

Geologische und geotechnische Kartierung des südlichen Walgaus und GIS - Analyse der Gefährdung durch Wildbäche

Diplomarbeit

cand.geol. Eike - Marie Nolte

mit

92 Abbildungen

13 Tabellen

2 Karten

Institut für Angewandte Geologie (AGK)

Universität Karlsruhe (TH)

Karlsruhe, März 2007

Erklärung

Ich versichere hiermit, die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel verfasst zu haben.

Karlsruhe, den

(Eike - Marie Nolte)

Arbeitsgrundlagen

- Topographische Karte Vorarlberg, ÖK 25, Maßstab 1 : 25 000, Bundesanstalt für Eich- und Vermessungswesen
- Geologisch-tektonische Übersichtskarte Vorarlberg, Maßstab 1 : 200 000, Geol.B.-A. und Vorarlberger Landesmuseumsverein, OBERHAUSER (1998)
- Geologische Karte des Walgaus, Maßstab 1 : 50 000, Geol.B.-A. und Vorarlberger Landesregierung, OBERHAUSER ET AL. (1953 - 1964)
- Digitales Höhenmodell (DHM), Bundesanstalt für Eich- und Vermessungswesen
- Corine Landcover, Bundesumweltamt in Wien
- Orthophotos, Bundesanstalt für Eich- und Vermessungswesen
- Klimadaten, Landeswasserbauamt Vorarlberg
- ArcInfo/ArcGis 9.1, Firma ESRI
- Latex (MikTex 2.5)

Anlagen zur Diplomarbeit

- Geologische Karte Blatt Walgau-Süd, Maßstab 1 : 15 000
- Gefährdungskarte Wildbäche Blatt Walgau, Maßstab 1 : 25 000

Danksagung

Diese Diplomarbeit entstand am Lehrstuhl für Angewandte Geologie (AGK) der Universität Karlsruhe (TH) unter Leitung von Prof. Dr. Dr. Kurt Czurda, dem ich für die Vergabe dieser Arbeit herzlich danken möchte.

Besonderer Dank gilt auch meinem Betreuer Dr. Michael Ruff, der trotz seiner beruflichen Verpflichtungen in der Schweiz, immer Zeit für die Beantwortung zahlreicher Fragen fand. Weiter möchte ich ihm für hilfreiche Ratschläge und Anregungen, die GIS-Analysen und die schriftliche Ausarbeitung betreffend, danken.

Ebenso möchte ich Dipl. Geologin Maike Woernle danken, die mir bei der Arbeit mit GIS und LaTeX eine große Hilfe war und endlose Geduld zeigte.

Für die schöne Zeit im Gelände möchte ich mich herzlich bei Simone Patula und Jens Hartwein bedanken. Ganz besonderer Dank gilt auch der Familie Obwegeser für die freundliche Beherberung in Bludenz.

Für die freundliche Bereitstellung aktuellen Bildermaterials danke ich dem Gemeindeamt Nenzing.

Dem Landeswasserbauamt Vorarlberg danke ich für die Bereitstellung der Niederschlagsdaten für das Jahr 2005.

Meinen Kommilitonen danke ich für die schöne Zeit während des Studiums. Besonderer Dank gilt Kerstin Petrick, Leila el Gasmi und Sabine Stabenow für ihre Freundschaft und Unterstützung, vor allem im letzten Studiumsabschnitt.

Meinen Freund Marco Blümel danke ich für seine unerschütterliche Solidarität und Unterstützung, auch in technischen Fragen.

Zuletzt möchte ich meinen Eltern, die immer an mich geglaubt haben, für die moralische Unterstützung danken.

Kurzfassung

Im Rahmen des Projektes „Georisikokarte Vorarlberg“ wurde ein ca. 40 km² großes Gebiet im südlichen Walgau (Vorarlberg/Österreich) geologisch und geotechnisch kartiert, wobei schwerpunktmäßig aktuelle Massenbewegungen erfasst wurden.

Ziel der Arbeit war es, eine Analyse der Gefährdung durch Wildbäche durchzuführen und die Ergebnisse in einer Gefährdungskarte darzustellen. Die Analyse des Datenmaterials wurde mit einem Geographischen Informationssystem (GIS) durchgeführt und setzt sich aus drei Teilmodellen zusammen: Dispositionsmodell, Trajektorienmodell und Gefährdungsmodell. Zur leichteren Handhabung und zur Erhöhung der Flexibilität wurden die Modelle als Programme mit der Programmiersprache AML (Arc Macro Language) entwickelt. Alle Daten wurden als Raster mit einer Zellengröße von 10 Metern verarbeitet.

Im ersten Schritt wurde ein Dispositionsmodell zur Erfassung des Wasser- und des Geschiebedargebotes erstellt. In die Modellierung wurden Daten aus den Bereichen Geologie, Morphologie, Klima und Infrastruktur einbezogen. Das Geschiebepotential der einzelnen Wildbäche wurde unter Berücksichtigung des Geschiebedargebotes berechnet und anschließend die murgangfähigen Gerinne nach der empirischen Grenzgefälle-Methode ausgewiesen.

Der zweite Schritt beinhaltete die Erstellung eines Trajektorienmodells zur Erfassung potentieller Prozeßwege und Ausbreitungsflächen von Murgängen. Dazu wurde eine Kostenanalyse unter Berücksichtigung von Hangneigung, Gewässerverbau, Vegetation und Gleitreibung durchgeführt. Im letzten Schritt wurde die Gefährdung durch Wildbäche in Form eines Gefährdungsmodells erfasst. Im Gefährdungsmodell wurde die Landnutzung und die Infrastruktur berücksichtigt. Abschließend wurde eine Gefährdungskarte erstellt, die einen Einblick in die lokale Gefährdung durch Wildbäche ermöglicht.

Stichworte: Georisikokarte Vorarlberg, Walgau, Wildbäche, Murgänge, GIS, Dispositionsmodell, geschieberelevante Flächen, Geschiebepotential, Trajektorienmodell, Gefährdungskarte

Abstract

This diploma thesis came into being within the project “Georisikokarte Vorarlberg”. The field work comprised the geological and geotechnical mapping of an area measuring approximately 40 km² in southern Walgau (Vorarlberg/Austria), focussing on current mass movements.

The aim of this study was to analyse the hazard due to torrents and to display the results on a hazard map. The analysis of the data was carried out with a Geographic Information System (GIS) and is made up of three models: disposition model, trajectories model and hazard model. For easier application the models were programmed with AML (arc macro language). All data were analyzed as grids with a cell size of 10 meters.

Firstly a disposition model was developed to comprise the availability of water and bed load. Geological, morphological, climatical and infrastructural data were factored into this analysis. The bed load potential of the torrents was calculated with respect to the availability of material. Afterwards the torrents were accounted as capable of debris flow according to the “Grenzgefälle-Methode”.

Secondly a trajectories model was created to assess the paths and spreading areas of potential debris flows. Therefore a cost-grid analysis was made with respect to slope, vegetation and sliding friction. Thirdly the hazard due to torrents and debris flows respectively was assessed in the form of a hazard model. Within this model landuse and infrastructure were considered. Secluding a hazard map was developed to deliver insight into the local hazard due to torrents and debris flows.

