



BFW-DOKUMENTATION 6/2007
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für
Wald, Naturgefahren und Landschaft

**Dokumentation und Analyse
der Schadensereignisse 2005
in den Gemeinden Gasen und
Haslau (Steiermark)**

*Documentation and Analyses of
Disasters 2005 in the Communities of
Gasen and Haslau (Styria)*

P. ANDRECS, K. HAGEN, E. LANG, U. STARY,
K. GARTNER, E. HERZBERGER,
F. RIEDEL, T. HAIDEN

FDK 424.1/2.:116.2:(436)

Empfohlene Zitierung:

Dokumentation und Analyse der Schadensereignisse 2005 in den Gemeinden Gasen und Haslau (Steiermark) / P. Andrecs, K. Hagen, E. Lang, U. Stary, K. Gartner, E. Herzberger, F. Riedel, T. Haiden / BFW-Dokumentation; Schriftenreihe des Bundesforschungs- und Ausbildungszentrums für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Wien, 2007, Nr. 6, 75 S.

ISSN 1811-3044

Copyright 2007 by

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft

Für den Inhalt verantwortlich:

Leiter: Dipl.-Ing. Dr. Harald Mauser

Herstellung und Druck:

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft

Seckendorff-Gudent-Weg 8

A-1131 Wien

URL: <http://bfw.ac.at>

Bestellungen und Tauschverkehr:

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft

Bibliothek

Seckendorff-Gudent-Weg 8

A-1131 Wien

Tel. + 43-1-878 38 1216

Fax. + 43-1-878 38 1250

E-mail: bibliothek@bfw.gv.at

Online Bestellungen: http://bfw.ac.at/order_online

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	1
Abstract	1
1. Einleitung	2
2. Methodik	3
2.1 Allgemeine Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	3
2.1.1 Schadenschroniken des Untersuchungsgebietes.....	3
2.1.1.1 Gemeinde Gasen.....	3
2.1.1.2 Gemeinde Haslau.....	4
2.2 Methodik der Schadensdokumentation	4
2.2.1 Vorbereitungsarbeiten.....	4
2.2.2 Erhebungsmethodik vor Ort.....	5
2.2.3 Umfang der Erhebungsarbeiten	6
2.3 Meteorologische Situation	7
2.3.1 Allgemeines.....	7
2.3.2 Beschreibung der Wetterlage	7
2.3.3 Niederschlagsverhältnisse rund um Gasen.....	8
2.3.3.1 Allgemeine Beschreibung.....	8
2.3.3.2 Nowcasting System INCA der ZAMG	8
2.3.3.3 Ereignisablauf.....	9
2.4 Geologie des Untersuchungsgebietes.....	13
2.4.1 Untersuchungsmethodik.....	13
2.4.1.1 Geotechnische Gesteinseigenschaften	13
2.4.1.2 Strukturgeologische Aufnahme(Kluftaufnahme, Schieferungseinfällen).....	13
2.4.1.3 Hydrogeologische Übersichtsaufnahme	13
2.4.2 Geographischer Überblick - Ortsangaben.....	13
2.4.3 GeologischerÜberblick.....	13
3. Ursachenanalyse und Ergebnisse	16
3.1 Hochwasser.....	16
2.1.1 Hochwassersituation im Gesamtgebiet.....	16
3.1.2 Hochwassersituation im Rauschergraben - Detailbeschreibung.....	18
3.1.2.1 Ereignisablauf - Schäden	18
3.1.2.2 Maßnahmen - Vorschläge	20
3.2 Rutschungen	20
3.2.1 Rutschungssituation im Gesamtgebiet.....	20
3.2.2 Großrutschungen im Bereich Amasseggerbach - Detailbeschreibung.....	21
3.3 Auswertungen der nach „5W-Standard“ erhobenen Parameter	25
3.3.1 Ausmaß der Schadensereignisse	25
3.3.1.1 Massenbewegungen.....	25
3.3.1.2 Einzelrutschungen.....	27
3.3.2 Schäden	29
3.3.2.1 Personenschäden	29
3.3.2.2 Sachschäden	29

3.3.3	Ursachen	30
3.3.3.1	Allgemeiner Überblick.....	30
3.3.3.2	Anthropogener Einfluss	32
3.3.4	Gefahrenpotenzial	35
3.4	Meteorologie	35
3.4.1	Intensitäten und Niederschlagsmengen im langjährigen Vergleich	35
3.4.1.1	Maximale Niederschlagsintensitäten kurzer Dauer	35
3.4.1.2	Ereignis-Niederschlagsmengen.....	37
3.4.1.3	Vorniederschlagsmengen	37
3.5	Standort	38
3.5.1	Allgemeines.....	38
3.5.2	Landwirtschaftliche Flächen und das Auftreten von Schäden.....	39
3.5.3	Schäden auf Waldflächen	43
3.5.4	Zusammenfassende Bemerkungen zum Einfluss des Standorts	45
3.6	Geologie.....	45
3.6.1	Geologische Verhältnisse - Festgestein	45
3.6.2	Geotechnische Eigenschaften der Festgesteine	48
3.6.3	Geologische Verhältnisse - Lockermaterial.....	48
3.6.3.1	Zusammensetzung der Lockermaterialauflage.....	48
3.6.4	Geomorphologische Prozesse	50
3.6.5	Strukturgeologie	53
3.6.6	Hydrologie und Hydrogeologie	53
3.6.7	Zusätzliche geologische Gutachten	54
4.	Diskussion	55
4.1	Bemessungsereignis, Gefahrenpotenzial und Gefahrenzonenpläne	55
4.1.1	Gerinnebereich	55
4.1.1.1	Abschätzung des Geschiebepotenzials im Bereich des Amasseggerbachs.....	56
4.1.2	Hangbereich	58
4.1.2.1	Beurteilung der Wirkungsweise schutztechnischer Maßnahmen	59
4.1.3	Auswirkungen des Straßen- und Wegebaus	60
4.1.3.1	Straßen und Wege im Bereich von Rutschungen.....	60
4.1.3.2	Straßen und Wege im Bereich von Grabenquerungen	61
4.1.3.3	Maßnahmen zur Verminderung negativer Auswirkungen des Straßen- und Wegebaus auf die Hangstabilität.....	62
4.2	Anmerkungen zur Aufnahmethodik	62
4.3	Meteorologie	64
4.3.1	Evaluierung INCA	64
4.3.1.1	Räumliche Struktur der Niederschlagsverteilung.....	64
4.3.1.2	Zeitlicher Ablauf des Ereignisses	66
4.4	Standort, Vorniederschlag und Bodenfeuchte	68
4.5	Schlussfolgerungen aus den geologischen Untersuchungen	70
4.5.1	Interpretation der Ergebnisse	70
4.5.2	Auslösemechanismen	70
4.5.3	Präventive Maßnahmen	70
4.6	Parametervergleich mit anderen Untersuchungen.....	72
5.	Zusammenfassung	73
6.	Literaturverzeichnis	74

Dokumentation und Analyse der Schadensereignisse 2005 in den Gemeinden Gasen und Haslau (Steiermark)

P. ANDRECS¹, K. HAGEN¹, E. LANG¹, U. STARY¹, K. GARTNER², E. HERZBERGER²,
F. RIEDEL³, T. HAIDEN⁴

¹*Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Wien*

²*Institut für Waldökologie und Boden, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Wien*

³*Geologe im Auftrag des BFW*

⁴*Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien*

Kurzfassung. Im August 2005 fanden in weiten Teilen Österreichs schwere Unwetter statt, die zu enormen Schäden führten. Das Lebensministerium (BMLFUW) beauftragte daraufhin das BFW mit einer detaillierten Dokumentation der Schadensereignisse in den am stärksten betroffenen Gebieten der Steiermark (Gemeinden Gasen und Haslau bei Birkfeld) und Vorarlbergs. Die Dokumentation der Hochwasserereignisse, Massenbewegungen und Rutschungen erfolgte nach der Methodik des „5W-Standards“, bei der bestimmte Parameter nach festgelegten Standards erhoben werden um damit die Kriterien des Was, Wer, Wo, Wann und Warum von Schadensereignissen näher zu beschreiben. Die im Gelände erhobenen Daten wurden anschließend in das Ereignismeldungsportal des digitalen Wildbach- und Lawinenkatasters eingebracht.

Auswertungen dieser digital erfassten Daten sind ein Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit. Dabei wird das Schadensausmaß detailliert dargestellt und die Ursachen und Auslösemechanismen der Schadensprozesse analysiert. Ergänzt werden diese Auswertungen durch Untersuchungen der meteorologischen Rahmenbedingungen, wofür ein neu entwickeltes Analysetool der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik eingesetzt wurde. Die Ergebnisse eines für die Geländeerhebungen vom BFW beauftragten Geologen lieferten zusätzlich geotechnische sowie struktur- und hydrogeologische Details. Diese wurden mit am BFW vorhandenen Daten aus Standortskartierungen und Kartierungen der landwirtschaftlichen Böden in Zusammenhang gestellt. Neben diesen Auswertungen werden in der vorliegenden Arbeit auch die im Rahmen des Praxiseinsatzes des Dokumentationsverfahrens gewonnenen Erkenntnisse vorgestellt und die daraus abgeleiteten Vorschläge für eine Weiterentwicklung dieser Methodik präsentiert.

Schlüsselworte: Massenbewegungen, Rutschungen, Dokumentation von Katastrophenergebnissen, Analyse von Schadensereignissen

Abstract. [Documentation and Analyses of Disasters 2005 in the Communities of Gasen and Haslau (Styria).] In August 2005, Austria was hit by heavy rain events which caused severe damages. For this reason, BFW was charged by the Austrian Ministry for Agriculture, Forestry, Environment and Water Management (BMLFUW) to make a detailed investigation on the disasters in the most affected areas of Styria (the communities of Gasen and Haslau near Birkfeld) and Vorarlberg. The documentation of flood events, mass movements and landslides followed the „5W-concept“, the five axes that somehow identify the information event: What, Who, Where, When and Why. As a next step, field data were entered into the gateway for event announcements of the digital torrent and avalanche register.

This paper concentrates mainly on the interpretation of digitally recorded data. On the one hand, the extent of losses is shown in detail, on the other hand, the causes and trigger mechanisms that initiate these processes are analysed. Interpretations are completed by data on meteorological conditions. For this purpose, a recently developed analysis tool of the Central Institute for Meteorology and Geodynamics was used. The results of field surveys of a geologist commissioned by BFW provided additional geotechnical, structure geological and hydrogeological information on damage processes. These were linked with data from site mapping and agricultural soil survey available at BFW.

Besides these interpretations the present publication provides an insight into practical aspects of documentation work. Steps are suggested to further develop this method on the basis of the generated knowledge.

Keywords: mass movements, landslides, documentation of disaster events, analysis of disaster events

1. Einleitung

Ende August 2005 wurden in Österreich extreme Niederschläge verzeichnet, die in weiten Teilen des Landes Hochwasserereignisse und Massenbewegungen auslösten. Das großflächige Auftreten dieser Schadensereignisse und die dadurch verursachten enormen finanziellen Schäden veranlassten das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), eine umfassende Dokumentation dieser Ereignisse durchzuführen. Neben Dienststellen des BMLFUW wurden auch die Universität für Bodenkultur und das BFW mit Erhebungen beauftragt. Das BFW wurde dabei mit der Dokumentation der Schadensereignisse in der Steiermark und in Vorarlberg betraut.

Die Dokumentation erfolgte nach den Vorgaben eines einheitlichen - von der Abteilung Wildbach- und Lawinenverbauung (WLW) des Lebensministerium vorgegebenen - Standards und wurde durch Detailerhebungen in ausgewählten Wildbacheinzugsgebieten ergänzt. Die Ergebnisse wurden im Bericht „Hochwasser 2005 - Ereignisdokumentation“ (BMLFUW, 2006) veröffentlicht und geben einen umfassenden, österreichweiten Überblick über die Geschehnisse.

Der vorliegende BFW-Bericht stellt eine detaillierte Ergänzung zum Bericht des Bundesministeriums dar.

Die Erhebungen der Katastrophenereignisse des Jahres 2005 waren durch einige Besonderheiten gekennzeichnet und umfassten aus Eigeninteresse des BFW als Forschungsstelle für Naturgefahren über die beauftragten Arbeiten hinausgehend folgende Themenbereiche:

- **Prüfung des neuen**

- **Dokumentationsverfahrens**

- Die angewandte neue Methodik der generellen Ereignisdokumentation sowie die erstmalige Verwendung des Ereignismeldungsportals des digitalen Wildbach- und Lawinenkatasters (WLK) in der Praxis stellten sowohl für die Entwickler dieser Software als auch für die Anwender eine Herausforderung dar. Ein Teil der vorliegenden Arbeit widmet sich daher eingehend den von den Aufnahmeteams des BFW gemachten Erfahrungen, liefert Verbesserungsvorschläge und Denkanstöße zur Weiterentwicklung der Aufnahmemethodik und der Software.

- **Wissenschaftliche Detailerhebungen und Analysen**

- Eine fundierte Analyse der zu den Katastrophenereignissen führenden Ursachen sowie der dabei abgelaufenen Prozesse ist auf alleiniger Basis der Daten der Erhebungen nach dem „5W-Standard“ (vgl. 2.1.2.) nicht möglich, ist aber im Bereich der Gefahrenprävention vorteilhaft. Als Dienstleister für die Erarbeitung von wissenschaftlichen Grundlagen liegt die Beantwortung solcher Fragestellungen im höchsten Interesse des BFW.

- Es wurden daher umfangreiche Detailerhebungen vom Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen des BFW durchgeführt, die durch fachübergreifende Zusammenarbeit, u.a. mit dem Institut für Waldökologie und Boden am BFW und der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) eine wesentliche Bereicherung erfuhren. Der notwendige und gewünschte Praxisbezug wurde durch laufende Kontakte mit den Gebietszuständigen der Wildbach- und Lawinenverbauung hergestellt. Der Darstellung der Datengrundlagen, der Ursachenanalyse und deren Ergebnisse wird daher in der vorliegenden Arbeit ein großes Kapitel gewidmet.

- **Aufzeigen von Grenzen und Vorschläge für weitere Untersuchungen und Maßnahmen**

- Auch das Aufzeigen der Grenzen der Analysen bzw. der Aussagekraft der bisher vorliegenden Daten war ein Teil der Arbeit. Da bei den Felderhebungen die Zeit/Rutschung durch die Dringlichkeit der Dokumentation und die Vielzahl der Schadensfälle zeitlich sehr begrenzt war, konnte nur eine beschränkte Anzahl von Parametern aufgenommen bzw. untersucht werden. Zusätzlich sind manche Einflussfaktoren starken jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen.

- Es wurde daher untersucht, welche Richtung künftige, ergänzende Erhebungen verfolgen sollten und ein Paket an Maßnahmen und Verbesserungsvorschlägen erarbeitet. Am Beispiel der Steiermark zeigt ein Maßnahmenkatalog weitere notwendige Untersuchungen im Hinblick auf gewünschte, räumlich detailliertere Aussagen zur Abgrenzung von durch Massenbewegungen gefährdeten Bereichen auf.

2. Methodik

2.1 Allgemeine Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Die Gemeinden Gasen und Haslau bei Birkfeld liegen an den Ausläufern der Fischbacher Alpen, die dem steirischen Randgebirge zugeordnet werden. Das Gemeindegebiet Gasen weist eine Fläche von 33,88 km² auf, jenes von Haslau 14,01 km². Die Gemeinden werden im Norden vom Höhenzug Reschenkogel - Knappensattel - Ochsenkogel - Pirbachkogel, im Westen vom Höhenzug Mitterbachkogel - Zechnerschlag sowie im Süden vom Höhenzug Plankogel - Streberkogel - Offner Berg - Offner Kreuz - Königskogel begrenzt. Das Gebiet erstreckt sich vom tiefsten Punkt an der östlichen Gemeindegrenze von Haslau mit 600 m Seehöhe bis zum höchsten Punkt im Gemeindegebiet Gasen dem Plankogel mit 1530 m.

In den beiden Gemeinden wohnen insgesamt 1.511 Menschen. Anfang des vorigen Jahrhunderts war das Gebiet noch ein typisches Bergbauggebiet, in dem Arsen, Silber und Magnetit abgebaut wurden. Als der Bergbau allmählich stillgelegt wurde, entwickelten sich die Orte immer mehr zu landwirtschaftlichen Gemeinden mit einem zunehmenden Pendleranteil. Die Gemeinde Gasen hat den höchsten Bergbauernanteil der Steiermark, Flächen werden bis in höhere Lagen landwirtschaftlich genutzt. (Quelle: Gefahrenzonenpläne der Gemeinden Gasen und Haslau).

Die zentralen Orte der Gemeinden sind das Dorf Gasen, das an der Einmündung des Mitterbaches in den Gasenbach gelegen ist und Haslau, das teilweise auf einem Sattel zwischen Teitzbach und Gasenbach liegt. Entlang des Gasenbaches bestehen noch vereinzelt Weiler, die sich um Gasthäuser oder Gewerbebetriebe gebildet haben. Das übrige Gebiet der beiden Gemeinden ist durch Einzelgehöfte (Bergbauernhöfe) gekennzeichnet.

Der geologische Untergrund (oberostalpinen Deckenstockwerk) wird dem Grazer Paläozoikum und dem Angerkristallin zugeordnet. Das Grazer Paläozoikum bildet innerhalb des tektonischen Stockwerkbaues der Ostalpen eine über die unterlagernden Kristallineinheiten verfrachtete Überschiebungsdecke, die in sich eine komplizierte Zerlegung in etliche Teildecken und zahlreiche Schuppen aufweist. Durch das Fehlen einer eiszeitlichen Vergletscherung konnten sich mächtige Lockermaterialauflagen aus tertiären Verwitterungskörpern aufbauen.

Die tiefer liegenden Bereiche der Region sind dem Tal- und Beckenklima (600 - 1000 m), die höher gelegenen Gebiete der unteren Berglandstufe (1000 - 1400 m) des Randgebirges zuzuordnen. Diese Klimabereiche sind mäßig winterkalt und mäßig sommerwarm bis sommerkühl (über 1000 m).

Entscheidend ist die abschirmende Wirkung, die diese Landschaft sowohl bezüglich nordalpiner als auch südalpiner Niederschlagslagen genießt. So sind Nordstaulagen mit Ausnahme des Sommers bei weitem nicht so niederschlagsintensiv wie in den nördlichen Randgebieten der Alpen. Sie werden für das Niederschlagsgeschehen der kalten Jahreszeit sogar ziemlich bedeutungslos. Entsprechendes gilt auch für echte südalpine Niederschlagslagen im Winter. Umgekehrt gewinnen die südostalpinen Niederschlagslagen an Bedeutung. Ähnlich wie im Alpeninneren erlangen hier zyklonale Lagen gegenüber den advektiven die entscheidende Bedeutung, woraus sich die ausgeprägte Niederschlagsarmut im Winter herleitet.

Im Sommer sind alle nord- und gesamtalpinen Niederschlagslagen auffallend kräftig wirksam, doch äußert sich dies nur durch kurzzeitige, an Fronten gebunden Gewitter (zirka 35 Ereignisse pro Jahr), die während der Sommermonate den Hauptanteil der Niederschläge bringen und häufig mit Hagelschlag verbunden sind. Es ist mit einem mittleren Jahresniederschlag von etwa 1000 mm zu rechnen.

Beide Gemeindegebiete gehören dem südöstlichen randalpinen Fichten-, Tannen-, Buchenwaldgebiet (nördlicher Wuchsbezirk) an. Die dominierenden natürlichen Waldgesellschaften sind Buchenwälder in tieferen bzw. Fichten- Tannen- Buchenwälder in höheren Lagen. Der Bewaldungsanteil liegt in Gasen bei 53 %, vor allem Steilhänge und Schattenseiten der Gräben sind bewaldet. Haslau ist zu ca. 80 % bewaldet, wobei der Bewaldungsanteil in den letzten Jahrzehnten zugenommen hat. Der Wald stand früher unter starker Weidebelastung.

2.1.1 Schadenschroniken des Untersuchungsgebietes

2.1.1.1 Gemeinde Gasen

Im Gefahrenzonenplan (GZP) der Gemeinde Gasen (WLW, 1997) wurde erstmals das Jahr 1891 mit zwei Schadensfällen erwähnt. In den Einzugsgebieten des Mitterbaches und des Aubaches wurden in diesem Jahr Katastrophenhochwasserereignisse verzeichnet. Insgesamt sind in diesem GZP 31 Berichte aus den einzelnen Teileinzugsgebieten angeführt, wobei der

größte Teil davon neun Schadensereignissen zugeordnet werden kann. Alle aufgezeichneten Ereignisse, die bestimmten Monaten zugeordnet werden konnten, fanden in den Monaten Mai bis August statt. Schneeschmelze spielte also keine Rolle. Herbstunwetter wurden nicht aufgezeichnet.

In 29 Berichten wird als Schadensursache Hochwasser angegeben, 16 davon erwähnen darüber hinaus Geschiebebelastungen. In 12 Berichten ist von Uferanbrüchen die Rede. Muren und Erdlawinen werden in jeweils zwei Berichten als Auslöser beschrieben, ein Bericht handelt von einer Rutschung. Erwähnenswert sind vor allem die beiden Berichte aus dem Jahr 1972, in denen zahlreiche Erdlawinen angeführt werden. Es könnte sich hierbei um eine Situation gehandelt haben, die jener des August 2005 ähnlich war.

2.1.1.2 Gemeinde Haslau

Der GZP der Gemeinde Haslau (WLW, 2004) enthält auch Schadensereignisse jüngerer Datums. So geht z.B. aus diesem GZP hervor, dass Haslau erst am 9. August 2004 im Zuge eines Gewitters von einem Hochwasserereignis heimgesucht worden ist.

In der Wildbachchronik des GZP Haslau sind insgesamt 23 Berichte aufgelistet, die neun Ereignissen zugeordnet werden können. Vier dieser neun Ereignisse werden als „schwere Hochwässer“, vier weitere als „mittlere Hochwässer“ bezeichnet. In sechs Berichten werden Muren, in drei Berichten Geschiebe als Schadensursache angegeben. Drei Berichte beziehen sich auf Rutschungsvorgänge, in zwei werden Uferanbrüche beschrieben.

Nur drei Ereignisse in den Monaten Juni, Juli und August sind mit einer vollständigen Datumsangabe versehen. Erwähnenswert ist das Ereignis vom 10. Juli 1989, bei welchem nach intensiver Vorberegnung ein Starkregen Hochwasser, Hangbrüche und mehrere Murschübe auslöste. Auch am 23. Juni 1963 kam es bei einem als „schweres Hochwasser“ bezeichnetem Schadensereignis zu Anbrüchen, Bachverwerfungen, Abrutschungen und Vermurungen.

2.2 Methodik der Schadensdokumentation

2.2.1 Vorbereitungsarbeiten

Die Vorbereitung gestaltete sich insofern aufwändig, als für die Erhebungsarbeiten vor Ort der neu

geschaffene „5W-Standard“ als Erhebungsmethodik angewendet werden sollte. Dieser „5W-Standard“ wurde im Rahmen des digitalen Wildbach- und Lawinenkatasters (WLK) des Forsttechnischen Dienstes mit dem Ziel konzipiert, einen einheitlichen Standard für die Dokumentation von Naturgefahrenereignissen zu schaffen. Das Hauptaugenmerk soll dabei auf der Erfassung der für das jeweilige Naturgefahrenereignis maßgeblichen Prozesse liegen. Darüber hinaus wurde eine webbasierte Datenbankstruktur entwickelt, in welche die bei der Dokumentation erhobenen Daten digital eingebracht werden können. Die im „5W-Standard“ definierten Mindestanforderungen beschreiben folgende Kennwerte:

- **WAS** (Beschreibung des Ereignisphänomens)
- **WO** (Örtlichkeit)
- **WANN** (Zeitpunkt)
- **WER** (erhebende Dienststelle und Personen)
- **WARUM** (Beschreibung der Auslöseursachen)

Mit dem Praxiseinsatz dieser Methode gab es aber weder in der Abteilung für Wildbach- und Erosion am BFW noch bei der WLW Erfahrungen. Es wurden daher bei der Stabstelle für Geoinformation der WLW die notwendigen Informationen über die genaue Anwendungsweise dieses Standards (Begriffsdefinitionen, Detaillierungsschritte, etc.) eingeholt. Darüber hinaus wurden die Zugangsbefugnisse zur Webseite der WLW sowie deren Funktionsweise abgeklärt. Auf dieser Webseite findet sich ein Ereignismeldungs-Portal, über welches die Ergebnisse der Erhebungen direkt in eine Datenbank einzugeben waren.

Um einen fundierten Lagebericht als Basis für die Einsatzplanung der zuständigen BFW-Abteilung zu erstellen, wurde vorerst ein Team von zwei Mitarbeitern in die Region Gasen und Haslau (Stmk.) geschickt. Diese erste Bestandsaufnahme zeigte, dass als Schadensprozesse hauptsächlich Rutschungen, Hangabbrüche und Muren aufgetreten waren. Es wurde daher beschlossen zusätzlich einen Geologen mit Detailerhebungen im Schadensgebiet zu beauftragen.

Das Rechenzentrum des BFW stellte digitale Orthophotos des Katastrophengebietes, hergestellt vom Land, Forst- und Wasserwirtschaftlichen Rechenzentrum (LFRZ), zur Verfügung. Diese wurden mit Höhenschichtlinien aus einem digitalen Höhenmodell (DHM10 m) und dem Gewässernetz versehen. Ergänzt wurde diese Planunterlage durch die entsprechenden Ausschnitte der Österreichischen

Karte (ÖK) im Maßstab 1:50.000 und dem Bundesmeldenetz (BMN) als Koordinatensystem. Um eine möglichst exakte Lokalisierung der Schadensorte zu erzielen, wurden von diesen Karten Ausdrücke im Maßstab 1:10.000 angefertigt.

2.2.2 Erhebungsmethodik vor Ort

Vom BFW wurden zwei Aufnahmeteams eingesetzt, die sich aus folgenden Personen zusammensetzten: DI Erich Lang, DI Karl Hagen, DI Ulrike Stary, Ing. Gerhard Priesch, Jakob Rojacher und Lenz Track.

Jedes dieser Teams arbeitete jeweils zu zweit oder zu dritt und war neben den erforderlichen Karten- und Formularunterlagen mit digitalen Fotokameras sowie einem GPS- und Distanz-Messgerät ausgerüstet. Um Arbeitseinsätze vor Ort bestmöglich koordinieren zu können und den Kontakt zu den im Einsatz befindlichen Kräften der WLW und dem Krisenstab in den Gemeinden (im allgemeinen dem Bürgermeister) halten zu können, wurden Mobiltelefone verwendet.

Da beide Aufnahmeteams oft gleichzeitig im Einsatzgebiet tätig waren, wurde zur Vermeidung von Mehrfachaufnahmen von Schadensorten ein Arbeitshandbuch angelegt, in dem Arbeitsauftrag bzw. Einsatzorte beschrieben und mit Fotos dokumentiert wurden. Für denselben Zweck wurden weiters Übersichtskarten angefertigt, in denen die schon aufgenommenen Orte bzw. Gebiete verzeichnet wurden. Nach Beendigung der Arbeiten der beiden Aufnahmeteams erfolgte eine abschließende gemeinsame Geländebefahrung bzw. -begehung der beiden Aufnahmeteamleiter zur Klärung noch offener Fragen.

Bei den Erhebungsarbeiten zeigte sich sehr rasch, dass Ausdrücke der Schadenserhebungsformulare aus dem Internet-Ereignismeldungsportal für den Außeneinsatz wenig geeignet waren. Es wurden daher in der Abteilung für Wildbach- und Erosion eigens für die Geländearbeiten Erhebungsbögen erstellt. Zusätzlich zu den 5W-Erhebungen wurden Detailaufnahmen an einer Reihe von Bodenaufschlüssen durchgeführt, die durch Quelluntersuchungen zur Gewinnung hydrogeologischer Informationen ergänzt wurden.

Der Ablauf der 5W-Erhebungen im Einsatzgebiet kann wie folgt umrissen werden:

1. Gebietsbefahrung - Übersichtserkundung:

Schadensorte nahe der Befahrungsrouten wurden sofort nach dem geforderten Standard aufgenommen. Weiter von der Straße entfernt liegende Schadensorte (z.B. Rutschungen am Gegenhang)

wurden in Karten vermerkt und die Erhebungen vor Ort später durchgeführt.

2. Lageerfassung des Schadensorts:

Diese erfolgte durch einen Eintrag in das Orthophoto bzw. das ÖK-Kartenblatt. Darüber hinaus wurden in geländebedingter Abhängigkeit der Erreichbarkeit von Satellitensignalen mittels GPS Koordinativ bestimmt.

3. Vermessungsarbeiten am Schadensort:

Rutschungsabmessungen (Länge und Breite) wurden mit einem optischen Distanzmessgerät gemessen, die mittlere Rutschungstiefe auf der Basis einiger Stichprobenmessungen gutachtlich geschätzt, was im Falle bereits durchgeführter Sanierungsmaßnahmen bzw. bei Gefahr für die Erhebenden jedoch nur schwer bzw. nicht möglich war.

4. Flächen- und Volumsberechnungen:

Diese erfolgten auf der Basis der unter Pkt. 3 beschriebenen Bezugsgrößen. Räumlich nahe beisammen liegende Rutschungsflächen wurden auf einem Erhebungsformular dokumentiert und Gesamtvolumen sowie -fläche ermittelt.

5. Erfassung der Schäden nach den standardmäßig vorgesehenen Kategorien.

6. Fotodokumentation

Während die Punkte 1-6 bei allen Massenbewegungen durchgeführt wurden, kamen optional noch folgende Arbeitsschritte hinzu:

7. Ergänzende Beschreibungen:

z.B. Details zum Bodenmaterial (Bodenart, anstehendes Grundgestein, Grob- bzw. Feinskeletanteile), Gefahrenherde, anthropogene Einflüsse sowie sonstige Besonderheiten.

8. Zeugenbefragungen:

Begrenzende Faktoren waren dabei, dass viele Augenzeugen selbst gerade mit Sanierungsarbeiten beschäftigt waren und der hohe Zeitdruck für die Aufnahmeteams.

9. Abschätzung des aktuellen bzw. künftigen Gefahrenpotenzials:

z.B. Wildholz, Verkläuserungen, Geländeanrisse, ungesicherte Böschungen.

10. Anmerkungen zu Verbesserungsmöglichkeiten im Bereich der Aufnahmemethodik.

Trotz einer umfassenden Aufgabendetaillierung gab es einige Unklarheiten bei der praktischen Durch-

führung der Dokumentationsarbeiten. Aufgrund der Neuheit des 5W-Standards mussten daher vor Ort immer wieder Arbeitsvereinbarungen getroffen werden, die für die gegenständlichen Aufnahmen Gültigkeit hatten, für die weitere Zukunft jedoch zu diskutieren sein werden. Subjektive Schilderungen von Eindrücken sollten so weit als möglich durch standardisierte und damit nachvollziehbare, vergleichbare und quantifizierbare Parameter ersetzt werden. Diesbezügliche Verbesserungsvorschläge werden im Abschnitt 4.6 vorgestellt.

2.2.3 Umfang der Erhebungsarbeiten

Von der Abteilung Wildbach- und Erosion des BFW wurden im Zeitraum 23.08. - 07.10.2006 insgesamt 202 Meldungen in das Ereignismeldungsportal des WLK eingebracht und durch 400 ausgewählte Fotos ergänzt. Von den 202 Meldungen entfielen 174 auf die Kategorie „Massenbewegungen“, die restlichen 28 wurden in der Kategorie „Hochwasserereignisse“ in das Ereignismeldungsportal eingegeben. Bei insgesamt 40 Massenbewegungen wurden mehrere (bis zu 7) Einzelrutschungen in einer Meldung zusammengefasst. Auswertungsergebnisse für diese Einzelrutschungen

werden in Kapitel 3.3.1.2. präsentiert. Abbildung 2.2.3-1 zeigt die Lage der Schadensereignisse.

Tabelle 2.2.3-2 zeigt die Anzahl der Schadensereignisse in den einzelnen Gemeinden.

Tabelle 2.2.3-2: Anzahl der aufgenommenen Schadensereignisse in den einzelnen Gemeinden.			
Gemeinde	Anzahl		
	Hochwasser	Massenbewegungen	Einzelrutschungen
Fischbach		1	1
Gasen	18	109	147
Haslau bei Birkfeld	10	59	93
Koglhof		1	1
Waisenegg		4	8
Summe	28	174	250

Der Zielsetzung der exakten Dokumentation außergewöhnlicher (Schadens-)Ereignisse stehen zumeist begrenzte Zeit- und Personalressourcen gegenüber. Die Schäden traten beim Ereignis im August 2005 flächig auf. Neben der allgemeinen

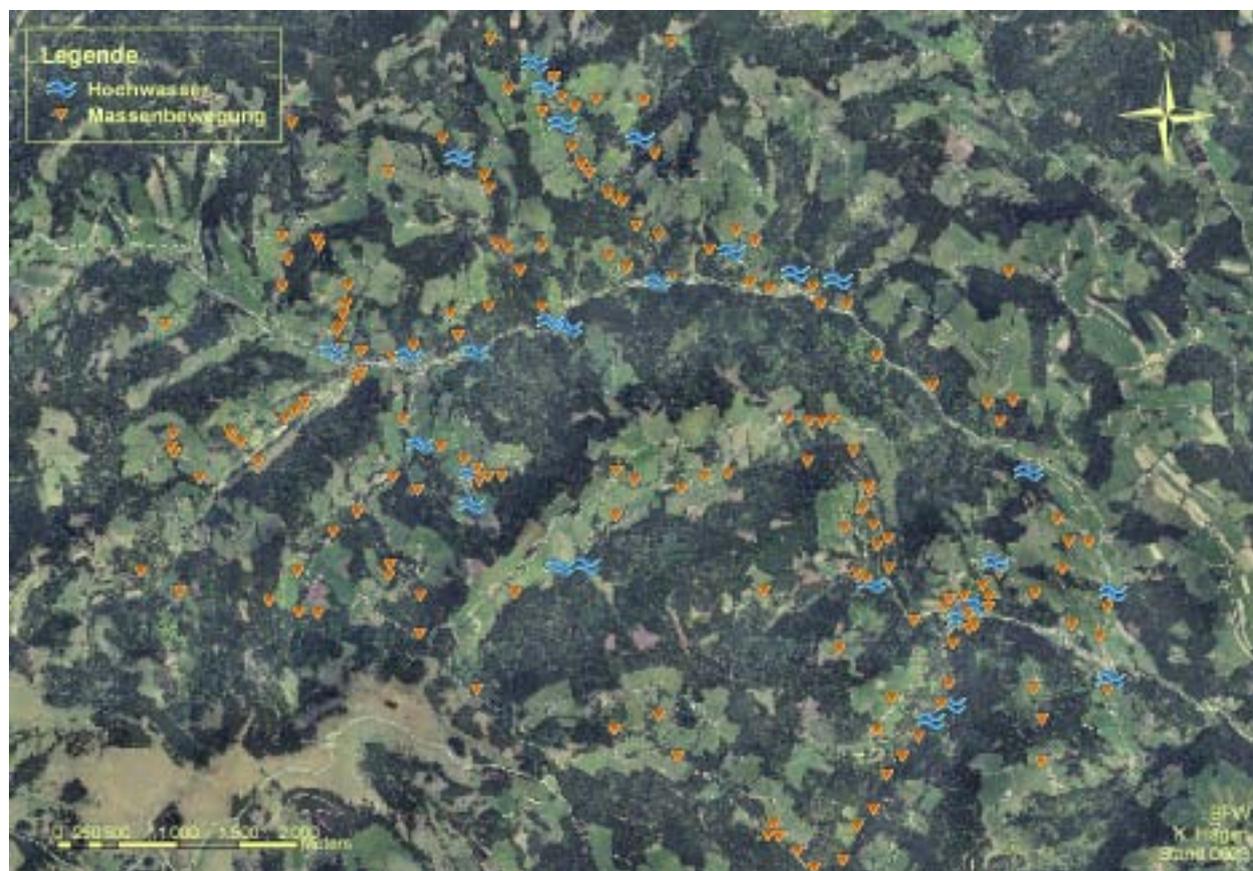


Abbildung 2.2.3-1:
Lage der erhobenen Massenbewegungen und Hochwasser.

Darstellung dieser Schadensfälle war daher eine Konzentration auf repräsentative oder besonders bedeutsame Einzelereignisse erforderlich. In der vorliegenden Arbeit werden neben der Gesamtdarstellung der aufgenommenen Prozesse auch einige Detailuntersuchungen präsentiert. Stellvertretend für viele Seitengraben des Aufnahmegebietes wird ein detaillierter Ereignisablauf für den Rauschergraben vorgestellt. Darüber hinaus werden die aufgrund ihres Flächen- und Schadensausmaßes bedeutenden Großrutschungen im Bereich Hirschkogel/Amasseggerbach näher beschrieben.

2.3 Meteorologische Situation

2.3.1 Allgemeines

Verantwortlich für die extremen Niederschläge im Ereigniszeitraum war ein Genua-Tief, das über die Adria nach Ungarn und dann weiter nach Nordosten zog. Tiefdruckgebiete, die sich auf diesen Zugbahnen bewegen, sind nicht ungewöhnlich (Vb - Wetterlage). Allerdings treten solche Wetterlagen normaler Weise im Herbst und Winter auf. Selbst zu diesen Jahreszeiten bringen sie oft große Niederschlagsmengen für den Süden und Osten. Ungewöhnlich waren das frühe Auftreten bereits im Spätsommer und besonders die Tatsache, dass von diesem Tiefdruckgebiet auch Westösterreich stark betroffen war. Die extremen Niederschlagsmengen wurden durch die zu diesem Zeitpunkt hohen Temperaturen und

den damit verbundenen hohen Wassergehalt der Luft verursacht.

2.3.2 Beschreibung der Wetterlage

An der Rückseite eines kleinräumigen Tiefs über Deutschland und den Beneluxländern strömte am 20. August 2005 hoch reichende Kaltluft über Frankreich ins Mittelmeer und verursachte dort in der Nacht vom 20. auf den 21. August über dem Golf von Genua eine Tiefdruckentwicklung (Abbildung 2.3.2-1). Die Kaltfront des erwähnten Tiefs über Deutschland verursachte schon am 20. August starke Niederschläge in Süd- und Südostösterreich.

Das Genua-Tief verlagerte sich nach seiner Entwicklung rasch in Richtung Adria. Dadurch kam es am 21. August zu weiteren heftigen Niederschlägen in diesen Bereichen (Abbildung 2.3.2-2). In der Nacht vom 21. auf den 22. August verlagerte sich der Schwerpunkt der Niederschläge an die Nordseite der Alpen, wobei vor allem Westösterreich betroffen war, da sich das Tief nach Norden ausgeweitet und weiter nach Ungarn verlagert hatte. Die noch immer vorhandene hohe Feuchtigkeit zusammen mit der Stauwirkung der Alpen war dafür ausschlaggebend, dass am 22. August sehr hohe Niederschläge besonders in Vorarlberg und Tirol zu verzeichnen waren.

In der Nacht vom 22. auf den 23. August schwächte sich das Tief über Ungarn und die Anströmung an die Alpennordseite ab und die Niederschläge ließen nach.

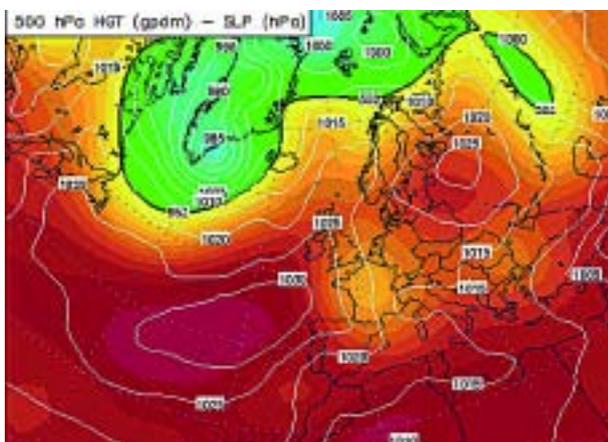


Abbildung 2.3.2-1:
Geopotenzial der 500 hPa-Fläche und Bodendruckkarte vom 21. August 0:00 Uhr
(www.wetterzentrale.de).

