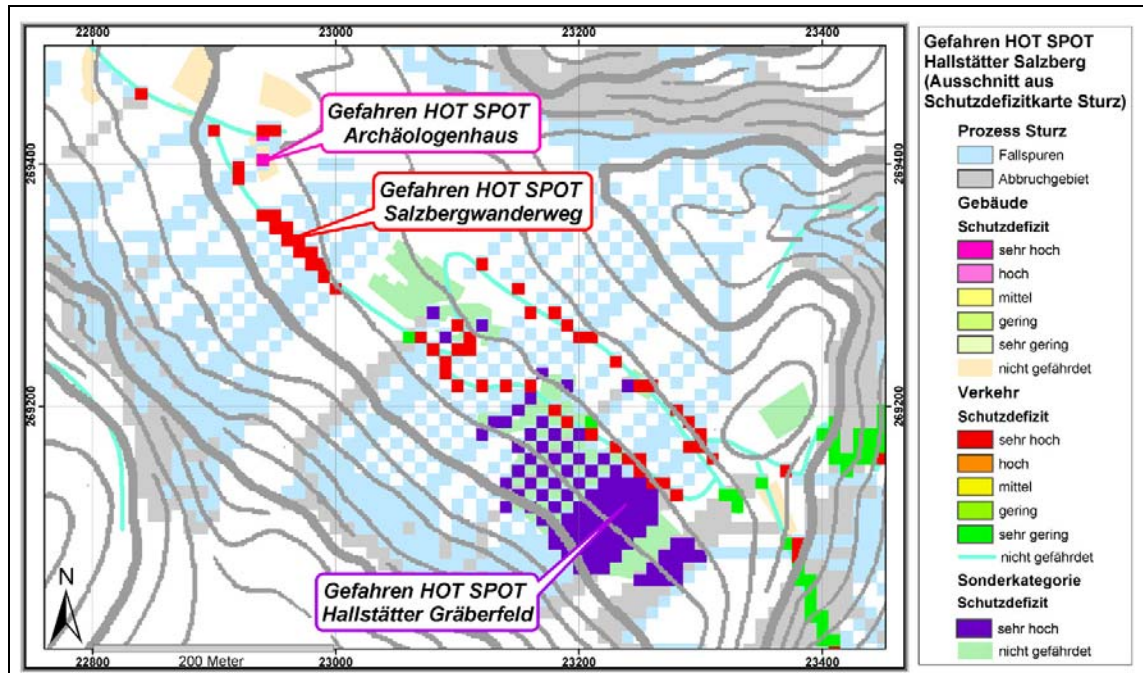
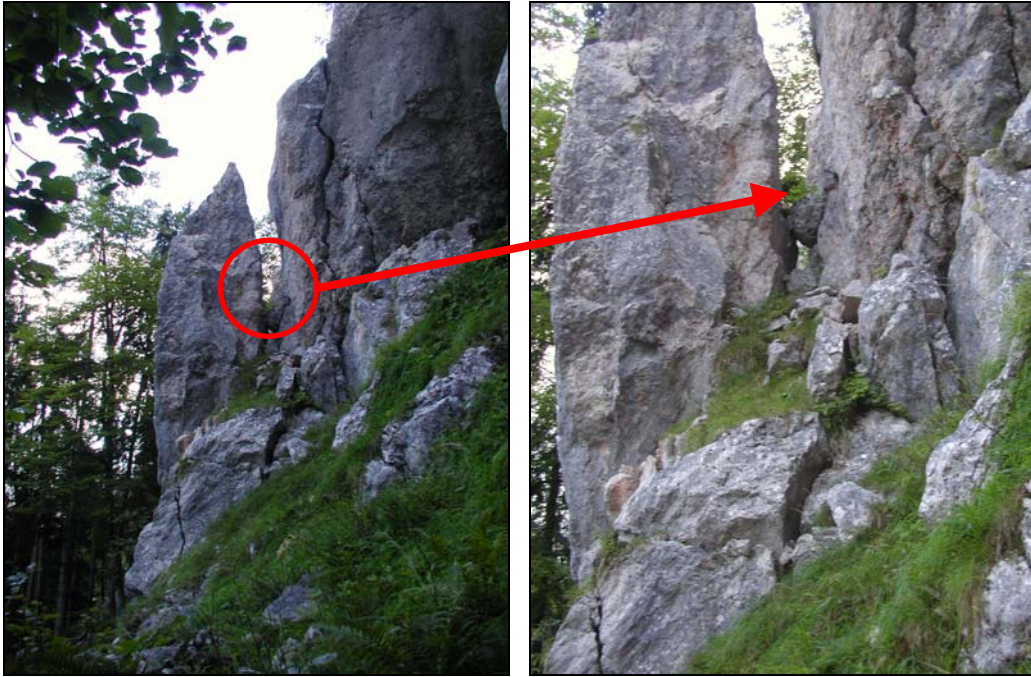


Abb. 8.2-3: Detailkarte der Schutzdefizite im Hallstätter Salzberg.

Aufgrund eines kleineren Felssturzereignisses im August 2004 am Hangfuss der Hohen Sieg im Bereich des Hallstätter Salzbergs wurde besonderes Interesse auf die Objekte unterhalb der potentiellen Abbruchbereiche gelegt. Dabei konnte aus der Schutzdefizitkarte ein hohes bis sehr hohes Steinschlagrisiko für die Flächen des Hallstätter Gräberfeldes, die Fusswege und das Archäologenhaus detailliert dargestellt werden (vgl. Abb. 8.2-3). Die Fallspurenanalyse brachte bereits erwartete Ergebnisse zur Felssturzsituation im Hochtal (vgl. Kapitel 5.3). Ebenso lieferten bereits kartierte Lockergesteinsablagerungen von vorangegangenen Felssturzereignissen einen wichtigen Anhaltspunkt. Die Begehung der gefährdeten Wandbereiche zeigten mehrere losgelöste Felstürme.

#### Gefährdete Schutzobjekte bzw. -flächen:

Ca. 50m unterhalb des Felssturzes steht das 2002 renovierte Haus der Archäologen „Alte Schmiede“ und östlich anschließend der Archäolive Park mit dem nachgebauten Blockbau mit Pökelbecken aus der Spätbronzezeit. Das alte Felssturzmaterial liegt flächig entlang der Nordwand der Hohen Sieg bis zum Standseilbahngebäude und bedeckt fast das gesamte prähistorische Gräberfeld. Mündliche Aussage von Reschreiter (2004): „Ramsauer grub auch unter dem Felsblöcken aus“, d.h., dass die alten Felssturzhalde jünger sind als die jüngsten Gräber aus dem 3./4.Jht v.Chr..



**Foto 8.2-3 und Foto 8.2-4:** Freistehender Felsturm am Fuße der Hohen Sieg mit starker Zerlegung des Gesteinsverbandes und Spaltenbildung.

#### **Verbauung und zukünftiges Szenario:**

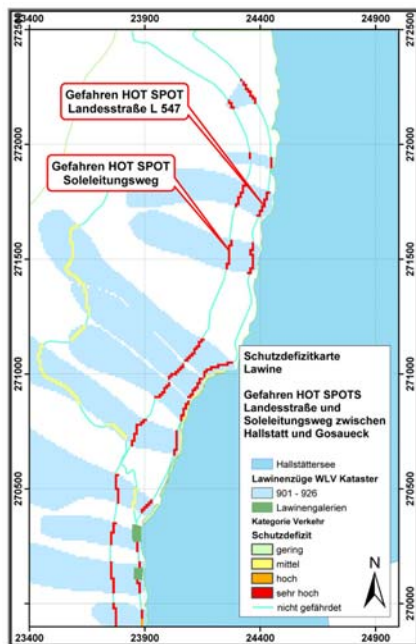
Verbauungen der Wildbach- und Lawinerverbauung sind an diesem Hang nicht vorhanden. Allein der Wald dient zum Schutz gegen den Steinschlag und einen evtl. Felssturz.

Bei einem Felssturzereignis an dieser bereits vorbestimmten Ausbruchsstelle wäre bei einer Kubatur, wie noch vorhandene Gesteinspakete sie aufweisen, eine Transportweite des Materials bis über den Forstweg möglich. Von einem Ereignis in dieser Größe wäre vor allem die Archäolive Bauten, das Archäologenhaus, sowie der Forstweg von Schäden betroffen.

Das Personenrisiko sollte dabei nicht unterschätzt werden. Bei einer täglichen Bergwerksbesucherzahl von ca. 800-1000 Personen, Archäologen, Angestellten der Saline und Freizeitsportlern (Wanderer & Mountainbiker), ist das Personenrisiko am Tag besonders hoch. Bei Nacht sind vor allem die Bewohner des Archäologenhauses stark gefährdet. Im Frühsommer werden Niederschläge und Schneeschmelze dazu beitragen, dass sich die Öffnungsweiten der Felspakete vergrößern. Eine Überwachung der relativen Bewegungen des Felsturmes zu bzw. die Errichtung von Sicherungen gegen größere Felsblöcke (Kanalisierungsdämme für größere Felsblöcke, evtl. Sprengung der betroffenen Felspakete bzw. Steinschlagnetze zum Schutz vor kleineren Steinschlagereignissen oberhalb des Gräberfeldlehrpfades) wären geeignete Massnahmen.

### 8.3 Schutzdefizitkarte „Lawine“

Die Schutzdefizitkarte „Lawine“ entstand im GIS aus der Kombination der Prozesskarte mit der Objektkategorienkarte. Dabei basiert die Ausweisung der Prozessflächen nicht auf Simulationsmodelle, sondern auf Katasterdaten der WLV Bad Ischl. Die Lawinenzüge wurden mit einer 150 jährigen Wiederkehrwahrscheinlichkeit berecht. Aus der resultierenden Schutzdefizitkarte lassen sich folgende HOT SPOT Detailkarten interpretieren.



**Abb. 8.3-1:** Detailkarte der Lawingefahr für die Landesstrasse L 547 und den Soleleitungsweg.

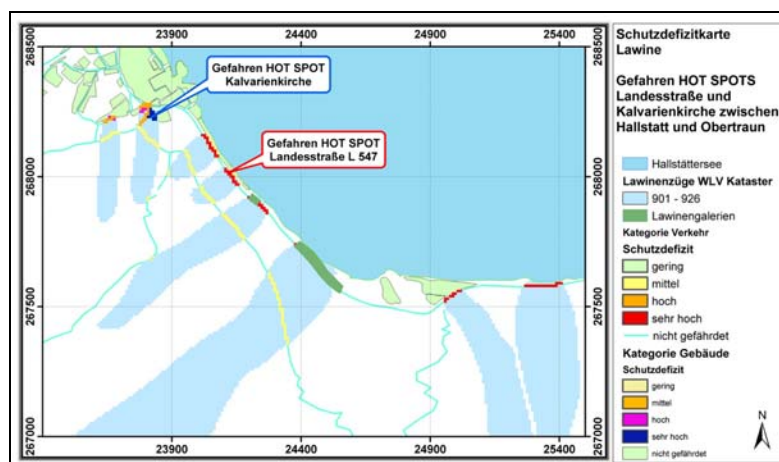
#### 8.3.1 HOT SPOT „Lawinereignisse an der Landesstrasse L 547 zwischen Gosaumühle und Obertraun“

Am stärksten betroffen von Lawinereignissen ist im Bereich zwischen Gosaumühle und Hallstatt die Objektkategorie Verkehr (vgl. Abb. 8.3-1). Der Soleleitungsweg und die Landesstrasse L 547 verlaufen entlang des Hallstätter Seeufers und werden an mehreren Stellen von Lawinenzügen gekreuzt, welche vom Gosaeck bis zur Mühlbachschlucht auftreten. Die einzelnen Namen und Katasternummern der Lawinenzüge wurden bereits in Kapitel 5 erläutert. Im

Auslaufbereich der Nördlichen Seihgrabenlawine (Nr. 910) und der Südlichen Saiherlawine (Nr. 921) wurden über der Landesstrasse Lawinengalerien errichtet. Im südlichen Teil des Arbeitsgebietes wurden Lawinengalerien im Bereich der Schlittkufenlawine (Nr. 914) und der Schosslahnganglawine (Nr. 916) errichtet. Pläne und Gutachten zur Erweiterung der Lawinengalerien bestehen bereits bei der Wildbach- und Lawinerverbauung. Gänzlich ungeschützt ist der

Auslaufbereich der im Osten gelegenen Gösselgrabenlawine (Nr. 902), die laut Katasterdaten keine Verbauungen besitzt und im mehrjährigen Abständen auftritt.

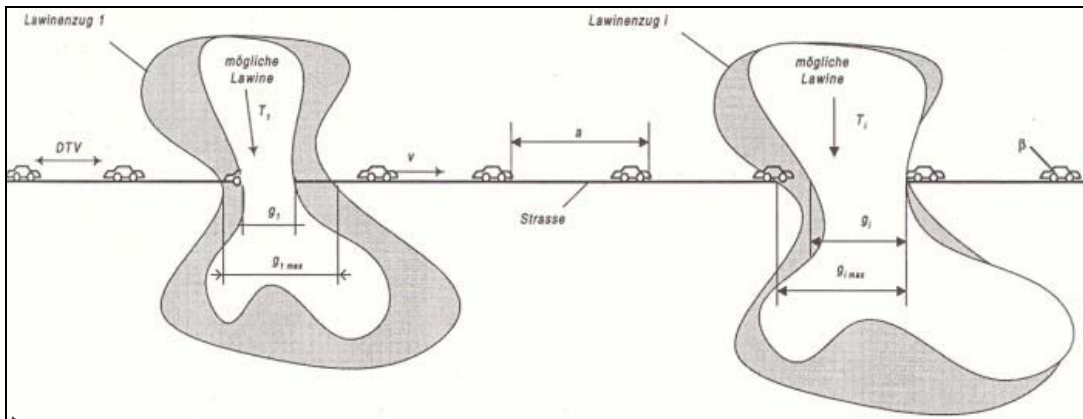
Neben dem Verkehr ist auch die Sonderkategorie mit der Kalvarienkirche durch die Kalvarienlawine bedroht.



**Abb. 8.3-2:** Lawingefährdung entlang der Landesstrasse L547 zwischen Hallstatt-Lahn und Obertraun.



### 8.3.2 Personenrisiko im Fall: „Mehrere Lawinenzüge kreuzen eine Verkehrsachse“



**Abb. 8.3-3:** Schematische Darstellung des Risikofalls: Mehrere Lawinenzüge kreuzen eine Verkehrsachse.

Soll das Personenrisiko an den gefährdeten Straßenabschnitten berechnet werden, spielen Lawinengalerien einen risikomindernden Faktor. Für die Berechnung wird die vorgegebene Formel nach der HEINIMANN (1998) angewendet.

$$R_o = \frac{DTV_w \cdot \beta}{24h} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{g_i}{T_i \cdot v_i} \cdot \gamma_i \cdot \lambda_i \cdot \delta_i$$

**Abb. 8.3-4:** Formel zur Berechnung des Personenrisikos auf lawinengefährdeten Verkehrsachsen (mod. nach HEINIMANN1998).

