

# Master Thesis

im Rahmen des  
Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“  
(UNIGIS MSc) am Interfakultären Fachbereich für GeoInformatik (Z\_GIS)  
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

**„Entwicklung einer Methode zur Berechnung  
des zu erwartenden Schadens auf Grund  
von Naturgefahren in Südtirol“**

vorgelegt von

**Dipl. Ing. (FH) Ronny Lange**  
U1485, UNIGIS MSc Jahrgang 2010

Zur Erlangung des Grades  
„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc(GIS)“

Gutachter:  
Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

Bozen/Bolzano, 18.04.2013



## **Danksagung**

Während eines berufsbegleitenden Studiums bleiben sicherlich viele Aspekte des täglichen Lebens auf der Strecke. Der persönliche Grundsatz des ewigen Lernens in Zusammenhang mit dem UNIGIS-Masterstudium bringt solche zeitweise asketischen Erfahrungen allerdings zwangsweise mit sich. Die größten Anstrengungen in dieser Zeit hat sicherlich meine Familie erlebt. Kurz vor der Geburt meines dritten Sohnes habe ich mein UNIGIS - Masterstudium an der Paris Lodron – Universität Salzburg aufgenommen. Die oft intensiven Lernphasen wurden zu jeder Zeit von meiner Frau und meinen Kindern mit Verständnis aufgenommen. Vor allem meiner Frau mangelte es nie an gutem Zuspruch und uneingeschränkter Unterstützung. Als weiteres möchte ich meinem Arbeitgeber, der Ingenieure Patscheider & Partner GmbH, für die zahlreichen zusätzlichen Beratungsstunden und der Verfügung über die räumlichen und technischen Infrastrukturen danken.

Außerdem geht ein großer Dank an die Mitarbeiter der Abteilung Wasserschutzbauten der Autonomen Provinz Bozen, Dr. Pierpaolo Macconi und Dr. Bruno Mazzorana, welche sehr wertvolle technische und strukturelle Ratschläge zur Verwirklichung dieser Arbeit gegeben haben.

Ein ausdrücklicher Dank geht auch an Dipl. Ing. (FH) Steffen Strache, der mir bei der Erstellung des Tools zur Berechnung des zu erwartenden Schadens jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand.

Nicht zuletzt danke ich Dr. Andreas Zischg für die hilfreiche Konsultation in Bezug auf vorhandene und zukünftige Schwierigkeiten bei der Bewältigung des Risikomanagements.

### **Erklärung über die eigenständige Abfassung der Arbeit**

Ich versichere, diese Master Thesis ohne fremde Hilfe und ohne Verwendung anderer als der angeführten Quellen angefertigt zu haben und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt wurde. Alle Ausführungen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind entsprechend gekennzeichnet.

Ort und Datum

eigenhändige Unterschrift

## I. Kurzfassung

Im Rahmen der vorliegenden Master-Thesis soll eine Methode zur Berechnung des zu erwartenden Schadens im Zuge einer zukunftsorientierten Risikoanalyse erarbeitet und vorgestellt werden. Es existieren bereits einige wenige Ansätze, jedoch werden sehr wichtige Schadensobjekte nicht oder nur unzureichend berücksichtigt. Diese Arbeit stellt einen Ansatz vor, welcher es ermöglicht, die Sach- und Personenschäden getrennt voneinander zu ermitteln. Die Sachschäden werden nach der auf Seite 59 beschriebenen Formel berechnet. Sie berücksichtigt den Wert, die Verletzlichkeit und die Größe des Objektes. Zur Kalkulation der zu erwartenden Personenschäden wurden einerseits statistische Werte für die Präsenz von Personen verwendet, aber auch Verkehrszählungen durchgeführt. Als weiterer Parameter kommt die Belegung der jeweiligen Objektklasse hinzu, sodass sich die Personenschäden als Produkt des statistischen Wertes von Personen, der Verletzlichkeit, der Präsenzwahrscheinlichkeit sowie des Belegungsfaktors berechnen lässt.

Als Basis für die Berechnung und zur Festlegung der Objektklassen wurde die Vektorgrundkarte der Autonomen Provinz Bozen verwendet. Diese ist einerseits flächendeckend für das gesamte Landesgebiet verfügbar und bietet darüber hinaus einen Aufnahmemaßstab von 1:10.000. Dieser Maßstab wird auch in der Gefahrenzonenplanung Südtirols verwendet und lässt eine aussagekräftige Risikobewertung für das entsprechende Untersuchungsgebiet zu.

Die erarbeitete Methode wurde anhand einer Fallstudie im Untersuchungsgebiet Gemeinde Welsberg – Taisten im Pustertal in Südtirol analysiert. Die Gefahrenanalyse wurde für diese Gemeinde bereits abschließend durchgeführt, sodass die Ergebnisse daraus für die Risikoermittlung verwendet werden konnten. Die Gefahrenanalyse zeigt flächenmäßig große Gefahrenbereiche im Ortsteil Welsberg und den Hauptverkehrswegen der Gemeinde. Während der anschließenden Vulnerabilitätsanalyse werden potenzielle Schadensobjekte katalogisiert und in einem Objektkatalog zusammengefasst. Jeder Objektklasse wird in Abhängigkeit des zu erwartenden Gefahrenprozesses und deren Intensität ein Verletzlichkeitsfaktor zugewiesen. Für die Personenschäden wurde zusätzlich ein Präsenz- und Belegungsfaktor je Objektklasse festgelegt. Im Rahmen der nachfolgend durchgeführten Konsequenzanalyse, welche die Ergebnisse der Gefahrenanalyse und der Vulnerabilitätsanalyse miteinander verschneidet, wurde der zu erwartende Sach- und Personenschaden berechnet. Die Ergebnisse haben, wie nicht anders zu erwarten, ein hohes Risiko mit hohen Sach- und Personenschäden im Bereich der Ortschaft Welsberg ergeben. Vor allem die betroffenen Hotels, öffentlichen Gebäude und Zivilgebäude erhöhen den zu erwartenden Gesamtschaden. Es konnte außerdem festgestellt

werden, dass die betroffenen Verkehrsachsen (SS49, LS46 und die Eisenbahnlinie Franzensfeste – Innichen) erheblich zum erwartenden Schadensausmaß beitragen. Die Risikobewertung der Hauptverkehrsachsen ist demzufolge nicht nur bei der Betrachtung der direkten Schäden bei der Durchführung einer Risikoanalyse unerlässlich. Die indirekten Schäden wurden im Rahmen dieser Studie ausdrücklich nicht behandelt. Eine Ausnahme bilden die Räumungskosten, insbesondere auf Straßen und Eisenbahnlinien, welche bei der Berechnung der Sachschäden berücksichtigt werden.

## II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schwere Unwetter im oberen Eisack- und Wipptal (www.suedtirolnews.it) .....	15
Abbildung 2: Steinschlag auf Gotthard-Autobahn (www.sueddeutsche.de).....	16
Abbildung 3: Zerstörung der Straße und der Eisenbahntrasse zwischen Grafenort und Engelberg (www.soziologie-etc.com).....	16
Abbildung 4: Zuganglück der ‚Vinschgerbahn‘ bei Kastelbell (www.stol.it) .....	17
Abbildung 5: Steinschlag bei Serravalle im Trentino (www.protezionecivile.tn.it) .....	17
Abbildung 6: Steinschlag auf der SS12 – Brennerstaatsstraße bei Atzwang in Südtirol (www.stol.it).....	18
Abbildung 7: Risikokreislauf in der Naturgefahrenforschung (Hübl, Keiler, Fuchs, 2009) .....	20
Abbildung 8: Dichtefunktion der Eintretenswahrscheinlichkeit (BAFU, 2012) .....	24
Abbildung 9: Unterschied zwischen DSM und DTM.....	26
Abbildung 10: Übersicht untersuchte Prozesse (Aut. Prov. Bozen, 2008) .....	28
Abbildung 11: Kombinationsmatrix der Gefahrenstufen für ‚Wassergefahren‘ und ‚Massenbewegungen‘ (Aut.Prov. Bozen, 2008) .....	29
Abbildung 12: Kombinationsmatrix der Gefahrenstufen für ‚Lawinen‘ (Aut.Prov. Bozen, 2008).....	30
Abbildung 13: Klassifizierung der Wiederkehrzeit (Aut.Prov. Bozen, 2008).....	30
Abbildung 14: Intensitätsintervalle der Naturgefahr ‚Wassergefahren‘ (Aut.Prov. Bozen, 2008).....	30
Abbildung 15: Matrix des spezifischen Risikos (Autonome Provinz Bozen, 2008) .....	32
Abbildung 16: Lage des Untersuchungsgebietes in Südtirol (Orthofoto, Aut. Prov. Bozen, 2011) .....	33
Abbildung 17: Übersichtskarte der Gemeinde Welsberg – Taisten (Datengrundlagen Aut. Prov. Bozen, 2011).....	33
Abbildung 18: Panoramafoto - Ortschaft Welsberg .....	34
Abbildung 19: Ausschnitt Gefahrenzonenkarte der Gemeinde Welsberg-Taisten (Aut. Prov. Bozen) .....	36
Abbildung 20: Legende der Gefahrenstufen (Autonome Provinz Bozen) .....	37
Abbildung 21: Struktur der Shapefiles der Gefahrenzonen (U_HAZARD) .....	38
Abbildung 22: Ausschnitt Gefahrenzonenkarte ‚Lawinen‘ .....	39
Abbildung 23: Ausschnitt Gefahrenzonenkarte ‚Massenbewegungen‘ .....	40
Abbildung 24: Ausschnitt Intensitätskarte ‚Massenbewegungen‘ .....	40
Abbildung 25: Ausschnitt Gefahrenzonenkarte ‚Wassergefahren‘ .....	41
Abbildung 26: Ausschnitt Intensitätskarte ‚Wassergefahren‘ .....	41
Abbildung 27: Bearbeitete Vektorgrundkarte der Gemeinde Welsberg - Taisten .....	44
Abbildung 28: Ausschnitt der bearbeiteten Vektorgrundkarte – Ortskern Welsberg .....	44
Abbildung 29: Überlagerung der gefährdeten Bereiche mit der Vektorgrundkarte .....	45

Abbildung 30: Empirische Vulnerabilitätsfunktion für Wildbachprozesse (Fuchs, 2009) .....	45
Abbildung 31: Split der Prozesse in Abhängigkeit der Nummer der Kombinationsmatrix.....	54
Abbildung 32: Übersicht - Modul 1.....	54
Abbildung 33: Übersicht – Modul 2.....	54
Abbildung 34: Auszug aus dem Python-Script (Modul 3) .....	55
Abbildung 35: Übersicht – Modul 4.....	55
Abbildung 36: Anlegen und Füllen der Geodatabase.....	56
Abbildung 37: Join der Schadensobjekte mit dem Objektkatalog (Sachschaden).....	57
Abbildung 38: Join der Schadensobjekte mit dem Objektkatalog (Personenschaden).....	58
Abbildung 39: Auszug aus dem Python-Script (Modul 8) .....	59
Abbildung 40: Erwarteter Sachschaden in der Gemeinde Welsberg – Taisten .....	61
Abbildung 41: Erwarteter Personenschaden in der Gemeinde Welsberg – Taisten .....	63
Abbildung 42: Erwarteter jährlicher Sachschaden (Ausschnitt Ortschaft Welsberg) .....	66
Abbildung 43: Erwarteter jährlicher Personenschaden (Ausschnitt Ortschaft Welsberg) .....	67
Abbildung 44: Erwarteter jährlicher Gesamtschaden (Ausschnitt Ortschaft Welsberg) .....	68
Abbildung 45: Überlagerung der untersuchten Wiederkehrzeiten ( $T_r = 30, 100$ und $300$ Jahre) .....	69



### **III. Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1:	Generalisierte Einteilung der Klassen des Schadenspotenzials (Patscheider & Partner GmbH, 2009) .....	31
Tabelle 2:	Der Wert des Lebens nach Dionne und Lanoie, 2004 .....	47
Tabelle 3:	Ergebnisse der Verkehrszählungen an der SS49 und der LS46 .....	51
Tabelle 4:	Auswertung der Verkehrszählstelle Welsberg nach Tageszeit für das Jahr 2011 (SS49)..	52

## IV. Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einführung .....</b>	<b>12</b>
1.1 Ausgangssituation .....	12
1.2 Motivation .....	14
1.3 Beispiele von Naturereignissen im alpinen Raum .....	15
1.4 Hypothese .....	18
1.5 Erwartete Ergebnisse .....	18
1.6 Themeneingrenzung .....	18
1.7 Kurzbeschreibung des Lösungsansatzes .....	19
1.8 Publikum und Endnutzer .....	19
<b>2. Grundlagen der Arbeit .....</b>	<b>20</b>
2.1 Grundverständnis .....	20
2.1.1 Gefahrenanalyse .....	20
2.1.2 Vulnerabilitätsanalyse / Expositionsanalyse .....	21
2.1.3 Konsequenzanalyse .....	21
2.1.4 Risikoermittlung und -darstellung .....	21
2.2 Gesetze und Vorschriften .....	21
2.3 Begriffsklärung .....	23
2.4 Erfahrungsgrundlage .....	26
2.5 State of the art .....	27
2.6 Angewandte Methode zur Ermittlung des Gefahren- und Schadenspotenzials in Südtirol .....	27
<b>3. Fallstudie und Lösungsansatz .....</b>	<b>32</b>
3.1 Auswahl des Untersuchungsgebietes .....	32
3.2 Beschreibung des Untersuchungsgebietes .....	34
3.3 Berechnung des zu erwartenden Schadens für die Gemeinde Welsberg-Taisten .....	34
3.3.1 Grundlagendaten .....	34
3.3.2 Vorstellung des Lösungsansatzes .....	35
3.3.3 Gefahrenanalyse .....	36
3.3.3.1 Lawinen .....	38
3.3.3.2 Massenbewegungen .....	39
3.3.3.3 Wassergefahren .....	41
3.3.4 Vulnerabilitäts- und Expositionsanalyse .....	42

3.3.4.1	Sachschaden.....	46
3.3.4.2	Personenschaden.....	46
3.3.5	Konsequenzanalyse.....	48
3.3.5.1	Parameter der Sachschäden.....	48
3.3.5.2	Parameter der Personenschäden.....	49
3.3.5.3	Verkehrsanalyse.....	51
<b>4.</b>	<b>Berechnung des zu erwartenden Schadens.....</b>	<b>53</b>
4.1	Modul 1 – Split der Prozesse in Abhängigkeit der Nummer der Kombinationsmatrix .....	53
4.2	Modul 2 – Reparieren der Geometrien.....	54
4.3	Modul 3 – Clip der Hazard-Files mit der Vektorgrundkarte.....	55
4.4	Modul 4 – Reparieren der Geometrien.....	55
4.5	Modul 5 – Anlegen und Füllen einer Geodatabase.....	56
4.6	Modul 6 – Join der Schadensobjekte mit dem Objektkatalog (Sachschaden).....	57
4.7	Modul 7 – Join der Schadensobjekte mit dem Objektkatalog (Personenschaden) .....	57
4.8	Modul 8 – Kalkulation des zu erwartenden Sachschadens .....	58
4.9	Modul 9 – Kalkulation des zu erwartenden Personenschadens .....	59
<b>5.</b>	<b>Ergebnisse und Ergebnisanalyse.....</b>	<b>60</b>
5.1	Sachschaden.....	60
5.2	Personenschaden .....	62
5.3	Berechnung des jährlichen Schadens (Schadenserwartungswert) .....	64
5.4	Schwierigkeiten bei der Ergebnisermittlung.....	68
<b>6.</b>	<b>Schlussbemerkung .....</b>	<b>70</b>
6.1	Zusammenfassung.....	70
6.2	Ausblick .....	70

## **1. Einführung**

### **1.1 Ausgangssituation**

Nachdem die Richtlinien zur Umsetzung der Gefahrenzonenplanung in Südtirol verabschiedet und somit ein Bestandteil, die Gefahrenseite, einer quantitativen Risikoanalyse standardisiert wurde, ist es notwendig eine Methode zu entwickeln, welche eine vereinheitlichte und auf alle Naturgefahren anwendbare Grundlage zur Bewertung des Risikos bzw. zur Ermittlung des zu erwartenden Schadens bildet. In der vorliegenden Arbeit geht es darum, für definierte Gefahren Bemessungsgrundlagen zu gewinnen, um sie in Risiken überführen zu können und um über raum-zeitliche Bezüge die insgesamt erwartbaren Schäden genauer bewerten zu können. Das Risiko ist mathematisch definiert als eine Funktion der Eintretenswahrscheinlichkeit eines Prozesses definierter Magnitude bzw. Intensität und dem korrespondierenden Schadensausmaß (Varnes 1984). Ist das Risiko quantifizierbar, können verschiedene Risiken miteinander verglichen werden. Dadurch werden die Voraussetzungen für eine weiterführende Betrachtung im Kontext der monetären Bewertung von Naturereignissen geschaffen. Die Grundidee des Risikokonzeptes liegt in der vorausschauenden Perspektive, die es erlaubt, potenzielle Auswirkungen natürlicher Prozesse abzuschätzen und adäquate, d.h. angemessene und angepasste Maßnahmen einzuleiten. In der Forschungspraxis wurde die Eintretenswahrscheinlichkeit von potenziellen Naturgefahrenprozessen als einer der beiden Faktoren der Risikofunktion umfassend untersucht, das Schadenspotenzial hingegen eher vernachlässigt. In den letzten 5 Jahren wurden einige wenige wissenschaftliche Arbeiten zum Thema Schadenspotenzial verfasst, wobei sich die gewonnenen Erkenntnisse noch nicht in die Planungspraxis übertragen haben. Die Gründe dafür liegen einerseits an der weitestgehend fehlenden Datengrundlage und am Mangel an planungstauglichen, vereinfachten, und im optimalen Fall, vereinheitlichten Instrumenten zur Schadensbewertung. Diese Forschungsarbeit soll allerdings noch einen Schritt weitergehen und auch die beweglichen Schadenselemente in das zu erwartende Schadensausmaß einbeziehen. Unter beweglichen Schadenselementen werden vor allen Dingen Personen, Eisenbahnen und Fahrzeuge verstanden.

Das Schadensausmaß setzt sich aus dem Schadenspotenzial und der Verletzlichkeit in Abhängigkeit der auftretenden Prozessintensität zusammen. Die bisherigen Studien und wissenschaftlichen Arbeiten beschränken sich auf die Beschreibung und Untersuchung statischer Objekte, wie z.B. Gebäude, Straßen und Infrastrukturen. Wobei die Schadenselemente weiter klassifiziert wurden.

So hat ein Krankenhaus ein weitaus höheres Schadenspotenzial als ein Einfamilienhaus oder eine Autobahn als eine Gemeindestraße. Bei der Betrachtung des Schadenspotenzials, insbesondere von Straßen- und Transportwegen, fällt auf, dass die direkten Schäden an den Straßen- und Transportwegen selbst, nur sehr gering sind. Der potenzielle Schaden an beweglichen Objekten auf denselben aber enorm sein kann. Der bisherige Ansatz ohne die beweglichen Schadenselemente, führt demnach zu einer Unterschätzung des Schadenspotenzials. Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung der dynamischen Schadenselemente hinsichtlich ihrer zeitlich-räumlichen Präsenz, ihres monetären Wertes und ihrer Verletzlichkeit in Abhängigkeit der auftretenden Prozessintensität und darüber hinaus die Integration der gewonnenen Erkenntnisse in das lokale, regionale und überregionale Risk Assessment.

Die wirtschaftliche Bedeutung eines integralen Risikomanagements, ist nicht hoch genug einzuschätzen. Durch die Maßgabe, Leib und Leben sowie Sachwerte nach dem Prinzip der Verhältnismäßigkeit zu schützen und durch eine Cost-Benefit-Analyse den Einsatz der personellen und finanziellen Mittel zu steuern, ist es möglich, Schutzmaßnahmen in effizienter Weise durchzuführen. Maßnahmen zur Prävention, Intervention und Wiederherstellung werden aufeinander abgestimmt, in eine integrale Maßnahmenplanung einbezogen und nach dem oben genannten Maßgaben auf ihre Risiko reduzierende Wirkung hin beurteilt.

Das Schadenspotenzial ist eng mit dem Wirtschaftswachstum verbunden. Wächst die Wirtschaft, wird in neue Infrastrukturen, Straßen, Gebäude usw. investiert. Man kann sagen, dass das Schadenspotenzial in gleichem Maße steigt, wie die Wirtschaft wächst (siehe Diagramm 1). Es muss also davon ausgegangen werden, dass die Schadenssummen weiter ansteigen und eine qualitative, aber insbesondere auch eine quantitative Risikobewertung für ein adäquates Risikomanagement unerlässlich ist. Wie in Diagramm 1 dargestellt, betrug die Gesamtschadenssumme des Hochwassers im August 2005 in der Schweiz ca. 3 Milliarden Franken (ca. 2,4 Milliarden Euro). Bei solch einer Schadenssumme wird sehr schnell deutlich, dass seltene oder sehr seltene Ereignisse die Sicherheit der Gesellschaft am stärksten gefährdet. Ohne deren Berücksichtigung bei Vorsorge und Vorbereitung, sind im Eintretensfall verheerende Schäden, eine Überforderung bei der Bewältigung und eine überproportional lange Regeneration zu erwarten.

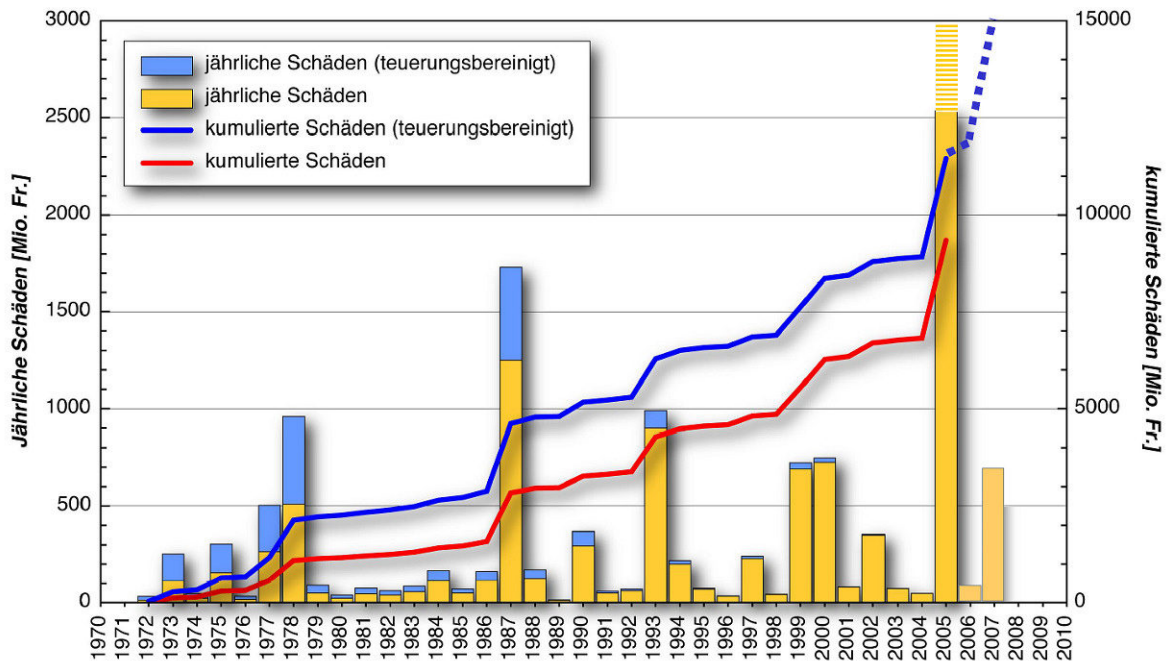


Diagramm 1: Entwicklung der Schadenssummen von Hochwassern seit 1972 in der Schweiz (BAFU, 2011)

## 1.2 Motivation

Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung der zeitlich-räumlichen oder auch dynamischen Schadenselemente, insbesondere der Personen, hinsichtlich ihrer zeitlich-räumlichen Präsenz, ihres monetären Wertes und ihrer Verletzlichkeit in Abhängigkeit der auftretenden Prozessintensität und darüber hinaus die Integration der gewonnenen Erkenntnisse in das lokale, regionale und überregionale Risk Assessment. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, ist es notwendig, auch die bereits in anderen Ansätzen untersuchten statischen Schadenselemente zu betrachten und wenn nötig, die Verletzlichkeit und den monetären Wert dieser Elemente neu zu bewerten.

Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Aspekt der Motivation für diese Arbeit ist die Tatsache, dass die Toten und Verletzten auf Grund von Naturgefahren in den letzten 50 Jahren fast ausschließlich auf und entlang der Verkehrsachsen (Straßen und Eisenbahntrassen) zu beklagen sind. Da die derzeit geltenden Gesetze und Vorschriften diese Tatsache nicht bzw. nur unzureichend berücksichtigen, soll diese Studie dabei helfen, das Bewusstsein für die Allgegenwärtigkeit der Naturgefahren, vor allem im alpinen Raum, zu stärken.

### 1.3 Beispiele von Naturereignissen im alpinen Raum

Während des verregneten Sommers 2012 trafen schwere Unwetter das nördliche Eisacktal und die Seitentäler des Wipptals. Im Wipptal kam es zu Murenabgängen und Verschüttungen. Wohnhäuser wurden vermurrt und Tunnel zugeschüttet. Menschen wurden evakuiert, die Brennerbahnlinie wurde ebenso gesperrt wie die Zufahrtsstraßen. Zwei Personen kamen ums Leben. In Afens wurden beide Ausgänge eines Tunnels verschüttet. Vier Personen, die mit zwei Autos und einem Motorrad unterwegs waren, blieben stundenlang eingeschlossen. In Tulfes hat eine Mure ein Haus komplett weggerissen. Auch im Eisacktal wurde der Bahnverkehr unterbrochen. Die Bahnstrecke wurde an mehreren Orten unterspült. Wochenlange Sperrungen (und damit wirtschaftliche Ausfälle) waren die Folge. Der verursachte Sachschaden wurde auf ca. 18 Millionen Euro geschätzt.



**Abbildung 1: Schwere Unwetter im oberen Eisack- und Wipptal ([www.suedtirolnews.it](http://www.suedtirolnews.it))**

Am 31. Mai 2006 stürzten insgesamt 6 große Felsbrocken von rund 10 m<sup>3</sup> zwischen Luzern und Mailand auf die schweizerische Autobahn A2. Die Straße ist neben dem Brenner die wichtigste Nord-Süd-Überquerung der Alpen. Sie trafen ein Auto und 2 LKW. Es gab 2 Tote.



**Abbildung 2: Steinschlag auf Gotthard-Autobahn (www.sueddeutsche.de)**

Die Straße und die Eisenbahntrasse zwischen Grafenort und Engelberg in der Schweiz wurden beim Jahrhunderthochwasser im August 2005 zerstört. Direkt unter den beiden Verkehrswegen verläuft die Engelberger Aa.



**Abbildung 3: Zerstörung der Straße und der Eisenbahntrasse zwischen Grafenort und Engelberg (www.soziologie-etc.com)**

Das Zugunglück der „Vinschgerbahn“ ist sicher eines der tragischsten Ereignisse der letzten 60 Jahre in Südtirol. Es ereignete sich am 12. April 2010. Eine durch eine defekte Beregnungsleitung ausgelöste Hangmure an einem ohne menschliches Zutun ungefährlichen Hang, forderte 9 Todesopfer und 21 Verletzte. Die Mure hatte eine Breite von ca. 15 m. Die



Bahnstrecke war für fast 2 Monate unterbrochen und wurde am 2. Juni 2010 wieder in Betrieb genommen.



**Abbildung 4: Zugunglück der ‚Vinschgerbahn‘ bei Kastelbell ([www.stol.it](http://www.stol.it))**

Am 25. April 2012 um 18:30 Uhr kam es zu einem Steinschlag in der Gemeinde Ala, Trentino. Das Gesamtvolumen betrug ca. 50 m<sup>3</sup>. Ein Steinbrocken von ca. 25 m<sup>3</sup> traf die Eisenbahnstrecke München – Verona und die parallel verlaufende Staatsstraße SS38. Glück im Unglück war in diesem Fall, dass das Ereignis an einem Feiertag passiert ist. Nicht auszudenken, was hätte passieren können, wenn die Gesteinsbrocken ein Auto oder einen Zug getroffen hätte.



**Abbildung 5: Steinschlag bei Serravalle im Trentino ([www.protezionecivile.tn.it](http://www.protezionecivile.tn.it))**

Auf der SS12 – Brennerstaatsstraße kam es am späten Abend des 5. Augusts 2012 zu einem massiven Steinschlag, welcher den Verkehr für 3 Tage lahmlegte. Der Verkehr wurde

zwischenzeitlich über die Brennerautobahn (A22) umgeleitet. Der größte Brocken hatte ein Gewicht von ca. 20 kg.



**Abbildung 6: Steinschlag auf der SS12 – Brennerstaatsstraße bei Atzwang in Südtirol (www.stol.it)**

#### **1.4 Hypothese**

Die Betrachtung des Schadenspotenzials auf einer multitemporalen Skala wird zu einer Aufnahme bisher nicht betrachteter Schadenselemente in den Kontext der Risikobewertung führen. Die gewonnenen Erkenntnisse werden bei der Umsetzung integraler Risikomanagement – Konzepte berücksichtigt. Durch den Einsatz eines Geoinformationssystems lässt sich der Workflow zur Schadensberechnung automatisieren. Dadurch wird es möglich sein, die Schäden unterschiedlicher Untersuchungsgebiete zügig und zuverlässig zu ermitteln.

#### **1.5 Erwartete Ergebnisse**

Mit der Hinzunahme bisher nicht berücksichtigter Schadenselemente, und hier vor allem der dynamischen Schadenselemente, steigt nicht nur die Anzahl derer, sondern in der logischen Konsequenz auch die Schadenssummen. Es wird außerdem erwartet, dass die Neubewertung der Basiswerte, welche den Wert eines Schadenselementes pro definierter Einheit in Euro beschreiben, im Vergleich zu bisherigen Studien, vor allem entlang der Verkehrsachsen, steigen werden. Insbesondere wird sich zeigen, dass die zeitlich-räumliche Präsenz von Personen einen großen Einfluss auf die Schadenssummen hat.

#### **1.6 Themeneingrenzung**

Thema dieser Arbeit soll es nicht sein, bereits vorhandene Verletzlichkeitsanalysen zu überarbeiten oder auf alpine Verhältnisse anzupassen. Es gilt vielmehr eine grundsätzliche Herangehensweise bei der Beurteilung zeitlich-räumlicher Phänomene, in Bezug auf das Schadenspotenzial zu erforschen. Dabei sollte auch die Frage der Bearbeitungstiefe bzw. des

Detaillierungsgrades, mit welcher/welchem das Schadenspotenzial betrachtet werden soll, beantwortet werden. Da die kartographische Basis für die Fallstudie und im Übrigen für ganz Südtirol im Maßstab 1:10.000 vorliegt, werden keine Untersuchungen bezüglich der Schadenssumme in Abhängigkeit des gewählten Maßstabs durchgeführt. Der Aufnahmemaßstab der Schadensobjekte beträgt demzufolge 1:10.000. Außerdem bleiben indirekte Schäden (außer Räumungskosten von Verkehrswegen), welche durch Naturgefahren entstehen, unbewertet. Der Aufbau und die Struktur des Objektkatalogs lassen allerdings eine Erweiterung und eine Aufnahme der indirekten Schäden zu.