Keywords: Georisikokarte Vorarlberg, Walgau, torrents, debris flows, GIS, disposition model, bed load potential, trajectories model, hazard model, hazard map

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	iv
Kurzfassung	v
Abstract	vi
Inhaltsverzeichnis	viii
Abbildungsverzeichnis	ix
Tabellenverzeichnis	x
Literaturverzeichnis	x
A Anhang	xx
A.1 Aufschlußverzeichnis einiger wichtiger Aufschlüsse	xx
A.2 Dispositionsmodell	xxiv
A.2.1 Flächenmäßige Verteilung der Schwemmfächerablagerungen	xxiv
A.3 Auswertung der geschieberelevanten Flächen	xxiv
A.3.1 Gerinnenaher Bereiche	xxiv
A.3.2 Rutschungen	xxiv
A.3.3 Sturzquellen	xxiv
A.4 Auswertung des Geschiebepotentials	xxv
A.5 Analyse der Feststofffracht	xxv
A.5.1 Geschieberelevante Flächen der Flüsse	xxv
A.5.2 Klassifizierte, geschieberelevante Flächen der Flüsse	xxv
A.5.3 Flächen der Ausbreitungsräume	xxvi
A.5.4 Klassifizierte Ausbreitungsräume im nördlichen Walgau	xxvi
A.6 AML	xxvii
A.6.1 Gerinnenaher Bereiche	xxvii

A.6.2	Pufferzone mit variabler Pufferdistanz erstellen	xxvii
A.6.3	Ermittlung der gerinnenahen, bewachsenen Bereiche	xxvii
A.6.4	Ermittlung der gerinnenahen, vegetationsfreien Bereiche	xxix
A.6.5	Rutschungsgefährdete Bereiche	xxxii
A.6.6	Ermittlung der Sturzquellen	xxxii
A.6.7	Modellierung der Prozesswege	xxxvi

Abbildungsverzeichnis

A.1	Aufschlusskarte des Arbeitsgebietes	xxiii
-----	---	-------

Tabellenverzeichnis

Literaturverzeichnis

- AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG (2006): Bericht über die Vorarlberger Land- und Forstwirtschaft (AGRAR-BERICHT).
www.vorarlberg.at/pdf/agrarbericht_20061.pdf **Stand:** 09.01.2007
- AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG (2005): Das Starkregen- und Hochwasserereignis des August 2005 in Vorarlberg.
- ARONOFF, S. (1989): Geographic Information Systems: A Management Perspective. 294 S., WDL Publications; Ottawa
- AUER, M. (1998): Geologie und Tektonik der nördlichen Kalkalpen zwischen Stubenbach und Warth, Vorarlberg (Österreich). 91 S.; unveröff. Diplomarbeit; Univ. Karlsruhe (TH)
- AUER, M. & EISBACHER, G.H. (2003): Deep structure and kinematics of the Northern Calcareous Alps (TRANSALP Profil). - International Journal of Earth Science, 92, S.210-227, Springer
- AUER ET AL. - Amt der Vorarlberger Landesregierung (2001): Klima von Vorarlberg. Eine anwendungsorientierte Klimatographie. Band I und II
- AULITZKY H. (1984): Vorläufige, zweigeteilte Wildbachklassifikation. Wildbach- und Lawinenverbau, 48 Jg., Sonderheft Juni 1984, S. 7 - 69
- AULITZKY H. (1994): The Schesa Gully near Bludent, Vorarlberg. - Mountain Research and Development 14, S.272 - 305
- GI GEOINFORMATIK (GMBH)(2005): ArcGIS 9, das Buch für Einsteiger. 326 S.; Heidelberg (Herbert Wichmann Verlag)
- BARTELME, N. (1989): GIS - Technologie. Geoinformationssysteme, Landinformationssysteme und ihre Grundlagen. 280 S.; Heidelberg, Springer
- BARTELME, N. (2000): Geoinformatik - Modelle, Strukturen, Funktionen. 419 S., 141 Abb.; Berlin-Heidelberg (SpringerVerlag)

- BECHSTÄDT, T. & MOSTLER, H. (1976): Riff-Becken Entwicklung in der Mitteltrias des westlichen nördlichen Kalkalpen. - Z.dt.geol.Ges., 127, S.271-289,6 Abb.; Hannover
- BECHT, M. & WETZEL K.-F. (1994): Abfluß- und Niederschlagsmessung eines Wildbachsystems (Lainbach/Oberbayern). - In: Messungen in fluviatilen Systemen, Feld- und Labormethoden zur Erfassung des Wasser- und Stoffhaushaltes. S. 139 - 157; Springer-Verlag
- BERTLE, H., FURRER, H. & LOACKER, H. (1979): Geologie des Walgaus und des Montafons mit Berücksichtigung der Hydrogeologie (Exkursion G am 20. April 1979). - Jber.Mitt.oberrhein.geol.Ver., 61, S.101 -116; Stuttgart
- BIEHLER, D. (1990): Strukturelle Entwicklung der penninisch-ostalpinen Grenzzone am Beispiel der Arosa-Zone im Ost-Rätikon (Vorarlberg, Österreich). - Eclogae Geol. Helv. 83/2: 221-239; Basel
- BLASCHKE T. & LANG, S. (1999): Einführung in Fernerkundung und digitale Bildverarbeitung. Online-Tutorial. Universität Salzburg www.sbg.ac.at/geo/student/fernerkundung/gisf.htm **Stand:** 13.02.2007
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT- UND WASSERWIRTSCHAFT (2006): Hochwasser 2005. Ereignisdokumentation der Bundeswasserbauverwaltung, des forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung und des hydrographischen Dienstes; Wien
www.vorarlberg.at **Stand** 10.1.2007
- BUNZA, G., KARL, J., MANGLESDORF, J. (1982): Geologisch - morphologische Grundlage des Wildbachkunde, Schriftreihe des Bayr. Landesamt für Wasserwirtschaft, Heft 17
- BUTT, A. (1981): Depositional environments of the upper cretaceous rocks in the northern part of the eastern alps. Cushman Found. Foraminiferal Res., Spec. Publ. 20.
- CAMMERAAT, E., DE GRAAF, L.W.S., KWADIJK, J.K. & RUPKE, J. (1987): On the origin of debris pillars in the Alps of Vorarlberg, Western Austria. - Geomorphol.N.F. 31/1, 85 - 100 S.; Berlin, Stuttgart
- COWARD, M. & DIETRICH, D. (1989): Alpine tectonics - An overview. - In: COWARD, M., DIETRICH, D. & PARK, R.G.(eds.): Alpine Tectonics, Geol. Soc. Special Publications No. 45, S.1-29.

- COWEN, D.J. (1988): GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? - In: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Band 54
- CZURDA, K. (1982): Die rohstoffmäßige Verwertbarkeit der Mur-und Hangschuttmassen im Klostertal, Motafon und Walgau (Vorarlberg). - Arch.f.Lagerst.forsch.Geol.B.-A. Band 2, S.23 - 29; Wien
- CZURDA, K., OBERHAUSER, R., HANTKE, R. & RESCH, W. (1993): Molasse, Helvetikum, Flysch und Kalkalpen längs eines Schnittes vom Bodensee durch den Bregenzerwald zum Großwalsertal. Jber.Mitt.oberrhein.geol.Ver.,61, S.127-139.
- DEMERS M.N. (2005): Fundamentals of Geographic Information Systems, 467 S., Wiley & Son, Inc.
- DE GRAAF, L.W.S. (1993): Das Quartär in Vorarlberg: Die eiszeitlichen Prozesse und die Morphostratigraphie der letzten Talvergletscherung. - Jber.u.Mitt.oberrhein.geol.Ver., N.F.75, 329-363; Stuttgart
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (2003): Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Bennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierung. Berlin (Beuth)
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (2004): Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Bennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels - Teil 1: Bennung und Beschreibung. Berlin (Beuth)
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (1985): Wildbachverbauung - Begriffe, Planung und Bau. Berlin (Beuth)
- EBERHARD, M. (1984): Das Fenster von Nüziders (Vorarlberg) und sein Rahmen. - Jb. Geol.B.-A., 127/3, S.331-349; Wien
- EISBACHER, G.H., LINZER, H.G., MEIER, L. & POLINSKI, R. (1990): A depth-extrapolated structural transect across the Northern Calcareous Alps of western Tirol.- Eclogae geol. Helv. 83/3, S. 711-725; Basel
- EISBACHER, G.H. (1996): Einführung in die Tektonik. 374 S., 329 Abb.; Stuttgart (Enke)
- ENERGIE INSTITUT VORARLBERG (2004): Audit-Bericht zur e5-Zertifizierung der Marktgemeinde Nenzing.
www.energieinstitut.at/hp/up/upload/Dateien/Auditbericht-Nenzing-2004.pdf
Stand: 11.12.2006