Dabei werden die folgenden in Kapitel 6 erläuterten Parameter einberechnet:

- **Mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit:**  $v = 60$  km/h.
- **Besetzungsgrad**  $\beta = 1,7$  (1,5 für Pendlerverkehr und 2,0 für Reiseverkehr; BORTER, 1999).
- **Busanteil** = 9% (Linienverkehr und Reisebusse, Land OOE, 2000).
- **Letalität**  $\lambda = 0,3$  (Bergseite sehr steil mit Stützmauer; BORTER, 1999).
- **Durchschnittlicher täglicher Verkehr DTV** = 2669 KFZ/24h
- **Wiederkehrdauer T** ist abhängig vom Lawinenzug
- **Breite des gefährdeten Straßenabschnitts g** ist abhängig von der Ausbreitungswahrscheinlichkeit jedes einzelnen Lawinenzuges.
- $\gamma$  (**Zuglänge**) und  $\delta$  (**Aversionsfaktor**) werden nur bei Berechnungen im Falle von Zugstrecken benötigt.

Einer Risikoberechnung, sollte in jedem Fall eine Simulationsmodellierung zur Abschätzung der Wiederkehrdauer, Ausbreitungswahrscheinlichkeit und Intensität vorausgehen. Da die



Lawinezuge für verschiedene Intensitäten jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht berechnet wurden, wurde auf eine Berechnung des Personenrisiko für die Landesstraße L547 verzichtet.

### 8.3.3 HOT SPOT „Lawineneignisse über Hallstatt“

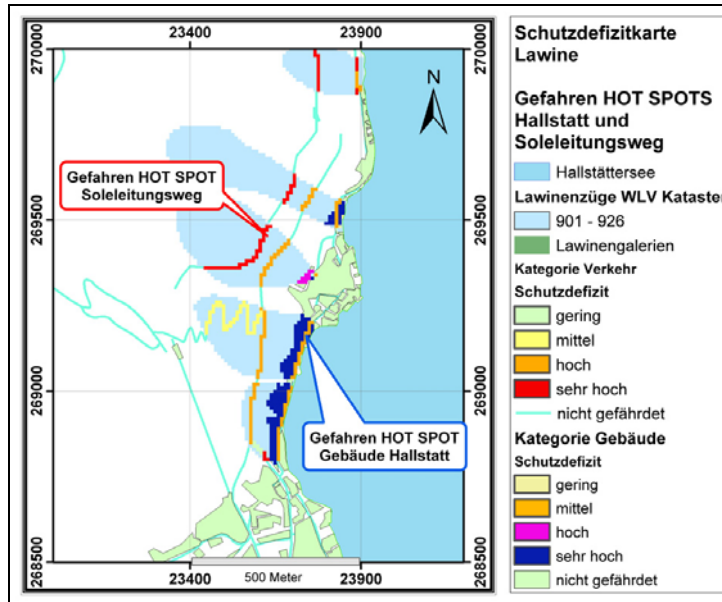


Abb. 8.3-5: Schutzdefizitverteilung im Hallstätter Stadtkern.

Im Bereich des historischen Stadtkerns von Hallstatt sind nicht nur Verkehrswege sondern auch Gebäude von Lawineneignissen bedroht. In den schneereichen Jahren 1945 und 1999 wurde der Ort von Lawinenabgängen bedroht.

Die Ereignisse im Jahr 1945 führten zu einem Lawinenabgang oberhalb der katholischen Kirche und des Kirchenweges. Im Jahr 1999 wurde aufgrund der akuten Lawinenlage die Straße nach

Gosau und Obertraun für 2 Wochen gesperrt (vgl. Kapitel 5.4). Trotz der zahlreichen Verbauungen, die über Hallstatt die Hänge unzusammenhängend pflastern bleibt ein schwer einzuschätzendes Lawinenrisiko für den Ort bestehen. Von den Lawinenabgängen sind vor allem die Gebäude im südlichen Stadtteil entlang der Seestraße und die Gebäudeflächen im Ortsteil nördlich des Stadtkerns bedroht. Die Parkterrasse wird in der Schutzdefizitkarte mit einem hohen Schutzdefizit ausgezeichnet. Sollte es zu einem Lawinenabgang in diesem Bereich kommen, könnte auch der Verkehr im Hallstätter Tunnel zum kurzzeitigen Erliegen kommen.

## 8.4 Schutzdefizit Murgang

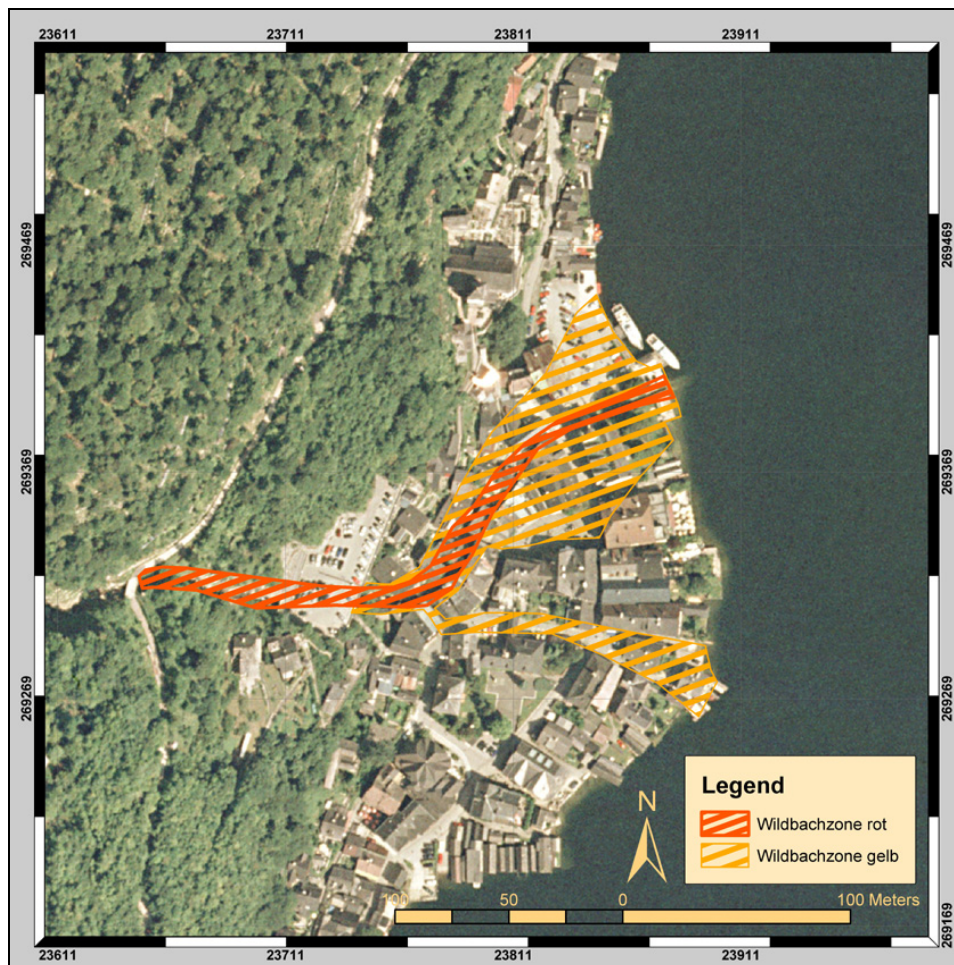
Da für die Murgangsimulation aufgrund der Standortgebundenheit von Murgängen im Arbeitsgebiet nicht durchgeführt wurde, soll in den folgenden Kapiteln das Prozessverhalten von Murgängen in der Mühlbachschlucht erklärt und das Auftreten möglicher Folgeschäden interpretiert werden.

### 8.4.1 HOT SPOT Mühlbachs

Im Wildbachkataster der Wildbachverbauung werden folgende Gefahren beschrieben, die vom Wildbach „Mühlbach“ ausgehen können (vgl. Kapitel 5.5).

- Hochwasser mit Geschiebe
- Murstossfähig
- Verklausungsgefahr unterhalb der Falkenhaynsperre

- Ausbruchsmöglichkeit unterhalb der Parkterrasse
- Rückstau im Seemündungsbereich



**Abb. 8.4-1:** Gefahrenzonenplan Hallstatt. Ausschnitt Hallstatt (verändert nach WLIV, 2002). Der Blick in den Gefahrenzonenplan zeigt eine rote Gefahrenzone oberhalb der Parkterrasse durch den Altstadtkern von Hallstatt bis zur Mündung in den Hallstätter See entlang der Unterlaufregulierung.

Die Begründung zur Zonenvergabe der Wildbachverbauung lautet:

„Wegen der komplizierten Geologie und Tektonik ist keine seriöse Hochwasserberechnung möglich. Aufgrund der Erfahrungen bei den Massenbewegungen im Großen Zlambach und Stambach kann die für ein Bemessungsereignis relevante Auswirkung im raumrelevanten Bereich am Schwemmkegel mit einem stark geschiebe- und Feinteilbelasteten Hochwasser angenommen werden. Dementsprechend folgt die rote Gefahrenzone der bestehenden Unterlaufregulierung. Im Bereich der möglichen Bachaustritte und der daran anschließenden breitflächigen Überflutungen bzw. Vermurungen wurde eine gelbe Gefahrenzone ausgeschieden.“

Betrachtet man die aktuelle Situation entlang des Mühlbachs so fallen mehrere Gefahrenpunkte auf, die Änderungen im Gefahrenzonenplan nach sich ziehen könnte. Kritisch beobachtet zeigen sich derzeit folgende Gefahren Hot Spots im Gerinne des Mühlbachs.

### Oberlauf des Mühlbachs

Im Abschnitt des Oberlauf im Hallstätter Salzberg sind seit Jahrhunderten immer wieder Sperren der unterschiedlichsten Bauart in das Bachbett eingebaut und Abraummaterial abgelagert worden. Diese zumeist aus Holz bestehenden Sperren sind zum Teil stark verwittert oder beschädigt. Mitgeführtes Holz sowie Reste alter Salzbergbaumaterialien (Metall, Holz etc.) liegt stark verstreut bzw. verkeilt im Bachbett und sorgt schon vor der Falkenhaynsperre für kleinere Verklausungen.



**Foto 8.4-1:** Falkenhaynsperre in der Mühlbachschlucht.

**Falkenhaynsperre:** (URSTÖGER, 2000; siehe Foto 8.4-1)

*1885 - Kaiser Franz Josef ordnet durch das Reichsgesetz (betreffend Vorkehrungen zur unschädlichen Ableitung von Gebirgswässern) an, die "Falkenhaynsperre im Mühlbachbett oberhalb der Hölle zu errichten. Auslegung des Bachbettes mit Steinen."*

### **Kleine Brücke in der Mühlbachschlucht**



**Foto 8.4-2:** Murmaterial unterhalb der Falkenhaynsperre in der Mühlbachschlucht (2004).

Oberhalb von Hallstatt führt vom Standsseilbahngebäude der Austria Salinen AG ein befahrbarer Zufahrtsweg der jedoch nach wenigen hundert Metern in einer Sackgasse endet. Die Mühlbachschlucht macht eine Überquerung aufgrund einer morphologischen Verebnung des Gerinnes durch eine Brücke möglich. Die Brücke ist eine Betonkonstruktion und hält einem größeren Murstoss sicher stand, jedoch besteht auch hier Verklausungsgefahr. Das gröbere Material würde im Brückenbogen verkeilen, das Wasser wird aufgestaut und das Murmaterial würde über die Brücke bzw. seitlich ablaufen.

Die natürlichen Stufen bedingt durch die Bankung des Dachsteinkalkes können im Falle eines Murereignisses auch als Bremsen wirken und die Wildbach – Abflussgeschwindigkeit stark herabsenken.

Der Blick in Richtung Hallstatt zeigt ein weiteres potentiell gefährdetes Objekt.

### **Die Parkterrasse von Hallstatt:**

Beim Tunnelbau im Jahr 1975 wurde eine Art Durchlass für den Mühlbach hinter den 2 übereinanderggebauten Parkdecks gelassen.



Fraglich bleibt, ob das Verklauungs- bzw. Murmaterial durch diesen Durchlass passt, oder ob im „worst case“ das Material den Durchlass verstopft und das geschiebeführende Wasser über das obere Parkdeck flutet, bzw. in die Tunnel-röhre eintreten wird.

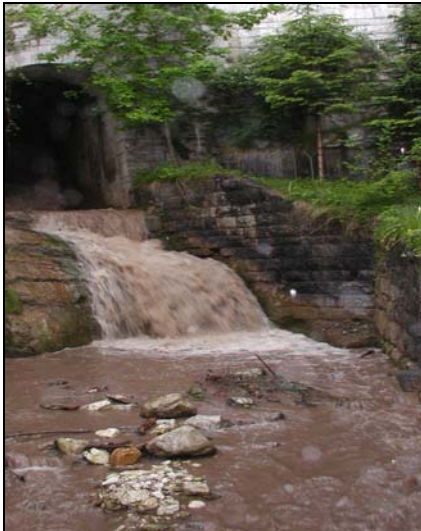
Das Parkdeck könnte jedoch auch als Schutzmassnahme angesehen werden. Würde das Material ungebremst in den Ortskern Hallstatts strömen, wären verheerende Schäden an Häusern und anderen Objekten nicht auszuschließen. Das überschüssige Wasser könnte durch die Tunnelröhre Richtung Lahn ablaufen. Der Ortskern von Hallstatt wäre somit geschützt, jedoch nicht der Teilort Lahn.

#### **Austritt am Fusse der Parkterrasse**

Der Mühlbach fliesst hinter den Parkterrassen durch ein Art Tunnelröhre und kommt direkt im Ortskern Hallstatt zutage. Ab hier ist der Mühlbach stark reguliert worden. Wo noch vor wenigen Jahrzehnten der Mühlbach in 3 Bachläufen in den See mündete, fliesst er heute in einem sehr engen Betonbett, welches direkt an die Hauswände grenzt und teilweise auch abgestützt wird. Bereits bei



**Foto 8.4-3:** Mühlbachwasserfall hinter der oberen Parkterrasse.



**Foto 8.4-6:** Mühlbachaustritt unter der Parkterrasse. Abflussbeobachtung bei einem Sommergewitter. Hier besteht im Murgangfall Ausbruchsmöglichkeit.



**Foto 8.4-7:** Abstützung des regulierten Bachbetts im Ortskern von Hallstatt (1-1,5 m Breite).

Starkniederschlagsereignissen erkennt man dass sehr große Wassermengen durch eine viel zu enges Bachbett auch unterirdisch abfließen müssen. Hochwasserereignisse sind hier kaum zu vermeiden.

Mitgeführtes Geschiebe kann ungehindert in den Ortskern dringen. Der Mündungsbereich in dem Hallstätter See neigt zudem noch zu einer Rückstaubildung, welches eine Vermurung der Gassen und Keller begünstigen würde. Tatsache ist jedoch, dass Durchlässe, Gerinnetunnel und reguliertes Bachbett zu gering dimensioniert wurden.