### **1.7 Kurzbeschreibung des Lösungsansatzes**

Wie bereits erwähnt, beschränkt sich der derzeit in Südtirol gültige Ansatz zur Ermittlung des zu erwartenden Schadens auf die qualitative Bewertung, welcher in den Richtlinien zur Gefahrenzonenplanung des Landes Südtirols beschrieben wird und bereits zur Anwendung kommt. Für eine ganzheitliche Betrachtung des Risk Assessment ist es notwendig, die zu erwartenden Schäden zu quantifizieren. Damit wird es möglich, personelle und finanzielle Mittel zur Prävention, Intervention und Wiederherstellung zielgerichtet und adäquat einzusetzen. Das Grundprinzip einer zeitgemäßen Risk Assessment - Strategie richtet sich nach der Präsenz und Letalität von Personen. Der hier vorgestellte Ansatz stellt diesen Aspekt in den Vordergrund und versucht die Schäden an Personen und Objekten zu monetarisieren. Das bedeutet, die Schäden werden in Geldwerten ausgedrückt. Auf Grundlage von vorhandenen kartographischen Grundlagendaten wird die Berechnung des zu erwartenden Schadens für jedes einzelne Objekt und den sich darin bzw. darauf befindlichen Personen bestimmt. Das Ergebnis wird in einer Geodatenbank gespeichert und kann in verschiedenster Art und Weise analysiert und dargestellt werden.

### **1.8 Publikum und Endnutzer**

Die Erkenntnisse und Ergebnisse der vorliegenden Arbeit richten sich vor allem an Entscheidungsträger des öffentlichen Dienstes im Bereich Naturgefahren und Risk Assessment, aber auch an privatwirtschaftlich tätige Unternehmen, welche Maßnahmen gegen Naturgefahren planen bzw. Entscheidungsträger des öffentlichen Dienstes beraten und unterstützen.

## 2. Grundlagen der Arbeit

### 2.1 Grundverständnis

Um den zu erwartenden Schaden von Naturereignissen berechnen zu können, müssen verschiedene Voruntersuchungen durchgeführt werden. Als erstes müssen die potenziell auftretenden Naturgefahren hinsichtlich ihrer Ausbreitung, ihrer Intensität und ihrer Eintretenswahrscheinlichkeit analysiert werden.

Danach werden die Schadenselemente (Personen und Sachwerte) identifiziert. Im nächsten Schritt werden die Schadenselemente mit den Naturgefahren verschnitten und der zu erwartende Schaden in Abhängigkeit des Prozesses und deren Intensität für jedes Schadenselement berechnet. Der Risikokreislauf in der Naturgefahrenforschung ist in Abbildung 7 dargestellt. Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind dabei die Gefahrenanalyse, die Vulnerabilitätsanalyse, die Expositionsanalyse und die Risikoanalyse. Die Risikobewertung wird hingegen vernachlässigt und zur Disposition gestellt. Die Grundlage dafür soll durch die Ergebnisse der erarbeiteten Fallstudie bereitgestellt werden.



Abbildung 7: Risikokreislauf in der Naturgefahrenforschung (Hübl, Keiler, Fuchs, 2009)

#### 2.1.1 Gefahrenanalyse

Bei der Gefahrenanalyse geht es darum, wo welche Naturgefahrenprozesse wie häufig und in welchem Ausmaß auftreten. Sie unterteilt sich in die zwei Arbeitsschritte: Gefahrenerkennung

und Gefahrenbeurteilung. Aufgrund aller verfügbaren Unterlagen sollen Aussagen über die Wahrscheinlichkeit und über die zu erwartende Intensität der möglichen Schadensereignisse getroffen werden. Dieser Schritt überschneidet sich mit der wasserbaulichen Beurteilung, teilweise ist keine klare Trennung möglich und auch nicht sinnvoll. Die Beobachtungen werden gewichtet und gewertet und wenn nötig durch Modellrechnungen oder erweiterte Untersuchungen ergänzt.

### **2.1.2 Vulnerabilitätsanalyse / Expositionsanalyse**

Identifikation von Art und Ort der gefährdeten Objekte (Personen und Sachwerte) sowie ihrer zeitlichen und örtlichen Präsenz (Expositionssituationen).

### **2.1.3 Konsequenzanalyse**

Ermittlung des Schadenausmaßes für die einzelnen Objekte (durch Verknüpfung von Anzahl und Wert der Objekte), der Verletzlichkeit (Letalität), der räumlichen Eintretenswahrscheinlichkeit des Prozesses, der Präsenzwahrscheinlichkeit von Personen und Objekten sowie dem Objektschutz.

### **2.1.4 Risikoermittlung und -darstellung**

Ermittlung und Darstellung der maßgebenden Risikogrößen (wird im Rahmen der Arbeit nur ansatzweise behandelt).

## **2.2 Gesetze und Vorschriften**

Im Bereich des Risk Management existieren eine Reihe von Gesetzen und Vorschriften. Nach der Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken, ist jeder Mitgliedstaat verpflichtet die Wassergefahren seines Hoheitsgebiets zu untersuchen und zu kartieren. Wie in den meisten Mitgliedstaaten wurde die Verantwortlichkeit der Durchführung der Gefahrenzonenplanung an die Regionen bzw. Provinzen weitergegeben. Dieser Verpflichtung ist die Landesregierung mit folgendem Beschluss nachgekommen:

*Beschluss der Landesregierung Südtirols (Italien), „Richtlinien zur Erstellung der Gefahrenzonenpläne gemäß Landesraumordnungsgesetz, Landesgesetz vom 11. August 1997, Nr. 13, Artikel 22/bis“ (2741/2008 vom 28. Juli 2008)*

Im Folgenden soll eine Zusammenfassung der EU-Richtlinie 2007/60/EG gegeben werden.

**Zusammenfassung:** Mit der Richtlinie soll ein gemeinsamer Rahmen für die Bewertung und die Verringerung der hochwasserbedingten Risiken für die menschliche Gesundheit, die Umwelt und die Wirtschaft im gesamten Hoheitsgebiet der Europäischen Union (EU) geschaffen werden. Alle Arten von Hochwasser sind von dieser Richtlinie betroffen, beispielsweise Hochwasser in

Flüssen und an Küstengebieten der EU. Darüber hinaus bestehen weitere Risiken wie Hochwasser in Städten oder in Kanalisationssystemen, denen ebenfalls Rechnung getragen werden muss. Die Präventiv- und Bewältigungsmaßnahmen beziehen sich auf die einzelnen Flussgebietseinheiten (Gebiete, die aus mehreren benachbarten Einzugsgebieten bestehen), die in der Wasserrahmenrichtlinie festgelegt worden sind. Zu den Maßnahmen gehören insbesondere eine vorausschauende Bewertung des Hochwasserrisikos, die Erstellung von Hochwasserrisikokarten sowie die Ausarbeitung von Plänen für das Hochwasserrisikomanagement.

**Vorausschauende Bewertung:** Die Mitgliedstaaten nehmen bis spätestens 22. Dezember 2011 und für jedes Einzugsgebiet und jeden Teil eines Einzugsgebietes in ihrem Hoheitsgebiet eine vorausschauende Bewertung des Hochwasserrisikos vor. Diese umfasst Informationen u.a. über die Lage der Einzugsgebiete in der betreffenden Flussgebietseinheit, in der Vergangenheit aufgetretene Hochwasserereignisse, die Wahrscheinlichkeit künftiger Hochwasserereignisse und die geschätzten Folgen künftiger Hochwasserereignisse. Auf der Grundlage der Bewertung müssen die Mitgliedstaaten jedes Einzugsgebiet entweder als Gebiet mit potenziell signifikantem Hochwasserrisiko oder als Gebiet ohne potenziell signifikantes Hochwasserrisiko einstufen. Die Bewertung und die darauf folgende Einstufung ist der Öffentlichkeit bekannt zu geben und alle sechs Jahre zu überprüfen.

**Hochwasserrisikokarten:** Für alle Gebiete, für die ein Hochwasserrisiko festgestellt wurde, fertigen die Mitgliedstaaten Hochwasserkarten an, in denen diese Gebiete, die jeweilige Hochwasserwahrscheinlichkeit - hoch, mittel, niedrig - sowie die potenziellen hochwasserbedingten Schäden, von denen örtliche Bevölkerung, Vermögenswerte und Umwelt betroffen sein können, ausgewiesen sind. Die Karten müssen spätestens zum 22. Dezember 2013 fertig gestellt sein und der Öffentlichkeit zugänglich sein. Sie sind alle sechs Jahre zu überarbeiten.

**Pläne für das Hochwasserrisikomanagement:** Die Mitgliedsstaaten müssen auf der Ebene der Flussgebietseinheiten Pläne für das Hochwasserrisikomanagement erstellen und umsetzen. Gehört das betreffende Gebiet zu mehreren Mitgliedstaaten, so stimmen sich die Mitgliedstaaten untereinander ab, um einen einzigen internationalen Plan für das Hochwasserrisikomanagement zu erstellen. Zur Erstellung eines Managementplans gehört, dass für alle Einzugsgebiete, Teileinzugsgebiete und Küstenabschnitte ein angemessenes Schutzniveau festgelegt wird und Maßnahmen beschrieben werden, mit denen das festgelegte Schutzniveau erreicht werden soll.

Ziel der Managementmaßnahmen muss die Verringerung des Hochwasserrisikos und des Umfangs der potentiellen Folgen sein. Sie betreffen die Vermeidung von, den Schutz vor und die

Bereitschaft für Hochwasserereignisse und berücksichtigen alle relevanten Aspekte von Wasserwirtschaft, Bodennutzung, Raumordnung, Flächennutzung und Naturschutz. Die Maßnahmen dürfen das Hochwasserrisiko in benachbarten Ländern nicht erhöhen.

Jeder Managementplan enthält eine Reihe von Informationen, insbesondere über das Schutzniveau, die geplanten Maßnahmen, die Hochwasserrisikokarten und bei nachfolgenden Managementplänen die Bewertung der Fortschritte, die seit der Umsetzung des vorhergehenden Managementplans erzielt worden sind.

Die Hochwasserrisikokarten und die Pläne für das Hochwasserrisikomanagement sind mit der Wasserrahmenrichtlinie zu koordinieren, insbesondere, was die Beschreibung von Einzugsgebieten und die Bewirtschaftungspläne für die Einzugsgebiete sowie die Verfahren für die Konsultation und Information der Öffentlichkeit angeht.

Die Pläne sind der Öffentlichkeit zugänglich zu machen und alle sechs Jahre zu überarbeiten.

### 2.3 Begriffsklärung

Da es in der Literatur oft widersprüchliche Definitionen und Auslegungen von häufig genutzten Fachbegriffen gibt, sollen an dieser Stelle einige Begriffe erläutert werden. Die im Folgenden beschriebenen Begriffserklärungen lehnen sich an der vom Schweizerischen Bundesamt für Umwelt (BAFU) verwendeten Konnotation an. Einige Begriffe werden in Kapitel 3.3.5 nochmals näher erläutert.

- **Risk Assessment** (Gefährdungsbeurteilung, Risikoabwägung, Risikoeinschätzung)

Als Risk Assessment versteht man die anfänglichen Schritte des Risk Managements, denn es werden die vom Risiko betroffenen Vermögenswerte, die Verwundbarkeitsgrade und die Eintretenswahrscheinlichkeiten ermittelt. Diese Risikobewertung kann quantitativ oder qualitativ (Priorisierung der Risiken) durchgeführt werden. (Dugmore, Lacey A., Managers Guide to Servicemanagement, 2.nd Ed., BSI, Standards, 2006)

- **Risikomanagement** (Risk Management)

Risikomanagement umfasst sämtliche Maßnahmen zur systematischen Erkennung, Analyse, Bewertung, Überwachung und Kontrolle von Risiken. Im Einzelnen betrifft das die Festlegung von Kriterien, nach denen die Risiken eingestuft und bewertet werden, die Methoden der Risikoermittlung, die Verantwortlichkeiten bei Risikoentscheidungen, die Bereitstellung von Ressourcen zur Risikoabwehr, die interne und externe Kommunikation über die identifizierten Risiken (Reporting) sowie die Qualifizierung des Personals für das Risikomanagement.

- **Eintretenswahrscheinlichkeit**

Wahrscheinlichkeit, dass ein Ereignis bestimmter Größe innerhalb einer definierten Zeitspanne (i.d.R. ein Jahr) genau einmal stattfindet. Eintretenswahrscheinlichkeit und die Wiederkehrperiode  $T$  lassen sich numerisch verbinden, wenn von einer einheitlichen Nutzungsperiode ausgegangen wird. Die Gleichung lautet:  $p = 1 - (1 - 1/T)^n$ , wobei  $n$  die betrachtete Nutzungsperiode ist (z.B. 50 Jahre),  $T$  die Wiederkehrperiode und  $p$  die Eintretenswahrscheinlichkeit (BAFU, 2012).

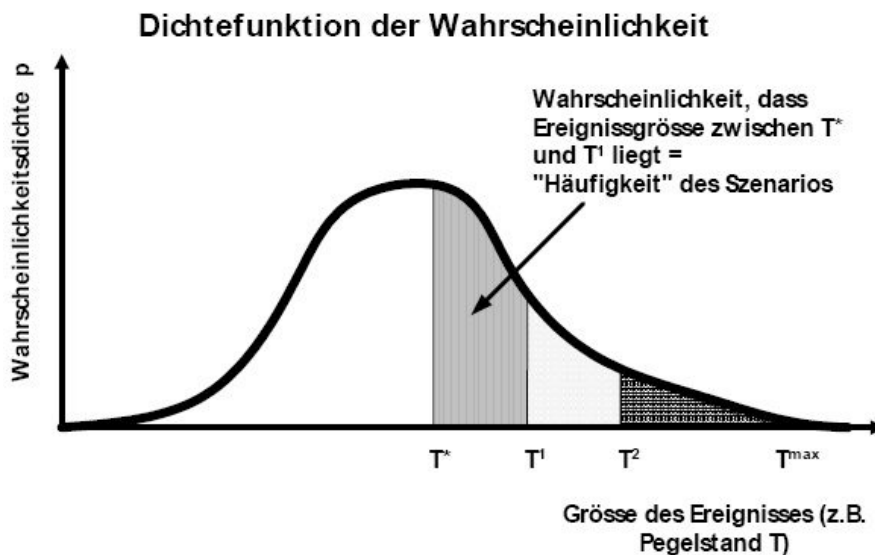


Abbildung 8: Dichtefunktion der Eintretenswahrscheinlichkeit (BAFU, 2012)

- **Sachschaden**

Gesamtheit der Schäden an Sachwerten bezogen auf mobile und immobile materielle Güter jeglicher Art (Gebäude, Infrastrukturen, Fahrzeuge, Verkehrsflächen, Kulturflächen etc.).

- **Personenschaden**

Gesamtheit der Schäden an Personen. Das Schadenspotenzial von Personen wird mit einem Wert von 5.500.000 € beziffert.

- **Letalität**

Wahrscheinlichkeit der Todesfolge bei der Einwirkung einer bestimmten Prozessintensität. Die Letalität ist abhängig von der Exposition der Person (Person im Freien, in Gebäude, in Fahrzeug, usw.) und wird mit einem Wert zwischen 0 und 1 quantifiziert.



- **Präsenzfaktor**

Zur Ermittlung des individuellen Risikos wird ein Präsenzfaktor eingeführt. Dieser definiert den Zeitanteil, welchen eine Person im Gefahrenbereich pro Tag verbringt (Gebäude, Sonderobjekte). Der Präsenzfaktor in Zivilgebäuden wird standardmäßig auf 0,6 vorgegeben d.h. eine Person hält sich statistisch gesehen 14,4 von 24 Stunden pro Tag im Gebäude auf.

- **Erwarteter Schaden**

Der Schadenerwartungswert drückt den Schaden aus, der unter der Annahme der gewählten Szenarien statistisch gesehen pro Jahr zu erwarten ist. Er wird durch Multiplikation von Schadensmaß mit der Häufigkeit  $p$  (z.B. eines 30-100 jährlichen Szenarios  $p = 0.0233$ ) des gewählten Szenarios berechnet. Der erwartete Schaden wird in Euro angegeben.

- **Schadenspotenzial**

Größe des maximal möglichen Schadens im Untersuchungsgebiet, der durch ein Naturereignis ausgelöst werden kann. Entspricht häufig dem Gesamtwert von exponierten Personen und Sachwerten (Totalschaden).

- **Naturgefahren**

Sämtliche Vorgänge in der Natur, die für Personen, Umwelt und Sachwerte schädlich sein können. Im Rahmen dieser Studie werden die Naturgefahren Lawinen, Massenbewegungen und Wassergefahren betrachtet. Wobei folgende Prozesse berücksichtigt werden:

Lawinen: Fließlawine, Staublawine, Gleitschnee

Massenbewegungen: Sturz, Rutschung, Einsturz, Hangmure

Wassergefahren: Überschwemmung, Übersarung, Murgang

- **Risiko**

Größe und Wahrscheinlichkeit eines möglichen Schadens  $R$  ( $R = p \times D$ ). Das Risiko wird als individuelles und als kollektives Risiko charakterisiert.

wobei:

$p$  ... Häufigkeit eines Ereignisses

$D$  ... zu erwartender Schaden

- **Basiswert**

Der Basiswert bezeichnet eine einheitliche Messgröße bezogen auf die Eigenschaften der einzelnen Schadensobjekte.

- **Verletzlichkeit**

Charakterisierung des Ausmaßes der Beeinträchtigung, welche ein Objekt unter einer bestimmten Prozesseinwirkung erfährt. Die Verletzlichkeit wird für jede Prozessart und Intensitätsstufe (niedrig, mittel, hoch) mit einem Wert zwischen 0 (keine Beeinträchtigung) und 1 (Totalschaden) quantifiziert.

- **DSM und DTM**

Das DSM (Digital Surface Model) oder DOM (Digitales Oberflächenmodell) repräsentiert die Erdoberfläche mit allen darauf befindlichen Objekten (Gebäude, Verkehrswege, Gewässer, Vegetation, usw.). Demgegenüber stellt das DTM (Digital Terrain Model) oder DGM (Digitales Geländemodell) die natürliche Erdoberfläche (vgl. Abbildung 9) ohne Vegetation und Gebäude dar..

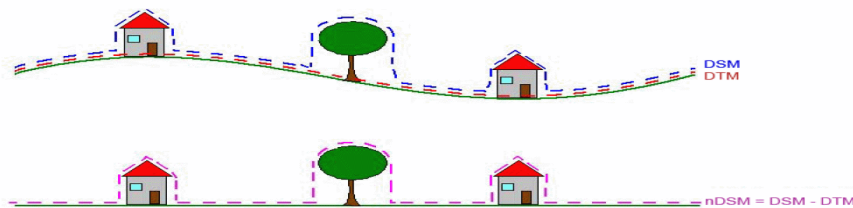


Abbildung 9: Unterschied zwischen DSM und DTM

## 2.4 Erfahrungsgrundlage

Auf Basis der bisherigen Untersuchungen und Einschätzungen der zu erwartenden Schäden durch Naturgefahren lässt sich sagen, dass das Gefahrenpotenzial eher überschätzt und das Schadenspotenzial tendenziell unterschätzt wird. Dies führt im regionalen Maßstab eventuell zu einer Kompensation der vorherigen Fehleinschätzungen, im praxistauglichen größeren Maßstab allerdings eher zu einem sehr unterschätzten bzw. überschätzten Schadenserwartungswert. Wird die räumliche Ausbreitung eines Prozesses unterschätzt, werden Objekte, welche in der Realität betroffen sind, bei der Kalkulation nicht berücksichtigt. Im Gegensatz dazu wird der Schaden überbewertet, wenn die Ausbreitungsfläche des Prozesses überschätzt wird. Ähnlich verhält es sich bei der Bewertung des Schadenspotenzials. Hier führt ein zu hoher Basiswert zu einer unrealistischen Überschätzung und ein zu niedriger Basiswert zu einer Unterschätzung des Schadenerwartungswertes.

## 2.5 State of the art

In letzter Zeit wurden einige Forschungsprojekte, welche sich mit dem Thema Vulnerabilität und Risikomanagement auseinandersetzen initiiert. Der Fokus liegt hier allerdings auf der ganzheitlichen Betrachtung von direkten und indirekten Schäden. Das Projekt ‚PARAMOUNT‘ hat den Fokus in erster Linie auf die Verkehrsachsen gerichtet.

- Paramount ([www.protezionecivile.tn.it/territorio/ALPINESPACE/PARAMOUNT/pagina12.html](http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/ALPINESPACE/PARAMOUNT/pagina12.html))
- Move (<http://www.move-fp7.eu>)
- Xtremrisk ([www.xtremrisk.de](http://www.xtremrisk.de))

## 2.6 Angewandte Methode zur Ermittlung des Gefahren- und Schadenspotenzials in Südtirol

Ansätze, welche bereits in der Praxis Anwendung finden, existieren nur wenige. In Südtirol gibt es bisher nur einen sehr vereinfachten und dem realen Schaden nicht gerecht werdenden Ansatz. Da er als Ausgangspunkt und Motivation für diese Arbeit herhält, soll er an dieser Stelle ausführlich vorgestellt werden.

Die mit Beschluss der Landesregierung Südtirols (Italien) vom 28. Juli 2008 in Kraft getretenen „Richtlinien zur Erstellung der Gefahrenzonenpläne gemäß Landesraumordnungsgesetz, Landesgesetz vom 11. August 1997, Nr. 13, Artikel 22/bis“ beruhen auf der Methodik des BUWAL - Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, welches 1999 im Bundesamt für Umwelt – BAFU aufgegangen ist.

Für die Erstellung der Gefahrenzonenpläne (GZP) und zur Klassifizierung des spezifischen Risikos (KSR) sind die folgenden, in Südtirol relevanten Naturgefahren/Prozesse einzeln zu untersuchen und die jeweiligen Gefahrenstufen einzeln zu definieren:

- **MASSENBEWEGUNGEN:** Sturz, Rutschung, Einbruch, Hangmure
- **WASSERGEFAHREN:** Überschwemmung, Übersarung, Vermurung, Erosion
- **LAWINEN:** Fließlawine, Staublawine, Gleitschnee.

Hierin unterscheiden sich diese Richtlinien von der in Italien üblichen Nomenklatur, da diese z. B. die Lawinen nicht von den Massenbewegungen sowie die Übersarung und Vermurung der Gebirgsbäche nicht von den Überschwemmungen im engeren Sinne trennt. Die Erstellung des Risikozonenplanes (RZP) erfolgt in drei Arbeitsphasen:

- **Phase I:** Erkennung, Bestimmung und Dokumentation der Flächen, welche einem hydrogeologischen Risiko ausgesetzt sind
- **Phase II:** Abgrenzung und Beurteilung der Gefahrenstufen
- **Phase III:** Bewertung des spezifischen Risikos und Maßnahmenplanung.

Für die Bestimmung der Gefahrenzonen sind folgende Prozesse maßgeblich:

	Prozesse		Naturgefahrenstyp
<b>LF</b>	Sturz	landslide + fall	<b>Massenbewegungen</b>
<b>LG</b>	Rutschung	landslide + gravity	
<b>LC</b>	Einbruch	landslide + collapse	
<b>LD</b>	Hangmure	landslide + debris flow	
<b>IN</b>	Überschwemmung	inundation	<b>Wassergefahren</b>
<b>IS</b>	Übersarung	inundation + solid	
<b>DF</b>	Murgang	debris flow	
<b>EL - ED - EA</b>	Erosion	erosion (lateral, depth, areal)	
<b>AD</b>	FlieBlawine	avalanche - dense flow	<b>Lawinen</b>
<b>AP</b>	Staublawine	avalanche - powder	
<b>GS</b>	Gleitschnee	gliding snow	

Abbildung 10: Übersicht untersuchte Prozesse (Aut. Prov. Bozen, 2008)

#### Kriterien für die Definition der Gefahrenzonen

ZONE H4 (ROT) – Verbotsbereich:

- Sehr hohe Gefahr: es ist mit Verlust von Menschenleben bzw. mit schweren Verletzungen, mit schweren Schäden an Gebäuden, Infrastrukturen und an der Umwelt sowie mit der Zerstörung von sozialen und wirtschaftlichen Aktivitäten zu rechnen. Personen sind sowohl innerhalb als auch außerhalb von Gebäuden gefährdet.
- Mit der plötzlichen Zerstörung von Gebäuden ist zu rechnen.

ZONE H3 (BLAU) – Gebotsbereich:

- Hohe Gefahr: es ist mit Verletzungen von Personen, funktionellen Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen mit daraus folgender Unzugänglichkeit derselben sowie mit einer Unterbrechung von sozialen und wirtschaftlichen Aktivitäten und mit beträchtlichen Umweltschäden zu rechnen.

- Personen sind innerhalb von Gebäuden nicht gefährdet, jedoch außerhalb davon.
- Mit Schäden an Gebäuden ist zu rechnen, jedoch sind plötzliche Gebäudezerstörungen bei entsprechender Bauweise nicht zu erwarten.

ZONE H2 (GELB) – Hinweisbereich:

- Mittlere Gefahr: es ist mit geringen Schäden an Gebäuden, Infrastrukturen und an der Umwelt zu rechnen, wobei jedoch nicht die Gesundheit von Personen, die Zugänglichkeit von Gebäuden und das Funktionieren der sozialen und wirtschaftlichen Aktivitäten beeinträchtigt werden.
- Personen sind auch im Freien kaum gefährdet.

HELLGRAUE FLÄCHEN:

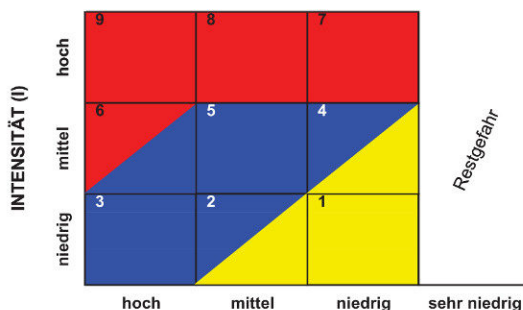
- Untersuchte Gebiete, die zum Zeitpunkt der Untersuchungen keine Gefahren H4 – H2 aufweisen.

H1 – Restgefahr

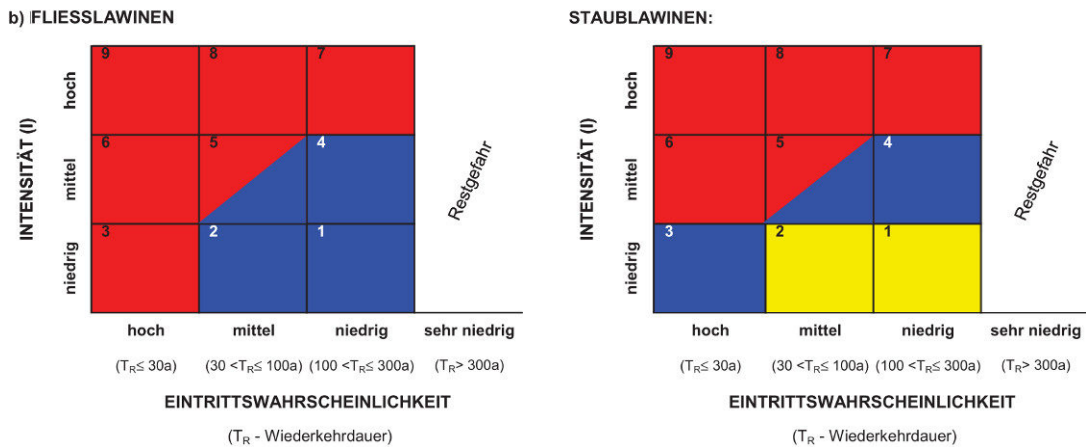
Das Konzept des Gefahrenzonenplans (GZP) beinhaltet die Beurteilung der Gefahr für eine maximale Wiederkehrdauer von 300 Jahren. Sehr seltene Ereignisse und Prozesse, auch mit unendlich hoher Intensität (z.B. tiefgründige Massenbewegungen, Dambruchwellen etc., fallen unter die Restgefahr H1. Sie werden nicht auf der Gefahrenzonenkarte (GZK), aber auf der Karte der Phänomene dargestellt).

Die Gefahrenzonen werden anhand einer Kombinationsmatrix aus der Prozessintensität und der Wiederkehrdauer ermittelt. Wobei die Naturgefahren ‚Wassergefahren‘ und ‚Massenbewegungen‘ von derselben Matrix beschrieben werden (siehe Abbildung 11). Die Naturgefahr ‚Lawinen‘ wird durch die beiden Matrizen für ‚Fließlawinen‘ und ‚Staublawinen‘ beschrieben.

a) MASSENBEWEGUNGEN, WASSERGEFAHREN:



**Abbildung 11: Kombinationsmatrix der Gefahrenstufen für ‚Wassergefahren‘ und ‚Massenbewegungen‘ (Aut.Prov. Bozen, 2008)**



**Abbildung 12: Kombinationsmatrix der Gefahrenstufen für ‚Lawinen‘ (Aut.Prov. Bozen, 2008)**

Wie bereits erwähnt, wird die Gefahrenstufe aus einer Kombination aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Prozessintensität beschrieben. Folgende Klassifizierung der Wiederkehrzeit wird angewandt. Sie ist für alle Gefahrenprozesse gültig:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Wiederkehrzeit ( $T_R$ )	
	bezogen auf 50 Jahre:	in Jahren:	
hoch	100% bis 82%	$T_R \leq 30$	sehr häufig
mittel	82% bis 40%	$30 < T_R \leq 100$	häufig
niedrig	40% bis 15%	$100 < T_R \leq 300$	selten
sehr niedrig	< 15%	$T_R > 300$	sehr selten

**Abbildung 13: Klassifizierung der Wiederkehrzeit (Aut.Prov. Bozen, 2008)**

Die Intensität der ‚Wassergefahren‘ wird durch folgende Tabelle beschrieben:

Prozess	Grenzwerte	Niedrige Intensität	Mittlere Intensität	Hohe Intensität
Überschwemmung, Übersarung	- Feststoffe: <30% - Geschwindigkeit: <40km/h - Neigung: Überschw. <1,5% Übersar. 1,5-15%	$h < 0,5$ m oder $v \times h < 0,5$ m <sup>2</sup> /s	$h = 0,5-2$ m oder $v \times h = 0,5-2$ m <sup>2</sup> /s	$h > 2$ m oder $v \times h > 2$ m <sup>2</sup> /s
Vermurung	- Feststoffe: 30-70% - Geschwindigkeit: 40 -> 60 km/h - Neigung: >15%	nicht bekannt	$M \leq 1$ m oder $v \leq 1$ m/s	$M > 1$ m und $v > 1$ m/s
Erosion s.l.	immer präsent	$d < 0,5$ m	$d = 0,5-2$ m	$d > 2$ m

**Abbildung 14: Intensitätsintervalle der Naturgefahr ‚Wassergefahren‘ (Aut.Prov. Bozen, 2008)**

Die Grenzwerte der Intensitätsintervalle der ‚Massenbewegungen‘ sind in Anhang 1 dargestellt. Für eine detaillierte Beschreibung der Ermittlung der Gefahrenstufen wird auf die „Richtlinien zur Erstellung der Gefahrenzonenpläne und zur Klassifizierung des spezifischen Risikos“ gemäß Landesraumordnungsgesetz, Landesgesetz vom 11. August 1997, Nr. 13, Artikel 22/bis verwiesen.

### Bestimmung der Schadensanfälligkeit

Die Methode zur Bestimmung der Schadensanfälligkeit folgt einem sehr vereinfachten Ansatz. Als Grundprinzip wurde die Präsenz von Personen angewandt. Die Skala reicht von der Klasse V1 – gering bis V4 – sehr hoch (siehe Tabelle 1). Wobei die Klasse 4 die urbanistischen Gebiete, und hier besonders die verbauten Ortskerne und andere urbanistisch relevante Zonen laut dem Bauleitplan der jeweiligen Gemeinde Südtirols, betrifft.

