GILBERT POMAROLI, RAINER BELL, THOMAS GLADE, GERHARD HEISS, PHILIP LEOPOLD, HELENE PETSCHKO, HERWIG PROSKE, JOACHIM SCHWEIGL

Darstellung der Gefährdung durch gravitative Massenbewegungen im Bundesland Niederösterreich als Grundlage der Raumplanung

Representation of the hazards caused by gravatative mass movements in the federal state of Lower Austria as a basis for the spatial planning

Zusammenfassung:
Naturgefahren, wie etwa Rutschungen, Steinschläge oder auch Überflutungen spielten in der niederösterreichischen Raumordnung schon von Anfang an eine wichtige Rolle. Der Beitrag versucht einen Überblick über die spezifischen Bedingungen zu geben, unter denen die Raumordnung in diesem Zusammenhang arbeiten muss. Das erste Kapitel zeigt in Kürze die Geschichte der raumordnungsgesetzlichen Regelungen im Zusammenhang mit Naturgefahren. Das aktuelle NÖ Raumordnungsgesetz 1976 hat schon bei seiner Erlassung ein hohes Schutzniveau angestrebt. Weil aber entsprechend fachlich fundierte Grundlagen zu Naturgefahren gefehlt haben, konnte die Raumordnung die an sie gestellten Anforderungen kaum erfüllen, wie in Kapitel zwei gezeigt wird. Erst durch die Verfügbarkeit von umfassenden Überflutungskarten für Niederösterreich änderte sich dies im Bereich des Hochwassers (Kapitel drei). Dadurch wurde aber deutlich, dass vergleichbare Kartenwerke dringend im Bereich der gravitativen Massenbewegungen benötigt werden. Vor diesem Hintergrund setzten Überlegungen der NÖ Landesregierung ein, wie diese Lücke zu schließen sei (Kapitel vier). Diese endeten mit dem Beschluss, ein entsprechendes Forschungsprojekt zu fördern. Kapitel fünf berichtet über den aktuellen Stand des Forschungsprojekts „Methodenentwicklung zur Modellierung von Massenbewegungen in Niederösterreich“. Das letzte Kapitel behandelt schließlich die künftigen Herausforderungen für die Raumplanung im Umgang mit geogenen Gefahrenhinweiskarten.

Summary:
Natural hazards such as landslides, rock falls or floods have been of crucial importance for spatial planning in Lower Austria from the very beginning. In this context, the article attempts to provide an overview of the specific conditions which set the framework for spatial planning in Lower Austria. The first chapter shows the history of Spatial Planning Law in a few brief words, especially the regulations associated with natural hazards. The current Spatial Planning Law of Lower Austria (1976) has aimed at a high level of protection from its first enactment. Since adequate results from basic research on natural hazards are missing, spatial planning could not work as effectively as it should, which is documented in chapter two. The availability of comprehensive maps of flood plains in Lower Austria caused major changes in the perception of flood risk (chapter three). Thus it became clear that similar maps are urgently needed in the field of gravitational mass movements. Chapter four treats the reflections of the federal department of Lower Austria as to how this gap could be closed, ending with the decision to promote an appropriate research project. Chapter five reports on the current status quo of the research project "Methods for landslide susceptibility modelling in Lower Austria". The last chapter touches on the future challenges for spatial planning supporting on landslide susceptibility maps.

1. Der Anspruch – Massenbewegungen im NÖ Raumordnungsrecht

Die Berücksichtigung der Standorteignung spielt – gerade auch im Zusammenhang mit Naturgefahren – schon seit Anbeginn der Raumordnung in NÖ eine zentrale Rolle bei der Festlegung von zulässigen Nutzungen.

„Flächen, die sich wegen der natürlichen Gegebenheiten (Hochwasser, Steinschlag, Rutschungen, Grundwasserstand, ungenügende Tragfähigkeit des Untergrundes, Lawinen, ungünstiges Kleinklima und dergleichen) für die Bebauung nicht eignen (…), dürfen nicht als Bauland gewidmet werden.“, hieß es bereits im NÖ Raumordnungsgesetz 1968 (NÖ ROG 1968).