#### **8.4.2 Mühlbach - Murgangsszenarien**

##### ***Wiederkehrperiode T:***

Statistisch gesehen sind für eine gesicherte Wiederkehrberechnung 12 historische Murgangereignisse keine Grundlage. Zudem ist nicht bewiesen, dass sich in den 3000 Jahren Kulturgeschichte Hallstatts nicht wesentlich mehr Ereignisse stattgefunden haben. Vielleicht wurden nur bezeichnende Murabgänge mit großen Folgeschäden aufgezeichnet. Möglich wäre, dass kleine Murerereignisse, die kleinere oder keine Objektschäden zur Folge hatten, zum Alltag gehörten. Tatsache ist, dass es aufgrund der Salzabbaubegleitenden Massnahmen im Hochtal im Vergleich zu heute sehr viel mehr Holz gerodet und weniger aufgeforstet wurde. Das Erosionsangebot war vor mehr als 100 Jahren höher, sodass auch das murfähige Geschiebe höher gewesen sein müsste. Regulierung, Aufforstung und eine geringere Soleableitung in die Bäche des Hochtals haben in den letzten Jahrzehnten dazu geführt, dass das Ereignis Murgang zurückgegangen, wenn nicht gar in Vergessenheit der jüngeren Generation der Bevölkerung geraten ist. Trotz der ungesicherten lückenhaften Murerereignischronik des Mühlbachs, geben die Aufzeichnungen viele Hinweise zur Auslösungs-, Ablagerungs-, Material- und Schadensart. Nimmt man zur Berechnung der Wiederkehrdauer der Mühlbach – murgänge die im Anhang beschriebenen 12 Ereignisse, lautet das Ergebnis:

##### **Wiederkehrperiode T = 21,92 Jahre = 22 Jahre**

Die folgernde Interpretation dieser Berechnung würde die das nächste Murerereignis als „überfällig“ einstufen, da die 21,92a seit 1968 längst überschritten sind. Jedoch sind das aktuelle Materialangebot, Lagerungsverhältnisse, Verkläusung, sowie die hydrographischen Werte nicht mit in die Berechnung eingeflossen, so dass es zum nächsten Ereignis noch Jahrzehnte dauern könnte. Betrachtet man die zeitlichen Pausen zwischen den Ereignissen, liegen diese zwischen einem und 62 Jahren, so dass die sog. „Überfälligkeit“ des nächsten Ereignisses im Betrachtungsrahmen liegt.

Betrachtet man hingegen das Objektrisiko, welches bei einem Murerereignis besteht, so können hier wesentlich genauere Aussagen getroffen werden. Wie bereits im Kap. 3.3.3.3 die beschriebenen Gefahrenhotspots im Gerinne des Mühlbachs angesprochen wurden, so kann man auch im eigentlichen Ablagerungsbereich Zonen höheren Objektrisikos ausweisen.

##### ***Intensitätsstufen von Murgangsszenarien:***

Zur Berechnung des Risikos von Objekten muss die **Intensität von Murgängen** anhand von möglichen Szenarien festgelegt werden:

- **Intensitätsstufe 0 - keine:** Der Mühlbach führt kein murfähiges Geschiebe mit sich.
- **Intensitätsstufe 1 - schwach:** Der murfähige geschiefbeführender Mühlbach verlässt nicht sein reguliertes Bachbett; verstopft keine Untertunnelungen, das mitgeführte Material bleibt im Bachbett liegen, es kommt nur zu geringen baulichen Schäden.
- **Intensitätsstufe 2 - mittel:** Der stark Geschiebe führende Mühlbach hat bereits am oberen Parkdeck für Murgangablagerungen gesorgt. Der Mühlbachregulierungs-Tunnel hinter den Parkdecks wird teils verstopft durch mitgeführtes Holz. Es kommt am Fusse der Parkterrassen zu sog. Ausbrüchen. Murmaterial verstopft teilweise die regulierenden Untertunnelungen. Es kann zum Rückstau im Unterlauf kommen, so dass das Murmaterial in die angrenzenden Gassen ausweichen muss und abgelagert werden kann. Bauliche Schäden an Fundamenten, Kellern und Erdgeschossen können auftreten. Der Ortskern ist nur teilweise begehbar!
- **Intensitätsstufe 3 - stark:** Die Parkterrassen, sowie der Landesstrassentunnel werden mit Murmaterial verlegt und unpassierbar für den Strassenverkehr. Der Tunnel hinter der Parkterrasse ist teilweise verstopft mit Verklausungsmaterial. Im Ortskern ist der Marktplatz, die Badergasse, sowie weitere angrenzenden Gassen und Plätze mit Murmaterial verschüttet. Das abgelagerte Material kann über 1m Höhe annehmen. Keller und Fundamente werden schwer beschädigt. Häuser mit schlechter Bausubstanz können teilweise zerstört werden. Der Rückstau im Unterlauf des regulierten Bachbetts lässt das Geschiebe durch die Gassen bis zum Hallstätter See abfließen. Der Ortskern ist unbegehbar!

Die einzelnen Zonen werden mit dem Arc Info Tool digitalisiert. Die Ausscheidung der Zonen gründet sich hierbei auf Expertenwissen, historischen Beobachtungen und erfolgt in Anlehnung an den Gefahrenzonenplan Hallstatts.



## 9 Prognose und Empfehlung

Der abschließende Teil einer ganzheitlichen Risikobetrachtung stellt das Risikomanagement dar, welches in den folgenden Kapiteln diskutiert wird. Dazu gehören technische Massnahmen zur Gefahrenabwehr, Sicherheitsorganisation, Frühwarn- und Beobachtungssysteme, sowie Information und Koordination. Darüber hinaus ist eine Prognose über die sich verändernden Randbedingungen im Gefahrengebiet sehr hilfreich, wenn es um die langfristigen Entscheidungen in der Raumplanung geht. Klimatische, landschaftliche, forstwirtschaftliche oder touristische Veränderungen können dazu beitragen, dass sich Gefahrenzonen verschieben und die Raumplanung Änderungen vornehmen muss. Für die langfristige Entwicklung der Erhaltung der UNESCO Kulturlandschaft folgt eine Empfehlung für ein angemessene touristische Entwicklung sowie Aufklärung von Bewohnern und Gästen in den folgenden Kapiteln.

### 9.1 Klimawandel

Das folgende Kapitel behandelt die Klimaveränderung in den Alpen, sowie die Folgen, die sich anhand von zunehmenden Naturgefahren erkennen lassen. Dass das Klima infolge seiner Komplexität aller damit verbundenen Kreisläufe in der Atmosphäre auch Auswirkungen auf die Lithosphäre hat ist seit jeher bekannt. Kommt es zu Änderungen im klimatischen Gleichgewicht, zieht dies unweigerlich Änderungen auf der Erdoberfläche nach sich. Welche Folgen die veränderten Parameter haben können kann man nur modellhaft berechnen. Jedoch lassen sich Prognosen abgeben, die in den folgenden Abschnitten geklärt werden sollen.

#### 9.1.1 Globale Klimaveränderungen

Durch die von Menschen verursachte Emission von Treibhausgasen kommt es zu einer zusätzlichen Erwärmung der Erdoberfläche (anthropogener Treibhauseffekt). Dies hat einige Veränderungen nach sich gezogen:

- **Temperatur**

Die global durchschnittliche Oberflächen Temperatur ist im 20. Jahrhundert um  $0,6^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$  angestiegen (BLOETZER, 1998).

- **Eisausdehnung und Meeresspiegel**

Satellitendaten haben ergeben, dass die von Schnee bedeckte Fläche seit den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts um 10% zurückgegangen ist. Dabei wurde in nicht-polaren Regionen ein Zurückweichen der Berggletscher verzeichnet.

Ebenso ist die Ausdehnung von Frühjahr- und Sommermeereis seit den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts um 10% bis 15% zurückgegangen, was wiederum einen Meeresspiegelanstieg von 0,1 - 0,2 Metern zur Folge hat.

- **Niederschlag**

Auf den Kontinenten der mittleren und höheren Breiten der nördlichen Hemisphäre haben Niederschläge mit jedem Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts um 0,5% bis 1%

zugenommen. Dabei sind die Niederschläge über den tropischen Landmassen um 0,2% bis 0,3% gestiegen, hingegen über den subtropischen Landmassen um 0,3% gefallen.

### **9.1.2 Das Klima der Alpenregion**

Die sogenannten „Global Circulation Models“ (GCM), welche zum Berechnen der klimatischen Veränderungen herangezogen werden, lassen sich nur durch „Downscaling“ auf regionale Bereiche anwenden. Vor allem die Niederschlagsentwicklung spielt im Alpenraum eine wichtige Rolle.

Die seit 1886 durchgehend bestehenden Klimamessungen in Österreich haben einen durchschnittlichen Temperaturanstieg von etwa 2°C ergeben. Dabei wird die mittlere Sommertemperatur bis 2030 um +2,3°C bis +2,7°C und die mittlere Wintertemperatur um +1,9°C bis +2,3°C ansteigen (BLOETZER, 1998). Dies hat zur Folge, dass der mittlere Sommerniederschlag um 7,5% bis 12,5% abnehmen wird, während im Winter mit einer Zunahme von 5,0% Niederschlag zu rechnen ist. Die Szenarien der IPCC führen alle zu den selben Temperaturzunahmen.

### **9.1.3 Auswirkungen auf das Umfeld und die Hallstätter Region**

#### **9.1.3.1 Schneearmut und Gletscherschwund**

Durch Schneemangel wird der Wintertourismus im Gebirge massiven Veränderungen unterworfen sein. Die als schneesicher geltende Dachsteinregion wird zunehmend einer erhöhten Nachfrage und entsprechenden Infrastruktur ausgesetzt. Das könnte bedeuten, dass mehr Wintertouristen in die Dachsteinregion kommen. Hallstatt selber ist kein Winterskiort, da das entsprechende Skigebiet fehlt, jedoch sind die Nächtigungen aufgrund der Nähe zum Krippensteinskigebiet hoch (Kapitel 6). Ein alternativer Wintertourismus könnte hier in den nächsten Jahren gefördert werden, was wiederum raumplanerische langfristige Anpassungen verlangt.

#### **9.1.3.2 Vegetationsveränderungen im Bannwald**

Die schleichende Veränderung der Artenzusammensetzung kann zu verheerenden Folgen in der Raumplanung führen. Der vorübergehend geschwächte Gebirgsschutzwald hat seine Funktion als Bannwald verloren und muss der neuen Klimasituation in seinem forstwirtschaftlichen Bestand angepasst werden. Nur so bedarf es keiner neuen Ausscheidung von Gefahrenzonen.

#### **9.1.3.3 Gletscherrückzug und Permafrostveränderungen**

Die Erwärmung stellt den Hauptgrund für den prognostizierten Gletscherrückzug dar. In der Schweiz wird bei einem Anstieg der Temperatur um +1,8°C angenommen, dass 80% der Gletscher ganz abschmelzen werden. Der schleichende Rückgang von Permafrost kann zu Destabilisierungen in Schuttablagerungen von Gletschervorfeldern führen.

### **9.1.3.4 Trockenperioden**

Industrie, Haushalte und Landwirtschaft können Probleme bei der Wasserversorgung bekommen. Parallel dazu, wird aufgrund der Trockenperioden der Sommertourismus und die Freizeitnutzung zunehmen.

### **9.1.4 Veränderungen der Naturgefahrensituation**

Eine Gefahr wird immer beeinflusst durch die Wahrscheinlichkeit, Intensität und ihre Ausdehnung. Solange die Intensität kleiner als das Schutzziel ist, bedeutet eine zunehmende Häufigkeit von Gefahren keine Änderung. Nach wie vor gelten die Angaben zu Wahrscheinlichkeiten von Naturgefahren als spekulativ. Die Worte „häufiger“ und „seltener“ stehen für die Angaben der qualitativen Veränderungen. Da sich die Änderung von Starkniederschlagsintensitäten noch nicht voraussagen lässt, bleibt die Prognose der Veränderung von gravitativen Naturgefahren schwierig (BLOETZER, 1998).

#### **9.1.4.1 Murgänge**

Die tendenzielle Entwicklung lässt eine die Murgangereignisse auch im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen zunehmen. Solange genügend Material vorhanden ist, können Starkniederschlagsereignisse verheerende Vermurungen zur Folge haben. Jedoch sind über Veränderungen der Niederschlagsstruktur bis heute keine verlässlichen Aussagen gemacht worden.

#### **9.1.4.2 Lawinen**

Leider bleiben auch hier die Aussagen über mögliche Zu- oder Abnahme von Lawinenereignissen spekulativ. Einerseits sollte eine durch die Temperaturerhöhung generell verminderte Schneebedeckung zu einer Reduktion des Risikos führen. Andererseits können in höheren Regionen größere gefährlichere Lawinen entstehen.

Da 5,0% mehr Winterniederschlag erwartet wird, kann in diesen Lagen je nach Niederschlagsstruktur mit mehr Schneefall gerechnet werden. Entscheidend für die Lawinengefährdung sind der Aufbau und die Mächtigkeit der Schneedecke und die Schneemengen pro Einzelereignis. Tatsache ist, dass bis jetzt kein Trend zu einer Änderung von potentiellen Lawinenereignissen abzusehen ist. Eher wahrscheinlich ist ein Rückgang der Lawinen im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen, da der Niederschlag in den mittleren und niederen Höhen durch die Temperaturänderung in Form von Regen fallen wird. Höhere Lagen existieren im Arbeitsgebiet nicht, so dass sich kein Schneedepot durch extreme Niederschläge entwickeln könnte.

#### **9.1.4.3 Rutschungen**

Die Auslösung oberflächennaher Rutschungen ist sehr stark mit den Niederschlagsereignissen korreliert. Der leicht erhöhte Winterniederschlag könnte das Auslösen von Rutschungen bedeuten. Jedoch sind die geologischen Gegebenheiten ebenfalls entscheidend bei der Ausbildung von Rutschkörpern.

#### **9.1.4.4 Sturzprozesse**

Bei der physikalischen Verwitterung von Hanglagen und Felszonen stellen die geologischen Strukturen den entscheidenden Faktor dar. Die Auslösung von Felssturz und Steinschlag könnte durch vermehrte Frost-/Tauzyklen in mittleren Lagen zu einer Häufung dieser Sturzprozesse führen. Jedoch nur, wenn bei wärmeren Temperaturen im Winterhalbjahr mehr Niederschlag fällt.

#### **9.1.4.5 Bergzerreissung**

Die Bergzerreissungsvorgänge sind geologischen Ursprungs und laufen klimaunabhängig (Kapitel 5) ab.

### **9.2 Gefährdung der UNESCO–Kulturlandschaft – Auswirkungen auf die Gemeinde Hallstatt und den Tourismus**

Touristischer Mittelpunkt des Arbeitsgebiets Hallstatt/Plassen ist die Marktgemeinde Hallstatt. Die südlichste Marktgemeinde Oberösterreichs liegt am westlichen Ufer des von der Traun durchflossenen Hallstättersees in einem tief eingeschnittenen fjordartigen Gletscherbecken umgeben von den Gipfeln der Nördlichen Kalkalpen.

Wie bereits in Kapitel 3.6 besprochen wurde, gehört Hallstatt seit 1997 zur historischen Kulturlandschaft Hallstatt-Dachstein/Salzkammergut. Die bloße Aufnahme in die Welterbeliste ist jedoch nicht von Nutzen, wenn das Kulturdenkmal von steigendem Tourismus oder durch die Gefahren durch Mensch und / oder Natur beschädigt oder gar vernichtet wird. Gefährdete Weltkulturerbeobjekte werden in die sogenannte „Rote Liste des gefährdeten Welterbes“ eingetragen, was dazu dient, weltweit Aufmerksamkeit für die Gefahren zu wecken, welche das Welterbe bedrohen. Bisher sind die Naturgefahren im Raum Hallstatt wenig bekannt, weltweit auf jeden Fall unbekannt geblieben. Ob und in wie weit ein Weltkulturerbe als gefährdet einzustufen ist, liegt in der Entscheidung der UNESCO. Dass die Personen und Sachwerte, sowie immaterielle Werte im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen durch Naturgefahren gefährdet sind, bleibt unbestritten. Die Veränderungen der klimatischen Verhältnisse, sowie deren Auswirkungen auf Naturgefahren sollten bei der Pflege der Kulturlandschaft beobachtet werden. Jedoch haben Naturgefahren meistens negative Auswirkungen auf die Tourismusbranche, so dass bei einer Einschätzung des Gefährdungsgrades der ökonomische Aspekt weit über dem soziologischen Effekt steht. Kritische Fachberichte über Naturgefahren, welche durch die Medien oft übertrieben und zusammenhanglos ausgenützt werden, sind daher in den betroffenen Gebieten nicht erwünscht.