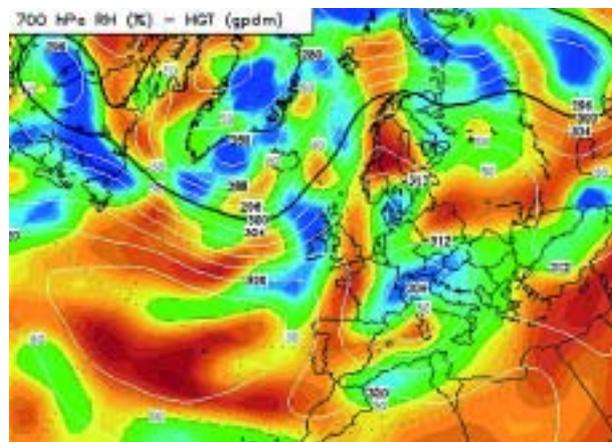


Abbildung 2.3.2-2:
Relative Feuchte und Geopotenzial der 700 hPa-Fläche vom 21. August 12:00 Uhr
(www.wetterzentrale.de).

2.3.3 Niederschlagsverhältnisse rund um Gasen

2.3.3.1 Allgemeine Beschreibung

Um die Mittagszeit des 20. August 2005 setzten im Raum Gasen und Haslau Niederschläge ein. Diese dauerten im Wesentlichen bis in die frühen Morgenstunden des 22. August. Die geringen Niederschläge danach waren kaum noch schadensrelevant. Die maximale Gesamtniederschlagsmenge betrug nach Angaben von mehreren Anrainern 210-220 mm, welche mit handelsüblichen einfachen Ombrometern registriert wurden.

Die Niederschläge wiesen im zeitlichen Verlauf deutliche Intensitätsschwankungen auf. Auch die räumliche Variabilität war sehr hoch (Tabelle 2.3.3.1-1). Zwischen den Regenphasen gab es immer wieder Pausen. Niederschlagsphasen bzw. Intensitätsspitzen traten in den nicht weit voneinander entfernt liegenden Messstandorten zu teilweise unterschiedlichen Zeiten auf.

Der Regen fiel nicht in Form eines lang anhaltenden, großflächigen Niederschlages, sondern aus mehreren aufeinander folgenden konvektiven Niederschlägen (Schauer).

Mittels der verfügbaren Niederschlagsaufzeichnungen (im betroffenen Gebiet selbst gibt es keine Messstelle) konnte das Ereignis bzw. die schadensrelevanten Niederschläge weder hinsichtlich des zeitlichen Ablaufs noch der räumlichen Verteilung befriedigend dargestellt werden. Ein von Haiden et al. (2006) an der Zentralanstalt für Meteorologie und

Geodynamik (ZAMG) neu entwickeltes Nowcasting-system mit dem Namen INCA (Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis) bot weit reichende Zusatzinformationen, die eine neue Qualität der Ereignisablauf- und Ursachenanalyse ermöglichten.

2.3.3.2 Nowcasting System INCA der ZAMG

INCA ist ein umfassendes meteorologisches Analyse- und Prognosesystem für Niederschlag, Temperatur, Feuchte, Wind, Bewölkung und Globalstrahlung. Die erste Version des Systems wurde in den Jahren 2004-2005 an der ZAMG entwickelt und liefert aktuell jede Stunde (für Niederschlag und Bewölkung alle 15 Minuten) Analysen und Prognosen auf einem hochauflösenden 1x1 km-Gitter für ganz Österreich.

Wetterradar-daten sind besonders bei konvektiven Ereignissen eine wichtige Ergänzung zu den Daten der Niederschlagsmessstellen. Im Rahmen der INCA-Entwicklung zeigte sich dabei erwartungsgemäß, dass man bei Verwendung von Radardaten für quantitative Niederschlagsanalysen vorsichtig sein muss. Es ist bekannt, dass Radardaten eine Reihe von Fehlern und Unsicherheiten enthalten, wie z.B. nicht-meteorologische Echos, Abstandsabhängigkeiten, Abschattung durch Topographie oder Effekte durch schmelzenden Niederschlag (Borga et al., 2000). Aus diesem Grund sind der Kombination aus Stationsinterpolation und Radarinformation in INCA mehrere Routinen vorgeschaltet, mit denen versucht wird, solche Fehler soweit als möglich zu kompensieren.

Zunächst identifiziert ein objektorientierter Algorithmus nicht-meteorologische Echos anhand ihrer räumlichen Struktur und filtert diese heraus. Dann wird eine klimatologische Vorkalibrierung durchgeführt, die auf dem Verhältnis zwischen beobachteten Monatsniederschlägen an Stationsorten und der entsprechenden Monatssumme aus dem Radar an diesen Orten beruht. Für den Raum Gasen bewegt sich dieses Verhältnis in den Sommermonaten im Bereich von 2,0 bis 2,5, d.h. die an den Messstellen beobachteten Monatsniederschläge sind um diesen Faktor höher als die aus dem Radar für die Messpunkte abgeleiteten Monatssummen. Nach dieser klimatologischen Skalierung wird anhand des aktuellen Vergleichs zwischen 15-Minuten Nieder-

Tabelle 2.3.3.1-1:

Rohdaten der für die Ereignisanalyse herangezogenen umliegenden Messstellen des Hydrographischen Landesdienstes Steiermark (2005). Es zeigt sich eine hohe räumliche - topographisch nicht begründbare - Variabilität der Gesamtniederschlagsmengen.

Station	Lage	Stationsdaten		Ereignis	
	Gebiet	SH (m)	N seit	N _{Tag/Max} (mm)	N _{2T} (mm)
Birkfeld	O	680	neu/ 1893	64	124
Breitenau/Mixnitz	W	560	1921	60	118
Fladnitzberg	SW	1070	1988	100	169
Hohenau a.d.Raab	S	702	1981	135	191
Schanz	N	1230	neu	85	107
Stanz	NW	648	1936	67	128
Teichalm	W	1175	neu/ 1897	(58)	(92)

N seit: Niederschlagsmessung seit
N_{2T}: 2-Tagessumme des Niederschlags

schlagswerten an den Stationen und jenen im Radar eine aktuelle Skalierung mittels linearer Regression durchgeführt. In einem letzten Schritt wird das skalierte Radarfeld mit dem durch Abstandsgewichtung generierten Stationsinterpolationsfeld linear kombiniert. Dies geschieht, indem an den Stationen die Messwerte reproduziert werden und zwischen den Stationen das Radarfeld als Interpolationsfunktion verwendet wird (Haiden et al., 2006). Dieser Ablauf wird operationell alle 15 Minuten durchgeführt. Die Analysen stehen somit ca. 20 Minuten nach dem Niederschlagsereignis zur Verfügung. Für die Interpretation der INCA-Daten ist es wichtig festzuhalten, dass im Gebiet der Steiermark derzeit nur ZAMG-Stationen (TAWES - Teilautomatische Wetterstation) in das Modell eingehen.

2.3.3.3 Ereignisablauf

Mit Hilfe der INCA-Analysedaten des Ereigniszeitraumes kann die räumliche Struktur der Niederschlagsverteilung sehr gut dargestellt werden. Wie Abbildung 2.3.3.3-1 zeigt, sind in weiten Teilen der Steiermark nur ca. 50 mm Niederschlag in 42 Stunden gefallen. Im Dreieck Graz-Gasen-Leoben traten allerdings Zellen mit erheblich höheren Niederschlagsmengen auf. Messungen an Niederschlagsmessstellen des Hydrographischen Landesdienstes ergaben in diesen Bereichen bis annähernd 200 mm (Tabelle 2.3.3.1-1, Hohenau an der Raab). Die Höchstwerte der INCA-Analyse liegen nahe 180 mm. Im Flächenmittel ergeben sich für das genannte Dreieck (Seitenlänge ca. 40 km) deutlich mehr als 100 mm Niederschlag. Innerhalb des Gebiets ist laut INCA-Analyse an beiden Tagen eine SW-NE-orientierte Zone entlang der Linie Peggau-Birkfeld am stärksten betroffen (Abbildung 2.3.3.3-1).

Der zeitliche Ablauf des Niederschlagsereignisses lässt sich wie folgt rekonstruieren: Am 20.8.2005 zu Mittag bilden sich über den Fischbacher Alpen bzw. ihren südöstlichen Abhängen die ersten intensiven konvektiven Zellen. Diese Zellen werden nicht mit der Strömung herangeführt, sondern bilden sich im Gebiet. Abbildung 2.3.3.4-4 zeigt die Niederschlagsganglinien der nächstgelegenen Niederschlagsmessstellen (Stundensummen). Die starken Schwankungen in Verlauf und Intensität weisen auf die lokale Ausbildung von Schauerzellen hin, welche durch die INCA-Analyse bestätigt werden (Abbildung 2.3.3.3-2).

Im Laufe der folgenden Stunden kommt es, unterstützt durch die südöstliche Anströmung feuchtlabiler Luft in tiefen Schichten, immer wieder

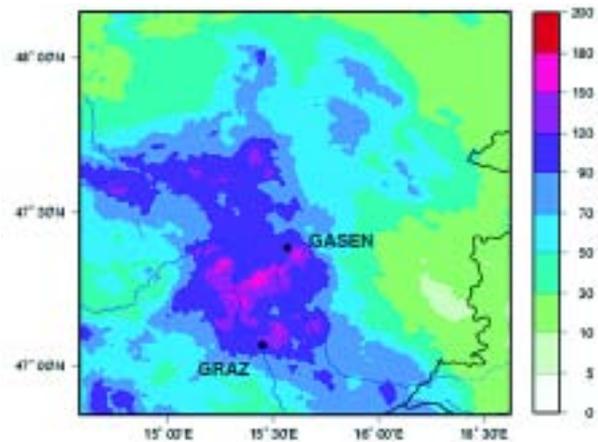


Abbildung 2.3.3.3-1:
INCA-Analyse für den Zeitraum 20.08.2005 12:00 Uhr bis 22.08.2005 6:00 Uhr. Das Niederschlagsmaximum liegt entlang einer SW-NE-orientierten Linie (Peggau-Birkfeld); Niederschlag in mm.

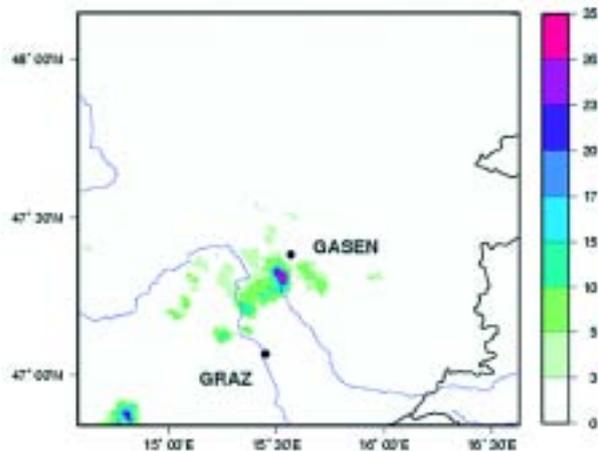


Abbildung 2.3.3.3-2:
Einstündiger Niederschlag laut INCA-Analyse (20.08.2005, 15:00 Uhr). Erste konvektive Niederschlagszellen bilden sich; Niederschlag in mm.

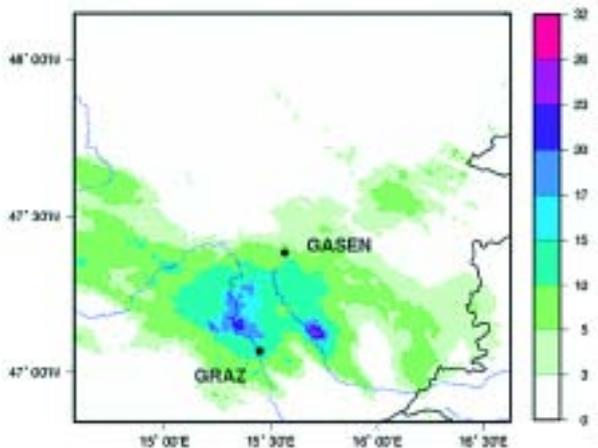


Abbildung 2.3.3.3-3:
Einstündiger Niederschlag laut INCA-Analyse (21.08.2005 14:00 Uhr). Die maximalen Niederschlagsintensitäten (1h) werden erreicht; Niederschlag in mm.

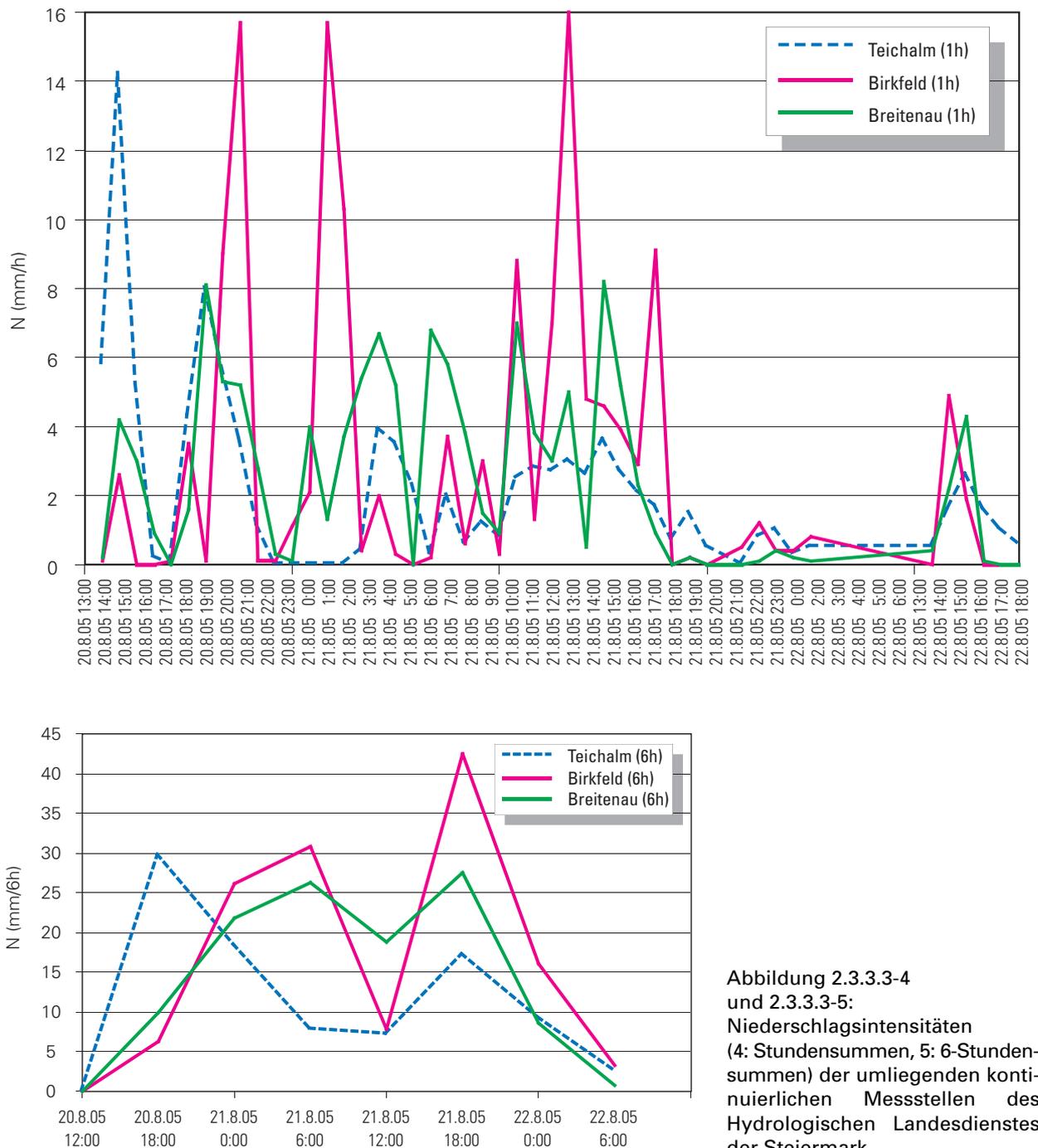


Abbildung 2.3.3.3-4
und 2.3.3.3-5:
Niederschlagsintensitäten
(4: Stundensummen, 5: 6-Stunden-
summen) der umliegenden konti-
nuierlichen Messstellen des
Hydrologischen Landesdienstes
der Steiermark.

zur Regeneration bzw. Neubildung dieser Zellen. Im Normalfall würden diese Zellen in das Grazer Becken ziehen, in diesem Fall wird die konvektive Aktivität jedoch topographisch ‚verankert‘. Dieses Phänomen ist auch von Hochwasserereignissen in anderen Gebirgsrandgebieten bekannt (Maddox et al., 1978). Am 21.8.2005 wird mit der Südostströmung weiterhin feuchtlabile Luft herangeführt. Es sind an

diesem Tag bereits konvektive Zellen in die Strömung eingebettet, die sich dann im Gebiet intensivieren. Die INCA-Analyse weist für das Gebiet des Murdurchbruchs knapp nördlich der Stadt Graz die höchsten Niederschlagsintensitäten auf. Diese werden am 21.8.05 zwischen 12:30 und 13:30 Uhr MEZ mit 20-30 mm/h und östlich von Graz an der Raab erreicht (Abbildung 2.3.3.3-3).

Die Gasen und Haslau am nächsten gelegenen kontinuierlich aufzeichnenden Messstellen des hydrologischen Landesdienstes registrieren die Niederschlagsmaxima ohne auffällige zeitliche und räumliche Ausprägung über den Großteil der Ereignisdauer (Abbildung 2.3.3.3-4 und 2.3.3.3-5). Die höchsten Niederschlagsstundensummen werden in Birkfeld mit 16 mm/h in den frühen Morgenstunden des 21.8. erreicht. An den Stationen Breitenau und Teichalm, die sich bereits knapp außerhalb dieses intensivsten Bereichs befinden, wurden teilweise deutlich geringere Niederschlagsstundensummen registriert. Die Intensitäten kurzer Dauerstufen sind relativ gering. Über die Darstellung der 6-Stundensummen zeigt sich besonders bei der Messstelle Birkfeld ein ausgeprägtes zweites Maximum der Niederschlagsganglinie. Die Darstellung über die 6-Stundensummen (Abbildung 2.3.3.3-5) lässt zwei Niederschlagsmaxima erkennen, von denen das zweite ausgeprägter ist. Abbildung 2.3.3.3-6 zeigt die Lage des zweiten Niederschlagsmaximums, welche im Rahmen der möglichen Auflösung der INCA-Daten

eng mit der Lage der Schadensgebiete im Raum Gasen Haslau korreliert. Der ungünstige Verlauf des Ereignisses (die zweite Niederschlagsspitze traf auf einen bereits vorher stark durchfeuchteten Boden) hat also die Wirkung der extremen Niederschlagsmengen noch verstärkt und trug damit wesentlich zur Schadensauslösung bei.

2.4 Geologie des Untersuchungsgebietes

In den letzten August- und ersten Septembertagen 2005 wurden vom Geologen Mag. Florian Riedel geologische, strukturgeologische und geotechnische Erhebungen durchgeführt. Im Zentrum dieser Erhebung stand eine Übersichtsaufnahme, um die ausgelösten Prozesse für die Massenbewegungen zu erkennen und mögliche Zusammenhänge mit der geologischen Ausgangssituation aufzuzeigen. Aufbauend auf diesen Erfahrungen wurden erste Überlegungen über mögliche Auslösefaktoren angestellt.

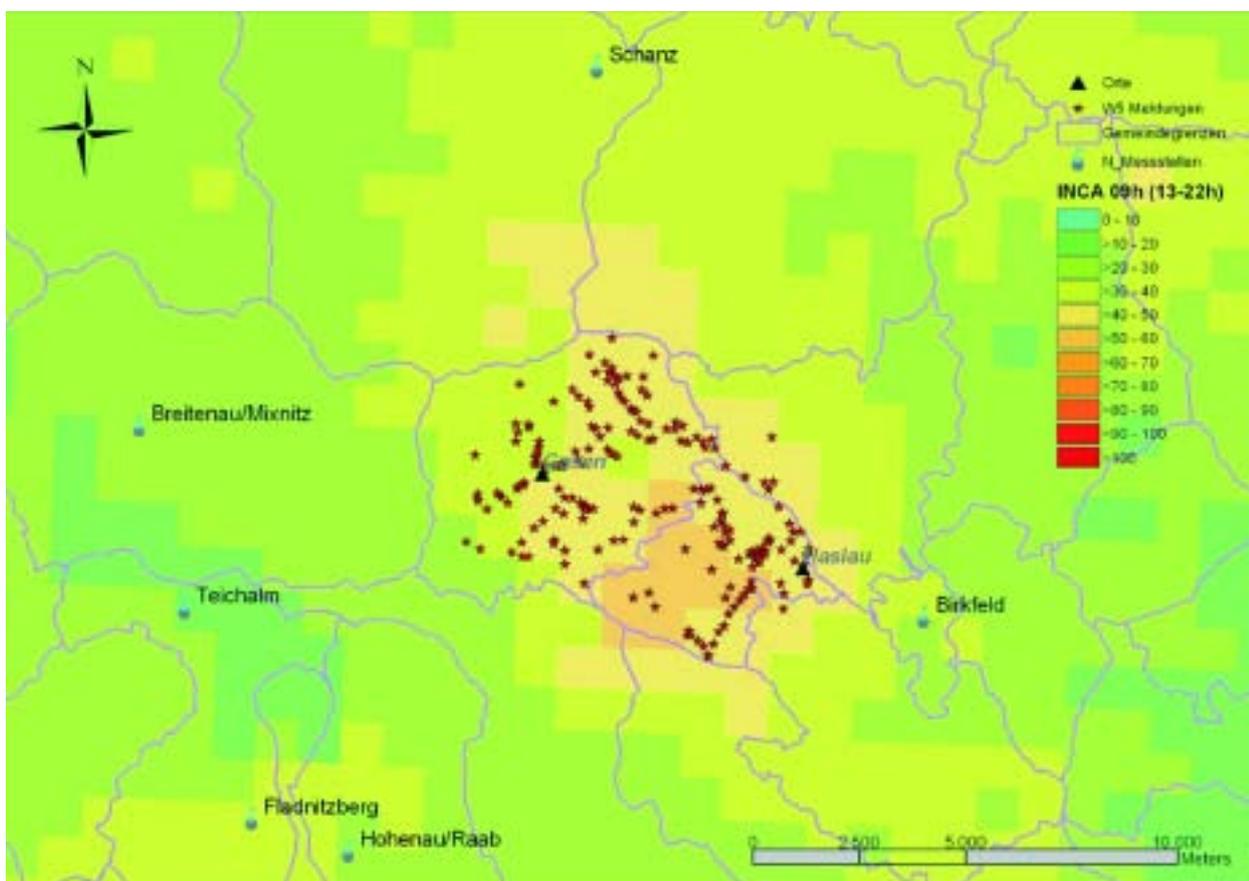


Abbildung 2.3.3.3-6: Räumliche Verteilung des (überwiegend) schadensauslösenden zweiten Niederschlagsmaximums vom 21.8.05 (Nachmittag-Abend) lt. INCA-Analyse und der Schadensereignisse (Gasen, Haslau und angrenzende Bereiche)

<p>Geological Strenght Index</p> <p>From the description of structure and surface conditions of the rock mass, pick an appropriate box in this chart. Estimate the average value to the Geological Strenght Index (GSI) from the contours. Do not attempt to be too precise. Quoting a range of GSI from 36 to 42 is more realistic than stating that GSI = 38. It is also important to recognize that the Hoek-Brown criterion should only be applied to rock masses where the size of individual blocks is small compared with the size of the excavation under consideration.</p> <p>Structure</p>		<p>Surface conditions</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="858 241 976 723">Very good Very rough and fresh unweathered surfaces</td> <td data-bbox="976 241 1094 723">Good Rough, slightly weathered, iron stained surfaces</td> <td data-bbox="1094 241 1212 723">Fair Smooth, moderately weathered and altered surfaces</td> <td data-bbox="1212 241 1331 723">Poor Slickensided or highly weathered surfaces with compact coatings or fillings of angular fragments</td> <td data-bbox="1331 241 1444 723">Very Poor Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings</td> </tr> </table> <p>Decreasing surface quality →</p>					Very good Very rough and fresh unweathered surfaces	Good Rough, slightly weathered, iron stained surfaces	Fair Smooth, moderately weathered and altered surfaces	Poor Slickensided or highly weathered surfaces with compact coatings or fillings of angular fragments	Very Poor Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings
Very good Very rough and fresh unweathered surfaces	Good Rough, slightly weathered, iron stained surfaces	Fair Smooth, moderately weathered and altered surfaces	Poor Slickensided or highly weathered surfaces with compact coatings or fillings of angular fragments	Very Poor Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings							
 <p>Blocky – very well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three orthogonal discontinuity sets</p>	<p>Decreasing interlocking of rock pieces ↓</p>	80	70								
 <p>Very blocky – interlocked, partially disturbed rock mass with multifaceted angular blocks formed by four or more discontinuity sets</p>		60	50								
 <p>Blocky/disturbed – folded and/or faulted with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets</p>		40		30							
 <p>Disintegrated – poorly interlocked, heavily broken rock mass with a mixture of angular and rounded rock pieces</p>		20			10						
 <p>Foliated/laminated/sheared – thinly laminated or foliated, tectonically sheared weak rocks; closely spaced schistosity prevails over any other discontinuity set, resulting in complete lack of blockiness</p>		N/A	N/A			5					

Tabelle 2.4.1.1-1:

Bestimmung der geotechnischen Eigenschaften der Festgesteine nach Hoek et al., 1998.

2.4.1 Untersuchungsmethodik

Als Kartengrundlage dienten die geologische Karte der Steiermark 1:200.000 (Flügel und Neubauer, 1984), die geologische Wanderkarte des Grazer Berglandes (Flügel, 1960) und das Kartenblatt 134 (Passail) der geologischen Karte der Republik Österreich im Maßstab 1:50.000 (Flügel et al., 1990).

In den Gemeinden Gasen und Haslau wurde bei 18 untersuchten Hangbewegungen das geologische Substrat erfasst und die Gesteinsansprache durch eine Dünnschliffauswertung ergänzt. Dadurch konnte Informationen über Trennflächensysteme und Zerlegungsgrad der Gesteinseinheiten im Mikrobereich analysiert werden. Die Terminologie der Lockermaterialabschnitte orientierte sich nach den ÖNORMEN B 4401 (Teil 3) und B 2205 bzw. nach Bunza (1982) für die geomorphologischen Prozesse.

2.4.1.1 Geotechnische Gesteinseigenschaften

Die geotechnische Festgesteinsansprache, anhand derer Aussagen über Standfestigkeiten getroffen werden können, erfolgte nach dem „Geological Strength Index“ (GSI, Hoek et al., 1998) für schwach und stark geschieferte Gesteine. Der GSI ist dabei durch die Beschreibung der Struktur („structure“) und Oberflächenbeschaffenheit („surface conditions“) definiert. Die Strukturtypen werden unterteilt in: intact rock, blocky, very blocky, blocky/disturbed, disintegrated, foliated/laminated/sheared; die Oberflächenbeschaffenheit wird in very good, good, fair, poor, very poor eingestuft (Tabelle 2.4.1.1-1: Klassifikation nach Hoek et al., 1998).

2.4.1.2 Strukturgeologische Aufnahme (Kluftaufnahme, Schieferungseinfallen)

Mit den aufschlusspezifischen Kluftaufnahmen wurden die Hauptklufttrichtungen nach ihren Häufigkeiten in Kluftrosen dargestellt. Diese wurden mit dem tektonischen Verarbeitungsprogramm TectonicsFP (Reiter und Acs, 2002) angefertigt und der Schieferungseinfall in Stereoplots dargestellt.

2.4.1.3 Hydrogeologische Übersichtsaufnahme

Bei dieser Übersichtsaufnahme wurden neben den Gemeindequellen von Gasen und Haslau auch jene Quellaustritte erfasst, die im Zusammenhang mit den Hangbewegungen stehen. Dabei wurden erste Temperatur- und elektrische Leitfähigkeitsmessungen vorgenommen. Diese beiden Parameter erlauben eine Einschätzung der Wasserwegigkeit und der Verweildauer des Wassers im Untergrund. Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit wurde mit dem Leitfähig-

keitsmessgerät WTW LF 91 mit einer Bezugstemperatur von 25 °C durchgeführt, bei welchem eine Messgenauigkeit von +/- 0,5 µS/cm anzugeben ist.

2.4.2 Geographischer Überblick - Ortsangaben

Die Ortsangaben erfolgten entsprechend der Österreichischen Karte (ÖK 50) Blatt 134 Passail und Blatt 135 Birkfeld. Der Gasenbach fließt durch die Gemeinde Gasen (Blatt 134) und durch die Gemeinde Haslau bei Birkfeld (Blatt 135). Die markantesten Gipfel des Untersuchungsgebietes werden durch den Sauernkogel im Norden mit 1451 m und dem Plankogel im Süden mit 1531 m repräsentiert.

2.4.3 Geologischer Überblick

Die Gemeinden Gasen und Haslau liegen zwischen dem oberostalpinen Grazer Paläozoikum und dem Unterostalpin der Semmering - Wechselinheiten (Abbildung 2.4.3-1).

Der geologische Rahmen ist durch den oberostalpinen Deckenstapel des „Grazer Paläozoikums“ charakterisiert. Dieser altpaläozische Deckenstapel liegt über den mittelostalpinen Einheiten auf. Das „Gleinalm- und Rennfeldkristallin“, der „Troiseck-Floning-Zug“ sowie das „Kristallin von Radegund“ und das „Angerkristallin“ werden den mittelostalpinen Decken zugerechnet. Die Gemeinden Gasen (837 m) und Haslau (642 m) liegen im Grenzbereich zwischen dem oberostalpinen „Grazer Paläozoikum“ und dem mittelostalpinen „Angerkristallin“ (Abbildung 2.4.3-2).

Innerhalb des Oberostalpins treten Gesteinszüge mit stärker voralpidischer Metamorphose (bis zur Amphibolitfazies) auf. Nach Neubauer (1981) ist ein Auftreten dieser Gesteinszüge am Ostrand des „Grazer Paläozoikums“ konzentriert und in Verbindung mit dem stärker metamorphen „Angerkristallin“ zu setzen.

Eine tiefe tektonische Schuppe im „Grazer Paläozoikum“ bildet die „Passailer Gruppe“ (Abbildung 2.4.3-3). Dabei handelt es sich um eine epizonale, vulkanogen-sedimentäre Genese, welche durch das Auftreten von Silt- und Tonschiefern mit Einschaltungen von basaltischen Effusiva repräsentiert ist.

Zwischen den Passailer Phylliten des „Grazer Paläozoikums“ und den hellen phyllitischen Glimmerschiefern des „Angerkristallins“ ist keine scharfe Abgrenzung möglich (Flügel und Neubauer, 1984). Die phyllitischen Glimmerschiefer sind durch das Auftreten der Minerale Granat und/oder Biotit (Biotitporphyroblasten) gekennzeichnet.

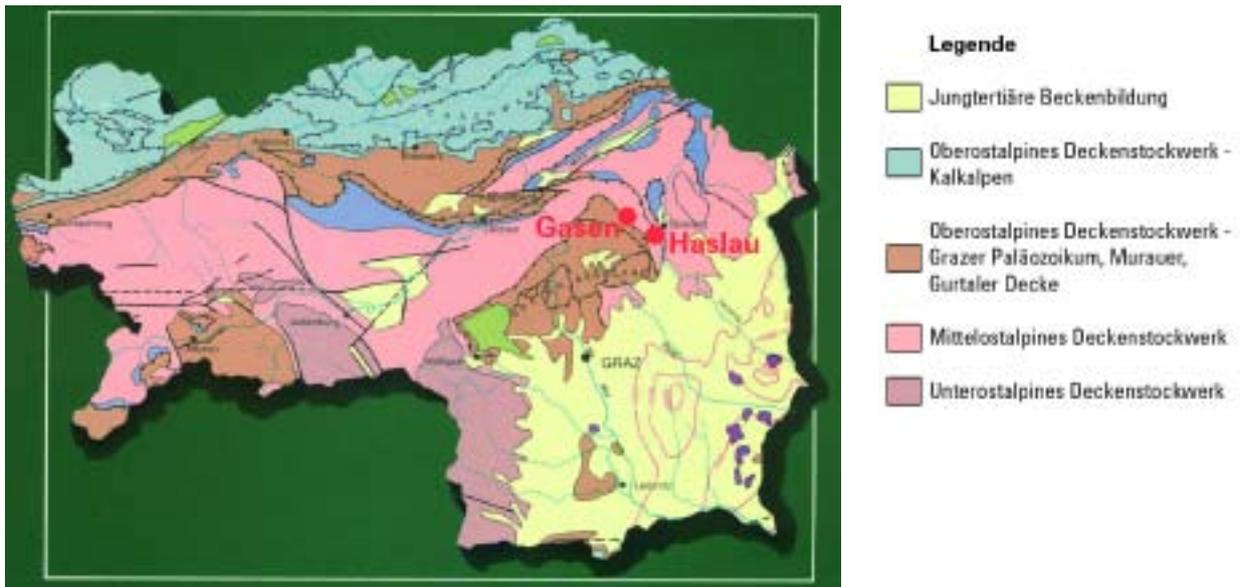


Abbildung 2.4.3-1:
Geologischer Überblick der Steiermark (Flügel und Neubauer, 1984).

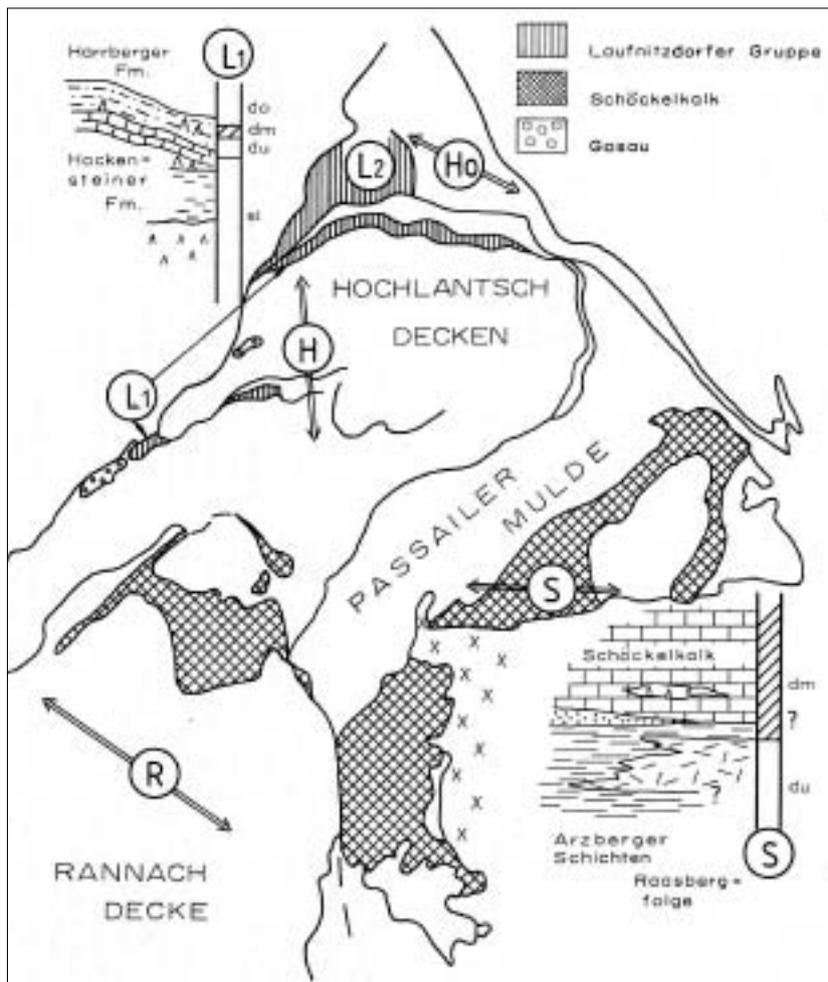


Abbildung 2.4.3-3:
Die Verbreitung der „Passaier Gruppe“, Hauptaugenmerk wird dabei auf den „Passaier Phyllit“ und auf die „Metavulkanite“ gelegt (Flügel, 1984).

In stratigraphisch verschiedenen Positionen treten im „Altpaläozoikum“ basische Metavulkanite auf. Im Untersuchungsgebiet sind die „Metavulkanite der Passaier Gruppe“ in zahlreichen Zügen von Grünschiefern und Chloritphylliten von Bedeutung. Ihre Ableitung von Tuffiten/Tuffen bzw. von Basaltdecken ist teilweise nachweisbar.

Ausgehend vom „Grazer Paläozoikum“ scheint eine Zonenfolge metamorpher Minerale zwischen Grünschiefer- und beginnender Amphibolitfazies vorgegeben zu sein.

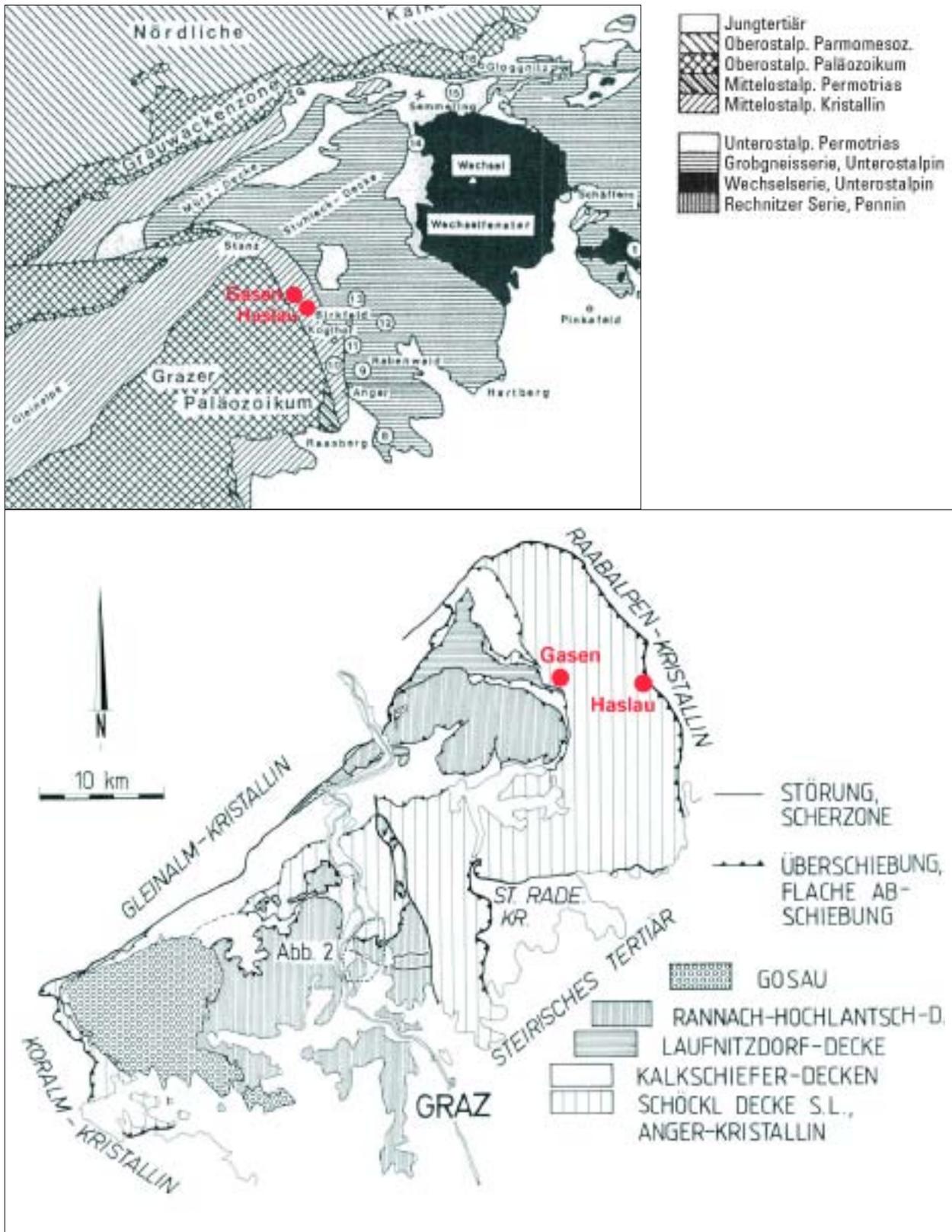


Abbildung 2.4.3-2: Übersicht über die Kristallineinheiten im Untersuchungsgebiet (Neubauer et al., 1992).

3. Ursachenanalyse und Ergebnisse

3.1 Hochwasser

3.1.1 Hochwassersituation im Gesamtgebiet

Abbildung 3.1.1-1 zeigt die Lage und den Prozessstyp der als „Hochwasserereignisse“ klassifizierten Schadensereignisse in den Gemeinden Gasen und Haslau.

Aufgrund zumeist geringer Einzugsgebietsgrößen und der daraus resultierenden, kurzen Konzentrationszeiten werden extreme Abflussspitzen in Wildbächen überwiegend durch kurze konvektive Starkniederschläge verursacht. Die Ereignisse des 21./22. August 2005 entsprachen allerdings nicht diesem Szenario.