Im Gegensatz dazu stehen Gebiete mit der Einstufung V1. Diese Gebiete haben keine urbanistische Relevanz. Der zu erwartende Schaden durch einen Naturgefahrenprozess ist sehr gering. Zu dieser Klasse zählen unter anderem Waldgebiete und natürliche Überschwemmungsflächen. Auch die Kanäle der Gewässer sind dieser Klasse zugeordnet. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen werden der Klasse V2 zugeordnet. Zur Klasse V3 gehören wichtige Infrastrukturen, wie z.B. Autobahnen, Staatsstraßen, Landesstraßen, die wichtigsten Gemeindestraßen und Hauptleitungen der Energieversorgung bzw. Kommunikationsanlagen.

V4	V3	V2	V1	Beschreibung
x	-	-	-	urbanistische Gebiete
x	-	-	-	Einzelhäuser + 10m Puffer
-	-	x	-	landwirtschaftlich genutzte Flächen
-	-	x	-	öffentliche Grünfläche
-	x	-	-	Infrastrukturen
-	-	-	x	Waldgebiete
-	-	-	x	brachliegende Flächen
-	-	-	x	Gewässer

**Tabelle 1: Generalisierte Einteilung der Klassen des Schadenspotenzials (Patscheider & Partner GmbH, 2009)**

Das Risiko, welches durch einen der obengenannten Naturgefahrenprozesse entsteht, wird durch die Matrix in Abbildung 15 definiert. Die Matrix folgt dem Grundsatz je höher die Gefahrenstufe und je höher die Klasse der Schadensanfälligkeit, desto höher das spezifische Risiko.

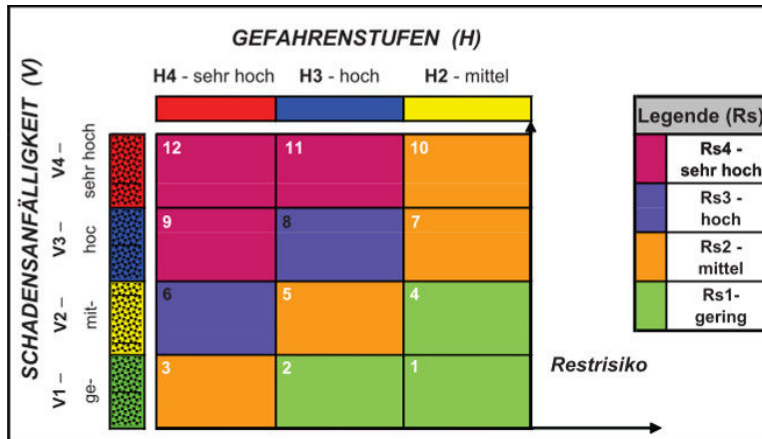


Abbildung 15: Matrix des spezifischen Risikos (Autonome Provinz Bozen, 2008)

### 3. Fallstudie und Lösungsansatz

#### 3.1 Auswahl des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet wurde anhand eines multikriteriellen Ausschlussverfahrens festgelegt. Das wichtigste Kriterium, und damit KO-Kriterium war das Vorhandensein eines gültigen Gefahrenzonenplans. Somit entfiel die nähere Betrachtung der Gefahrenseite. Ein weiteres wichtiges Kriterium war die Lage des Untersuchungsgebietes an einer bedeutenden Verkehrsachse und wenn möglich an einer Eisenbahnstrecke. Im Falle der Gemeinde Welsberg-Taisten werden die nachfolgend aufgezählten Kriterien erfüllt. Zudem gibt es ein sehr großes Gefahrenpotenzial in der Ortschaft Welsberg und an den Verkehrsachsen. Im Folgenden die fünf Auswahlkriterien:

- Gültiger Gefahrenzonenplan
- Lage an bedeutender Verkehrsachse
- Lage an Eisenbahnstrecke
- Evtl. touristische Prägung des Untersuchungsgebietes
- Operative Verkehrszählstelle



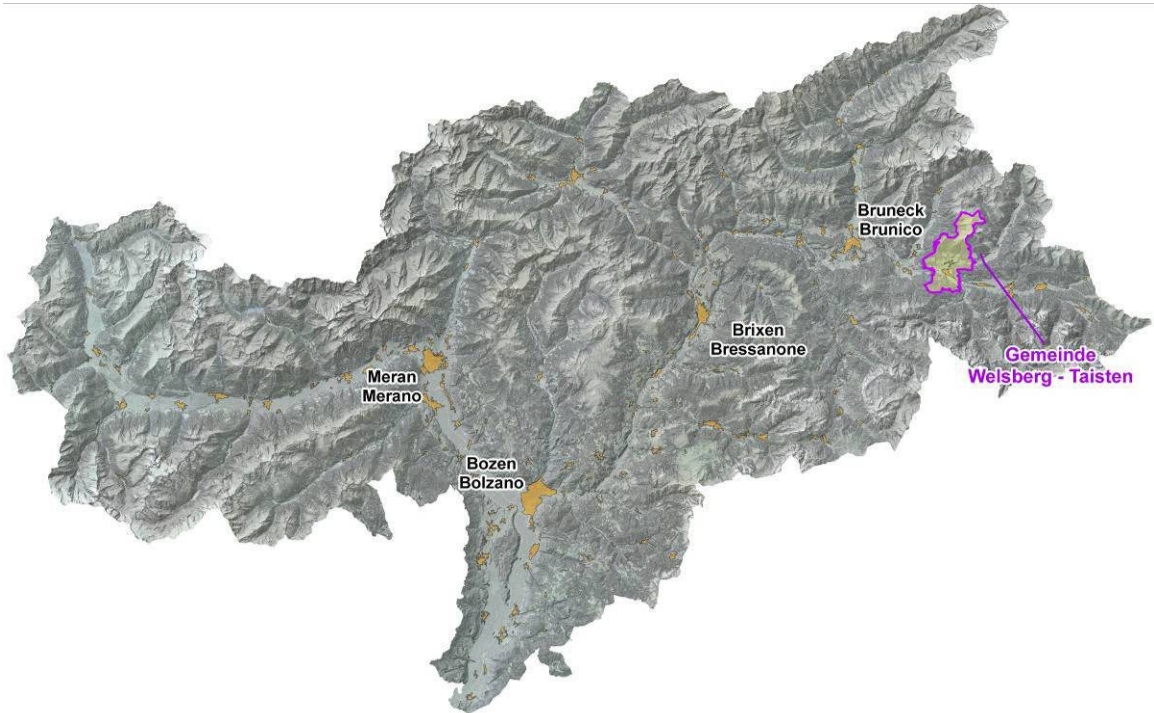


Abbildung 16: Lage des Untersuchungsgebietes in Südtirol (Orthofoto, Aut. Prov. Bozen, 2011)

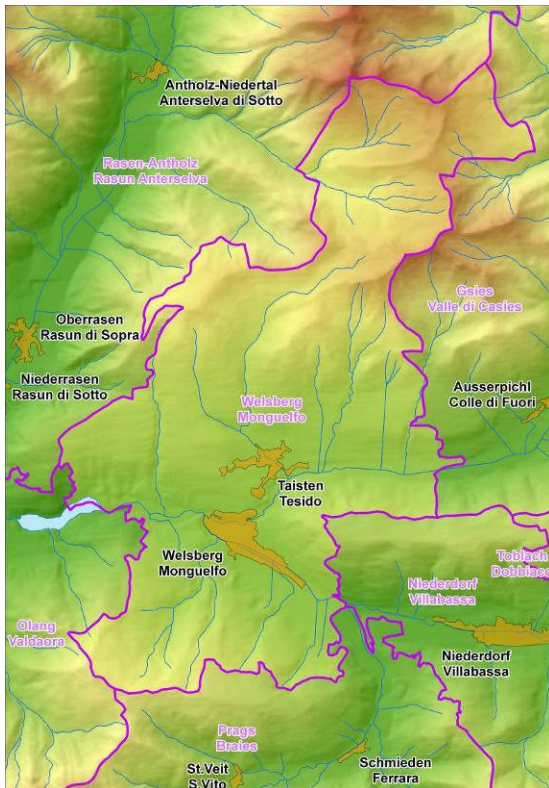


Abbildung 17: Übersichtskarte der Gemeinde Welsberg – Taisten (Datengrundlagen Aut. Prov. Bozen, 2011)

### **3.2 Beschreibung des Untersuchungsgebietes**

Das Untersuchungsgebiet für die Berechnung des zu erwartenden Schadens ist die Gemeinde Welsberg - Taisten im Hochpustertal in Südtirol/Italien. Die Gemeinde befindet sich im Osten Südtirols im Einzugsgebiet der Rienz, welche bei Brixen in den Eisack mündet (vgl. Abbildung 16). Im Bereich der Ortschaft Welsberg mündet der Gsieser Bach in die Rienz. Die Topographie der Gemeinde ist durch die beiden Haupttäler der Rienz und des Gsieser Baches geprägt. Der niedrigste Punkt ist der Wasserspiegel des Olang Stausees (ca. 1051 m ü.d.M.) und der höchste Punkt die Amperspitze (2667 m ü.d.M.). Die durchschnittliche Geländehöhe beträgt 1621 m ü.d.M.. Die Fläche des Gemeindegebietes beträgt 46,56 km<sup>2</sup> und die amtliche Einwohnerzahl beträgt 2822 (ASTAT, Volkszählung 2011).

Innerhalb des Untersuchungsgebiets befinden sich 2 verbaute Ortskerne (Welsberg und Taisten) nach Art. 12 Landesgesetz 15. April 1991, Nr. 10 Südtirols (vgl. Abbildung 17). Außerdem durchquert die SS49 – Pustertaler Staatsstraße und die LS46 – Gsies das Untersuchungsgebiet. Auch die Eisenbahnlinie Franzensfeste – Innichen verläuft durch die Gemeinde. Sie hat einen Bahnhof in Welsberg.



**Abbildung 18: Panoramafoto - Ortschaft Welsberg**

### **3.3 Berechnung des zu erwartenden Schadens für die Gemeinde Welsberg-Taisten**

#### **3.3.1 Grundlagendaten**

Die Autonome Provinz Bozen stellt mittlerweile ein sehr großes Angebot verschiedener, leider nicht immer ganz aktueller, Geodatenätze zur Verfügung. Entsprechend einer vorgegebenen Road Map schreibt die europäische Richtlinie INSPIRE die Realisierung und Bereitstellung einer Serie von Diensten und Produkten vor, die Geodaten zum Inhalt haben. Neben dem Geoportal ‚eGeo‘, das die Suchdienste (Discovery Service) und die Darstellungsdienste (View Service) integriert, werden weitere Standarddienste zur Unterstützung der Anwendungskooperation realisiert. Diese sind Web Feature Services (WFS) für den Austausch von Vektordaten, Web

Coverage Services (WCS) für den Austausch von Rasterdaten und ein Dienst für die Lieferung von Daten im KML-Format für die Visualisierung auf den Google-Plattformen Earth und Maps. Die benötigten Datensätze für die Realisierung der Berechnung des zu erwartenden Schadens können vom Geobrowser unter folgender Internetadresse heruntergeladen werden:

*([http://gis2.provinz.bz.it/geobrowser/?project=geobrowser\\_pro&view=geobrowser\\_pro\\_atlas-b&locale=de](http://gis2.provinz.bz.it/geobrowser/?project=geobrowser_pro&view=geobrowser_pro_atlas-b&locale=de))*

Oder direkt beim Amt für Informationstechnik der Autonomen Provinz Bozen bestellt werden. Die Nutzung der Daten ist für die nicht-kommerzielle sowie kommerzielle Nutzung kostenlos. Für die Fallstudie werden folgende Geodatensätze verwendet:

- Vektorgrundkarte (Aufnahmemaßstab 1:10.000, Aut. Prov. Bozen, 2006)
- Shapefiles der Gefahrenzonen (U\_HAZARD, Aut. Prov. Bozen, 2012)
  - U\_HAZARD\_IX (Wassergefahren)
  - U\_HAZARD\_LX (Massenbewegungen)
  - U\_HAZARD\_IX (Lawinen)
- DSM (Bodenauflösung 2,5 m, Aut. Prov. Bozen, 2006)
- DTM (Bodenauflösung 2,5 m, Aut. Prov. Bozen, 2006)

### **3.3.2 Vorstellung des Lösungsansatzes**

Wie bereits in der Einführung erwähnt, wurde die Erstellung der Gefahrenzonenpläne in Südtirol standardisiert und gesetzlich festgeschrieben. Für die Vulnerabilitätsanalyse und schlussendlich für die Berechnung des zu erwartenden Schadens für die vorher definierten Schadenselemente, ist eine digitalisierte Basiskarte des Untersuchungsgebietes nötig, welche mit den Shapefiles der Gefahrenzonen verschnitten wird. Die Schnittmenge dieser Datensätze beinhaltet die effektiv gefährdeten Objekte. Als Kartengrundlage dient die Vektorgrundkarte der Autonomen Provinz Bozen im Maßstab 1:10.000. Sie liegt flächendeckend für das gesamte Landesgebiet vor. Als Grundlage für diese Karte diente der Bildmessflug aus dem Jahr 2006. Demzufolge haben die digitalisierten Objekte der Vektorgrundkarte auch den Stand des Jahres 2006 und sind somit nicht ganz aktuell. Für das Untersuchungsgebiet der Gemeinde Welsberg - Taisten wurden während eines Feldvergleichs neu entstandene beziehungsweise mittlerweile nicht mehr existierende Objekte neu digitalisiert respektive gelöscht. Der Ansatz sieht eine flächendeckende Berechnung des Schadens vor. Das heißt, jedes Objekt hat einen Basiswert und wird demzufolge auch in den Objektkatalog aufgenommen. Die Karte der Schadenselemente enthält also keine Lücken und hat keine Überlappungen. Lücken würden zur Unterschätzung und Überlappungen zur Überschätzung des zu erwartenden Schadens führen. Diese Tatsache ist ein wesentliches

Unterscheidungsmerkmal zu bereits existierenden Ansätzen. Hier wurden nur jene Schadenselemente untersucht, welche einen sehr hohen Basiswert haben und sich verhältnismäßig viele Personen aufhalten. Dies sind in der Regel öffentliche Gebäude, Wohngebäude und Verkehrswege. In den folgenden Kapiteln wird die Vorgehensweise für die Ermittlung des zu erwartenden Schadens detailliert beschrieben.

### 3.3.3 Gefahrenanalyse

Die Gefahrenanalyse, als integrierender Bestandteil der Risikoanalyse, wurde für das Untersuchungsgebiet, Gemeinde Welsberg-Taisten, bereits im Vorfeld durch ein von der Gemeinde beauftragtes Unternehmen (Geodolomit, Mountain-eering) durchgeführt und wird für die Fallstudie ohne Modifikationen übernommen (vgl. Abbildung 19).

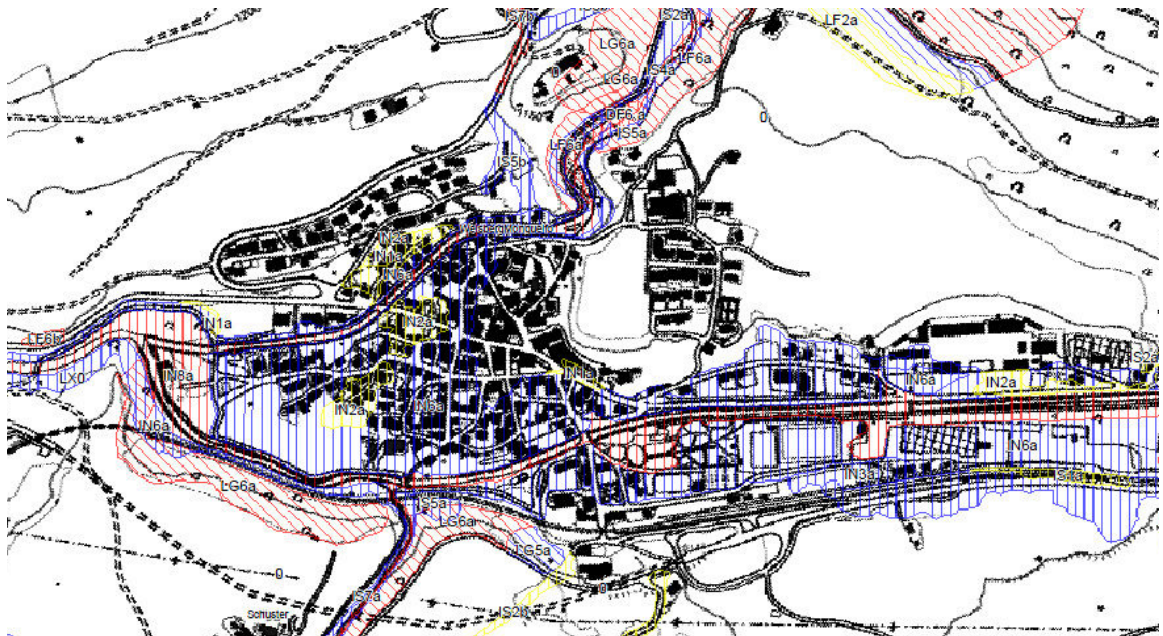














Abbildung 19: Ausschnitt Gefahrenzonenkarte der Gemeinde Welsberg-Taisten (Aut. Prov. Bozen)

Die Legende für die Klassifizierung der Gefahrenstufen ist in der folgenden Abbildung 20 dargestellt.

GEFAHRENSTUFE LIVELLO DI PERICOLOSITÀ	Massen- bewegungen Frane	Wassergefahren Pericoli idraulici	Lawinen Valanghe
H4 Sehr hoch / Molto elevato			
H3 Hoch / Elevato			
H2 Mittel / Medio			
Untersucht und nicht gefährlich (H4 - H2) Esaminato e non pericoloso (H4 - H2)			

**Abbildung 20: Legende der Gefahrenstufen (Autonome Provinz Bozen)**

Die Gefahrenanalyse weist die für die Risikoanalyse maßgeblichen Naturgefahren und Prozesse aus. Für das Untersuchungsgebiet wurden, wie in den Richtlinien beschrieben, die Naturgefahren ‚Wassergefahren‘, ‚Massenbewegungen‘ und ‚Lawinen‘ ausgewiesen. Für die folgende Vulnerabilitätsanalyse ist allerdings nicht die bei der Gefahrenanalyse abgebildete Gefahrenstufe, sondern die prozessspezifische Intensitätsklasse maßgeblich (siehe Abbildung 14), welche einen direkten Zusammenhang mit der ermittelten Gefahrenstufe hat. Die Intensitätsklassen sind als Attribut indirekt im Shapefile der Gefahrenzonen (U\_HAZARD) abgelegt. Indirekt, da das betreffende Feld nicht die Intensitätsklasse darstellt, sondern die aus der Kombinationsmatrix (vgl. Abbildung 11) stammende Matrixnummer. Die Matrixnummern 1, 2 und 3 stehen für eine niedrige Intensität. Die Matrixnummern 4, 5 und 6 für eine mittlere Intensität und die 7, 8 und 9 für eine hohe Intensität. Zur besseren Veranschaulichung wurden Intensitätskarten für die maßgeblichen Naturgefahren erstellt (vgl. Abbildung 24 und Abbildung 26). Auf eine Darstellung der Naturgefahr ‚Lawinen‘ wurde verzichtet, da diese keine Gefahren und demzufolge auch keine Prozessintensität aufweist. Die Struktur der Shapefiles der Gefahrenzonen wird in Abbildung 21 erläutert. Die Dateistruktur ist gemeindeübergreifend für alle Gefahrenzonenpläne der Autonomen Provinz Bozen bindend und ist somit für das ganze Land vergleichbar.

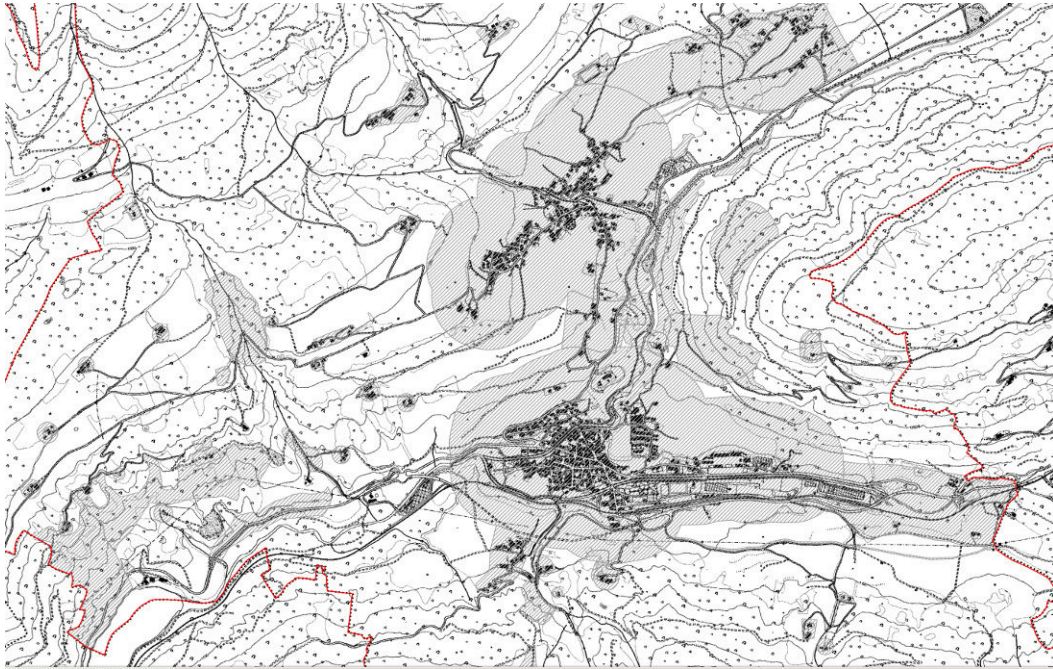
*Gemeindegodex*
*Gefahrenindex*
*Kürzel – Prozess*
*Matrixnummer*

FID	Shape *	ISTAT CODE	CODE	ID PROCESS	ID GP	ID GS
0	Polygon	21052	1040203	IS	5	a
1	Polygon	21052	1040202	IS	2	a
2	Polygon	21052	1040202	IS	1	a
3	Polygon	21052	1040202	IS	1	a
4	Polygon	21052	1040202	IS	2	a
5	Polygon	21052	1040202	IS	2	a
6	Polygon	21052	1040202	IS	1	a
7	Polygon	21052	1040202	IS	1	a
8	Polygon	21052	1040203	IN	3	a
9	Polygon	21052	1040203	IN	6	a
10	Polygon	21052	1040204	IN	8	a
11	Polygon	21052	1040203	IN	6	a
12	Polygon	21052	1040202	IN	2	a
13	Polygon	21052	1040203	IN	3	a
14	Polygon	21052	1040202	IN	2	a
15	Polygon	21052	1040203	IS	5	a
16	Polygon	21052	1040203	IS	2	a
17	Polygon	21052	1040203	IN	6	a
18	Polygon	21052	1040202	IN	1	a
19	Polygon	21052	1040202	IN	2	a
20	Polygon	21052	1040202	IN	2	a
21	Polygon	21052	1040204	IN	7	a
22	Polygon	21052	1040203	IN	5	a
23	Polygon	21052	1040204	DF	7	a
24	Polygon	21052	1040203	IS	2	a

**Abbildung 21: Struktur der Shapefiles der Gefahrenzonen (U\_HAZARD)**

### 3.3.3.1 Lawinen

Es ist festzustellen, dass innerhalb der urbanistischen Gebiete keine Lawinengefahren zu verzeichnen sind und somit auch keine Schäden durch Lawinen verursacht werden (vgl. Abbildung 22).



**Abbildung 22: Ausschnitt Gefahrenzonenkarte ‚Lawinen‘**

#### 3.3.3.2 Massenbewegungen

Die Gefahrenzonen der Massenbewegungen betreffen nicht die urbanistischen Gebiete des Untersuchungsgebietes. Jedoch gibt es entlang der Hauptverkehrsachse SS49 – Pustertaler Staatsstraße recht häufig vorkommende Phänomene (Wiederkehrzeit  $Tr = 30$  Jahre) mit niedriger Intensität. Insgesamt ist ein Straßenabschnitt von ca. 300 m betroffen. Größere gefährdete Zonen befinden sich außerhalb der Ortschaften, meist an steilen Hängen, welche größtenteils mit Wald bewachsen sind (vgl. Abbildung 23 und Abbildung 24).

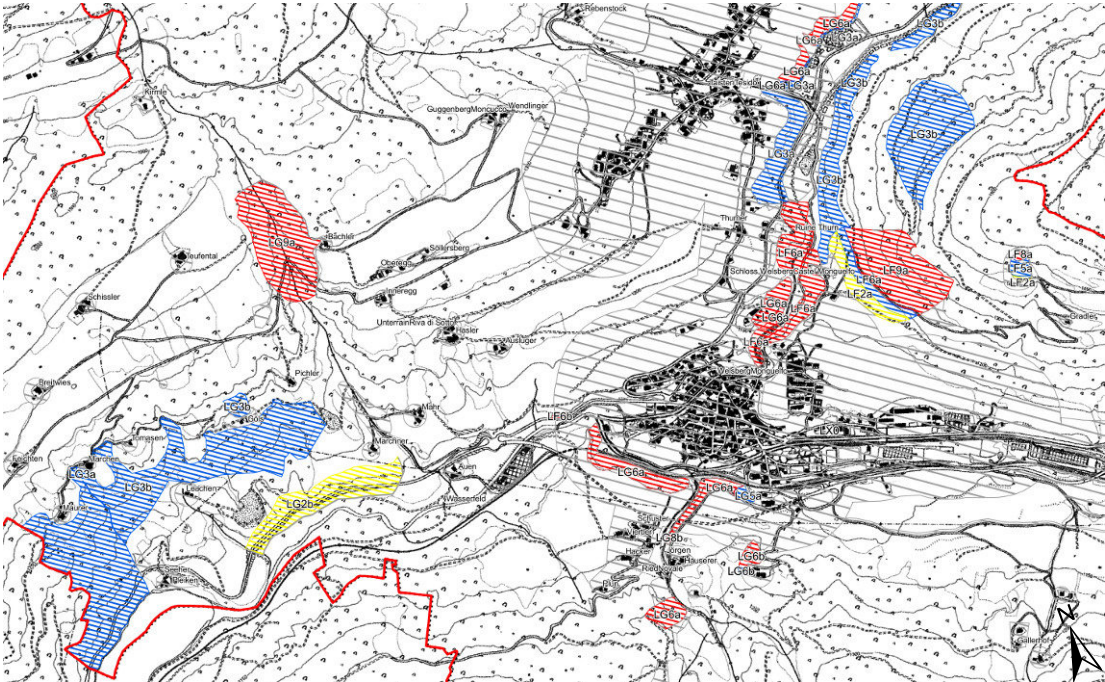


Abbildung 23: Ausschnitt Gefahrenzonenkarte ‚Massenbewegungen‘

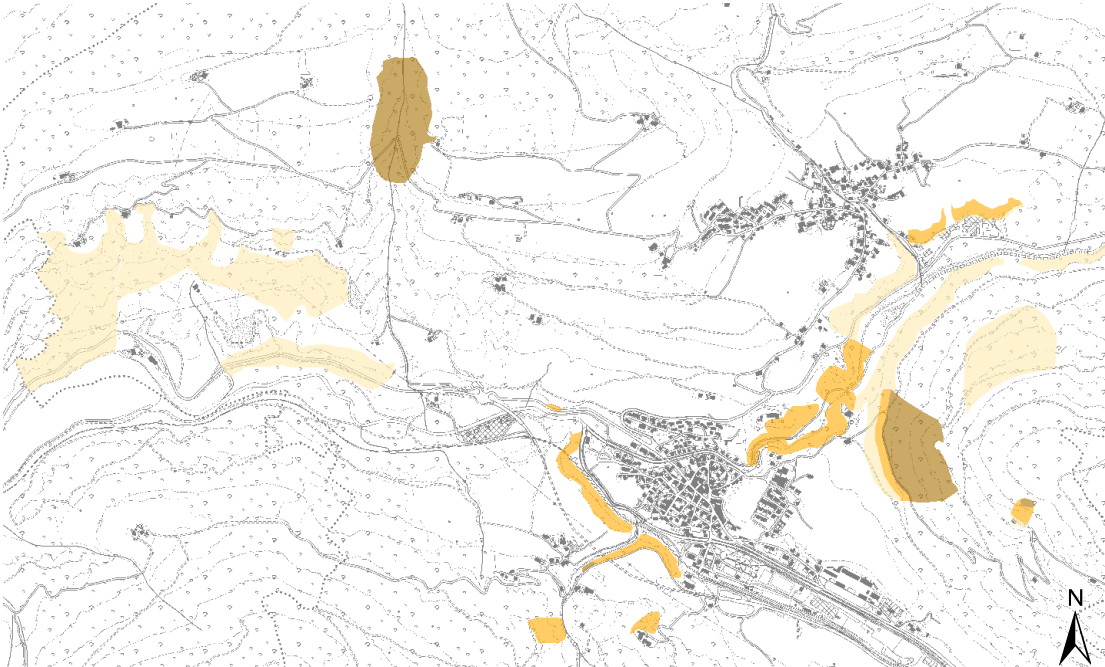
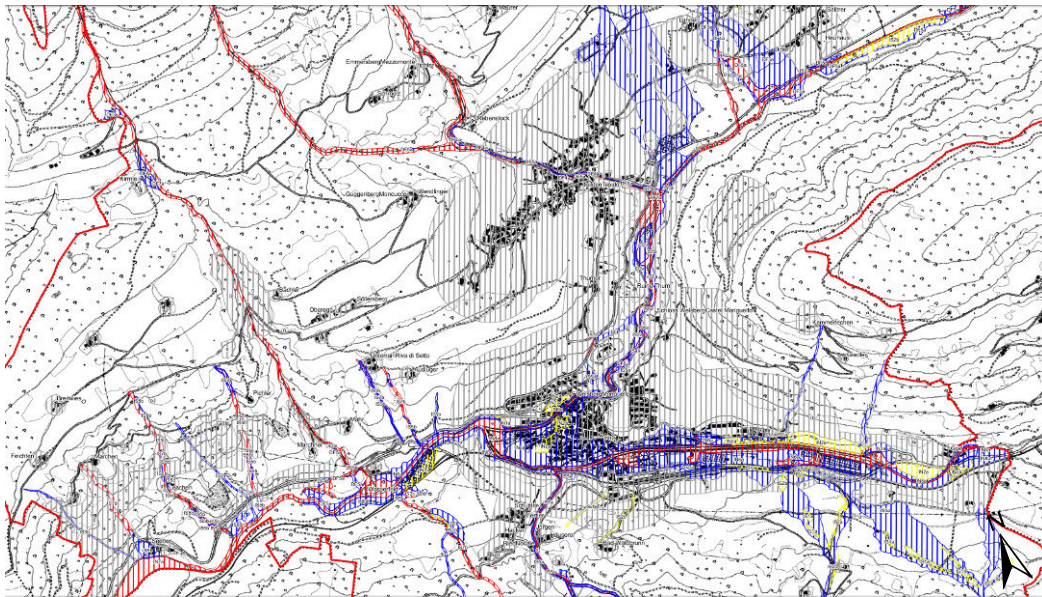


Abbildung 24: Ausschnitt Intensitätskarte ‚Massenbewegungen‘

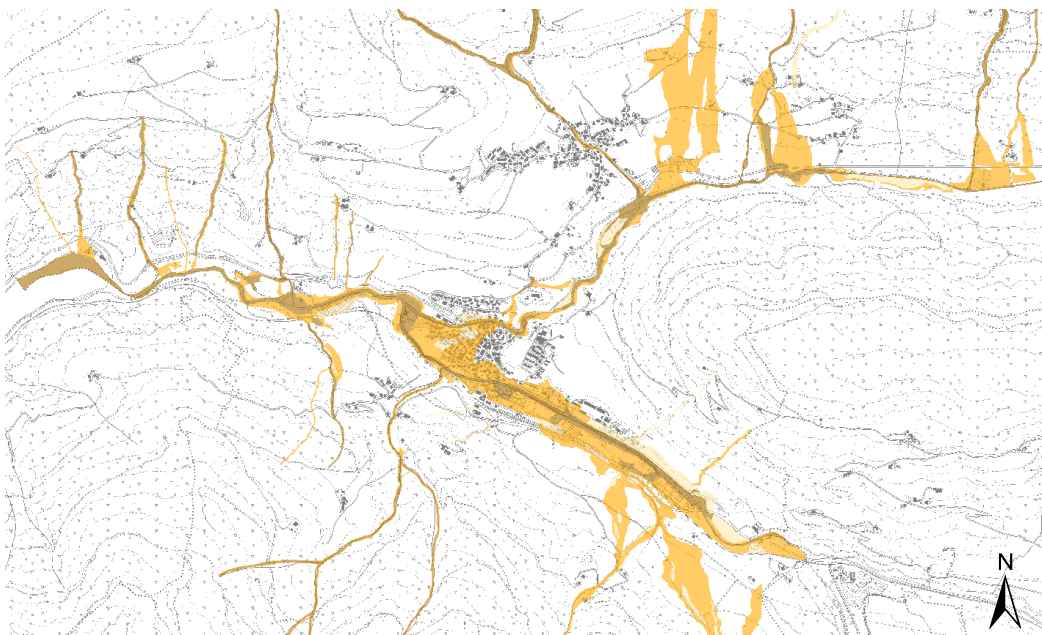


### 3.3.3.3 Wassergefahren

Die Gefährdung durch Wassergefahren ist als sehr hoch einzuschätzen. Ungefähr die Hälfte der Fläche der Ortschaft Welsberg ist von Überschwemmungen betroffen. Es treten mittlere und hohe Intensitäten auf. Auch die Hauptverkehrsachsen SS49 – Pustertaler Staatsstraße und die LS46 – Gsies sind betroffen (vgl. Abbildung 25 und Abbildung 26). Betroffen ist auch die Eisenbahnstrecke Franzensfeste – Innichen auf einer Strecke von ca. 1200 m.