- EGGER, H. (1990): Zur paläogeographischen Stellung des Rhenodanubischen Flysches (Neokom-Eozän) der Ostalpen. - Jb. Geol. B.-A., 133, S. 147-155; Wien.
- EGGER, H. (1992): Zur Geodynamik und Paläogeographie des Rhenodanubischen Flysches (Neokom-Eozän) der Ostalpen. - Z. dt. Geol. Ges., 143, S. 51-65; Hannover.
- EGGER, E., HOMAYOUN, M., SCHNABEL, W. (2002): Tectonic and climatic control of Paleogene sedimentation in the Rhenodanubian Flysch Basin (Eastern Alps, Austria). - Sedimentary Geology, 152, S. 247-262;
- FAUPL, P. (1997): Historische Geologie - Eine Einführung. 270 S.; Wien
- FAUPL, P. & WAGREICH M. (1999): Late Jurassic to Eocene palaeogeography and geodynamic evolution of the Eastern Alps. - In: NEUBAUER, F., HÖCK, V. (eds): Aspects of Geology in Austria. Mitt. Österr. Geol. Ges. 92; S. 79-94.
- FINK, M.H., MOOG, O., WIMMER, R. (2000): Fließgewässer-Naturräume Österreichs. - Monographien Band 128. Umweltbundesamt; Wien.
- FREY, M., HUNZIKER, J.C., FRANK, W., BOCQUET, J., DAL PIAZ, G.V., JAEGER, E. & NIGGLI, E. (1974): Alpine metamorphism along the Geotraverse Basel-Chiasso: a review. - Eclogae geol. Helv.73, S.527-546.
- FÜRST, J. (2004): GIS in Hydrologie und Wasserwirtschaft, 336 S.; Heidelberg (Herbert Wichmann Verlag)
- GAMMA, P. (2000): *dfwalk* - Ein Murgang-Simulationsprogramm zur Gefahrenzonierung. - Geographica Bernensia G66, 144 S.; Bern
- GRUPPE GIS UND FEHLERTHEORIE (2006): ArcGis, Gebrauchs- und System-Anleitung zum Übungsbetrieb in GIS 1, GIS 2, WBZ RIS. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie. ETH - Zürich
www.gis.ethz.ch/teaching/tutorial/ArcGIS/Anleitung-ArcGis.pdf
Stand: 13.02.2007
- HAAS, F., HECKMANN, T., WICHMANN, V. & BECHT, M. (2004): Change of fluvial sediment transport rates after a high magnitude debris flow event in a drainage basin in the Northern Limestone Alps, Germany. - In: IAHS Publication 288, S.37 - 44.
- HARTWEIN J. (2006): Geologische Kartierung im Klostertal (Vorarlberg, Österreich) und GIS-gestützte Modellierung potenzieller gefährdeter Felssturzbereiche.129 S.; unveröff. Diplomarbeit; Univ. Karlsruhe

- HEINIMANN, H.R., HOLLENSTEIN, K., KIENHOLZ, H., KRUMMENACHER, B. & MANI, P. (1998): Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren. Umwelt-Materialien Nr. 85, Naturgefahren. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern
- HILDEBRAND, A., EISELE, M., SCHNEIDER, P. & LEIBUNDGUT, CH. (2000): Das neue Bewertungsverfahren hydrologischer Güte. In: ATV-DVWK: Gewässerlandschaften-Aquatic Landscapes-Tagungsband Teil II, 9. Magdeburger Gewässerschutz- Seminar-River Basin Management, ATV-DVWK-Schriftenreihe 22. www.hydrology.uni-freiburg.de/forsch/hydgue.htm **Stand:** 29.1.2007
- HÜBL, J., BUNZA, G., HAFNER, K. & KLAUS, W. (2003): ETAlp - Erosion, Transport in Alpinen Systemen „Stummer Zeugen Katalog“. - In: Projektteam ETAlp (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), Komendium zur ETALP-Erosio, Transport in alpinen Systemen, 48; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft; Wien www.baunat.boku.ac.at **Stand:** 17.1.2007
- IUGS WORKING GROUP ON LANDSLIDES, COMMITTEE ON RISK ASSESSMENT (1997): Quantitative risk assessment for slopes and landslides - the state of art. - in: CRUDEN, D.M. & FELL, R. (eds.): Landslides Risk Assessment, Proc. Int. Ws. Landslide Risk Assessment Honolulu, USA; S.3 - 12.
- JOHNSON, A.M., RODINE, J.R. (1984): Debris Flow. - In: BRUNSDEN, D. (1984): Slope Instability. S.257 - 361; New York (Wiley & Sons)
- KALLIES, H.-B. (1962): Geologie des Bregenzer Waldes beiderseits der Bregenzer Ach in der Umgebung von Schoppernau. - Geol. Jb., 78, S. 257-298; Hannover.
- KÄSS, W. (2004): Geohydrologische Markierungstechnik, 557 S.; Berlin-Stuttgart (Bornträger Verlag)
- (Kienholz, H.) (1996): Gefahrenkarten: Massgebliche Parameter und Kriterien zur Festlegung von Intensitätsstufen. - Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1996 - Garmisch-Partenkirchen, Tagungspublikation, 3: S. 47-58; Klagenfurt
- KIENHOLZ, H. (1998): Wildbäche - ausgewählte Aspekte. - Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, Info-Ber.2/98, 7-27 S.; München
- KIENHOLZ, H., ZEILSTRA, P., HOLLENSTEIN, K. (1998): Begriffsdefinitionen zu den Themen: Geomorphologie, Naturgefahren, Forstwesen, Sicherheit, Risiko. Arbeitspapier. BUWAL/Eidg.Forstdirektion. Bern

- KOBEL, M. (1969): Lithostratigraphische und sedimentologische Untersuchungen in der kalkalpinen Mitteltrias (Anisian und Ladinian) des Rhätikon (Österreich und Fürstentum Lichtenstein). - Dissertation Geologisches Institut Eidgenössische Technische Universität Zürich
- KÖLLA, E. (1986): Zur Abschätzung von Hochwassern in Fließgewässern an Stellen ohne Direktmessung, 165 S., Dissertation Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
- KRASSER, L. (1940): Der Anteil zentralalpiner Gletscher an der Vereisung des Brengenerwaldes. - Z. Gletscherkunde.,24, 79-87; Stuttgart
- ÖSTERREICH LEXIKON, Universität Graz
<http://aeiou.iicm.tugraz.at/aeiou.encyclop.w./w123456.htm>
Stand: 09.01.2007
- LEIN, R. (1987): Evolution of the Northern Calcareous Alp in Triassic Times. - In: FLÜGEL, H.W. & FAUPL, P. (eds): Geodynamics of the eastern Alps, S.85-102; Deuticke
- LIEBIG, W. & MUMMENTHEY, R.-D. (2005): ArcGIS/ArcView 9. Band 1: ArcGIS-Grundlagen., 404S.; Halmstad(PointVerlagNorden)
- LÖHMANNSRÖBEN, R. (1998): Ableitung und Bedeutung hydrologischer Standorteigenschaften in Wildbacheinzugsgebieten. - Bayer.Landesamt f. Wasserwrt, Info-Ber.2/98: S.27 - 41.
- JEGLITSCH, F. (1976): Hochwässer, Muren, Rutschungen und Felsstürze in Österreich 1971-1973 - Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien, 114. Heft; Wien
- MAIDL B. (1984): Handbuch für Tunnel- und Stollenbau; Bd I: Konstruktionen und Verfahren. 423S.,270 Abb.; Essen (Glückauf)
- MAIDMENT, D.R. (2005): ArcHydro - GIS for Water Resources. 203 S.; Redlands (ESRI Press)
- MARK, D. M. (1988): Network Models in Geomorphology. Modelling in Geomorphological Systems. (Wiley)
- MATTERN, F. (1999): Mid-Cretaceous basin development, paleogeography and paleogeodynamics of the western Rhenodanubian Flysch (Alps). - Z. dt. Geol. Ges., 150/1, S. 89-132; Stuttgart.