In den betroffenen Gemeindegebieten von Gasen und Haslau gibt es keine Abflusspegelmessungen. Die Einschätzung der Hochwassermengen in Hinblick auf ihre Jährlichkeiten musste daher auf Grund der vorgefundenen Anschlaglinien und Schäden beurteilt werden. Ein für das Gebiet

typisches Beispiel der Abflussverhältnisse des 21./22. August zeigt Abbildung 3.1.1-2.

Das in diesem Bereich nicht auf ein 150jährliches Hochwasser dimensionierte Gerinne wurde nur zu ca. 70 % beaufschlagt. Dem Abflussereignis kann daher gutachtlich eine geringe Jährlichkeit (2-10 Jahre) zugeordnet werden. Die Hochwasserabflussmengen in den größeren Gerinnen waren bei den Ereignissen im August 2005 kaum schadensrelevant. Hochwasserbedingte Schadensfälle ließen sich vielmehr auf punktuelle Geschiebeeinstöße aus Rutschungen und Seitengräben zurückführen. So wurde z.B. der Gasenbach im Bereich der Ortschaft Gasen durch eine Hangrutschung auf die orographisch linke Talseite abgedrängt und erodierte dadurch die Landesstraße L104 (Abbildung 3.1.1-3).

In den steileren Seitengräben wurden durch Materialeinstöße aus Rutschungen entweder Muren direkt ausgelöst, oder diese Materialbeaufschlagung führte zu Verklausungen, die in weiterer Folge ebenfalls Muren auslösten. Geschiebeeinstöße aus Seitengräben in die nur mäßig Hochwasser führenden Bachläufe führten vereinzelt zum Ausufernd derselben im Mündungsbereich. Als Beispiel sei der Geschiebe-



Abbildung 3.1.1-1: Lage und Art der als Hochwasser klassifizierten Schadereignisse (Orthophoto LFRZ, Bearbeitung BFW).



Abbildung 3.1.1-2:
Anschlaglinie (blau) und Abflussprofil (rot) Amasseggerbach oberhalb der Mündung Lindbach.

einstoß des Leitenbauergrabens in den Teitzbach im Ortsbereich Haslau angeführt: Dabei wurde das Hauptgerinne vermutlich verklaust, wodurch der

Sportplatz überflutet und größere Mengen überwiegend feinen Materials deponiert wurden (Abbildung 3.1.1-3).



Abbildung 3.1.1-3:
Schäden in Folge Verklausung (Teitzbach) bzw. punktuellen Geschiebeeinstoßes (Gasenbach).

In flachen Gerinneabschnitten kam es durch Geschiebeauflandungen im Gerinne als Folge verringerter Transportkapazitäten vereinzelt zu Bachaustritten, z.B. Gasenbach im Bereich Schoberkogel mit Überflutung der Liegenschaften Haslau 107 und 108.

Auf Grund der Niederschlagscharakteristik (vgl. Kapitel 3.4.) sollten die Abflüsse in den Klein- bis Kleinstzugsgebieten der Seitengräben noch geringeren Jährlichkeiten entsprechen. Dies ist ein deutlicher Hinweis, dass die relativ häufig aufgetretenen, mur- bis z.T. murstoßartigen Abflussspitzen, welche viele Verbauungsmaßnahmen deutlich über ihre Dimensionierung beaufschlagten, nicht durch hohe Abflussmengen in diesen Gräben, sondern durch starke Geschiebe- und Wildholzeinstöße aus Hangrutschungen verursacht wurden.

Stellvertretend für viele Seitengräben des Aufnahmegebietes werden nachstehend der detaillierte Ereignisablauf sowie Schadensbilder des Rauschergrabens beschrieben. An Hand dieses Beispiels können auch die Auswirkungen einer über die Dimensionierung beaufschlagten Geschiebedosiersperre und Folgen anthropogener Eingriffe im Einzugsgebiet behandelt werden.

3.1.2 Hochwassersituation im Rauschergraben - Detailbeschreibung

Der Rauschergraben ist ein orographisch linker Zubringer des Gasenbaches und entwässert ein 0,15 km² großes Einzugsgebiet. Die Bachlänge beträgt 5 hm, die Mündung liegt in 820 m, die Wasserscheide in 1160 m Seehöhe. In weiten Bereichen fließt der Bach über wenig kompaktem Grundgestein (phyllitischer Glimmerschiefer) ab. Die natürlichen Geschiebequellen befinden sich überwiegend im Oberlauf. Das HQ₁₅₀ wird mit 3,9 m³/s, die maximale Geschiebefracht mit 500 m³ angegeben.

Die Liegenschaften Sonnleitenberg 35 und 39 waren bis zur Ausführung des Verbauungsprojektes (1997) wiederholt von Überflutungen und Geschiebeablagerung betroffen (1956, 1963, 1986, 1991, 1992). Der Durchlass unter der Landesstraße (L104) verkleuste dabei immer wieder und führte zur wiederholten Sperre derselben (Gefahrenzonenplan 1997). Die Verbauung erfolgte mittels einer auf den 1,3fachen Wasserdruck ausgelegten Schwergewichtssperre, die bei einem Verlandungsgefälle von 5 % 500 m³ fassen kann. Die Künette unterhalb wurde auf das HQ₁₅₀ dimensioniert.

3.1.2.1 Ereignisablauf - Schäden

Bei dem Ereignis im August 2005 konnte die Geschiebedosiersperre mit vertikalen Stahlelementen die Geschiebemengen bald nicht mehr fassen. Laut Zeugenaussagen war die Sperre bereits vor Mitternacht des 21.8.05 durch mehrere murartige Abflusswellen komplett verfüllt. Obwohl die Niederschläge bereits nachgelassen hatten, wurde unvermindert Geschiebe antransportiert. Um ca. 0.45 Uhr verkleuste dann ein mit einer Murwelle antransportierter mächtiger Baumstamm das Abflussprofil, der Bach trat linksufrig über die Flügelmauer (Abbildung 3.1.2.1-1) und zerstörte den dort liegenden Zufahrtsweg und die unterhalb gelegene Zufahrtsbrücke. Die Sperre selbst wurde nicht beschädigt, sie ist nach ihrer Räumung wieder voll funktionsfähig. Wohngebäude blieben ebenfalls weitgehend unbeschädigt, ein Schuppen und eine Garage wurden allerdings mit Schlamm verfüllt. Die L104 wurde aufgrund der Verkleustung des klein dimensionierten Durchlasses auf einer Länge von ca. 70 Laufmetern vermur.



Abbildung 3.1.2.1-1: Verkleuste Geschiebedosiersperre im Rauschergraben (Foto: WLV, Gebietsbauleitung Ost- und Weststeiermark).

Ursachen für die bei der Geschiebedosiersperre aufgetretenen Probleme waren:

- Die im Vergleich zu den aufgetretenen Geschiebemengen (ca. 3000 m³) zu geringe Dimensionierung des Sperrenraumes (im Gefahrenzonenplan 500 m³),
- der hohe Wildholzanteil, der erheblich Retentionsraum beanspruchte und durch Verkleustung der Abflusssektion die Dosierwirkung unterband sowie

- ein zusätzlicher, anthropogen bedingter Geschiebeeintrag von ca. 300 m³ unmittelbar vor der Sperre durch das Einrutschen der talseitigen Böschung des Aufschließungsweges.

Das besonders hohe Wildholzaufkommen ist nach Zeugenaussagen auf einen einige Jahre zuvor oberhalb der Sperre angelegten Kahlschlag (Abbildung 3.1.2.1-2) zurückzuführen, bei dem viel Holz in den Graben verbracht und dieser danach offensichtlich nicht geräumt wurde. Dies deckt sich mit den Beobachtungen vor Ort, da die vorgefundenen Holz-

mengen im Ablagerungsbereich nicht von den Rutschungsflächen alleine stammen konnten. Es finden sich jedoch schon oberhalb des Kahlschlages deutliche Hinweise auf einen murartigen Abflussprozess. Die Murwellen haben den Graben „ausgeräumt“ und entsprechend an Größe und Wucht gewonnen. Auf der ungeschützten Schlagfläche waren einige Kleinrutschungen mit anschließenden Erosionsrinnen zu beobachten (Abbildung 3.1.2.1-2), der Geschiebeeintrag aus diesem Bereich war jedoch insgesamt gering.



Abbildung 3.1.2.1-2: Lage der Geschiebedosiersperre (orographisch linksufriger Bachaustritt) sowie der Wildholz- und Geschiebequellen im Rauschergraben (Gasen).

Die Straßenböschung des Zufahrtsweges ist eine weitere bedeutende Geschiebequelle. Dieser Zufahrtsweg wurde erst nach Erstellung des Gefahrenzonenplans und Durchführung der Verbauungsmaßnahmen errichtet. Obwohl dieser Weg im Bereich eines Arbeitsfeldes der WLW liegt und daher eine Einbindung der zuständigen Gebietsbauleitung aufgrund des Forstgesetzes verpflichtend vorgeschrieben ist, erfolgte dessen Errichtung ohne eine solche Einbindung. Mehrere Risse in diesem Bereich deuten darauf hin, dass eine ähnliche Geschiebemenge, wie jene 300 m³, der beim Augustereignis in Bewegung geratenen Teile der Straßenböschung noch abzurutschen droht (Stand September 2005).

Die baulichen Maßnahmen im Rauschergraben haben trotz der entstandenen Schäden noch Schlimmeres verhindert. Die Geschiebedosiersperre verminderte das Geschiebe- und Wildholzaufkommen im Siedlungsbereich und hatte auch noch nach der Verklausung - ebenso wie die Künette und der Zufahrtsweg unterhalb - einen wenn auch eingeschränkten Leiteffekt.

3.1.2.2 Maßnahmen - Vorschläge

Obwohl die bestehenden Schutzmaßnahmen die Zerstörung von Wohngebäuden verhindern konnten, erscheinen jedoch folgende ergänzende Maßnahmen notwendig:

- Abstockung der noch rutschungsgefährdeten Bereiche.
- Böschungstabilisierung im Bereich der Zufahrtswege z.B. Verringerung der Böschungswinkel.
- Ausführung des linksufrigen Zufahrtsweg als Flutmulde um einen kontrollierten Abfluss auch bei Verklausung der Sperre bzw. der Brücke im Siedlungsbereich zu unterstützen.
- Temporäre Sperren der Landesstraße im Ereignisfall, da eine Veränderung des zu gering dimensionierten Durchflussprofils der L104 kaum möglich ist.
- Regelmäßige Begehungen bzw. Räumungen der Wildbachgerinne besonders nach Windwürfen und Schlägerungsarbeiten zur Verringerung des Wildholzanteil (eine der entscheidenden Komponenten des Schadensereignisses vom August).
- Einhaltung gesetzlicher Vorgaben bezüglich des Wegebbaus in Arbeitsfeldern der WLW.
- Wildholzrückhalt mittels einer Netzsperre als kostengünstige bauliche Ergänzungsmaßnahme, wobei Fragen der Räum- und Haltbarkeit zu berücksichtigen sind.

3.2 Rutschungen

3.2.1 Rutschungssituation im Gesamtgebiet

Für Rutschungen sind im Allgemeinen lang anhaltende, großflächige (stratiforme) Niederschläge mit hohen Gesamtniederschlagsmengen verantwortlich. Im Schadensgebiet fiel dieser lang anhaltende Niederschlag allerdings nicht gleichmäßig, sondern in Form wiederholter Schauer mit deutlicher räumlicher und zeitlicher Variation (Kapitel 3.4.) und führte in Verbindung mit der hohen Vorbefeuchtung zu einer starken räumlichen Konzentration der Schadensereignisse in den Gemeinden Gasen und Haslau. Aus Abbildung 3.2.1-1 ist die Lage und Art der Massenbewegungen ersichtlich.

Die Rutschungsdisposition im Einzugsgebiet, die sehr stark von den geologischen Eigenschaften und Bodenkennwerten beeinflusst wird, wurde durch große Vorniederschlagsmengen besonders im Bereich dichter Böden erhöht (Kapitel 3.5.). Besonders im Bereich von Unterhängen, Mulden und Quellen kam es durch extremen Porenwasserdruck zu „Hangexplosionen“. In einigen wenigen Bereichen bildete die Kontaktzone zum Fels in unterschiedlichem Ausmaß Gleitzonen aus. Mischtypen von Rotations- und Translationsrutschungen waren zu beobachten (Kapitel 3.6.). Vereinzelt wurden Massenbewegungen auf Grund der Mächtigkeit der Lockermaterialauflage und der langsamen (kriechenden) Bewegung auch als Erdstrom klassifiziert. In mehreren Fällen waren den Schadensereignissen des August 2005 Rutschungen im Jahre 2004 vorangegangen.

Chroniken belegen für weite Bereiche des Einzugsgebiets immer wieder Rutschungsaktivitäten. Trotzdem gab es insbesondere in den Freilandbereichen oftmals keine geländemorphologischen Anzeichen für vorangegangene Rutschungen, da das Gelände nach vorangegangenen Rutschungsereignissen meist rasch saniert worden war. Für die Beurteilung von Gefährdungspotenzialen kommt daher einer raschen und genauen Dokumentation von Schadensereignissen große Bedeutung zu.

Bei den Schadensereignissen des August 2005 folgten oftmals kleinen Rutschungsanrissen im Zuge rückschreitender Erosion weitere größere Rutschungen und Hangmuren. Diese wurden durch das liegen gebliebene Material der vorangegangenen Rutschungen oft abgelenkt und gefährdeten dadurch Bereiche, in denen mit dieser Gefährdung nicht

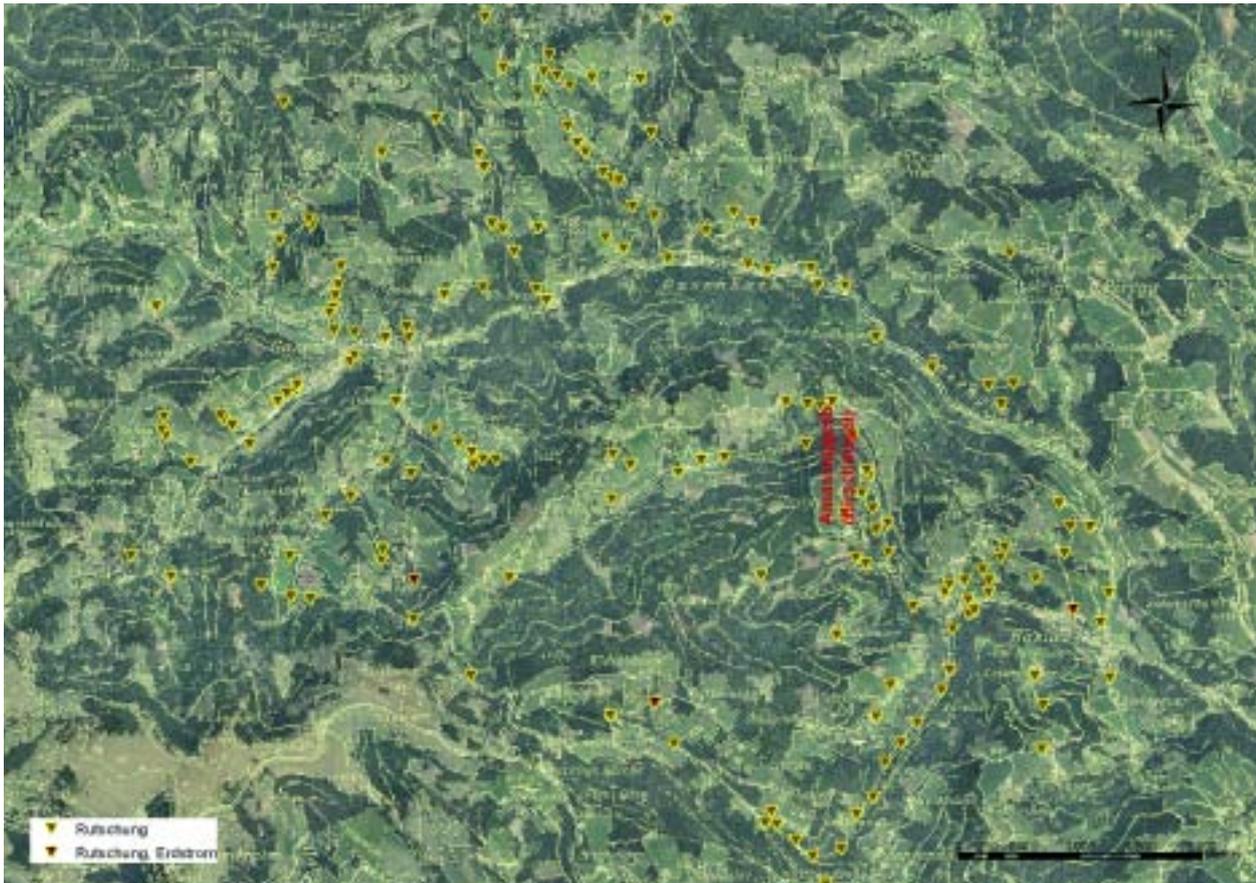


Abbildung 3.2.1-1:
Lage und Art der als Massenbewegung klassifizierten Schadereignisse (Orthophoto LFRZ, Bearbeitung BFW).

gerechnet wurde. Neben vielen kleinflächigen Rutschungen kam es bei den Schadensereignissen im August 2005 auch zu mehreren großflächigen Rutschungen. Diese traten gehäuft im Bereich des Ostabfalls Hirschbergs (Höllerbauer) zum Amassegerbach hin auf und verklebten diesen teilweise meterhoch. Die besonderen Gefährdungen durch diese Rutschungen (dambruchartige Szenarien, die massive Schäden an den unterstromig gelegenen Liegenschaften bis in den Ortsbereich von Haslau hinein befürchten ließen, waren vorerst nicht auszuschließen) waren Anlass für das BFW, diese Rutschungen näher zu untersuchen. Neben einer genauen Beschreibung dieser Rutschungsvorgänge wird daher im folgenden Abschnitt eine Abschätzung des Gefahrenpotenzials versucht.

3.2.2 Großrutschungen im Bereich Amassegerbach - Detailbeschreibung

Lage und flächenmäßige Ausdehnung der Großrutschungen im Bereich des Amassegerbachs sind aus Abbildung 3.2.2-1 ersichtlich.

Auffallend war besonders bei den großen Rutschungen, dass die obere Anrisskante von talseitigen Böschungen querender Aufschließungswege gebildet wurde. Ein breiter Anriss (5) findet sich ebenfalls an der talseitigen Böschung eines Weges.

Rutschung 1:

Laut Zeugenaussagen rutschte zuerst der talauwärts gelegene Teil und erst einige Zeit danach der taleinwärts gelegene Rutschungsteil jeweils in einem Schwung ab. Ein Anzeichen für relativ hohe Rutschungsgeschwindigkeiten (trotz kurzer Transportstrecke) ist, dass die Liegenschaft am Gegenhang mehrere Meter über der Bachsohle und rund 25 m vom Hangfuß entfernt liegend, bis zu 2 m hoch mit Material verfüllt wurde. Im unteren, orographisch linken Teil der Rutschung waren mehrere Quellaustritte zu beobachten. An der talseitigen Böschung des verbliebenen Waldstreifens fanden sich Anrisse, dieser Bereich muss als instabil beurteilt werden. Links und rechts der Rutschung zeigten sich bei der Begehung (Forststraße) keine weiteren Anrisse. Es ist anzunehmen, dass die Rutschungsfläche durch den Aufschließungsweg entscheidend vergrößert wurde.

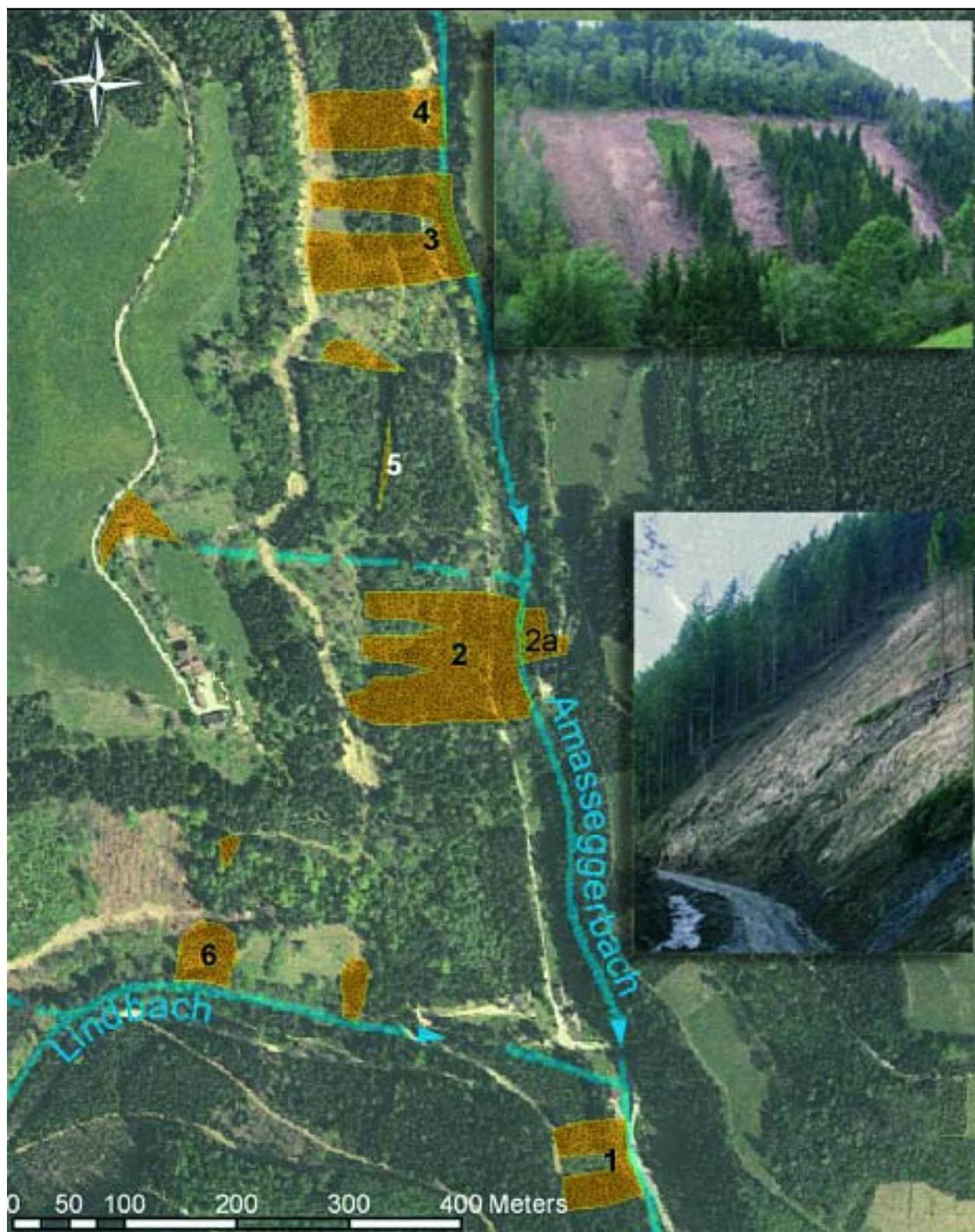


Abbildung 3.2.2-1:
Übersicht Großrutschungen im Bereich Ostabfall Hirschberg/Amassegger Bach während der Ereignisse im August 2005.



Abbildung 3.2.2-2:
Oberstromiger Rutschungsteil von Rutschung 1, der die Liegenschaft Haslau 42 schwer beschädigt hat.
(Fotos: Fa. Holzerbauer)

Die erhöhte Rutschungslänge (Geschwindigkeit) und die zusätzliche Kubatur (geschüttete talseitige Straßenböschung) führten zum aktuellen Schadensausmaß. Da die Anrainer der schwer beschädigten Liegenschaft Haslau 42 (Abbildung 3.2.2-2) zum Ereigniszeitpunkt abwesend waren, kam es zu keinen Personenschäden.

Rutschung 2 und 2a:

Im Bereich der Rutschung 2 kam es nach Auskunft der Gebietsbauleitung bereits während eines Gewitters im Jahre 2004 zu einer Rutschung von ca. 30 m Breite. Nach Aussagen des Grundstückseigentümers gingen die unmittelbaren Rutschungsaktivitäten von Quellaustritten unterhalb der betroffenen Forst- und Aufschließungswege aus. In Folge rückschreitender Erosion vergrößerte sich die Rutschungsfläche innerhalb eines Tages bis zur Straßenböschung hin. Einzelne Quellaustritte waren auch noch Wochen nach dem Ereignis deutlich sichtbar (Abbildung 3.2.2-3). Eine wesentliche Verschlechterung der Hangstabilität wurde offensichtlich auch vom Aufschließungswege verursacht. Das im bergseitigen Graben

gesammelte Wasser wurde nicht in Gräben, sondern auf die talseitige Straßenböschung im Hangbereich ausgeleitet. Die Lage der Entwässerungen zu den Rutschungen (Abbildung 3.2.2-4) verdeutlicht deren Rolle als Auslörsache. Ohne Aufschließungswege wären die Rutschungen in diesem Bereich vermutlich wesentlich weniger flächenhaft aufgetreten.

Da sich das Talprofil im Bereich der Rutschung 2 deutlich verengt, wurde der Amassegger Bach durch Rutschungsmaterial bis zu ca. fünf Meter hoch verkleust. Das ineinander verkeilte Wildholz bildete dabei relativ stabile „Dämme“, hinter denen sich in der Folge der Bach zu einem kleinen See aufstaute und Geschiebe deponiert wurde (Abbildung 3.2.2-5). Der Bach wurde weiter auf die orographisch linke Grabenseite abgedrängt und mobilisierte, durch Erosion des Hangfußes eingeschränkt, auch Geschiebe vom während des Ereignisses an und für sich stabilen, deutlich tiefgründigeren Gegenhang (2a). Die verbliebenen Waldstreifen sowie teilweise auch die Randbereiche der Rutschung sind als instabil zu betrachten, Risse an den Wegböschungen sind deutliche Hinweise darauf.



Abbildung 3.2.2-3: Links: Quellaustritt unterhalb der Forststraße (Rutschung 3).



Abbildung 3.2.2-4: Rechts: Straßenentwässerung und Rutschungen (Rutschung 2).

Rutschungen 3 und 4:

Obwohl es zu diesen Rutschungen keine Aussagen von Augenzeugen gibt, dürften Ursache und Ereignisablauf ähnlich jener von Rutschung 2 gewesen sein. Auch in diesem Bereich wäre es ohne Straßenaufschließung wahrscheinlich nur zu kleineren Rutschungen gekommen. Da das Talprofil besonders bei Rutschung 4 breiter ist, war die Verklauungshöhe geringer und es wurde auch kein Material vom Gegenhang mobilisiert. Der verbliebene Waldbestand in Rutschung 3 sowie Teile der Rutschungsrandbereiche sind instabil. Zwischen den Rutschungen 2 und 3 wurde bei der Begehung ein breiter Anriss (5) entlang einer talseitigen Wegböschung vorgefunden, der gesamte Hangbereich (unterhalb) wurde daher ebenfalls als instabil bewertet.

Rutschung 6

Diese Rutschung im Bereich Hirschberg - Lindbach (einem Zubringer zum Amassegger Bach) wurde

ebenfalls durch eine instabile talseitige Wegböschung ausgelöst. In weiterer Folge führte dies zu einer Verklauung, bei welcher Wildholz aufgrund eines früheren gut geräumten Kahlschlages jedoch weitgehend fehlte. Durch dieses Fehlen von Wildholz und bedingt durch das größere Gefälle kam es im Gegensatz zum Amassegger Bach zum Bruch dieser Verklauung und einem murstoßartigen Abflussprozess, der jedoch den Vorfluter nicht erreichte.

Die Flächen der einzelnen Rutschungen wurden bei einer Begehung am 5. September 2005 mit einem optischen Distanzmesser ermittelt. Für diese Flächen wurden die dazugehörigen Kubaturen geschätzt, wobei die Annahme der mittleren Tiefen einen Unsicherheitsfaktor darstellt. Es wurde daher versucht, die Plausibilität der so ermittelten Kubaturen an Hand der Ablagerungsmengen abzugleichen, wobei dies durch den teilweise bereits erfolgten Abtransport des Materials und den hohe Wildholzanteil erschwert



Abbildung 3.2.2-5: Dammartige, „stabile“ Verklausung mit hohem Wildholzanteil, dahinter Bildung eines Sees und Geschiebeablagerung.

wurde. Tabelle 3.2.2-1 gibt einen Überblick über die so ermittelten Flächen und Kubaturen. Die Gesamtsumme der Kubatur an den Rutschungen beläuft sich auf ca. 15.500 m³.

Tabelle 3.2.2-1:
Geschätzte Flächen und Kubaturen der Großrutschungen Amassegger Bach.

Nr. der Rutschungsfläche	Fläche [m ²]	Volumen [m ³]
1	5.000	2.000
2	25.000	6.000
2a	1.500	1.500
3	15.000	3.000
4	10.000	2.500
6	1.500	500
Summe	58.000	15.500

Insgesamt zeigt sich, dass die Rutschungen 1-4 ausgesprochen flachgründig und die mobilisierten Geschiebemengen dadurch im Verhältnis zur Rutschungsfläche gering waren.

3.3 Auswertungen der nach „5W-Standard“ erhobenen Parameter

Im Rahmen nachstehender Auswertungen werden jene Parameter, die für alle Massenbewegungen standardmäßig in das Ereignismeldungsportal des WLK einzubringen waren, näher untersucht. Darüber hinaus werden aber auch durch das BFW zusätzlich erfasste Merkmale der Massenbewegungen dargestellt.

3.3.1 Ausmaß der Schadensereignisse

3.3.1.1 Massenbewegungen

Tabelle 3.3.1.1-1 zeigt die Größenordnung der Kubaturen und Flächen der Massenbewegungen an, die Rahmen der Geländeerhebungen bestimmt wurden.

Abbildung 3.3.1.1-1 gibt einen Überblick wo Massenbewegungen mit welchen Kubaturen auftraten.

Tabelle 3.3.1.1-1:
Größenordnung der Kubaturen und Flächen der Massenbewegungen.

Gemeinde	durchschnittlich	maximal	minimal	Summe
Kubatur [m³]				
Gasen	1.152	18.000	5	103.712
Haslau	750	6.000	10	41.975
sonstige Nachbargemeinden	370	1.000	50	1.850
Gesamt	970	18.000	5	147.537
Fläche [m²]				
Gasen	729	10.000	20	69.220
Haslau	1.895	25.000	60	111.790
sonstige Nachbargemeinden	433	800	25	1.730
Gesamt	1.149	25.000	20	182.740

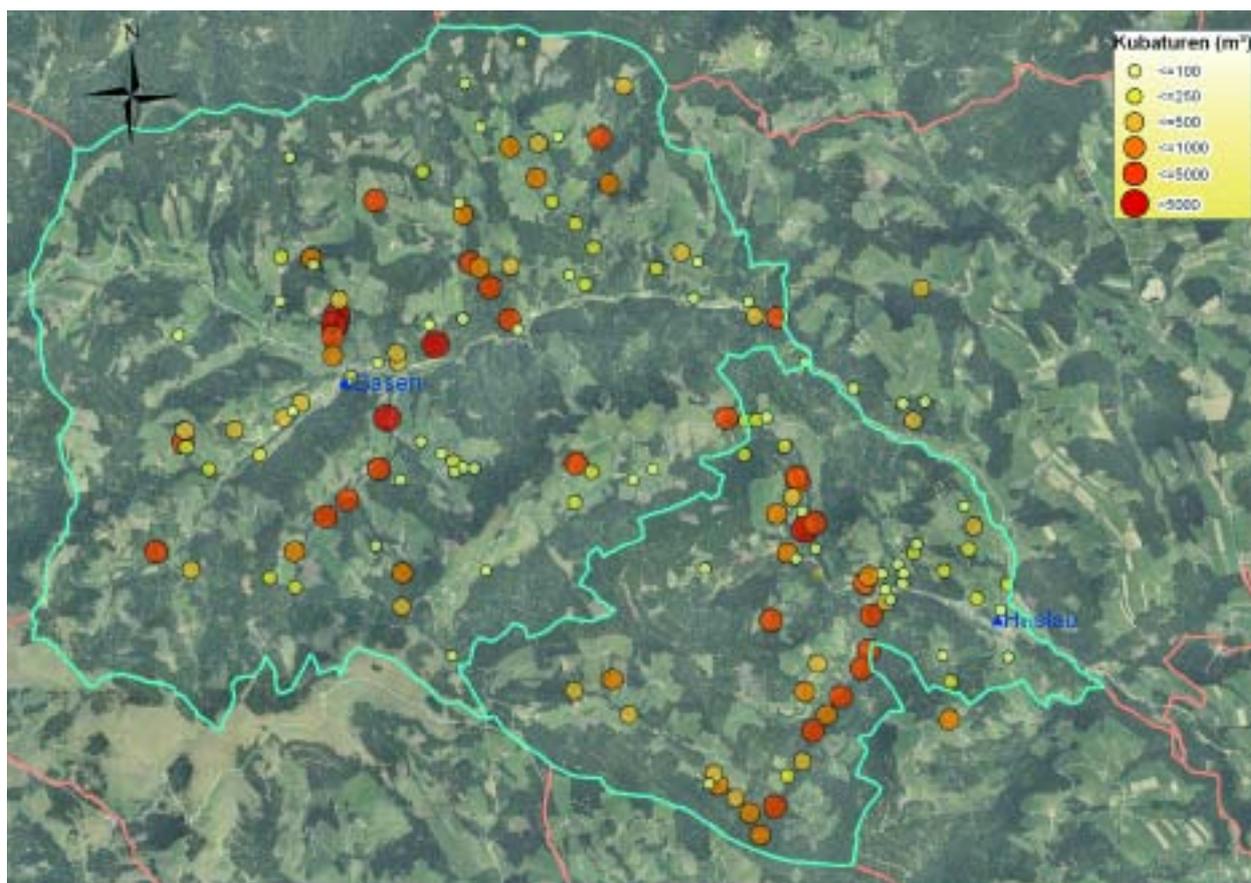


Abbildung 3.3.1.1-1
Lage und Kubatur der Massenbewegungen in den Gemeinden Gasen und Haslau.

Die größte Massenbewegung wurde in der Gemeinde Haslau dokumentiert. Sie wies eine Fläche von 25.000 m² auf. Die durchschnittliche Abtragsfläche der Massenbewegungen in Haslau war mehr als doppelt so groß wie jene der Massenbewegungen in Gasen. Da die durchschnittlichen Kubaturen in Gasen jedoch deutlich höher waren, können die

Massenbewegungen in Gasen als im Allgemeinen wesentlich tiefergründiger als jene in Haslau bezeichnet werden.

Die Kubaturen wurden in Klassen mit einer Klassenbreite von 250 m³ eingeteilt. Deren Verteilung stellt sich dabei folgendermaßen dar: Fast 50 % aller aufgenommenen Massenbewegungen lieferten

Tabelle 3.3.1.1-2:
Häufigkeit von Massenbewegungen mit bestimmten Kubaturen.

Kubaturen [m ³]	Anzahl	Prozent
<250	74	49,0
250-<500	20	13,2
500-<750	17	11,3
750-<1.000	7	4,6
1.000-<1.250	7	4,6
1.250-<1.500	3	2,0
1.500-<1.750	4	2,6
1.750-<2.000	1	0,7
2.000-<5.000	13	8,6
5.000-<10.000	3	2,0
≥ 10.000	2	1,3
Summe	151	100

Tabelle 3.3.1.1-3:
Verteilung der Massenbewegungen mit Kubaturen unter 250 m³ auf bestimmte Volumens Kategorien.

Kubaturen [m ³]	Anzahl	Prozent
<25	10	13,5
25-<50	8	10,8
50-<75	14	18,9
75-<100	3	4,1
100-<125	16	21,6
125-<150	0	0,0
150-<175	11	14,9
175-<200	1	1,4
200-<225	11	14,9
225-<250	0	0,0
Summe	74	100

Kubaturen von unter 250 m³, 21% waren größer als 1.000 m³ und nur 3 % größer als 5.000 m³.

Da fast 50 % der Massenbewegungen weniger als 250 m³ lieferten wurde diese Gruppe in Tabelle 3.3.1.1-3 noch weiter untergliedert und vermittelt so ein Gesamtbild über die Rutschungsaktivitäten.

Die Flächen wurden in Klassen mit einer Klassenbreite von 250 m² eingeteilt. Tabelle 3.3.1.1-4 zeigt deren Verteilung.

Tabelle 3.3.1.1-4:
Häufigkeit von Massenbewegungen mit bestimmter Flächen.

Flächen [m ²]	Anzahl	Prozent
<250	58	36,5
250-<500	33	20,8
500-<750	17	10,7
750-<1.000	10	6,3
1.000-<1.250	12	7,5
1.250-<1.500	3	1,9
1.500-<1.750	3	1,9
1.750-<2.000	0	0,0
2.000-<5.000	12	7,7
5.000-<10.000	5	3,2
≥10.000	2	1,3
Summe	159	100

Da mehr als 1/3 der Massenbewegungen Flächen von weniger als 250 m² aufwiesen, wird diese Gruppe in Tabelle 3.3.1-5 ebenfalls noch weiter untergliedert.

Tabelle 3.3.1.1-5:
Verteilung der Massenbewegungen mit Flächen von weniger als 250 m² auf bestimmte Flächenkategorien.

Flächen [m ²]	Anzahl	Prozent
<25	1	1,7
25-<50	5	8,6
50-<75	7	12,1
75-<100	3	5,2
100-<125	16	27,6
125-<150	1	1,7
150-<175	10	17,2
175-<200	1	1,7
200-<225	13	22,4
225-<250	1	1,7
Summe	58	100

3.3.1.2 Einzelrutschungen

An insgesamt 40 Standorten wurden bei den Erhebungsarbeiten vor Ort einzelne Rutschungen zu einer Massenbewegung zusammengefasst und in das

Ereignismeldungsportal eingegeben. Aus Gründen der Aufwandsreduzierung wurde diese Vorgehensweise für einzelne Rutschungen, die sehr klein waren, räumlich sehr eng beieinander lagen und den gleichen Hangabschnitt betrafen, gewählt. Eine Grundbedingung für die Zusammenfassung von Einzelrutschungen zu einer Massenbewegung war, dass diese den gleichen Auslösemechanismus aufwiesen.

Tabelle 3.3.1.2-1 zeigt die Verteilung der Einzelrutschungen auf die verschiedenen Gemeinden und gibt einen Überblick, für wie viele dieser Einzelrutschungen die Parameter Kubatur und Fläche erhoben wurden.

Tabelle 3.3.1.2-1:
Verteilung der Einzelrutschungen auf die verschiedenen Gemeinden.

Gemeinden	Anzahl der Einzelrutschungen	vorhandene Angaben zur Kubatur	vorhandene Angaben zur Fläche
Gasen	147	128	133
Haslau	93	88	93
sonstige Gemeinden	10	10	9
Gesamt	250	226	235

Die meisten Einzelrutschungen wurden in der Gemeinde Gasen registriert. Für 94 % aller Einzelrutschungen existieren Flächenangaben, von 90 % wurden auch Kubaturen erfasst. Die Kennwerte dieser beiden Parameter werden in Tabelle 3.3.1.2-2 gemeindeweise dargestellt.

Tabelle 3.3.1.2-2:
Kubaturen und Flächen von Einzelrutschungen in den Gemeindegebieten.

Gemeinde	Kubatur [m ³]			
	durchschnittliche	maximale	minimale	Gesamtsumme
Gasen	813	18.000	5	103.712
Haslau	477	3.000	10	41.975
sonstige Gemeinden	185	1.000	12	1.850
Gesamt	653	18.000	5	147.537
Gemeinde	Fläche [m ²]			
	durchschnittliche	maximale	minimale	Gesamtsumme
Gasen	522	10.000	10	69.220
Haslau	1.202	10.000	10	111.790
sonstige Gemeinden	192	800	6	1.730
Gesamt	776	10.000	6	182.740

Die Einzelrutschung mit der größten Kubatur lag im Gemeindegebiet von Gasen und hatte ein Volumen von ca. 18.000 m³. Wie schon bei der

Auswertung der Massenbewegungen waren die durchschnittlichen Abtragsflächen der Einzelrutschungen in der Gemeinde Haslau mehr als doppelt so groß wie jene in Gasen. Bezogen auf die Flächeneinheit lieferten die Einzelrutschungen in Gasen beinahe die vierfache Kubatur.

Die Kubaturen der Einzelrutschungen wurden in Klassen mit einer Klassenbreite von 250 m³ eingeteilt. Tabelle 3.3.1.2-3 zeigt deren Verteilung.