Im Umgang mit der Gefahr ist die Aufklärung und Bekanntmachung der Gefahren ein sehr wichtiger Aspekt. Die Touristenströme sollten besser über die Vorgänge der Natur und ihre Auswirkungen aufmerksam gemacht werden. Dass Naturgefahren-Prozesse dazu beigetragen haben die Kulturlandschaft zu prägen und nicht nur negative Auswirkungen haben, wäre ein positiver Ansatz für die Einbeziehung der Besucher in die Probleme und Lösungen im Umgang mit der Natur. Stellt man die Naturgefahren als natürlichen Prozess und nicht als Gefahr dar, so würde im Falle eines Ereignisses der psychologische Effekt bei den Betroffenen nicht einem Schock gleichen, sondern auf erhöhte Akzeptanz und Vorwissen stoßen.

Bei der zukünftigen touristischen Entwicklung Hallstatts sollte somit unbedingt auf die Entwicklung eines **Kulturtourismus** und der „Entdeckung“ der Kulturgüter im Zusammenhang mit Naturgefahren geachtet werden (BEZCHLEBOVA & FLASKOVA, 2004). Dieser zeichnet sich durch folgende Punkte aus:

- Verantwortliche Konservierung des Welterbes. Einheimischen und Gästen sollen mit verschiedenen Instrumenten die Kultur, das Erbe und die Natur als Landschaftsbildner zugänglich gemacht werden.
- Die Erhaltung des Welterbes ist ein nachhaltiger Vorgang, der auch die Erhaltung für zukünftige Generationen berücksichtigen sollte.
- Dem Besucher soll ein hochwertiges, befriedigendes und angenehmes Erlebnis vermittelt werden.
- Tourismus- und Welterbemanagement sollen zugunsten der einheimischen Kommunität arbeiten. Lokale Materialien, Traditionen und Architektur spielen bei den Infrastrukturkonzepten eine besondere Rolle.
- Bei der Vermarktung soll auf die annehmbaren Grenzkapazitäten in Beziehung zu den zur Verfügung stehenden Infrastruktureinrichtungen geachtet werden.

Umsetzungsideen zur Förderung der Aufklärung im Bezug auf Naturgefahren könnten wie folgt aussehen:

- Bessere Beschilderung der einzelnen Naturgefahrenereignisse im Salzberg und Hallstatt.
- Übersichtskarte, Flyer und „clicable maps“ (Internet) über die Naturgefahren rund um den Hallstättersee.
- Geführte naturwissenschaftliche Touren, sogenannte Exkursionen, die auf ihrem Weg mehrere Naturgefahren ansteuern, erklären und begreifbar machen.
- Gezielte Abendveranstaltungen, Vorträge und Seminare Vorort über Geologie, Geotechnik, Klima und Massenbewegungen in enger Zusammenarbeit mit der Bevölkerung, dem Museum Hallstatt und Fachwissenschaftlern.
- Seminare im Bezug auf die Folgen und den Schutz von Naturrisiken für Bewohner und Gäste anbieten. Themen: „Wie schütze ich mich vor Naturgefahren“, „Wie verhalte ich mich im Falle eines Naturgefahren – Ereignisses“.



**Foto 9.2-1:** Veraltetes Hinweisschild, welches auf die Gefahr von anthropologisch herbeigeführten Steinschlag hinweist und mit strenger Strafe droht.

### 9.3 Risikoaversion und/oder Risikoakzeptanz?

Bei der Durchführung einer Risikoanalyse von Naturgefahren stellt sich unweigerlich die Frage, wie die betroffene Bevölkerung sich in der Gefahrenzone im Falle eines Ereignisses verhalten

wird. Ebenso interessant ist die Einstellung der Anwohner zu den gegebenen Naturgefahrenprozessen. Zahlreiche Veröffentlichungen und Umfragen haben gezeigt, dass die Bergbevölkerung höhere Risiken auf sich nimmt als die Stadtbevölkerung. Das Wissen über Naturgefahren wurde generationenübergreifend weitergegeben, die Katastrophenereignisse als Schicksal akzeptiert oder sogar als „gottgewollt“ hingenommen. Da in der Vergangenheit die Bergbevölkerung ein Gleichgewicht zwischen der Suche nach Sicherheit und der Akzeptanz bestimmter Katastrophen eingegangen war, stellen die veränderten Bedingungen die Bevölkerung heutzutage vor das Problem des Umdenkens. Da der zunehmende Freizeit- und Siedlungsdruck zu einer Auflösung des Generationswissens führt, können Katastrophen nicht mehr wie bisher als unausweichliche Unfälle interpretiert werden. Zugezogene Anwohner fühlen sich meist sehr sicher im neuen Siedlungsgebiet, obwohl die Naturgefahrenprozesse jederzeit reaktiviert werden können. Im Ereignisfall ist dann meist die Eigenverantwortung so stark gesunken, dass sich aus einem Unglücksfall schnell eine Schuldfrage entwickelt. Im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen können die im Naturereignisfall betroffenen Personen in 3 verschiedene Gruppen eingeteilt werden:

### **9.3.1 Ansässige Bevölkerung**

Diese lebt seit vielen Generationen mit den Naturgefahren. Die Aufzeichnungen in der Hallstatt Chronik (URSTÖGER, 2002) zeugen von einer hohen Risikoakzeptanz. Kommt es zu einem Naturgefahrenereignis reagiert die Bevölkerung reaktiv. Es werden kurzfristige Massnahmen zur Behebung der Schäden eingeleitet, so dass die Infrastruktur schnellstmöglich wieder in den Betriebszustand gelangt. Ein gutes Beispiel dafür sind die unzähligen Murabgänge in der Mühlbachschlucht, die mehrmals Teilbereiche des Ortskerns beschädigten oder ganz zerstörten. Überlieferungen zur Folge wurden die Häuser an den selben Stellen wiederaufgebaut, Räumarbeiten wurden mithilfe des Österreichischen Heeres durchgeführt. Massnahmen an gefährdeten Objekten wurden nicht ausgeführt, vielmehr wurden in der Vergangenheit unzählige technische Massnahmen zum Schutz vor Lawine, Steinschlag und Felssturz ausgeführt. Die Natur wurde dem Nutzen angepasst. Tatsächlich ist der Markt Hallstatt eine bedeutendes Kulturerbe, dass von Tradition und Heimatverbundenheit geprägt ist, so dass sich die Nutzung in Zukunft kaum ändern wird und Alternativen aufgrund des geringen Platzangebotes nicht zur Verfügung stehen.

### **9.3.2 Zugezogene Bevölkerung / Pendler**

Wie in Kapitel 5.2.1 bereits angesprochene Personengruppe der Pendler wird im Bezug auf die Risikoakzeptanz noch um die zugezogene Bevölkerung erweitert. Beide Personengruppen haben gemeinsam, dass sie weder im Arbeitsgebiet aufgewachsen, noch längere Zeit dort verbracht haben. Die Erfahrungen, welche von Generation zu Generation weitergegeben werden sind hier nicht vorhanden. Die Risikoakzeptanz ist somit wesentlich geringer als bei der ansässigen Bevölkerung, so dass das Wissen um die Gefahren entweder völlig fehlt, oder der Wunsch nach mehr Schutz vor den Gefahren unverhältnismässig höher ist. Die Risikoaversion könnte hier ebenso eine Rolle spielen. Dabei werden Unfälle mit grossen Schadenausmassen oder gar Katastrophen viel intensiver wahrgenommen und bewertet als die viel zahlreicheren



Unfälle mit eher kleinem Schadenausmass. So kann es dazu kommen, dass Unfallarten deren Schäden an Mensch und Umwelt statistisch gesehen für die Gesellschaft vernachlässigbar sind, trotzdem eine Reaktion auslösen, die überbewerteten Katastrophen zu verhindern. Die Wahrnehmung von Risiken ist demnach verschoben und stimmt nicht mehr mit der Realität überein. Ein gutes Beispiel für die Überbewertung mancher Katastrophen sind Erdbebenereignisse, die im Alpenraum geringe Auswirkungen auf Personen und Objekte haben, jedoch durch die Medien als übertragbare Katastrophen von einem Gebiet auf ein anderes dargestellt werden. Die Risikoaversion bestimmt somit das längerfristige Handeln, vor allem auf raumplanerischer Ebene und ist sehr kritisch zu prüfen, da es sonst zu unausgewogenen Lösungen und unterschiedlichen Schutzniveaus kommen kann.

### 9.3.3 Touristen

Die dritte Gruppe von Personen im Arbeitsgebiet ist ausdrücklich nicht zu vernachlässigen. Laut Austria Statistik nächtigen Touristen im Arbeitsgebiet durchschnittlich ca. 2 Nächte durchgehend von Januar bis Dezember. In den Sommermonaten wird diese Zahl bedingt durch die Sommerattraktionen im Arbeitsgebiet ansteigen. Jedoch besteht ein nachweislich ständiger Zustrom von Touristen im Arbeitsgebiet, der zahlenmässig die Bevölkerungsanzahl von 946 Einwohnern an Sommertagen weit übersteigen kann (siehe Kapitel 6).

Die Gruppe der Touristen ist im Bezug auf die Risikoakzeptanz völlig unbelastet. Die meisten Besucher möchten ungestört ihren Urlaub im Arbeitsgebiet verbringen und machen sich wenig bis gar keine Gedanken über die gebirgstypischen Naturgefahren, deren Anzeichen nur selten offen erkannt werden. Im Falle eines Naturereignisses wären die Touristen die psychisch und physisch schutzloseste Gruppe, die zwar ein hohes Personen- jedoch keine Sachrisiken einget. Untersuchungen zur Folge können diese Personen eine hohe Risikoaversion besitzen, was fatale Folgen für die Tourismusbranche hat. Wie das Beispiel des Lawinenwinters 1999 gezeigt hat gehen die Touristenzahlen zurück, sobald katastrophale Ereignisse stattgefunden haben, so dass auch bei anderen Naturkatastrophen mit Einbußen in der Tourismusbranche in geringerem Masse zu rechnen wäre.

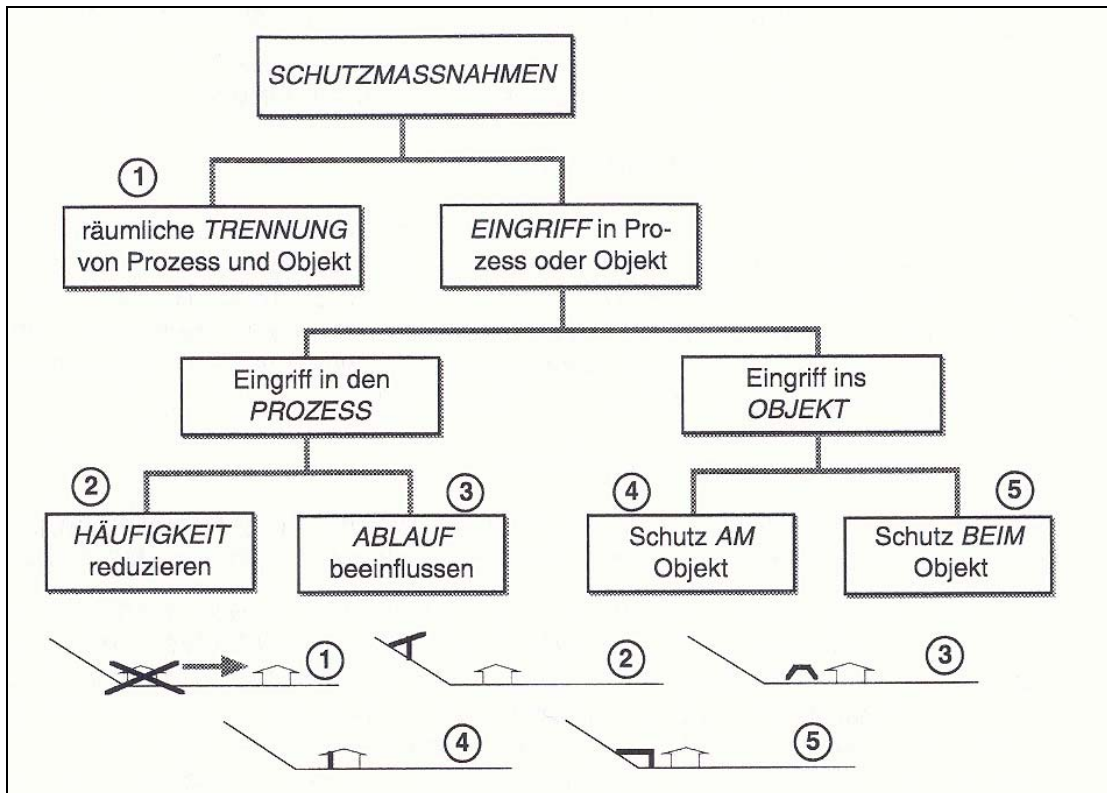
## 9.4 Risikominderung und der Schutz vor Naturgefahren

Wie bereits das vorangegangene Kapitel gezeigt hat kann das Risikobewusstsein ein entscheidender Faktor bei der Raumplanung sein.

Massnahmen erzeugen die notwendige Wirkung, wenn es um die Umsetzung von risikomindernden Strategien geht. Dabei müssen Eingriffe mit dauernder Wirkung von denen mit temporärer Wirkung unterschieden werden. Temporäre Massnahmen unterscheiden sich darin, dass diese erst umgesetzt werden, wenn mit Schäden zu rechnen ist. Sie werden für eine beschränkte Dauer wirksam gemacht und dann wieder aufgehoben. Da diese Art der Risikominderung für das Arbeitsgebiet im Hinblick auf die langfristige Erhaltung der Kulturlandschaft nur sekundär ist, wird in den folgenden Kapiteln nur auf die dauernden Massnahmen eingegangen. Zu diesen zählen vor allem technische Eingriffe, Gefahrenabwehr, Sicherheitsorganisation, Frühwarn- und Beobachtungssysteme sowie Information und Koordination.

### 9.4.1 Technische Prävention

Technische Massnahmen kommen dort zum Zug, wo eine Trennung von Prozess und Wertobjekt nicht sinnvoll durchführbar ist und mit organisatorischen Mitteln allein die geforderte Wirkung nicht erreichbar ist. Die Wirkung kann teilweise durch verschiedene Parameter gesteuert (beim Staudruck durch Dichte oder Strömungsgeschwindigkeit) und an verschiedenen Orten im System lokalisiert werden (vgl. Abb. 9.4-1) (HOLLENSTEIN, 1997).



**Abb. 9.4-1:** Gliederung möglicher Massnahmen zum Schutz vor Naturrisiken nach Art und Ort ihrer Wirkung (HOLLENSTEIN, 1997).

Bisher wurden **Massnahmen an der Gefahrenquelle** denen **am gefährdeten Objekt** vorgezogen, wobei eine Gegenüberstellung der Auswirkungen beider Massnahmen ein derartiges Verhalten nur bedingt rechtfertigt.

**Tab. 9.4-1:** Vergleich zwischen Massnahmen an der Gefahrenquelle und Massnahmen am gefährdeten Objekt (modifiziert nach BLOETZER, 1998).