- MATTHESS G. & UBELL.K (2003): Lehrbuch der Hydrogeologie Band 1 - Grundwasserhaushalt, 573 S.; Berlin - Stuttgart (Bornträger)
- MOSER, M. & ÜBLAGGER, G. (1984): Vorschläge zur Erstellung von geotechnischen Karten und Erhebungen im Rahmen von Gefahrenzonenplänen in Hangbereichen. - Int. Symp. Interpraevent Villach, Band 2, S. 275-287
- NEUBAUER, F., GENSER, J., HANDLER R. (1999): The Eastern Alps: Result of a two-stage collision process. - In: NEUBAUER, F., HÖCK, V. (eds): Aspects of Geology in Austria; Mitt. Österr. Geol. Ges. 92; S. 117-134.
- OBERHAUSER ET AL. (1953 - 1964): Geologische Karte des Walgaus, Maßstab 1 : 50.000. Geol.B.-A. und Vorarlberger Landesregierung
- OBERHAUSER, R. (1980): Der geologische Aufbau Österreichs. - Hrsg. v. d. Geol. B.-A.; Wien - NewYork (Springer).
- PATULA, S. (2006): Geologische Kartierung des nördlichen Walgaus (Vorarlberg, Österreich) und GIS-gestützte Risikoanalyse potenzieller gefährdeter Rutschungsbereiche. - S. 145; unveröff. Diplomarbeit; Univ. Karlsruhe
- PERZL, F.: Schütz der Wald vor Naturgefahren? - Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Landschaft und Naturgefahren; Innsbruck
www.waldwissen.net/themen/naturgefahren/bfw-schutzwirkungen-wald-2006
Stand: 20.02.2007
- PFIFFNER, A. (1992): Alpine orogeny. - In: BLUNDELL, D., FREEMANN, R., MUELLER, S. (eds.): A Continent Revealed. The European Geotraverse. S.180-190; Camb. Univ. Press.
- PREY, S. (1961): Probleme im Flysch der Ostalpen. - Jb. Geol. B.-A., 111, S. 147-174, 3 Abb., 3 Tab., 1 Taf.; Wien
- PRINZ H. (1997): Abriss der Ingenieurgeologie. 466 S., 352 Abb., 74 Tab.; Stuttgart (Enke).
- RICHTER, D. (1956): Neue Untersuchungen in der Randzone von Flysch und Ostalpin im Gebiet des Großen Walsertals (Vorarlberg). - Jb.Geol.u.Paläontol.,Abh., 103/3, S. 341-374; Stuttgart
- RICHTER, D. (1984): Allgäuer Alpen - Sammlung geol. Führer, 77, 253 S., 84 Abb., 6 Tab., 1 Karte; Berlin (Borntraeger)
- RICHTER, M. (1969): Vorarlberger Alpen. Sammlung geol. Führer, 49, 169 S., 58 Abb., 1 Karte; Berlin (Borntraeger).

- RICKENMANN, D. (2001): Comparison of bed load transport in torrents and gravel bed streams. - In: Water Resources Research, Vol. 37, Nr. 12, S. 3295 - 3305.
- RING, U., RATSCHBACHER, L., FRISCH, W., DÜRR, S. & BORCHERT, S. (1990): The internal structure of the Arosa Zone (Swiss-Austrian Alps). - Geol.Rdsch., 79/3: S. 725-739, 8 Abb.; Stuttgart
- RUFF, M. (2005): GIS-gestützte Risikoanalyse für Rutschungen und Felsstürze in den Ostalpen (Vorarlberg/Österreich). - Dissertation Lehrstuhl Angew. Geologie; Univ. Karlsruhe (TH)
- SASSA, K., WANG, G.H. (2005): Mechanism of landslide-triggered debris flow: Liquefaction phenomena due to the undrained loading of the torrent deposits. - In: JAKOB, M., & HUNGR, O.: Debris-flow Hazards and Related Phenomena. S.81 - 101, Berlin - Heidelberg - New York (Springer)
- SCHANZ, CH. (2001): Geologische und geotechnische Kartierung im Hinteren Brengenerwald (Schröcken, Österreich) und GIS-gestützte Modellierung potenzieller Steinschlagwege. - 88 S.; unveröff. Diplomarbeit; Univ.Karlsruhe (TH)
- STINY, J. (1931): Geologische Grundlagen der Verbauung der Geschiebeherde in Gewässern. Wien (Springer)
- SPREAFICO ET AL. (1996): Empfehlung zur Abschätzung von Feststofffrachten in Wildbächen. Teil 1, Handbuch. Arbeitsgruppe für operationelle Hydrologie, Mitt. Nr.4, Landeshydrologie und -geologie; Bern
- TAKAHASHI, T. (1981): Estimation of potential debris flows and their hazardous zones: soft countermeasures for a disaster. - In: Journal of Natural Disaster Science, 3(1), 57 -89 S.
- TOGNACCA, C. (1997): Laboruntersuchungen zur Murgangentstehung. - In: Mitteilung der VAW - ETH Zürich 158, S. 178 - 191
- TRÜMPY, R. (1998): Die Entwicklung der Alpen: Eine kurze Übersicht. - Z. Dt. Geol. Ges., 149/2, S. 165-182; Stuttgart.
- TOLLMANN, A. (1976 (b)): Der Bau der nördlichen Kalkalpen: Orogene Stellung und regionale Tektonik. 450 S., 130 Abb., 7 Tabf.; Wien (Deuticke)
- TOLLMANN A. (1986): Geologie von Österreich, Band 2. - 710 S., 286 Abb., 27 Tab.; Wien (Deuticke)
- TOLLMANN, A. (1986): Geologie von Österreich, Band 3. - 718 S., 145 Abb., 8 Tab., 3 Taf.; Wien (Deuticke)

- VAN HUSEN, D. (1987): Die Ostalpen in den Eiszeiten. - Populärwissenschaftliche Veröffentlichungen der Geologischen Bundesanstalt; Wien.
- VARENS, D.J. (1978): Landsliple types and processes. - In: SCHUSTER, R.J. & KRIZEK, R.J.: Landslides, Analysis and Control. Special Report 176, 11-33S., Transportation Research Board, National Academy of Science; Washington, DC.
- VIEUW, B.E. (2001): Distributed hydrologic modelling using GIS. 293 S. - In: Water Sciene and Technology Library Vol. 38, Dordrecht, Boston London (Kluwer Academic Publishers)
- VON RAD, U. (1972): Zur Sedimentologie und Fazies des Allgäuer Flysches. - Geol. Bavarica, 66, S. 92-147, 14 Abb., 8 Taf., 1 Tab.; München.
- WALSER, L., LUTZ, S., HUTTER, G., BUHMANN, D. - Umweltamt des Landes Vorarlberg (2001): Fließgewässer in Vorarlberg - Gewässerinventar. Teil 2 : Strukturgüte der Fließgewässer im südlichen Vorarlberg, Stand 2001.
- WICHMANN V. & BECHT M. (2004): Modellierung geomorphologischer Prozesse zur Abschätzung von Gefahrenpotentialen. - In: Zeitschrift für Geomorphologie, 147 - 165 S., Vol 135; Berlin - Stuttgart (Borntraeger)
- WICHMANN, V. & BECHT M. (2004): Spatial modelling of debris flows in an alpine drainage basin. - In: IAHS Publ. 288, S. 370 - 376
- WICHMANN V. (2006): Modellierung geomorphologischer Prozesse in einem alpinen Einzugsgebiet. - Dissertation Katholische Universität Eichstätt - Ingolstadt
- WINKLER, W. (1988): Mid- to Early Late Cretaceous Flysch and Melange Formation in then Western Parts of the Eastern Alps. Palaeotectonic Implications. - Jb.Geol.B.-A., 131/2, 314-389, 20 Abb., 9 Taf., Wien
- ZIMMERMANN, M., MANI, P., GAMMA, P. (1997): Murganggefahr und Klimaänderung - ein Gis-basierter Ansatz. Vdf. Hochschulverlag Zürich