Tabelle 3.3.1.2-3:
Häufigkeit von Einzelrutschungen mit bestimmten Kubaturen.

Kubaturen [m ³]	Anzahl	Prozent
<250	124	54,9
250-<500	39	17,3
500-<750	21	9,3
750-<1.000	7	3,1
1.000-<1.250	12	5,3
1.250-<1.500	1	0,4
1.500-<1.750	5	2,2
1.750-<2.000	1	0,4
2.000-<5.000	12	5,3
5.000-<10.000	2	0,9
≥10.000	2	0,9
Summe	226	100

Mehr als 50 % der Einzelrutschungen lieferten weniger als 250 m³. Um einen genaueren Überblick über diese „kleineren“ Einzelrutschungen zu erhalten, wurde diese Gruppe in Tabelle 3.3.1.2-4 noch weiter untergliedert.

Tabelle 3.3.1.2-4:
Verteilung der Einzelrutschungen mit Kubaturen unter 250 m³ auf bestimmte Volumenskategorien.

Kubaturen [m ³]	Anzahl	Prozent
<25	29	23,4
25-<50	8	6,5
50-<75	25	20,2
75-<100	17	13,7
100-<125	15	12,1
125-<150	2	1,6
150-<175	15	12,1
175-<200	1	0,8
200-<225	12	9,7
225-<250	0	0,0
Summe	124	100

Tabelle 3.3.1.2-4 zeigt, dass der überwiegende Teil der Einzelrutschungen ein Rutschungsvolumen von weniger als 100 m³ aufwies. Neben der Kubatur einer

Rutschung ist die Geschwindigkeit des Abtransports des Rutschungsmaterials ein entscheidender Faktor für die Gefährdung. Eine Rutschung kann als natürliches Schadensereignis allerdings nicht per se ein Risiko sein, sondern nur in Verbindung mit Reaktionen oder vorher erfolgten menschlichen Entscheidungen (z.B. im Siedlungswesen). Dieser Risikobegriff ist dabei definiert als die Konkretisierung der Rutschungsgefahr in Abhängigkeit von der geschätzten Wahrscheinlichkeit und den potenziellen Auswirkungen. Der schlimmste Schadensfall, nämlich der Verlust von Menschenleben, ereignete sich bei einer der vielen relativ kleinen Einzelrutschungen: Die Rutschungsmassen zerstörten dabei ein älteres, nicht sehr stabil errichtetes Wohngebäude mit Todesfolgen für zwei Personen.

Ebenso wie die Kubaturen wurde auch die Häufigkeit von einzelnen Rutschungen mit bestimmten Flächenausmaßen in verschiedenen Größenkategorien untersucht. Dafür wurde eine Klassenbreite von 250 m² gewählt. Eine diesbezügliche Verteilung wird in Tabelle 3.3.1.2-5 dargestellt.

Tabelle 3.3.1.2-5:
Auftrittshäufigkeit von Einzelrutschungen mit bestimmten Flächengrößen.

Flächen [m ²]	Anzahl	Prozent
<250	121	51,5
250-<500	43	18,3
500-<750	23	9,8
750-<1.000	7	3,0
1.000-<1.250	11	4,7
1.250-<1.500	2	0,8
1.500-<1.750	5	2,1
1.750-<2.000	0	0,0
2.000-<5.000	14	6,0
5.000-<10.000	9	3,8
Summe	236	100

Auch aus Tabelle 3.3.1.2-5 ist ersichtlich, dass mehr als 50 % der Einzelrutschungen eine Fläche von weniger als 250 m² aufwiesen. Diese Gruppe wird in Tabelle 3.3.1.2-6 noch weiter untergliedert.

Tabelle 3.3.1.2-6 zeigt, dass mehr als 20 % aller dokumentierter Einzelrutschungen kleiner als 100 m² waren. Da das mögliche Schadensausmaß einer Rutschung nicht nur von der Kubatur bzw. Flächenausdehnung abhängig ist, ist es nicht sinnvoll, die Dokumentation einzelner Rutschungsvorgänge nur ab einer gewissen Mindestgröße der Fläche vorzusehen.

Tabelle 3.3.1.2-6:
Verteilung der Einzelschäden mit Flächen von weniger als 250m² auf bestimmte Flächenkategorien.

Flächen [m ²]	Anzahl	Prozent
<25	16	13,2
25-<50	6	5,0
50-<75	14	11,6
75-<100	12	9,9
100-<125	20	16,5
125-<150	5	4,1
150-<175	15	12,4
175-<200	6	5,0
200-<225	22	18,2
225-<250	5	4,1
Summe	121	100

3.3.2 Schäden

3.3.2.1 Personenschäden

Bei einer Rutschung im Gemeindegebiet Gasen waren zwei Todesopfer zu beklagen. Die losgelösten Rutschungsmassen zerstörten ein Wohngebäude (Abbildung 3.3.2.1-1) in dem sich die beiden Personen aufhielten, wobei eine noch am Ereignisort verstarb, die zweite im Krankenhaus ihren Verletzungen erlag. In den anderen Gemeinden wurden keinen Personen verletzt oder getötet.



Abbildung 3.3.2.1-1:
Zerstörtes Wohngebäude in der Gemeinde Gasen.

3.3.2.2 Sachschäden

Die direkten Sachschäden durch die Schadensereignisse im August 2005 in den Gemeinden Gasen und Haslau sind aus Tabelle 3.3.2.2-1 ersichtlich.

Bei Gebäuden wurde zwischen „zerstört“ und „beschädigt“ unterschieden: wenn ein Gebäude nach Reparaturarbeiten wieder bewohnbar war, wurde es als beschädigt angeführt. Laufmeter Verkehrswege wurden dann als „zerstört“ geführt, wenn sie durch das Schadensereignis in diesem Bereich nicht mehr passierbar waren. Da die Funktionalität von Verkehrswegen abschnittsweise nicht nur durch Instandsetzungsarbeiten der unmittelbar geschädigten Bereiche wiederhergestellt werden konnte, sondern teilweise teure Generalsanierungen notwendig wurden, war der finanzielle Gesamtschaden sehr hoch. So mussten z.B. alleine für die Wiederherstellung des niederrangigen Wegenetzes (also alle Straßen, die nicht Bundes- oder Landesstraßen waren) in Gasen ca. 7 Millionen Euro aufgewendet werden (mündl. Auskunft des Bürgermeisters von Gasen im Mai 2006).

In Tabelle 3.3.2.2-1 blieben indirekte Schäden wie z.B. Straßensperren, Betriebsunterbrechungen oder Wirtschaftsflächen, die für längere Zeit unbenutzbar wurden, unberücksichtigt. Als ein Beispiel dafür, dass diese indirekten Schäden große finanzielle Verluste zur Folge haben können, sei die „Berggleitung Beisteinerkogel“ angeführt. Diese Schadensfläche befindet sich an der östlichen Ortsausfahrt von Gasen in Richtung Haslau. Durch einen Murenabgang kam es am Abend des 21.8.2005 zur Schwächung des Hangfußes. Dies führte zu einer Felsgleitung (ca. 18.000 m³) auf einer ausgeprägten, ca. 12 m tief gelegenen mylonitisierten Gleitschicht. Da ein Abrutschen der Lockermaterialmasse nicht ausgeschlossen werden konnte, mussten zwei Wohngebäude evakuiert und die Landesstraße L104 über ein Monat lang gesperrt werden. Die Hangbewegungen konnten erst durch die Absprengung von Teilen der Felsgleitung gestoppt werden. Diese Sprengungsarbeiten wurden von der Fa. Geolith Consult geplant und überwacht, darüber hinaus wurden auch Steinschlagnetze

Tabelle 3.3.2.2-1: Ausmaß der Sachschäden in den Gemeinden Gasen und Haslau. (in Stück bzw. bei Verkehrswegen in Laufmetern).								
Gemeinde	Schadensausmaß							
	Massenbewegungen			Hochwasser			Gesamt	
	Schadens- ereignisse	zerstörte Objekte	beschädigte Objekte	Schadens- ereignisse	zerstörte Objekte	beschädigte Objekte	zerstörte Objekte	beschädigte Objekte
Gemeinde Gasen								
Wohngebäude	5	3	4	4		4	3	8
Wirtschaftsgebäude	5	2	3	1		1	2	4
Fremdenverkehrsbetriebe	1		1				0	1
Bauhütten, Schuppen	3	2	1	4		6	2	7
Landesstraßen	7	30	230	4		90	30	320
Gemeindestraßen	37	239	1.297	5	10	161	249	1.458
Vieh	1	1					1	0
Sonstiges	22							
Gemeinde Haslau								
Wohngebäude	9		10	3		4	0	14
Wirtschaftsgebäude	5	1	5	4		5	1	10
Fremdenverkehrsbetriebe							0	0
Bauhütten, Schuppen	4	2	2	1		2	2	4
Landesstraßen				1		20	0	20
Gemeindestraßen	28	535	645	4		110	535	755
Vieh							0	0
Sonstiges	4							

angebracht und ein durch die Gemeinde betreutes Monitoringsystem eingerichtet. Diese Sicherungsmaßnahmen führten dazu, dass eines der beiden evakuierten Wohngebäude wieder bewohnbar wurde.

3.3.3 Ursachen

3.3.3.1 Allgemeiner Überblick

Auslöseursachen für Schadereignisse sind zumeist multifaktoriell. Das Ereignismeldungsportal des WLK sieht daher für die Beschreibung dieses Parameters auch Mehrfachnennungen vor, wodurch darauf Bezug nehmende Auswertungen hauptsächlich Kombinationen verschiedener Auslösefaktoren enthalten. Die Ursachenkategorien im Ereignismeldungsportal sind für die Ereignisformen „Massenbewegungen“ und „Hochwasser“ jedoch unterschiedlich definiert: während es bei Hochwasserereignissen die Ursachenkategorie „lang anhaltender Regen“ gibt, ist diese bei Massenbewegungen nicht vorgesehen. Bezug nehmend auf die in dieser Publikation beschriebenen Schadensereignisse muss lang anhaltender Regen, obwohl er in Tabelle 3.3.3.1-1 nicht

aufscheint, als eine der wesentlichen Auslöseursachen angesehen werden. Tabelle 3.3.3.1-1 zeigt die Häufigkeit der verschiedenen Auslöseursachen.

Ein weiterer, oftmals festgestellter Auslösemechanismus waren „Hangexplosionen“. Da dieser Begriff jedoch im Ereignismeldungsportal des WLK nicht dezidiert angeführt ist, wurde diese Ursache dem Begriff Grundwasserspiegelschwankung zugeordnet. Um die einzelnen Auslösemechanismen losgelöst von den verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten zu untersuchen, zeigt Tabelle 3.3.3.1-2, wie oft diese bei den 174 Massenbewegungen genannt wurden.

Den mit Abstand höchsten Anteil machten Starkregen aus. Da auch bei lang anhaltenden Regenperioden oftmals relativ kurze Phasen einen Kern des Niederschlagsgeschehens ausmachen, stellt sich die Frage, inwieweit man dann diese relativ kurzen Starkniederschlags-Phasen oder die Vorbefeuchtung durch den lang anhaltenden Vorregen als auslösendes Ereignis definiert (siehe auch Kapitel Meteorologie).

Die Auslöser für Hochwasser werden in Tabelle 3.3.3.1-3 dargestellt.

Tabelle 3.3.3.1-1:
Auslöseursachen für Massebewegungen und Hochwasser der insgesamt 202 Schadensmeldungen - gereiht nach Häufigkeit.

Auslöser für Massebewegungen	Anzahl
Starkregen, Grundwasserspiegelschwankung	65
Starkregen	58
Starkregen, Hangunterschneidung, Grundwasserspiegelschwankung	8
Starkregen, Hangunterschneidung	7
Hochwasser, Starkregen, Hangunterschneidung, Grundwasserspiegelschwankung	6
Starkregen, Erosion	6
Starkregen, Erosion, Grundwasserspiegelschwankung	6
Starkregen, unkontrollierter Oberflächenabfluss	3
Hochwasser, Hangunterschneidung, Grundwasserspiegelschwankung	2
Hochwasser, Starkregen, Erosion, Hangunterschneidung	2
Starkregen, land-/forstwirtschaftliche Nutzung	2
Hangunterschneidung, Grundwasserspiegelschwankung	1
Keine Angaben	2
Hochwasser, Erosion, Hangunterschneidung, Grundwasserspiegelschwankung	1
Hochwasser, Starkregen, Erosion	1
Hochwasser, Starkregen, Erosion, Grundwasserspiegelschwankung	1
Starkregen, Erosion, Hangunterschneidung, unkontrollierter Oberflächenabfluss, Grundwasserspiegelschwankung	1
Starkregen, Erosion, unkontrollierter Oberflächenabfluss	1
Starkregen, unkontrollierter Oberflächenabfluss, Grundwasserspiegelschwankung	1
Summe „Massebewegungen“	174
Auslöser für Hochwasserereignisse	
kurzzeitiger Starkregen, langanhaltender Regen	13
langanhaltender Regen	14
keine Angaben	1
Summe „Hochwasser“	28
Gesamtsumme	202

Tabelle 3.3.3.1-2:
Häufigkeiten, mit der einzelne Auslösemechanismen bei den verschiedenen Massebewegungen aufgetreten sind.

Auslöser	Anzahl	Anteil an den 174 Massebewegungen [%]
Starkregen	168	96,6
Grundwasserspiegelschwankung	85	48,9
Hangunterschneidung	33	19,0
Erosion	19	10,9
Hochwasser	13	7,5
unkontrollierter Oberflächenabfluss	6	3,4
land-/forstwirtschaftliche Nutzung	2	1,1
nicht feststellbar	2	1,1
Summe	328	

Tabelle 3.3.3.1-3:
Auslöser für Hochwasserereignisse.

Auslöser für Hochwasser	Anzahl	Anteil an den 28 Hochwasserereignissen [%]
lang anhaltender Regen	27	96,4
kurzzeitiger Starkregen	13	46,4
nicht feststellbar	1	3,6
Summe	41	

Im Falle der Hochwasserereignisse wurde lang anhaltender Regen in beinahe allen Fällen als nieder-schlagspezifische Ursache angesehen.

Eine ergänzende Aufgliederung der Auslösemechanismen für Massebewegungen und Hochwasser erfolgt in Tabelle 3.3.3.1-4. Für diese Tabelle wurden diejenigen Hinweise, die sich in den

Tabelle 3.3.3.1-4:
Auslösemechanismen aufgrund der Auswertung verbaler Beschreibungen.

Auslöser für Massebewegungen	Anzahl	Anteil an den 174 Massebewegungen [%]
Hangwasserdruck	72	41,4
Quellen	45	25,9
Hangunterschneidung	33	19,0
Oberflächenwasser	15	8,6
Verkläusung	5	2,9
Summe	170	
Auslöser für Hochwasser	Anzahl	Anteil an den 28 Hochwasserereignissen [%]
Verkläusung	10	35,7
Hangunterschneidung	4	14,3
Hangwasser	2	7,1
Quellen	1	3,6
Summe	17	

textlichen Beschreibungen fanden (Memo-Text-Felder des Ereignismeldungsportals), ausgewertet.

In sehr vielen Fällen war der Hangwasserdruck die Auslöseursache für Massenbewegungen. Mehr als ein Drittel aller Hochwasserereignisse wurden durch Verklausungen ausgelöst.

3.3.3.2 Anthropogener Einfluss

Da viele verbale Beschreibungen in den Memo-Text-Feldern der Meldungsformulare Hinweise auf anthropogenen Einflüsse auf Rutschungsvorgänge und Hochwasser enthielten, wurden die Textfelder diesbezüglich genauer analysiert. In Tabelle 3.3.3.2-1 finden sich nähere Beschreibungen bezüglich der Hinweise auf anthropogene Einflüsse.

Tabelle 3.3.3.2-1: Textpassagen in den Memo-Text-Feldern der Meldungsformulare, die Hinweise auf mögliche anthropogene Einflüsse lieferten.	
Art des Schadensereignisses	Textpassagen, die Hinweise auf mögliche anthropogene Einflüsse lieferten
Hochwasser	Zu gering dimensionierte Rohrdurchlässe, verlegte Durchlässe, verklaute Brücken oder Sperren, Wildholzverklausungen bei Bauwerken, Oberflächenabfluss von Weideflächen, Geschiebeeinstoß von eingerutschten Straßenböschungen
Massenbewegungen	Abbrutschungen von Straßenböschungen, nicht fachgerechte Straßenentwässerungen, Hangunterschneidungen durch Wegebau, intensive Weidenutzung, großflächige Waldnutzungen, übersteilte Straßenböschungen, Bodenbeeinflussung durch Ackerbau

Tabelle 3.3.3.2-2: Beschreibung der Art der anthropogenen Einflüsse bezüglich der Schadensereignisse.		
	Wie oft wurden diese Hinweise gefunden	Anteil dieser Hinweise an der Gesamtzahl der Schadensereignisse [%]
Hochwasser		
Straßen (z.B. Böschungen, Durchlässe)	14	50
sonstige Durchlässe	3	11
sonstige bauliche Maßnahmen	5	18
landwirtschaftliche Nutzung	1	4
Summe	23	
Massenbewegungen		
Straßen (z.B. Böschungen, Durchlässe)	92	53
sonstige künstliche Böschungen	2	1
sonstige Durchlässe	3	2
sonstige bauliche Maßnahmen	7	4
landwirtschaftliche Nutzung	6	3
Summe	110	

Das Ergebnis der Auswertungen der Memo-Text-Felder liefert Tabelle 3.3.3.2-2. Dabei wird dargestellt, wie oft Hinweise auf anthropogene Einflüsse durch ganz bestimmte Textpassagen vorhanden waren. Es wird auch aufgezeigt, wie hoch der Anteil an Schadensereignissen mit solchen anthropogenen Einflüssen an der Gesamtanzahl aller Schadensereignisse war.

Tabelle 3.3.3.2-2 lässt erkennen, dass bei 23 der insgesamt 28 Hochwasserereignisse (82 %) sowie bei 110 von 174 Massenbewegungen (~66 %) der Einfluss menschlicher Tätigkeiten angemerkt worden war. Eine besondere Häufung der Rutschungen war bei Straßen und Wegen im Bereich von Hangwasserakkumulation (Quellen, Mulden, Unterhänge) zu beobachten, wobei im Bereich von Quellen besonders bei den schlechter gesicherten Wegen des niederrangigen Straßennetzes mehrfach nicht nur die Böschungen, sondern ganze Teile der Fahrbahn abrutschten (Abbildung 3.3.3.2-1 und 3.3.3.2-2).

Rückschlüsse, inwieweit es ohne diese anthropogenen Einflussnahmen an diesen Orten keine Schadensereignisse gegeben hätte, sind kaum möglich. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Erhebungen in Gasen führte Länger (1957) bei seinen Untersuchungen der Schadensereignisse in Kärnten 1957 ebenfalls bei 2/3 aller Rutschungen anthropogene Einflussnahme als Ursache an wobei Weganlagen als Hauptverursacher angeführt wurden.

Das Material bergseitiger Rutschungen wurde überwiegend auf der Fahrbahn deponiert, wodurch außer der temporären Unpassierbarkeit der Fahrbahn kaum Schäden entstanden. Rutschungen der talseitigen Böschungen lösten demgegenüber immer wieder (Hang-)Muren und Beschädigungen der Fahrbahnen aus (Abbildung 3.3.3.2-3). Speziell im Bereich von Kehren und Lagerplätzen waren die bewegten Kubaturen groß.

In der Nähe von Quellen kam es aufgrund der enormen im Untergrund abfließenden Wassermengen zum Teil zu massiven Wasseraustritten (Abbildung 3.3.3.2-4). Darüber hinaus wurden durch Veränderung der Wasserwegigkeit auch Wasseraustritte an neuen, bisher nicht auffallend feuchten Stellen beob-



Abbildung 3.3.3.2-1:
Rutschungsanriss an einer Geländekante (Wiese/Wald, Piregg, oberes Bild), Hangexplosion im Bereich einer Quelle (Gasen/Mitterbach, Bild links unten), großflächige Rutschung der bergseitigen Böschung im Unterhangbereich (Gasenbach/L104, Bild rechts unten).



Abbildung 3.3.3.2-2:
Teilweise abgerutschte (bereits wieder hergestellte) Fahrbahn des Zufahrtsweges Sonnleit'n (Gasen) im unmittelbaren Bereich der Quellfassung (Bauwerk links).



Abbildung 3.3.3.2-3:
Abgerutschte talseitige Böschungen im Zufahrtsbereich zum Haslauer Graben.



Abbildung 3.3.3.2-4:
Hangexplosionen mit starkem Wasseraustritt auch noch mehrere Stunden nach der Rutschung. Hierbei ist ein neuer Quellaustritt (orographisch rechts oberhalb) entstanden (Fotos: Reitbauer, Birkfeld).



Abbildung 3.3.3.2-5:
Tiefenerosion und Neubildung einer Runse infolge einer Hangmure, (Gasen, Oberlauf Amassegger Bach).

achtet. Augenzeugen beschrieben den Prozess als „Hangexplosion mit aus dem Boden schießenden Wasserstrahlen von bis zu 30 cm Durchmesser, die das Erdreich förmlich wegsprengten“.

Häufig bewegte sich das überwiegend feine Lockermaterial durch das große Wasserangebot als dünnflüssige Hangmure talwärts, ohne wesentliche weitere Erosion am Hang zu bewirken. Vereinzelt kam es aber auch zu Tiefenerosion und zur Ausbildung neuer tiefer Runsen (Abbildung 3.3.3.2-5).

3.3.4 Gefahrenpotenzial

Im Hinblick auf mögliche Präventivmaßnahmen sind all jene Standorte von besonderer Bedeutung, welche im Zuge der Erhebungsarbeiten Hinweise auf Gefahrenpotenziale lieferten. In welcher Form diese Hinweise vorliegen, erläutert Tabelle 3.3.4-1; sie enthält jene Textpassagen, die in direktem Zusammenhang mit möglichen Gefahrenhinweisen stehen.

3.4 Meteorologie

3.4.1 Intensitäten und Niederschlagsmengen im langjährigen Vergleich

3.4.1.1 Maximale Niederschlagsintensitäten kurzer Dauer

Für die Analyse der Niederschlagsintensitäten kurzer Dauerstufen standen in der Umgebung von Gasen und Haslau mit Birkfeld, Breitenau/Mixnitz und Teichalm die Daten von drei kontinuierlich aufzeichnenden Niederschlagsmessstellen des Hydrographischen Landesdienstes zu Verfügung. Im Katastrophengebiet selbst gibt es keine Messstellen. Der maximale 15minütige Niederschlag wurde während des Ereignisses mit 10,9 mm, die maximale Stunden-niederschlagssumme mit 16 mm, der maximale einstündliche Niederschlag mit rund 20 mm (alle Messstelle Birkfeld) registriert. Vom INCA-Modell

Tabelle 3.3.4-1: Schadensformulare mit Hinweisen auf Gefahrenpotenziale.	
ID	Textpassagen, die auf Gefahrenpotenzial hinweisen
439	offene Risse am Unterhang, rückschreitende Erosion
453	Böschungsanriss auf Zufahrtsweg zum Hof, weitere Böschungsanrisse auf der gesamten Zufahrtsstraße
459	Hanganrisse in der Wiese, übersteilte, ungesicherte Straßenböschung
461	zusätzlich Böschungsrisse auf 20 m Länge südöstlich der Rutschung in Straßennähe
471	mehrere Anrisse, Rutschungen, Setzungen rechtsufrig auf 80 m Länge; oberhalb großvolumige Anrisse (mindestens 20 m Länge), zusätzlich potenzielles Einrutschvolumen von ca. 400 m ³ (insgesamt somit 800 m ³)
474	gesamte rechtsufrige Seite des Grabens instabil, Geschiebeeinstöße durch Rutschungen bachaufwärts, ungünstig positionierter Holzfangrechen, zu kleiner Rohrdurchlass unterhalb der Häuser zum Gasenbach
476	weitere rutschungsgefährdete Grabeneinhänge auf mindestens 200 m Länge, vor allem rechtsufrig
494	Absetzung der talseitigen Straßenböschung auf 25 m Länge, Gesamtfläche ca. 100 m ² mit geschätzter Kubatur von 100 m ³ , ca. 45 m südlich davon zusätzlicher Hanganriss auf 20 m Länge
576	links- und rechtsufrige Böschungsnachrutschungen am Grabeneinhang, auf ca. 300 m öfters Nachrutschungen auch der Böschung und des Fahrbahnrandes des Zufahrtswegs, talseitige Schüttung des Zufahrtswegs ungesichert
577	Verlegung des Rohrdurchlasses, Nachböschungen möglich, Geschiebebeaufschlagung des Vorfluters
578	verfüllte Sperre (ca. 300 m ³ Ablagerung), mehrere Rutschungen flussaufwärts, Begehung grabeneinwärts sollte sobald als möglich erfolgen
589	alle Straßenquerungen sind sehr labil, Anrisse auf Forststraße sowie Risse ober- und unterhalb (im Wald bzw. an der Kante zwischen Wald und Wiese), Potenzial einer möglichen Rutschung ca. 250 m ³
590	Gefährdung der Liegenschaft unterhalb durch Steinschlag, übersteilte talseitige Böschung
614	Böschungsrisse auf Weg von Höllhofer zu dieser Schadensstelle, direkt neben Gemeindestraße auf ca. 30 m Länge
646	an der Oberkante der Forststraße zwei 20 m voneinander entfernte Rutschungen zwischen der Rutschungen mehr oder minder durchgehende Anrisse, Gefährdung des Hauses zum Erhebungszeitpunkt gering, die der Straße allerdings hoch
652	Anriss und Nachrutschung entlang einer Feuchtstelle, Potenzial ca. 100 m ² , Anriss von ca. 30 m links oberhalb der Straßenschüttung bzw. des Forstwegs
659	Riss zwischen Stall und Wohnhaus auf einer Länge von ca. 10 m
661	Anrisse links und rechts oberhalb der Rutschung, Länge jeweils 10-15 m, Potenzial der Rutschungskubatur ca. 300 m ³
665	Anriss, Scholle ca. 15 x 15 m, (noch) nicht abgerutscht
676	Amasseggerbach: hohes Geschiebepotenzial nach Verklausung
677	mehrere Anrisse und Nachböschungen am Weg auf einer Länge von ca. 55 m, Talböschung nicht gesichert, potenzielle Rutschungsfläche ca. 1 ha, mit einer Kubatur von vermutlich mehr als 2.000 m ³
679	Anriss bei oberem Hangweg, Geschiebepotenzial des Amasseggerbach durch Verklausung bzw. Auflandung ca. 1.000 m ³ , Anriss 100 m rechts oberhalb der Talstraße
681	Anrisse und Nachrutschungen auf 60 m Länge bei Zufahrtsweg, talseitige Böschung instabil, potenzielle Rutschungskubatur ca. 1.500 m ³
682	drei kleine Rutschungen im Bereich des Karrenwegs und der unterste Geländekante, unterhalb mehrere Risse und Löcher
686	tiefgründige Rutschung oberhalb der Straße, rechts oberhalb der Rutschung mehrere Anrisse, Rutschungsmaterial beaufschlagt teilweise den Vorfluter
693	mehrere (flächenhafte) Rutschungen und Anrisse oberhalb der Geländekante. In verbliebenen Hangbereichen zahlreiche Anrisse
697	Anriss auf einer Länge von ca. 20 m, Riss oberhalb des Wegs auf ca. 15 m, potenzielle Rutschungskubatur ca. 300 m ³
703	mehrere Risse links oberhalb der Rutschung, potenzielle Rutschungskubatur ca. 1.000 m ³
704	Zufahrtsweg tiefgründig weggerutscht, Riss rechts oberhalb der Rutschung und unterhalb der Straße, Länge ca. 15 m, potenzielle Rutschungskubatur ca. 300 m ²
707	mehrere kleine bis mittlere Nachrutschungen, links oberhalb der Rutschung mehrere Anrisse
708	Vermessung durchgeführt, oberhalb rechts Risse mit Längen bis 100 m (vgl. Vermessung), oben links Risse ca. 30 m
719	Rutschung von der Straße bis in den Haslauer Graben, Uferanriss mit einer Fläche von ca. 15 m ² am Gegenhang, Sohlhebung des Baches durch eingerutschte bzw. umgestürzte Bäume, Verklausungsgefahr
744	potenzielle Gefährdung
746	Straßenböschung rechts oberhalb der Rutschung nachgerutscht (Kubatur ca. 300 m ³), links oberhalb entlang der talseitigen Straßenböschung durchgehender Anriss auf ca. 70 m Länge
748	Riss auf einer Länge von ca. 20 m, Fläche ca. 400 m ² , potenzielle Kubatur ca. 100 m ³ , Nachrutschen der talseitiger Straßenböschung
773	rückschreitende Erosion
ID...BFW-interne Identifikationsnummer der Rutschung	

werden für diesen Bereich etwas geringere Intensitäten ausgewiesen. Sie liegen damit deutlich unter den während des Ereignisses hauptsächlich südlich bzw. südöstlich der Gemeinden Gasen und Haslau erreichten maximalen Intensitäten.

Für die Niederschlagsdauerstufen 15 Minuten bzw. 1 Stunde standen keine Vergleichswerte zur Verfügung. Diese müssten aus Analysen der Messdaten (Niederschlags-Frequenzdiagramme) gewonnen werden. Trotzdem lässt sich sagen, dass die Niederschlagsintensitäten kurzer Dauerstufen des Ereignisses vom August 2005 für das Gebiet nicht außergewöhnlich waren. Nach Lorenz und Skoda (2003) entsprechen die Mengen nicht einmal einem zweijährlichen Ereignis. Sie geben ca. 25 mm für ein zweijährliches, 15minütiges und ca. 150 mm für ein hundertjährliches stündliches Ereignis an. Diese auf einem orographisch-konvektivem Modell beruhenden Angaben stellen eine Art Maximalabschätzung der Niederschlagsintensität im Kern einer Gewitterzelle dar. Diese hohen Werte lassen sich über Messwerte im betroffenen Gebiet aber nicht bestätigen. Selbst der maximale je in diesem Gebiet gemessene Tagesniederschlag (Fischbach, Tabelle 3.4.1.2-1) liegt unter dieser Angabe für den 100jährigen Stundenniederschlag.

3.4.1.2 Ereignis-Niederschlagsmengen

Im Gegensatz zu den nicht auffälligen Intensitäten kurzer Dauerstufen liegen die Niederschlagsmengen für den maximalen Tagesniederschlag schon recht hoch und zum Teil im Spitzenfeld der je gemessenen Werte, wie die an der Messstelle Hohenau an der Raab registrierte Tagesniederschlagssumme von 135 mm zeigt. Trotz der zum Teil über 100jährigen Messreihen wurden vergleichbare Niederschlagsmengen nur ein einziges Mal erreicht (Fischbach, August 1986, Tabelle 3.4.1.2-1). Dementsprechend weist der Hydrographische Atlas (2003) für die Region hinsichtlich extremer beobachteter Tagesniederschläge (Zeitraum 1961-1990) nur 75-100 mm aus. Unter der durch das INCA-Modell und private Messungen gestützten Annahme, dass die Niederschlagsmengen im Niederschlagszentrum zwischen Gasen und Haslau ähnlich hoch oder sogar noch höher lagen, lässt sich davon ausgehen, dass die Tagesniederschlagssumme vom 21.8.2005 annähernd einem 100jährigen Ereignis entsprachen.

Die veröffentlichten Niederschlagsmengen der Zweitagessummen reichen nur über maximal 20 Jahre, was Rückschlüsse auf extreme Niederschlagsmengen dieser Dauerstufe erschwert. Der Vergleich

Tabelle 3.4.1.2-1:
Maximale Tages- (N_{Tmax}) und Zweitagesniederschlagssummen (N_{2Tmax}) von Messstationen des Hydrographischen Dienstes unter Angabe der jeweiligen Beobachtungsdauer

(Daten: Hydrographischer Dienst in Österreich, Beobachtungszeitraum: 1951-1990).

Messstelle	N_{Tmax}	Beobachtungszeitraum [J]	N_{2Tmax}	Beobachtungszeitraum [J]
Birkfeld	96	102	90	20
Breitenau/Mixnitz	108	70	90	20
Fischbach	136	30	144	20
Hohenau/Raab	74	22	83	10
Kreuzwirt	76	22	89	10
Rettenegg	112	106	95	20
Sommeralm	109	30	94	10
Stanz	99	67	87	10
Teichalm	110	80	116	10

der Stationen zeigt, dass die Zweitages-Niederschlagssummen im Durchschnitt nur um rund 15 % über jenen der Tagesmengen liegen. Erhöht man den maximalen Tagesniederschlag (136 mm), der in etwa einem 100jährigen Ereignis entsprechen dürfte, um 15 % (durchschnittliche Differenz N_{2T}/N_T), so ergeben sich für die Zweitagensniederschlagssumme knapp 160 mm. Die höchste bisher registrierte entsprechende Niederschlagsmenge von 144 mm/2Tage lag ebenfalls deutlich unter den 191 mm/2Tage der Messstelle Hohenau an der Raab.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Zweitagesniederschlagssummen des Niederschlagszentrums zwischen Gasen und Haslau von über 200 mm, wie sie von Anrainern beobachtet wurden, für dieses Gebiet außergewöhnlich sind. Das Wiederkehrintervall des Niederschlagsereignisses von 20.-21.8.2005 ist im Zentrum, auf der Basis der angeführten Messdaten, als deutlich über 100jährlich, die in Gasen gefallenen Niederschlagsmengen (ca. 150 mm, lt. INCA - Analyse) in etwa als 100jährlich einzustufen.

Die Häufung von Hochwasserereignissen in den letzten Jahren mag als ein Indiz für das vermutete gehäufte Auftreten extremer Niederschläge (z.B. IPCC 2001) gelten. Wie aber auch beim dokumentierten Ereignis klar wird, besteht zwischen der Niederschlagsmenge bzw. -intensität und der Größe eines Schadensereignisses kein direkter Zusammenhang. Besonders der Zustand des Einzugsgebietes (z.B. Vorfeuchte) spielt eine wesentliche Rolle.

3.4.1.3 Vorniederschlagsmengen

Zu den hohen Niederschlagsmengen während des Ereignisses kamen noch hohe Vorniederschlagsmengen. Diese müssen aufgrund der relativ langen

Tabelle 3.4.1.3-1:
Vorniederschlagsmengen der Intervalle 5 Tage (5T), 1.-19. August, 1.-31. Juli und 1. Juli bis 19. August der umliegenden Messstellen des Hydrographischen Landesdienstes Steiermark vor dem Ereignis (20.-21.8.2005) sowie Vergleich mit den durchschnittlichen Monatssummen an den Messstellen (Hydrographischer Dienst in Österreich).

Messstelle	Niederschlag 2005				Durchschnitt	
	5T (mm)	1.-19. August (mm)	Juli (mm)	1.7.-19.8. (mm)	Juli (mm)	August (mm)
Birkfeld	21	71	233	303	139	115
Breitenau/Mixnitz	8	113	204	317	128	121
Hohenau/Raab	3	76	280	355	112	122
Schanz (Fischbach)	7	93	277	370	(121)	(126)
Teichalm	6	92	252	344	151	124

Zeitspanne zwischen Vorniederschlag und Ereignis im Zusammenhang mit den Standortseigenschaften bzw. den Bodentyp gesehen werden.

Die Messstellen des Hydrographischen Landesdienstes der Umgebung weisen für die fünf Tage vor dem Ereignis (maßgeblicher Zeitraum für Vorniederschlagsmenge in Bezug auf Spitzenabflüsse lt. DVWK 1984) außer der Station Birkfeld durchwegs geringe Niederschlagsmengen auf (Tabelle 3.4.1.3-1). Allerdings gab es am 14.8.2005 im westlichen Teil des Gebietes starke Niederschläge (Breitenau 75 mm, Stanz 63 mm), die vermutlich zu höheren Vorfeuchten im Raume Gasen gegenüber dem Bereich Haslau führten. Der Niederschlag der Augusttage bis zum Ereignis lag dementsprechend an den westlich gelegenen Stationen z. T. deutlich über, ansonsten ca. im Bereich der durchschnittlichen Niederschlagsmengen dieses Zeitraumes.

Die Niederschlagsmengen des Juli waren im gesamten Gebiet stark überdurchschnittlich und lagen an einigen Messstellen sogar über jenen des August.

Tabelle 3.4.1.3-2:
Monats- und 2-Monatssummen Gasen und Haslau 2005 und maximal beobachtete Werte der weiteren Umgebung
(Datenbasis: Hydrographischer Landesdienst, Hydrographischer Dienst in Österreich 1951-1990), Beobachtungszeitraum (BZR:) meteorologischer Sommer/Jahr.

Messstelle	Juli 05	August 05	Max. Monatssumme im BZR	BZR	Juli + August	Max. Juli + August Summe im BZR	BZR
	(mm)	(mm)	(mm)	(Jahre)	(mm)	(mm)	(Jahre)
Birkfeld	233	261	307	102	494	446	30
Breitenau/Mixnitz	204	270	414	71	474	435	40
Hohenau/Raab	280	309	230	22	589	431	10
Retteneegg	206	156	378	106	361	521	40
Stanz	219	251	226	66	470	367	10
Schanz (Fischbach)	277	243	(321)	(30)	520	(488)	(38)
Teichalm	252	195	287	80	446	500	30

Sie sind als hoch, nicht aber als außergewöhnlich zu werten. Ähnliche und zum Teil deutlich höhere Monatsniederschlagsmengen wurden im Bereich der Fischbacher Alpen an mehreren Messstellen während der zum Teil über 100jährigen Beobachtungen immer wieder gemessen (Tabelle 3.4.1.3-2). Die Zweimonatssummen sind für die (allerdings kürzeren) Beobachtungszeiträume häufig Rekordwerte, die für das Niederschlagsereignis am

ehesten repräsentative Messstelle Hohenau an der Raab weist einen absoluten Spitzenwert aus. Derart feuchte Wetterlagen sind für die Gegend jedenfalls ungewöhnlich und dürften annähernd einem 100jährigen Ereignis entsprechen.

3.5 Standort

3.5.1 Allgemeines

Voraussetzung für die mechanische Destabilisierung der Böden bzw. der Lockermaterialauflagen sind entsprechende Geländeneigungen. Im Rahmen dieser weitgehend konstanten Größen spielt der Wassergehalt als variable Größe eine entscheidende Rolle. Der Vorniederschlag bzw. die Vorfeuchte des Bodens und die beim Ereignis in den Boden eindringende Niederschlagsmenge beeinflussen diesen maßgeblich. Es sind daher häufig nicht maximale Niederschlagsintensitäten kurzer Dauer (Gewitter), sondern lang anhaltende Niederschläge mit extremen Niederschlagssummen für derartige Schadensereignisse verantwortlich.

Wie im Kapitel 3.4.1 dargestellt, waren Vorfeuchte und Ereignisniederschläge im Untersuchungsgebiet nicht gleichmäßig verteilt. Die INCA-Analyse weist für den westlichen Teil des Gebietes (Gasen) deutlich geringere Niederschlagsmengen als für das Zentrum aus. Trotzdem kam es auch hier zu zahlreichen Rutschungen. Vorausgesetzt, die INCA-Analyse gibt die Niederschlagsverteilung annähernd korrekt wieder, muss

es noch andere schadensrelevante Einflussfaktoren als den Ereignisniederschlag geben - nahe liegend scheint dabei die Vorfeuchte.

Im Schadgebiet gibt es keine direkten Messungen der Bodenfeuchte, Anhaltspunkte dafür können aber die Parameter Vorniederschlag und Wasserspeichervermögen liefern. Eine Aussage hinsichtlich der Vordurchfeuchtung von Böden alleine über die Vorniederschlagsmenge ist mit zunehmender Dauer zwischen Vorniederschlag und Ereignis problematisch, da der Untergrund in Abhängigkeit seiner bodenphysikalischen Eigenschaften und des Wasserverbrauches (z.B. Vegetation) das aufgenommene Wasser in unterschiedlichem Maße speichert. Im Falle Gasen und Haslau fiel die Hauptmenge des Vorniederschlages deutlich vor dem Ereignis, den Standortseigenschaften müssten demnach hohe Bedeutung zukommen. Auf die für die Rutschungsaktivität maßgeblichen Bodeneigenschaften wird im Folgenden kurz eingegangen.

Als Feldkapazität bezeichnet man den Wassergehalt des Bodens, welchen dieser gerade noch gegen die Wirkung der Schwerkraft halten kann. Als nutzbare Feldkapazität wird die Differenz zwischen dem Wassergehalt bei Feldkapazität und dem Wassergehalt beim Welkepunkt (Wassergehalt des Bodens, bei dem Pflanzen diesem kein Wasser mehr entziehen können) bezeichnet. Dies ist ein Maß dafür, wie viel Wasser ein bestimmter Boden speichern kann. Sie variiert je nach Bodenart, Skelettgehalt, Lagerungsdichte, Humusgehalt und Gründigkeit des Bodens.