**Abbildung 25: Ausschnitt Gefahrenzonenkarte ‚Wassergefahren‘**



**Abbildung 26: Ausschnitt Intensitätskarte ‚Wassergefahren‘**

### 3.3.4 Vulnerabilitäts- und Expositionsanalyse

Der Vulnerabilitätsbegriff ist ursprünglich in den Sozialwissenschaften entstanden (Birkmann, 2006), wird aber seit den frühen 1970-er Jahren besonders im Bereich der raumbezogenen und objektbezogenen Betrachtung von Naturrisiken (Schneiderbauer und Ehrlich, 2004) eingesetzt. Im Rahmen des Risikomanagements kommt der Bestimmung der Vulnerabilität eine besondere Bedeutung zu, da sie als Teil der Risikoanalyse den Ausgangspunkt für eine effektive Risikoreduktion darstellt (Birkmann und Wisner, 2006). In den in der Literatur beschriebenen Ansätzen findet derzeit keine einheitliche Definition des Vulnerabilitätsbegriffs Verwendung (Cutter, 2003). Im Bereich der Quantifizierung von Naturrisiken und anderen räumlich auftretenden Risiken (z.B. Klimawandel, Terrorismus) wird die Vulnerabilität als eine Funktion der Empfindlichkeit (sensitivity) bzw. der (Schadens-)Anfälligkeit (susceptibility) eines Systems beschrieben (Thywissen, 2006). Die UN/ISDR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction) definiert die Vulnerabilität in Bezug auf Naturrisiken als

*„eine Menge von Rahmenbedingungen und Prozessen, die ausgehend von verschiedenen physikalischen, sozialen, ökonomischen und ökologischen Einflussfaktoren, die Anfälligkeit eines Systems bestimmen“*  
(eigene Übersetzung).

Ebenso kann die Vulnerabilität als die

*„Prädisposition eines Elements oder eines Systems verletzlich/anfällig gegenüber einer Gefährdung zu sein“*  
(eigene Übersetzung)

beschrieben werden (Cardona et al., 2004; Cardona, 2004).

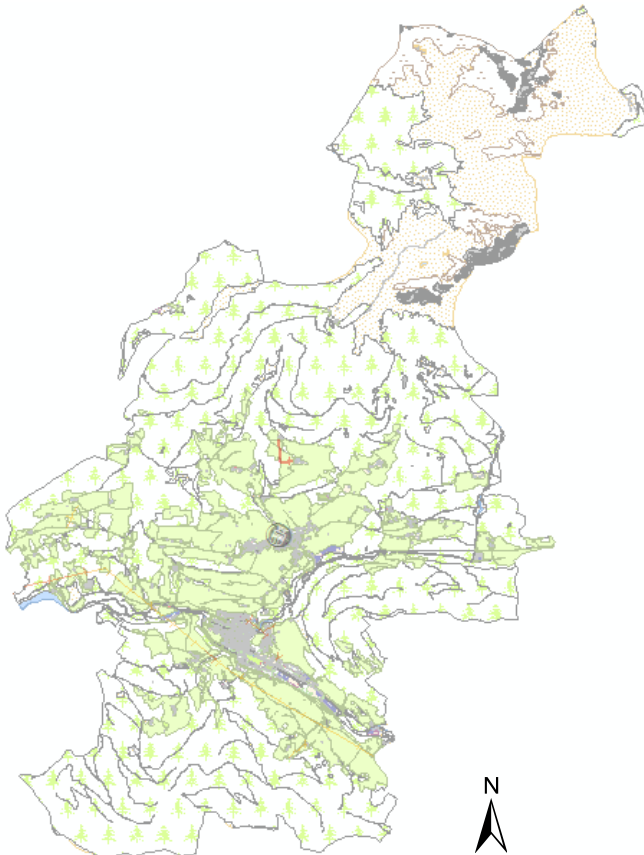
In vorliegender Arbeit wird die Vulnerabilität als Verletzlichkeit gegenüber bestimmten Naturgefahren verstanden. Jedem potenziellen Schadenselement wird ein monetarisierter Basiswert in Euro zugewiesen, wobei zwischen Sachschäden und Personenschäden unterschieden wird. Dieser Basiswert beruht in der Regel auf dem Wiederbeschaffungswert und in bestimmten Fällen auch auf den Räumungs- bzw. Wiederherstellungskosten des jeweiligen Objektes. Um den Personenschaden zu quantifizieren, ist es notwendig einen Basiswert pro Person festzulegen. Dabei stellt sich die schwierige Frage nach dem Wert eines Menschenlebens. In Kapitel 3.3.4.2 wird die Herleitung des Basiswertes für Personenschäden kurz erläutert. Der Basiswert beschreibt den maximal zu erwartenden Schaden an einem Objekt, im Folgenden Schadenspotenzial genannt. Der Totalschaden eines Objektes definiert demzufolge dessen Schadenspotenzial.

Um den verschiedenen Prozessen der Naturgefahren gerecht zu werden und ein realistisches Schadensausmaß abzubilden, ist es notwendig die Verletzlichkeit der Objekte auf Basis der in den Richtlinien zur Gefahrenzonenplanung in Südtirol erhobenen Prozesse zu definieren. Die Verletzlichkeit wurde für die in Abbildung 10 dargestellten Prozesse unterteilt. Des Weiteren ist die Intensität eines Prozesses ausschlaggebend für den Verletzlichkeitsfaktor. Der Verletzlichkeitsfaktor kann die Werte 0 bis 1 annehmen. Der Wert 1 steht dabei für einen Totalschaden und der Wert 0 für keinen Schaden. In der Praxis ist jedoch nicht davon auszugehen, dass ein Ereignis keinen Schaden verursacht. Denn auch Ereignisse mit einer niedrigen Intensität verursachen in jedem Fall Räumungskosten. Das heißt, der Schaden, welcher nicht direkt am Objekt sondern durch die Wiederherstellung des vollen Nutzwertes entsteht, wird auch durch den Verletzlichkeitsfaktor abgebildet. An einem Beispiel verdeutlicht, bedeutet das, dass im Falle einer durch einen Steinschlag betroffenen Straße ein Schaden aufgrund der Räumung, auch wenn keine Schäden an der Straße selbst verzeichnet werden, entstanden ist.

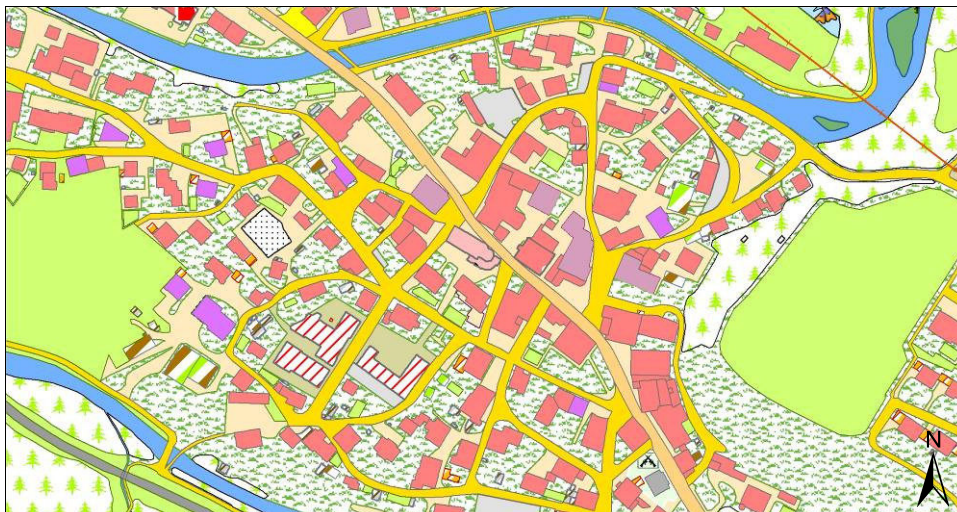
Wie bereits erwähnt, sollte die Kartengrundlage der Schadenselemente keine Lücken und keine Überlappungen aufweisen, da der zu erwartende Schaden sonst unterschätzt bzw. überschätzt wird. Um dieser Tatsache Rechnung zu tragen, war es notwendig den Originaldatensatz zu bereinigen und Lücken bzw. Überlappungen zu eliminieren. Leider war die Qualität der Vektorgrundkarte innerhalb des Untersuchungsgebietes nur unzureichend gegeben und der Zeitaufwand für die Bereinigung war dementsprechend hoch. Hier hat sich gezeigt, dass topologisch nicht korrekte Datensätze nur einen eingeschränkten Nutzwert haben und die Richtigstellung sehr viel Zeit in Anspruch nimmt. Die bereinigte Vektorgrundkarte für die Gemeinde Welsberg – Taisten ist in Abbildung 27, sowie ein vergrößerter Ausschnitt in Abbildung 28 dargestellt.

Der Objektkatalog wurde auf Basis der kartierten Objekte der auf Seite 34 bereits genannten Vektorgrundkarte im Maßstab 1:10.000 der Autonomen Provinz Bozen erstellt. Einige nicht vorhandene, für die Vulnerabilitätsanalyse allerdings sehr bedeutende Schutzgüter wurden in den Objektkatalog aufgenommen und während eines Feldvergleichs lokalisiert und digitalisiert. So wurden zum Beispiel Krankenhäuser, Polizeistationen, Zivilschutzzentren, Ambulatorien und das Rathaus zusätzlich erhoben.

Der Objektkatalog beinhaltet nicht nur den Typ und die Art des Schutzgutes, sondern auch dessen Geldwert (Basiswert) auf Basis einer objektabhängigen Einheit. Flächenobjekte wie Ackerland, Wiesen und Weiden, aber auch die Verkehrswege werden in der Einheit Quadratmeter angegeben. Gebäude, werden anhand ihres Volumens (Kubikmeter) beurteilt und lineare Objekte wie Seilbahnen werden in Meter gemessen (vgl. Anhang 2).



**Abbildung 27: Bearbeitete Vektorgrundkarte der Gemeinde Welsberg - Taisten**



**Abbildung 28: Ausschnitt der bearbeiteten Vektorgrundkarte – Ortskern Welsberg**

In Abbildung 29 sind die gefährdeten Bereiche der Ortschaft Welsberg in rosa dargestellt. Es zeigt sich sehr deutlich, dass sich mehr als die Hälfte des Ortskerns innerhalb einer Gefahrenzone befindet.

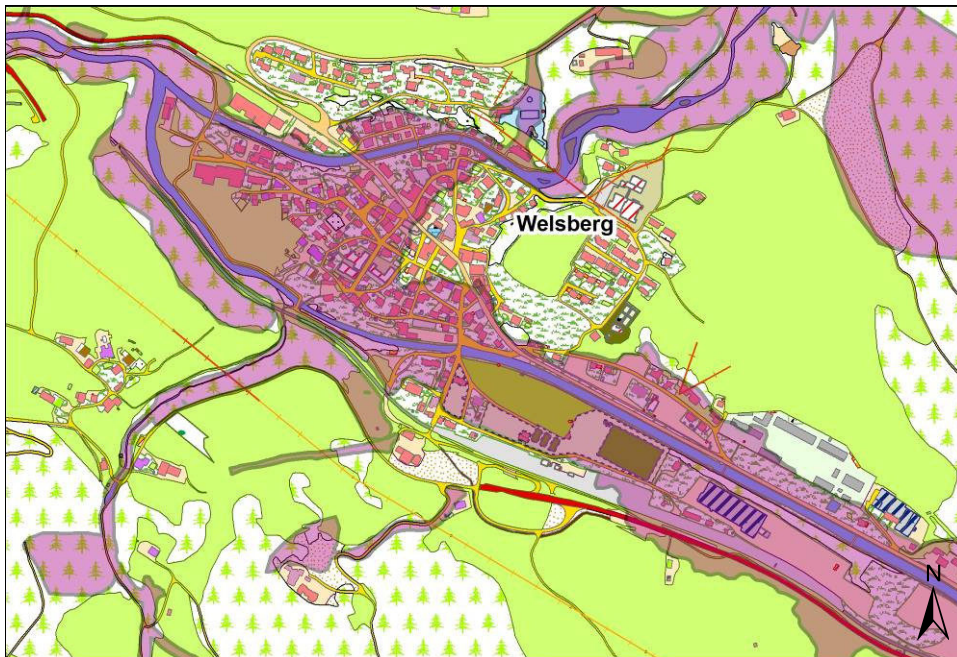


Abbildung 29: Überlagerung der gefährdeten Bereiche mit der Vektorgrundkarte

In Abbildung 30 ist die Vulnerabilität in Abhängigkeit der Prozessintensität dargestellt. Es ist festzustellen, dass die Vulnerabilität mit steigender Intensität zunimmt. Das gilt für Objekte wie für Personen gleichermaßen. Die seinerzeit durchgeführten empirischen Tests haben folgende quadratische Funktion zum Ergebnis (vgl. Fuchs, 2009):

$$y = 0,12x^2 - 0,04x$$

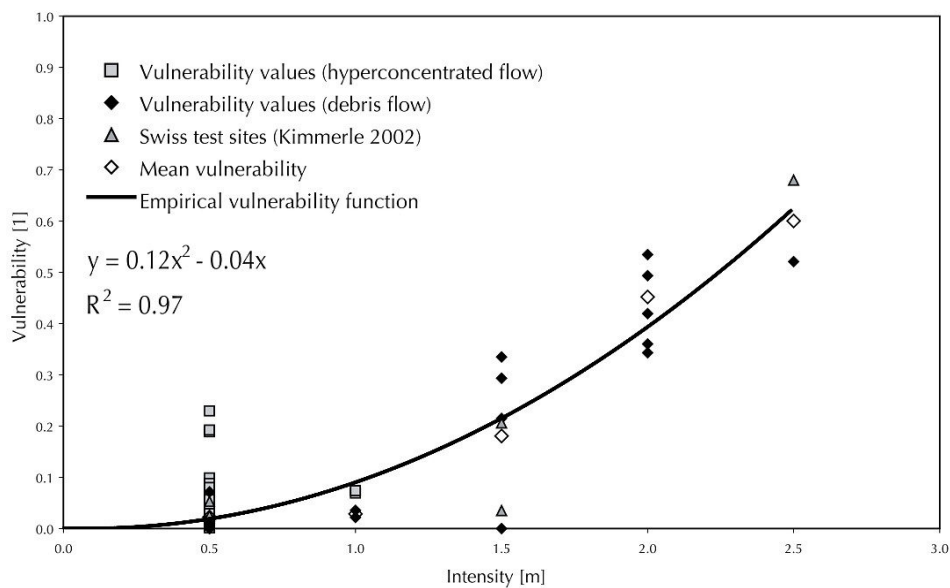


Abbildung 30: Empirische Vulnerabilitätsfunktion für Wildbachprozesse (Fuchs, 2009)

#### 3.3.4.1 Sachschaden

Der Sachschaden beschreibt den finanziellen Aufwand zur Wiederherstellung des Nutzwertes bzw. den Wiederbeschaffungswert eines bestimmten Objektes. Sachschäden entstehen auch durch nicht unmittelbar am Objekt entstandene Schäden, wenn der Nutzwert, zum Beispiel durch Materialablagerungen, eingeschränkt ist. In diesem Fall ist der Sachschaden gleich den Räumungskosten.

#### 3.3.4.2 Personenschaden

Es ist voranzuschicken, dass die Berechnung des Personenschadens aus einer rein ökonomischen Perspektive betrachtet wird. Die Bewertung eines Menschenlebens ist aus ethischer Sicht eine zweifellos sehr delikate Angelegenheit. Es ist zu betonen, dass bei der ökonomischen Bewertung des Lebens in aller Regel nicht der Wert des Lebens einer bestimmten Person bestimmt wird, sondern der Wert eines so genannten statistischen Lebens. Eine umfassende Meta-Analyse zum Thema stammt von Dionne und Lanoie, die aus 85 Studien diejenigen selektierten, welche hohen wissenschaftlichen Ansprüchen genügen. Die verbleibenden 35 Studien wurden zur Berechnung herangezogen. In Tabelle 2 sind die Resultate in kanadischen Dollars dargestellt. Der Median über alle 35 Studien liegt bei ca. 6 Millionen kanadischen Dollar. Bei einem Umrechnungskurs von 0,736 € zu 1 kanadischen Dollar und einer durchschnittlichen Inflationsrate von 1,7 % ergibt sich für das Jahr 2013 ein Wert von ca. 5,5 Millionen Euro. Dieser Wert wurde auch für die Fallstudie als Basiswert zur Berechnung des Personenschadens herangezogen.

Authors	Year	Statistical value of a human life (CAN \$, 2000)	Countries
<i>Labor-market studies</i>			
Marin and Psacharopailos	1982	4,438,300	U.K.
Folsom and Leigh	1984	15,376,000	U.S.
Folsom and Leigh	1984	16,326,000	U.S.
Smith	1984	1,110,000	U.S.
Dillingham	1985	7,157,000	U.S.
Weiss	1986	9,160,000	Europe
Herzog and Schottleman	1987	16,309,000	U.S.
Leigh	1987	16,485,000	U.S.
Garen	1988	21,399,000	U.S.
Moore and Viscusi (a)	1988	7,767,000	U.S.
Moore and Viscusi (b)	1988	11,571,000	U.S.
Meng	1989	4,910,000	Canada
Moore and Viscusi	1989	12,364,000	U.S.
Meng and Smith	1990	7,970,000	Canada
Cousineau and al.	1991	4,510,000	Canada
Gegax and al.	1991	3,115,000	Multiple.
Kneisner and Leeth	1991	12,047,000	Canada
Kneisner and Leeth	1991	5,231,000	Asia
Kneisner and Leeth	1991	951,000	U.S.
Martinello and Meng	1992	5,590,000	Canada
Siebert and Wei	1994	15,999,000	U.K.
Elliot and Sandy	1996	1,800,000	U.K.
Jin-Tan et al.	1997	655,000	Asia
Kim and Fishback	1999	1,007,500	South Korea
Arabsheibani and Marin	2000	17,663,700	U.K.
<i>Consumer-market studies</i>			
Atkinson and Halvorsen	1990	5,985,000	U.S.
Dreyfus and Viscusi	1995	5,369,000	U.S.
<i>Contingent evaluations</i>			
Corso et al.	2001	4,270,000	U.S.
Johannesson et al.	1996	5,994,000	Sweden
Jones-Lee et al.	1985	6,679,000	U.K.
Gerking et al.	1988	5,290,000	U.S.
Ludwig and Cook	2001	6,588,000	U.S.
Persson et al.	2001	3,224,000	Sweden
Viscusi et al.	1991	4,756,000	U.S.
Average		8,292,000	
Median		5,994,000	

Tabelle 2: Der Wert des Lebens nach Dionne und Lanoie, 2004

### 3.3.5 Konsequenzanalyse

Die Konsequenzanalyse beinhaltet die Verschneidung der Intensitätskarten mit den Schadensobjekten, welche während der Vulnerabilitätsanalyse definiert wurden. Im Rahmen der Konsequenzanalyse werden auch die Einflussfaktoren und die Berechnungsformeln zur Ermittlung des zu erwartenden Schadens definiert und der zu erwartende Schaden berechnet. Das Konzept sieht die getrennte Berechnung des zu erwartenden Schadens für Sach- und Personenschäden vor. Um das gesamte Schadensausmaß zu erhalten, müssen beide Schadenssummen addiert werden. Folgende maßgebende Einflussfaktoren gehen in die Berechnung des zu erwartenden Schadens ein:

#### 3.3.5.1 Parameter der Sachschäden

- Basiswert des Objektes [€]
- Verletzlichkeitsfaktor [0-1]
- Fläche bzw. Länge des Objektes (nicht bei Gebäuden) [m<sup>2</sup> bzw. m]
- Gebäudevolumen [m<sup>3</sup>]

#### ***Basiswert des Objektes***

Der Basiswert der Objekte bezieht sich auf die im Objektkatalog definierten Objektklassen. Sie wurden größtenteils aus Publikationen öffentlicher Körperschaften entnommen. Quellen sind unter anderen das Landesamt für Hochbau und technischer Dienst (Südtirol), der Südtiroler Bauernbund, das Bundesamt für Umwelt (Schweiz) und die Bundeswasserbauverwaltung (Österreich). Falls keine geprüften statistischen Werte vorlagen, wurden Abschätzungen des Basiswertes vorgenommen.

#### ***Verletzlichkeitsfaktor***

Der Verletzlichkeitsfaktor von Objekten bezieht sich auf die im Objektkatalog definierten Objektklassen. Für jede Objektklasse wurde in Abhängigkeit des betrachteten Prozesses (vgl. Abbildung 10) ein Verletzlichkeitsfaktor festgelegt. Dabei ist die Energie bzw. die Zerstörungskraft jedes einzelnen Prozesses und die Widerstandsfähigkeit der in Objektklassen zusammengefassten Schadensobjekte ausschlaggebend. So hat eine Überschwemmung weniger Zerstörungskraft als ein Murgang oder eine Übersarung weniger als eine Rutschung. Ein weiterer Einflussfaktor bei der Definition des Verletzlichkeitsfaktors ist die Geschwindigkeit bzw.



Vorhersehbarkeit eines Prozesses. Dynamische Prozesse, wie Murgang, Steinschlag und Sturz sind weitaus gefährlicher für Personen, als statische Prozesse, wie Überschwemmung, da sich die Personen nicht rechtzeitig in Sicherheit bringen können. Die Festlegung eines Verletzlichkeitsfaktors für jedes einzelne Schadensobjekt ist dabei nicht Gegenstand dieses Konzeptes. Es ist aber ohne weiteres möglich, die Verletzlichkeit jedes Schadensobjektes individuell zu bestimmen und in die Risikoanalyse zu integrieren.

Die Faktoren für die Sachwerte wurden, soweit vorhanden, aus EconoMe 2.2 des Schweizer Bundesamtes für Umwelt entnommen und gegebenenfalls auf Südtiroler Gegebenheiten angepasst. Es ist zu betonen, dass die Faktoren für einige Objektklassen des Objektkataloges nicht untersucht und mit ‚Dummies‘ besetzt wurden. Eine eingehende Untersuchung dieser Verletzlichkeitsfaktoren wird für eine realitätsnahe und aussagekräftige Risikobewertung empfohlen.

#### ***Fläche bzw. Länge des Objektes***

Die Fläche bzw. die Länge eines Objektes geht direkt mit dessen Wert in die Berechnung des zu erwartenden Schadens ein. Die Werte für die Fläche und die Länge wurden aus der bearbeiteten Vektorgrundkarte entnommen.

#### ***Gebäudevolumen***

Die Gebäudevolumen wurden aus dem Differenzmodell von DSM und DTM ermittelt und während eines Feldvergleichs stichprobenartig kontrolliert. Jedem Gebäude wird der Mittelwert des Differenzmodells innerhalb der Gebäudegrundfläche zugeordnet. Aus der Grundfläche und der Gebäudehöhe wurde nun das Volumen abgeleitet.

$$(DSM - DTM) = \text{Mittlere Gebäudehöhe}$$

$$\text{Mittlere Gebäudehöhe} \times \text{Grundfläche} = \text{Gebäudevolumen}$$

#### 3.3.5.2 Parameter der Personenschäden

- Basiswert von Personen [5,5 Mio. €]
- Verletzlichkeitsfaktor bzw. Letalität [0-1]
- Präsenzwahrscheinlichkeit von Personen [0-1]

- Belegungsfaktor [0-1]
- Fläche bzw. Länge des Objektes [m<sup>2</sup> bzw. m]

### ***Basiswert von Personen***

Der Basiswert von Personen beträgt 5,5 Mio. € und wurde wie in Kapitel 3.3.4 erläutert, ermittelt.

### ***Verletzlichkeitsfaktor***

Der Verletzlichkeitsfaktor von Personen wurde für jeden Prozess und jede Objektklasse separat bewertet. Dabei ausschlaggebend ist die Energie bzw. die Zerstörungskraft jedes einzelnen Prozesses. So hat eine Überschwemmung weniger Zerstörungskraft als ein Murgang oder eine Übersarung weniger als eine Rutschung. Ein weiterer Einflussfaktor bei der Definition des Verletzlichkeitsfaktors ist die Geschwindigkeit bzw. Vorhersehbarkeit eines Prozesses. Dynamische Prozesse, wie Murgang, Steinschlag und Sturz sind weitaus gefährlicher für Personen, als statische Prozesse, wie Überschwemmung, da sich die Personen nicht rechtzeitig in Sicherheit bringen können.

Die Werte wurden, soweit vorhanden, aus EconoMe 2.2 des Schweizer Bundesamtes für Umwelt entnommen und gegebenenfalls auf Südtiroler Gegebenheiten angepasst. Es ist zu betonen, dass die Werte für einige Objektklassen nicht untersucht und mit ‚Dummies‘ besetzt wurden. Eine eingehende Untersuchung dieser Verletzlichkeitsfaktoren wird für eine realitätsnahe und aussagekräftige Schadensermittlung empfohlen. Für die Verletzlichkeitsfaktoren der Personen wurde eine andere vereinfachte Vorgangsweise zur Bewertung der Vulnerabilität in Abhängigkeit der Objektklasse gewählt. Die Objekte wurden in Abhängigkeit ihres Schutzvermögens in 3 Kategorien eingeteilt:

- hoher Schutz (Gebäude)
- mittlerer Schutz (Verkehrswege, einfache Gebäudestrukturen)
- kein Schutz (im Freien)

Die verwendeten Verletzlichkeitsfaktoren für die Sach- und Personenwerte sind in den Anhängen 2 bis 7 dargestellt.

### ***Präsenzwahrscheinlichkeit von Personen***

Für die Ermittlung der Präsenzwahrscheinlichkeit von Personen wurden statistische Werte aus anerkannten Publikationen verwendet. Zusätzlich wurde im Rahmen der Studie die

Präsenzwahrscheinlichkeit von Personen auf Verkehrsachsen, im konkreten Fall auf der SS49 – Pustertaler Staatsstraße und der LS46 - Gsies, mittels Verkehrszählungen analysiert. Außerdem wurden die Messwerte der Verkehrszählstelle Welsberg der Abteilung 12 – Straßendienst der Autonomen Provinz Bozen ausgewertet und die Ergebnisse beider Zählungen zur Ermittlung der Präsenzwahrscheinlichkeit auf oben genannten Straßen verwendet.

### **Fläche bzw. Länge des Objektes**

Die Fläche bzw. die Länge eines Objektes geht direkt mit dessen Wert in die Berechnung des zu erwartenden Schadens ein. Die Werte für die Fläche und die Länge wurden aus der bearbeiteten Vektorgrundkarte entnommen.

#### 3.3.5.3 Verkehrsanalyse

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der durchgeführten Verkehrszählungen dargestellt. Die Zählungen wurden insbesondere an verkehrsreichen Tagen durchgeführt. Der Standort wurde in Abhängigkeit der auftretenden Phänomene und insbesondere an Straßenabschnitten mit erwartungsgemäß hohem Verkehrsaufkommen bestimmt.

Datum	Straße	Fahrtrichtung	Startzeit	Endzeit	Dauer h	PKW nach Fahrtrichtung	PKW gesamt	PKW pro h	Sek pro PKW	Meter pro PKW
<b>SS49 - Pustertaler Staatsstraße</b>										
22.06.2012	SS49	Welsberg/Gsies	9:02 Uhr	10:06 Uhr	01:04	393	875	820	4,4	73,1
22.06.2012	SS49	Bruneck	9:02 Uhr	10:06 Uhr	01:04	482				
15.08.2012	SS49	Welsberg/Gsies	17:14 Uhr	18:44 Uhr	01:30	812	1935	1290	2,8	46,5
15.08.2012	SS49	Bruneck	17:14 Uhr	18:44 Uhr	01:30	1123				
21.08.2012	SS49	Welsberg/Gsies	14:10 Uhr	14:40 Uhr	00:30	253	616	1232	2,9	48,7
21.08.2012	SS49	Bruneck	14:10 Uhr	14:40 Uhr	00:30	363				
<b>LS46 - Gsies</b>										
22.06.2012	LS46	Welsberg	17:06 Uhr	18:35 Uhr	01:29	136	325	219	16,4	273,8
22.06.2012	LS46	Gsieser Tal	17:06 Uhr	18:35 Uhr	01:29	189				
15.08.2012	LS46	Welsberg	14:10 Uhr	15:30 Uhr	01:20	181	464	348	10,3	172,4
15.08.2012	LS46	Gsieser Tal	14:10 Uhr	15:30 Uhr	01:20	283				
21.08.2012	LS46	Welsberg	11:10 Uhr	12:19 Uhr	01:09	120	373	324	11,1	185,0
21.08.2012	LS46	Gsieser Tal	11:10 Uhr	12:19 Uhr	01:09	253				

**Tabelle 3: Ergebnisse der Verkehrszählungen an der SS49 und der LS46**

Ziel der Messkampagne war es den Peak des Verkehrsaufkommens so gut wie möglich abzubilden, um die höchste Präsenzwahrscheinlichkeit von Personen auf den Hauptverkehrsachsen der Gemeinde darzustellen und die gewonnenen Erkenntnisse für die Berechnung des zu erwartenden Schadens zu verwenden. Das höchste Verkehrsaufkommen pro Stunde wurde am 15. August 2012 (Ferragosto) registriert. Der Verkehrsfluss pro Stunde wurde an diesem Tag an der Messstelle der SS49 - Pustertaler Staatsstraße mit 1290 Fahrzeugen pro Stunde ermittelt. Dies bedeutet, dass aller 2,8 s ein Fahrzeug die Messstelle passiert, beziehungsweise einen durchschnittlichen Abstand der Fahrzeuge von 46,5 m. Im Ereignisfall bedeutet dies, dass bei einer betroffenen Straßenlänge von insgesamt 1,5 km (Wassergefahren

und Massenbewegungen) statistisch 32,3 Fahrzeuge direkt betroffen sind. Dieser Wert wird durch die Verkehrsmessstelle des Landes Südtirol bestätigt. Im Diagramm 2 ist sehr gut zu erkennen, dass es 2 kleinere tägliche Peaks gibt. Einer liegt zwischen 9 und 11 Uhr am Vormittag und der andere zwischen 15 und 18 Uhr am Nachmittag. Das höchste Verkehrsaufkommen nach Stunden wurde zwischen 16 und 17 Uhr ermittelt. Der Durchschnittswert für diesen Zeitraum liegt bei 908 Fahrzeugen pro Stunde (vgl. Tabelle 4). Das höchste Verkehrsaufkommen nach Jahrestagen wurde am 18.08. gemessen und lag bei 10938 Fahrzeugen (vgl. Anhang 9).