	<b>Massnahme an der Gefahrenquelle</b>	<b>Massnahme am gefährdeten Objekt</b>
<b>Risikobeeinflussung</b>	Schadenausmass nimmt zu.	Gefahrenpotential nimmt zu.
<b>Kosten</b>	Werden nach dem Solidaritätsprinzip getragen.	Einzelverantwortung, Betroffene kommen für die Massnahme auf.
<b>Umwelt</b>	Eingriff in die Ökologie und Landschaftsbild.	Ökologie und Landschaftsbild bleiben unversehrt.
<b>Nachhaltigkeit</b>	Beschränkung von Dynamik und Vielfalt.	Naturlandschaften bleiben unangetastet.

#### **9.4.1.1 Massnahmen an der Gefahrenquelle**

Auf die Massnahmen an Gefahrenquellen im Arbeitsgebiet Hallstatt wurde bereits in den einzelnen Kapitel 5 und 8 eingegangen, da sich diese besser anhand der vorliegenden Gegebenheiten erklären lassen.

#### **9.4.1.2 Massnahmen am gefährdeten Objekt**

Wird die Besiedlung des Raumes der Gefährdung angepasst so lassen sich die entsprechenden Personen- und Sachrisiken steuern. Der Grad der Gefährdung ist dabei das Mass für eine mögliche Eigentumsbeschränkung. Dabei werden 3 Stufen der Gefährdung unterschieden:

- **Geringe Gefährdung:**  
Der Nutzung werden in der Regel bezüglich gravitativen Gefahren keine Einschränkungen eingeräumt. Es wird jedoch auf die begrenzten Risiken hingewiesen und dem Eigentümer wie empfohlen Schutzmassnahmen zu ergreifen.
- **Mittlere Gefährdung:**  
Die Erstellung von Bauten, welche dem Aufenthalt von Menschen und Tieren dienen, ist grundsätzlich erlaubt, wenn das Personen- und Sachrisiko mittels Sicherheitsvorkehrungen auf eine akzeptables Niveau reduziert werden kann.
- **Hohe Gefährdung:**  
Die Erstellung von Bauten, welche dem Aufenthalt von Menschen und Tieren dienen, ist grundsätzlich nicht erlaubt, da Sicherheitsvorkehrungen nicht oder nur mittels unverhältnismässigem Aufwand zu einer Risikoreduktion führen.

Diese Grundsätze müssen bei der Umsetzung immer einen Bezug zu den örtlichen Gegebenheiten haben und diese berücksichtigen.

Eine **angepasste Bauweise (Objektschutz)** reduziert wesentlich die Schadenempfindlichkeit betroffener Objekte. Für die verschiedenen gravitativen Gefahren gibt es verschiedene Lösungen, deren Umsetzung im Arbeitsgebiet denkbar oder bereits durchgeführt wurde.

- **Lawinen:**

Gebäude können gegen den Staudruck von Lawine mittels Keilbauweise geschützt werden. Lokale Ablenkdamme oder Auffangdamme sind entlang von Verkehrswegen denkbar. Ebenso sind Lawingalerien sehr bewährte Schutzmassnahmen, die sich bei bedarf auch erweitern lassen.

Bsp.: Am Fusse des Schneidkogels im Arbeitsgebiet Hallstatt-Plassen wurde ein derartiger Schutzwall bzw. Auffangdamm errichtet.

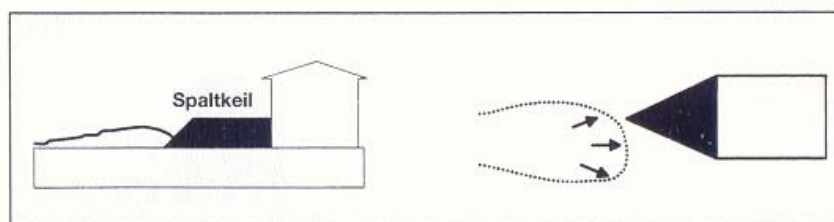


Abb. 9.4-2: Objektschutz durch Keilbauweise (BLOETZER, 1998).

- **Murgänge:**

Gebäude werden vor Übermürungen in gleicher Weise wie bei Schneelawinen geschützt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Dichte von Murgängen im Bereich von 1,8-2,6 t/m<sup>3</sup> liegt, dagegen die Dichte von Lawinenschnee lediglich im Bereich von 0,1-0,5 t/m<sup>3</sup> schwankt.

Im Arbeitsgebiet treten Murgänge im Bereich der Mühlbachschlucht auf. Dabei wird am Mühlbachwasserfall das Murbachgerinne durch die Parkterrasse begrenzt. Ob der Parkterrassenbau als Schutzmassnahme oder negatives Hindernis zu sehen ist, konnte nicht geklärt werden (Kapitel 4.5.5). Ein angepasster Objektschutz vor Übermürung besteht nicht im Ortskern von Hallstatt. Hier bedarf es einer genauen Begehung mit den zuständigen Baubeauftragten der Stadt um bauliche Massnahmen an den Häusern, die in den Bereichen der gelben und roten Gefahrenzonen des Gefahrenzonenplanes stehen, anzubringen.

- **Sturzprozesse:**

Auffangdämme, Steinschlagnetze können vor der Stosskraft von Einzelkomponenten geschützt werden. Dergleichen Konstruktionen ermöglichen einen langen Bremsweg, so dass die dabei auftretenden Stoskräfte in einem angemessenen Bereich zu liegen kommen.

Steinschlagnetze wurden bereits sehr zahlreich im Arbeitsgebiet angebracht. Jedoch beläuft sich der Objektschutz meist nur auf die Gebäude Hallstatts. Der Salzberg birgt jedoch auch Sturzprozesse, deren Schutz genauer in Betracht gezogen werden sollten. Vor allem der unterhalb der Hohen Sieg gelegene Hangfuss birgt Gefahren durch Felssturzmaterial, welches bis zum Hallstätter Gräberfeld und den Salzberg-Fussweg durchschlagen könnte. Besonders betroffen sind auch die Hangbereiche zwischen

Echernwand – Hoher Sieg- bis zum Gosauack. Diese Zonen müssen gut überwacht werden. Veraltete Steinschlagverbauungen sollten durch neue ersetzt werden.



**Foto 9.4-1:** Veraltetes Steinschlagnetz oberhalb der Häuser von Hallstatt(2003).



**Foto 9.4-2:** Steinschlagnetz mit Schlingen (2003).

- **Rutschprozesse:**

Bei Rutschprozessen können gefährdete Objekte durch Anker, Pfähle und Vernagelungen gesichert werden. Die Rutschungsbereiche im Arbeitsgebiet Plassen sind räumlich in der Nähe von Verkehrsobjekten, es könnten jedoch auch die Gebäude im Salzberghochtal durch Felssturzereignisse ausgelöste Schuttströme bedroht werden.

### 9.4.2 Frühwarn- und Beobachtungssysteme

Mit Warnung und rechtzeitiger Evakuierung können Mensch, Tier und Sachwerte wirksam vor Naturgefahren geschützt werden. Dabei ist für jeden Naturprozess eine eigene Überwachungsmethode nötig, die Aufschluss über die aktuelle Situation gibt um gegebenenfalls eine Warnung aussprechen zu können.

#### 9.4.2.1 Lawine

Im Arbeitsgebiet Hallstatt Plassen wurde bereits vom Institut für Alpine Naturgefahren an der Universität für Bodenkultur in Wien unter der Leitung von Prof. Karl Kleemayr in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Schabl & Partner ein Projekt für ein Lawineneinformationssystem in die Wege geleitet. Dabei sollte ein permanent verfügbares Informationssystem über die Lawinensituation einer bestimmten Region (Salzkammergut) aufgebaut werden. Auf Basis von Geländedaten, Wetterdaten und der Erfahrung der Mitarbeiter vor Ort sollen Modelle zur Lawinenprognose erstellt werden. Leider standen zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit noch keine konkreten Ergebnisse zur Verfügung.

Die Lawinesituation wird vom Hydrographischen Dienst im Land Oberösterreich aktualisiert und anhand der fünfstufigen europäischen Lawinengefahrenskala (Anhang Lawine) eingestuft. Dabei wird ein „Newsletter“ ausgegeben, der alle 3 Tage erneuert wird und per email abrufbar

ist. Es wird dabei auf die Gefahrenstufe, die Tendenz der Gefahr, das Wetter, den Schneedeckenaufbau und die Gefahrenbeurteilung eingegangen.

### **9.4.2.2 Murgang**

Bisher gibt es kein Frühwarnsystem, welches ein Murgangereignis in Hallstatt ankündigen könnte. Jedoch wäre eine Art von Beobachtungssystem sinnvoll, wenn es um die Einschätzung des Verklausungsgrades bzw. der Ansammlung von Material im Mühlbachbett gibt. Die Installation einer Überwachungskamera oder regelmäßige Begehungen, sowie Räumungsaktionen wären ein Beitrag zur Prävention und könnten evtl. auch zu einer Frühwarnung ausgebaut werden. Jedoch ist die Transportstrecke des Murgangmaterials sehr kurz und die Evakuierungszeit dementsprechend gering.

Falls es bei einem Murgangereignis zu Störfällen im Tunnel von Hallstatt kommen sollte hat die Landesstraßenmeisterei Bad Ischl einen „Tunnelfolder“ veröffentlicht, der im Falle eines Notfalles den Kfz-Fahrern helfen soll die Notausgänge zu finden. Ebenso gibt der Tunnelfolder Hinweise zum Verhalten in Notsituationen (Land Oberösterreich – Katastrophenschutz).

### **9.4.2.3 Steinschlag**

Für Steinschlagereignisse gilt im allgemeinen die erhöhte Aufmerksamkeit im Frühjahr. Ein Beobachtungssystem macht hier wenig Sinn, da die betroffenen Flächen oft sehr schwer zugänglich sind. Potentiellen Felszonen können durch Steinschlagnetze gesichert werden.

### **9.4.2.4 Felssturz**

Felssturzereignisse fanden im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen immer wieder im Zusammenhang mit den Bergzerreissungsvorgängen der Plassen-Scholle statt. Besonders betroffen ist dadurch die Ostseite des Plassen mit den Blöcken des Lahngangkogels, wo es zuletzt im Jahr 1985 zu einem Felssturzereignis am Roten Kögele kam. Im Jahr 1954 begann das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen mit geodätischen Messungen im Plassen-Gebiet. Dabei lassen sich durch Nachmessungen bis 1991 maximale Bewegungsraten bis über 80cm im Jahr ermitteln. Die nordost-südöstliche Bewegungsrichtung der einzelnen Blöcke zeigt die Tendenz, dass die Kalk-Schollen sich auf ihrer Haselgebirgsunterlage mit vertikalem und horizontalem Bewegungsvektoren in Richtung Salzberghochtal bewegen. Der gefährdete Bereich des Roten Kögeles wurde von der Universität Erlangen seit 1987 mit Divergenzmessstrecken beobachtet. Ebenso wurden 1992 Neigungsmessstellen und 1994 ein geodätisches Messnetz eingerichtet. Die Bewegungen der Felsstürme an der Dammwiese werden durch Divergenzmessstrecken überwacht. EHRET (2002) gibt in seiner Geotechnischen Arbeit Empfehlungen zum Ausbau des Messnetzes mit weiteren GPS Messstellen und Referenzmesspunkten, zwischen denen großräumige Bewegungsänderungen erfasst werden sollten.

Ein weiterer Vorschlag zur Felssturzüberwachung wäre der Hangfuss der Hohen Sieg, an dem bereits mehrere Felssturzereignisse stattgefunden haben (Kapitel 4.5.3) und der Abrissbereich des Schneidkogels, der bereits Risse aufweist.



### **9.4.2.5 Rutschung und Schuttstrom**

Die Überwachung der kleinräumigen Rutschungen im Hochtal macht im Bezug auf die Risikoanalyse keinen Sinn, da sich keine gefährdeten Objekte im Ablagerungsbereich befinden. Jedoch sollte weiterhin eine Begehung der potentiellen Anrissbereiche stattfinden um mögliche Großereignisse frühzeitig erkennen zu können.

Die Schuttströme im Salzberghochtal lassen sich nur sehr schwer beobachten. Eine Reaktivierung von Schuttströmen durch neue Felssturzereignisse ist jedoch im Gebiet Inneres Salzkammergut keine Seltenheit. Eine umfassende Überwachung, wie sie im Bereich der Zwerchwand und der Stammbach-Schuttstromes durchgeführt wird (RÖNNAU, 2001) ist bisher im Hochtal nicht geplant.

### **9.4.3 Abschließende Worte zum Umgang mit Naturgefahren**

Abschließend lässt sich über die in Kapitel 8 beschriebenen Risikomanagement Bereichen sagen, dass es sowohl bei der Prognose, Frühwarnung, Überwachung und im Umgang mit der Bevölkerung darauf ankommt, dass die Koordination zwischen den Gemeinden, Verkehrsträgern, Wildbach- und Lawinenverbauung, sowie ÖBF und UNESCO funktionieren muss. Mangelnde Kooperation von Behörden und Zuständigen führt in Umgang mit Naturgefahren zu ineffizientem Arbeiten, wodurch der Schutz für jeden Einzelnen leidet. Durch Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit sollte nicht nur in Fachkreisen sondern auch in der Bevölkerung mehr Aufmerksamkeit für den Schutz vor Naturgefahren erreicht werden.

## 10 Zusammenfassung und Fazit

### 10.1 Zusammenfassung

Nach einer Systemabgrenzung des Arbeitsgebietes aufgrund von bereits durchgeführten Untersuchungen durch andere Autoren und einer gleichzeitigen Literaturrecherche zur Durchführung von Risikobetrachtungen wurden zwischen den Jahren 2002 bis 2004 mehrere

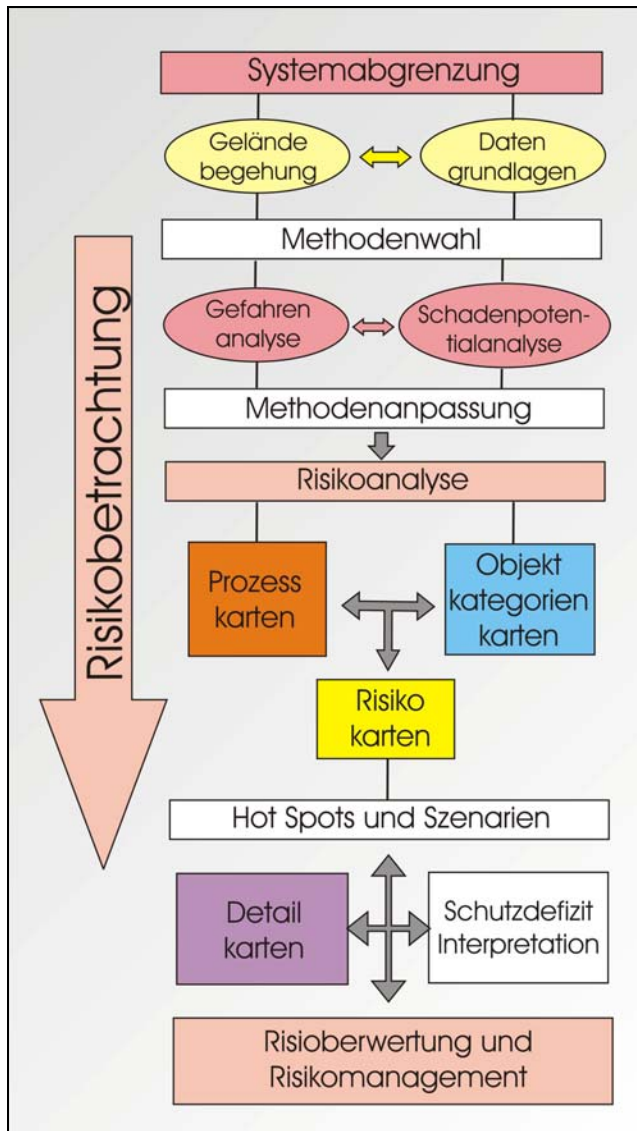


Abb. 10.1-1: Projektverlauf mit den einzelnen Bearbeitungsstufen.

untersucht und in sogenannten HOT SPOT Detailkarten dargestellt und interpretiert. Für Lawinen wurde dabei auf die Katasterunterlagen der Wildbach- und Lawinenverbauung Bad Ischl zurückgegriffen. Murgänge wurden aufgrund der bereits ausgewiesenen Gefahrenzonen analysiert.