Während aus dieser ursprünglichen Regelung noch der Schluss gezogen werden könnte, dass sich das Widmungsverbot auf solche Flächen bezogen hat, die tatsächlich von Rutschungen, Steinschlägen u. dgl. betroffen waren, so wurde im Jahr 1976 gesetzlich festgelegt:

„Flächen, die auf Grund ihrer natürlichen Gegebenheiten zur Bebauung ungeeignet sind, dürfen nicht als Bauland gewidmet werden, insbesondere:

1. Flächen, die in Hochwasserabflussgebieten liegen;
2. Flächen, die eine ungenügende Tragfähigkeit des Untergrundes aufweisen;
3. Flächen, die rutsch-, bruch-, steinschlag-, wildbach- oder lawinengefährdet sind;
4. (…)“ (NÖ ROG 1976)

Seither beschränkt sich das Verbot der Ausweisung von Bauland nicht bloß auf Bereiche mit bereits beobachteten Massenbewegungen, sondern es gilt auch für Flächen, die künftig von einem derartigen Ereignis betroffen sein könnten. Dabei ist es unerheblich, ob die Möglichkeit einer Gefährdung bereits durch eine offizielle Quelle, wie etwa einen Gefahrenzonenplan, dokumentiert ist oder noch nicht.

Besondere Beachtung verdient in diesem

Zusammenhang die Regelung hinsichtlich der „erhaltenswerten Gebäude im Grünland“. Diese Sonderwidmung darf unter bestimmten Voraussetzungen für bestehende Gebäude im Freiland festgelegt werden. Klassischerweise kommen dafür ehemalige landwirtschaftliche Anwesen in historischen Streulagen in Betracht. In einer namhaften Zahl von Gemeinden, etwa im Mostviertel oder Teilbereichen des Waldviertels, kann die Anzahl derart gewidmeter Gebäude hundert und mehr betragen.

Seit dem Jahr 2002 dürfen Gebäude dann nicht als „erhaltenswerte Gebäude im Grünland“ gewidmet werden, wenn „der Bestand oder die dem Verwendungszweck entsprechende Benutzbarkeit des Gebäudes durch Hochwasser, Steinschlag, Rutschungen (…) oder eine andere Auswirkung natürlicher Gegebenheiten gefährdet (…) ist.“ Nicht nur die natürlichen Eigenschaften eines Standorts selbst, sondern das konkrete Schadenspotenzial für bestehende Objekte sind in diesem Fall beurteilungsrelevant. Mit dieser Regelung wurde somit ein Schritt in Richtung Risikobewertung gemacht.

2. Die Realität – Praxis in der Vergangenheit

Die Raumordnung als Querschnittsmaterie ist in hohem Maße davon abhängig, dass Fachinformationen von anderen Disziplinen in einer Form zur Verfügung gestellt werden, die für die Entscheidungen über die Gestaltung der künftigen Entwicklung eines Planungsgebiets nutzbar sind. Zu den ersten verlässlichen Quellen gehören die Gefahrenzonenpläne der Wildbach- und Lawinenverbauung. Sofern bei der Erstellung oder Änderung eines Flächenwidmungsplans solche Gefahrenzonenpläne vorhanden waren bildeten die darin ausgewiesenen „Braunen Hinweisbereiche“ für Rutschungen und Steinschläge eine geeignete Grundlage für die fachliche Beurteilung der Baugrundeignung einer konkreten Fläche. Zumindest lieferten diese Hinweise der Aufsichtsbehörde Argumente, um die Vorlage eines geologischen Standortgutachtens im Raumordnungsverfahren einzufordern.

In vielen Fällen gab es allerdings keine Gefahrenzonenpläne, schließlich wurde mit der systematischen Erstellung dieser Flächengutachten erst in Folge des Forstgesetzes 1975 begonnen, also erst nach dem ROG 1968 und annähernd zeitgleich mit dem ROG 1976. Somit oblag es der Gemeinde, bzw. dem beauftragten Ortsplanungsbüro, sowie im Zuge der aufsichtsbehördlichen Kontrolle dem Amtssachverständigen für Raumplanung quasi eine Ersteinschätzung zu treffen, ob irgendeine Form einer Massenbewegung auf einer konkreten Fläche plausibel vermutet werden musste. Im Falle einer vermuteten Gefährdung wurde ein einschlägiger Experte hinzugezogen.