Internetquellen

- www_1 : www.ce.utexas.edu/prof/maidment/GISHYDRO/ferdi/research/agree/agree.html
Stand: 1.02.2007
- www_2 : www.lawa.de/pub/kostenlos/hwnw/hwschutz.pdf
Stand: 10.11.2006

A Anhang

A.1 Aufschlußverzeichnis einiger wichtiger Aufschlüsse

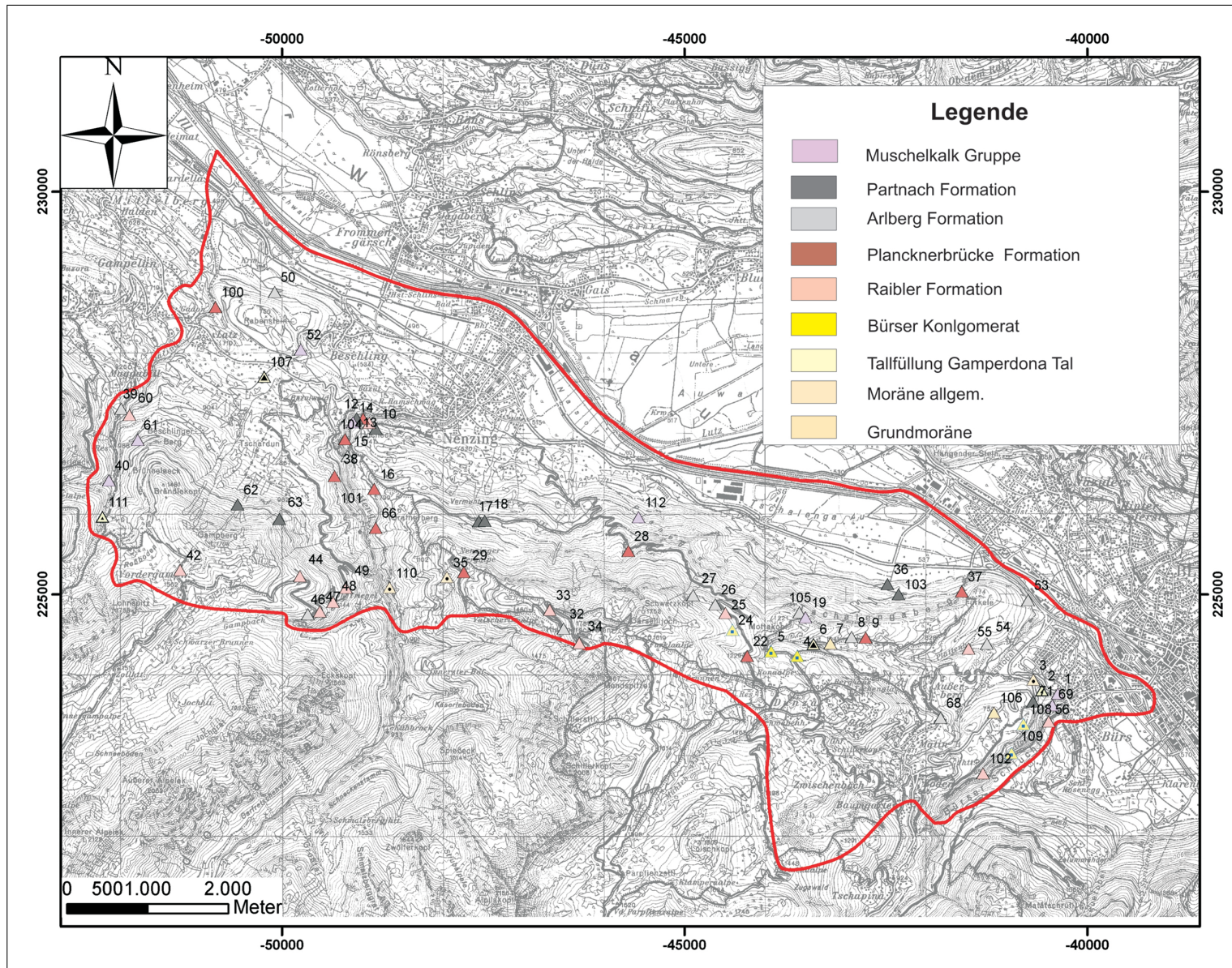
Aufschluss Nr.	Rechtswert	Hochwert	Formation
1	-40363.111	223772.500	Muschelkalk Gruppe
2	-40559.578	223811.43	Partnach Formation
3	-40363.133	223772.500	Arlberg Formation
5	-43922.836	224296.156	Raibler Formation
6	-43396.520	224388.375	Raibler Formation
7	-43189.461	224393.688	Arlberg Formation
8	-42923.992	224475.094	Arlberg Formation
9	-42750.555	224468.016	Arlberg Formation
10	-48835.027	227060.734	Plancknerbrücke Formation
11	-48912.898	227131.516	Plancknerbrücke Formation
12	-48990.072	227184.537	Plancknerbrücke Formation
13	-49070.506	227190.282	Plancknerbrücke Formation
14	-49116.467	227141.448	Plancknerbrücke Formation
15	-49185.441	226721.813	Plancknerbrücke Formation
16	-48852.727	226313.000	Bürser Konglomerat
17	-47553.715	225913.031	Plancknerbrücke Formation
18	-47479.094	225914.855	Plancknerbrücke Formation
19	-43497.693	224719.859	Arlberg Formation
22	-44221.582	224237.266	Raibler Formation
24	-44405.429	224564.739	Raibler Formation
25	-44491.607	224771.565	Raibler Formation
26	-44618.001	224880.724	Arlberg Formation
27	-44893.769	224995.627	Arlberg Formation

A.1 Aufschlußverzeichnis einiger wichtiger Aufschlüsse

Aufschluss Nr.	Rechtswert	Hochwert	Formation
28	-45695.435	225543.931	Muschelkalk Formation
29	-47740.679	225280.121	Arlberg Formation
32	-46501.051	224576.625	Raibler Formation
33	-46671.250	224812.063	Raibler Formation
34	-46380.157	224397.914	Raibler Formation
35	-47947.757	225214.877	Arlberg Formation
36	-42477.224	225132.614	Muschelkalk Gruppe
37	-41556.722	225039.003	Arlberg Formation
38	-49346.238	226471.526	Plancknerbrücke Formation
39	-51995.695	227308.346	Plancknerbrücke Formation
40	-52148.875	226420.466	Partnach Formation
42	-51260.995	225308.489	Raibler Formation
44	-49774.576	225229.062	Raibler Fomration
46	-49675.291	224758.176	Talfüllung Gamperdonatal
47	-49527.784	224792.216	Raibler Formation
48	-49363.258	224911.359	Raibler Formation
49	-49204.403	225087.230	Arlberg Formation
50	-50089.446	228757.892	Plancknerbrücke Formation
52	-49766.065	228043.049	Plancknerbrücke Formation
53	-40734.085	224931.214	Arlberg Formation
54	-41244.687	224392.246	Arlberg Formation
55	-41471.590	224329.391	Raibler Formation
56	-40475.947	223427.776	Bürser Konglomerat
60	-51893.470	227233.402	Plancknerbrücke Formation
61	-51789.805	226922.409	Muschelkalk Gruppe
62	-50548.559	226120.373	Partnach Formation
63	-50032.965	225940.325	Partnach Formation
66	-48832.639	225828.476	Plancknerbrücke Formation
68	-41818.918	223471.474	Arlberg Formation
69	-40430.359	223629.698	Muschelkalk Gruppe
71	-40673.152	223673.344	Partnach Formation
100	-50824.777	228568.250	Plancknerbrücke Formation

A.1 Aufschlußverzeichnis einiger wichtiger Aufschlüsse

Aufschluss Nr.	Rechtswert	Hochwert	Formation
102	-41292.355	222781.781	Raibler Formation
103	-42342.934	225007.031	Partnach Formation
104	-49215.350	226930.316	Plancknerbrücke Formation
105	-43573.199	224780.109	Arlberg Formation
106	-41156.348	223539.078	Grundmoräne
107	-50219.533	227706.152	Moräne
108	-40790.417	223394.403	Bürser Konglomerat
109	-40937.924	223034.145	Bürser Konglomerat
110	-48663.615	225068.482	Talfüllung Gamperdonatal
111	-52228.044	225966.240	Wildbachschutt
112	-45568.965	225963.513	Muschelkalk Gruppe