Geländeaufenthalte durchgeführt.

Dabei konnten neue Erkenntnisse über die geologische und geotechnische Situation gewonnen werden.

Parallel dazu wurden die notwendigen Datengrundlagen aquiriert und in einer Datenbank mit mehreren Ebenen gesammelt. Aufgrund der vorhandenen Daten und der Naturgefahrensituation im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen konnte eine Methodenwahl erfolgen.

Die darauf basierende Gefahrenanalyse umfasst die Beschreibung und Modellierung der Prozesse Rutschung, Sturz, Lawine und Murgang. Dabei wurden mittels eines GIS Prozesskarten durch Kombination von Informationsebenen und Modellierung mit GIS Funktionen erstellt. Gleichzeitig wurden die im Arbeitsgebiet vorhandenen gefährdeten Objekte in Kategorien unterteilt und nach ihrem Personenrisiko gewichtet. Aus der Verschneidung der einzelnen Prozesskarten mit der Objektkategorienkarte wurden Risiko-

bzw. Schutzdefizitkarten gewonnen. Die von jedem einzelnen Prozess betroffenen Objekte wurden detailliert

Abschliessend wurde eine Prognose und Empfehlung vorgelegt, welche den Klimawandel und seine Folgen auf das Arbeitsgebiet, die Entwicklung der Tourismusbranche und Vorschläge zu risikomindernden Massnahmen gibt.

### **10.2 Fazit**

Die im Arbeitsgebiet bereits stattgefundenen Arbeiten wurden meist auf eine Naturgefahr beschränkt oder die gefährdeten Objekte nicht untersucht. Daher war eine ganzheitliche Risikobetrachtung ein Beitrag zur zukünftigen Ermittlung des Risikos für Personen und Objekte im Arbeitsgebiet Hallstatt/Plassen. Aus der Gefahrenanalyse zeigt sich für jeden einzelnen Naturgefahrenprozess eine flächendeckende Verbreitung der Massenbewegungen mit unterschiedlichen Gefährdungsstufen zwischen sehr niedrig und sehr hoch. Aufgrund der Gefahrenanalyse wurde eine Schadenpotentialanalyse und die Bestandsaufnahme aller gefährdeter Objekte im bedrohten Gebiet durchgeführt. Aus den entstandenen Schutzdefizitkarten für jeden Prozess konnten mehrere HOT SPOTS interpretiert werden, die in den Wirkungsbereichen liegen, deren Schutzziel jedoch nicht erreicht ist. Demnach besteht Handlungsbedarf für zukünftige Untersuchungen im Bezug auf die Berechnung der Kollektiv- und Individualrisiken von Personen und Objekten. Aufbauend auf diese Berechnungen sollten die vorgeschlagenen risikomindernden Massnahmen geplant und diskutiert werden. Ein gut funktionierendes Risikomanagement kann jedoch nur gelingen, wenn alle Behörden, Institutionen und UNESCO Vertreter interdisziplinär zusammenarbeiten, damit die Erhaltung der Kulturlandschaft für nachfolgende Generationen ein geschützter und schutzgebender Bereich bleibt.

## 11 Literaturverzeichnis

- AMPFERER, O. (1939): Über einige Formen der Bergzerreißung. – Sitz.-Ber. Akad. der Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., Abt. I, 148, 1 – 14, 8 Abb.; Wien.
- AMPFERER, O. (1940): Zum weiteren Ausbau der Lehre von den Bergzerreißungen. – Sitz.-Ber. Akad. der Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., Abt. I, **149** (1 + 2), 51 – 70, 10 Abb.; Wien.
- ANONYMOS, (1998): Geological Hazard Mapping of the Slocan Valley, Phase1 in the Arrow forest District. [URL:http://www.for.gov.bc.ca](http://www.for.gov.bc.ca) [Stand 06.02.2002].
- AULITZKY, H. (1996): Richtlinienvorschlag für die Erstellung von Wildbach-Gefahrenzonenplänen. Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1996 – Garmisch-Partenkirchen, Tagungspublikation, Band 4, S. 177-186.
- BANSE, G. (1996): Risikoforschung zwischen Disziplinarität und Interdisziplinarität. 234 S., edition sigma, Berlin.
- BARTELME, N. (1995): Geoinformatik.- 414 S.; Springer Verlag; Berlin, Heidelberg.
- BARTH, F. E., & LOBISSER, W. (2002): Das EU-Projekt Archaeolive und das archäologische Erbe von Hallstatt. – Veröff. aus dem Naturhis. Mus. Wien, N. F., **29**: 84 S., 74 Abb.; Wien (Naturhistorisches Museum Wien, Prähistorische Abteilung).
- BERCEANU, V. (in Bearb.): GIS-Rockfall modelling in the Eastern Alps.- Diss. Uni. Karlsruhe; Karlsruhe.
- BEZCHLEBOVA, D. & FLASKOVA, Z. (2004): Touristische Entwicklung in Hallstatt im Vergleich zu Cesky Krumlov. Universität Linz. [URL:http://www.uni-linz.ac.at/tourismus/projekte/1.html](http://www.uni-linz.ac.at/tourismus/projekte/1.html) [Stand: 25.10.2004].
- BILL, R. (1999): Grundlagen der Geo-Informationssysteme: Hardware, Software und Daten, Bd. 1: 454 S.; Wichmann Verlag, Heidelberg.
- BLOETZER, W. et al. (1998): Klimaänderungen und Naturgefahren in der Raumplanung. Synthesebericht **NFP 31**, 200 S., vdf, Hochsch.-Verl. an der ETH, Zürich.
- BORTER, P. (1999): Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren. Fallbeispiele, Daten und Methoden. BUWAL (Hrsg.): Umwelt-materialien. Bd. **107/I**, Naturgefahren, Bern.
- BRIEMLE, G.(1978): Flurbereinigung. Bereicherung oder Verarmung der Kulturlandschaft? – Schwäbische Heimat **29**. Jg. H. 4: 226-233, Konrad Theis-Verlag, Stuttgart.
- BUNDESDENKMALAMT (1996): The World Heritage. Dokumentation für die Nominierung der historischen Kulturlandschaft Hallstatt – Dachstein / Salzkammergut. 57 S., Hofburg, Wien.
- BUNZA, G. (1982): Geologisch-morphologische Grundlagen der Wildbachkunde. Schriftenreihe Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft. Heft 17, 128 S., München.
- BUNZA, G. (1982): Systematik und Analyse alpiner Massenbewegungen. – Schriftenreihe Bayer. Landesamt für Wasserwirtsch., **17**, 1 – 84; München.
- BURGGRAAFF, P. & KLEEFELD, K.-D. (2002): Der methodische Ansatz der Historischen Geographie. S. 13 – 18, in JESCHKE: Das Salzkammergut und die Weltkulturerbelandschaft Hallstatt – Dachstein / Salzkammergut.
- BUWAL (2001): Pragmatischer Ansatz zur vergleichenden Risikobeurteilung von Naturgefahren. Ernst Basler + Partner. 27 S. <http://www.ebp.ch> [Stand: 08.04.2003].
- BWG (2002): Naturgefahren Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene. 38 S. Zürich.

- CARRARA, A., CARDINALI, M., GUZZETI, F. & REICHENBACH, P. (1995): GIS Technology in Mapping Landslide Hazard. – A. Carrara and F. Guzzetti (eds.), Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards: S. 135-175; Kluwer Academic Publishers, the Netherlands.
- CRUDEN, D.M., VARNES, D. J. (1996): Landslide Investigation and Mitigation.- Transp. Res. Board, Nat. Acad. Sci. Special Report **247**; Washington, D.C.
- DAVIS, J. C. (1986): Statistics and data analysis in geology. 646 S. ISBN 0-471-08079-0. John Wiley & Sons.
- DIKAU, R. [Hrsg.], & BRUNDTSEN, D. [Hrsg.], & SCHROTT, L. [Hrsg.], & IBSEN, M.-L. [Hrsg.] (1996): Landslide recognition: identification, movement and causes. – International Association of Geomorphologists, Publ., **5**: XIV + 251 S.; Chichester (John Wiley & Sons Ltd).
- DIKAU, R., SCHROTT, L. (1999): The temporal stability and activity of Landslides in Europe with respect to climatic change (TESLEC): main objectives and results.- Geomorphology 30: S. 1-12; Elsevier, Amsterdam.
- DIN 4022 (1990): Baugrund und Grundwasser. Deutscher Normenausschuss, Berlin.
- DIN 19663 (1985): Wildbachverbauung; Begriffe, Planung und Bau. Deutscher Normenausschuss, Berlin.
- DORIS Systemgruppe (2002): GENESYS Geographische Naturschutz Informationssystem der Landesregierung Oberösterreich. <http://doris.ooe.gv.at>, Linz, Österreich [Stand 02.07.200].
- EGLI, T. (1996): Hochwasserschutz und Raumplanung: Schutz vor Naturgefahren mit Instrumenten der Raumplanung; dargestellt am Beispiel von Hochwasser und Murgängen, ori-Bericht **100**, vdf Hochschulverlag Ag, ETH Zürich.
- EINSTEIN, H. H. (1997): Landslide risk – Systematic approaches to assessment and management; in Landslide Risk Assessment. - Cruden & Fell (eds.), S. 25-51; Balkema, Rotterdam.
- EISBACHER, G. H. (1996): Einführung in die Tektonik. – IX + 374 S., 329 Abb.; Stuttgart (Ferdinand Enke).
- EMONS, H.-H. (1988): Alte Salinen in Mitteleuropa. VEB Deutscher Verl. für Grundstoffindustrie, S. 238 – 248, Leipzig.
- ERISMANN, T. H., & ABELE, G. (2001): Dynamics of Rockslides and Rockfalls. – XVI + 317 S., 120 Abb., 10 Tab.; Berlin (Springer).
- FAUPL, P.(1997):Historische Geologie. Eine Einführung. – WUV-Studienbücher Naturwissenschaften, I, 270S., 100Abb., 22 Tab., I Kt.; Wien (WUV Universitätsverlag).
- FERNANDEZ-STEEGER, T. (2001): Objektivierung von Risikoanalysen mit Neuronalen Netzen.- Diss. Uni. Karlsruhe; Karlsruhe.
- FISCHER, K. (1967): Erdströme in den Alpen. Mitt. Geogr. Ges. München, **52**, 231 – 246, 9 Abb., 3 Tab., 1 Kt.; München.
- FUCHS, S. et al. (2001): Risikoanalyse - Oberes Suldental, Vinschgau. 182 S., 1 CDROM; Innsbrucker Geographische Studien, Bd **31**, Innsbruck.
- GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (2002): Georisiken, Geologisch bedingte Naturgefahren in Österreich, Seminar und Workshop 28./29.Mai 2001, Berichte der Geologischen Bundesanstalt **58**, 136 S., Wien.
- GERBER, W. (1995): Berechnungsmodelle. Kursunterlagen FAN- Kurs 1995 – Vitznau.

- GRAF, C. (1999): Rutschung Stalde. Rutschungsuntersuchung im Wildbachtstgebiet Leissigen. [URL:http://www.giub.unibe.ch/gfg/publ/z-fassungen/grafdipl.html](http://www.giub.unibe.ch/gfg/publ/z-fassungen/grafdipl.html) .
- GUPTA, P. & ANBALAGAN, R. (1997): Slope stability of Tehri Dam Reservoir Area, India, using landslide hazard zonation (LHZ) mapping. – Quarterly Journal of Engineering Geology, **30**: 27-36; The Geological Society.
- HÄBERLI, W.; RICKENMANN, D.; ZIMMERMANN, M. & RÖSLI U. (1991): Murgänge. In: Ursachenanalyse der Hochwasser 19987. Ergebnisse der Untersuchungen, EDMZ, Bern.
- HAUSWIRTH, E. K., & SCHEIDEGGER, A. E. (1988): Rock slide on the Red Wall above Hallstatt, Upper Austria. – Proc. 5<sup>th</sup> Int. Symp. Landslides, Lausanne, **2**, 1333 – 1338, 6 Abb.; Rotterdam (Balkema).
- HEGG, C. (2002): Wasser, Erd- und Felsbewegungen. URL:<http://www.wsl.ch/hazards/wef-de.ehtml> [Stand 11.02.2002].
- HEINIMANN, H. et al. (1998): Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren. = BUWAL (Hrsg.): Umweltmaterialien. Bd. **85**, Bern.
- HOEXTER, D. F., HOLZHAUSEN, G., SOTO, A. E. (1978): A Method of Evaluating the Relative Stability of ground for Hillside development.- Engineering Geology **12**: S.319-336;K Elsevier, Amsterdam.
- HOLLENSTEIN, K. (1997): Analyse, Bewertung und Management von Naturrisiken. 220 S.; vdf, Hochschul-Verlag an der ETH, Zürich.
- HOLLENSTEIN, K. et al. (2002): Modellierung der Vulnerability von Schadenobjekten gegenüber Naturgefahrenprozessen. Forest Engineering, 116 S. BUWAL, ETH, Bern.
- JENSON, S. K., DOMINIQUE, J. O. (1988): Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data from Digital Elevation Data for Geographic Information Systems Analysis.- Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. **54**: No. 11, S. 1593-1600.
- JESCHKE, H. P. (2002): Das Salzkammergut und die Weltkulturerbelandschaft Hallstatt - Dachstein / Salzkammergut. Grundlagenforschung, Kulturlandschaftspflegewerk und Monitoring, Bd. **1**, Gesellschaft für Landeskunde – Oö. Musealverein, I. Historische Reihe – Bd.**13**, Linz.
- JOHN, K. & SPANG, R. (1979): Steinschläge und Felsstürze – Voraussetzung – Mechanismen – Sicherung. Vortrag UIC- Tagung – Kandersteg.
- KASSEBEER, Wolf (2002): GIS - gestützte Gefährdungskartierung einer alpinen Region: Georisikokarte Vorarlberg - Pilotprojekt Bregenzer Wald. Internet Dissertation Publikation. 179 S.; Universität Karlsruhe, Uni-Bibliothek.
- KIENHOLZ, H. & GRAF, C. (2000): Vom Gelände zur Karte der Phänomene. Kompendium. PLANAT, BWG & BUWAL; 53 S., Bern.
- KIENHOLZ, H. et al. (1998): Begriffsdefinitionen zu den Themen: Geomorphologie, Naturgefahren, Forstwesen, Sicherheit, Risiko. Arbeitspapier der BUWAL / Eidg. Forstdirektion. 66 S., Bern.
- KRAUSS, K. (1994): Photogrammetrie. Verfeinerte Methoden und Anwendungen. Bd. **2**, 488 S., Dümmler Verl., Bonn.
- KRAUSS, K. (1997): Photogrammetrie. Grundlagen und Standardverfahren. Bd. **1**, 394 S., Dümmler Verl., Bonn.
- LAATSCH, W., & GROTTENTHALER, W. (1972): Typen der Massenverlagerung in den Alpen und ihre Klassifikation. – Forstwissenschaftl. Cbl, **91** (6): 309 – 339, 12 Abb., 1 Tab.; Berlin.
- LATELTIN, O. (1997): Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten; BRP, BWW & BUWAL; 42 S. Bern.