Nach Kuntze et al. (1994) haben Sande entsprechend der Korngröße und Lagerungsdichte im Mittel eine nutzbare Feldkapazität von 6 bis 16 Vol% Wasser, lehmige Sande und sandige Lehme 14 bis 23 Vol% und schluffhaltige Bodenarten bis zu 27 Vol%. Diese Werte werden durch unterschiedlich hohe Anteile an organischen Substanzen modifiziert. Je höher der Anteil an organischer Substanz ist, desto größer ist die Speicherfähigkeit des Bodens. Mit zunehmendem Skelettanteil geht die Aufnahmefähigkeit von Wasser verloren.

Böden können daher je nach ihrer Mächtigkeit und der in den einzelnen Bodenhorizonten anzutreffenden Bodenarten unterschiedlich viel Niederschlagswasser aufnehmen bzw. speichern. So kommt es bei seichtgründigen Böden mit geringer Speicherfähigkeit (z.B. bei hohem Grobskelettanteil) trotz hoher Infiltrationsraten wegen der geringen Speicherkapazitäten bereits bei kurzzeitigen extremen Starkniederschlägen zu hohen Abflussraten (Interflow). Da solche Böden auch schnell wieder austrocknen, kommt

Vorniederschlägen als Schadauslöser schon nach relativ kurzen Zeiträumen nur mehr geringe Bedeutung zu. Umgekehrt sind auf tiefgründigen Böden mit guter Speicherfähigkeit auch länger zurück liegende Niederschlagsereignisse hinsichtlich der Vorfeuchte noch relevant. Auf solchen Standorten gewinnt die Frage des Wasserverbrauches und damit verbunden der Einfluss der Vegetation an Bedeutung.

Standorte weisen also bei verschiedenen Szenarien der Wirkungsmatrix Vorfeuchte - Ereignisniederschläge (Intensitäten und Gesamtmengen) unterschiedliche Rutschungsdispositionen auf. Für die Abschätzung des resultierenden Gefahrenpotenziales sind entsprechende Grundlagen erforderlich. Diese sind im Untersuchungsgebiet mit der österreichweiten landwirtschaftlichen Bodenkartierung und einer speziell in diesem Gebiet durchgeführten forstlichen Standortkartierung prinzipiell vorhanden.

3.5.2 Landwirtschaftliche Flächen und das Auftreten von Schäden

Die landwirtschaftliche Bodenkartierung wurde im Auftrag des BMLFUW erstellt. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen werden österreichweit nach bodenkundlichen Kriterien in Form von Bodenkarten (1:25.000) dargestellt. Die Kartierung klassifiziert die landwirtschaftlich genutzten Böden in so genannte Bodenformen. Eine Bodenform ist eine auf der Karte abgegrenzte Fläche, die innerhalb ihrer Grenzen den Bodentyp und einen weitgehend gleichen Standortscharakter aufweist. Wenngleich diese Kartierung nicht primär unter dem Gesichtspunkt der Stabilität von Hängen erstellt wurde, so finden sich doch nützliche Hinweise dazu. Neben prinzipiellen Informationen zum Bodentyp, der eingeschränkt schon gewisse Rückschlüsse auf das Wasserspeichervermögen oder die Ausbildung von Gleitflächen zulässt, werden auch noch die Wasserhältnisse des Standorts direkt kartographisch dargestellt. Darüber hinaus wird die Rutschungsgefahr in den einzelnen Bodentypen sogar direkt, wenn auch in sehr allgemeiner Form, klassifiziert.

Auf der Basis dieser landwirtschaftlichen Bodenkartierung wurde für das Katastrophengebiet untersucht, ob es bestimmte Bodenformen gibt, die eine erhöhte Disposition für einen Schadenseintritt aufweisen. Unschärfen der Analysen sind durch die eingeschränkte Genauigkeit der Bodenkartierung und der Verortung der Anrisse (ÖK 50) gegeben. Wesentlichen, vorerst nicht quantifizierbaren, Einfluss auf die Schadverteilung hatte die große Zahl anthropogen ausgelöster oder verstärkter Schäden

(Straßen- und Wegböschungen). Diese traten häufig auch weitgehend unabhängig von den Standortseigenschaften auf.

In Tabelle 3.5.2-1 sind die Bodenformen, bei denen es im Untersuchungsgebiet zu Schäden kam, zusammengefasst. Im Untersuchungsgebiet gibt es zahlreiche Bodenformen, die nicht von Schäden betroffen waren (Abbildung 3.5.2-1), doch nehmen diese insgesamt nur etwa 7 % der kartierten Fläche des Gebietes ein.

Die meisten Schäden traten in den Bodenformen 19, 22, 24 und 29 auf (Abbildung 3.5.2-1). Bei den Bodenformen 19 und 22 lag die Anzahl der Massenbewegungen unter jener, die dem Gebietsanteil der Bodenform entsprochen hätte. Die Schadanfälligkeit dieser Bodenformen war daher unterdurchschnittlich. Übereinstimmend damit waren diese Bodenformen als nicht erosionsgefährdet klassifiziert worden (Tabelle 3.5.2-1). Beide Bodenformen wurden bezüglich ihrer Wasserverhältnisse als

trocken bis mäßig trocken eingestuft. Die Wasserdurchlässigkeit wurde von mäßig bis groß, und die Wasserspeicherkraft als eher gering angegeben.

Umgekehrt zeigen die Bodenformen 24 und 29 eine überdurchschnittliche Rutschsanfälligkeit. Besonders Bodenform 29 weist im Verhältnis von registrierten Schäden und Flächenanteil eine hohe Disposition für Rutschungen auf, die auch im Zuge der Kartierung je nach topografischer Lage für die verschiedenen Untertypen der Bodenform unterschiedlich ausgewiesen wurde. Die Bodenform 29 ist mit Wasser gut versorgt bzw. mäßig feucht bis feucht, oder sogar nass. Wasserdurchlässigkeit und Speicherkapazität wurden mit mäßig bis hoch angegeben. Sie kommt im Untersuchungsgebiet vor allem im Tallauf des Gasenbaches und seinen Zubringern vom Oberlauf des Gasenbaches westlich von Gasen bis nördlich von Haslau vor (Abbildung 3.5.2-2).

Tabelle 3.5.2-1:
Bodenformen im Untersuchungsgebiet rund um Gasen, bei denen Schäden aufgetreten sind und deren Charakteristik (BFW, ebod 2005)

Bodenform	Anzahl der Schadensfälle	Anteil am kartierten Gebiet der Region um Gasen	Komponente	Lage und Vorkommen	Bodentyp	Wasserverhältnisse	Erosionsgefahr
15	1	0,41 %	-	Steilhänge über 25° Neigung	kalkhaltige Felsbraunerde aus Hangschuttmaterial (Kalke, Dolomite, Rauhwacke und andere)	mäßig trocken; mäßige Durchlässigkeit, mäßige Speicherkraft; das Niederschlagswasser fließt zum Teil oberflächlich ab; Südhänge können auch trocken sein	mäßig abschwemmungsgefährdet (flächenhafter Abtrag bei Starkregen)
17	1	2,87 %	-	Hänge, Kuppen, Rücken, Geländekanten; eben bis hängig	Pararendsina aus aufgemürbtem oder festem Gestein, zum Teil aus Hangschuttmaterial (Kalke, Dolomite, Rauhwacke)	trocken; hohe Durchlässigkeit, geringe Speicherkraft	nicht gefährdet
19	8	11,60 %	-	Rücken, Kuppen, Oberhänge, Rippen, Geländekanten; stark hängig bis steilhängig	kalkfreie Felsbraunerde aus Hangschuttmaterial, festem oder aufgemürbtem Gestein (Phyllite, Wechselgneis, Glimmerschiefer und andere)	trocken; hohe Durchlässigkeit, geringe Speicherkraft	nicht gefährdet
21	1	3,41 %	-	Hänge; schwach geneigt bis hängig	kalkfreie Felsbraunerde aus Hangschuttmaterial, festem oder aufgemürbtem Gestein (Phyllite, Wechselgneis, Glimmerschiefer und andere)	mäßig trocken; hohe Durchlässigkeit, mäßige Speicherkraft	nicht gefährdet

Bodenform	Anzahl der Schadensfälle	Anteil am kartierten Gebiet der Region um Gasen	Komponente	Lage und Vorkommen	Bodentyp	Wasserverhältnisse	Erosionsgefahr
22	11	20,80 %	-	Hänge; stark hängig bis steilhängig	kalkfreie Felsbraunerde aus Hangschuttmaterial (Phyllite, Wechselgneis, Glimmerschiefer und andere)	mäßig trocken; hohe Durchlässigkeit, mäßige Speicherkraft; das Niederschlagswasser fließt rasch oberflächlich ab	nicht gefährdet
24	24	24,45 %	-	Hänge, Böschungen; über 25° Neigung	kalkfreie Felsbraunerde aus Hangschuttmaterial oder aufgemürbtem Gestein (Phyllite, Wechselgneis, Glimmerschiefer und andere)	mäßig trocken; mäßige Durchlässigkeit, hohe Speicherkraft; ein Teil des Niederschlagswassers fließt oberflächlich ab	mäßig abschwemmungsgefährdet (flächenhafter Abtrag bei Starkregen)
27	5	4,93 %	-	Hänge; stark hängig bis steilhängig	kalkfreie Felsbraunerde aus Hangschuttmaterial (Phyllite, Wechselgneis, Glimmerschiefer und andere)	gut versorgt; mäßige Durchlässigkeit, hohe Speicherkraft	nicht gefährdet
28	2	3,89 %	1	Rücken, Kuppen, Hänge mit unruhigem Kleinrelief, von Rinnen und Hangmulden durchzogen, zum Teil treten Felsbuckeln hervor; schwach geneigt bis steilhängig, wellig, buckelig	kalkfreie Felsbraunerde aus Hangschuttmaterial oder aus festem Gestein (Phyllite, Wechselgneis, Glimmerschiefer und andere)	mäßig trocken; hohe Durchlässigkeit, mäßige Speicherkraft; steile Südhänge sind oft trocken	nicht gefährdet
			2	Hänge mit unruhigem Kleinrelief, von Rinnen durchzogen, konkave Partien; schwach geneigt bis hängig, wellig, buckelig	vergleyte, kalkfreie Felsbraunerde aus Hangschuttmaterial (Phyllite, Wechselgneis, Glimmerschiefer und andere)	mäßig feucht durch Druckwasser; hohe Durchlässigkeit, mäßige Speicherkraft	mäßig rutschgefährdet
29	22	9,49 %	1	Grabhänge; stark hängig bis steilhängig	kalkfreie Felsbraunerde aus Hangschuttmaterial (Phyllite, Wechselgneis, Glimmerschiefer und andere)	gut versorgt; mäßige Durchlässigkeit, hohe Speicherkraft	mäßig rutschgefährdet
			2	Grabensohlen; eben bis leicht hängig, wellig, buckelig	vergleyte, kalkfreie Lockersediment-Braunerde aus feinem und grobem Kolluvial- sowie Schwemmmaterial (Gneise, Glimmerschiefer, Phyllite, Quarze und andere)	mäßig feucht durch Druckwasser; hohe Durchlässigkeit, mäßige Speicherkraft	stark überschwemmungs- und stark vermurungsgefährdet
			3	Grabensohlen; eben bis leicht hängig, wellig, buckelig	kalkfreier typischer Gley aus feinem und grobem Schwemmmaterial (Gneise, Glimmerschiefer, Phyllite, Quarze und andere)	feucht, z. T. nass durch Druckwasser; hohe Durchlässigkeit, mäßige Speicherkraft	stark überschwemmungs- und stark vermurungsgefährdet

Bodenform	Anzahl der Schadensfälle	Anteil am kartierten Gebiet der Region um Gasen	Komponente	Lage und Vorkommen	Bodentyp	Wasserverhältnisse	Erosionsgefahr
30	2	0,36 %	-	Hangmulden, Hangfüße, randlich von Quellfluren; schwach geneigt bis leicht hängig	vergleyte, kalkfreie Felsbraunerde aus Hangschuttmaterial (Phyllite, Wechselgneis, Glimmerschiefer und andere)	mäßig feucht durch Druckwasser; hohe Durchlässigkeit, mäßige Speicherkraft	nicht gefährdet
31	2	1,32 %	1	Hangmulden, von kleinen Rinnen und Gräben durchzogene Hänge, Quellfluren; leicht hängig bis steilhängig, wellig, buckelig	vergleyte, kalkfreie Felsbraunerde aus Hangschuttmaterial (Phyllite, Wechselgneis, Glimmerschiefer und andere)	mäßig feucht durch Druckwasser; hohe Durchlässigkeit, mäßige Speicherkraft	mäßig rutschgefährdet
			2	Hangmulden, von kleinen Rinnen und Gräben durchzogene Hänge, Quellfluren; leicht hängig bis steilhängig, wellig, buckelig	kalkfreier Hangley aus Hangschutt- oder Solifluktionmaterial (Phyllite, Wechselgneis, Glimmerschiefer und andere)	nass durch Druckwasser; hohe Durchlässigkeit, geringe Speicherkraft	mäßig rutschgefährdet
34	1	0,18 %	-	Talböden, Schwemmfächer; schwach geneigt bis leicht hängig	kalkfreie Lockersediment-Braunerde aus feinem und grobem Schwemmmaterial	mäßig trocken; hohe Durchlässigkeit, mäßige Speicherkraft	mäßig (gerinnenahe stark) überschwemmungsgefährdet
37	4	0,34 %	1	von Rinnen und Wannen durchzogene Talböden und Schwemmfächer; schwach geneigt bis leicht hängig, wellig, buckelig	kalkfreie Lockersediment-Braunerde aus feinem über grobem Schwemmmaterial	mäßig trocken; hohe Durchlässigkeit, mäßige Speicherkraft	stark überschwemmungs- und stark vermurungsgefährdet
			2	von Rinnen und Wannen durchzogene Talböden und Schwemmfächer; schwach geneigt bis leicht hängig, wellig, buckelig	Ranker aus grobem Schwemmmaterial (Glimmerschiefer, Gneise, Quarze und andere)	trocken; hohe Durchlässigkeit, geringe Speicherkraft	stark überschwemmungs- und stark vermurungsgefährdet
			3	von Rinnen und Wannen durchzogene Talböden und Schwemmfächer; schwach geneigt bis leicht hängig, wellig, buckelig	vergleyte, kalkfreie Lockersediment-Braunerde aus feinem Schwemmmaterial	mäßig feucht durch Druck- und Grundwasser; mäßige Durchlässigkeit, hohe Speicherkraft	stark überschwemmungs- und stark vermurungsgefährdet
39	1	0,35 %	-	Talböden (eher konkave Positionen), Schwemmfächer; eben bis schwach geneigt, sanft wellig	vergleyte, kalkfreie Lockersediment-Braunerde aus feinem über grobem Schwemmmaterial	mäßig feucht durch Druck- und Grundwasser; hohe Durchlässigkeit, geringe Speicherkraft	mäßig überschwemmungsgefährdet
Andere Flächen	8	5,96 %	-	-	-	-	-

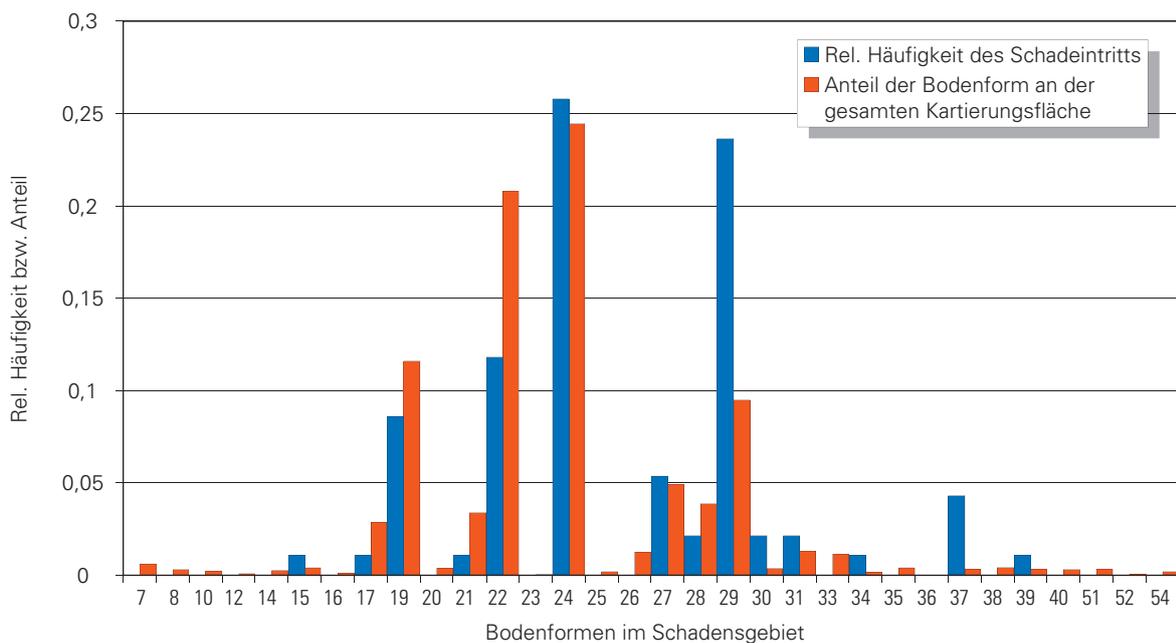


Abbildung 3.5.2-1: Vergleich der relativen Häufigkeiten der Schäden bei den einzelnen Bodenformen mit den Gebietsanteilen im Kartierungsgebiet der Bodenformen.

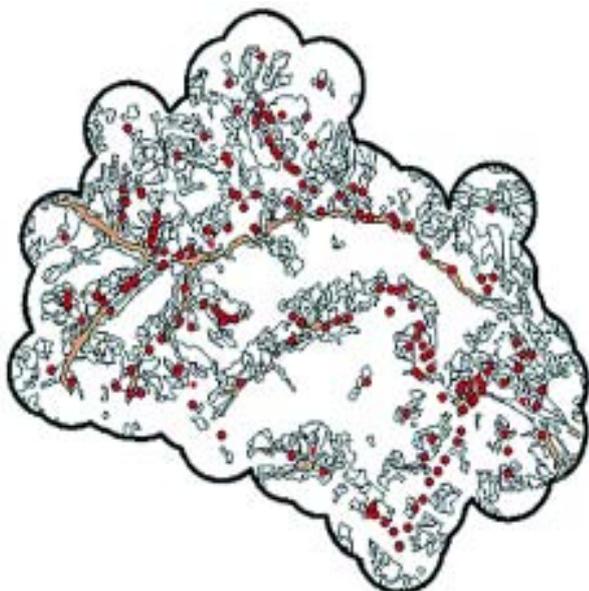


Abbildung 3.5.2-2: Lage der Bodenform 29 lt. Landwirtschaftlicher Bodenkartierung (braune Flächen), Verschneidung mit der Lage der Schäden (rote Punkte) im Untersuchungsgebiet.

Die beschriebenen Bodenformen enthalten neben der Angabe des Bodentyps und des Wasserhaushalts auch teilweise topografische Informationen bzw. sind nach diesen untergliedert, da ihre Ausbildung auch von der Geländeform abhängig ist. So findet sich die besonders anfällige Bodenform 29 überwiegend an Unterhängen und im direkten

Grabenbereich, wo es aufgrund des Hangwasseraufkommens verstärkt zu extremen Porenwasserdruck und zu so genannten Hangexplosionen kam. Das Gelände ist in diesem Bereich häufiger durch künstliche Geländekanten wie Straßenböschungen durchschnitten.

Insgesamt konnte rund die Hälfte der Schadereignisse einer landwirtschaftlich kartierten Bodenform zugewiesen werden. Die andere Hälfte der Schadereignisse entfiel auf den Wald. Da im gesamten Schadgebiet der Waldanteil bei durchschnittlich ca. 62 % liegt, waren somit eher landwirtschaftlich genutzte Flächen von Schäden betroffen.

3.5.3 Schäden auf Waldflächen

Vom Großteil des Untersuchungsgebietes gibt es eine forstliche Standortskartierung. Diese wurde von 1957 bis 1960 durchgeführt (Jelem et al., 1961). Obwohl sich seither einiges an den Beständen geändert hat, ist die Beschreibung der Standortbedingungen nach wie vor für die Beurteilung der Gebietsituation nützlich (Abbildung 3.5.3-1).

Die Standortskartierung kann nicht nur als Grundlage für Planungen im Bauernwald, sondern auch für jene der Wildbachverbauung dienen.

Entsprechend der Untersuchungen für landwirtschaftliche Flächen sollte in der gegenständlichen Arbeit auch für Waldstandorte ermittelt werden, ob die Anzahl der Schadereignisse mit bestimmten

Standortseinheiten korreliert. Hinsichtlich der durch die Auflösung der Grundlagendaten bedingten Unschärfen der Analysen gelten sinngemäß dieselben Einschränkungen wie in Kapitel 3.5.2 dargestellt. Erschwerend kam noch dazu, dass das Kartenmaterial im Gegensatz zur landwirtschaftlichen Bodenkartierung nicht in digitaler Form vorlag.

Da steile Hänge oft schlecht bis gar nicht landwirtschaftlich genutzt werden können, sind Waldflächen häufig auf steileren Geländeteilen zu finden. Dies ist auch im Schadensgebiet der Fall. Im südöstlichen Teil des vom Schadensereignis betroffenen Gebiets, wo es größere zusammenhängende Wald-

flächen als rund um Gasen gibt, traten zahlreiche Rutschungen im Wald auf. Dies ist nicht verwunderlich, da sehr viele Rutschungen entlang von Straßen (wie z.B. im Haslauer Graben) auftraten. Diese Straßen durchschneiden das steile Gelände und erhöhen das Gefahrenpotenzial.

Im Hinblick auf die forstliche Standortskartierung zeigte sich eine Häufung der Schäden in der Standortseinheit 34 (Grabenwälder) und der oft dazugehörigen Standortseinheit 31 (Fichten-Tannen-Laubwald auf sehr frischen, tiefgründigen Braunerde Kolluvien). Diese Standortseinheit ist vor allem auf mäßig steilen bis steilen schattseitigen Hanglagen zu finden.

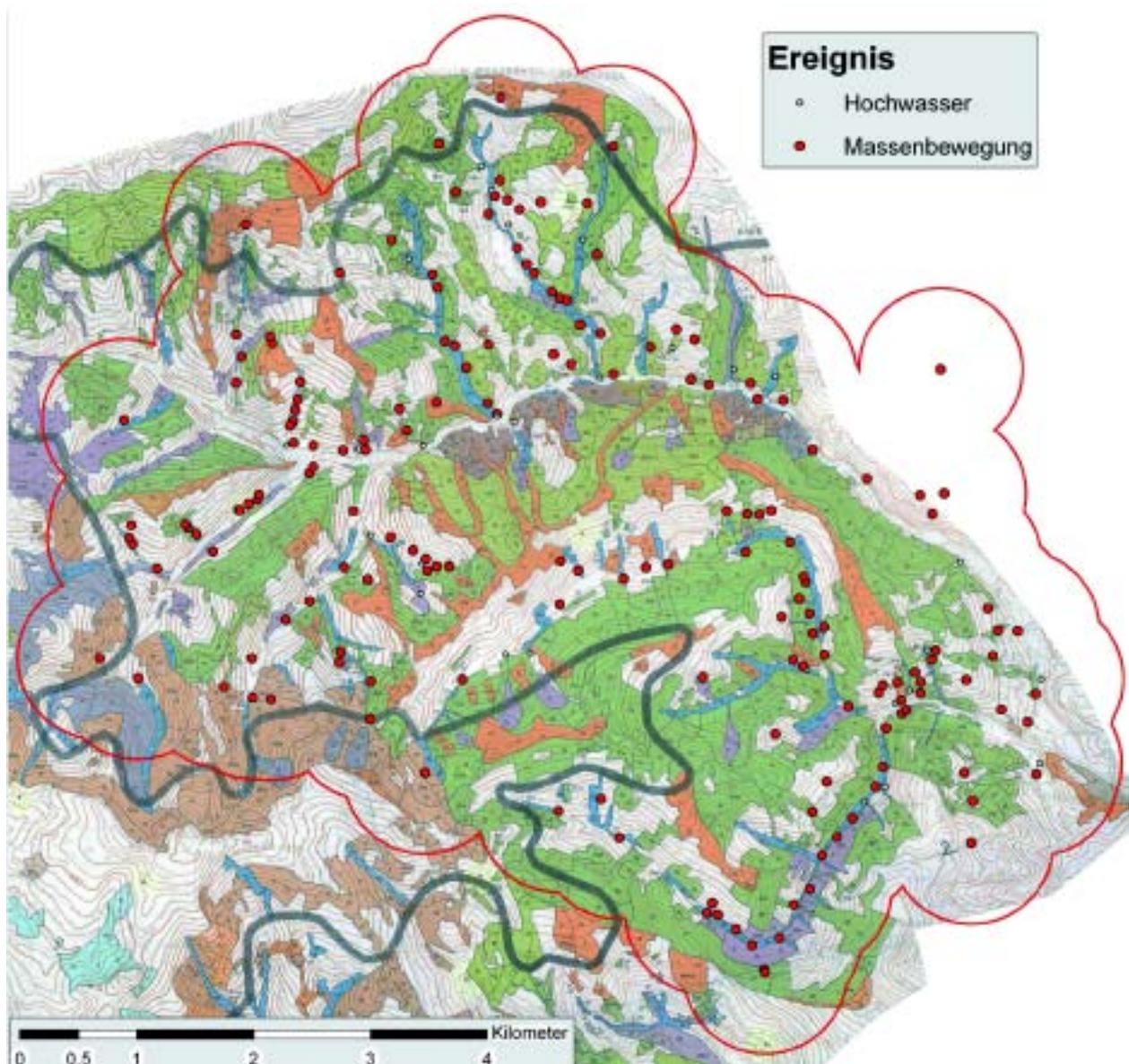


Abbildung 3.5.3-1:
Standortskartierung aus den Jahren 1957-1960 des damaligen Instituts für Standortskunde des BFW (ehemals Forstliche Bundesversuchsanstalt) im Bereich des Untersuchungsgebietes, Verschneidung mit der Lage der aufgetretenen Schäden.

Die Böden der Grabenwälder (Einheit 34) sind verschiedenründige, meist stark humose, feuchte (wasserzügige) Kolluvien und anmoorige Böden. Zu den Böden der Einheit 31 gehören überwiegend tiefgründige, lockere, gut durchlüftete Braunerden oder Braunerdekolluvien.

Schäden traten häufig auch noch in der verbreiteten Standortseinheit 25 (Fichten-Tannenwald in Mittelhanglagen mit tiefgründigen Kolluvien) auf. Die seichtgründigere Standortseinheit 24 (Fichten-Tannenwald in frischen Hanglagen mit mittelgründigen Serizitphyllitböden), die überwiegend die südliche Flanke des Gasengrabens einnimmt, scheint weniger rutschungsanfällig zu sein. Im Gegensatz zur Standortseinheit 25, wo schluffige Böden vorherrschen, sind in der Einheit 24 eher sandige oder lehmige Bodenarten zu finden. Da schluffige Böden laut Kuntze et al. (1994), besonders hohe nutzbare Feldkapazitäten aufweisen, kann man davon ausgehen, dass diese Böden durch ihr hohes Wasserspeichervermögen eher schadanfällig waren.

Im deutlich stärker landwirtschaftlich genutzten nordwestlichen Teil des Untersuchungsgebietes finden sich Grabenwälder nur vereinzelt nordöstlich von Gasen. Diese Wälder waren massiv von Schäden betroffen.

Die zahlreichen geschädigten landwirtschaftlichen Flächen rund um Gasen sind zumeist deutlich flacher als die betroffenen Waldflächen.

3.5.4 Zusammenfassende Bemerkungen zum Einfluss des Standorts

- **Die Lage im Gelände bzw. die Hangneigung ist für die Schaddisposition von wesentlicher Bedeutung.**

Lage und Hangneigung wirken nicht nur direkt über die auftretenden Schubspannungen auf die Stabilität von Lockermaterialauflagen, sie beeinflussen auch die Bodenbildung und den Wasserhaushalt der Böden. Im August 2005 kam es durch Abfluss im Boden (Interflow) zu einer Wasserkonzentration in den Unterhangbereichen und Grabeneinhängen und dadurch zu einer Häufung von Schadfällen (Bodenform 29 - stark bis steilhängige Grabenhänge und ebene bis leicht hängige Grabensohlen).

- **Es besteht ein Zusammenhang zwischen Bodenform, -mächtigkeit, Wasserhaushalt und Schaddisposition.**

Die von Schadfällen überdurchschnittlich betroffenen Bodenformen waren meist eher tiefgründig

und oft auch bindig (z.B. Bodenform 29 - Grabensohlen mit Gley oder vergleyter Braunerde). Durch das hohe Wasserspeichervermögen und die großen Niederschlagsmengen im Vormonat war auf diesen Bodenformen die Vorfeuchte noch hoch und die Aufnahmefähigkeit zum Zeitpunkt des Ereignisniederschlags daher stark eingeschränkt.

- **Wald hat Einfluss auf die Rutschungsdisposition**
Waldflächen waren von Rutschungen besonders im Bereich der maximalen Ereignisniederschläge betroffen. Die in Gasen aufgetretenen Rutschungen betrafen aber überwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen. Im walddreicheren Südosten sind die Schäden überwiegend im Grabenbereich aufgetreten. Hier spielten vor allem die Steilheit des Geländes und der menschliche Einfluss (Straßen) eine Rolle. Der Waldvegetation scheint hinsichtlich der Reduktion der Vorfeuchte auf bindigen, tiefgründigen Bodenformen erhebliche stabilisierende Wirkung zuzukommen. Die stabilisierende Wirkung der Bodendurchwurzelung und die Interzeption während des unmittelbaren Niederschlagsereignisses war dagegen vermutlich gering.
- **Landwirtschaftliche Bodenkartierung und forstliche Standortkartierung liefern wichtige Hinweise**

Beide Kartierungen wiesen für überdurchschnittliche Rutschungsdisposition ähnliche Standorte aus. Die Bodenform 24 (landwirtschaftliche Bodenkartierung, Tabelle 3.5.2-1) ist der Standortseinheit 25 (Fichten-Tannenwald in Mittelhanglagen mit tiefgründigen Kolluvien) ähnlich. Die Bodenform 29 (stark bis steilhängige Grabenhänge und ebene bis leicht hängige Grabensohlen) kann man den Grabenwäldern (Standortseinheit 34) sowie den Fichten-Tannen-Laubwäldern auf sehr frischen, tiefgründigen Braunerde Kolluvien gegenüberstellen (Standortseinheit 31).

3.6 Geologie

3.6.1 Geologische Verhältnisse - Festgestein

An 18 untersuchten Hangbewegungen (Rutschungen bzw. Hangmuren) wurden geologische, strukturgeologische und geotechnische Erhebungen durchgeführt. Es zeigte sich, dass die geologische Situation im Untersuchungsgebiet in vier kristalline Gesteinseinheiten zu gliedern ist, die sich sowohl in ihrer Genese

und in ihrer mineralogischen Zusammensetzung als auch in ihrer metamorphen Entwicklung unterscheiden. Diese mineralogischen und metamorphen Gegensätze manifestieren sich im Gesteinsaufbau und im geotechnischem Verhalten, das durch den Geological Strength Index ausgedrückt wird.

Kristalline Gesteinseinheiten im Untersuchungsgebiet:

- Phyllitischer granatführender Glimmerschiefer
- Paragneise
- Metabasite (Chloritphyllite, Grünschiefer und Tufflagen)
- Orthogneise

Nachstehend werden die vier kristallinen Lithologien beschrieben und die Beschreibungen mit den Ergebnissen der Dünnschliffauswertung ergänzt.

Phyllitischer granatführender Glimmerschiefer

Bezeichnung der Aufschlusspunkte: GR_01, GR_02, GR_05, GR_09, GR_10, +/- GR_06

Der überwiegende Teil speziell um die Gemeinde Gasen setzt sich aus stark geschieferten Glimmerschiefern (zum Teil rostig anwitternd), Phylliten und Quarzphylliten zusammen. Der Übergang von den Phylliten zu den Glimmerschiefern ist fließend, sodass eine klare Abgrenzung ohne geologische Detailkartierung nicht möglich ist. Je nach mineralogischer Zusammensetzung sind neben den erhöhten

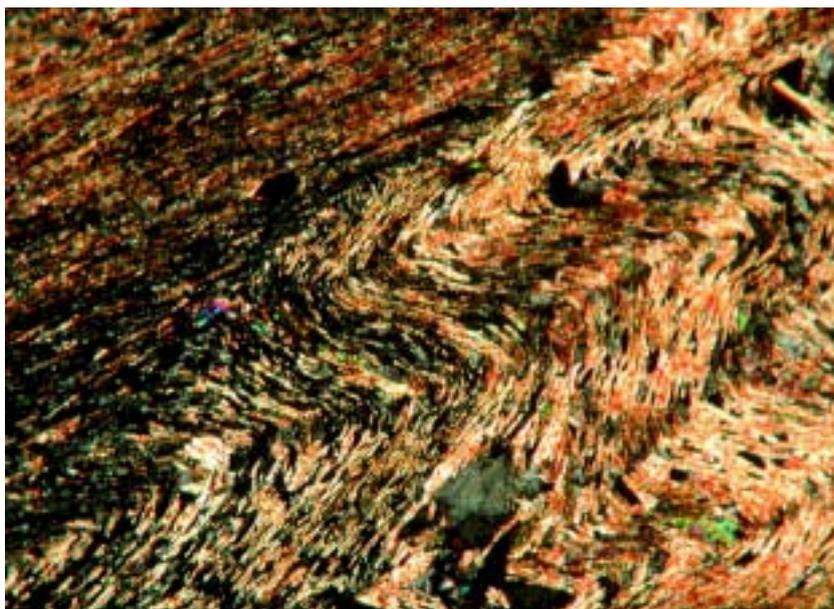


Abbildung 3.6.1-1:
Probennummer GR_05 - Granatglimmerschiefer (neben der starken duktilen Verformung wirkt sich der erhöhte Glimmeranteil auf die Teilbeweglichkeiten aus).

Glimmeranteilen (Muskovit, Serizit, Chlorit) auch die retrograd gebildeten Granate in den Glimmerschiefern markant. Die im millimetergroßen Bereich auftretenden Granate zeigen Metamorphosebedingungen an, welche in die Grünschieferfazies zu stellen sind.

Das Trennflächensystem der Glimmerschiefer (Abbildung 3.6.1-1) ist jenem der Phyllite bzw. Quarzphyllite ziemlich ähnlich. Durch den erheblichen Glimmeranteil weisen sie eine erhöhte Teilbeweglichkeit entlang den Phyllosilikat - Flächen auf. Das hat unter anderem Einfluss auf die hydrogeologische Situation.

Paragneise

Bezeichnung der Aufschlusspunkte: GR_11, GR_12, GR_13, GR_14, GR_15, GR_16, +/- GR_17

Im Gegensatz zu den phyllitischen Glimmerschiefern besitzen die Paragneise eine kompakt-massige Lagerungsdichte. Die Eigenschaft von Teilbeweglichkeiten im Mikrobereich fehlt den Paragneisen völlig. Die höheren Metamorphosebedingungen (Amphibolitfazies) und der massige Habitus bedingen die Ausbildung eines eindeutigen Kluftsystems (Abbildung 3.6.1-2), was in den Glimmerschiefern und Phylliten (Quarzphylliten) nicht beobachtet werden konnte. Durch diese Parameter ist im Gelände eine Unterscheidung zu den vorher beschriebenen Lithologien eindeutig.

Im metamorphen Übergangsbereich ist teilweise eine deutliche Abgrenzung zu den Glimmerschiefern schwierig (Beispiel: Aufschlusspunkt GR_17). Sowohl die geotechnischen Eigenschaften als auch der Gesteinshabitus der Paragneise werden ausschließlich im Übergangsbereich den Glimmerschiefern ähnlicher.

Metabasite (Chloritphyllite, Grünschiefer und Tufflagen)

Bezeichnung der Aufschlusspunkte: GR_04, +/- GR_06, +/- GR_08

Die angetroffenen Metabasite bestehen vorwiegend aus Chloritphylliten und Grünschiefern. Im Zuge der Aufnahme von Aufschlusspunkt GR_08 wurden



Abbildung 3.6.1-2:
 Aufschlusspunkt GR_11- Ausgeprägtes Kluftsystem in kompetenten Paragneisen.



Abbildung 3.6.1-3:
 Aufschlusspunkt GR_08 - Stauhorizont gebunden an die Tufflagen.

auch zwei Tuffhorizonte gefunden (Abbildung 3.6.1-3). Tufflagen gelten generell als Wasserstauer. Nachweislich kam es auch im Untersuchungsgebiet, gebunden an diese zwei Horizonte, zum Austritt des

gespannten Hangwassers. Die beträchtliche Ausflussmenge kann mit ca. 10 - 15 l/sec. angegeben werden. Die geotechnischen Eigenschaften der Chloritphyl-lite können mit jenen der Phyllite bzw. Quarzphyllite

gleich gesetzt werden und weisen daher ebenso eine erhöhte Teilbeweglichkeit auf. Bedingt durch den periodischen Kontakt mit dem Hangwasser sind die Chloritphyllite im oberen Bereich der Verwitterungskruste des Festgesteins besonders stark aufgelockert und zerlegt. In den Rotationsrutschungen von GR_04 bzw. von GR_06 drückt sich der starke Zerlegungsgrad der Chloritphyllite in einem schlechten Geological Strength Index aus.

Orthogneis

Der einzige Orthogneis wurde im Bereich des Murganges GR_18 angetroffen. Der hellgraue, massige Gneis ist schwach geklüftet und zeigt - dem Orthogneis entsprechend - eine ziemlich gute Standfestigkeit auf. Die Deckengrenze zwischen dem Mittelostalpinen Angerkristallin und dem Unteroostalpinen Deckenstockwerk lässt die Vermutung zu, dass es sich hier bereits um die Grobneisdecken des polymetamorphen Grundgebirges handelt.

3.6.2 Geotechnische Eigenschaften der Festgesteine

An insgesamt 15 aufgenommen Festgesteinaufschlüssen, die entweder durch Rutschungen freigelegt oder in der Umgebung der Hangbewegungen bereits aufgeschlossen waren, wurde der Geological Strength Index ermittelt. Dieser geotechnische Parameter gibt Auskunft über die Standfestigkeit des Festgesteins und dessen Verwitterungsgrad; er kann somit ein mögliches Gefahrenpotenzial aufzeigen.

In den phyllitischen Glimmerschiefern, Chlorit- und Quarzphylliten wird die Struktur mit „*foliated, laminated sheard*“ und die Oberflächenbeschaffenheit von „*fair*“ bis „*very poor*“ eingestuft. Die

kompakteren Para- und Orthogneise werden in der Struktur zu „*blocky/disturbed*“ gestellt und weisen eine Oberflächenbeschaffenheit von „*very good*“ bis „*fair*“ auf.

Verschlechterte geotechnische Eigenschaften wurden in den Festgesteinsaufschlüssen von GR_04, GR_06 und GR_07 angetroffen. Die im Abschnitt 3.6.3 angeführte Verwitterungskruste ist bei den Aufschlüssen GR_04 (Chloritphyllit) und GR_06 (phyllitischer Glimmerschiefer +/- Chloritphyllit) extrem stark ausgebildet. Folglich ist das geotechnische Verhalten und die Standfestigkeit beider Aufschlüsse mit „*very poor*“ zu bezeichnen. Die potenzielle Rutschungsanfälligkeit von Gestein mit solchen Eigenschaften ist somit als hoch einzustufen.

3.6.3 Geologische Verhältnisse - Lockermaterial

Durch die fehlende eiszeitliche Vergletscherung im Bereich Gasen und Haslau (Abbildung 3.6.3-1) wurde das tertiäre Verwitterungsmaterial nicht ausgeräumt. Dies führte dazu, dass in der Lockermaterialauflage teilweise Mächtigkeiten von bis zu 10 m erreicht werden. In Kombination mit der obersten Verwitterungskruste des Festgesteins, welche Mächtigkeiten von 0,5 - 1,5 m aufweist, bildet jener Bereich den Aquifer, für die durch die Oberfläche beeinflussten Wässer (z.B. Hangsickerwasser und Sekundärquellen).