A.1 Aufschlussverzeichnis einiger wichtiger Aufschlüsse

Abbildung A.1: Aufschlusskarte des Arbeitsgebietes

A.2 Dispositionsmodell

A.2.1 Flächenmäßige Verteilung der Schwemmfächerablagerungen

Fluss	Fläche des Schwemmfächers [km^2]
Lutz	7,15
Meng	2,22
Schesa/Alvier	4,26
Galina	0,91

A.3 Auswertung der geschieberelevanten Flächen

A.3.1 Gerinnenaher Bereiche

Gerinnenaher Bereiche	Lockergestein	Festgestein
	Fläche [km^2]	Fläche [km^2]
Vegetationsfrei	0,57	0,36
Vegetationsbedeckt	3,22	3,81
Gesamt	3,79	4,17

A.3.2 Rutschungen

Rutschungen	Fläche [km^2]
Rutschungsgefährdete Bereiche	3,22

A.3.3 Sturzquellen

Sturzquellen	Fläche [km^2]
Homogenes Festgestein	0,33
Heterogenes Festgestein	1,15
Wechselfestes Gestein	0,05
Gesamt	1,53

Auswertung der Sturzquellen nach der Hangexposition

Sturzquellen	Fläche [km ²]
Südliche Exposition	0,48
Nördliche Exposition	1,05
Gesamt	1,53

A.4 Auswertung des Geschiebepotentials

Geschiebepotential	Fläche [%]	Fläche [km ²]
sehr niedrig	1,43	0,15
niedrig	8,30	0,87
mittel	68,70	7,20
hoch	11,45	1,20
sehr hoch	9,52	0,97

A.5 Analyse der Feststofffracht

A.5.1 Geschieberelevante Flächen der Flüsse

Fluss	GGRELF [km ²]	20 % der Fläche [km ²]
Montanast Bach	0,93	0,186
Schnifer Tobel	0,98	0,196
Vermüls Bach	0,29	0,058
Glantsch Tobel	0,78	0,156
Falster Bach	0,84	0,168
Nitz Tobel	0,27	0,054

A.5.2 Klassifizierte, geschieberelevante Flächen der Flüsse

Klasse	
< 0,75 km ²	0,75 - 2,5 km ²
Vermüls Bach	Montanast Bach
Glantsch Tobel	Schnifer Tobel
Nitz Tobel	Falster Bach

A.5.3 Flächen der Ausbreitungsräume

Fluss	Fläche [km ²]
Montanast Bach	0,70
Schnifer Tobel	0,55
Vermülsbach	0,27
Glantsch Tobel	0,06
Falster Bach	0,11
Nitz Tobel	0,22

A.5.4 Klassifizierte Ausbreitungsräume im nördlichen Walgau

< 20% GGRELFF	> 20% GGRELFF
Glantsch Tobel	Schnifer Tobel
Falster Bach	Montanast Bach
	Vermüls Bach
	Nitz Tobel

A.6 AML

A.6.1 Gerinnenahne Bereiche

A.6.2 Pufferzone mit variabler Pufferdistanz erstellen

```

/* Diplomarbeit Eike-Marie Nolte 2007
/* Erstellen von Pufferzonen variabler Pufferdistance
/* Kann nicht in ArcInfo/Grid, sondern nur in ArcInfo/Arc erstellt werden
/*-----*
/* 1.387 ist die Fuzzy Tolerance des Coverage Fluesse
/* 250m ist die Pufferdistance
/* Fuzzytolerance des coverage abfragen: Arc: tolerance <cover> list
/* Pufferzonen berechnen
/* buffer fluesse buffer # # 250 1.387 Line Round Full
/*-----*
/* Umwandlung des coverage in ein grid
/* polygrid buffer buffer250
/* return
/*-----*

```

A.6.3 Ermittlung der gerinnenahnen, bewachsenen Bereiche

```

/* Diplomarbeit Eike-Marie Nolte 2007
/* Bestimmung der Ufererosions Bereiche (vegetationsbedeckt)
/* Eingangsparameter:
/* * DHM_Grid: Digitales Höhenmodell
/* * sel_elev: Mindesthöhe Abbruchkante, Wert muß angegeben werden
/* * sel_slop: Mindestwinkel Abbruchkante, Wert muß angegeben werden
/* * ZuFlach: Abbruchkriterium für Bewegung, Wert muß angegeben werden
/* Ausgangsgrids:
/* * Steigung: Enthält Steigung jeder Zelle
/* * Richtung: Enthält Fallrichtung jeder Zelle
/* * ZuFlach: Enthält Zellen, die zu flach sind
/* * sel_elev: Enthält Zellen, die Mindesthöhe erfüllen
/* * sel_slop: Enthält Zellen, die Mindeststeigung erfüllen

```

```

/* * Abriss: Enthält Zellen, die Mindesthöhe und Mindeststeigung erfüllen
/* * way_all: Enthält alle Fall-/Sturzbahnen
/* * way_all3: Enthält alle Fall-/Sturzbahnen, mit Abbruch wenn ZuFlach
/*-----*
/* &ty Aufraeumen (alte Dateien löschen)
/* &call Aufraeumen
/*-----*
&ty Hangneigung und Exposition berechnen, Variablen setzen
&sv DHM_Grid = d:/eike/diplomarbeit/eike/aml/dhmkorreg
/*-----*
/* Berechnung der Steigung jeder Zelle, Ausgabegrid enthält Steigung in
Grad
Steigung = slope (DHM_Grid, degree)
/*-----*
/* Berechnung der Fallrichtung jeder Zelle, Ausgabegrid enthält Winkel
von 0-360°, im Uhrzeigersinn
Richtung = aspect (DHM_Grid)
/*-----*
/* Abbruchkriterium: Zellen mit Steigung < x werden auf „nodata\ gesetzt
ZuFlach = setnull (Steigung < 10, 1) /* var 10
& sv Steigung_Name = Steigung
& sv Richtung_Name = Richtung
/*-----*
&ty Vegetationsbedeckte Bereiche berechnen
vege = con (veg == 4 || veg == 10 ,2,0)
vege1 = setnull (vege == 0,2)
/*-----*
&ty Ufernahebereiche errechnen
/* Auswahl aller Zellen, die innerhalb der Pufferzonen liegen
sel_buf = ZuFlach * buffergrid * vege1
/* Auswahl aller Zellen, deren Steigung > y ist (value > y)
sel_slop = select (Steigung_Name, value > 10)
/* Das Grid Ufernah erhält alle Zellen, die innerhalb der Pufferzone und
vegetationsbedeckten Zone liegen
/* und steiler als y sind, also die gesuchten Ufernahbereiche
Ufernah = sel_buf + sel_slop

```

```

&sv Ufernah_Name = Ufernah
mape Ufernah_Name
surface lattice Ufernah_Name
/*-----*
/* Reklassifizieren der ufernahen Bereiche
ufernah10 = setnull (ufernah == 0,2)
&return
/*-----*