- LEGROS, F. (2002): The mobility of long-runout landslides. *Engineering Geology* **63**, S.101-331.
- LINZER, H.-G., & RATSCHBACHER, L., & FRISCH, W. (1995): Transpressional collision structures in the upper crust: the fold-thrust belt of the Northern Calcareous Alps. – *Tectonophysics*, **242**: 41 – 61, 6 Abb.; Amsterdam (Elsevier).
- LOTTER, M. (2001): Geotechnische und kinematische Untersuchungen an instabilen Felshängen im alpinen Raum. 324 S.; Diss.; Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg.
- MANDL, F. (1998): Almwirtschaft, Almforschung, Hochalpine Wüstungsforschung. Nachträge zur Geschichte der Weidewirtschaft auf dem östlichen Dachsteinplateau. Auszug aus dem Dachsteinwerk, Bd. 2, 6 S. [URL:http://members.aon.at/anisa/index-almwirtschaft.html](http://members.aon.at/anisa/index-almwirtschaft.html) [Stand: 27.01.2003].
- MANDL, G. W. (1982): Vergleichende Untersuchung der Hallstätter Faziesräume des mittleren Salzkammergutes (Gosaukammvorland, Hallstatt, Ischl-Aussee), Fazies, Stratigraphie und tektonische Modelle. – Dissertation, Formal- und Naturwiss. Fak. Der Univ. Wien: VI + 243 S., 108 Abb., 12 Tab., 16 Taf.; Wien. – [Unveröff.]
- MANDL, G. W. (1984): Zur Trias des Hallstätter Faziesraumes – ein Modell am Beispiel Salzkammergut (Nördliche Kalkalpen, Österreich). – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, **30/31**: 133 – 176, 5 Abb., 5 Taf., 8 Beil.; Wien.
- MANDL, G. W. (2000): The Alpine sector of the Tethyan shelf – Examples of Triassic to Jurassic sedimentation and deformation from the Northern Calcareous Alps. – *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, **92** (1999): 61 – 77, 8 Abb.; Wien.
- MAUND, J.G. & EDDLESTON, M. (1998): *Geohazards in Engineering Geology*. Geol. Soc. Eng. Geol. Special Pub. No. **15**, 449 S., Geological Society, London.
- MEDWENITSCH, W. (1951): Hallstätter Erbstollen (Hallstätter Salzberg). – In: HEIßEL, W., & EXNER, C.: *Geologischer Führer zu den Exkursionen*. – *Verh. Geol. B.-Anst., Sonderh. A* (1950/1951): 57 – 63, 4 Abb.; Wien.
- MEIßL, G. (1996): Entwicklung eines Modells zur Berechnung der Reichweite von Felsstürzen. In: DOLLINGER, F. und STROBL, J. (1996); *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung VIII = Salzburger Geographische Materialien*, Heft **24**. Selbstverlag des Instituts für Geographie der Universität Salzburg. [URL:http://www.sbg.ac.at/geo/agit/papers96/meissl.htm](http://www.sbg.ac.at/geo/agit/papers96/meissl.htm) [Stand 02.05.2002].
- MEIßL, G. (1998): Modellierung der Reichweite von Felsstürzen - Fallbeispiel zur GIS-gestützten Gefahrenbeurteilung aus dem Bayerischen und Tiroler Alpenraum.- *Innsbrucker Geographische Studien* **28**; Selbstverlag des Instituts für Geographie der Universität Innsbruck.
- MERKL, M. (1989): Geologische und Ingenieurgeologische Untersuchungen im Wildbacheinzugsgebiet des Hallstätter Mühlbaches (Oberösterreich). 95 S.; Unveröff. Diplomarbeit. Universität Erlangen-Nürnberg..
- MERKL, M. (1989): Geologische und Ingenieurgeologische Untersuchungen im Wildbacheinzugsgebiet des Hallstätter Mühlbaches (Oberösterreich). – Diplomarbeit, Lehrst. f. Geol. u. Mineral. der Friedrich-Alexander-Univ. Erlangen-Nürnberg: IV + 95 S., 58 Abb., 8 Tab., 7 Taf., 1 Diskette; Erlangen. – [Unveröff.]
- MITTERHOFER, K. (2001): Die unterirdische Entwässerung des Plassen/Salzkammergut, OÖ. – Diplomarbeit, Inst. f. Techn. Geol. u. Angew. Geol. der Techn. Univ. Graz (TH): 141 S., 73 Abb., 3 Anl.; Graz. – [Unveröff.]
- MÖBUS, G. (1997): *Geologie der Alpen*. – 340 S., 76 Abb., 14 Tab.; Köln (Sven von Loga).

- MOSER, M. & HOHENSINN, F. (1983): Geotechnical aspects of soil slips in alpine regions. Eng. Geol., **19**; S. 185-211, Amsterdam.
- MOSER, M. (1986): Ingenieurgeologische Karten für die Gefahrenzonenplanung in Hangbereichen. Mitt. Ges. Bergbaustud. Österr., **33**, S.57-76, Wien.
- MOSER, M. & CZURDA, K. (1999): The evaluation of the risk of deep-seated mass movements to the cultural heritage sites of Hallstatt-Dachstein/Upper Austria. – IGCP Project, **425**, Reports and Sub-Project Proposals: 61 – 70; Paris.
- MOSER, M. & ÜBLAGGER, G. (1984): Vorschläge zur Erstellung von geotechnischen Karten und Erhebungen im Rahmen von Gefahrenzonenplänen in Hangbereichen. – Int. Symp. Interpraevent 1984, **2**; Villach.
- NEGRO, W. DEL (1977): Abriss der Geologie von Österreich. – Bundesländerserie: 138 S., 30 Abb., 4 Taf.; Wien (Geologische Bundesanstalt)
- NEMCOK, A., & PASEK, J., & RYBAR, J. (1972): Classification of Landslides an Other Mass Movements. – Rock Mechanics, **4**: 71 – 78, 4 Abb.; Wien (Springer).
- PETRASCHECK, A. (2002): Naturgefahren in den Alpen – Risiken und Schäden. [URL:http://www.wlv-austria.at/fachliches/schutzwasserw/ptrschck.htm](http://www.wlv-austria.at/fachliches/schutzwasserw/ptrschck.htm) [Stand 20.03.2002].
- PISTOTNIK, U. (1974): Fazies und Tektonik der Hallstätter Zone von Bad Ischl – Bad Aussee (Salzkammergut, Österreich). – Mitt. Geol. Ges. Wien, **66/67**: 143 – 157, 5 Abb.; Wien.
- PLANAT (2000): Bewertung von Naturgefahren – Umgang mit Katastrophenereignissen (Risikoaversion).14 S., Ernst Basler+Partner AG, pdf-Internet-Veröffentlichung. [URL:http://www.ebp.ch](http://www.ebp.ch) [Stand: September 2002].
- PLATE, E. J. & MERZ, B. ( 2001): Naturkatastrophen. Ursachen-Auswirkungen-Vorsorge. 465 S., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- PLÖCHINGER, B. (1982) mit Beitr. von KOLLMANN, H. A., KOLLMANN, W., SCHÄFFER, G., & HUSEN, D. VAN: Erläuterungen zu Blatt 95 Sankt Wolfgang im Salzkammergut. – Geol. Kt. Rep. Österreich 1 : 50.000: 74 S., 17 Abb., 2 Taf.; Wien.
- POISEL, R. (1998): Kippen, Sacken, Gleiten: Geomechanik von Massenbewegungen und Felsböschungen. – Felsbau, **16** (3): 135 – 140, 5 Abb.; Essen (Glückauf).
- POISEL, R., & EPPENSTEINER, W. (1988): Gang und Gehwerk einer Massenbewegung Teil 1: Geomechanik des Systems „Hart auf Weich“. – Felsbau, **6**: 189 – 194, 14 Abb.; Essen (Glückauf).
- POISEL, R., & EPPENSTEINER, W. (1989): Gang und Gehwerk einer Massenbewegung Teil 2: Massenbewegungen am Rand des Systems „Hart auf Weich“. – Felsbau, **7**: 16 – 20, 11 Abb.; Essen (Glückauf).
- POISEL, R., & STEGER, W., & ZEITLER, A. (1991): Standsicherheitsuntersuchungen spröder Felsmassen auf einem weichen Sockel. – Berichte 7. Int. Kongr. über Felsmech. Aachen 1991, **2**: 939 – 944, 15 Abb.; Rotterdam (Balkema).
- PPRS (1993): Definitionen für das Polyprojekt Risiko und Sicherheit technischer Systeme, Zürich.
- PRINZ, H. (1997): Abriß der Ingenieurgeologie: Mit Grundlagen der Boden- und Felsmechanik, des Erd-, Grund- und Tunnelbaus sowie der Abfalldeponien. – XIV + 546 S., 415 Abb., 84 Tab.; Stuttgart (Ferdinand Enke).
- REITERER, I. (2001): Gefahrenbeurteilung von Rutschungsbereichen - Versuch der Ausweisung rutschungsgefährdeter Bereiche im südlichen Salskammergut mittels Geographischer

Informationssysteme (GIS).- Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIII - Beiträge zum AGIT-Symposium 2001: S. 387-399; Wichmann Verlag, Heidelberg.

- RIEGER, D.; WICHMANN, V. & BRECHT, M. (2001): GIS-basierte Modellierung von Hangmuren. Arcaktuell 2/2001. [URL:http://www.esri-germany.de/news/arcaktuell/content/arcakt\\_201\\_m.html](http://www.esri-germany.de/news/arcaktuell/content/arcakt_201_m.html) [Stand 08.05.2002].
- ROHN, J. (1987): Geologische und ingenieurgeologische Untersuchungen im Einzugsgebiet des Roßalmgrabens bei Gosau/Oberösterreich. – Diplomarbeit, Lehrst. f. Angew. Geol. der Univ. Karlsruhe (TH): XI + 167 S., 87 Abb., 7 Tab., 7 Kt.; Karlsruhe. – [Unveröff.]
- ROHN, J. (1991): Geotechnische Untersuchungen an einer Großhangbewegung in Bad Goisern (Oberösterreich). – Schr. Angew. Geol. Karlsruhe, **14**: XVIII + 193 S., 88 Abb., 8 Tab., 1 Anl.; Karlsruhe.
- ROHN, J., & CZURDA, K. A., & MOSER, M. (1989): Schuttströme als Sonderfälle alpiner Hangbewegungen. – Ber. 7. Nat. Tag. Ing.-Geol.: 93–98, 9 Abb.; Bensheim.
- ROHN, J., & CZURDA, K., & ZVELEBIL, J., & ZIKA, P. (1996): A steep wall with toppling rockpillars on a clayey subsoil. – In: CHACÓN, J. [Hrsg.], & IRIGARAY, C. [Hrsg.], & FERNÁNDEZ, T. [Hrsg.]: Landslides – Proceedings of the eighth Intern. Conf. and field trip on landslides: 181–188, 4 Abb.; Rotterdam (Balkema).
- ROHN, J., & RESCH, M., & SCHNEIDER, H., & FERNANDEZ-STEEGER, T. M., & CZURDA, K. (2002): Large scale lateral spreading and related mass movements in the Northern Calcareous Alps. – In: Landslides in the Central Europe: 6 S., 4 Abb.; Rotterdam (Balkema). – [akzeptiert]
- SALINEN AUSTRIA AG: Bergbau Salzkammergut, Unterlagen zu geologischen Exkursionsführungen. – 24 S., 15 Abb., 1 Tab.. – [Unveröff.]
- SALM, B. et al. (1990): Berechnung von Fliesslawinen. Mitteilungen des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung. Bd. **47**, Davos.
- SCHÄFFER, P. (1982): Geologische Karte der Republik Österreich **96**. Bad Ischl, 1:50.000, Wien (Geologische Bundesanstalt).
- SCHAUBERGER, O. (1956): Zur Genese des alpinen Haselgebirges. – Z. Dt. Geol. Ges., **105** (1953): 736 – 751, 2 Abb., Taf. 28 – 30; Hannover.
- SCHAUBERGER, O. (1960): Ein Rekonstruktionsversuch der prähistorischen Grubenbaue im Hallstätter Salzberg. Anthropologische Gesellschaft Wien, Prähistorische Forschungen Heft **5**, 15 S., Verlag Ferdinand Berger Horn – Wien.
- SCHAUBERGER, O. (1979): Die alpinen Salzlagerstätten. – Verh. Geol. B.-Anst., **3** (1978): 455 – 459; Wien.
- SCHAUBERGER, O. (1986): Bau und Bildung der Salzlagerstätten des ostalpinen Salinars. – Arch. F. Lagerst.forsch. Geol. B.-Anst., **7**: 217 – 254, 18 Tab.; Wien.
- SCHEIDLEDER, A. (2001): Pilotprojekt „Karstwasser Dachstein“ Karsthydrologie und Kontaminationsrisiko von Quellen. Archiv für Lagerstättenforschung, Bd. **21**, Geologische Bundesanstalt, Wien.
- SCHLAGER W. & SCHÖLLNBERGER W., (1974): Das Prinzip stratigraphischer Wenden in der Schichtenfolge der Nördlichen Kalkalpen. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **66/67**: 165 – 193, Wien.
- SCHÖNEBERG, R., & NEUGEBAUER, J. (1987): Einführung in die Geologie Europas. – 294 S., 43 Abb.; Freiburg (Rombach).