Die Bezeichnung der Lockermaterialauflage (Bodenart) ist in der ÖNORM B 4401 (Teil 3) definiert. Dabei erfolgt eine Gliederung in verschiedene Korngrößenbereiche vom „grobkörnigen bis feinkörnigen Boden“. Handelt es sich um eine feinkörnige Matrix mit einzelnen Komponenten in der Matrix, dann werden diese Komponenten nach Kornform und Rundungsgrad klassifiziert. Die Zustandsform (Konsistenz) reicht von breiig bis fest. Die Einteilung an Hand dieser Merkmale wurde im Gelände durch unterschiedliche Knetversuche erfasst. In der Gesamtheit dieser Parameter werden die Böden nach ÖNORM B 2205 in die entsprechende Bodenklasse eingeteilt.

3.6.3.1 Zusammensetzung der Lockermaterialauflage

Nach den abgeschlossenen Untersuchungen von 18 Hangbewegungen können für die Zusammensetzung des Lockermaterials drei Kategorien unterschieden werden:

- Feinkörniger Boden (Schluff, Ton)
- Feinkörniger Boden (Schluff, Sand)

Tabelle 3.6.2-1:
Geotechnische Klassifikation der Aufschlusspunkte nach dem Geological Strength Index (GSI, Hoek et al. 1998).

structure	surface conditions			
	„very good“	„good“ bis „fair“	„fair“ bis „poor“	„very poor“
„foliated, laminated sheard“			GR_01, GR_02, GR_05, GR_08, GR_09, GR_10	GR_04, GR_06, +/- GR_07
„blocky/ disturbed“	GR_18	GR_11, GR_13, GR_15, GR_16, GR_17		

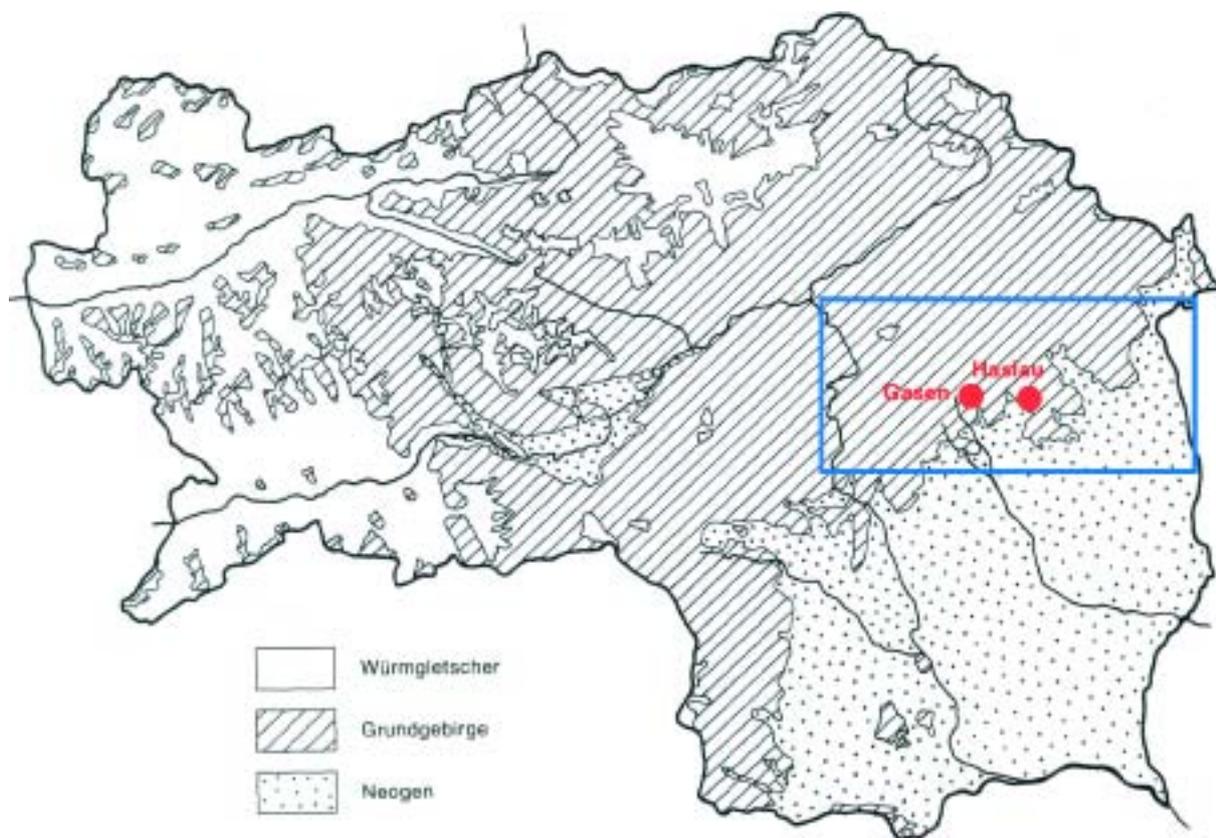


Abbildung 3.6.3-1:
Verbreitung der Würm-Vergletscherung im Bereich Gasen und Haslau (aus Flügel und Neubauer, 1984).

- Gemischtkörniger Boden

Feinkörniger Boden (Schluff, Ton)

Das Lockermaterial innerhalb der untersuchten Rutschungen besteht zu 75 % aus „feinkörnigen Böden“, bei denen der Feinkornanteil mehr als 40 % beträgt. Der Feinkornanteil wird vorwiegend aus tonigen Schluffen bzw. schluffigen Tonen aufgebaut. Die Böden zeigen auch aufgrund des erhöhten Wassergehaltes eine relativ geringe Konsistenz an und werden somit als „weich“ bis teilweise „breiig“ beschrieben. Daraus folgt eine Einstufung in die Bodenklassen BK 2 und BK 5:

- Bodenklasse BK 2 - wasserhaltiger Boden (Schöpfungsboden)
Bezeichnung der Aufschlusspunkte: GR_10, GR_14, +/- GR_04, +/- GR_07
Dieser Boden weist einen hohen Wassergehalt auf und ist von breiiger bis fließender Beschaffenheit. Er gibt einmal aufgenommenes Wasser schwer wieder ab (z.B. Schlamm).
- Bodenklasse BK 5 - schwerer Boden (Hackboden)
Bezeichnung der Aufschlusspunkte: GR_01,

GR_02, +/- GR_04, +/- GR_07

Ein schwerer Boden (Hackboden) besteht aus Bodenarten mit festem Zusammenhalt und zäher Beschaffenheit, größerer Lagerungsdichte und höherem, natürlichen Wasserhaushalt (z. B. fetter, steifer Ton). Außerdem handelt es sich dabei um Böden die stark mit Geröllen, Geschieben und Steinen bis 200 mm Durchmesser durchsetzt sind.

Feinkörniger Boden (Schluff, Sand)

Feinkörnige Böden, deren Feinkornanteil mehr als 40 % beträgt. Die Abweichung gegenüber der vorgenannten Kategorie liegt im Aufbau des Feinkornbereichs, wo hier vorwiegend sandiger Schluff vertreten ist. Diese Änderung hat zur Folge, dass die Konsistenz bzw. die Zustandsform in die Kategorie „halbfest“ fällt. Böden mit diesen Eigenschaften werden der Bodenklasse BK 4 zugeordnet.

- Bodenklasse BK 4 - mittelschwerer Boden (Stichboden)
Bezeichnung des Aufschlusspunktes: GR_12
Besteht aus mittelbindigen Böden, die wegen des mäßigen Tonanteiles, mittlerer Lagerungsdichte

und mittlerem natürlichen Wassergehalt, einen erheblichen Zusammenhalt aufweisen.

Gemischtkörniger Boden

Bezeichnung der Aufschlusspunkte: GR_06, GR_08
Der gemischtkörnige Boden besteht aus einem Feinkornanteil von maximal 40 %. Häufig handelt es sich dabei um eine feinkörnige Matrix, in der Komponenten aus dem Umgebungsgestein regellos eingebettet sind. Die Korndurchmesser der Komponenten reichen vom Zenti- in den Dezimeter-Bereich, ihre Kornformen sind plattig, ihre Rundungsgrade kantig. Die feinkörnige Matrix ist - bedingt durch den erhöhten Wassergehalt im Boden - „weich“. Böden mit diesen Eigenschaften werden der Bodenklasse BK 5 (s. vorher) zugeordnet.

3.6.4 Geomorphologische Prozesse

Die geomorphologischen Prozesse beschränken sich mit einigen Ausnahmen auf Rotationsrutschungen im Lockermaterial. Häufig tritt eine Kombination aus einer initialen Rotationsrutschung, welche in einen Murgang (bzw. Hangmure) übergeht, auf. Die Anbrüche von Rotationsrutschungen reichen oft bis

in die oberste Verwitterungskruste des Festgesteins, wobei das Festgestein freigelegt wurde. Es konnten bei den 18 Aufnahmepunkten keine Rutschungen mit Gleithorizonten im Festgestein gefunden werden.

Die Hangbewegungen des August 2005, mit ihrem hohen Wassergehalt und dünnbreiigen Verhalten, werden einer ähnlichen Kinematik zugeordnet, wie sie Bunza (1982) unter der Kinematik von „nassen Erd- und Schuttgängen“ beschreibt. Darunter versteht er eine sehr schnelle bis extrem schnelle, katastrophenartige, hangabwärtige Bewegung von weichen bis dünnbreiigen, wasserübersättigten Locker- und Bodenmassen in Form eines quasiviskosen Fließvorganges. Der Wassergehalt im Lockermaterial liegt dabei über der Fließgrenze und die kritische Scherspannung nimmt infolge des hohen Porenwasserdruckes Werte um Null ein.

Kennzeichen dieser Erd- und Schuttgänge ist die plötzliche Umwandlung von Lockermassen zu Brei und das Auftreten bei Hangneigungen zwischen 20 - 40°. Eine weitere Bedingung für diese aktiven Hangbewegungen ist - neben den wasserundurchlässigen Schichten (Grenze: Lockermaterial - Festgestein) - das hangparallele Schieferungseinfallen der Festge-

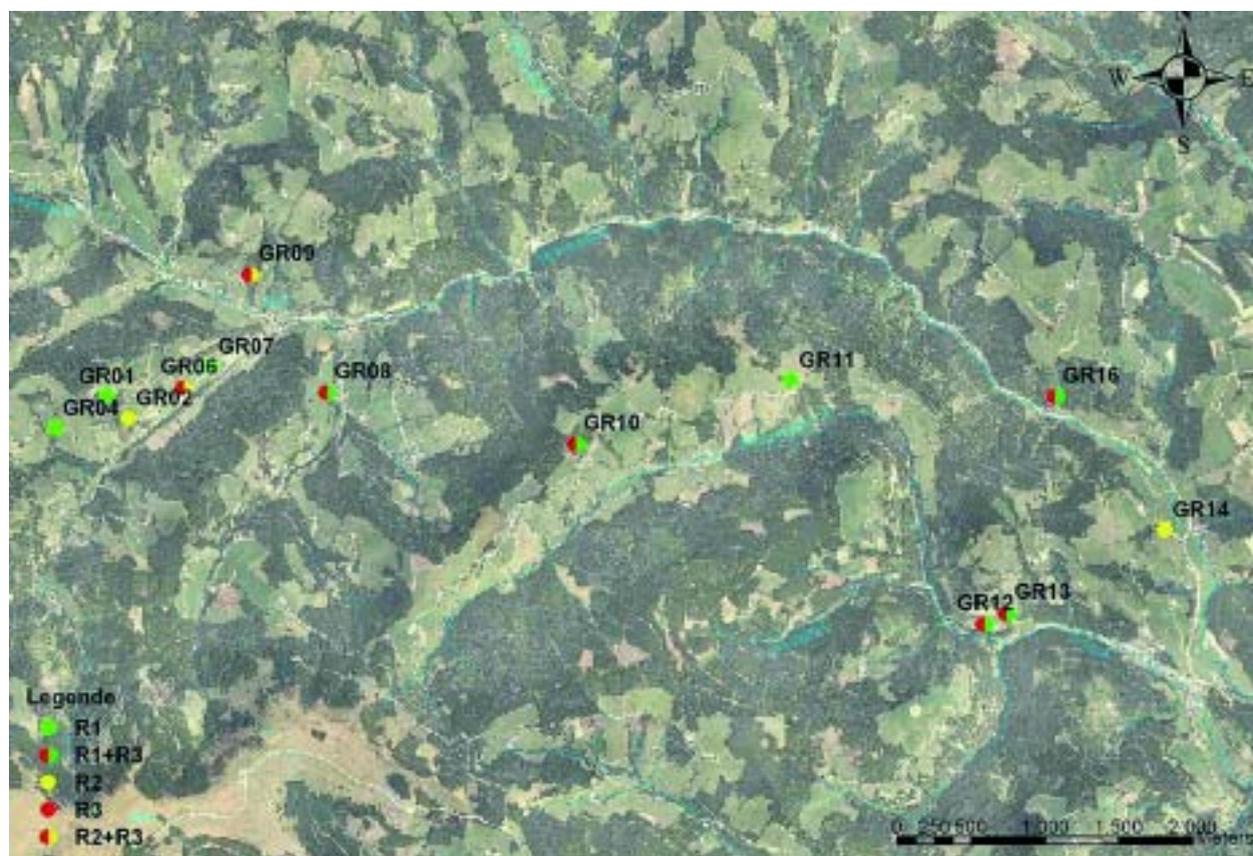


Abbildung 3.6.4-1:
Räumliche Verteilung der Rutschungstypen R1, R2 und R3

steine. Im Kapitel 3.6.5. werden diese tektonischen Voraussetzungen angeführt, welche im Untersuchungsgebiet prägend sind (Abbildung 3.6.5-1).

Die Existenz präformierter Gleitflächen konnte nur bei jenen Rutschungen nachgewiesen werden, in denen die Basis der Gleitfläche im oberen Verwitterungshorizont des Festgesteins liegt. Der Gleithorizont wird damit als Grenze zwischen dem Lockermaterial (Boden) und dem unterlagernden Festgestein definiert. Folgende Rutschungstypen wurden identifiziert und ihre Verteilung im Katastrophengebiet in Abbildung 3.6.4-1 dargestellt:

- Rotationsrutschungen - Gleitfläche Lockermaterial zu Festgestein (R1)
- Rotationsrutschungen - ohne erkennbare präformierte Gleitfläche (R2)
- Initiale Rotationsrutschungen - Prozess Murgang/Hangmure (R3)

Rotationsrutschungen - Gleitfläche Lockermaterial zu Festgestein (Typ R1)
 Bezeichnung der Aufschlusspunkte: GR_01, GR_04, GR_07, GR_08, GR_10, GR_11, GR_12, GR_13, GR_16

Mehr als 50 % der 18 aufgenommenen Rutschungen sind als „Rotationsrutschungen im Lockermaterial mit präformierten Gleitflächen“ einzuordnen. Die Gleitfläche wird mit der Grenze vom Lockermaterial zum Festgestein definiert. An diesen Grenzhorizonten (oberen Verwitterungshorizonten) zum anstehenden Festgestein wird ein relativ schlechter geotechnischer Parameter (Geological Strength Index) angegeben.

Rotationsrutschungen ohne erkennbare präformierte Gleitfläche (Typ R2)
 Bezeichnung der Aufschlusspunkte: GR_02, GR_06, GR_09, GR_14

Dieser Typus betrifft nur den oberflächennahen Bereich (Lockermaterial bzw. Boden). Repräsentativ ist dabei, dass kein Festgestein freigelegt und keine einheitliche Gleitfläche erfasst werden konnte. Inhomogenitätsflächen im Boden sind vermutlich als Auslöser für das Versagen anzusehen. Zur endgültigen Klärung der Auslöseursache sind weitere Untersuchungen erforderlich.

Initiale Rotationsrutschungen - Prozess Murgang/Hangmure (Typ R3)
 Bezeichnung der Aufschlusspunkte: GR_06, GR_08, GR_09, GR_10, GR_12, GR_13, GR_16

Der Prozess des Übergangs von einer Rotationsrutschung in der Initialphase zu einem Murgang (Hangmure) ist als kombinierte Hangbewegung dokumentiert. An seitlichen Grabeneinhängen - mit ständiger oder periodischer Wasserführung - entstand durch Rutschungsanbrüche ein Erd-, Wasser- und Schuttgemisch, das sich zunehmend verflüssigte und Hang abwärts bewegte.

Am häufigsten trat eine Kombination aus den Rutschungstypen R1 und R3 auf, gefolgt vom alleinigen Auftreten des Rutschungstyps R1. Der Typ „Initial Rotationsrutschung - Prozess Murgang/Hangmure“ (R3) wurde niemals isoliert, sondern

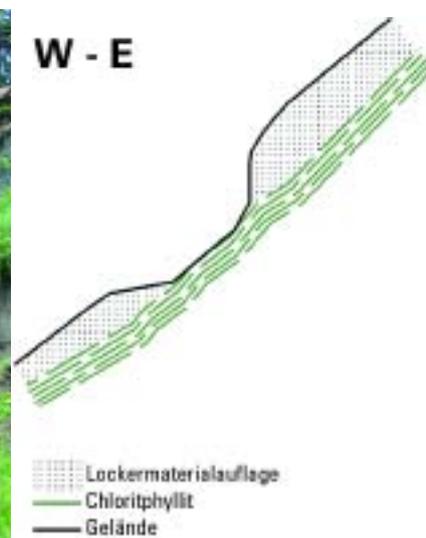


Abbildung 3.6.4-2: Beispiel für eine Rotationsrutschung - Gleitfläche Lockermaterial zu Festgestein (GR_04; Typ R1).

nur in Verbindung mit den anderen beiden Rutschungstypen festgestellt.

Die Ableitung von Schutzmaßnahmen aus einer Klassifikation der Rutschungen war aus folgenden Gründen nicht möglich:

1. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Klassen sind zu gering bzw. gehäuftes Auftreten von Kombinationen.
2. Die Entstehung des jeweiligen Typs hängt von Faktoren ab, die auf ein und demselben Standort sehr variabel sein können.

Das zufallsbedingte Zusammenwirken von Vorfuchte, Ereignisniederschlag und Standortseigenschaften kann dazu führen, dass der Rutschungstyp R1 oder R3 an einem Standort auftritt, es kann aber auch zu einer seichteren Rutschung (Rutschungstyp R2) führen. Künftige Entwicklungen betreffend die Häufigkeit des Auftretens und die Gebietsverteilung der einzelnen Rutschungstypen sind daher aus dem vorhandenen geologischen Datenmaterial nicht ableitbar.



Abbildung 3.6.4-3:

Beispiel für eine Rotationsrutschung - ohne erkennbare präformierte Gleitfläche (GR_09; Typ R2).



Abbildung 3.6.4-4:

Beispiel für eine initiale Rotationsrutschung - Prozess Murgang/Hangmure (GR_12; Typ R3).

Die Aussage, dass sich die geomorphologischen Prozesse mit einigen Ausnahmen auf Rotationsrutschungen im Lockermaterial beschränken, kann aufgrund der Beobachtungen im Gelände für das gesamte Untersuchungsgebiet als gesichert angesehen werden. Um wirksame präventive Schutzmaßnahmen entwickeln zu können, bedarf es aber weiterführender Detailuntersuchungen zur Verbesserung des Prozessverständnisses. Ein Vorschlag dazu wird in Kapitel 4.5.3. vorgestellt.

3.6.5 Strukturgeologie

Die im Gelände erhobenen Daten zeigen einen ersten Trend des generellen Schieferungseinfallens, mit einer Einfallrichtung nach SW - W, und gemittelten Werten von 210 - 240°. Der mittelsteile Einfallswinkel variiert zwischen 40 - 68°, jedoch sind lokale Ausnahmen mit einem flachen Einfallswinkel von 15° möglich (Abbildung 3.6.5-1, Strukturgeologische Übersichtsaufnahme, Aufschlusspunkt: GR_09).

Aus dem Kluftsystem ist eine ähnliche Konstanz ableitbar. Es können folgende Hauptkluftrichtungen in abnehmender Reihenfolge unterschieden werden:

- NW - SE (NNW - SSE)
- NE - SW (NNE - SSW)
- E - W (ENE - WSW)

Die Kenntnis des Schieferungseinfallens ist entscheidend für die Beurteilung möglicher Wasserwegig-

keiten und für die Feststellung potenzieller Gleitflächen für Massenbewegungen. Die Hauptkluftrichtung ist für die Massenbewegungen im Untersuchungsgebiet vermutlich von untergeordneter Bedeutung.

Die Hauptkluftrichtungen sind in wechselnder Häufigkeit in den Aufschlüssen vertreten, wobei ein übergeordneter Trend fest zu stellen ist. Die Zuordnung der Aufschlüsse zu den Hauptkluftrichtungen wurde wie folgt vorgenommen:

1. Hauptkluftrichtung NW - SE (NNW - SSE):
GR_03, GR_05, GR_08, GR_10b, GR_12, GR_13, GR_16, GR_17
2. Hauptkluftrichtung NE - SW (NNE - SSW):
GR_01, GR_02, GR_05, GR_07, GR_14, GR_15, R_18
3. Hauptkluftrichtung E - W (ENE - WSW):
GR_04, GR_10a, GR_11, GR_13

3.6.6 Hydrologie und Hydrogeologie

Die untersuchten Rutschungsanbrüche zeigen hinsichtlich der hydrogeologischen Eigenschaften ein einheitliches Verhalten. In der Gesamtheit der aufgenommenen Rotationsrutschungen wurden Quellaustritte im muschelförmigen Anbruchsbereich ermittelt. Kennzeichen der Quellaustritte sind geringe Quellschüttungen, relativ hohe Wassertemperaturen und konstante elektrische Leitfähigkeiten.

Die Quellschüttungen betragen < 0,1 - 3,5 l/sec. Für die elektrische Leitfähigkeit wurden für

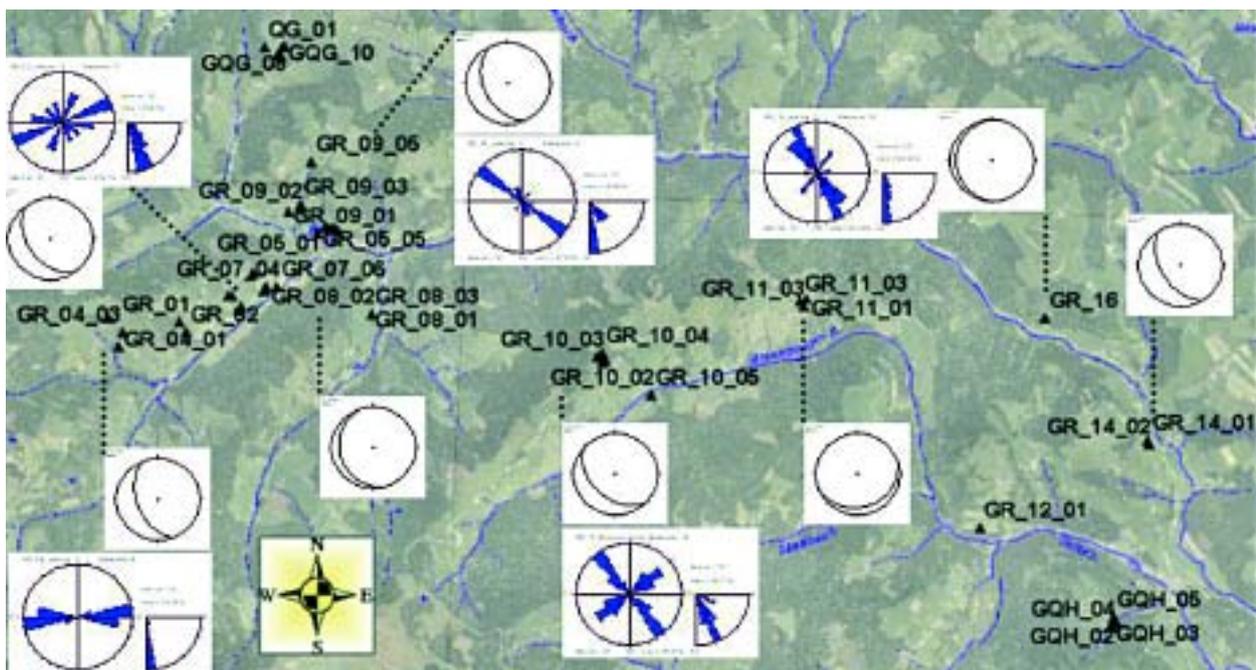


Abbildung 3.6.5-1: Strukturgeologische Übersichtsaufnahme: Schieferungseinfällen nach SW - W (schwarz), Darstellung des Kluftsystems in Kluftrosen (blau).

Glimmerschiefer, Phyllite Werte von 100 - 230 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und für karbonatreiche Grünschiefer Werte von $> 420 \mu\text{S}/\text{cm}$ ermittelt. Auf der Basis der ange-troffenen geologischen Voraussetzungen sind das normale Werte. Die Wassertemperaturen lagen zwischen 7,7°C (GR_10) und 15,3°C (GR_0_01). Diese Werte zeigen einen oberflächennahen, klimatischen Einfluss an.

Die Rutschungen sind vorwiegend an vorhandene Vernässungszonen (GR_07) oder auch an einheitliche Quellhorizonte (GR_08) gebunden. Deshalb können in weiterer Folge erste Überlegungen über primär angelegte Gefährdungspotenziale abgeleitet werden.

3.6.7 Zusätzliche geologische Gutachten

Neben dem vom BFW beauftragten Mag. Florian Riedl waren im unmittelbaren Anschluss an die Schadenereignisse weitere Geologen, insbesondere der Landesgeologe vor Ort. Deren Aufgabe war es, Schäden und Schadenspotenziale festzustellen und Sofortmaßnahmen und/oder Evakuierungen anzuordnen. Darüber hinaus wurde von ihnen auch festgelegt, welche Hänge unmittelbar und genauer zu beobachten waren.

Für die Gemeinde Haslau wurden sechs Gutachten erstellt. Fünf davon waren geotechnische Gutachten der Firma Geolith Consult, eines ein geologisches Gutachten des Landesgeologen über die Steinschlaggefährdung im Bereich zweier Rutschungen.

In fünf dieser Gutachten wird von Wasseraustritten in der Bruchmuschel oder aus der Rutschmasse berichtet, in zweien werden diese trotz überwiegend trockener Witterungsverhältnisse sogar noch nach zwei Wochen beobachtet. Ohne Verbaumaßnahmen werden bei Schneeschmelze oder Starkregenereignissen daher weitere Rutschungen nicht ausgeschlossen.

Bei drei Rutschungen wurden Rammsondierungen durchgeführt und in einer davon zusätzlich geologische und geotechnische Profile aufgenommen, Schurfdiagramme aufgezeichnet und Bohrprofile ausgewertet. In den Kernbohrungen wurde dabei kein Wasser angetroffen.

Für die Gemeinde Gasen wurden vier Rutschungen über einen längeren Zeitraum genau beobachtet. Für fünf weiteren Rutschungen wurden Gutachten angefertigt. Über 54 weitere Schadensorte fertigte man Niederschriften von Gesprächen an.

Erwähnenswert sind die beiden großen Rutschungen an der Landesstraße L104 zwischen

Haslau und Gasen. Durch die sog. "Beisteinrutschung" war die Landesstraße wochenlang für den Individualverkehr gesperrt. Schlägerungs- und Sanierungsarbeiten auf der Rutschung durften nur im Beisein von Geologen und bei Totalsperre der Straße durchgeführt werden. Letztendlich wurden Teile des Rutschkörpers abgesprengt. Bei der zweiten großen Rutschung an der L104 kam es schon im Jahre 2004 nach Gewittern zu kleineren Rutschungen. Hier wurden Rammsondierungen und Schurfdiagramme im geotechnischen Gutachten ausgewertet und ein Gutachten von der Material- und Bodenprüfstelle des Landes Steiermark erstellt. Der darunter liegende Baugrund wurde mittels einer Stützmauer gesichert.

Von Mitarbeitern der Fachabteilung Ingenieurgeologie der Geologischen Bundesanstalt (GBA) wurden ebenfalls Felderhebungen durchgeführt. Dabei wurden die Massenbewegungen in einer Karte eingezeichnet und deren Phänomenologie erfasst. Zusätzlich wurden folgende Standortfaktoren aufgenommen: Hangtyp, Vegetation bzw. Landnutzung sowie Ursachen und auslösende Faktoren. Bei instabilen Hangbereichen wurden darüber hinaus Bodenproben gewonnen. Die Massenbewegungen wurden dabei aufgrund ihres Bewegungsvorganges in drei Rutschungstypen untergliedert. Tabelle 3.6.7-1 zeigt diese drei Rutschungstypen, die Charakteristik ihres Bewegungsvorganges und die Häufigkeit ihres Auftretens.

Tabelle 3.6.7-1:
Anzahl und Art der Rutschungstypen (Tilch und Kociu, 2005).

Bezeichnung	Rutschungstypen		
	Rutschung und Hangmure	Rutschung (rotativ)	Anriss
Bewegungsvorgang	Gleiten/Rutschen und Fließen	Gleiten/Rutschen	Initiale Bewegung
Anzahl	60	150	21

Der Standortfaktor Hangtyp wurde von den Fachleuten der GBA auf signifikante Hinweise anthropogener Beeinflussung untersucht. Dabei wurden folgende Merkmale klassifiziert: Bauböschungen (Straßen, Wege- und Hausbau) und Pflugkanten (historische Ackerflächen, die heute vielfach als Weideflächen genutzt werden). Aufgrund dieser Hinweise wurden 79 % aller Massenbewegungen als anthropogen bedingt eingestuft. Dieser Prozentsatz liegt noch höher als er sich in den Untersuchungen des BFW widerspiegelt, wo er bei ca. 66 % lag.

Bezüglich der Vegetationseinheit bzw. Form der Landnutzung wurde zwischen Wald und Weide unterschieden. Der mit 62 % überwiegende Anteil aller Massenbewegungen wurde auf Weidestandorten verzeichnet.

4. Diskussion

4.1 Bemessungsereignis, Gefahrenpotenzial und Gefahrenzonenpläne

Die Situation hinsichtlich der Definition eines Bemessungsereignisses sowie der Transfer dieser Überlegungen in den Gefahrenzonenplan sind grundsätzlich sehr verschieden, je nachdem, ob eine flächenhafte Betrachtung erfolgt oder der Gerinnebereich von Relevanz ist. Es werden daher in weiterer Folge diesbezügliche Überlegungen für die beiden Bereiche getrennt voneinander angestellt.

4.1.1 Gerinnebereich

Aktive und passive Schutzmaßnahmen gegen Wildbach-Schadensereignisse konzentrierten sich bisher überwiegend auf Bachläufe und Gräben. Dementsprechend hat die Ermittlung von Bemessungsereignissen in Gerinnen schon lange Tradition. Es gibt Ereignisdokumentationen, Messreihen sowie verschiedenste Formel- und Modellierungsansätze zur Festlegung von Bemessungsereignissen (Hagen et al. 2007).

Aus der Basis dieser Erfahrung und der oftmals geringen Einzugsgebietgrößen wird als „Worst Case Szenario“ für das Bemessungsereignis meist ein kurzes, heftiges Niederschlagsereignis angenommen. Bei einem solchen wird der Spitzenabfluss primär durch Oberflächenabfluss ausgelöst. Die Geschiebefracht wird als die durch dieses Abflussereignis mobilisierte Geschiebemenge - verursacht durch Tiefen- und Seitenerosion im Gerinne sowie Seitenerosion der Gerinneabhängigkeit - abgeschätzt. Die möglichen Prozesstypen (Hochwasser/Geschiebe/Muren) sowie die daraus resultierenden Gefahrenmomente werden beurteilt und deren räumliche Wirkung im gerinnenahen, raumrelevanten Bereich in Form von Gefahrenzonenplänen dargestellt.

Das Schadereignis vom August 2005 entsprach nicht dem Ereignisszenario eines kurzen heftigen Niederschlagsereignisses. Trotzdem kam es bei

vergleichsweise geringem Wasserabfluss, besonders im Bereich der Nebengerinne, durch massive Geschiebebeaufschlagung aus der Fläche und durch die Abfolge mehrerer kleinerer Ereignisse zu unerwarteten bzw. nur teilweise berücksichtigten Gefahrenmomenten und Problemen.

Die im Zuge dieses Schadensereignisses mobilisierten Geschiebemengen und der hohe Wildholzanteil in mehreren Seitengräben lagen deutlich über denen der für das Bemessungsereignis (Gewitterregen) ermittelten Geschiebefrachten. Die Schutzbauten waren daher zum Teil für diese Geschiebefrachten nicht ausreichend dimensioniert bzw. nicht den Erfordernissen bei den Ereignissen 2005 entsprechend ausgeführt. Durch den vergleichsweise geringen Reinwasserabfluss traten während des Ereignisses hohe Geschiebekonzentrationen auf, die mehrfach zur Auflandung von Bachläufen, Verlegung von Durchlässen und in Folge zu Bachaustritten führten.

Diese Beobachtungen lassen es sinnvoll erscheinen, in Bereichen mit relevanter Rutschungsaktivität neben kurzen, heftigen Niederschlagsereignissen auch Szenarien für Dauerregen mit entsprechend anders gelagerter Art der Geschiebemobilisierung und -transport ausführlich darzustellen. Mehrere unterschiedliche Niederschlagsverläufe, vom kurzen, intensiven Gewitter mit maximalen Abflussspitzen aus Oberflächenabfluss bis hin zu Dauerregen und Schneeschmelze (Vordurchfeuchtung) mit maximaler Geschiebebeaufschlagung sollten hinsichtlich ihres Gefahrenpotenziales transparent überprüft und auf ihre Relevanz nachvollziehbar beurteilt werden. Soweit erkennbar (stumme Zeugen) oder bekannt (Schadenschroniken), sollten auch instabile Hangbereiche berücksichtigt werden. Diesbezügliche Datengrundlagen sind jedoch häufig inadäquat und Beurteilungen weitgehend von subjektiven Erfahrungswerten abhängig. Exakte Dokumentationen vergangener Ereignisse bzw. der nun vorliegenden Arbeit können daher eine wesentliche Grundlage für den Entwurf solcher Szenarios darstellen. Aspekte eines möglichen Klimawandels und einer damit verbundenen Änderung im Niederschlagsgeschehen könnten dazu führen, dass neue noch nicht beobachtete Gefahrenmomente und -kombinationen auftreten werden.

Abbildung 4.1.1-1 zeigt eine schematische Darstellung der Gefahr in Abhängigkeit der Niederschlagsdauer. Szenario 1 beschreibt die Gefahr von Spitzenabflüssen infolge kurzer Starkregenereignisse. Das maximale Gefahrenmoment wird schon nach relativ

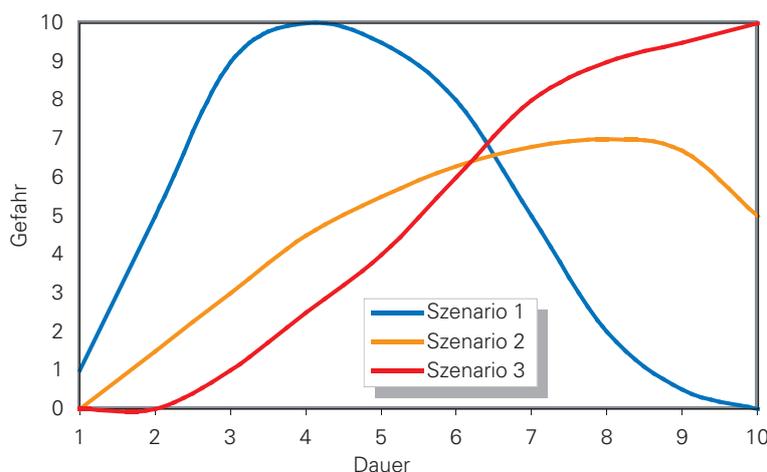


Abbildung 4.1.1-1:
Schematische Darstellung des Gefahrenverlaufs in Abhängigkeit von der Niederschlagsdauer (Hagen, 2006 unveröffentlicht).

kurzer Zeit erreicht und ist für die Gefahrenzonenplanung relevant. Bei Szenario 2 kommen Abflussspitzen aufgrund von mittellangen Dauerregen zustande. Sie erreichen allerdings nie Werte, denen ein hohes Gefahrenpotenzial unterstellt werden muss und sind daher als Bemessungsereignis für Hochwasser nicht relevant. Bei Szenario 3 geht die größte Gefahr von langen Dauerregen in Verbindung mit einer maximalen Geschiebemobilisierung durch Rutschungen aus. Das maximale Gefahrenmoment wird trotz wesentlich geringerer Niederschlagsintensitäten durch lang anhaltende Niederschläge erreicht, allerdings erst zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt.

Für die Erstellung eines Gefahrenzonenplanes sollten alle drei Schadensszenarien Berücksichtigung finden. Für die Szenarien 2 und 3 fehlen allerdings fast immer die notwendigen Datengrundlagen. Im Gegensatz zur Annahme bzw. Berechnung eines HQ_{150} gibt es für die Beurteilung dieser beiden Gefahrenszenarien keine genauen Bewertungsvorgaben für eine nachvollziehbare und objektive Beurteilung.

4.1.1.1 Abschätzung des Geschiebepotenzials im Bereich des Amasseggerbachs

Auf der Basis von Geländebegehungen im September 2005 wurden für den Ereignisfall zwei Schadensszenarien entwickelt. Diese skizzieren jeweils die Unter- bzw. Obergrenze der zu erwartenden Geschiebemengen für den Bereich oberhalb der Mündung Lindbach.

Szenario 1 geht von einer Mobilisierung der aktuell rutschgefährdeten Bereiche aus (siehe Kapitel Einzelrutschungen) und stellt die Untergrenze des Gefah-

renpotenzials dar. Szenario 2 ("Realistic Worst Case") unterstellt hingegen ein weitgehendes Versagen des gesamten orographisch rechtsseitigen Hanges im Bereich der Rutschungen 2-4 (Abbildung 3.2.2-1). In Tabelle 4.1.1.1-1 werden die Ausmaße (mittlere Längen, Breiten und Tiefen) der Rutschungen angeführt. Die Schätzung der mittleren Tiefe der Rutschung erfolgte aufgrund der vorgefundenen Anrissmächtigkeiten (beinhaltet auch das Schüttungsmaterial der Straßenböschungen). Da geringe Änderungen bei der Schätzung der mittleren Tiefe bereits starke

Auswirkungen auf das Ergebnis haben, sind zusätzliche Erhebungsarbeiten im Bereich der Auflagemächtigkeit im potenziellen Rutschungsbereich für Gefahrenzonenplanungen erforderlich. Da während des Schadensereignisses im unteren Rutschungsbereich Material abgelagert wurde, wird das Rutschungspotenzial um einen „Deponie“-Faktor abgemindert. Dabei wird unterstellt, dass dieser Faktor $10 \text{ m}^3/\text{lfm}$ Rutschungsbreite beträgt.

Durch die zahlreichen Hanganrisse und offenen Stellen entstanden folgende Gefahrenmomente:

- Instabile Hänge mit erhöhter Bereitschaft für weitere Rutschungen (vgl. Szenario 1)
- akute Steinschlaggefahr
- Lawinengefährdungen insbesondere durch Schneebretter (bei entsprechender Schneesituation, wie sie z.B. im Winter 2005/06 gegeben war)

Mittel- und langfristig ist (nach Stabilisierung des Hangsystems) mit einem tendenziell geringeren Risiko durch die in den Rutschungsbereichen verbliebene geringere Lockermaterialauflage zu rechnen.

Resümee Amasseggerbach

Die für das Gebiet auffällig geringe Boden- und Lockermaterialmächtigkeit an der Talflanke (vergleiche z.B. Gegenhang) sowie die Steilheit des Geländes lassen darauf schließen, dass in diesem Bereich immer wieder massiver Materialabtrag stattfindet. Bei einer geschätzten Bildungsrate der Lockermaterialauflage von 10 cm in 100 Jahren, die unter den gegebenen Bedingungen realistisch erscheint (leicht

Tabelle: 4.1.1.1-1:
Geschätzte Ausmaße und Kubaturen für die beiden untersuchten Schadensszenarien.