```

A.6.4 Ermittlung der gerinnenahen, vegetationsfreien Bereiche

```

/* Diplomarbeit Eike-Marie Nolte 2007
/* Eingangsparameter:
/* * DHM_Grid: Digitales Höhenmodell, Eingangsgrid
/* * sel_elev: Mindesthöhe Abbruchkante, Wert muß angegeben werden
/* * sel_slop: Mindestwinkel Abbruchkante, Wert muß angegeben werden
/* * ZuFlach: Abbruchkriterium für Bewegung, Wert muß angegeben werden
/* * veg: Landnutzungsgrid
/* * buffergrid: wird über getrenntes buffer.aml berechnet in arc !
/* Ausgangsgrids:
/* * Steigung: Enthält Steigung jeder Zelle
/* * Richtung: Enthält Fallrichtung jeder Zelle
/* * ZuFlach: Enthält Zellen, die zu flach sind
/* * sel_elev: Enthält Zellen, die Mindesthöhe erfüllen
/* * sel_slop: Enthält Zellen, die Mindeststeigung erfüllen
/* * Abriss: Enthält Zellen, die Mindesthöhe und Mindeststeigung erfüllen
/* * way_all: Enthält alle Fall-/Sturzbahnen
/* * way_all3: Enthält alle Fall-/Sturzbahnen, mit Abbruch wenn ZuFlach
/*-----*
&ty Hangneigung und Exposition berechnen, Variablen setzen
&sv DHM_Grid = d:/eike/diplomarbeit/eike/aml/dhmkorreg
/*-----*
/* Berechnung der Steigung jeder Zelle, Ausgabe-grid enthält Steigung in
Grad
Steigung = slope (DHM_Grid, degree)
/* Berechnung der Fallrichtung jeder Zelle, Ausgabe-grid enthält Winkel

```

```

/* von 0-360°, im Uhrzeigersinn
Richtung = aspect (DHM_Grid)
&sv Steigung_Name = Steigung
&sv Richtung_Name = Richtung
/* Abbruchkriterium: Zellen mit Steigung < x werden auf „nodata\ gesetzt
ZuFlach = setnull (Steigung < 5, 1) /* var 5
/*-----*
&ty vegetationsfreie Bereiche berechnen
vegfrei = con (veg == 8,1,0)
vegfrei1 = setnull (vegfrei == 0,10)
/*-----*
&ty Ufernahebereiche errechnen
/* Auswahl aller Zellen, die innerhalb der Pufferzonen liegen
sel_buf = ZuFlach * buffergrid * vegfrei1
/* Auswahl aller Zellen, deren Steigung > y ist (value > y)
sel_slop = select (Steigung_Name, value > 5 )
/* Das Grid Abriss erhält alle Zellen, die innerhalb der Pufferzone und
vegetationsfreien Zone liegen und steiler als y sind,
/* also die gesuchten Ufernahebereiche
Ufernah = sel_buf + sel_slop
&sv Ufernah_Name = Ufernah
mape Ufernah_Name
surface lattice Ufernah_Name
/* Reklassifizieren der ufernahen Bereiche
ufernah5 = setnull (ufernah == 0,10)
&return
/*-----*
/* &ty Spuren berechnen und zu flache Bereiche wieder entfernen
dir_all = flowdirection (DHM_Grid, drop_all, normal )
way_all = costpath (Ufernah_Name, DHM_Grid, dir_all)
way_all3 = way_all * ZuFlach
Kosten = 90 - Steigung
&sv Kosten_Name = Kosten
&ty 1
test = costbacklink (Ufernah_Name, Kosten_Name)
test = pathdistance (Ufernah_Name, Kosten_Name, DHM_Grid, Richtung_Name)

```

```
&ty 2
&return
/*-----*
```

A.6.5 Rutschungsgefährdete Bereiche

```
/* Diplomarbeit Eike - Marie Nolte 2007
/* Berechnung für Geschiebequelle Rutschung
/*-----*
/* Notwendige Eingangsdaten: Suszeptibilitätskarte von Simone Patula 2006
/* Puffergrid (250m)
/*-----*
/* Zellengröße und Fenstergröße festlegen
setcell 10
setwindow lithologie
/*-----*
/* Reklassifizieren der Suszeptibilitätskarte
suszeprec = con( suszep_karte == 5,5,0)
suszeprec1 = setnull(suszeprec == 0,5)
/*-----*
/* Reklassifizieren von buffer250
buffer250rec = con(buffer250 == 2,1,0)
buffer250rec1 = setnull (buffer250rec == 0,1)
/*-----*
/* Verschneiden der Suszeptibilitätskarte mit der Pufferzone (250m)
/* um alle Fläche der Suszeptibilitätsstufe 5 innerhalb der Pufferzone
/* zu bestimmen
suszept250 = suszeprec1 * buffer250rec1
&return
/*-----*
```


A.6.6 Ermittlung der Sturzquellen

```
/* Einfache Spuranalyse nach
/* V. Berceanu, 2000
/* veraendert von W. Kassebeer, 2001
/* erweitert Christian Schanz, 2001
/* Angewandt von Jens Hartwein 2006
/* erweitert von Eike - Marie Nolte 2007 /* Eingangsparameter
/* * DHM_Grid: Digitales Höhenmodell, Eingangsgrid
/* * sel_elev: Mindesthöhe Abbruchkante, Wert muß angegeben werden
/* * sel_slop: Mindestwinkel Abbruchkante, Wert muß angegeben werden
/* * ZuFlach: Abbruchkriterium für Bewegung, Wert muß angegeben werden
/* * lithologie: vereinfachte Geologie
/* Ausgangsgrids:
/* * Steigung: Enthält Steigung jeder Zelle
/* * Richtung: Enthält Fallrichtung jeder Zelle
/* * ZuFlach: Enthält Zellen, die zu flach sind
/* * sel_elev: Enthält Zellen, die Mindesthöhe erfüllen
/* * sel_slop: Enthält Zellen, die Mindeststeigung erfüllen
/* * Abriss: Enthält Zellen, die Mindesthöhe und Mindeststeigung erfüllen
/* * way_all: Enthält alle Fall-/Sturzbahnen
/* * way_all3: Enthält alle Fall-/Sturzbahnen, mit Abbruch wenn ZuFlach
/* * way_all250: Enthält alle Fall-/Sturzbahnen, die innerhalb der
Pufferzone (250m) liegen
/* * abriss250: Enthält alle Abrisse, die innerhalb der Pufferzone (250m)
liegen
/* * suedsektor: Enthält alle Flächen, die zwischen SE bis SW exponiert
sind
/* * nordsektor: Enthält alle Flächen, die nach Norden zwischen NE bis NW
exponiert sind
/* * suedsektor1: alle Fläche, die im Suedsektor = 0 waren, werden
„NoData\ gesetzt
/* * nordsektor1: alle Fläche, die im Nordsektor = 0 waren, werden
„NoData\ gesetzt
/* * flaesued: alle Flächen, die nach SE bis SW exponiert sind
/* * flachenord: alle Flächen, die nach Norden zwischen NE und NW
```

```

exponiert sind
/* * litho250: Lithologie innerhalb der Pufferzone
/* * homo: homogenes Festgestein innerhalb der Pufferzone
/* * homofl: Flächen, die im homogenen Festgestein innerhalb der
Pufferzone liegen
/* * hetero: heterogenes Festgestein innerhalb der Pufferzone
/* * heterofl: Flächen, die im heterogenen Festgestein innerhalb der
Pufferzone liegen
/* * wechsel: Wechselfestes Gestein innerhalb der Pufferzone
/* * wechselfl: Flächen, die im wechselfesten Gestein innerhalb der
Pufferzone liegen
/* * sturzganz: alle Flächen (homo,hetero,wechsel) in einem Grid
/* * sturzganzS: alle Flächen, die nach Süden exponiert sind
/* * sturzganzN: alle Fläche, die nach Norden exponiert sind
/*-----*
/* &ty Aufraeumen (alte Dateien löschen)
/* &call Aufraeumen
/*-----*
/* Zellengröße und Fenstergröße festlegen
setcell 10
setwindow lithologie
/*-----*
&ty Hangneigung und Exposition berechnen, Variablen setzen
&sv DHM_Grid = d:/eike/diplomarbeit/eike/aml/dhmkorreg
/* Berechnung der Steigung jeder Zelle, Ausgabegrid enthält Steigung in
Grad
Steigung = slope(DHM_Grid, degree)
/* Berechnung der Fallrichtung jeder Zelle, Ausgabegrid enthält Winkel
von 0-360°, im Uhrzeigersinn
Richtung = aspect(DHM_Grid)
/* Abbruchkriterium: Zellen mit Steigung < x werden auf „nodata \gesetzt
ZuFlach = setnull (Steigung < 20, 1) /* war 20
&sv Steigung_Name = Steigung
&sv Richtung_Name = Richtung
/*-----*
&ty Abbruchbereiche errechnen