- SCHÖPF, E. (2002): „Aufgaben des Bürgermeisters zum Schutz der Gemeinden vor Naturgefahren“. 4 S., WLW, Sölden. [URL: http://www.wlv-austria.at/fachliches/schutzwasserw/schoepf.htm](http://www.wlv-austria.at/fachliches/schutzwasserw/schoepf.htm) [Stand: 20.03.2002].
- SCHUHBÖCK, C. (2001): Österreichs Welterbe. Kulturdenkmäler und Landschaften unter dem Schutz der UNESCO, Verlag Christian Brandstätter, Wien.
- SIK-GIS (1992): SIK-GIS Empfehlungen 1992. Anregungen für den Aufbau von geographischen Informationssystemen (GIS) und zur Erstellung eines Datenkatalogs zur Datenerfassung und – nachführung. Schweizerische Informatikkonferenz, Arbeitsgruppe Geographische Informationssysteme.
- SIMMER, K. (1994): Grundbau 1 – Bodenmechanik und erdstatische Berechnungen – 428 S., 301 Abb., 85 Tab.; Stuttgart (B. G. Teubner).
- SLF (2000): Der Lawinenwinter 1999. SLF Davos.
- SCHNEEBELI, M. et al. (1998): Wechselwirkungen zwischen Klima, Lawinen und technischen Massnahmen. Schlussbericht NFP 31, 132 S., vdf, Hochsch.-Verl. an der ETH, Zürich.
- SPANG, R. M. (1994): Geologisch-Geotechnische Grundlage des Steinschlagschutzes. – Vortr. 11. Bodensee. Tag. Ing. – Geol. Naturgefahren, Risikoanalysen, Schutzkonzepte, 21.10. 1994.
- SPENGLER, E. (1919): Die Gebirgsgruppe des Plassen und Hallstätter Salzbergs im Salzkammergut. – Jb. d. Geol. Reichsanstalt [für 1918], **68** (3/4): 285 – 474, 5 Taf., 1 Kt. (als Beilage); Wien.
- SPÖTL, C. (1987): Eine klastisch-evaporitische Oberperm-Entwicklung im Hallstätter Salzberg (Salzkammergut, Österreich). – Mitt. Österr. Geol. Ges., **80**: 115 – 142, 9 Abb., 4 Tab., 2 Taf.; Wien.
- STINY, J. (1941): Unsere Täler wachsen zu. – Geologie und Bauwesen, **13** (3): 71 – 79, 3 Abb.; Wien (Julius Springer).
- STINY, J. (1942): Nochmal der „Talzuschub“. – Geologie und Bauwesen, **14** (1): 10 – 14, 1 Abb.; Wien (Julius Springer).
- STÖTTER, J. et al. (1997): Konzeptvorschlag zum Umgang mit Naturgefahren in der Gefahrenzonenplanung. Umgang mit Naturgefahren, Innsbrucker Jahresbericht 1997/98, S. 30-59.
- TERZAGHI, K. (1950): Mechanism of landslides. – Geol. Soc. America, Berkey Volume; 83 – 124; New York.
- TOLLMANN, A. (1964): Zur Frage der Faziesdecken in den Nördlichen Kalkalpen und zur Einwurzelung der Hallstätter Zone (Ostalpen). – Geol. Rdsch., **53** (1): 153 – 170, 1 Taf.; Stuttgart (Ferdinand Enke).
- TOLLMANN, A. (1976 a): Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums: Stratigraphie, Fauna und Fazies der nördlichen Kalkalpen. – XV + 580 S., 256 Abb., 3 Taf.; Wien (Deuticke).
- TOLLMANN, A. (1976 b): Der Bau der Nördlichen Kalkalpen: Orogene Stellung und regionale Tektonik. – X + 450 S., 130 Abb., 7 Taf. (in separatem Anhang); Wien (Deuticke).
- TOLLMANN, A. (1981): Oberjurassische Gleittektonik als Hauptformungsprozeß der Hallstätter Region und neue Daten zur Gesamttektonik der Nördlichen Kalkalpen in den Ostalpen. – Mitt. Österr. Geol. Ges., **74/75** (1981/1982): 167 – 195, 4 Abb., 1 Tab.; Wien.
- TOLLMANN, A. (1985): Geologie von Österreich :Band II, Außerzentralalpiner Anteil. – XVI + 712 S. 286 Abb., 27 Tab.; Wien.
- TRÜMPY, R. (1998): Die Entwicklung der Alpen: Eine kurze Übersicht. – Z. dt. geol. Ges., **149/ 2**: S. 165-182; Stuttgart.

- UNESCO (2002): Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention. 39 S. WHC 02/2. <http://whc.unesco.org/>, Paris.
- UNESCO (2003): Format for the nomination of cultural and natural properties for inscription on the Word Heritage List. 14 S. Download file from <http://whc.unesco.org/>, Paris.
- UNESCO (2003): Format for the periodic reportin g on the application fo the World Heritage Convention.16 S., download file from <http://whc.unesco.org/>, Paris.
- URSTÖGER, H. J. (2000): Hallstatt-Chronik. Von den Anfängen bis zum Jahr 2000. 746 S., 594 Abb.; Hallstatt (Verlag des Musealvereins Hallstatt).
- VAN HUSEN, D. (1977): Zur Fazies und Stratigraphie jungpleistozäner Ablagerungen im Trauntal. – Jb. Geol. B.A. Wien, 120: S. 1 – 130; Wien.
- VAN HUSEN, D: (1986): Bau- und hydrogeologische Bedeutung eiszeitlicher Vorgänge. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.; 33, S. 23 – 45; 11 Abb., 1 Tab.; Wien.
- VAN WESTEN, C. J. & Terlien, M. T. J. (1996): Deterministic landslide hazard analysis in GIS. A case study from Manizales (Colombia). – Earth Surface Processes and Landforms, **21**: 853-868.
- VAN WESTEN, C. J. (1996): Statistical landslide hazard analysis.- in: ILWIS 2.1 for Windows application Guide; ILWIS Department, Enschede, Niederlande.
- VARNES, D. J. (1984): Landslide hazard Zonation: a review of principles and practice. – UNESCO, Natural Hazards, **3**: S. 61 ff.
- VOLKEN, S. (2002): Sinn und Zweck der Erfassung, Darstellung und Beurteilung von Naturgefahren. [URL:http://www.earthsci.unibe.ch/people/volken/danger.htm](http://www.earthsci.unibe.ch/people/volken/danger.htm) [Stand 08.04.2002].
- WAGREICH, M. & DECKER, K. (2001): Sedimentary tectonics and subsidence modelling of the type Upper Cretaceous Gosau basin (Norteohn Calcareous Alps, Austria). – Int. J. of Earth Sci. (Geol. Rdsch.), **90** (3): 714 – 726, 10 Abb. 3 Tab.: Berlin, Springer).
- WEBER, L.(Hrsg.) (1997): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralie und Energierohstoffe Österreichs. Archiv Lagerstätten Forschung, ISBN 3-900312-98-2. Bd. **19**, S.196-208, S.364-367, Geologische Bundesanstalt.
- WEICHERT, P. (1977): Die physische Umwelt als Potential, Ressource oder Hazard. Denkmodelle und Konzeptionen der Geographie zur Erfassung der Gesellschaft-Umwelt-Beziehungen. Humanökologische Blätter. Bd. **1977**, S. 21-66.
- WEIDINGER, J. (1999): Wege in die Vorzeit des Salzkammerguts. 200 S.; Edition Löwenzahn, Innsbruck.
- WEIDINGER, J. (2002): geologisch angewandt interessant, Geo-Workshop „Stürzende Berge“, 26.-27. Oktober 2002, Gmunden; Gmundener Geo-Studien **1**, 116 S., Österreich.
- WILHELM, F. (1975): Schnee- und Gletscherkunde. Berlin.
- WLV (2002): Die Gefahrenzonenpläne der Wildbach- und Lawinerverbauung. <http://www.wlv-austria.at> [Stand 14.10.2002].
- WIROBAL, K (1994): Das Klima von Hallstatt. 76 S.; Musealverein Hallstatt; Wilk-Druck, Bad Ischl.
- ZARUBA, Q., & MENCL, V. (1969): Landslides and their control. – IX + 205 S.; Amsterdam (Elsevier).
- ZIMMERMANN, F. (2001): Die Alpen im Klimawandel. Ökologische und Ökonomische Folgen für den Wintertourismus in Österreich. 91 S., Diplomarbeit, TU Wien, Institut für Stadt- und Regionalforschung, Wien.
- ZIMMERMANN, M et al. (1997): Murganggefahr und Klimaänderung – ein GIS-basierter Ansatz. Schlussbericht **NFP 31**; 161 S.; vdf, Hochschul-Verlag an der ETH, Zürich.

- ZIMMERMANN, M. (1990): Periglaziale Murgänge. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie. Bd. **108.**, S.89-107.
- ZIRKL, E.J. (1957): Der Melaphyr von Hallstatt. – Jahrbuch Geologischer Bundesanstalt, **100** (2):L 137 – 177;Wien.
- ZISCHG, A.P. (2000): Konzeptionelle Untersuchungen für die Erstellung eines Gefahrenhinweis – Informationssystems für die Autonome Provinz Bozen Südtirol. Unveröff. Diplomarbeit, 113 S., Institut für Geographie, Universität Innsbruck.



## 12 Anhang

### Anhang 1 - Murgang:

#### Murereignisse im Mühlbach (Hallstatt Chronik, URSTÖGER, 2000)

**1572** – *„In Hallstatt brachten die Wassermassen des gewaltig angewachsenen Mühlbaches so große Mengen an Schutt und Steinen mit sich, dass der überwiegende teil der anliegenden Häuser schwer beschädigt wurden. Unter dem Bogen am Ausgang des Marktes (Seeauergewölbe) hatte sich so viel Murenmaterial angestaut, dass zwischen Angeschwemmtem und Gewölbe just nur eine Schlange hätte durchschwimmen können.“*

**1743** – *„Am 19.7. ließ ein Wolkenbruch den Mühlbach so hoch ansteigen, dass das Wolfenbrückl weggerissen wurde. Damals mündete der Mühlbach noch in drei Armen in den See (Pfannhausbühel: Fluder für Salinenschmiede, Badergraben und heutiges Bachbett). Das Wolfenbrückl befand sich am südlichen Ende der Wolfengasse und überquerte den mittleren Mündungsarm. Schuttmassen wälzten sich über den Badergraben und breiteten sich durch die Wolfengasse aus. Das aufgestaute Wasser goß sich zwischen den Häusern des Marktes in den See.“*

**1805** – *„Niederschläge und Schäden im Mühlbachbereich“*

**1850** – *„Mure aus Schnee, Geröll, Gehölz und Wasser-2. Februar: starkes Tauwetter, Stein, Schotter und Gehölz durch die Mühlbachschlucht bis ins Ortszentrum. Bachausläufe werden verstopft und suchen sich ihren Weg durch die Gassen. Haus Nr. 55 ist durch Schottermassen aufgefüllt. Im Badergraben und am Marktplatz gruben die Schutt- und Wassermassen tiefe Furchen. Vorplatz bei Hotel Seeauer zerstört. Pioniere aus Linz räumen wochenlang auf.“*

**1875** – *„Am 23. Mai richtete ein Wokenbruch am Salzberg große Verheerungen an und bewirkte auch eine Überfüllung des Mühlbaches, der in der Folge aus dem Bachbett trat und im ganzen Markt Schäden anrichtete.“*

**1880** – *„NS und Muren im Salzbergtal am 15. August , Gebäude am Mühlbach werden mit Geröll überschwemmt.“*

**1881** – *„Wolkenbruch am Salzberg richtet starke Schäden an und bewirkt eine Überfüllung des Mühlbaches, der in der Folge aus dem Bachbett trat und im ganzen Markt Schäden anrichtete.“*

**1884** – *„NS und Muren am Salzberg und Verwüstungen im Ort“*

„18.Juli: 18h erste Wolkenbrüche (Gewitter), dicker, aus mit Wasser durchmischtem Hang- und Haldenschutt bestehender Brei. Hindernisse werden weggerissen oder überschüttet, bei engstehenden Häusern wird der Schlamm bis in Fensterhöhe deponiert, Verwüstungen im Erdgeschoss durch eindringendes Murmaterial durch Eingänge, Fenster und Keller, weite Teile des Ortes unbegebar.

19.Juli: Katastrophenzustand durch Wiederholung der Murereignisse vom Vortag. Aufräumarbeiten dauern Wochen an: Pioniere aus Linz, Salinenarbeiter und Zivilbevölkerung räumen auf“

1899 – „Muren, Rutschungen und Schuttmassen im Ort - Höllbrücke wird weggerissen, Schottermassen verlegen im Ort Straßen und Plätze. Vom Kirchtal stürzten Bäche zu Tale und bedrohen die Katholische Kirche und den Friedhof - mehrere Häuser zerstört, Kirche überflutet.“

1920 – „Murabgänge im Mühlbach.“

1956 - „Vermurung Mühlbachgasse; Backstube de Pretis/Lagerraum zerstört.“

1968 – „Murabgang im Mühlbach.“(siehe Kapitel 3.3.3.1)

in Österreich									
Meßstelle <i>Hallstatt-Lahn</i>			Flußgebiet <i>Hallstättersee</i>						
Zeit der Messung <i>7</i> Uhr		Monat <i>Jänner</i> 1968							
1	2	3	4	5	6		7		
Tag	Nieder- schlag in den letzten 24 Stunden mm	Art und Dauer des Niederschlages (Zeitangabe)	Schneehöhe vom Boden bis zur Schneedecke in cm	Höhe des in den letzten 24 Stunden gefalle- nen Niederschlags in cm	Temperatur in °C um			Bemerkungen	
					7 <sup>00</sup>	14 <sup>00</sup>	21 <sup>00</sup>		Mittel
1.	7.5	* Schneefall	34	10	-5.0	-2.5	-4.8	-4.7	W 2
2.	3.0	* Schneefall	39	8	-6.6	-1.4	-3.0	-3.7	SW 1
3.	7.3	* Schneefall	45	13	-3.2	-1.2	-7.0	-3.8	W 2
4.	14.0	* Schneefall	50	29	-6.3	-0.3	-2.8	-3.7	NW 5
5.	19.8	* Schneefall	63	24	-3.6	-0.6	-2.6	-2.3	W 2
6.	12.4	* Schneefall	80	8	-3.8	+2.6	+1.4	0.7	W 4
7.	6.6	* Schneefall	60	15	-7.8	+0.6	-3.8	-1.7	W 5
8.	7.5	* Schneefall	70	15	-5.4	-4.8	-5.4	-5.2	W 4
9.	11.3	* Schneefall	78	4	-8.7	-5.8	-6.6	-7.0	NW 6
10.	14.8	* Schneefall	74	2	-8.7	-7.7	-7.7	-9.2	NW 4
11.	12.8	* Schneefall	52	18	-9.5	-5.4	-6.0	-7.0	NW 2
12.			85	1	-7.6	-8.8	-10.5	-9.0	NW 6
13.			78		-12.2	-10.0	-10.2	-12.8	NW 4
14.	41.0	* Schneefall	75	15	-12.6	-10.2	-2.8	-6.7	NW 2
15.			70		+2.8	+4.8	+9.6	5.7	NW 4
16.			55		+5.0	+5.8	0.0	3.6	NW 3
17.	8.4	* Schneefall	52		-3.4	+0.4	-1.4	-1.5	NW 7
18.	21.5	* Schneefall	57		+0.7	+1.4	+1.0	1.0	W 2
19.	7.5	* Schneefall	57	2	+0.5	+1.2	+0.2	0.6	W 7
20.			52		-0.6	-1.9	-4.8	-2.4	E 7

Abb.12-1: Meteorologisches Erhebungsblatt vom Januar 1968 der Messstation Hallstatt-Lahn (Hydrographischer Dienst Oberösterreich), mit der klimatischen Vorgeschichte des Murereignisses vom 15.01.1968.

***Inhalt der beigelegten CD:***

Pdf-Dateien:

- Geologische Karte Hallstatt/Plassen
- Tektonische Karte Hallstatt/Plassen
- Prozesskarte Rutschung/Schuttstrom
- Prozesskarte Sturz
- Objektkategorienkarte Hallstatt/Plassen
- Schutzdefizitkarte Rutschung
- Schutzdefizitkarte Sturz
- Schutzdefizitkarte Lawine
  
- PDF-Version des Dissertationstextes

## Lebenslauf und Ausbildungsgang

Name: Christina Marie-Luise Rönnau

Geburtsdatum: 13. Januar 1976

Geburtsort: Heilbronn

Anschrift: Marienstr.61, 76137 Karlsruhe

Telefon: 0721/357027 oder 0177/3194377  
e-mail: [christinaroennau@web.de](mailto:christinaroennau@web.de)

Familienstand: ledig

### Schulausbildung

---

1982 – 1986 Grundschule Beilstein

1986 – 1995 Herzog-Christoph-Gymnasium Beilstein  
Abschluss: Allgemeine Hochschulreife (Note: 2,7)

### Hochschulstudium

---

10/ 1995 – 11/ 2001 **Universität in Karlsruhe (TH):** Institut für Angewandte Geologie  
Fachrichtung: Geologie  
Abschluss: Diplom Geologin (Note 2,0)  
Schwerpunkte: Ingenieurgeologie, Hydrogeologie

12/ 2001 – 11/ 2004 **Graduiertenkolleg Naturkatastrophen,  
Universität Karlsruhe (TH)**  
Status: Promotionsstudentin mit DfG Stipendium am Institut für  
Angewandte Geologie (Prof. Dr. Dr. K. Czurda)

Karlsruhe, 25.05.2005