Kürzel in Abbildung 3.2.2.-1	Beschreibung der Kürzel	Abmessungen [m]			Kubaturen [m ³]		
		Länge	Breite	Tiefe	Potenzial	Deponie	Gesamt
Annahmen für SZERNARIO 1							
OS	durch den Amassegger Bach aus oberstromigen Rutschungen geliefert						1.000
AK	aus den aktuellen Rutschungsflächen (Annahme: 10% der ermittelten Kubaturen Tabelle 3.2.2-1)						1.300
OR	von der orographisch rechten Talseite	110	150	0,3	4.950	1.500	3.450
OL	von der orographisch linken Talseite - Bereich 2a (Abbildung 3.2.2-1)	50	30	1,0	1.500	0	1.500
R5	durch Anriss als abfuhrbereit eingestufte Fläche im Bereich von 5 (Abbildung 3.2.2-1)	90	100	0,3	2.700	1.000	1.700
Gesamtsummen Szenario 1					9.150	2.500	8.950
Annahmen für SZERNARIO 2							
SZ 1	Gesamtsumme Szenario 1						8.950
OR		120	400	0,3	14.400	4.000	10.400
OL		50	20	1,0	1.000	0	1.000
Gesamtsummen Szenario 2					15.400	4.000	20.350

verwitterbares Grundgestein, Klima, durchschnittlicher Eintrag äolischer Sedimente, durch Bewaldung keine wesentliche Denudation bzw. Erosion), müsste es im Abstand einiger hundert Jahre vergleichbare Rutschungen in diesem Bereich gegeben haben. Als Hypothese wird daher unterstellt, dass das Ereignis vom August 2005 nicht einmalig war und größere Rutschungen in diesem Bereich zumindest langfristig wieder zu erwarten sind.

Für Schutzmaßnahmen ist davon auszugehen, dass die Materialdeposition aus den Rutschungen auch bei künftigen Ereignissen zeitlich und räumlich verteilt erfolgen wird. Aufstauhöhen, die größer als jene bei Rutschung 2 aktuell beobachteten sind, sind kaum zu erwarten. Aufgrund des in diesem Bereich geringen Bachgefälles (durchschnittlich ca. 7 %) ist fraglich, wie viel Rutschungsmaterial bei einem dammbruchartigen Szenario wie weit transportiert

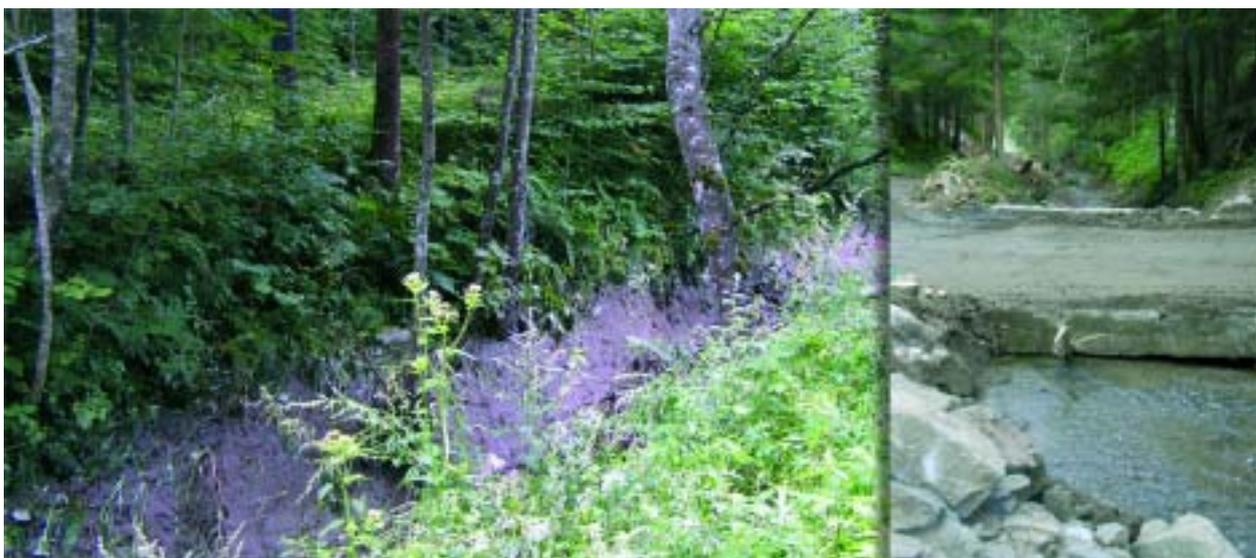


Abbildung 4.1.1.1-1:
 Lindbach: Deutlich sichtbare Anschlaglinie der Abflusswelle im Gerinne oberhalb der Mündung in den Amassegger Bach (knapp 400 m unterhalb Rutschung 6) und im Bereich der Straßenquerung (ca. 230 m unterhalb Rutschung 6).

werden bzw. wo es abgelagert werden könnte. Beim aktuellen Ereignis traten im Amasseggerbach nur Abflussspitzen geringer Jährlichkeit auf. Beim Bemessungsereignis ist von höheren als den beobachteten Transportkapazitäten auszugehen. „Stabile“ Verklauungen, wie bei dem August-Schadensereignis beobachtet, können für künftige Ereignisse nicht vorausgesetzt werden. Die Simulation dammbruchartiger Szenarien bietet sich diesbezüglich als Ausgangspunkt weiterer Überlegungen an. Als Vergleichsbeispiel sei eine im Lindbach von Rutschung 6 ausgelöste, vermutlich murstoßartige Abflusswelle (allerdings mit geringem Wildholzaufkommen) angeführt, welche trotz der dort deutlich größeren Gerinneneigung (durchschnittlich ca. 13 %) nur ca. 250 m weit ausuferte (Abbildung 4.1.1.1-1).

Bauliche Maßnahmen müssen besonders dem starken Wildholzaufkommen Rechnung tragen. Dieses beansprucht Retentionsraum und beeinträchtigt, wie am Beispiel des Rauschergraben aufgezeigt wurde, die Dosierwirkung der Schutzbauwerke. Ob sich die Dimensionierung letztendlich eher an der in den Szenarien dargestellten Unter- oder Obergrenze orientiert, ist eine Frage des Sicherheitsanspruches bzw. des akzeptierbaren Restrisikos.

Aufschließungswege haben das Rutschungsausmaß vergrößert, ein allfälliger Rückbau derselben könnte Auftretenswahrscheinlichkeit bzw. Ausmaß weiterer Rutschungen wahrscheinlich deutlich verringern. Auf geringe Schüttungsmächtigkeiten und die sorgfältige Ausleitung von Oberflächenwässern ist jedenfalls zu achten.

4.1.2 Hangbereich

Während die Darstellung der Gefahren durch Wildbäche über die Kennzeichnung genau definierter Gefahrenzonen (gelbe und rote Zonen) mit raumordnungsrelevanten Konsequenzen geregelt ist, gibt es für die Darstellung von Rutschungsgefährdungen nur die Möglichkeit, sog. Hinweisbereiche (braune

Zonen) auszuscheiden. Es gibt zwar ingenieurgeologische Möglichkeiten, für Hänge verschiedene Standsicherheitsberechnungen anzustellen, es fehlt jedoch stets der Bezug zu einer zeitlichen Komponente und somit zu einer Eintrittswahrscheinlichkeit. Es gibt keine der Jährlichkeit von Niederschlags- oder Hochwasserereignissen entsprechende Kennzahl zur Abschätzung von Rutschungsgefährdungen. Da es auch keine entsprechenden Messreihen, die Daten zu Auslöseursachen, Kubaturen, Ausläufelängen etc. liefern, gibt, fehlen Regelungen bzw. allgemein anerkannte Richtlinien zur Bestimmung von „Bemessungsereignissen für Rutschungen“. Darüber hinaus sind auch exakte Dokumentationsrichtlinien für durch Rutschungen und Hangmuren ausgelöste Schadensereignisse nur ansatzweise vorhanden, vergleichbare flächendeckende Rutschungsdokumentationen ganzer Gebiete sind kaum verfügbar.

In Gefahrenzonenplänen werden daher meist nur allgemeine Angaben zu Gefährdungen durch Rutschungen gemacht. Im Gefahrenzonenplan der Gemeinde Gasen (1997) findet sich z.B. nur der allgemeine Hinweis, dass im gesamten raumrelevanten Bereich, vor allem im Bereich steiler Böschungen, die Gefahr von Hangbewegungen besteht. Es finden sich aber keine konkreten Angaben über Art und Umfang der Gefährdungen (Rutschungsvorgänge, Hangmuren, etc.). Präventive Schutzmaßnahmen wie z.B. das Freihalten gefährdeter Bereiche können auf Basis dieser Informationen nicht umgesetzt werden. Steigende Sicherheitsansprüche und konkurrierende Nutzungsinteressen in Verbindung mit knappen Raumressourcen lassen eine Weiterentwicklung der Beurteilung von durch Hangbewegungen gefährdeten Bereichen nach einheitlichen Standards und Richtlinien notwendig erscheinen. Um bei deren Umsetzung den Personal- bzw. Finanzeinsatz zu optimieren, ist die Einführung mehrerer Levels der Bearbeitungstiefe sinnvoll. Ein erster Vorschlag hierfür wird in Tabelle 4.1.2-1 aufgezeigt.

Tabelle 4.1.2-1:

Skizze für ein nach Aufwand und Ergebnis gestaffeltes Verfahren zur Erfassung von durch Hangbewegungen gefährdeten Bereichen.

	Level 1	Level 2
Bereich	Gemeindegebiet, flächendeckend	Teilbereiche mit höherer Vulnerabilität (z.B. Siedlungsraum, Verkehrswege)
Aufwand	gering, möglichst weitgehend automatisiert (GIS)	hoch, Erhebungen vor Ort notwendig
Datengrundlage	standardisierte, allgemeine und flächendeckend verfügbare Daten	zusätzlich Erhebungen vor Ort zu signifikanten Standortfaktoren
Ergebnis	grobe (Vor-)Ausscheidung von Gefahrenzonen, kartographische Darstellung	verfeinerte kartographische Darstellung von Gefahrenzonen und gefährdeten Bereichen (z.B. Bereich und Art)

Verklauung und Verlandung der Hauptteil des Geschiebes an den Wohngebäuden vorbeigeleitet werden konnte. Das Wohngebäude orographisch rechts blieb unbeschädigt, beim orographisch links gelegenen Wohngebäude konnte eine völlige Zerstörung abgewendet werden. Allerdings durchschlug ein ca. 40 cm starker Baumstamm das Dach und kam im Obergeschoß des Gebäudes zu liegen.

Eine weitere und noch dazu kostengünstige Möglichkeit, Leiteffekte zu verstärken bzw. den Abfluss auch bei Verklauungen noch zu kanalisieren, besteht in der Ausführung allfällig begleitender Wege als Flutmulden (vgl. Rauschergraben).

Die Dimensionierung der Geschiebedosiersperren war nicht in allen Fällen ausreichend. Die Dosierwirkung solcher Sperren gewinnt insbesondere bei Schadensereignissen langer Dauer, die in mehreren „kleinen“ Teilereignissen ablaufen, an Bedeutung: Bei entsprechender Ausführung kann durch einen geregelten Geschiebeabtransport zwischen den einzelnen Phasen der Geschiebebeaufschlagungen wieder Ablagerungsraum geschaffen werden. Bei starkem Wildholzanfall sind Dosiersperren mit senkrechter Rechenform allerdings anfällig für Verklauungen. Schräg ausgeführte Rechenkonstruktionen sind daher zu bevorzugen. Das Wildholz kann bei solchen Konstruktionen aufschwimmen und das Geschiebe somit unterhalb passieren. Wenn - wie bei dem Schadensereignis im August - sehr große Geschiebe-

mengen und ein hoher Wildholzanteil mit einem gleichzeitig relativ geringen Abfluss auftreten, ist es allerdings fraglich, ob sich dieser Effekt einstellen kann. Bei erwarteten größeren Geschiebemengen sowie hohem Wildholzanteil ist auf eine ausreichende Dimensionierung der Abflussektion und großzügiges Freibord zu achten. Flügelmauern sind mit starkem Anzug auszuführen (Ribitsch, 2006).

4.1.3 Auswirkungen des Straßen- und Wegebaus

Ein charakteristisches Merkmal der Schadensereignisse vom August 2005 war die extreme Bodendurchfeuchtung, die insbesondere die Destabilisierung geschütteter Böschungsbereiche niederrangiger Wege zur Folge hatte. Dementsprechend traten viele Rutschungsvorgänge in unmittelbarer Nähe von Wegen auf. Nach der Ursache, der Art der Schäden und den Auswirkungen erscheint es sinnvoll, die Einflüsse von Verkehrswegen nach ihrer Lage einerseits in gerinnenahen Bereichen (Beeinträchtigung durch Hochwasser und Muren) und in Bereichen, die durch Rutschungen bzw. Hangmuren gekennzeichnet waren, zu beurteilen.

4.1.3.1 Straßen und Wege im Bereich von Rutschungen

Als Folge der extremen Bodendurchfeuchtung wären Rutschungen im August 2005 auch ohne künstliche Geländeänderungen aufgetreten. Zeitpunkt, Anzahl, Lage, Ausmaß und in Folge dessen auch die Auswirkungen wurden jedoch durch diese maßgeblich beeinflusst. Straßen, Wege und andere Bauböschungen sind in einem Hangsystem aufgrund der Kombination mehrerer Faktoren oft schadauslösende Schwachstellen:

- Im Rahmen von Wegaufschließungen müssen oftmals steilere berg- und talseitige Böschungswinkel geschaffen werden als jene, die sich aufgrund des Ausgangsmaterials und der Rahmenbedingungen natürlich eingestellt haben (Veränderung der Kohäsion, Reibungswinkel etc.).
- Geschüttete Bereiche (z.B. talseitige Böschungen) sind



Abbildung 4.1.2.1-2: Schadensreduzierende Wirkungsweise einer Künette (Haslau, linksufriger Seitengraben Teitzbach).

eine zusätzliche Auflast, die in instabilen Hangabschnitten die Rutschungsanfälligkeit erhöhen. Bei entsprechend umfangreicher Schüttung (z.B. für die Anlage von Holzlagerplätzen) können zusätzliche bedeutende Geschiebequellen geschaffen werden.

- Bergseitige Böschungen schwächen das Widerlager des Hangbereiches oberhalb der Straße, wodurch es oft zum Nachrutschen der Böschung kommt. Dies war häufig zu beobachten, wobei das Rutschungsmaterial aber zumeist auf der Fahrbahn liegen blieb.
- Neuere Straßenböschungen (besonders größere Schüttungskörper) sind nur oberflächlich durchwurzelt (Begrünung), die stabilisierende Wirkung der Durchwurzlung ist dementsprechend geringer.
- Bauwerke beeinflussen bzw. verändern den Hangwasserhaushalt.
- Straßenentwässerungen führen, wenn sie in Hangbereiche ausgeleitet werden zur Konzentration von Oberflächenwässern auf kleinem Raum und erhöhen das Rutschungsrisiko.

- Zum Hang hin geneigte Straßenflächen führen bei unzureichender Dichtung der Ableitungsgräben zu einer zusätzlichen Hangvernässung.
- Schlecht gesicherte Auslassbereiche erhöhen das Erosionsrisiko bei ohnehin gefährdeten Straßenschüttungen.

4.1.3.2 Straßen und Wege im Bereich von Grabenquerungen

Im Bereich der Gerinne und Wegquerungen führten nicht Abflussspitzen, sondern hohe Geschiebe- und Wildholzfrachten durch Auflandung und Verlegung von Durchlässen zu Problemen.

- Ungesicherte Überläufe im Bereich untergeordneter Grabenquerungen verstärkten die Schadensauswirkungen. Austretende Bäche mobilisierten dabei Böschungsschüttungen von Wegen auch über den unmittelbaren Austrittsbereich hinausgehend. Häufig wurden Gerinne dadurch mit erheblichen Geschiebemengen beaufschlagt und es kam zur Auslösung oder Verstärkung murartiger Abflüsse. Abbildung 4.1.3.2-1 zeigt einen solchen Gerinneaustritt nach Verlegung des

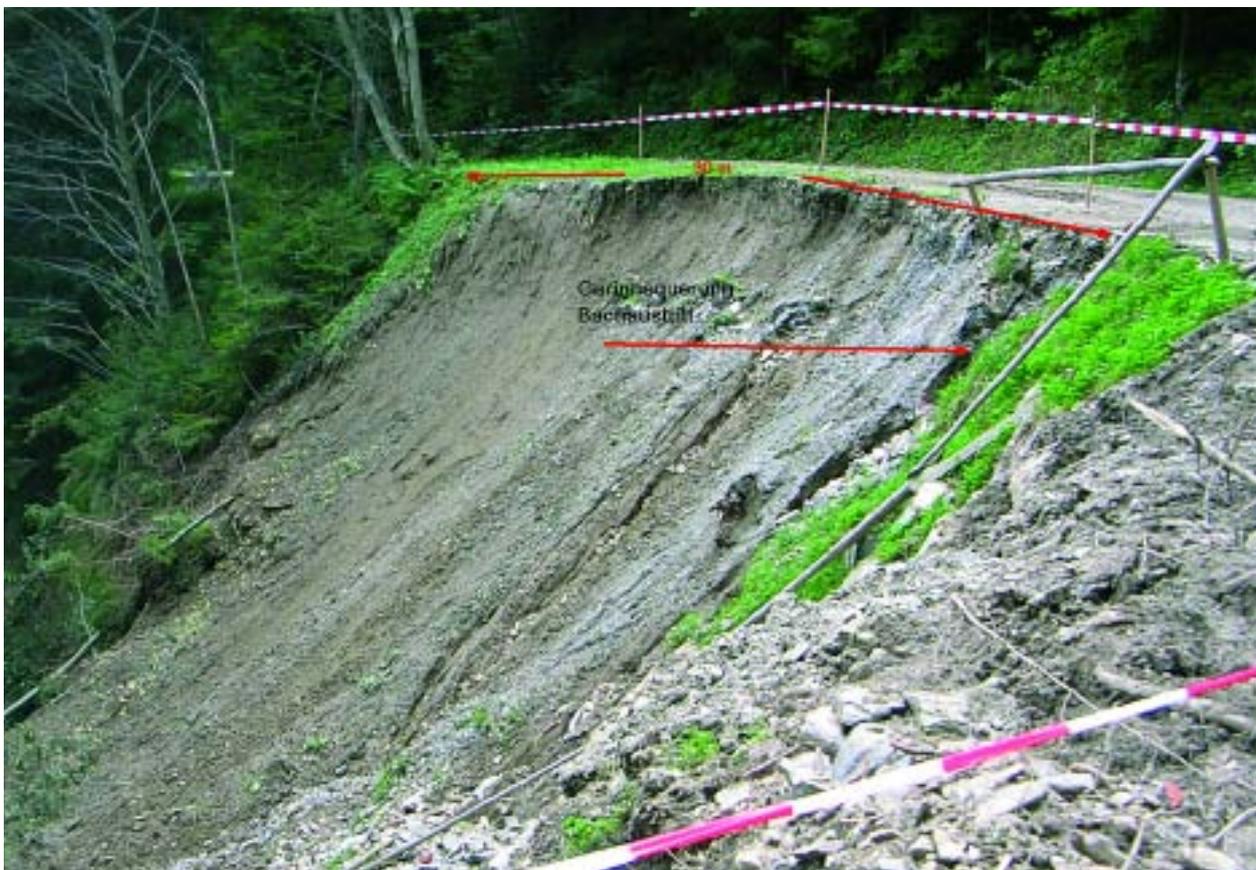


Abbildung 4.1.3.2-1: Gerinneaustritt nach Verlegung des Querschnittsprofils bei einem Zubringer zum Gasenbach im Bereich Hof Schirner.

Querschnittsprofilen. Die talseitigen Straßenböschungen wurden auf ca. 30 m mobilisiert, es kam zu einer Geschiebebeaufschlagung von ca. 300 m³.

- Durch Verkläuserung von Durchlässen bzw. durch unzureichende Dimensionierung derselben kam es zu unkontrollierten Wasserableitungen entlang der bergseitigen Straßenbankette, die zu tiefen Erosionsrinnen und Straßenschäden beträchtlichen Ausmaßes führten.
- „Abflussausleitungen“ traten vereinzelt im Bereich verkläuserter Grabenquerungen auf, die nicht als Furt ausgeführt waren. So wurde z.B. das Gehöft Schoberbauer (W. Hirschegger) von Hochwasser aus dem Schoberkogelgraben überflutet und beschädigt, obwohl es mehrere hundert Meter entfernt von diesem liegt.
- Massiv ausgeführte hochrangige Straßen finden sich im Gebiet überwiegend in den Auslaufbereichen von Muren (z.B. L104, Talsohle). Dementsprechend kam es auch häufig zu Materialdepositionen auf der Fahrbahn. Die Fahrbahnen wurden dabei jedoch meist kaum beschädigt und auch die Straßenböschungen blieben intakt. Auf den Abflussprozess hatte diese Landesstraße keine nennenswerten Auswirkungen - es kam weder zu einer Verstärkung noch zu einer nennenswerten Abschwächung der Murereignisse.
- Unterhalb niederrangiger Forststraßen und Zufahrtswege trat vereinzelt Steinschlag auf, z.B. am Unterhang Schoberkogel/Amasseggerbach.
- Talseitige Straßenböschungen, die gleichzeitig Grabeneinhänge sind, wurden vom Gerinne fast ausschließlich auf Grund erhöhter Geschiebeführung - als Folge der Geschiebezufuhr aus Rutschungen - erodiert. Die Zuordnung der rutschungsauslösenden Ursache (Hangwasserdruck bzw. Hangfußerosion) war in diesen Bereichen nicht immer eindeutig möglich bzw. ist in einigen Fällen von einem Zusammenspiel beider Faktoren ausgehen.

4.1.3.3 Maßnahmen zur Verminderung negativer Auswirkungen des Straßen- und Wegebbaus auf die Hangstabilität

Viele der in den vorigen Abschnitten beschriebenen Schadensbilder gleichen Bildern anderer Katastrophenorte. Der Umfang der Schäden lässt jedoch darauf schließen, dass insbesondere niederrangige Wegenetze im Gebiet von Gasen und Haslau schutztechnisch bei weitem nicht auf ein Niederschlagsereignis, wie jenes vom August 2005, ausgelegt waren. Folgende Punkte sollten daher bei der

Planung und Anlage von Straßen und Wegen berücksichtigt werden:

- In steilerem Gelände ist die kostengünstigste Vorbeugungsmethode gegen die Entstehung von Rutschungsdynamiken, talseitige Schüttungen gering zu halten. Dies kann im Rahmen der Landschaftsschutzauflagen durch stärkere Anschnitte der Hänge mit Längsverbringung des Materials sowie durch schmälere Aufschließungswege (keine Holzlagerplätze bzw. nur an einzelnen dafür geeigneten Stellen) erreicht werden. Lassen sich größere Schüttungen nicht vermeiden, so sind der Einsatz von Geotextilien bzw. -vliesen zur Böschungssicherung oft kostengünstigere Alternativen zu Kunstbauten (Steinschichtungen, Kreinerwände, Betonstützwände). Die bergseitigen Böschungen sind entsprechend zu sichern.
- Bei Schüttungen ist auch in flacheren Bereichen auf Rutschhorizonte zu achten.
- Im niederrangigen Wegenetz sind Grabenquerungen als gesicherte Furten auszuführen.
- Die verbesserte Darstellung sensibler Zonen im Gefahrenzonenplan (Kapitel 4.1.2.) könnte die Grundlagen für Trassenführungen und baulicher Gestaltung von Aufschließungswegen liefern.
- Bei Trassierung der Wege ist auf Vernässungszonen bzw. Eingriffe in das Hangwassersystem zu achten bzw. sind entsprechende Vorkehrungen zu treffen.

4.2 Anmerkungen zur Aufnahmehethodik

Das Zusammenwirken vieler verschiedener Personen und Institutionen im Untersuchungsgebiet war im Hinblick auf die Themenstellung und Art und Weise der Durchführung für alle Beteiligten Neuland. Da ähnliche Schadensereignisse wieder auftreten können, ist es wichtig, Rückschlüsse aus den Erfahrungen der vorliegenden Dokumentation im Zusammenhang mit der gesamten Aufnahmehethodik zu ziehen. Zielsetzung nachstehend angeführter Hinweise ist es daher, im Wiederholungsfall konkreter vorbereitet zu sein und somit noch effizienter agieren zu können.

Vorbereitende Arbeiten

• Zielsetzungen klar definieren:

Seitens des Auftraggebers muss der Grundsatz „Begin with the end in mind“ gelten. Nur wenn die Zielsetzungen der Erhebung klar definiert

sind, können aussagekräftige Analyseergebnisse erzielt werden. Parameter, die während der Geländeerhebungen nicht (oder nicht genau genug bzw. nach keinem einheitlichen Schema) erfasst werden, können nicht mit der gewünschten Schärfe analysiert werden.

- **Verbesserung des „5W-Standards“:**

Der für die vorliegenden Untersuchungen zu Grunde gelegte „5W-Standard“ war noch nicht genau genug definiert. Insbesondere zur Frage, welche Schadensereignisse aufgenommen werden sollen, gab es teilweise uneinheitliche Meinungen bzw. Aussagen, z.B. ob nur „schadensrelevante“ Ereignisse oder Ereignisse erst bei einem bestimmten Mindestausmaß aufzunehmen sind. Der Begriff „schadensrelevant“ ist dabei sicherlich schon widersprüchlich per se, denn Schäden sind für den Betroffenen immer schadensrelevant. Sofern diese Schäden aber keinen Handlungsbedarf für andere, wie z.B. die WLV oder die Straßenbauverwaltung darstellen, wird er für diese ev. als nicht schadensrelevant einzustufen sein.

- **Bereitstellung guter und einheitlicher Unterlagen:**

Orthophotos sind beispielsweise schon bei Einsatzbeginn unbedingt erforderlich.

Felderhebungen

- **Vereinheitlichung der Erhebungsmethodik:**

Wenn viele verschiedene Personen mit den Erhebungen befasst sind, bedeutet dies, dass möglichst viele Ereignisparameter nach einem standardisierten Schlüssel abgefragt werden sollten. Wenn beispielsweise ein Überblick über Gefahrenpotenziale innerhalb eines bestimmten räumlichen Bezugsrahmens erzielt werden soll, ist in den Meldungsformularen ein entsprechendes Feld vorzusehen. Ist dies nicht der Fall bleibt stets die Frage offen, ob es keine Hinweise auf ein Gefahrenpotenzial gab oder ob dieser Parameter nicht erhoben wurde.

- **Klare Begriffsdefinitionen:**

Eine heterogene Benutzergruppe erfordert klare Begriffsdefinitionen (z.B. Ereignisphänomene bei Massenbewegungen). Diese Definitionen sollten sowohl als Online-Hilfe bei der Ereigniseingabe, als auch als Dokument (Feldbuch) vorliegen. In diesem Zusammenhang wäre ein Schema, wie es z.B. die „Anleitungen zur Standortskartierung“ sind, sehr hilfreich. Auch die maßgebliche Fläche von Massenbewegungen ist zu definieren (Rutschungsfläche, Fläche der Ablagerung oder

Gesamtfläche aus beiden). Dies gilt sinngemäß auch für die Bestimmung der Kubaturen.

- **Eindeutige Datenfelder für die zu dokumentierenden Parameter:**

Bei der Bewertung der aufzunehmenden Parameter sind eindeutige Datenfelder, Text- oder Memofeldern vorzuziehen. Nur bei eindeutigen Datenfeldern können standardisierte Auswertungen eingesetzt werden. Text- oder Memofelder sind hingegen nur mit weitaus höherem Zeitaufwand auswertbar und bleiben wesentlich stärker von subjektiven Interpretationen abhängig. Ungeachtet dessen sind sie zur Dokumentation von Zusatzinformationen unerlässlich.

- **Ausbau der zu erhebenden Parameter:**

Das Aufsuchen der Schadensorte im Gelände nimmt einen großen Teil der Erhebungsarbeiten in Anspruch. Demgegenüber ist - wenn man am Schadensort ist - die Erfassung der zu erhebenden Parameter zumeist relativ rasch umgesetzt. Ein Ausbau der Anzahl dieser zu erhebenden Parameter wird daher das zeitliche Ausmaß der Erhebungsarbeiten nicht wesentlich erhöhen, aber verbesserte Analysemöglichkeiten schaffen.

Dateneingabe

- Der Datenexport in den Formaten „Access-Datenbank“ und „Shape-files“ hat sich für Analysen bewährt.
- Der bei vielen Erhebungsparametern anzuführende sog. MAXO-Code (Messung - Schätzung - unklar - nicht bestimmbar) hat sich für die Auswertungen als sehr hilfreich erwiesen, da er die Qualitätsmerkmale der angeführten Parameter definiert.
- Ein an die Erfordernisse der Felderhebungen angepasstes Erhebungsformular sollte als Download zur Verfügung gestellt werden.
- Dabei sollten „Dauerregen“ bzw. „langanhaltender Regen“ als Auslöser von Massenbewegungen mit aufgenommen werden.
- Für die Verwendung vor Ort sollte eine standardisierte Zeugenbefragung konzeptioniert werden, insbesondere für Fragen nach eigenen Wahrnehmungen, dem Ereignisablauf, Schäden aus früheren Ereignissen, damals erfolgten (privaten?) Gegenmaßnahmen, Schadensabgeltungen etc..
- Die im Ereignismeldungsportal vorhandene Möglichkeit der Verortung der genauen Lage der Schadensereignisse stellt für spätere Analysen eine sehr wichtige Information dar. Es sollte aller-

dings noch genauer definiert werden, wie diese Verortung durchzuführen ist (ist z.B. bei einer großen Rutschung die oberste Rutschungskante einzutragen oder die Ablagerungsfläche? Wie verfährt man bei mehreren (kleinen) eng zusammen liegenden Rutschungen? etc.). Für einige Analysen ist die Verortung auf der Basis der ÖK zu ungenau. Da bei den Erhebungsarbeiten im Gelände durch Verwendung eines GPS auch schon Koordinatenangaben ermittelt wurden, sollte die Möglichkeit geschaffen werden, diese standardmäßig bei der Dateneingabe in das Ereignismeldungsportal einzubringen.

- Neben der Verortung ist auch das Verknüpfen der Schadensmeldung mit weiterführenden Dokumenten (z.B. Fotos, Videos, Pläne) ein weiterer großer Vorteil der EDV-technischen Erfassung. Benutzer können sich damit ein umfassendes Bild von dem jeweiligen Schadensereignis machen.
- Der Dokumenten-Upload sollte standardisiert werden: z.B. wäre es wünschenswert, die Auflösung und damit Dateigröße des Bildmaterials zu vereinheitlichen oder die Möglichkeit/Notwendigkeit mehrere Fotos in einem einzigen Dokument (z.B. einem PDF-File) zusammenzufassen, zu definieren. Auch die Nomenklatur der dem Schadensereignis angehängten Dokumente sollte vereinheitlicht werden.
- Wenn bei der Eingabe einer Massenbewegung mehrere Einzelrutschungen zusammengefasst wurden, dann wäre es vorteilhaft, wenn sich - ähnlich wie beim Dokumentenupload - bedarfsabhängig weitere Datenfelder (z.B. Kubatur/Fläche) generieren.
- Für die Auswertung sehr erschwerend hat sich der Umstand erwiesen, dass bei bereits freigegebenen Meldungen nachträglich (durch den Beobachter) Änderungen durchgeführt wurden. Diese Änderungen sollten eigentlich nur mehr durch jemanden, der diese Meldungen „evaluiert“, durchgeführt werden können, da sich sonst Analyseergebnisse ständig verändern.
- Jedes eingegebene Schadensereignis erhält automatisch eine Nummer zugewiesen. Damit gewährleistet ist, dass der Original-Datensatz unverändert bleibt, wird bei jeder nachträglichen Ergänzung bzw. Veränderung der Datensatz unter einer neuen Nummer abgespeichert. Aus Gründen des Wiederauffindens wäre daher ein Feld für eine interne Bezeichnung hilfreich.
- Wo keine Daten gemessen werden können, sollten Ja/Nein - Antwort-Felder mit einem

zusätzlichen Memofeld geschaffen werden.

- Folgende Datenfelder könnten/sollten als Standardfelder in das Formular des Ereignismeldungsportals integriert werden:
 - Exposition
 - Hangneigung
 - Hangform (z.B. Kuppe, Mulde)
 - Vegetationsform
 - Gefahrenpotenzial - allgemein
 - Gefahrenpotenzial - aktuell (durch das Schadensereignis (ev. auch nur temporär) entstanden)
 - Beaufschlagung des Vorfluters möglich
 - Wildholzgefahr
 - Verklausungsgefahr bzw. -möglichkeit
 - Anrisse vorhanden
 - Sofortmaßnahmen bereits durchgeführt
 - Hangexplosionen
 - Quellen
 - Vernässungszonen
 - Anthropogener Einfluss (z.B. bauliche Maßnahme, Straßen, Entwässerungen)
 - Oberflächenwasser

4.3 Meteorologie

4.3.1 Evaluierung INCA

Mit den Analysedaten aus dem Nowcasting-System INCA der ZAMG steht ein neues Instrument zur Niederschlagsanalyse zur Verfügung. Die Brauchbarkeit für die Ereignisanalyse im Bereich der Wildbachverbauung soll am Beispiel des Hochwasserereignisses von 20. - 21.8.2005 in Gasen und Haslau dargestellt werden.

4.3.1.1 Räumliche Struktur der Niederschlagsverteilung

Die auf Wetterradardaten basierenden, zusätzlich hinsichtlich niederschlagsrelevanter Gesichtspunkte korrigierten und über Messungen meteorologischer Stationen kalibrierten Niederschlagsangaben ermöglichen eine sehr gute Darstellung der räumlichen Variabilität der Niederschlagsverteilung (Abbildung 4.3.1.1-1). Diese war bereits aufgrund der Messstationdaten zu erwarten. Über die tatsächliche räumliche Niederschlagsverteilung bzw. die Lage und Ausdehnung der Niederschlagszentren ließen sich aber keine Aussage treffen und eine „georeferenzierte“ Analyse des Schadereignisses ohne Zusatzinformationen wäre nicht möglich gewesen.

Gemeindegebiet von Gasen mit geringerem Niederschlagsniveau. Niederschlagsverteilung und Schadwirkung weisen zwar keine direkten, jedoch über die Betrachtung von weiteren Einflussfaktoren (Vorniederschlag, Topographie, Bodentyp, Vegetation, etc.) plausible Zusammenhänge auf.

Durch die INCA Daten werden die unterschiedliche Gewichtung bzw. Kombination der meteorologischen Auslöseursachen auf engstem Raum ersichtlich.

4.3.1.2 Zeitlicher Ablauf des Ereignisses

Die höchst mögliche zeitliche Auflösung sind 15-Minuten-Niederschlagssummen, auf deren Basis für beliebige längere Zeiträume die Niederschlagssummen gebildet werden können. Die beim Ereignis in Gasen und Haslau erreichte Qualität ist dabei recht gut, wie ein Vergleich mit der Messstelle Birkfeld des Hydrographischen Dienstes zeigt. Die Interpretation der meteorologischen Abläufe wird über die zeitlich gestaffelte, räumliche Darstellung der Niederschlagsverteilung durch INCA wesentlich erleichtert bzw. verbessert (Abbildung 4.3.1.2-1 bzw. Kapitel 2.3.3.3. Ereignisablauf).

Systembedingte Unschärfen ergeben sich aus der beschränkten räumlichen Auflösung von Wetterradardaten und der Tatsache, dass ein Vergleich der Punktwerte der Messstationen mit den Flächenmittelwerten von Rasterzellen nur eingeschränkt möglich ist.

Eine Besonderheit von INCA besteht in der Option der kurzfristigen Verfügbarkeit von korrigierten und kalibrierten Daten durch die ZAMG sowie einer hoch auflösenden Prognose der Weiterentwicklung von Ereignissen bis zu sechs Stunden. Im Bereich des Katastrophenmanagements steht dadurch im Ereignisfall eine zusätzliche Entscheidungsgrundlage zu Verfügung.

Abschätzung von Intensitäten und Niederschlagsmengen

Insbesondere die Abschätzung höherer Niederschlagsmengen bzw. -intensitäten war mittels unkalibrierter Wetterradardaten alleine bisher kaum möglich. Solche Abschätzungen wiesen oft starke Abweichungen von den gemessenen Niederschlagsmengen auf. Zudem wird die Auflösung der Niederschlagsklassen mit steigenden Niederschlagsmengen rasch sehr grob.

Die Kalibrierung der Wetterradardaten bewirkt eine wesentliche Verbesserung hinsichtlich der Angaben der Niederschlagsmengen. Für die Steiermark stehen dafür derzeit nur ZAMG-Stationen zu Verfügung. Diese waren für das Ereignis Schöckl, St. Radegund, Bruck/Mur, Kapfenberg, Aflenz und Hartberg. Da keine dieser Stationen im Nahbereich von Gasen liegt, ist die INCA-Analyse in diesem Gebiet stark vom Radar abhängig und trotz Skalierung prinzipiell mit Vorsicht zu interpretieren.

Der (eingeschränkt aussagekräftige) Vergleich mit den im Gebiet befindlichen Niederschlagsdaten der Messstellen des Hydrographischen Dienstes zeigt trotzdem eine recht gute Abschätzung der Gesamtniederschlagsmengen durch INCA, wenngleich die Niederschlagsmengen etwas unterschätzt werden (Tabelle 4.3.1.2-1). Eine Erhöhung der INCA-Werte um die durchschnittliche Abweichung der Niederschlagssummen von den Messstellenwerten ergibt für den Raum zwischen Gasen und Haslau Niederschlagsmengen von über 200 mm, die ungefähr jenen privater Messungen in diesem Bereich (maximal 210-220 mm) entsprechen. Es besteht daher die berechtigte Hoffnung, dass die angestrebte Verdichtung des Messnetzes zur Kalibrierung des Modells mit den automatisch registrierenden Niederschlagsmessstellen des Hydrographischen Landesdienstes noch bessere Abschät-



Abbildung 4.3.1.2-1:

Zeitlicher Verlauf der Niederschlagstätigkeit lt. INCA 21.8.2005 - Darstellung der Stundensummen von 13:00, 15:00, 17:00 und 19:00. Das Auftreten des zweiten, schadensauslösenden Niederschlagsmaximums zwischen Gasen und Haslau ist gut erkennbar.

zungen ermöglicht. In Niederösterreich ist dies durch die Einbeziehung der fernübertragenden Stationen der niederösterreichischen Landeshydrographie gelungen. Eine solche Zusammenführung der Stationsdaten von Hydrographischen Dienst und ZAMG wäre auch für die Steiermark wünschenswert.

In Tabelle 4.3.1.2-1 wird ein Vergleich von an Messstellen des Hydrographischen Landesdienstes und durch INCA gewonnenen Gesamtniederschlagsmengen in der Umgebung von Gasen und Haslau angestellt. Infolge der gewählten Klassenbreite des Niederschlagsrasters (10 mm) und des Vergleiches von

Punktwerten (Messstelle) mit Flächenmittelwerten (Rasterzelle) ergeben sich methodisch bedingte Unschärfen. Letztere werden durch die Kleinräumigkeit der Niederschlagszellen verstärkt.

Die Ermittlung der Niederschlagsintensitäten bzw. der Intensitätsspitzen mit INCA fällt auf den ersten Blick weniger zufrieden stellend aus (Abbildung 4.3.1.2-2). Die Intensitätsschwankungen werden von beiden Verfahren recht einheitlich erfasst. Während die Gesamtniederschlagsmenge beider Datenreihen gut übereinstimmt, erfolgt eine deutlich „ausgeglichene“ Darstellung der Intensitätsschwankungen durch INCA. Hier wirkt sich die

„Unschärfe“ des Vergleichs von Niederschlägen an einem Punkt mit Flächenniederschlägen (ca. vier Rasterzellen = 4 km²) am stärksten aus. Durch die Kleinräumigkeit der Schauerzellen gab es auch schon auf Entfernungen von wenigen 100 m deutliche Intensitätsschwankungen im Niederschlagsgeschehen. Für Spitzenniederschlagsintensitäten im Zuge konvektiver Ereignisse sind daher für Kleinsteinzugsgebieten (< 1 km²) die von Messstellen ermittelten Intensitätsmaxima zu bevorzugen bzw. werden die mit INCA ermittelten Werte diese tendenziell unterschätzen. Gleichzeitig zeigt sich die stark eingeschränkte Aussagekraft von Punktmessungen für die Fläche. Für größere Einzugsgebiete (> 4 km²) ermöglichen die INCA Daten bessere Angaben zum Gebietsniederschlag. Intensitätsspitzen sehr kurzer Dauerstufen können von INCA aufgrund der maximalen zeitlichen Auflösung von 15 Minuten ebenfalls nicht erfasst werden.

Abbildung 4.3.1.2-2 zeigt die Grenzen der wetterradarbedingten räumlichen Auflösung wie z.B. die innerhalb einer Rasterzelle um ein paar 100 m verschobene Ganglinie (Birkfeld West) auf.

Tabelle 4.3.1.2-1:
Messungen des Hydrographischen Dienstes und Wetterradardaten aus INCA, Vergleich der Gesamtniederschlagssummen vom 20.08. - 21.08.2005

Stationen	Niederschlagssumme (mm)		INCA in % der Messung	INCA* korr. (mm)
	Messung	INCA		
Birkfeld	124	95	77	116
Breitenau/Mixnitz	118	90	76	110
Fladnitzberg	169	160	95	196
Hohenau/Raab	191	150	79	183
Schanz	107	85	79	104
Teichalm	(92)	95	(103)	116
Privat westl. Haslau	(210)	165	(79)	202
Mittel	142	116	82	

INCA* korr... die Werte der INCA - Analyse lieferten durchschnittlich nur 82 % der Messung, INCA* korr. stellt nun die auf 100 % korrigierten Werte dar.