Die Statistik der Verkehrsmessstelle Welsberg liegt allerdings nur bis zum Jahr 2011 vor. Die Daten für das Jahr 2012 dürften aber keine größeren Abweichungen zum Jahr 2011 zeigen.

	Straßennummer	Zählstelle	Uhrzeit	Leichtverkehr	Schwerverkehr	Gesamt	Durchschnittsgeschwindigkeit
00000031	SS.49..	Welsberg	0	52	3	55	72
00000031	SS.49..	Welsberg	1	40	3	43	72
00000031	SS.49..	Welsberg	2	33	3	36	72
00000031	SS.49..	Welsberg	3	23	5	29	71
00000031	SS.49..	Welsberg	4	31	8	39	71
00000031	SS.49..	Welsberg	5	79	18	97	71
00000031	SS.49..	Welsberg	6	180	30	209	69
00000031	SS.49..	Welsberg	7	470	41	510	68
00000031	SS.49..	Welsberg	8	559	44	603	67
00000031	SS.49..	Welsberg	9	710	45	756	65
00000031	SS.49..	Welsberg	10	842	47	889	62
00000031	SS.49..	Welsberg	11	760	41	801	64
00000031	SS.49..	Welsberg	12	683	35	718	67
00000031	SS.49..	Welsberg	13	657	34	690	67
00000031	SS.49..	Welsberg	14	770	36	806	66
00000031	SS.49..	Welsberg	15	856	36	892	65
00000031	SS.49..	Welsberg	16	878	30	908	65
00000031	SS.49..	Welsberg	17	756	28	784	63
00000031	SS.49..	Welsberg	18	567	20	587	65
00000031	SS.49..	Welsberg	19	392	12	404	67
00000031	SS.49..	Welsberg	20	217	9	226	70
00000031	SS.49..	Welsberg	21	169	6	175	70
00000031	SS.49..	Welsberg	22	133	5	138	71
00000031	SS.49..	Welsberg	23	87	5	92	71
00000031	SS.49..	Welsberg	Insgesamt	414	23	437	66

Tabelle 4: Auswertung der Verkehrszählstelle Welsberg nach Tageszeit für das Jahr 2011 (SS49)

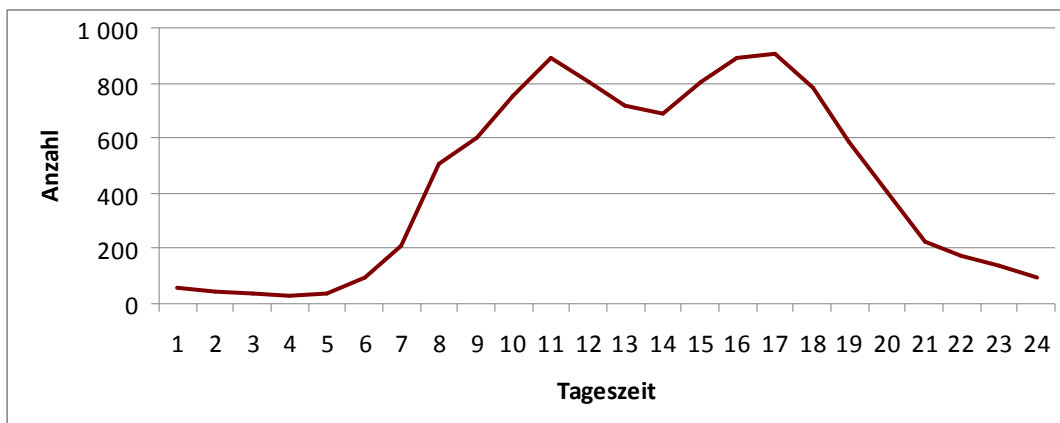


Diagramm 2: Auswertung der Verkehrszählstelle Welsberg nach Tageszeit für das Jahr 2011 (SS49)

Die Ergebnisse der Verkehrszählung wurden zur Ermittlung der Präsenzwahrscheinlichkeit von Personen auf Verkehrsachsen herangezogen. Die Präsenzwahrscheinlichkeit kann einen Wert zwischen 0 und 1 annehmen. Der Wert 0 bedeutet, dass sich zu keiner Zeit Menschen an einem bestimmten Ort, beziehungsweise für die Schadensberechnung innerhalb eines Objektes des Objektkatalogs aufhalten. Da der betrachtete Zeitraum Wiederkehrzeiten bis zu 300 Jahre berücksichtigt und nicht davon ausgegangen werden kann, dass sicher innerhalb dieser Zeit kein Mensch an einem bestimmten Ort aufhält, kann dieser Wert nicht 0 sein. Der geringste verwendete Wert beträgt 0,0001. Dieser Wert sagt aus, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 1 zu 10.000 ein Mensch anzutreffen ist.

#### **4. Berechnung des zu erwartenden Schadens**

Die Berechnung des zu erwartenden Schadens erfolgt auf Basis der Shapefiles der Gefahrenzonen, der Vektorgrundkarte und des erstellten Objektkatalogs, welcher die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse enthält. Das erstellte Tool wurde in 9 Teilmodule unterteilt. Für die Realisierung des Tools wurde, wenn möglich, der ‚Modelbuilder‘ von ESRI ‚ArcGIS 9‘ verwendet. Falls dieser keine Lösungen für die jeweilige Aufgabenstellung bereitstellen konnte, wurde ein Python-Script geschrieben und in das Gesamt-Tool integriert. Im Folgenden werden die einzelnen Module kurz erläutert (vgl. Anhänge 10-19):

##### **4.1 Modul 1 – Split der Prozesse in Abhängigkeit der Nummer der Kombinationsmatrix**

Das erste Modul splittet die verschiedenen untersuchten Prozesse (vgl. Abbildung 10) nach der Nummer der Kombinationsmatrix (vgl. Abbildung 11 bzw. Abbildung 12) und der jeweiligen Intensitätsklasse, welche in den 3 Shapefiles der Gefahrenzonen (U\_HAZARD\_IX U\_HAZARD\_LX und U\_HAZARD\_AX) als Attribute abgelegt sind. Als Zwischenergebnis werden maximal 96 Shapefiles erzeugt (10 Prozesse x 9 Matrixnummern plus Prozess ‚Murgang‘ x 6 Matrixnummern). Beispielhaft wird in Abbildung 31 die Vorgangsweise für den Prozess Überschwemmung (IN - inundation) dargestellt.

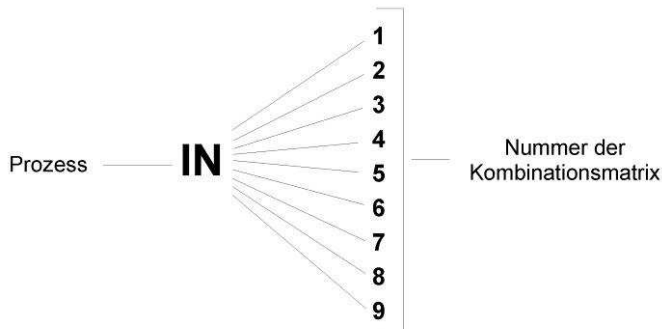


Abbildung 31: Split der Prozesse in Abhängigkeit der Nummer der Kombinationsmatrix

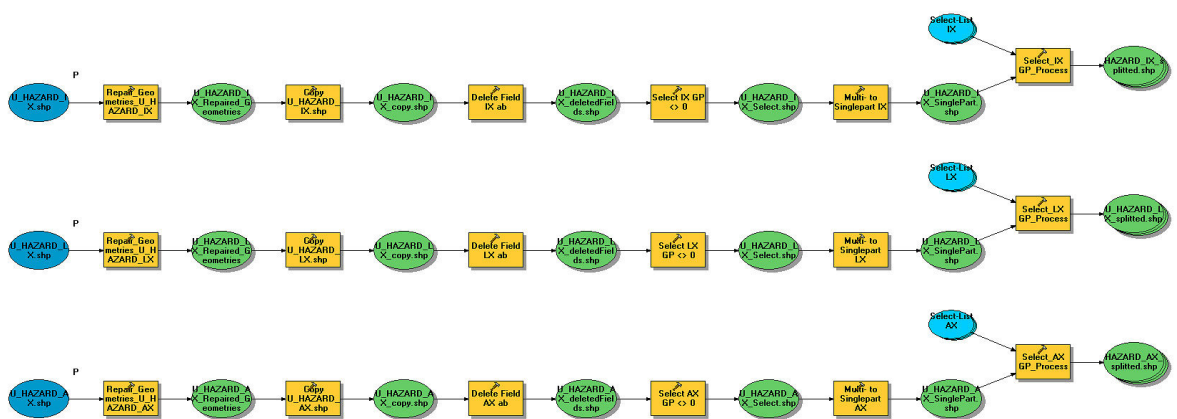


Abbildung 32: Übersicht - Modul 1

#### 4.2 Modul 2 – Reparieren der Geometrien

In Modul 2 werden Geometrien der Zwischenergebnisse aus Modul 1 repariert.

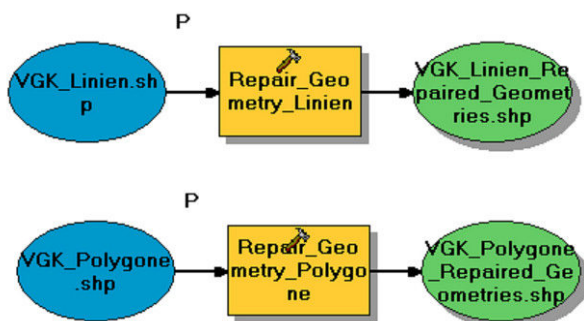


Abbildung 33: Übersicht – Modul 2

### 4.3 Modul 3 – Clip der Hazard-Files mit der Vektorgrundkarte

In Modul 3 werden die Ergebnis-Files aus Modul 2 mit den beiden Shapefiles der Vektorgrundkarte (Linien- und Polygonshape) geclippt. Die Vektorgrundkarte enthält alle potenziellen Schadensobjekte. Jedes Shapefile aus Modul 2 erhält somit ‚seine‘ Schadensobjekte. Als Zwischenergebnis werden nur jene Objekte dargestellt, welche einen zu erwartenden Schaden aufweisen. Die Zwischenergebnisse werden zu jeweils einem Linien- und Polygonshapefile zusammengefasst (append).

```

3_Clip&Join&Append.py - F:\UNIGIS\Masterthesis\Daten\ModelBuilder\Python\3_Clip&Join&Append.py
File Edit Format Run Options Windows Help

# ++++++ Clip Polygons ++++++
tempEnvironment0 = gp.extent
Extent = "MAXOF" # damit auch Files mit dem Inhalt NULL erstellt werden
##
gp.overwriteoutput = True
gp.Clip_analysis(VGK_Polygone_shp, HazardClipPolygon, TargetClipPolygon, "")
gp.extent = tempEnvironment0
##
print "1. Clip.Polygonfile 'Schapot_Polygon_' + fcString + ".shp geclippt."
# ++++++

# ++++++ Join Polygons ++++++
# Process: Get Count...necessary for joining
rowCount = int(gp.GetCount_management(TargetClipPolygon).getOutput(0))
##
rowCount = gp.GetCount_management(TargetClipPolygon)

# if the Clip_Feature class table has records (>0) join Hazard-table and then
# delete the Clip_Shape, else only delete the Clip_Shape
if rowCount > 0:
# Process: Spatial Join...
gp.overwriteoutput = True
gp.SpatialJoin_analysis(TargetClipPolygon, HazardClipPolygon, TargetJoinPolygon, "JOIN_ONE_TO_ONE", "KEEP_ALL")
##
print "1.1.Join Polygonfile 'Schapot_Polygon_' + fcString + ".shp' gejoint."
gp.Delete_management(TargetClipPolygon)
##
print "1.1.Join Polygonfile 'Schapot_Polygon_' + fcString + "_Clip.shp' geloescht."
else: # the Clip_Feature class table has no records
gp.Delete_management(TargetClipPolygon)
##
print "1.2.Join Polygonfile 'Schapot_Polygon_' + fcString + "_Clip.shp' geloescht."
##
pass # falls die Delete-Anweisung aus der Schleife entfernt wird, muss das 'pass' freigeschaltet werden

print ""
gp.AddMessage("")
# ++++++
    
```

Abbildung 34: Auszug aus dem Python-Script (Modul 3)

### 4.4 Modul 4 – Reparieren der Geometrien

In Modul 4 wird eine weitere ‚Reparatur‘ der Geometrien durchgeführt, welche auf Grund der einzelnen Verschneidungen (Clip) notwendig sind, um eine reibungslose Berechnungsabfolge zu gewährleisten.

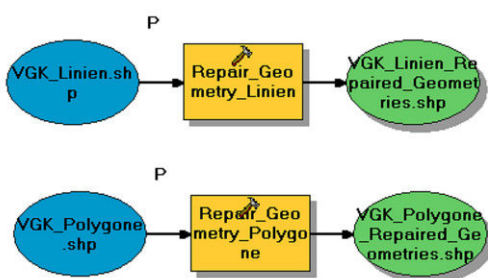


Abbildung 35: Übersicht – Modul 4

#### 4.5 Modul 5 – Anlegen und Füllen einer Geodatabase

Da die Endergebnisse in einer Geodatabase (\*.mdb) abgelegt werden sollen, wird in diesem Modul eine leere Geodatabase angelegt und mit den Zwischenergebnissen aus Modul 4 und den vorbereiteten Objektkatalogen für Sach- und Personenschäden (\*.shp) gefüllt.

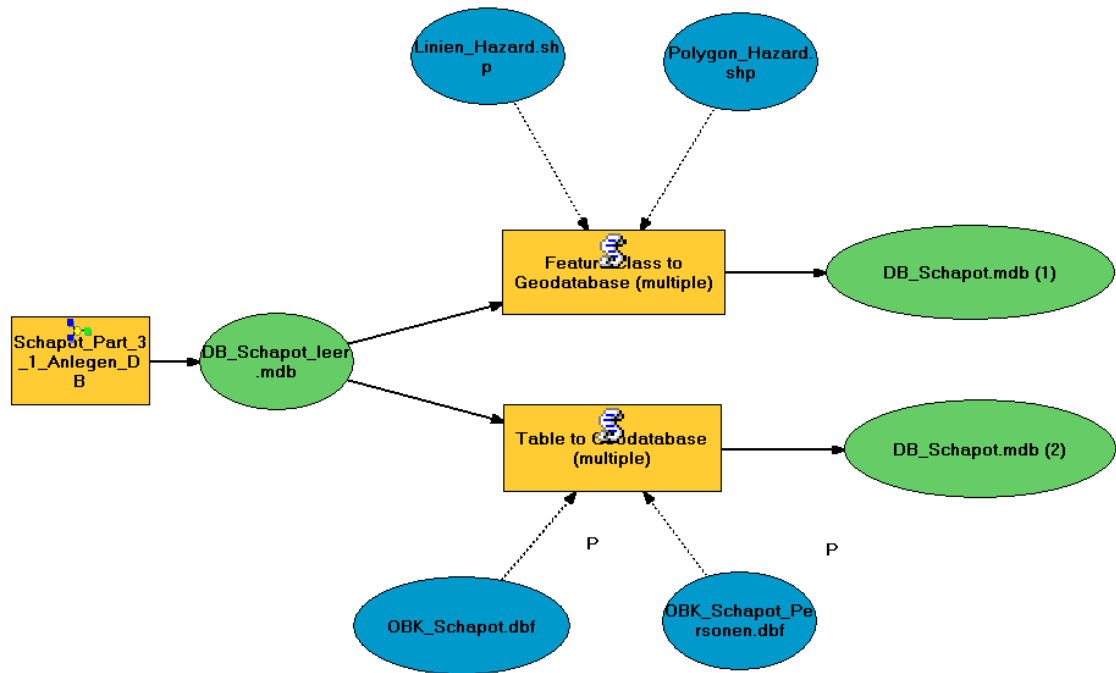


Abbildung 36: Anlegen und Füllen der Geodatabase



#### 4.6 Modul 6 – Join der Schadensobjekte mit dem Objektkatalog (Sachschaden)

Es werden die in Modul 5 erzeugten FeatureClasses (Linien und Polygone) jeweils mit dem Objektkatalog für die Sachschäden gejoint und als Shapefile ausgeschrieben.



Abbildung 37: Join der Schadensobjekte mit dem Objektkatalog (Sachschaden)

#### 4.7 Modul 7 – Join der Schadensobjekte mit dem Objektkatalog (Personenschaden)

Analog zu Modul 6 werden die erzeugten FeatureClasses (Linien und Polygone) jeweils mit dem Objektkatalog gejoint und als Shapefile ausgeschrieben. Hier wird als Join-File allerdings der Objektkatalog für die Personenschäden verwendet. Der Prozess unterscheidet sich auch in jener Hinsicht von Modul 6, dass für die Personenschäden die Linienobjekte vernachlässigt werden, da sie nur eine sehr untergeordnete Rolle für die Schadensberechnung spielen.

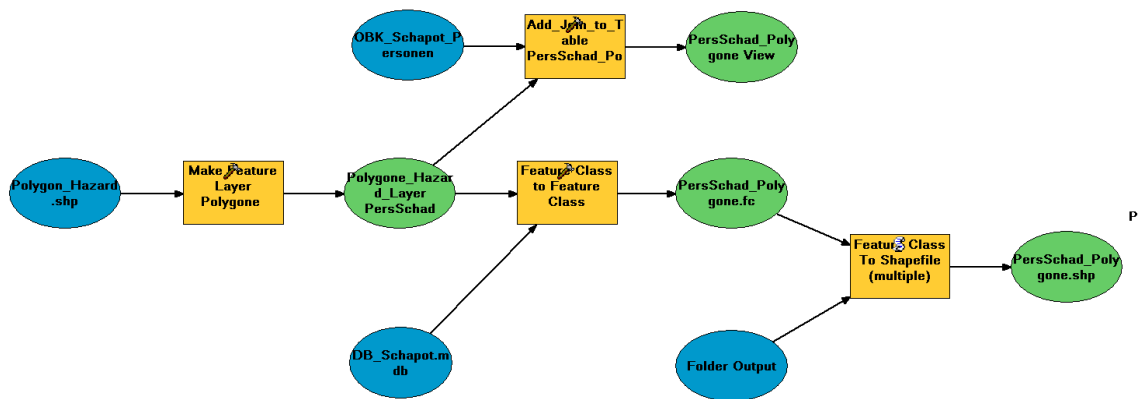


Abbildung 38: Join der Schadensobjekte mit dem Objektkatalog (Personenschaden)

#### 4.8 Modul 8 – Kalkulation des zu erwartenden Sachschadens

Der zu erwartende Sachschaden wird für die betroffenen Linien- und Polygonobjekte mit Hilfe eines Python-Scripts berechnet. Dabei wurden folgende Berechnungsformeln verwendet:

**Sachschaden an Gebäuden:**

$$D_S = B_O \times V_G \times F_V$$

**Sachschaden (lineare Objekte):**

$$D_S = B_O \times L_O \times F_V$$

**Sachschaden (nicht an Gebäuden und linearen Objekten):**

$$D_S = B_O \times A_O \times F_V$$

wobei,

$D_S$	...	erwarteter Sachschaden [€]
$B_O$	...	Basiswert der Objektklasse [€]
$A_O$	...	Grundfläche des Objektes [m <sup>2</sup> ]
$V_G$	...	Gebäudevolumen [m <sup>3</sup> ]
$F_V$	...	Verletzlichkeitsfaktor [0 - 1]
$L_O$	...	Länge [m]

```

*6.1_Calculate_Field_Sachschaden.py - F:\UNIGIS\Masterthesis\Daten\ModelBuilder\Python\6.1_Calculate_Field_Sachschaden.py
File Edit Format Run Options Windows Help
#-----
try:
    # loop through the featureclassList looking for Shapefields
    fcList = gp.ListFeatureClasses()
    ## for fc in fcList: print "FeatureClasses in Liste vorher: " + fc
    ## print "-----"

    # deleting FeatureClassStrings which not contains "_OBK" from List
    ShapeList = [] # empty list for the right Shapefiles
    for fc in fcList:
    ## print "FeatureClasses in Liste: " + fc
        if 'Sachschaden' in fc:
            # alle Files, die nicht den String "Sachschaden_OBK" enthalten,
            # werden aus der Liste "ShapeList" entfernt und damit auch nicht abgearbeitet
            ShapeList.append(fc)
    ## print fc + " angehangen." #Kontrolle

    ShapeList.sort()
    ## print "-----"
    ## for fc in ShapeList: print "FeatureClasses in Liste nachher: " + fc # Kontrolle

    # ++++++ Berechnung des Feldes 'SACH_SCHAD' ++++++
    for fc in ShapeList:
    # Def. of Object "fields" / Get a list of field objects from the describe object
        fields = gp.ListFields(fc)
    ## print fc # Kontrolle

        # Pruefung, ob Spalten zur Berechnung des Schadens auch in der Tabelle vorhanden sind
        print " "
    ## print "Pruefe die Felder der Feature Class: " + fc
        for field in fields:
    ## print field.Name
            if field.Name == "ID_PROCESS":
    ## print "Shape: " + fc + " besitzt das Feld 'ID_PROCESS'."
                for field in fields:
                    if field.Name == "ID_GP":
    ## print "Shape: " + fc + " besitzt das Feld 'ID_GP'."
                        for field in fields:
                            if field.Name == "BASISWERT": # Feld
    ## print "Shape: " + fc + " besitzt das Feld 'S_SCHADEN'."

                                try:
    ## print "Pruefe Shapefiletyp!" # Kontrolle

```

Abbildung 39: Auszug aus dem Python-Script (Modul 8)

#### 4.9 Modul 9 – Kalkulation des zu erwartenden Personenschadens

Da es einerseits kaum Linienobjekte (bis auf Wasser- und Gasleitungen) im Untersuchungsgebiet gibt und andererseits die vorhandene Aufstiegsanlage für die Berechnung des Personenschadens optimaler als Polygon abgebildet werden sollte, wurde die Kalkulation nur für die Polygonobjekte und nicht für die Linienobjekte durchgeführt.

Das auszuführende Python-Script berechnet den zu erwartenden Personenschaden wie folgt:

$$D_p = B_p \times F_v \times A_o \times P_p \times N_p$$

wobei,	$D_p$	...	erwarteter Personenschaden [€]
	$B_p$	...	Basiswert Personen [€] (auf 5,5 Mio. € festgelegt)
	$A_O$	...	Grundfläche des Objektes [m <sup>2</sup> ]
	$N_p$	...	Belegung / Personenanzahl pro Quadratmeter
	$F_V$	...	Letalität [0 - 1]
	$P_p$	...	Präsenzwahrscheinlichkeit von Personen [0 - 1]

## 5. Ergebnisse und Ergebnisanalyse

Bei der Beurteilung und der Bewertung der Ergebnisse ist es wichtig, den zu erwartenden Schaden nicht nach seiner absoluten Höhe zu bewerten. Vielmehr ist es sinnvoll und zielführend, den zu erwartenden Schaden im Kontext einer vergleichenden Analyse innerhalb eines regionalen bzw. nationalen Zusammenhangs zu beurteilen. Dabei sollten die angewandten Parameter unverändert bleiben und die relativen Differenzen zwischen szenarienspezifischen Untersuchungsgebieten bewertet werden, um daraus die entsprechenden Rückschlüsse im Sinne eines zukunftsorientierten Risk Managements zu ziehen. Im Zuge der Ergebnisermittlung hat sich gezeigt, dass die Modifikation einzelner Parameter (z.B. Verletzlichkeitsfaktor, Präsenzwahrscheinlichkeit) zu kleineren und größeren Veränderungen der Ergebnisbeurteilung führen. Es ist also sinnvoll und notwendig, die einzelnen Faktoren der Schadensberechnung im Voraus intensiv zu untersuchen und somit eine Grundlage für eine einheitliche und vergleichende Bewertung des zu erwartenden Schadens zu schaffen. Da die Verletzlichkeitsfaktoren auf Grund der Komplexität und der Anzahl der zu ermittelnden und direkt einfließenden Faktoren im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht in ausreichendem Maße untersucht werden konnten, können die absoluten Werte des zu erwartenden Schadens nur als Annäherung an den effektiv zu erwartenden Schaden eines Ereignisses verstanden werden.

### 5.1 Sachschaden

Der zu erwartende Sachschaden in der Gemeinde Welsberg ist in Abbildung 40 kartographisch dargestellt. Wie nicht anders zu erwarten, werden in den urbanisierten Gebieten, nicht zuletzt auf Grund der höheren Basiswerte, größere Schäden, als in Gebieten außerhalb der geschlossenen Ortschaften festgestellt. Die größten Schadenssummen ergeben sich auf der orographisch rechten Seite der Rienz im Bahnhofsareal und im südöstlich angrenzenden Gewerbegebiet. Es zeigt sich, dass bei dieser Darstellung die absolute Schadenssumme sehr stark von der betroffenen Grundfläche bzw. der betroffenen Kubatur abhängt. Eine große Anzahl von flächen- und kubaturmäßig kleineren Objekten würde die Belegung der niedrigen Schadensklassen

vergrößern. Es entsteht der Eindruck, dass keine größeren Schäden zu erwarten sind. Insgesamt ist der zu erwartende Sachschaden für die Ortschaft Welsberg, durch das hohe Schadenspotential im Ortskern, als sehr hoch einzuschätzen.

Für Ereignisse mit einer Wiederkehrzeit von 30 Jahren ist nach der durchgeführten Berechnung ein Schaden von 5,59 Mio. € zu erwarten. Der Schaden steigt für Ereignisse mit einer Wiederkehrzeit von 100 Jahren auf 9,46 Mio. €. Innerhalb von 300 Jahren ist mit einem Sachschaden von 12,1 Mio. € in der Gemeinde Welsberg – Taisten zu rechnen. Der Anstieg zwischen dem zu erwartenden Schaden in 30 Jahren und 100 Jahren beträgt 69 %, während der Anstieg vom 100 - jährigen zu erwartenden Schaden zum 300 – jährigen zu erwartenden Schaden lediglich 27,9% beträgt (vgl. Diagramm 3).

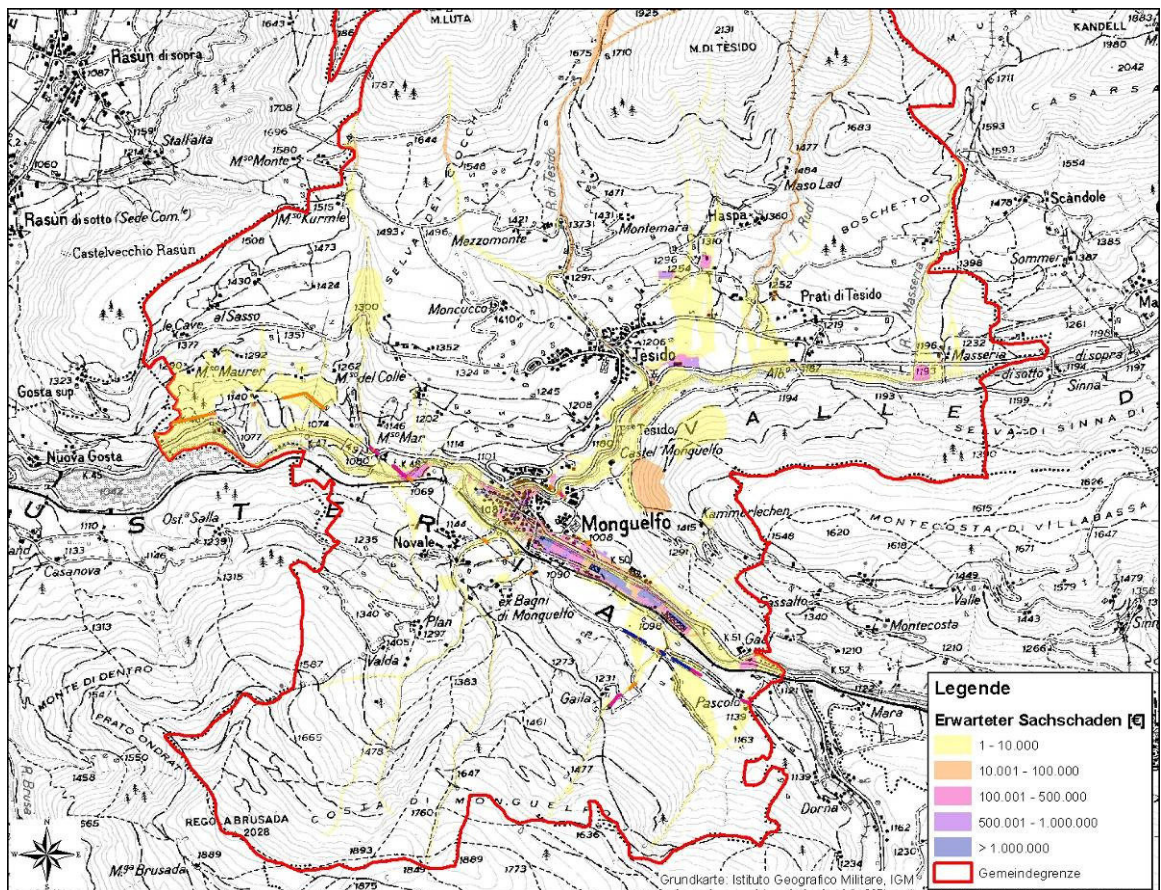


Abbildung 40: Erwarteter Sachschaden in der Gemeinde Welsberg – Taisten

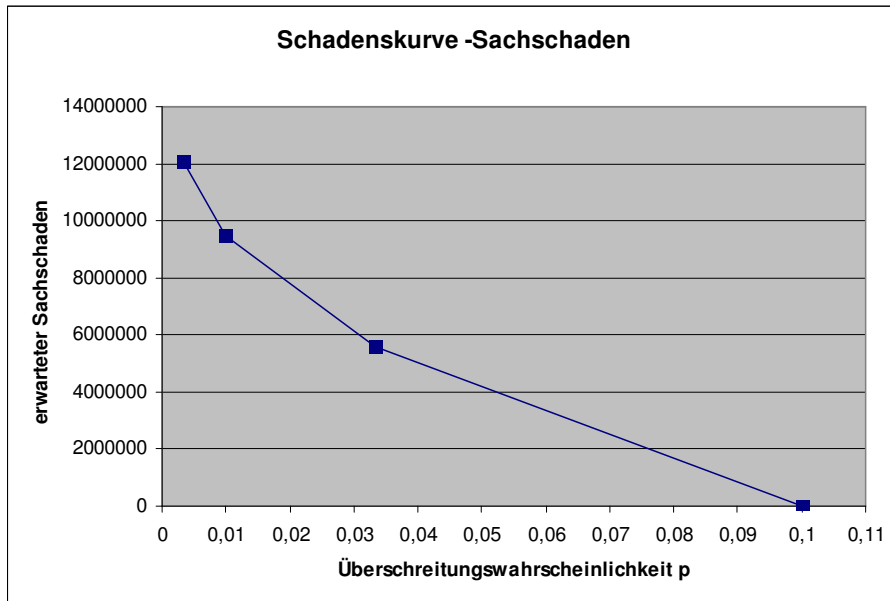


Diagramm 3: Erwarteter Sachschaden in der Gemeinde Welsberg - Taisten

## 5.2 Personenschaden

Der zu erwartende Personenschaden liegt geringfügig über dem zu erwartenden Sachschaden (vgl. Abbildung 41). Der Grund dafür, ist der um weitaus höhere Basiswert für Personen. Eine ausgleichende Wirkung hat der Präsenz- und Belegungsfaktor, welcher für Personen eher gering ist. Zudem sind Personen innerhalb von Gebäuden für Ereignisse mit niedriger Intensität fast vollkommen geschützt. Die recht hohe Schadenssumme ergibt sich demnach in erster Linie aus den Objekten mit geringen bzw. ohne Personenschutz. Für ein 30 – jähriges Ereignis ergibt sich eine Schadenssumme von 6,32 Mio. €. Für ein 100 - jähriges Ereignis steigt die Summe auf 11,47 Mio. €. Während für ein 300 – jähriges Ereignis mit einem Personenschaden von 16,03 Mio. € zu rechnen ist. In Menschenleben umgerechnet bedeutet das, dass bei einem Ereignis alle 30 Jahre ein Menschenleben, für ein Ereignis mit einer Wiederkehrzeit von 100 Jahren 2 Menschenleben und bei einem Ereignis von 300 Jahren Wiederkehrzeit von 3 Menschenverlusten ausgegangen werden muss. Der Anstieg der zu erwartenden Personenschäden beträgt zwischen 30 und 100 Jahren 81,4% und zwischen 100 und 300 Jahren 39,8% (vgl. Diagramm 4).