```

```
/* Auswahl aller Zellen, die höher als x liegen (value > x)
sel_elev = select (DHM.Grid, value > 500)
/* Auswahl aller Zellen, deren Steigung > y ist (value > y)
sel_slop = select (Steigung_Name, value > 45)
/* Das Grid Abriss erhält alle Zellen, die Höher als x und Steiler als y
sind,
/* also die gesuchten Abrisskanten
Abriss = sel_elev + sel_slop
&sv Abriss_Name = Abriss
mape Abriss_Name
surface lattice Abriss_Name
surfacecontour 10 1
/*-----*
&ty Spuren berechnen und zu flache Bereiche wieder entfernen
dir_all = flowdirection (DHM.Grid, drop_all, normal)
mape DHM.Grid
surface lattice DHM.Grid
surfacecontour 10 1
way_all = costpath (Abriss_Name, DHM.Grid, dir_all)
way_all3 = way_all * ZuFlach
Kosten = 90 - Steigung
&sv Kosten_Name = Kosten
&ty 1
test = costbacklink (Abriss_Name, Kosten_Name)
test = pathdistance (Abriss_Name, Kosten_Name, DHM.Grid, Richtung_Name)
&ty 2
/*-----*
/* Verschneiden der Flächen mit der Pufferzone (250m)
way_all250 = way_all3 * buffer250rec1
/*Verschneiden der Abrisse mit der Pufferzone (250m)
Abriss250 = abriss * buffer250rec1
/*-----*
/* Berechnung der nach Südost bis Südwest exponierten Sturzquellen
&ty Richtung reklassifizieren
suedsektor = con(Richtung > 112.5 & Richtung < 247.5,5,0)
suedsektor1 = setnull (suedsektor == 0,5)
```

```
/* Berechnung der nach Nordost bis Nordwest exponierten Sturzquellen
nordsektor = con (Richtung < 112.5 || Richtung > 247.5,3,0)
nordsektor1 = setnull (nordsektor == 0,3)
/*Verschneiden des Südsektors und des Nordsektors mit Flächen
flaechesued = suedsektor1 * way_all250
flaechenord = nordsektor1 * way_all250
/*-----*
/* Verschneiden der Sturzquellen mit der Lithologie
litho250 = lithologie * buffer250rec1
/* Verschneiden des Abrisse mit der Lithologie
lithoabriss = lithologie * abriss250
/*-----*
setcell 10
/* Reklassifizieren der Lithologie in der Pufferzone (250m)
homo = con(lithologie > 5 & lithologie < 8,3,0)
homo1 = setnull (homo == 0,3)
homofl = homo1 * way_all250
hetero = con(lithologie > 7 & lithologie < 10,7,0)
hetero1 = setnull (hetero == 0,7)
heterofl = hetero1 * way_all250
wechsel = con(lithologie > 9 & lithologie < 11,2,0)
wechsel1 = setnull (wechsel == 0,2)
wechselfl = wechsel1 * way_all250
/*-----*
/* Reklassifizieren und Gewichten der Sturzquellen nach der Lithologie
homorec = setnull (homofl == 0,3)
heterorec = setnull (heterofl == 0,7)
wechselrec = setnull (wechselfl == 0,2)
/*-----*
/* Zusammenfügen der gewichteten Teilbereiche
sturzganz = mosaic(homorec, heterorec, wechselrec)
/*-----*
/* Verschneiden der Hangexposition mit den Flächen
sturzsued = sturzganz * suedsektor1
sturznord = sturzganz * nordsektor1
/*-----*
```

```

/* Verschneiden der Flächen sturzganzen und nord - bzw. süssektor
suedganzen = suedsektor1 * sturzganzen
nordganzen = nordsektor1 * sturzganzen
sturzex = mosaic (suedganzen, nordganzen)
&return

```

A.6.7 Modellierung der Prozesswege

```

/* Einfache Spuranalyse nach
/* V. Berceanu, 2000
/* veraendert von W. Kassebeer, 2001
/* erweitert Christian Schanz, 2001
/* angewandt von Jens Hartwein 2006
/* erweitert Eike - Marie Nolte 2007
/*-----*
/* Eingangsparameter:
/* * DHM_Grid: Digitales Höhenmodell, Eingangsgrid
/* * sel_elev: Mindesthöhe Abbruchkante, Wert muß angegeben werden
/* * sel_slop: Mindestwinkel Abbruchkante, Wert muß angegeben werden
/* * ZuFlach: Abbruchkriterium für Bewegung, Wert muß angegeben werden
/* * Anrissbereiche: Berechnete Anrissbereich aus dem Dispositionsmodell
/* * flodirtest: Berechnete Flowdirection aus verbesserten
/*-----*
/* Zellengröße und Fenstergröße festlegen
setcell 10
setwindow landnutz
/*-----*
&ty Hangneigung und Exposition berechnen, Variablen setzen
&sv DHM_Grid = d:/eike/diplomarbeit/eike/trajekt/dhmkorreg
/* Berechnung der Steigung jeder Zelle, Ausgabe-grid enthält Steigung in
Grad
Steigung = slope(DHM_Grid, degree)
/* Berechnung der Fallrichtung jeder Zelle, Ausgabe-grid enthält Winkel
von 0-360°, im Uhrzeigersinn
Richtung = aspect(DHM_Grid)
/*-----*

```

```

/*Prozessweg des potentiellen Murganges endet bei Neigung < 20° (Wichmann
2006).
/*Es folgt Ausbreitung als oder auf einem Murkegel
/* Abbruchkriterium der Prozessweges: Zellen mit Steigung < x werden auf
„Nodata\ gesetzt
ZuFlach = setnull (Steigung < 20, 1) /* var 20
&sv Steigung_Name = Steigung
&sv Richtung_Name = Richtung
/*-----*
/*Anrissbereiche als Grid aus Dispositionsmodell vorhanden
/*name_grid = d:/eike/diplomarbeit/eike/dispo/Geschiebequellen/Riss/Anrissbereiche
/*Es werden alle Trajektorien berechnet, die in einer Zellen des
Eingangsgrids
/* beginnen
&ty Berechnung der potentiellen Trajektorien
dir_all = flowdirection ( %DHM_Grid%, drop_all, normal )
mape %DHM_Grid%
surface lattice %DHM_Grid%
surfacecontour 10 1
way_all = costpath (%Anrissbereiche%, %DHM_Grid%, flowdirtest)
way_all3 = way_all * ZuFlach
Kosten = 90 - Steigung
&sv Kosten_Name = Kosten
&ty 1
test = costbacklink (%Abriss_Name%, %Kosten_Name%)
test = pathdistance (%Abriss_Name%, %Kosten_Name%, %DHM_Grid%,
%Richtung_Name%) &ty 2
&return
/*-----*
/* Verschneiden der Flächen mit der Pufferzone (250m)
way_all250 = way_all3 * 250area1
/*Verschneiden der Abrisse mit der Pufferzone (250m)
Abriss250 = abriss * 250area1
/*-----*
/* Berechnung der nach Südost bis Südwest exponierten Sturzquellen
&ty Richtung reklassifizieren

```

```
suedsektor = con(Richtung > 112.5 & Richtung < 247.5,5,0)
suedsektor1 = setnull (suedsektor == 0,5)
nordsektor = con (Richtung < 112.5 || Richtung > 247.5,3,0)
nordsektor1 = setnull (nordsektor == 0,3)
/*Verschneiden des Südsektors und des Nordsektors mit Flächen
flaechesued = suedsektor1 * way_all250
flaechenord = nordsektor1 * way_all250
/*-----*
/*Verschneiden der Sturzquellen mit der Lithologie
litho250 = lithologie * 250area1
/*Verschneiden des Abrisse mit der Lithologie
lithoabbriss = lithologie * abriss250
setcell 10
&return
/*-----*
```