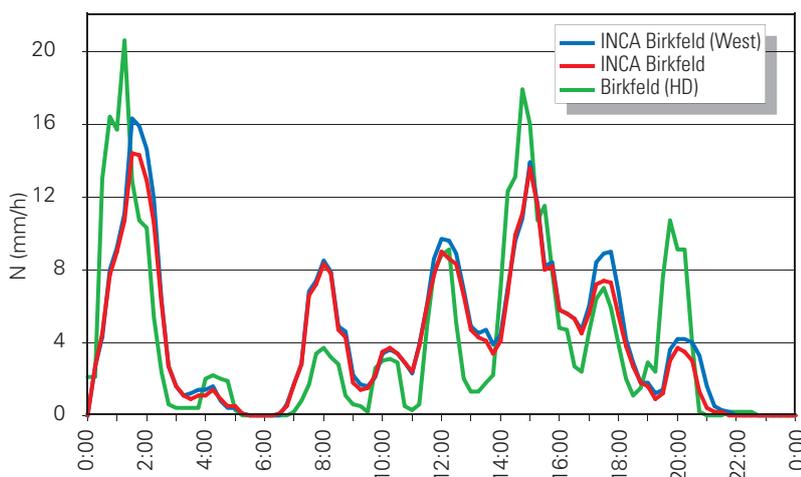


Abbildung 4.3.1.2-2:
Vergleich der Messdaten der Hydrologischen Landesmessstelle Birkfeld (HD) mit den von INCA errechneten Niederschlagswerten für diesen Punkt.

4.4 Standort, Vorniederschlag und Bodenfeuchte

Die Verteilung der Niederschlagsmengen vor dem eigentlichen Schadensereignis wurde bereits im Kapitel 3.4.1.3. ausführlich dargestellt. Die primär für den Oberflächenabfluss entwickelte Klassifizierung der DVWK (1984), bei der der Niederschlag der fünf vorangegangenen Tage als relevant angesehen wird, scheint für Massenbewegungen ungeeignet. In Abhängigkeit des Wasserspeichervermögens der Lockermaterialauflage sind besonders bei hohen Schluff- bzw. Tongehalten wesentlich längere Zeiträume zu beachten.

Da im Gebiet große Vorniederschlagsmengen vor allem im Juli aufgetreten sind, stellt sich die Frage, welcher Teil dieser Niederschläge noch in den Böden gespeichert war, bzw. in wie weit der Boden zum Zeitpunkt des Schadensereignisses wieder aufnahmefähig war.

Bodenfeuchtemessungen aus einem BFW-Untersuchungsgebiet in der Oststeiermark bei Fürstenfeld sollen hier beispielhaft zeigen, dass es geraume Zeit dauern kann, bis bei einem sehr bindigen Boden (Pseudogley) ein größerer Teil des verfügbaren Wasserspeichervolumens wieder frei zur Aufnahme neuer Niederschläge ist.

Im Frühjahr 2004 war die Witterung außergewöhnlich feucht, wodurch die Winterfeuchte des Bodens der Versuchsfläche bis in den Sommer hinein

trotz des Transpirationsbedarfs eines Mischbestandes mit Pionierbaumarten wie Birke und Aspe sowie Fichten erhalten blieb (Abbildung 4.4-1).

Die Niederschläge (mehrere Tageswerte um 30 mm) reichten aus, den Verbrauch des Waldbestandes bei den für Juni normalen Temperaturverhältnissen wettzumachen.

Erst Anfang Juli begann der Boden auszutrocknen. Der Wasserverbrauch des Bestandes bewirkte innerhalb von zwei Wochen praktisch ohne Niederschlag eine Austrocknung des Bodens in 15 cm um etwa 15 Vol%, in 30 cm um etwa 8 Vol% und in 50 cm Tiefe etwa 5 Vol% (Abbildung 4.4-2). Diese Werte stellen nicht einmal die Hälfte des potenziell verfügbaren Wassers in den jeweiligen Bodenschichten dar, obwohl der Juli in dem betroffenen Gebiet um 0,5 bis 1,5 Grad Celsius wärmer als normal und der Niederschlag eher unterdurchschnittlich war (Monatsübersichten der Abteilung Klima, ZAMG).

Über die beiden Monate Juli und August 2004 nahm die Bodenfeuchte etwas mehr als 30 Vol% in 15 cm, knapp 20 Vol% in 30 cm und etwas mehr als 10 Vol% in 50 cm Tiefe ab.

Stellt man nun die Niederschläge des Untersuchungsgebietes Gasen (z.B. der Station Hohenau an der Raab - Abbildung 3.4-3) des Sommers 2005 den Niederschlagsmengen von Fürstenfeld im Sommer 2004 gegenüber, so kann man davon ausgehen, dass es bei ähnlich bindigen Bodenverhält-

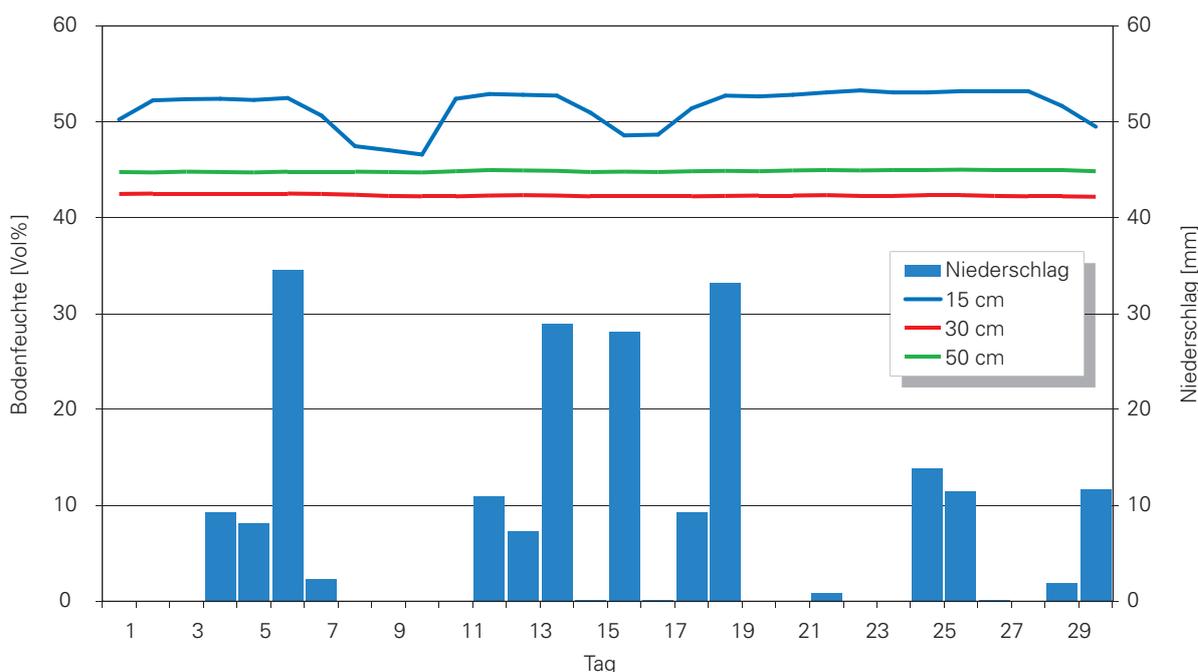


Abbildung 4.4-1:

Bodenfeuchte in drei Tiefen (15 cm, 30 cm, 50 cm) und Niederschlag an der Versuchsfläche im Commendewald bei Fürstenfeld im Juni 2004.

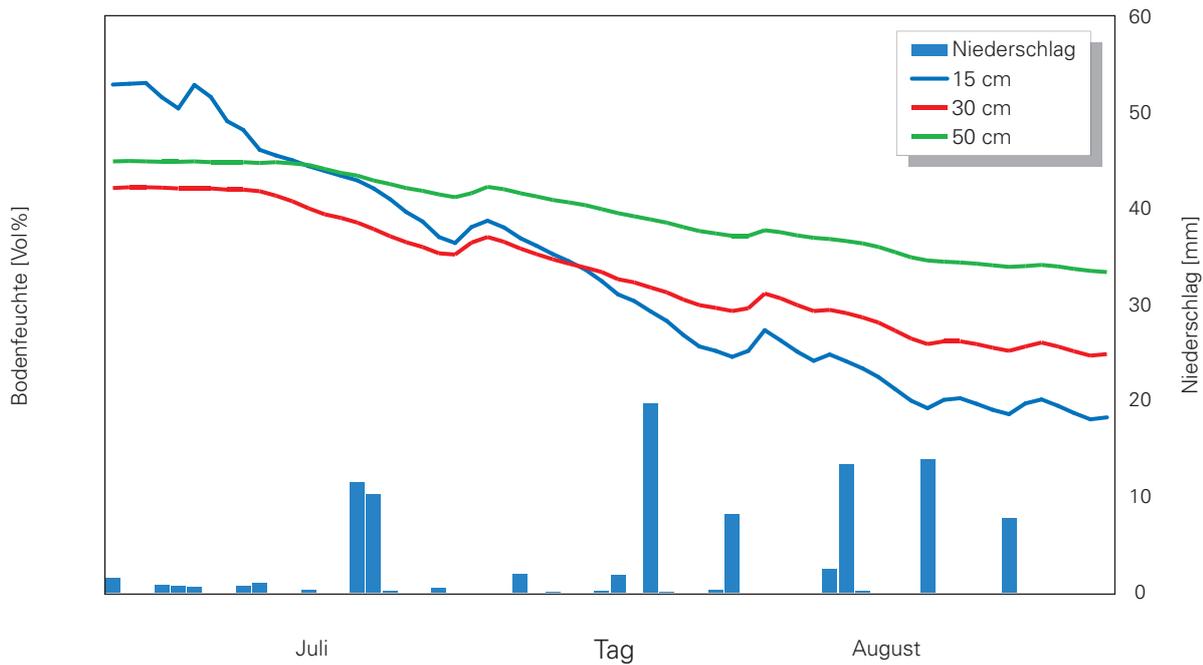


Abbildung 4.4-2: Bodenfeuchte in drei Tiefen (15 cm, 30 cm, 50 cm) und Niederschlag an der Versuchsfläche im Commendewald bei Fürstenfeld im Juli und August 2004.

nissen im Untersuchungsgebiet nur geringe Austrocknungen gegeben hat. Durch die hohen Niederschlagsmengen im Juli und einem Starkniederschlag mit mehr als 65 mm gegen Ende des

Monats war der Boden stark durchfeuchtet. Nach einer leichten Austrocknung des Bodens in den ersten beiden Augustwochen hat der ergiebige Niederschlag vom 14. August vermutlich ausgereicht,

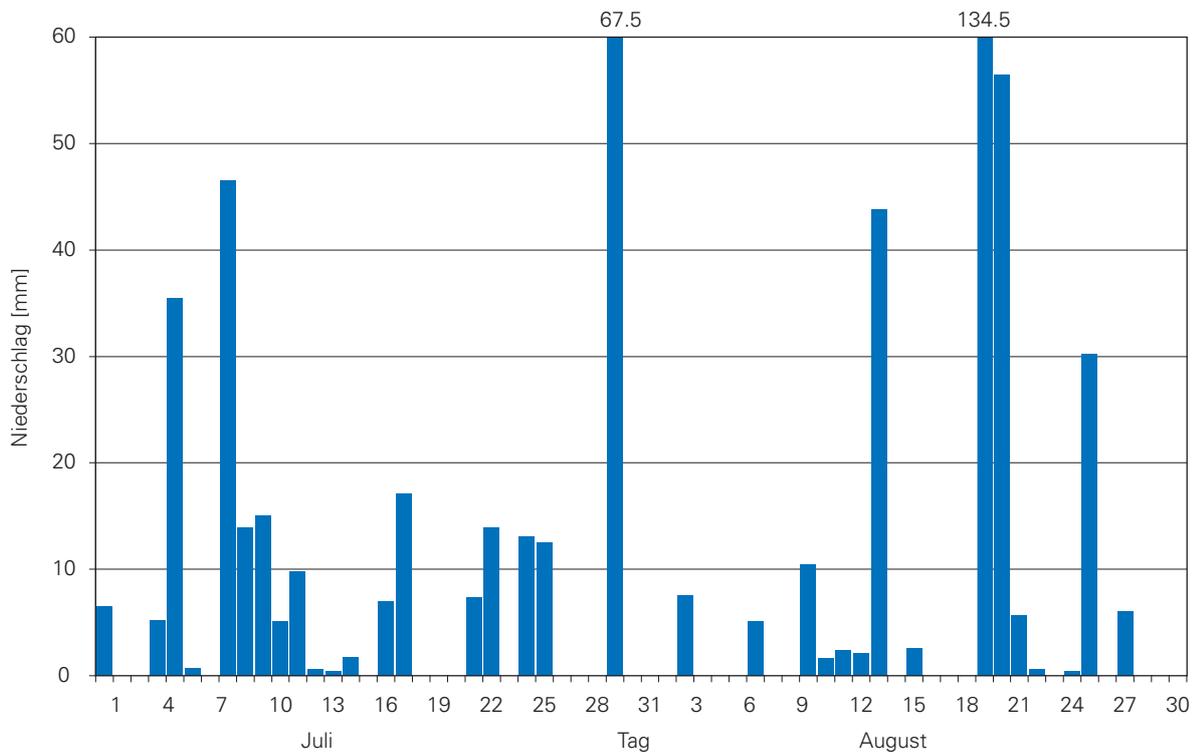


Abbildung 4.4-3: Niederschlag an der Station Hohenau an der Raab (Juli und August 2005).

um die Bodenfeuchte wieder auf ein ähnlich hohes Niveau wie zu Monatsbeginn anzuheben. In den fünf weitgehend niederschlagsfreien Tagen vor dem Ereignis konnte nur bei sehr durchlässigen Böden und in oberflächennahen Bereichen ein nennenswertes Speichervolumen freigesetzt werden. Demgegenüber war die Aufnahmefähigkeit vor allem der tiefgründigen und zum Teil bindigen Böden im Grabenbereich (z.B. Bodenform 29) zum Zeitpunkt des Auftretens der Ereignisniederschläge höchstwahrscheinlich gering. Die Daten der Messstationen legen die Annahme nahe, dass die Niederschläge im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes am 14. August deutlich ergiebiger waren als im östlichen. Das erklärt, warum es trotz geringerer Ereignisniederschlagsmengen im Bereich Gasen ebenfalls zu massiven Rutschungen kam. Die Bodenfeuchte war in diesem Bereich zu Ereignisbeginn höher.

4.5 Schlussfolgerungen aus den geologischen Untersuchungen

Da die Ergebnisse auf einer Momentaufnahme der geologischen Verhältnisse und nicht auf Daten eines langfristigen, systematischen Monitorings basieren, sind sie mit einer gewissen Unsicherheit behaftet.

4.5.1 Interpretation der Ergebnisse

Phyllitische Glimmerschiefer, Chlorit- und Quarzphyllite besitzen durch den Phyllosilikatanteil eine erhöhte potenzielle Teilbeweglichkeit. Das Trennflächensystem ist durch den stark penetrativen Schieferungseinfall dominiert, wodurch die Wasserwegigkeiten primär durch den Schieferungseinfall bestimmt werden. Die ersten Hinweise der hydrogeologischen Untersuchungen lassen vermuten, dass es sich bei den Quellaustritten der Rutschungen meist um den Austritt von oberflächennahen „Sekundärquellen“ handelt. Dieser oberflächennahe Charakter wird durch eine Reihe von ersten Messungen, unter anderem auch für die Gemeindequellen von Gasen und Haslau, bestätigt. Tief liegende Grundwasserleiter der kompakteren Paragneise werden durch das Kluftsystem bestimmt.

Auf der Basis der zum Teil mächtigen Lockermaterialauflagen wird sich der potenzielle Aquifer hauptsächlich auf das Lockermaterial konzentrieren, da das Festgestein durch die erhöhte Teilbeweglichkeit eine geringere Durchlässigkeit aufweist.

4.5.2 Auslösemechanismen

Eine Quantifizierung der Vorbefeuchtung, die über jene in Kapitel 4.4 hinausreicht, ist ohne genauere Untersuchung bodenphysikalischer Parameter nicht möglich. Die ausgeprägte Durchfeuchtung der Böden und der darunter liegenden mächtigen Lockermaterialauflage, das dadurch aufgenommene zusätzliche Eigengewicht, die Verminderung der Scherfestigkeiten und die erhöhten Porenwasserdrücke haben zum „Ausfließen“ der Böden geführt. Bevorzugt traten Hangbewegungen an Vernässungszonen, Quellhorizonten oder auch an Orten anthropogener Eingriffe auf. Die Aufschlüsse GR_02, GR_07, GR_09 verdeutlichen den anthropogenen Aspekt. Bestehende natürliche Inhomogenitäten in den Hängen haben als primär angelegte Schwächezone ebenfalls zur Auslösung der Massenbewegungen beigetragen.

4.5.3 Präventive Maßnahmen

Der Erfolg präventiver Maßnahmen hängt von der genauen Kenntnis der im Untersuchungsgebiet vorhandenen naturräumlichen Prozesse ab. Dafür ist eine Reihe von Untersuchungen notwendig, die nachstehend angeführt und beschrieben werden. Eine Kombination dieser Untersuchungen würde die Gefahrenzonenplanung wesentlich unterstützen und durch eine fundierte Einschätzung des Gefahrenpotenzials Grundlagen für eine zielorientierte Durchführung mittel- bis langfristiger Maßnahmen schaffen.

Geomorphologische Kartierung

Die Aufnahme und Bestimmung der hydrologischen und hydrogeologischen Faktoren muss ein zentrales Thema bei der geomorphologischen Kartierung sein. Zusätzlich müssen relikte/subrezente Parameter erkannt und erfasst werden, da sie auf vorhandene Inhomogenitäten im Hang hinweisen und primär angelegte Schwächezone anzeigen. Exemplarisch kann die Rotationsrutschung GR_06 (Abbildung 4.5.3-1) angeführt werden, da im oberen Bereich dieser Rutschung ein kesselförmiger Einbruch („Anbruch aus Rotationsrutschung“) eine primär angelegte Schwächezone anzeigt.

In der Praxis hat sich für die Verwendung der geomorphologischen Kartierung die Systematik der WLW nach Scheikl (1997) bewährt. Darin wird, neben den wichtigsten Abtrags- und Akkumulationsformen, der Hydrologie und Hydrogeologie, auch nach den Aktivitäten der Prozesse in „aktiv/rezent“ bis „inaktiv/subrezent“ unterschieden. Für den Bereich Gasen und Haslau wird ein Kartierungsmaßstab 1:5.000 und für hydrogeologisch



Abbildung 4.5.3-1:
Relikter Anbruch aus Rotationsrutschung - Vernässungszone im eingesackten Bereich (Aufschlussnummer GR_06).

sensible Bereiche, eine Detailaufnahme von 1:2.500 vorgeschlagen.

Strukturgeologische Aufnahme

Die strukturelle Aufnahme soll sich auf ausgewählte Bereiche und Lithologien beschränken. Die im Kapitel 3.6.5. ermittelte Zusammensetzung des Kluftsystems sollte ausführlicher untersucht werden, um die nachstehenden Parameter angeben zu können.

Anzugebende Parameter:

- Mittlerer Trennflächenabstand (Kluftziffer k , TA 1 - TA 6)
- Mittlere Kluftkörpergröße (KG 1 - KG 5)
- Mittlerer linearer Auflockerungsgrad (AG 1 - AG 4)
- Beurteilung der Gebirgsfazies (sehr gut - schlecht)

Durch den gezielten Einsatz der strukturellen Aufnahmen, in Kombination mit den hydrogeologischen Methoden, ist die Bestimmung des Gebiets-

wasserhaushalts und der Wasserwegigkeiten möglich.

Hydrogeologisches Monitoring

Zur quantitativen Erfassung des Tiefganges und der Verweildauer des Wassers im Untergrund wird ein Monitoringprogramm über den Zeitraum von mindestens 13 Monaten vorgeschlagen. Diesem Programm sollten ausgewählte Quellbezirke unterliegen, die sich aus der ersten hydrogeologischen Übersichtskartierung (Abbildung 3.6.6-1) ableiten bzw. aufbauen lassen. Zur Erfassung der mittleren Einzugsgebiete sollten die Quellen auf der Basis der Isotopenhdrochemie ($\delta^{18}\text{O}$ -Isotopen) und Wasserchemie untersucht werden. Für diese mittelfristige Untersuchungsreihe wären neben den Gemeindequellen von Gasen und Haslau noch jene Quellen aufzunehmen, die auf Grund der geomorphologischen Kartierung als am aussagekräftigsten eingestuft wurden.

Der Zugang zu hydrologischen Niederschlagsdaten sowie die Errichtung von Abflusspegeln sind aus hydrologischer Sicht notwendig. Die genaue Lage der Pegel wird auch auf der Basis der geomorphologischen Aufnahme zu definieren sein. Dabei ist neben dem Hauptgerinne auch den Teileinzugsgebieten Aufmerksamkeit zu widmen.

Lockermaterial

Aufgrund der Annahme, dass sich die Wasserwegigkeiten vorwiegend auf oberflächennahe Bereiche beschränken, kommt der Untersuchung der Lockermaterialauflage und deren Bestandteile große Bedeutung zu. Eine Gesamtmineralanalyse (aktive versus inaktive Minerale), die Kornverteilung und der Gehalt an Wasser im Lockermaterial, sollten entsprechende Rückschlüsse auf den Durchlässigkeitsbeiwert erlauben.

Im Zentrum der Untersuchung sollte die Erfassung aktiver Phyllosilikate und quellfähiger Tonminerale stehen. Diese können mittels Röntgendiffraktometrie bzw. Tonmineralogie ermittelt werden. Leichte Rammsondierungen zeigen Dichteänderungen und mögliche Scherhorizonte im Lockermaterialaufbau an und sollten gezielt, auf der Basis der geomorphologischen Kartierung, durchgeführt werden.

4.6 Parametervergleich mit anderen Untersuchungen

Es gibt nur wenige Gebiete, in denen viele Rutschungsvorgänge auf engem Raum genauer dokumentiert und näher untersucht wurden. Ein solches Beispiel sind die Untersuchungen der Rutschungsprozesse vom Mai 1999 im Laternsertal (Vorarlberg, Andrecs et al. 2002). Die Ausprägung der dabei erhobenen Rutschungsparameter unterscheiden sich jedoch teilweise deutlich von jenen in Gasen:

Vegetation

Die Rutschungen in Laterns fanden zum überwiegenden Teil (ca. 70 %) auf Wald- bzw. Waldrandstandorten statt, in Gasen und Haslau war dies nur bei 32 % der Rutschungen der Fall.

Geologie - Boden

Das Gemeindegebiet von Laterns ist durchschnittlich wesentlich steiler als jenes im Raum Gasen und Haslau. Viele der Rutschungen in Gasen betrafen in

erster Linie die obersten Bodenschichten. Bodenkundliche bzw. -mechanische Parameter sind daher in Gasen für die Beurteilung der Rutschungsanfälligkeit in einem sehr hohen Maße mit entscheidend. Die tiefgründigen Gehänge- und Murenschuttkörper in Laterns stellten im Hinblick auf die Rutschungsführung hingegen ein geologisches Problem dar.

Auslöseursachen

Aufgrund der sehr dichten Böden war in Gasen der enorme Porenwasserdruck oftmals für Hangexplosionen (Tabelle 3.3.3.1-4) und damit für die Auslösung von Rutschungsvorgängen verantwortlich. In den wesentlich lockeren Gehänge und Murenschuttkörpern von Laterns kamen Hangexplosionen nur vereinzelt vor.

Anthropogener Einfluss

In Gasen wurden bei ca. 2/3 aller Massenbewegungen anthropogene Einflüsse (insbesondere der Wegebau, Kapitel 3.3.3.2.) als mit auslösende Ursache eingestuft. In Laterns war dies trotz einer sehr hohen Wegaufschließung nur in 9 % der Rutschungen der Fall. Dies kann auch auf eine in Laterns wesentlich besser der Natur angepasste, sorgfältigere Erschließung zurückgeführt werden.

Kubatur und Volumen

Die Ausprägungsform der Rutschungen in Laterns war tiefgründiger als jene in Gasen. Pro m² Rutschungsfläche wurden in Laterns 1,2 m³ Material mobilisiert, in Gasen 0,8 m³. Tiefgründige Rotationsrutschungen - der in Laterns weitaus häufigste Rutschungstyp - hatten in Gasen einen wesentlich geringeren Anteil.

Stumme Zeugen

Während sich in Laterns im Gelände viele eindeutige Hinweise auf frühere Rutschungsvorgänge fanden, war dies in Gasen oft nicht der Fall. Grund waren die in Gasen in der Vergangenheit nach Rutschungsvorgängen auf Acker- und Weideflächen rasch durchgeführte Sanierungsarbeiten.

Schäden

Im Gegensatz zu Laterns war in Gasen der unmittelbare Siedlungsbereich durch Rutschungen wesentlich stärker betroffen. In Gasen waren zwei Todesopfer zu beklagen und zahlreiche Häuser wurden evakuiert. Der Gesamtschaden liegt deutlich über jenem in Laterns.

5. Zusammenfassung

Die Katastrophenereignisse des Jahres 2005, welche ihren Ursprung in den umfangreichen Niederschlägen eines Genua-Tiefs hatten, führten in weiten Teilen Österreichs zu Millionenschäden. Das BFW wurde unmittelbar nach Eintreten dieser Ereignisse vom Lebensministerium (BMLFUW) beauftragt, eine umfassende Dokumentation der Schadensereignisse in den Bundesländern Steiermark und Vorarlberg vorzunehmen.

Ein österreichweiter Überblick über die Katastrophenereignisse im August 2005 wurde in einem Bericht, an welchem das BFW maßgeblich mitwirkte, bereits vom BMLFUW veröffentlicht (Hochwasser 2005 - Ereignisdokumentation, BMLFUW 2006). Der vorliegende Bericht widmet sich daher verstärkt der Darstellung von Detailergebnissen und -analysen. Darüber hinaus werden aber auch Erfahrungen im Praxiseinsatz der Schadensdokumentation als Ansatzpunkte für zukünftige Erhebungsarbeiten angeführt.

Aufgrund der Erfahrungen im Bereich der Katastrophendokumentation und -analyse nahm das Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen die Erhebungstätigkeit unverzüglich nach der Beauftragung auf. Diese Arbeiten erwiesen sich aufgrund der Vielzahl der Schadensereignisse - allein im nur ca. 60 km² großen Einsatzgebiet der Steiermark wurden 250 Einzelrutschungen sowie 28 Schadensfälle durch Hochwasser aufgenommen - als sehr personalintensiv. Die Erhebungsmethodik der Schadensdokumentation nach dem „5W-Standard“ war für alle Beteiligten neu, die Dokumentationsarbeiten im Jahr 2005 somit ein erster, groß angelegter Praxistest dieser Methodik. Der „5W-Standard“ wurde für die Aufnahme von Einzelereignissen im Rahmen des Ereignismeldungsportals des digitalen Wildbach- und Lawinenkatasters von der Stabstelle Geoinformation des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung konzipiert. Sowohl der „5W-Standard“ als auch das Ereignismeldungsportal (mit der dahinter stehenden webbasierten Datenbank) weisen ein hohes Entwicklungsniveau auf, Ihr Einsatz bei der Schadensdokumentation 2005 kann insgesamt als sehr gelungen bezeichnet werden.

Fragen, die sich im Rahmen des Praxiseinsatzes ergaben, können zwei Kategorien zugeordnet werden: Fragen zum Thema Benutzerfreundlichkeit der Dateneingabe sowie zu den Anwendergruppen.

Im Rahmen der Erhebungsarbeiten führte die enge Zusammenarbeit des BFW mit der Stabstelle Geoinformation der WLW dazu, dass die Benutzerfreundlichkeit bereits während der laufenden Aufnahmetätigkeit mit den Programmentwicklern diskutiert wurde und Verbesserungen zum Teil gleich umgesetzt werden konnten. Bezüglich der Anwendergruppen der Dokumentationsdaten traten Fragestellungen erst im Zuge der Auswertungsarbeiten auf. Ansprüche an die Analyseergebnisse und spezielle Auswertungswünsche der Praxis zeigten, dass unbedingt schon bei der Datenerhebung ein klares Bild von den zu erzielenden Ergebnissen vorhanden sein muss. Dies betrifft insbesondere die Bereiche Auslöseursachen und Schadensprävention, bei denen der „5W-Standard“ einer zusätzlichen hierarchisch erweiterten Ebene bedarf. In dem vorliegenden Bericht werden eine Reihe zusätzlicher Parameter vorgeschlagen, die ohne großen Mehraufwand eine deutliche Steigerung der Aussagekraft der Dokumentationsdaten bewirken können. Schon vor Beginn der Erhebungsarbeiten sind klare Begriffsdefinitionen der zu erhebenden Parameter vorzusehen, damit gleiche Prozessmerkmale auch von verschiedenen Benutzergruppen einheitlich angesprochen werden. Die Aussagekraft von Analysen ist von der Qualität der Input-Daten abhängig. Daher sollten möglichst viele Ereignisparameter nach einem standardisierten Schlüssel abgefragt werden. Schulungen nach einheitlichen Richtlinien und die Veröffentlichung von Handbüchern sind daher erforderlich.

Die Außenaufnahmen nach dem „5W-Standard“ sowie alle zusätzlichen Detailerhebungen wurden im November 2005 abgeschlossen. Darüber hinausgehende Detailerhebungen waren für die Beurteilung von Auslöseursachen und ein verbessertes Prozessverständnis notwendig und können erste Grundlagen für die Planung von Präventivmaßnahmen in den betroffenen Gebieten liefern. In Rahmen dieser Detailerhebungen des BFW wurden auch Untersuchungen eines vom BFW für die Dokumentation angestellten Geologen durchgeführt. Daten des Hydrographischen Zentralbüros Österreichs bzw. der Hydrographischen Landesdienste und der ZAMG sind mit eingebunden, ebenso standortkundliche Daten aus einem in der Steiermark gelegenen Beobachtungsgebiet des BFW, sowie Informationen der WLW.

Ein Kapitel der vorliegenden Publikation beschäftigt sich ausführlich mit der Darstellung der durch die Schadensereignisse im August verursachten Schäden. Dabei zeigte sich das enorme finanzielle Schadens-

ausmaß: so mussten in der Gemeinde Gasen allein zur Wiederherstellung des Gemeinde- und Forstwegnetzes 7 Millionen Euro aufgewendet werden, ferner wurden 22 Wohngebäude zum Teil massiv geschädigt. Darüber hinaus waren bei der Zerstörung eines Wohngebäudes durch eine Hangmure auch zwei Todesopfer zu beklagen.

Anthropogene Einflüsse wie z.B. Straßenbau und Bewirtschaftung der Gebiete stellten einen der wichtigsten Faktoren für das entstandene Ausmaß an Schäden dar und werden in dieser Arbeit detailliert untersucht und analysiert.

Auf der Basis dieses zusätzlichen Datenmaterials und mit Hilfe eines neuen Anwendungsmodells der ZAMG, dem sog. INCA (Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis), konnte der zeitliche Verlauf der Niederschläge und deren räumliche Verteilung exakter nachvollzogen werden. Diese Ergebnisse wurden mit morphologischen, geologischen, boden- und standortkundlichen Parametern verglichen. Hierfür wurde die vom BFW erstellte landwirtschaftliche Bodenkartierung herangezogen. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen wurden dabei nach bodenkundlichen Kriterien in Form von Bodenkarten dargestellt. Diese weisen verschiedene Bodenformen aus, die innerhalb ihrer Grenzen den gleichen Bodentyp und einen weitgehend gleichen Standortscharakter aufweisen.

In der Gefahrenzonenplanung gibt es für die Beurteilung der Gefährdung durch Massenbewegungen kein dem in Gerinnen üblichen Bemessungsereignis vergleichbares Kriterium. Das Zusammenwirken von Vorbefeuchtung, Bodenformen, geologischen Verhältnissen und den hohen Ereignisniederschlägen führte zu einer extremen Schadensdisposition des Gebietes. Das durch die Niederschläge aufgenommene zusätzliche Gewicht, die Verminderung der Scherfestigkeiten und die erhöhten Porenwasserdrücke führten vielerorts zum „Ausfließen“ der Böden bzw. zu „Hangexplosionen“. Hangbewegungen traten häufig an Vernässungszonen und Quellhorizonten auf. Der überwiegende Teil der Rutschungen fand aber an Orten anthropogener Eingriffe (Verkehrswegebau und landwirtschaftlich genutzte Flächen) statt.

Bei der konkreten Anwendbarkeit der Ergebnisse vorliegender Analysen stößt man im Bereich des Prozessverständnisses an die Grenzen. Für die Planung präventiver Maßnahmen müssen daher weitere Grundlagen erarbeitet werden. Für das Einsatzgebiet in der Steiermark wurde als erster Schritt ein Erhebungskatalog vorgeschlagen, der ein verbessertes

Verständnis des im Untersuchungsgebiet vorhandenen naturräumlichen Systems ermöglichen soll.

Die „Friedenszeiten“ müssen genutzt werden, um für Krisenzeiten gewappnet zu sein. Stumme Zeugen von Katastropheneignissen, die wichtige Schlüsse für künftige Maßnahmen erlauben, sind oft kurzlebig. Aufräumungsarbeiten - im Sinne einer schnellen Revitalisierung betroffener Regionen - beseitigen diese Spuren rasch. Durch entsprechende Vorbereitung und Schaffung einer geeigneten Organisationsstruktur können wertvolle Daten rechtzeitig erhoben und als Basis für wissenschaftliche Auswertungen gesichert werden. Erkenntnisse dieser Auswertungen sollen dann der Praxis im Rahmen ihrer Aufgabe der Schadensprävention zu Gute kommen.

6. Literaturverzeichnis

- Andreacs, P., Markart, G., Lang, E., Hagen, K., Kohl, B. und Bauer, W. (2002): Untersuchung der Rutschungsprozesse vom Mai 1999 im Laternsertal (Vorarlberg), Beiträge zur Wildbachforschung. BFW Berichte 127.
- BFW (2005): digitale Bodenkarte Österreichs.
- BMLFUW (2006): Hochwasser 2006 - Ereignisdokumentation, Teilbericht der Wildbach- und Lawinenverbauung.
- Borga, M., Anagnostou, E. und Frank, E. (2000): On the use of real-time radar rainfall estimates for flood prediction in mountainous basins. *J. Geophys. Res.*, 105.
- Bunza, G. (1982): Systematik und Analyse alpiner Massenbewegungen. Geologisch-morphologische Grundlagen der Wildbachkunde, Schriftreihe des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 17, München.
- DVWK (1984), Heft 113.
- Flügel, H.W. und Neubauer, F. (1984): Steiermark - Erläuterungen zur Geologischen Karte der Steiermark. Geologische Bundesanstalt Wien.
- Flügel, H. W. (1960): Geologische Wanderkarte des Grazer Berglandes 1:100.000. Geologische Bundesanstalt Wien.
- Flügel, H. W. et al. (1990): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000. Geologische Bundesanstalt Wien.
- Hagen, K., Ganahl, E. und Hübl, J. (2007): Analyse und Evaluierung von gebräuchlichen empirischen Ansätzen zur Hochwasserabschätzung in Wildbächen. BFW-Berichte 137, 2007, Wien.
- Haiden, T., Kann, A., Stadlbacher, K., Steinheiner, M. und Wittmann, G. (2006): Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis (INCA). System overview. ZAMG Report 40p.
- Hoek, E., Marinos, P. und Benissi, M. (1998): Applicability of the geological strength index (GSI) classification for very poor and sheared rock masses. The case of the Athens

- schist formation. Bull. Eng. Geol. Environ. 57.
- Hydrographischer Dienst in Österreich: Hydrographische Jahrbücher 1951-1990. BMLFUW, Wien.
- Hydrographischer Landesdienst Steiermark (2005): Niederschlagsmesswerte der Stationen in der Steiermark.
- International Panel on Climate Change (IPCC 2001): Summary for Policymakers. http://www.meto.gov.uk/sec5/CR_div/ipcc.
- Kociu A. und Tilch N. (2005): Der Katastrophenmonat August 2005 - Bestandsaufnahme und erste Bewertung der Massenbewegungen im Bezirk Weiz (Oststeiermark)“ 7. Geoforum Umhausen. Geologische Bundesanstalt Wien.
- Kuntze, H., Roeschmann, G. und Schwerdtfeger, G. (1994): Bodenkunde, UTB für Wissenschaft.
- Länger, E. (1975): Bericht über die Katastrophenereignisse in Kärnten. Wildbach und Lawinenverbau, 39. Jahrgang, Heft 1.
- IFRZ (2005): Orthophoto Bereich Gasen und Haslau, Land-, forst- und wasserwirtschaftliches Rechenzentrum GmbH, Wien
- Maddox, R. A., L. R. Hoxit, C. F. Chappell, and F. Caracena, 1978: Comparison of meteorological aspects of the Big Thompson and Rapid City flash floods. Mon. Wea. Rev., 106, 375-389.
- Neubauer, F. (1981): Bericht 1980 über Aufnahmen auf Blatt 164 Graz. Geologische Bundesanstalt Wien.
- Neubauer, F., Müller, W. Peindl, P. Moyschewitz, G. Wallbrecher, E. und Thöni, M. 1992. Evolution of Lower Austroalpine units along the eastern margin of the Alps: A review. ALCAPA field guide.
- Nobilis, F. und Weiguni, V. (2003): Extreme beobachtete Tagesniederschläge. Hydrologischer Atlas Österreichs. BMLFUW. Österreichischer Kunst- und Kulturverlag.
- ÖNORM B 2205 (1990): Erdarbeiten - Werkvertragsnormen.
- ÖNORM B 4401 (1985): Teil 3: Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben.
- Reiter, F. und Acs, P. (2002): Windows™-Software for Structural Geology - Version 1.6.2.
- Ribitsch, R. (2006): Mündliche Auskunft. WLW-Gebietsbauleitung Ost- und Weststeiermark.
- Scheikl, M. (1997): Innovative ingenieurgeologische Methoden im alpinechnologischen Sektor. - Unveröffentl. Bericht, Büro ILF. Innsbruck..
- Skoda, G. und Lorenz, P. (2003): Konvektive Starkniederschläge. Hydrologischer Atlas Österreichs. BMLFUW. Österreichischer Kunst- und Kulturverlag.
- WLW (1997): Gefahrenzonenplan Gasen.
- WLW (2004): Gefahrenzonenplan Haslau bei Birkfeld.
- www.wetterzentrale.de (2006): Relative Luftfeuchte, Geopotentiale und Bodendruckkarte - Steiermark, 21.08.2005.
- ZAMG, Abteilung Klima (2005): Monatsübersicht August 2005.
- Verfasser: Peter Andrecs
 Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum
 für Wald, Naturgefahren und Landschaft
 Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen
 Abteilung Wildbach und Erosion
 Hauptstraße 7
 A-1140 Wien
 E-Mail: peter.andreacs@bfw.gv.at
- Karl Hagen
 Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum
 für Wald, Naturgefahren und Landschaft
 Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen
 Abteilung Wildbach und Erosion
 Hauptstraße 7
 A-1140 Wien
 E-Mail: karl.hagen@bfw.gv.at
- Erich Lang
 Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum
 für Wald, Naturgefahren und Landschaft
 Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen
 Abteilung Wildbach und Erosion
 Hauptstraße 7
 A-1140 Wien
 E-Mail: erich.lang@bfw.gv.at
- Ulrike Stary
 Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum
 für Wald, Naturgefahren und Landschaft
 Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen
 Abteilung Wildbach und Erosion
 Hauptstraße 7
 A-1140 Wien
 E-Mail: ulrike.stary@bfw.gv.at
- Karl Gartner
 Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum
 für Wald, Naturgefahren und Landschaft
 Institut für Waldökologie und Boden
 Seckendorff-Gudent-Weg 8
 A-1131 Wien
 E-Mail: karl.gartner@bfw.gv.at
- Edwin Herzberger
 Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum
 für Wald, Naturgefahren und Landschaft
 Institut für Waldökologie und Boden
 Seckendorff-Gudent-Weg 8
 A-1131 Wien
 E-Mail: edwin.herzberger@bfw.gv.at
- Florian Riedel
 Höhenweg 56
 A-6150 Steinach
- T. Haiden
 Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
 Hohe Warte 38
 A-1190 Wien