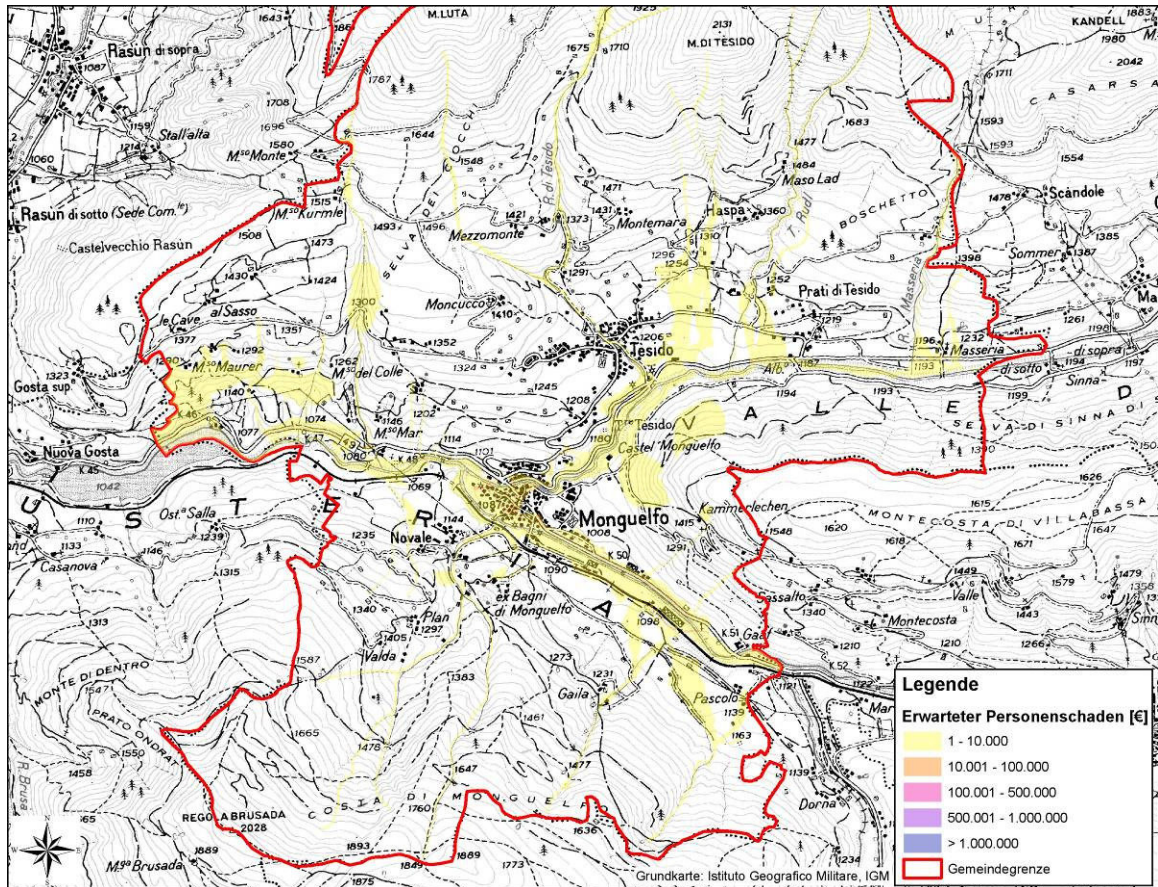


Abbildung 41: Erwarteter Personenschaden in der Gemeinde Welsberg – Taisten

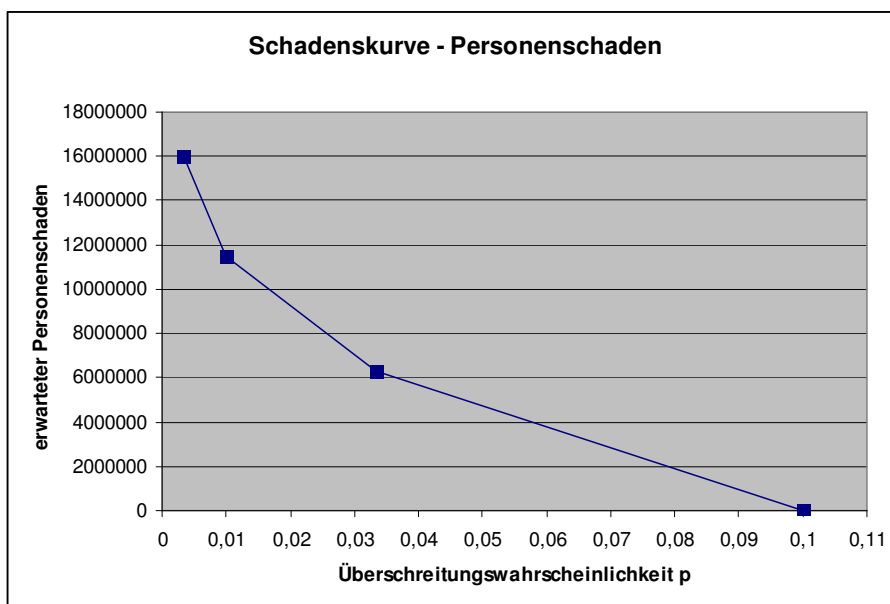


Diagramm 4: Erwarteter Personenschaden in der Gemeinde Welsberg - Taisten

### 5.3 Berechnung des jährlichen Schadens (Schadenserwartungswert)

Die Berechnung des jährlichen Schadens leitet sich aus der Dichtefunktion der Wahrscheinlichkeit ab (vgl. Abbildung 8). Die Summe der Häufigkeiten der drei Szenarien ( $T_r = 30, 100$  und  $300$  Jahre) in Abbildung 8 entspricht der Jährlichkeit der Ereignisse. Wichtig ist hierbei die Untergrenze der zu betrachtenden Eintretenswahrscheinlichkeit eines Ereignisses. Nach Rücksprache mit der Abteilung Wasserschutzbauten der Autonomen Provinz Bozen wurde diese auf 10 Jahre festgelegt, das heißt ab einem Ereignis mit einer Wiederkehrdauer von 10 Jahren treten relevante Schäden auf. Eine Verschiebung dieser Untergrenze wirkt sich sehr stark auf die Berechnung des zu erwartenden jährlichen Schadens aus (Jährliches Schadensausmaß). Entsprechend der in Abbildung 8 dargestellten Wiederkehrzeiten  $T_r$  der Ereignisse wurden folgende Eintretenswahrscheinlichkeiten betrachtet:

$T^*$	...	10 – jähriges Ereignis, Minimales Ereignis mit relevanten Schäden (Untergrenze)
$T^1$	...	30 – jähriges Ereignis
$T^2$	...	100 - jähriges Ereignis
$T^{\max}$	...	300 – jähriges Ereignis (Obergrenze)

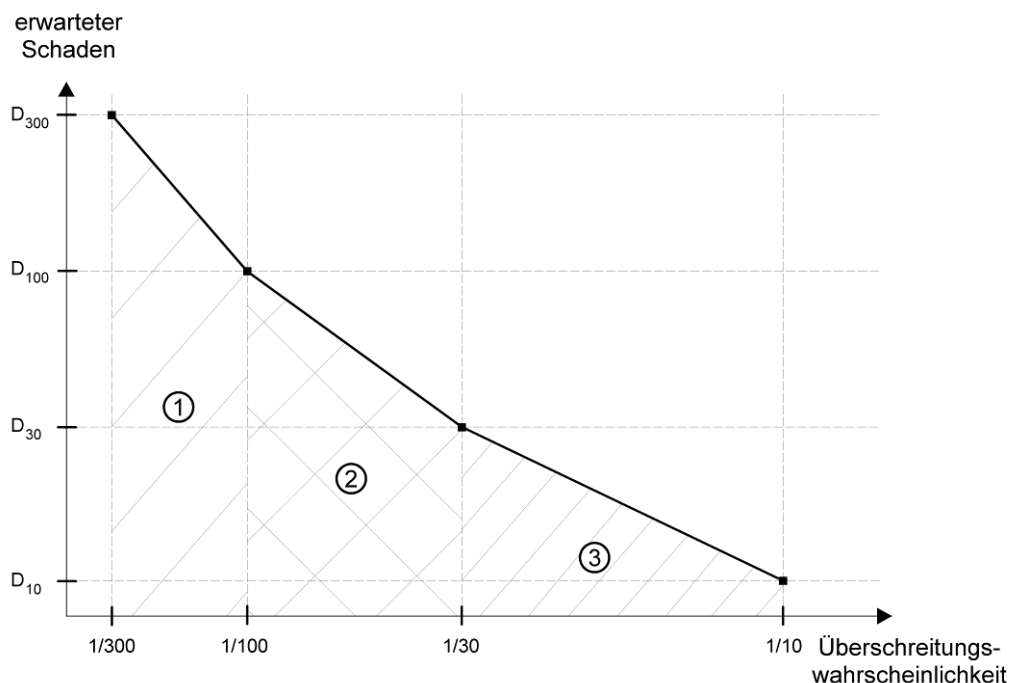


Diagramm 5: Berechnung des jährlich zu erwartenden Schadens



Der jährlich zu erwartende Sach- bzw. Personenschaden berechnet sich aus der Summe der 3 in Diagramm 5 dargestellten Teilflächen.

$$D_a = A_1 + A_2 + A_3$$

Der jährliche Gesamtschaden wird schließlich aus der Summe des jährlichen Sach- und Personenschadens berechnet,

$$D_{Ges} = D_S + D_P$$

wobei,

$D_{Ges}$  ... jährlicher Gesamtschaden

$D_S$  ... jährlicher Sachschaden

$D_P$  ... jährlicher Personenschaden

Die Teilflächen  $A_1$ ,  $A_2$  und  $A_3$  berechnen sich wie folgt,

$$A_1 = \frac{1}{2} * \left( \frac{1}{100} - \frac{1}{300} \right) * (D_{300} + D_{100})$$

$$A_2 = \frac{1}{2} * \left( \frac{1}{30} - \frac{1}{100} \right) * (D_{100} + D_{30})$$

$$A_3 = \frac{1}{2} * \left( \frac{1}{10} - \frac{1}{30} \right) * (D_{30} + D_{10})$$

Für die Teilfläche  $A_1$  berechnet sich demzufolge der jährliche Sachschaden nach der Formel,

$$A_1 = \frac{1}{2} * \left( \frac{1}{100} - \frac{1}{300} \right) * (12,1\text{Mio.€} + 9,46\text{Mio.€}) = 71.866\text{€}$$

Die Teilfläche  $A_2$  berechnet sich demzufolge nach der Formel,

$$A_2 = \frac{1}{2} * \left( \frac{1}{30} - \frac{1}{100} \right) * (9,46\text{Mio.€} + 5,59\text{Mio.€}) = 175.583\text{€}$$

Für die Teilfläche  $A_3$  berechnet sich der jährliche Sachschaden nach der Formel,

$$A_3 = \frac{1}{2} * \left( \frac{1}{10} - \frac{1}{30} \right) * (5,59\text{Mio.€} + 0,00\text{Mio.€}) = 186.333\text{€}$$

Der jährliche Sachschaden beläuft sich demzufolge auf 433.783 €. In Abbildung 42 ist die Klassifizierung des Sachschadens pro Objekt dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die größten Schäden entlang der Rienz im Bahnhofsareal, der Handwerkerzone und dem Ortskern zu verzeichnen sind.

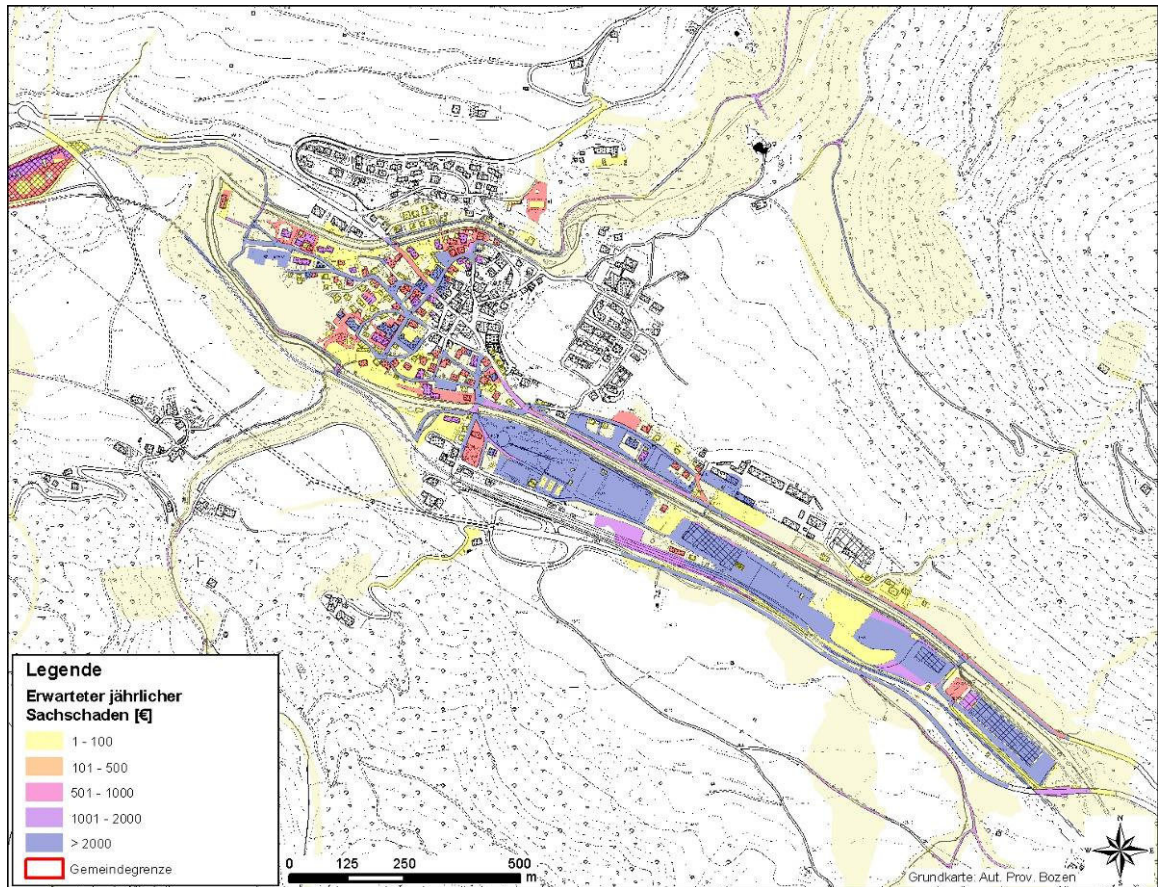


Abbildung 42: Erwarteter jährlicher Sachschaden (Ausschnitt Ortschaft Welsberg)

Für den jährlichen Personenschaden ergibt sich folgende Rechnung.

Für die Teilfläche  $A_1$ ,

$$A_1 = \frac{1}{2} * \left( \frac{1}{100} - \frac{1}{300} \right) * (16,03 \text{ Mio.€} + 11,47 \text{ Mio.€}) = 91.667€$$

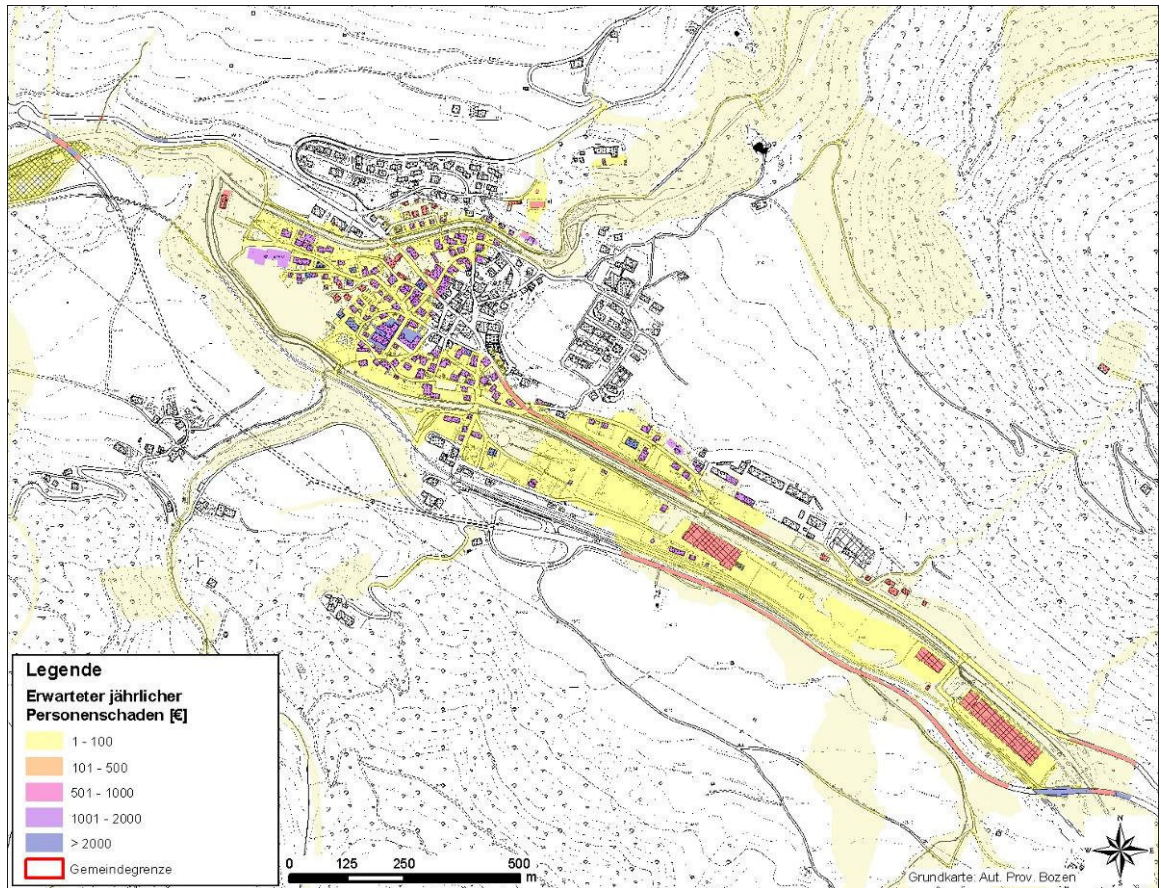
Für die die Teilfläche  $A_2$ ,

$$A_2 = \frac{1}{2} * \left( \frac{1}{30} - \frac{1}{100} \right) * (11,47 \text{ Mio.€} + 6,32 \text{ Mio.€}) = 207.550€$$

Für die Teilfläche  $A_3$ ,

$$A_3 = \frac{1}{2} * \left( \frac{1}{10} - \frac{1}{30} \right) * (6,32 \text{ Mio.€} + 0,00 \text{ Mio.€}) = 210.667€$$

Der jährliche Personenschaden beläuft sich demzufolge auf 509.884 €. Die Abbildung 43 zeigt den jährlichen Personenschaden pro Objekt. Die finanziell größten Schäden entstehen in den Zivilgebäuden, Herbergen und in den Gebäuden der Handwerkerzone.



**Abbildung 43: Erwarteter jährlicher Personenschaden (Ausschnitt Ortschaft Welsberg)**

Wie bereits erwähnt, berechnet sich der jährliche Gesamtschaden aus der Summe des jährlichen Sach- und Personenschadens. Er beträgt demzufolge für die Gemeinde Welsberg – Taisten 943.667 €. Der Gesamtschaden pro Objekt ist in Abbildung 44 dargestellt.

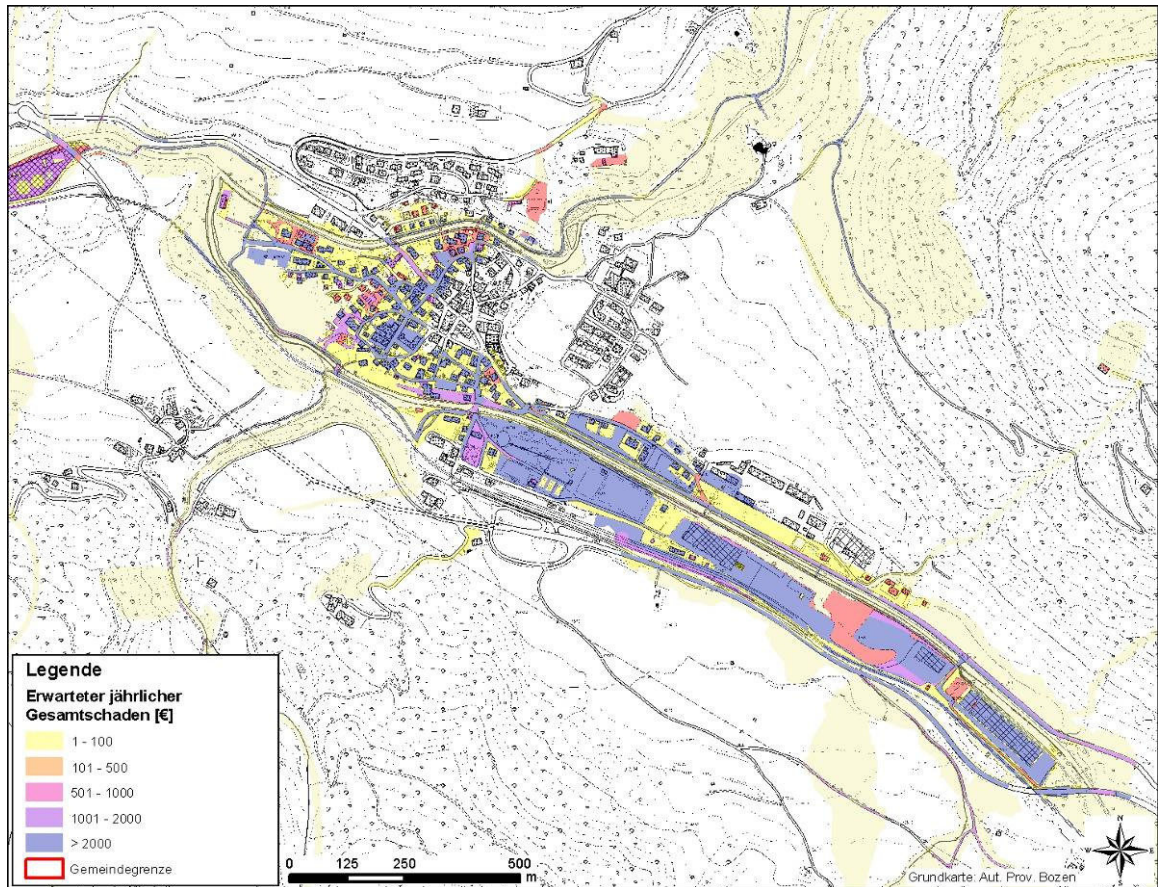


Abbildung 44: Erwarteter jährlicher Gesamtschaden (Ausschnitt Ortschaft Welsberg)

#### 5.4 Schwierigkeiten bei der Ergebnisermittlung

Wie im Vorfeld bereits erwähnt, müssen vor der Berechnung des Schadens verschiedene Entscheidungen bezüglich der einzelnen Input-Parameter getroffen werden. Angefangen mit dem Objektkatalog, wo die relevanten Schadensobjekte definiert werden, über die Festlegung der Parameter der Vulnerabilitätsanalyse bis hin zur Konsequenzanalyse.

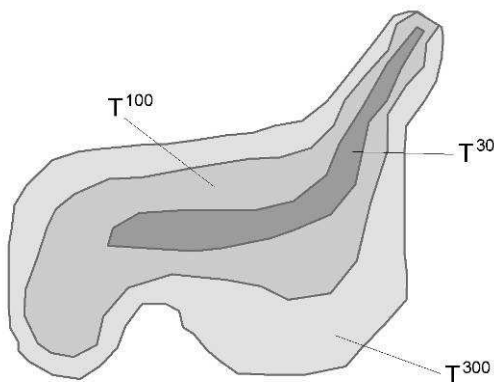
Die ersten Schwierigkeiten traten bei der Präparation der Vektorgrundkarte für die Verschneidung mit den Gefahrenzonen auf. Hier hat sich gezeigt, dass die Vektorgrundkarte viele Überlappungen und Löcher aufweist. Diese müssen im Vorfeld der Berechnung bereinigt werden. Im Zuge der Vulnerabilitätsanalyse wurden die Verletzlichkeitsfaktoren festgelegt. Die Schwierigkeit lag dabei bei der großen Anzahl an Objektklassen, welche in Abhängigkeit der Gefahrenprozesse und der Intensitätsklasse analysiert und definiert wurden. Der Objektkatalog besteht aus 82 Objektklassen, für welche für den jeweiligen Prozess und die Intensitätsklasse ein Verletzlichkeitsfaktor angegeben wurde. Bei 11 Prozessen und jeweils 3 Intensitätsstufen (außer Murgang hat 2 Intensitätsklassen) galt es insgesamt 2624 Verletzlichkeitsfaktoren zu definieren.

Soweit vorhanden wurden Faktoren aus bereits existierenden Publikationen (z.B. EconoMe) verwendet. Da der Objektkatalog und die untersuchten Gefahrenprozesse häufig nicht vergleichbar sind, wurde vor allem für die Personenschäden ein vereinfachter Ansatz zur Bewertung der Vulnerabilität der Personen in Abhängigkeit der Objektklasse angewandt. Die Objekte wurden in 3 Kategorien eingeteilt:

- hoher Schutz (Gebäude)
- mittlerer Schutz (Verkehrswege, einfache Gebäudestrukturen)
- kein Schutz (im Freien)

Ein weiterer sehr zeitaufwändiger Schritt, war die Ermittlung der Präsenzwahrscheinlichkeit von Personen in Abhängigkeit der jeweiligen Objektklasse. Einige Werte konnten aus statistischen Erhebungen übernommen werden, in der Regel wurden die Werte aber geschätzt. Außerdem wurden die Personenschäden auf Basis der Gebäudegrundfläche und nicht auf Basis des Gebäudevolumens kalkuliert. Es wird also davon ausgegangen, dass sich alle Personen im Erdgeschoss aufhalten. Dies kann zu einer Überschätzung des Personenschadens in Gebäuden führen. Für die Hauptverkehrsachsen, insbesondere der SS49 wurden die Verkehrszählungen ausgewertet und integriert.

Die Konsequenzanalyse hat gezeigt, dass die drei Shapefiles der Gefahrenzonen ( $Tr = 30, 100$  und  $300$  Jahre) miteinander geclippt wurden. Das heißt die Fläche für das  $300$  – jährige Ereignis wurde mit der Fläche des  $100$  – jährigen Ereignisses und die Fläche des  $100$  – jährigen Ereignisses mit der des  $30$  – jährigen Ereignisses verschnitten (vgl. Abbildung 45). Das Ergebnis ist ein Loch in der Mitte des jeweils selteneren Ereignisses. In der Praxis bedeutet dies, dass der Schaden der selteneren Ereignisse nur außerhalb der Prozessumhüllenden des jeweils häufigeren Ereignisses berechnet wird. Die berechneten Schäden werden dadurch sehr unterschätzt.



**Abbildung 45: Überlagerung der untersuchten Wiederkehrzeiten ( $Tr = 30, 100$  und  $300$  Jahre)**

## **6. Schlussbemerkung**

### **6.1 Zusammenfassung**

Die vorgestellte Methode zur Berechnung des zu erwartenden Schadens wurde unter Berücksichtigung der Richtlinien zur Gefahrenzonenplanung in Südtirol erarbeitet. Damit ist es möglich, die Schadenssummen verlässlich und auf einer einheitlichen Basis zu bestimmen. Die notwendigen Datengrundlagen werden von der Autonomen Provinz Bozen zur Verfügung gestellt. Die Gefahrenzonenpläne der einzelnen Gemeinden Südtirols (insgesamt 116 Gemeinden) sind teilweise noch in Ausarbeitung und werden bis zum Jahr 2015 fertig gestellt. Die vereinheitlichte Struktur der Shapefiles der Gefahrenzonen mit den Attributen für die Intensität und Wiederkehrdauer eines Phänomens lässt die problemlose Berechnung des zu erwartenden Schadens zu. Der zweite wesentliche Input – Datensatz, die Vektorgrundkarte mit den Objekten des Objektkatalogs für das gesamte Landesgebiet, ist ebenfalls bei der Autonomen Provinz Bozen erhältlich. Die letzte Aktualisierung liegt allerdings bereits 7 Jahre zurück. Eine kontinuierliche Aktualisierung dieses Datensatzes ist nicht vorgesehen. Da der Objektkatalog der Vektorgrundkarte für die Schadenskalkulation überarbeitet und generalisiert wurde, ist eine Anpassung für das jeweilige Untersuchungsgebiet notwendig. Als drittes Input zur Schadensberechnung wurden auf Basis des Objektkatalogs zwei Vulnerabilitätstabellen erstellt. Eine für die Sachschäden und eine für die Personenschäden. Die Tabelle für die Sachschäden enthält die Basiswerte der Objektklassen und die Verletzlichkeitsfaktoren der betrachteten Prozesse und Intensitätsklassen. Die Tabelle für die Personenschäden enthält den Basiswert der Personen, die Letalitätsfaktoren der betrachteten Prozesse und Intensitätsklassen und den Wert für die Präsenzwahrscheinlichkeit und Anzahl der Personen pro Quadratmeter in Abhängigkeit der Objektklasse.

### **6.2 Ausblick**

Mit dem vorgestellten Ansatz und dem dafür erstellten Tool zur Berechnung des zu erwartenden Schadens wird es nach dem Abschluss der Phase der Erstellung der Gefahrenzonenpläne in Südtirol möglich sein, die Schadenssummen für ganz Südtirol zu berechnen. Eine Voraussetzung dafür ist allerdings die Überarbeitung des Objektkatalogs (vgl. Anhang 2) und die Eliminierung der Topologiefehler der Vektorgrundkarte. Eine turnusmäßige Aktualisierung der Vektorgrundkarte ist, unabhängig der Schadensberechnung, auf jeden Fall anzuraten. Ein weiterer wichtiger Punkt betrifft die Ergebnisse der Gefahrenanalyse. Die sich überlagernden Prozessumhüllenden der untersuchten Jährlichkeiten sollten nicht miteinander verschnitten werden. In der Gefahrenzonenplanung in Österreich wird dieser Aspekt bereits berücksichtigt.

Um die Ergebnisse der Schadensberechnung zu konsolidieren, sollte eine kontinuierliche Sensitivitätsanalyse der Verletzlichkeitsfaktoren für jede Objektklasse durchgeführt werden. Als Ergebnis sollte eine Vulnerabilitätskurve für jede Objektklasse in Abhängigkeit des Naturgefahrenprozesses und deren Intensität erstellt werden. Die Ergebnisse können dann direkt in den Objektkatalog eingearbeitet und die Schadensberechnung erneut durchgeführt werden. Um die Resultate der Berechnung der Personenschäden zu verbessern, müssten die Präsenzfaktoren eingehend untersucht werden. Die verwendeten statistischen Werte lagen nur für einige wenige Objektklassen vor. Nicht zuletzt soll erwähnt werden, dass das vorgestellte Tool für die Betrachtung weiterer Naturgefahren vorbereitet ist. Sinnvoll könnte die zusätzliche Untersuchung von Sturm- und Erdbebenereignissen. Stürme verursachen in Südtirol recht häufig kleinere und mittlere Schäden. Stattdessen sind die Schaden bringenden Erdbeben sehr selten und werden aus diesem Grund als urbanistisch nicht relevant eingestuft. Wie Diagramm 6 beispielhaft für die Stadt Köln zeigt, verursachen Erdbeben auch in Mitteleuropa nicht zu vernachlässigende Schäden.

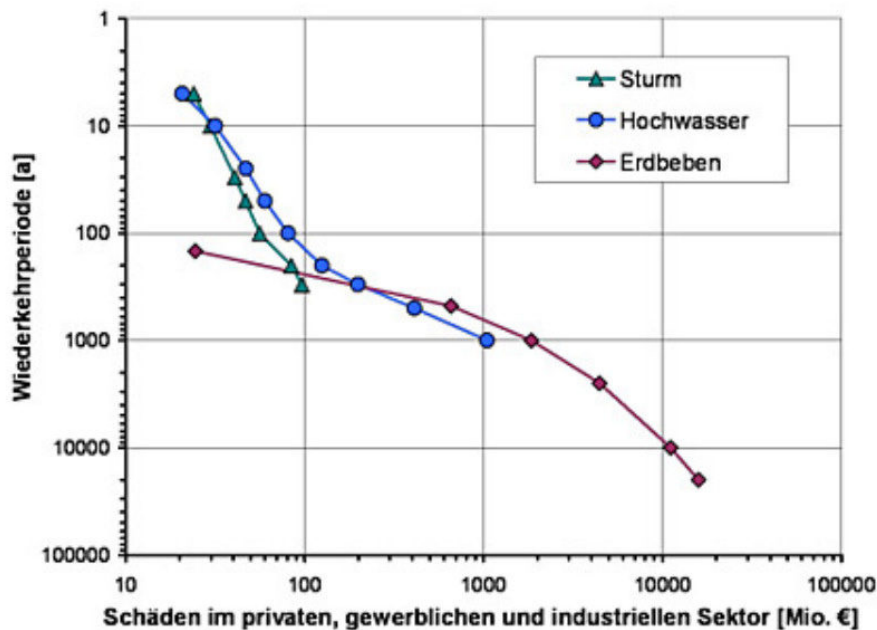


Diagramm 6: Risikokurve für die Stadt Köln (Grünthal et al, 2006)

## V. Literaturverzeichnis

- S. Fuchs, *Mountain hazards, vulnerability, and risk*, Habilitationsschrift, 2009
- G. Dionne; P. Lanoie, *Public Choice about the Value of a Statistical Life for Cost-Benefit Analyses: The Case of Road Safety*, 2004
- BAFU, PLANAT – *Strategie Naturgefahren Schweiz*, 2011
- J.-M. Tacnet, *Multicriteria and GIS based decision support systems for road sensitivity assessment*, 2012
- Lebensministerium Österreich, *Auf dem Weg zu einer nationalen Anpassungsstrategie*, 2010
- C. Wesemann, *Möglichkeiten und Grenzen der Monetarisierung von Umweltschäden*, 2009
- IREK, *Integrales Raumentwicklungskonzept für ausgewählte Lebensräume des Wipptals*, 2011
- F. Prettentaler, N. Vettors, *Finanzielle Bewältigung von Naturgefahren*, 2005
- B. Mazzorana, L. Levaggi, O. Formaggioni, C. Volcan, *Physical Vulnerability Assessment Based on Fluid and Classical Mechanics to Support Cost-Benefit Analysis of Flood Risk Mitigation Strategies*, 2012
- Claudia Strada, PARAMOUNT - *La vulnerabilità delle infrastrutture di trasporto*, 2011
- M. Barbolini, F. Cappabianca, R. Sailer, *Empirical estimate of vulnerability relations for use in snow avalanche risk assessment*, 2009
- S. Fuchs, J. Birkmann, T. Glade, *Vulnerability assessment in natural hazard and risk analysis: current approaches and future challenges*, 2012
- M. Keiler, S. Fuchs, *Variabilität des Schadenpotenzials*, 2008
- A. Zischg, S. Fuchs, M. Keiler, J. Stötter, *Temporal variability of damage potential on roads as a conceptual contribution towards a short-term avalanche risk simulation*, 2005
- J. Hübl, M. Keiler, S. Fuchs, *Risikomanagement für alpine Naturgefahren*, 2009
- I. C. Stanga, A. Grozavu, *Quantifying human vulnerability in rural areas: case study of Tutova Hills (Eastern Romania)*, 2012
- Dugmore, Lacey A., *Managers Guide to Servicemanagement*, 2.nd Ed., BSI, Standards, 2006
- S. Fuchs, C. Ornetsmüller, R. Totschnig, *Spatial scan statistics in vulnerability assessment: an application to mountain hazards*, 2011
- B. Mazzorana, L. Levaggi, M. Keiler, S. Fuchs, *Towards dynamics in flood risk assessment*, 2012



S. Oberndorfer; S. Fuchs, D. Rickenmann, P. Andrecs, *Vulnerabilitätsanalyse und monetäre Schadensbewertung von Wildbachereignissen in Österreich*, 2007

BUWAL, *Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren*, 1999

Aut. Prov. Bozen, *Richtlinien zur Erstellung der Gefahrenzonenpläne (GZP) und zur Klassifizierung des spezifischen Risikos (KSR)*, 2012

ESRI, *Einführung zu Aufbau und Umgang mit Geoverarbeitungsmodellen in ArcGIS*, 2008

S. Angelini, A. Danesi, G. Rossi, F. Rupi, *Analisi della vulnerabilità di una rete stradale in ambito extraurbano: un'applicazione alla rete provinciale di Bolzano*, 2012

DUDEN, Band 8 – *Das Synonymwörterbuch*, 2007

M. Barbolini, F. Cappabianca, R. Sailer, *Empirical estimate of vulnerability relations for use in snow avalanche risk assessment*, 2004

## VI. Anhang

**Anhang 1: Tabelle der Grenzwerte und der Intensitäten für Massenbewegungen, modifiziert nach Cruden und Varnes, 1996 und BUWAL 1998**

Prozess	Zone	Geometrie (SG) (charakterist. Grenzwerte)	Geschwindigkeit (VEL) (charakterist. Grenzwerte)	Gesamtintensität (I) SG x VEL
Bergsturz, Felssturz, Blockschlag	Zone mit möglicher Ablösung von großen Blöcken			
	Zone mit möglichem Einschlag von großen Blöcken	Ø Großblöcke: >2m (SG3)	> 3m/min (VEL3)	hoch
Blockschlag	Zone mit möglicher Ablösung von Blöcken			
	Zone mit möglichem Einschlag von Blöcken	Ø Blöcke: 0,5-2m (SG2)	> 3m/min (VEL3)	hoch
Steinschlag	Zone mit möglicher Ablösung von Steinen			
	Zone mit möglichem Einschlag von Steinen	Ø Steine: <0,5m (SG1) (Gelände)	> 3m/min (VEL3)	mittel
Rutschungen im Fels (Translation, Rototranslation)	Anbruchrische	Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	> 3m/min (VEL3)	hoch
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	hoch
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	<13m/Monat (VEL1)	mittel
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	> 3m/min (VEL3)	hoch
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	mittel
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	<13m/Monat (VEL1)	niedrig
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: <2m (SG1)	> 3m/min (VEL3)	mittel

		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	niedrig	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	<13m/Monat (VEL1)	niedrig	
	Transportbereich	Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	> 3m/min (VEL3)	hoch	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	hoch	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	<13m/Monat (VEL1)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	> 3m/min (VEL3)	hoch	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	<13m/Monat (VEL1)	niedrig	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	> 3m/min (VEL3)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	niedrig	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	<13m/Monat (VEL1)	niedrig	
	Ablagerungsbereich	Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	> 3m/min (VEL3)	hoch	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	hoch	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	<13m/Monat (VEL1)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	> 3m/min (VEL3)	hoch	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	<13m/Monat (VEL1)	niedrig	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	> 3m/min (VEL3)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	niedrig	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	<13m/Monat (VEL1)	niedrig	
<b>Rutschung im Lockergestein, in Silt- und Ton- steinen</b>	Anbruchrische	Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	> 3m/min (VEL3)	hoch	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	hoch	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	<13m/Monat (VEL1)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	> 3m/min (VEL3)	hoch	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	<13m/Monat (VEL1)	niedrig	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	> 3m/min (VEL3)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	niedrig	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	<13m/Monat (VEL1)	niedrig	
		Transportbereich	Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	> 3m/min (VEL3)	hoch
			Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	hoch
			Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	<13m/Monat (VEL1)	mittel
			Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	> 3m/min (VEL3)	hoch
			Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	mittel
			Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	<13m/Monat (VEL1)	niedrig
			Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	> 3m/min (VEL3)	mittel
			Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	niedrig
			Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	<13m/Monat (VEL1)	niedrig
		Ablagerungsbereich	Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	> 3m/min (VEL3)	hoch

Entwicklung einer Methode zur Berechnung des zu erwartenden Schadens auf Grund von Naturgefahren in Südtirol

		Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	hoch	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	<13m/Monat (VEL1)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	> 3m/min (VEL3)	hoch	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	<13m/Monat (VEL1)	niedrig	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	> 3m/min (VEL3)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	niedrig	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	<13m/Monat (VEL1)	niedrig	
<b>Schlammstrom; Hangmure</b>	Anbruchrische	Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	> 3m/min (VEL3)	hoch	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	hoch	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	<13m/Monat (VEL1)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	> 3m/min (VEL3)	hoch	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	<13m/Monat (VEL1)	niedrig	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	> 3m/min (VEL3)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	niedrig	
	Transportbereich	Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	> 3m/min (VEL3)	hoch	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	hoch	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	<13m/Monat (VEL1)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	> 3m/min (VEL3)	hoch	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)	<13m/Monat (VEL1)	niedrig	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	> 3m/min (VEL3)	mittel	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	niedrig	
		Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	<13m/Monat (VEL1)	niedrig	
		Ablagerungsbereich	Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	> 3m/min (VEL3)	hoch
			Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	13m/Monat+3m/min (VEL2)	hoch
			Mächtigkeit mobilisiertes Material: >10m (SG3)	<13m/Monat (VEL1)	mittel
	Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)		> 3m/min (VEL3)	hoch	
	Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)		13m/Monat+3m/min (VEL2)	mittel	
	Mächtigkeit mobilisiertes Material: 2-10m (SG2)		<13m/Monat (VEL1)	niedrig	
	Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)		> 3m/min (VEL3)	mittel	
	Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)		13m/Monat+3m/min (VEL2)	niedrig	
	<b>Solifluktion s.l.</b>	Gebiete mit diffus verteilter Solifluktion	Mächtigkeit mobilisiertes Material: < 2m (SG1)	<13m/Monat (VEL1)	niedrig















**Anhang 8: Präsenzwahrscheinlichkeit von Personen und Belegung**

ID_Klasse	Bezeichnung	Basiswert [€]	Einheit	Präsenzfaktor	Belegung pro m²
101	Tankstelle	5500000	Person	0,100000	0,010000
102	Industrie- und Gewerbegebäude	5500000	Person	0,420000	0,020000
103	Dienstgebäude	5500000	Person	0,100000	0,020000
104	Dienstgebäude fuer technologische Netze	5500000	Person	0,100000	0,020000
111	Feuerwehr	5500000	Person	0,400000	0,030000
112	Polizei	5500000	Person	1,000000	0,040000
113	Krankenhaus	5500000	Person	1,000000	0,060000
114	Sprenkel, Ambulatorium	5500000	Person	0,600000	0,060000
115	Zivilschutzzentrum	5500000	Person	0,700000	0,030000
116	Militärgebäude	5500000	Person	0,600000	0,030000
117	Rathaus	5500000	Person	0,420000	0,060000
118	Gebäude fuer Telekommunikation	5500000	Person	0,100000	0,020000
119	Flughafengebäude	5500000	Person	0,600000	0,040000
120	Becken, Zisternen, Duengegruben	5500000	Person	0,010000	0,000100
121	Reservoir	5500000	Person	0,010000	0,000100
123	Klaeranlage	5500000	Person	0,600000	0,000100
124	Muellverbrennungsanlage	5500000	Person	0,600000	0,020000
125	Tiefgarage	5500000	Person	0,100000	0,010000
130	Mast, Maststock	5500000	Person	0,001000	0,000010
131	Garage	5500000	Person	0,007000	0,140000
132	Oeffentliches Gebäude	5500000	Person	0,420000	0,060000
133	Zivilgebäude	5500000	Person	0,600000	0,040000
139	Baracke	5500000	Person	0,001000	0,010000
141	Hotel	5500000	Person	0,800000	0,050000
142	Privatzimmer und Ferien a.d. Bauernhof	5500000	Person	0,600000	0,060000
143	Pension	5500000	Person	0,800000	0,050000
151	Landwirtschaftliches Gebäude, Stadel	5500000	Person	0,050000	0,010000
152	Treibhaus	5500000	Person	0,050000	0,020000
161	Gebäude fuer religioese Zwecke	5500000	Person	0,050000	0,020000
162	Glockenturm	5500000	Person	0,001000	0,001000
163	Bildstock, Wegkreuz	5500000	Person	0,010000	0,020000
171	Burg, Schloss	5500000	Person	0,100000	0,010000
198	Gebäude im Bau	5500000	Person	0,200000	0,020000
199	Verfallene Gebäude	5500000	Person	0,000010	0,010000
201	Aufstiegsanlage	5500000	Person	0,100000	0,040000
205	Stromleitung - Niederspannung	5500000	Person	0,000010	0,002000
206	Stromleitung - Mittelspannung	5500000	Person	0,000001	0,002000
207	Stromleitung - Hochspannung	5500000	Person	0,000001	0,002000
210	Wasserleitung - Trinkwasser	5500000	Person	0,000001	0,002000
211	Wasserleitung - Regenwasser	5500000	Person	0,000001	0,002000
212	Wasserleitung - Abwasser	5500000	Person	0,000001	0,002000
208	Gasleitung	5500000	Person	0,000001	0,002000
209	Telekommunikation	5500000	Person	0,000001	0,002000
221	Autobahn	5500000	Person	0,600000	0,034000
226	Parkplatz	5500000	Person	0,010000	0,020000
222	Staatsstrasse	5500000	Person	0,400000	0,034000
223	Landesstrasse	5500000	Person	0,150000	0,034000
224	Strassentunnel	5500000	Person	0,150000	0,034000
225	Gemeindestrasse und sek. Wegenetz	5500000	Person	0,050000	0,034000
227	Radweg	5500000	Person	0,050000	0,010000
251	Eisenbahntrasse	5500000	Person	0,050000	0,020000
252	Eisenbahntunnel	5500000	Person	0,050000	0,020000
253	Eisenbahnareal	5500000	Person	0,100000	0,020000
291	Sonderanlage	5500000	Person	0,100000	0,020000
292	Militärflaeche	5500000	Person	0,010000	0,002000
293	Flughafen	5500000	Person	0,100000	0,001000
294	Grube, Steinbruch	5500000	Person	0,100000	0,020000
295	Klaerwerk	5500000	Person	0,100000	0,020000
296	Muelli-deponie	5500000	Person	0,200000	0,020000
301	Campingplatz	5500000	Person	0,330000	0,020000
302	Schwimmbecken	5500000	Person	0,200000	0,040000
306	Schulgebiet	5500000	Person	0,300000	0,040000
308	Friedhofsfeld	5500000	Person	0,050000	0,005000
305	Sportplatz	5500000	Person	0,050000	0,040000
307	Friedhof	5500000	Person	0,050000	0,005000
309	Park, oeffentliche Parkanlage	5500000	Person	0,100000	0,010000
303	Oeffentliches Schwimmbad	5500000	Person	0,050000	0,040000
304	Sportzone	5500000	Person	0,050000	0,020000
311	Hof	5500000	Person	0,050000	0,020000
310	Staedtisches Gruen	5500000	Person	0,100000	0,010000
401	Obstbauflaeche	5500000	Person	0,010000	0,000100
402	Weinbauflaeche	5500000	Person	0,010000	0,000100
403	Weide, Wiese, Alm	5500000	Person	0,001000	0,000010
441	Wald	5500000	Person	0,001000	0,000010
445	Auwald	5500000	Person	0,001000	0,000010
481	Brachland	5500000	Person	0,001000	0,000010
482	Schotterfeld, Geroellhalde	5500000	Person	0,000100	0,000010
498	Felsgebiet	5500000	Person	0,000001	0,000010
499	Fels	5500000	Person	0,000001	0,000010
501	Sumpf, Teich	5500000	Person	0,000001	0,000010
502	Wasserflaechen (Becken)	5500000	Person	0,000001	0,000010
503	Wasserflaechen (Fluss)	5500000	Person	0,000001	0,000010

**Anhang 9: Verkehrszählstelle Welsberg – Tagesauswertung 2011**

Standort-Kode	Straßennummer	Zählstelle	Datum	Täglich vorbeifahrende Fahrzeuge
31	SS.49..	Welsberg	01.01.2011	5 448
31	SS.49..	Welsberg	02.01.2011	7 612
31	SS.49..	Welsberg	03.01.2011	6 427
31	SS.49..	Welsberg	04.01.2011	6 415
31	SS.49..	Welsberg	05.01.2011	6 542
31	SS.49..	Welsberg	06.01.2011	5 844
31	SS.49..	Welsberg	07.01.2011	6 137
31	SS.49..	Welsberg	08.01.2011	6 798
31	SS.49..	Welsberg	09.01.2011	4 992
31	SS.49..	Welsberg	10.01.2011	4 390
31	SS.49..	Welsberg	11.01.2011	4 313
31	SS.49..	Welsberg	12.01.2011	4 492
31	SS.49..	Welsberg	13.01.2011	4 735
31	SS.49..	Welsberg	14.01.2011	4 935
31	SS.49..	Welsberg	15.01.2011	5 698
31	SS.49..	Welsberg	16.01.2011	4 956
31	SS.49..	Welsberg	17.01.2011	4 678
31	SS.49..	Welsberg	18.01.2011	4 705
31	SS.49..	Welsberg	19.01.2011	4 499
31	SS.49..	Welsberg	20.01.2011	4 631
31	SS.49..	Welsberg	21.01.2011	4 929
31	SS.49..	Welsberg	22.01.2011	5 880
31	SS.49..	Welsberg	23.01.2011	4 922
31	SS.49..	Welsberg	24.01.2011	4 760
31	SS.49..	Welsberg	25.01.2011	4 771
31	SS.49..	Welsberg	26.01.2011	4 713
31	SS.49..	Welsberg	27.01.2011	4 915
31	SS.49..	Welsberg	28.01.2011	4 992
31	SS.49..	Welsberg	29.01.2011	5 526
31	SS.49..	Welsberg	30.01.2011	4 675
31	SS.49..	Welsberg	31.01.2011	4 859
31	SS.49..	Welsberg	01.02.2011	4 831
31	SS.49..	Welsberg	02.02.2011	4 886
31	SS.49..	Welsberg	03.02.2011	5 065
31	SS.49..	Welsberg	04.02.2011	5 376
31	SS.49..	Welsberg	05.02.2011	6 306
31	SS.49..	Welsberg	06.02.2011	4 702
31	SS.49..	Welsberg	07.02.2011	4 745
31	SS.49..	Welsberg	08.02.2011	4 752
31	SS.49..	Welsberg	09.02.2011	4 832
31	SS.49..	Welsberg	10.02.2011	4 972
31	SS.49..	Welsberg	11.02.2011	5 161
31	SS.49..	Welsberg	12.02.2011	5 750
31	SS.49..	Welsberg	13.02.2011	4 488

Entwicklung einer Methode zur Berechnung des zu erwartenden Schadens auf Grund von Naturgefahren in Südtirol

31	SS.49..	Welsberg	14.02.2011	4 843
31	SS.49..	Welsberg	15.02.2011	5 063
31	SS.49..	Welsberg	16.02.2011	4 880
31	SS.49..	Welsberg	17.02.2011	4 905
31	SS.49..	Welsberg	18.02.2011	5 445
31	SS.49..	Welsberg	19.02.2011	7 143
31	SS.49..	Welsberg	20.02.2011	5 346
31	SS.49..	Welsberg	21.02.2011	4 756
31	SS.49..	Welsberg	22.02.2011	4 982
31	SS.49..	Welsberg	23.02.2011	5 347
31	SS.49..	Welsberg	24.02.2011	5 218
31	SS.49..	Welsberg	25.02.2011	5 502
31	SS.49..	Welsberg	26.02.2011	5 917
31	SS.49..	Welsberg	27.02.2011	4 605
31	SS.49..	Welsberg	28.02.2011	4 684
31	SS.49..	Welsberg	01.03.2011	4 753
31	SS.49..	Welsberg	02.03.2011	5 022
31	SS.49..	Welsberg	03.03.2011	4 615
31	SS.49..	Welsberg	04.03.2011	5 203
31	SS.49..	Welsberg	05.03.2011	5 761
31	SS.49..	Welsberg	06.03.2011	4 615
31	SS.49..	Welsberg	07.03.2011	5 440
31	SS.49..	Welsberg	08.03.2011	5 193
31	SS.49..	Welsberg	09.03.2011	5 395
31	SS.49..	Welsberg	10.03.2011	5 431
31	SS.49..	Welsberg	11.03.2011	5 610
31	SS.49..	Welsberg	12.03.2011	6 007
31	SS.49..	Welsberg	13.03.2011	4 444
31	SS.49..	Welsberg	14.03.2011	4 752
31	SS.49..	Welsberg	15.03.2011	4 761
31	SS.49..	Welsberg	16.03.2011	5 134
31	SS.49..	Welsberg	17.03.2011	4 771
31	SS.49..	Welsberg	18.03.2011	5 414
31	SS.49..	Welsberg	19.03.2011	5 275
31	SS.49..	Welsberg	20.03.2011	4 862
31	SS.49..	Welsberg	21.03.2011	4 820
31	SS.49..	Welsberg	22.03.2011	4 770
31	SS.49..	Welsberg	23.03.2011	4 938
31	SS.49..	Welsberg	24.03.2011	5 093
31	SS.49..	Welsberg	25.03.2011	4 999
31	SS.49..	Welsberg	26.03.2011	4 764
31	SS.49..	Welsberg	27.03.2011	3 802
31	SS.49..	Welsberg	28.03.2011	4 612
31	SS.49..	Welsberg	29.03.2011	4 699
31	SS.49..	Welsberg	30.03.2011	4 679
31	SS.49..	Welsberg	31.03.2011	4 822
31	SS.49..	Welsberg	01.04.2011	5 007

Entwicklung einer Methode zur Berechnung des zu erwartenden Schadens auf Grund von Naturgefahren in Südtirol

31	SS.49..	Welsberg	02.04.2011	4 228
31	SS.49..	Welsberg	03.04.2011	3 888
31	SS.49..	Welsberg	04.04.2011	4 591
31	SS.49..	Welsberg	05.04.2011	4 469
31	SS.49..	Welsberg	06.04.2011	4 593
31	SS.49..	Welsberg	07.04.2011	4 677
31	SS.49..	Welsberg	08.04.2011	4 741
31	SS.49..	Welsberg	09.04.2011	4 252
31	SS.49..	Welsberg	10.04.2011	4 195
31	SS.49..	Welsberg	11.04.2011	4 719
31	SS.49..	Welsberg	12.04.2011	4 599
31	SS.49..	Welsberg	13.04.2011	4 713
31	SS.49..	Welsberg	14.04.2011	4 791
31	SS.49..	Welsberg	15.04.2011	5 049
31	SS.49..	Welsberg	16.04.2011	4 144
31	SS.49..	Welsberg	17.04.2011	3 701
31	SS.49..	Welsberg	18.04.2011	4 909
31	SS.49..	Welsberg	19.04.2011	4 850
31	SS.49..	Welsberg	20.04.2011	5 098
31	SS.49..	Welsberg	21.04.2011	5 276
31	SS.49..	Welsberg	22.04.2011	5 231
31	SS.49..	Welsberg	23.04.2011	4 656
31	SS.49..	Welsberg	24.04.2011	4 411
31	SS.49..	Welsberg	25.04.2011	5 683
31	SS.49..	Welsberg	26.04.2011	5 807
31	SS.49..	Welsberg	27.04.2011	5 150
31	SS.49..	Welsberg	28.04.2011	5 093
31	SS.49..	Welsberg	29.04.2011	5 064
31	SS.49..	Welsberg	30.04.2011	4 008
31	SS.49..	Welsberg	01.05.2011	3 900
31	SS.49..	Welsberg	02.05.2011	4 718
31	SS.49..	Welsberg	03.05.2011	4 669
31	SS.49..	Welsberg	04.05.2011	4 802
31	SS.49..	Welsberg	05.05.2011	5 004
31	SS.49..	Welsberg	06.05.2011	5 102
31	SS.49..	Welsberg	07.05.2011	4 470
31	SS.49..	Welsberg	08.05.2011	4 483
31	SS.49..	Welsberg	09.05.2011	4 838
31	SS.49..	Welsberg	10.05.2011	4 793
31	SS.49..	Welsberg	11.05.2011	4 889
31	SS.49..	Welsberg	12.05.2011	4 894
31	SS.49..	Welsberg	13.05.2011	5 087
31	SS.49..	Welsberg	14.05.2011	3 954
31	SS.49..	Welsberg	15.05.2011	3 278
31	SS.49..	Welsberg	16.05.2011	4 845
31	SS.49..	Welsberg	17.05.2011	4 866
31	SS.49..	Welsberg	18.05.2011	4 887

Entwicklung einer Methode zur Berechnung des zu erwartenden Schadens auf Grund von Naturgefahren in Südtirol

31	SS.49..	Welsberg	19.05.2011	5 090
31	SS.49..	Welsberg	20.05.2011	5 242
31	SS.49..	Welsberg	21.05.2011	4 605
31	SS.49..	Welsberg	22.05.2011	4 635
31	SS.49..	Welsberg	23.05.2011	5 150
31	SS.49..	Welsberg	24.05.2011	5 276
31	SS.49..	Welsberg	25.05.2011	5 292
31	SS.49..	Welsberg	26.05.2011	5 407
31	SS.49..	Welsberg	27.05.2011	5 448
31	SS.49..	Welsberg	28.05.2011	4 642
31	SS.49..	Welsberg	29.05.2011	4 887
31	SS.49..	Welsberg	30.05.2011	5 500
31	SS.49..	Welsberg	31.05.2011	5 492
31	SS.49..	Welsberg	01.06.2011	5 873
31	SS.49..	Welsberg	02.06.2011	5 391
31	SS.49..	Welsberg	03.06.2011	7 561
31	SS.49..	Welsberg	04.06.2011	7 238
31	SS.49..	Welsberg	05.06.2011	7 272
31	SS.49..	Welsberg	06.06.2011	5 720
31	SS.49..	Welsberg	07.06.2011	5 595
31	SS.49..	Welsberg	08.06.2011	5 419
31	SS.49..	Welsberg	09.06.2011	5 705
31	SS.49..	Welsberg	10.06.2011	5 963
31	SS.49..	Welsberg	11.06.2011	4 855
31	SS.49..	Welsberg	12.06.2011	4 398
31	SS.49..	Welsberg	13.06.2011	4 706
31	SS.49..	Welsberg	14.06.2011	6 390
31	SS.49..	Welsberg	15.06.2011	6 061
31	SS.49..	Welsberg	16.06.2011	6 198
31	SS.49..	Welsberg	17.06.2011	6 355
31	SS.49..	Welsberg	18.06.2011	6 011
31	SS.49..	Welsberg	19.06.2011	5 870
31	SS.49..	Welsberg	20.06.2011	6 343
31	SS.49..	Welsberg	21.06.2011	6 389
31	SS.49..	Welsberg	22.06.2011	6 484
31	SS.49..	Welsberg	23.06.2011	6 953
31	SS.49..	Welsberg	24.06.2011	7 607
31	SS.49..	Welsberg	25.06.2011	7 812
31	SS.49..	Welsberg	26.06.2011	7 381
31	SS.49..	Welsberg	27.06.2011	6 526
31	SS.49..	Welsberg	28.06.2011	6 436
31	SS.49..	Welsberg	29.06.2011	6 362
31	SS.49..	Welsberg	30.06.2011	6 704
31	SS.49..	Welsberg	01.07.2011	7 072
31	SS.49..	Welsberg	02.07.2011	7 511
31	SS.49..	Welsberg	03.07.2011	7 262
31	SS.49..	Welsberg	04.07.2011	6 954

Entwicklung einer Methode zur Berechnung des zu erwartenden Schadens auf Grund von Naturgefahren in Südtirol

31	SS.49..	Welsberg	05.07.2011	7 070
31	SS.49..	Welsberg	06.07.2011	7 013
31	SS.49..	Welsberg	07.07.2011	7 671
31	SS.49..	Welsberg	08.07.2011	8 098
31	SS.49..	Welsberg	09.07.2011	9 175
31	SS.49..	Welsberg	10.07.2011	8 498
31	SS.49..	Welsberg	11.07.2011	7 489
31	SS.49..	Welsberg	12.07.2011	7 427
31	SS.49..	Welsberg	13.07.2011	7 312
31	SS.49..	Welsberg	14.07.2011	7 925
31	SS.49..	Welsberg	15.07.2011	7 925
31	SS.49..	Welsberg	16.07.2011	8 759
31	SS.49..	Welsberg	17.07.2011	8 161
31	SS.49..	Welsberg	18.07.2011	8 667
31	SS.49..	Welsberg	19.07.2011	7 815
31	SS.49..	Welsberg	20.07.2011	8 708
31	SS.49..	Welsberg	21.07.2011	8 563
31	SS.49..	Welsberg	22.07.2011	8 984
31	SS.49..	Welsberg	23.07.2011	8 815
31	SS.49..	Welsberg	24.07.2011	7 662
31	SS.49..	Welsberg	25.07.2011	8 167
31	SS.49..	Welsberg	26.07.2011	8 343
31	SS.49..	Welsberg	27.07.2011	8 365
31	SS.49..	Welsberg	28.07.2011	8 629
31	SS.49..	Welsberg	29.07.2011	8 880
31	SS.49..	Welsberg	30.07.2011	8 767
31	SS.49..	Welsberg	31.07.2011	8 180
31	SS.49..	Welsberg	01.08.2011	8 570
31	SS.49..	Welsberg	02.08.2011	8 640
31	SS.49..	Welsberg	03.08.2011	8 635
31	SS.49..	Welsberg	04.08.2011	9 241
31	SS.49..	Welsberg	05.08.2011	9 102
31	SS.49..	Welsberg	06.08.2011	9 174
31	SS.49..	Welsberg	07.08.2011	8 249
31	SS.49..	Welsberg	08.08.2011	9 874
31	SS.49..	Welsberg	09.08.2011	9 277
31	SS.49..	Welsberg	10.08.2011	10 389
31	SS.49..	Welsberg	11.08.2011	10 245
31	SS.49..	Welsberg	12.08.2011	10 329
31	SS.49..	Welsberg	13.08.2011	10 581
31	SS.49..	Welsberg	14.08.2011	9 279
31	SS.49..	Welsberg	15.08.2011	8 809
31	SS.49..	Welsberg	16.08.2011	10 212
31	SS.49..	Welsberg	17.08.2011	10 792
31	SS.49..	Welsberg	18.08.2011	10 938
31	SS.49..	Welsberg	19.08.2011	10 749
31	SS.49..	Welsberg	20.08.2011	10 311



Entwicklung einer Methode zur Berechnung des zu erwartenden Schadens auf Grund von Naturgefahren in Südtirol

31	SS.49..	Welsberg	21.08.2011	9 344
31	SS.49..	Welsberg	22.08.2011	10 220
31	SS.49..	Welsberg	23.08.2011	10 266
31	SS.49..	Welsberg	24.08.2011	10 101
31	SS.49..	Welsberg	25.08.2011	10 236
31	SS.49..	Welsberg	26.08.2011	9 825
31	SS.49..	Welsberg	27.08.2011	9 769
31	SS.49..	Welsberg	28.08.2011	8 587
31	SS.49..	Welsberg	29.08.2011	8 648
31	SS.49..	Welsberg	30.08.2011	8 289
31	SS.49..	Welsberg	31.08.2011	8 119
31	SS.49..	Welsberg	01.09.2011	8 263
31	SS.49..	Welsberg	02.09.2011	8 299
31	SS.49..	Welsberg	03.09.2011	8 781
31	SS.49..	Welsberg	04.09.2011	7 568
31	SS.49..	Welsberg	05.09.2011	7 595
31	SS.49..	Welsberg	06.09.2011	7 460
31	SS.49..	Welsberg	07.09.2011	7 424
31	SS.49..	Welsberg	08.09.2011	7 944
31	SS.49..	Welsberg	09.09.2011	8 111
31	SS.49..	Welsberg	10.09.2011	8 676
31	SS.49..	Welsberg	11.09.2011	9 126
31	SS.49..	Welsberg	12.09.2011	6 807
31	SS.49..	Welsberg	13.09.2011	6 647
31	SS.49..	Welsberg	14.09.2011	6 624
31	SS.49..	Welsberg	15.09.2011	7 019
31	SS.49..	Welsberg	16.09.2011	7 074
31	SS.49..	Welsberg	17.09.2011	6 938
31	SS.49..	Welsberg	18.09.2011	5 709
31	SS.49..	Welsberg	19.09.2011	4 954
31	SS.49..	Welsberg	20.09.2011	6 082
31	SS.49..	Welsberg	21.09.2011	6 297
31	SS.49..	Welsberg	22.09.2011	6 182
31	SS.49..	Welsberg	23.09.2011	6 637
31	SS.49..	Welsberg	24.09.2011	6 302
31	SS.49..	Welsberg	25.09.2011	6 416
31	SS.49..	Welsberg	26.09.2011	5 879
31	SS.49..	Welsberg	27.09.2011	5 789
31	SS.49..	Welsberg	28.09.2011	6 025
31	SS.49..	Welsberg	29.09.2011	6 164
31	SS.49..	Welsberg	30.09.2011	6 237
31	SS.49..	Welsberg	01.10.2011	6 055
31	SS.49..	Welsberg	02.10.2011	6 697
31	SS.49..	Welsberg	03.10.2011	6 657
31	SS.49..	Welsberg	04.10.2011	6 036
31	SS.49..	Welsberg	05.10.2011	5 749
31	SS.49..	Welsberg	06.10.2011	5 885

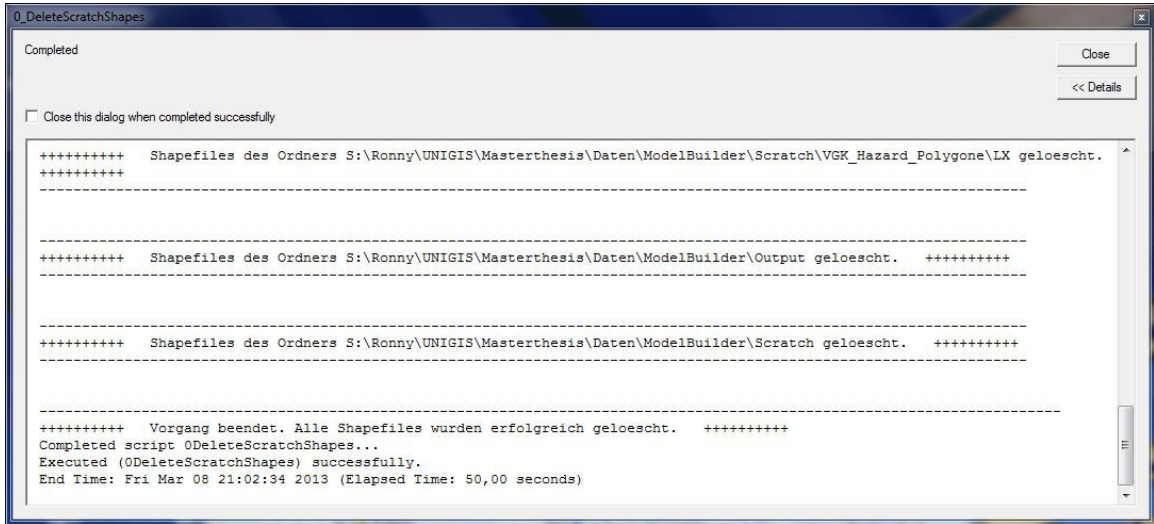
Entwicklung einer Methode zur Berechnung des zu erwartenden Schadens auf Grund von Naturgefahren in Südtirol

31	SS.49..	Welsberg	07.10.2011	5 228
31	SS.49..	Welsberg	08.10.2011	4 651
31	SS.49..	Welsberg	09.10.2011	4 028
31	SS.49..	Welsberg	10.10.2011	4 946
31	SS.49..	Welsberg	11.10.2011	5 010
31	SS.49..	Welsberg	12.10.2011	5 132
31	SS.49..	Welsberg	13.10.2011	5 296
31	SS.49..	Welsberg	14.10.2011	5 497
31	SS.49..	Welsberg	15.10.2011	4 775
31	SS.49..	Welsberg	16.10.2011	4 580
31	SS.49..	Welsberg	17.10.2011	5 051
31	SS.49..	Welsberg	18.10.2011	5 056
31	SS.49..	Welsberg	19.10.2011	4 871
31	SS.49..	Welsberg	20.10.2011	4 455
31	SS.49..	Welsberg	21.10.2011	5 198
31	SS.49..	Welsberg	22.10.2011	4 269
31	SS.49..	Welsberg	23.10.2011	3 746
31	SS.49..	Welsberg	24.10.2011	4 664
31	SS.49..	Welsberg	25.10.2011	4 561
31	SS.49..	Welsberg	26.10.2011	4 718
31	SS.49..	Welsberg	27.10.2011	5 070
31	SS.49..	Welsberg	28.10.2011	5 181
31	SS.49..	Welsberg	29.10.2011	4 594
31	SS.49..	Welsberg	30.10.2011	4 490
31	SS.49..	Welsberg	31.10.2011	5 928
31	SS.49..	Welsberg	01.11.2011	4 408
31	SS.49..	Welsberg	02.11.2011	5 393
31	SS.49..	Welsberg	03.11.2011	4 805
31	SS.49..	Welsberg	04.11.2011	4 638
31	SS.49..	Welsberg	05.11.2011	3 685
31	SS.49..	Welsberg	06.11.2011	2 983
31	SS.49..	Welsberg	07.11.2011	4 474
31	SS.49..	Welsberg	08.11.2011	4 378
31	SS.49..	Welsberg	09.11.2011	4 371
31	SS.49..	Welsberg	10.11.2011	4 521
31	SS.49..	Welsberg	11.11.2011	4 500
31	SS.49..	Welsberg	12.11.2011	3 937
31	SS.49..	Welsberg	13.11.2011	3 227
31	SS.49..	Welsberg	14.11.2011	4 403
31	SS.49..	Welsberg	15.11.2011	4 440
31	SS.49..	Welsberg	16.11.2011	4 436
31	SS.49..	Welsberg	17.11.2011	4 626
31	SS.49..	Welsberg	18.11.2011	4 532
31	SS.49..	Welsberg	19.11.2011	3 650
31	SS.49..	Welsberg	20.11.2011	3 280
31	SS.49..	Welsberg	21.11.2011	4 381
31	SS.49..	Welsberg	22.11.2011	4 308

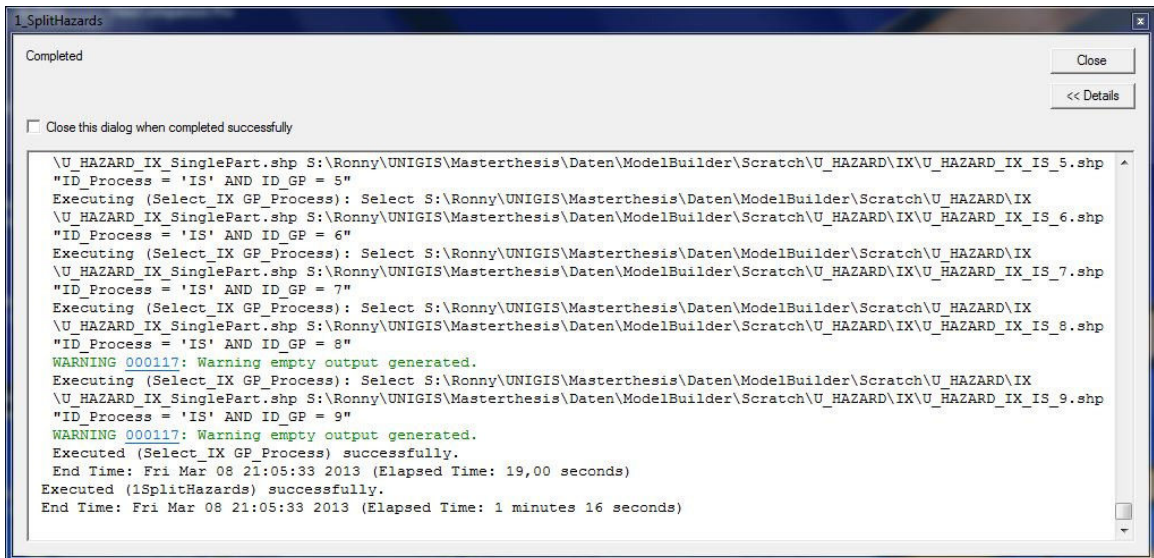
Entwicklung einer Methode zur Berechnung des zu erwartenden Schadens auf Grund von Naturgefahren in Südtirol

31	SS.49..	Welsberg	23.11.2011	4 410
31	SS.49..	Welsberg	24.11.2011	4 357
31	SS.49..	Welsberg	25.11.2011	4 783
31	SS.49..	Welsberg	26.11.2011	4 018
31	SS.49..	Welsberg	27.11.2011	3 646
31	SS.49..	Welsberg	28.11.2011	4 388
31	SS.49..	Welsberg	29.11.2011	4 503
31	SS.49..	Welsberg	30.11.2011	4 656
31	SS.49..	Welsberg	01.12.2011	4 781
31	SS.49..	Welsberg	02.12.2011	4 617
31	SS.49..	Welsberg	03.12.2011	3 927
31	SS.49..	Welsberg	04.12.2011	3 396
31	SS.49..	Welsberg	05.12.2011	4 606
31	SS.49..	Welsberg	06.12.2011	4 715
31	SS.49..	Welsberg	07.12.2011	5 187
31	SS.49..	Welsberg	08.12.2011	5 329
31	SS.49..	Welsberg	09.12.2011	7 150
31	SS.49..	Welsberg	10.12.2011	6 483
31	SS.49..	Welsberg	11.12.2011	4 762
31	SS.49..	Welsberg	12.12.2011	4 763
31	SS.49..	Welsberg	13.12.2011	4 636
31	SS.49..	Welsberg	14.12.2011	5 073
31	SS.49..	Welsberg	15.12.2011	5 210
31	SS.49..	Welsberg	16.12.2011	4 623
31	SS.49..	Welsberg	17.12.2011	4 124
31	SS.49..	Welsberg	18.12.2011	3 952
31	SS.49..	Welsberg	19.12.2011	4 905
31	SS.49..	Welsberg	20.12.2011	4 783
31	SS.49..	Welsberg	21.12.2011	4 801
31	SS.49..	Welsberg	22.12.2011	4 882
31	SS.49..	Welsberg	23.12.2011	4 826
31	SS.49..	Welsberg	24.12.2011	3 280
31	SS.49..	Welsberg	25.12.2011	3 152
31	SS.49..	Welsberg	26.12.2011	4 805
31	SS.49..	Welsberg	27.12.2011	5 603
31	SS.49..	Welsberg	28.12.2011	6 096
31	SS.49..	Welsberg	29.12.2011	6 018
31	SS.49..	Welsberg	30.12.2011	6 599
31	SS.49..	Welsberg	31.12.2011	4 770
31	SS.49..	Welsberg	Max	10 938
31	SS.49..	Welsberg	Min	2 983

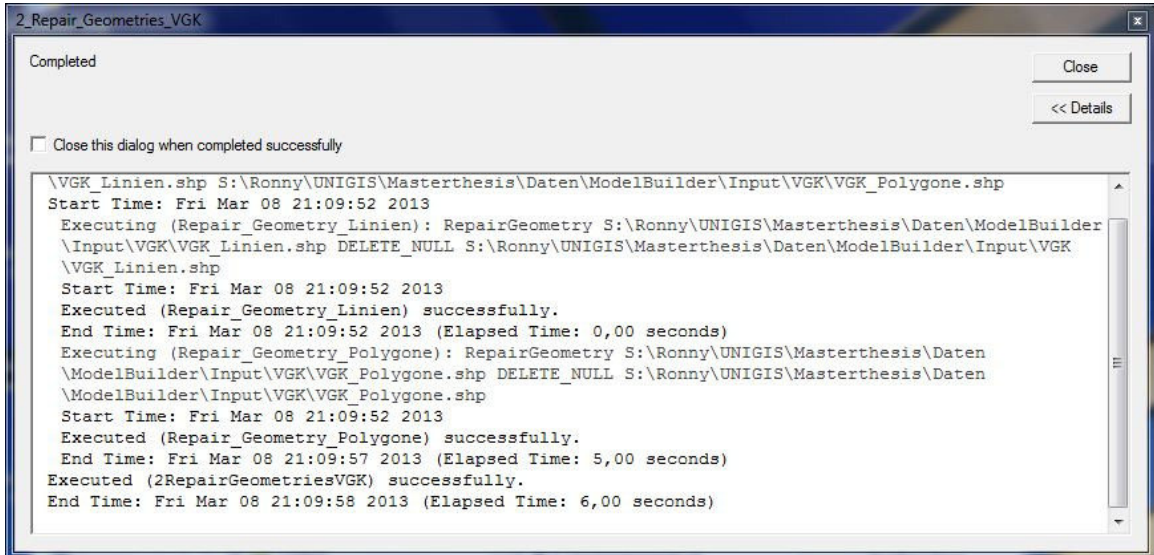
### Anhang 10: Screenshot – delete scratch files



### Anhang 11: Screenshot – Split Hazard Files



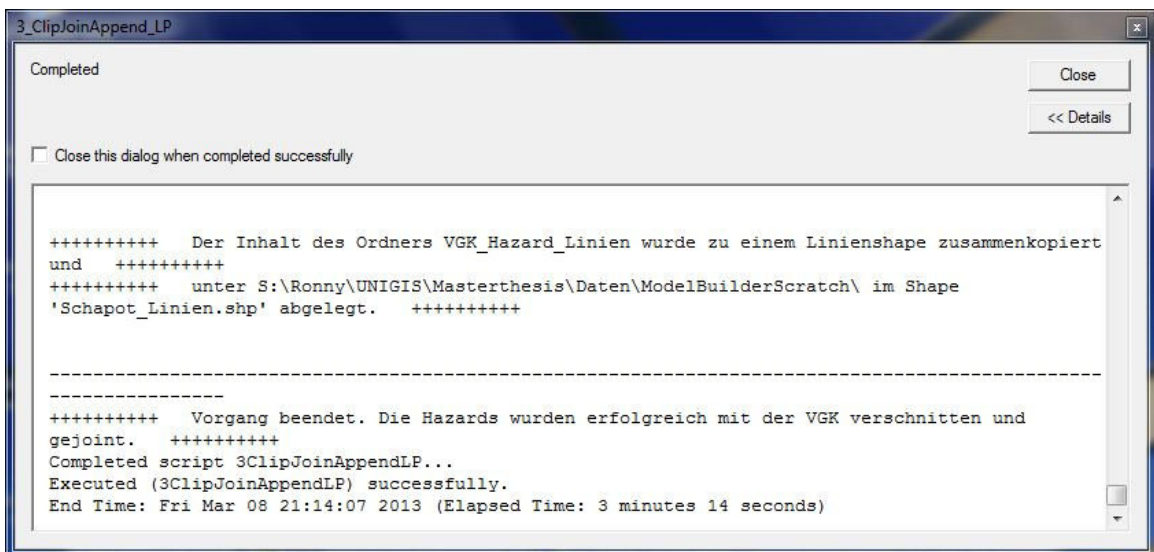
## Anhang 12: Screenshot – Repair Geometry



```
2_Repair_Geometries_VGK
Completed
Close
<< Details
 Close this dialog when completed successfully

\\VGK_Linien.shp S:\Ronny\UNIGIS\Masterthesis\Daten\ModelBuilder\Input\VGK\VGK_Polygone.shp
Start Time: Fri Mar 08 21:09:52 2013
Executing (Repair_Geometry_Linien): RepairGeometry S:\Ronny\UNIGIS\Masterthesis\Daten\ModelBuilder
\Input\VGK\VGK_Linien.shp DELETE_NULL S:\Ronny\UNIGIS\Masterthesis\Daten\ModelBuilder\Input\VGK
\VGK_Linien.shp
Start Time: Fri Mar 08 21:09:52 2013
Executed (Repair_Geometry_Linien) successfully.
End Time: Fri Mar 08 21:09:52 2013 (Elapsed Time: 0,00 seconds)
Executing (Repair_Geometry_Polygone): RepairGeometry S:\Ronny\UNIGIS\Masterthesis\Daten
\ModelBuilder\Input\VGK\VGK_Polygone.shp DELETE_NULL S:\Ronny\UNIGIS\Masterthesis\Daten
\ModelBuilder\Input\VGK\VGK_Polygone.shp
Start Time: Fri Mar 08 21:09:52 2013
Executed (Repair_Geometry_Polygone) successfully.
End Time: Fri Mar 08 21:09:57 2013 (Elapsed Time: 5,00 seconds)
Executed (2RepairGeometriesVGK) successfully.
End Time: Fri Mar 08 21:09:58 2013 (Elapsed Time: 6,00 seconds)
```

## Anhang 13: Screenshot – Clip and Join



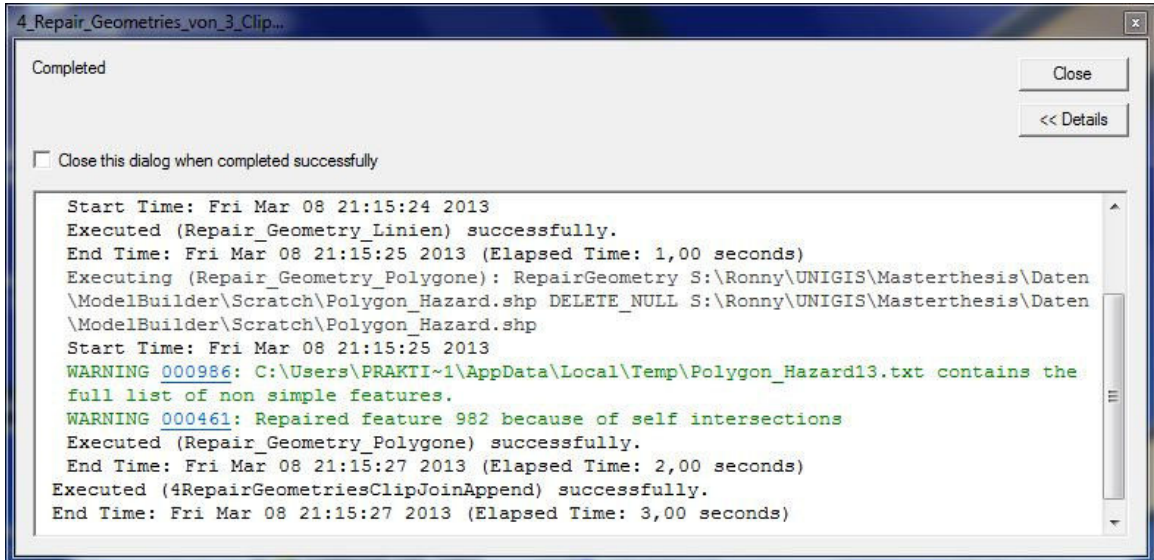
```
3_ClipJoinAppend_LP
Completed
Close
<< Details
 Close this dialog when completed successfully

+++++++ Der Inhalt des Ordners VGK_Hazard_Linien wurde zu einem Linienshape zusammenkopiert
und ++++++
+++++++ unter S:\Ronny\UNIGIS\Masterthesis\Daten\ModelBuilderScratch\ im Shape
'Schapot_Linien.shp' abgelegt. ++++++

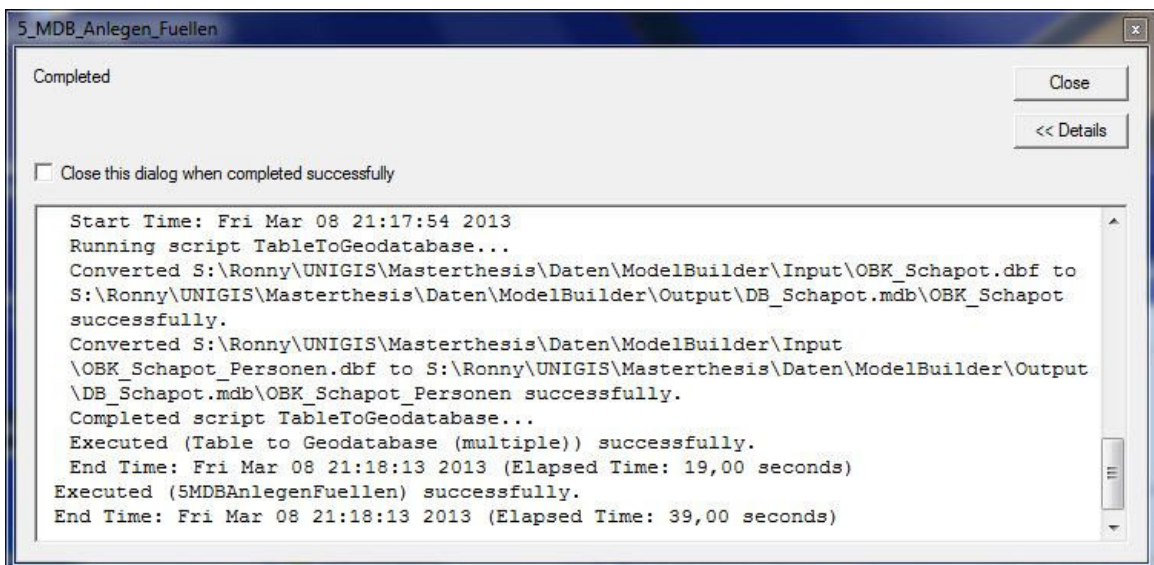
-----

+++++++ Vorgang beendet. Die Hazards wurden erfolgreich mit der VGK verschnitten und
gejoint. ++++++
Completed script 3ClipJoinAppendLP...
Executed (3ClipJoinAppendLP) successfully.
End Time: Fri Mar 08 21:14:07 2013 (Elapsed Time: 3 minutes 14 seconds)
```

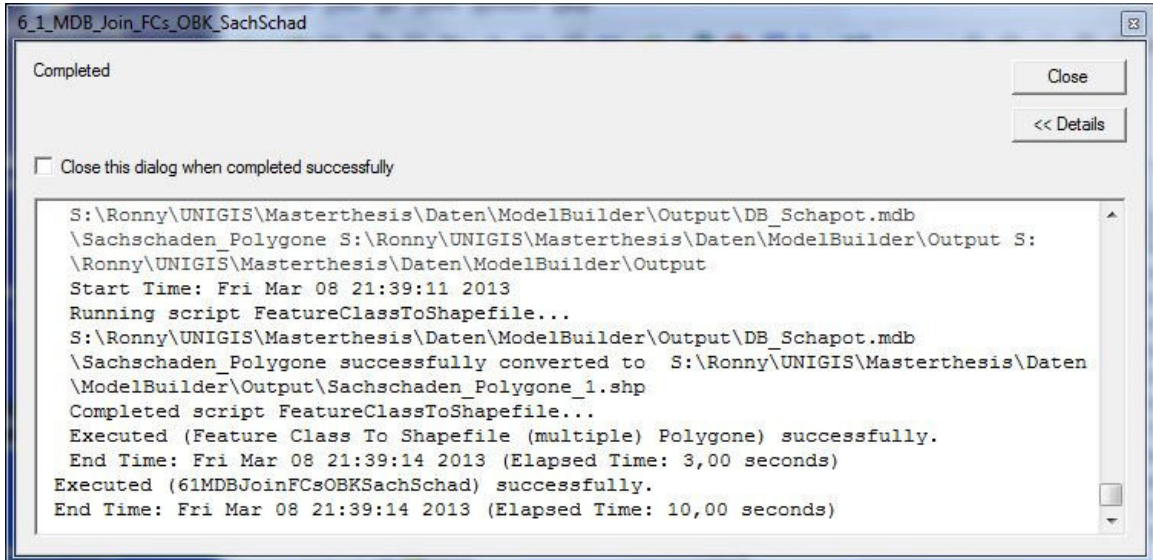
#### Anhang 14: Screenshot – Repair Geometry



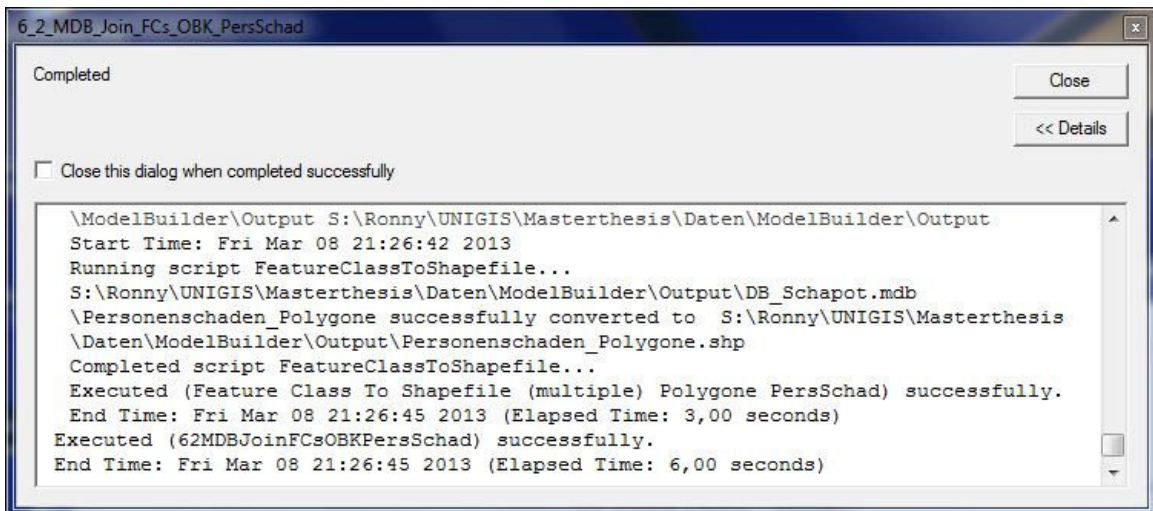
#### Anhang 15: Screenshot – Anlegen und Füllen der MDB



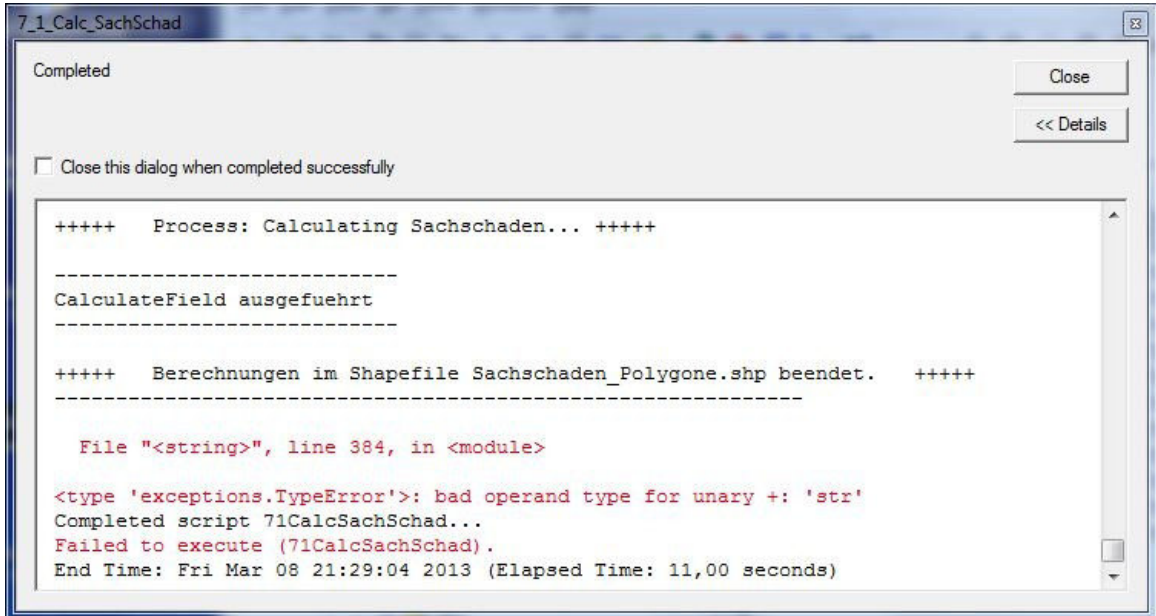
**Anhang 16: Screenshot – Join der Feature Classes mit dem Objektkatalog - Sachschaden**



**Anhang 17: Screenshot – Join der Feature Classes mit dem Objektkatalog - Personenschaden**



**Anhang 18: Screenshot – Berechnung des Sachschadens (funktioniert trotz Fehlermeldung)**



**Anhang 19: Screenshot – Berechnung des Personenschadens (funktioniert trotz Fehlermeldung)**