Nahezu einziges Beweismittel für diese Ersteinschätzung war der Lokalaugenschein. Dabei wurde im Wesentlichen nach „stummen Zeugen“ gesucht bzw. nach offensichtlichen Anzeichen dafür, dass eine Steinschlag- oder Rutschungsgefährdung bestand, wie etwa offene Felswände oberhalb der Widmungsfläche, Geländeabbrüche unterhalb davon oder hohe Hangneigungen.

Die tägliche Praxis der Raumordnung musste somit über einige Jahrzehnte weitgehend beim angestrebten Schutzniveau des Jahres 1968 verharren, aus dessen Formulierung eher das tatsächliche Vorhandensein einer Massenbewegung als Ausschließungsgrund für eine Baulandwidmung hervorzugehen scheint, und nicht schon eine bloße Gefährdung, wie sie dann im Jahr 1976 normiert wurde. Daher kam es immer wieder zu Widmungen, wo oft erst Jahrzehnte später Katastrophenschäden an Gebäuden und Infrastrukturen zu beklagen waren. Allerdings muss auch festgestellt werden, dass sich im Laufe der Jahrzehnte ein stabiler Untergrund in einen instabilen verwandeln kann und auch die Begutachtung durch einen Fachmann nichts genutzt hätte. Meist passieren solche Ereignisse durch eine langjährige Veränderung des unterirdischen Wasserabflusses. Als Beispiel sei hier ein um 1850 errichteter Vierkanthof in St. Valentin genannt. In den letzten Jahrzehnten hatte es immer wieder kleinere Bodenbewegungen gegeben, die sich in Form kleiner Risse am Mauermerk bemerkbar machten. Durch die Niederschlagsereignisse des Jahres 2002 verlor der leicht geneigte Hang sein Gleichgewicht und es begannen so starke Bewegungen (Rutschungen und Setzungen), dass im Jahre 2004 ein Wohn- und Betretungsverbot durch die Behörde verhängt werden musste. Wände und Decken stürzten ein und am Ende wurden sämtliche Gebäude des Vierkanthofes abgerissen, da eine Sanierung unmöglich war.

Abb. 1: Vierkanthof in St. Valentin kurz vor dem Abriss (2007)

Fig. 1: Building in St. Valentin shortly before its demolition (2007)

Aus geologischer Sicht kann davon ausgegangen werden, dass bei mehr als der Hälfte aller durch Naturereignisse hervorgerufenen Schäden diese nur deswegen auftreten, weil Bauwerke an einer Stelle stehen, wo sie nicht gebaut werden hätten sollen.

3. Differenzierte Entwicklungen für unterschiedliche Arten von Naturgefahren

Im letzten Jahrzehnt sind Katastrophenereignisse in einer bislang unbekannten Häufigkeit und Dimension aufgetreten. Besonders ins Bewusstsein der Bevölkerung sind natürlich die verheerenden Überflutungsereignisse gedrungen (z.B. Traisen 1997, Krems und Kamp 2002). Aber auch Rutschungen wurden in dieser Zeit verstärkt von einer breiteren Öffentlichkeit wahrgenommen. Mehrfach waren ganze Regionen von einer Vielzahl derartiger Ereignisse betroffen (z.B. Gasen-Haslau 2005, Flyschzone in Niederösterreich 2009, Feldbach 2010).

Bereits frühzeitig (1999) hat der NÖ Landtag im NÖ ROG darauf reagiert: Es wurden verpflichtende Maßnahmen für solche unbebauten Baulandbereiche festgelegt, deren Gefährdung sich erst später herausstellt. Für die Naturgefahr „Wasser“ wurde darüber hinaus das Schutzniveau für neue Baulandwidmungen präzisiert („HW 100“).

Auf der anderen Seite wurde die Erstellung von Gefahrenzonenplänen bzw. von Abflussuntersuchungen deutlich intensiviert und zwar sowohl für Wildbäche als auch für andere Flüsse. In diesen Plänen sind nun nicht bloß die Überflutungsbereiche eines 30- bzw. 100-jährlichen Hochwassers dargestellt, sondern auch flächendeckende Informationen, etwa über Wassertiefen, Strömungsgeschwindigkeiten und Schleppspannungen.

Auch im Hinblick auf geogene Naturgefahren gibt es immer mehr Informationsquellen.

Sowohl im Internet als auch im Intranet der NÖ Landesverwaltung liegt leicht verfügbar eine Reihe von Grundlagen vor, die für die Abschätzung einer möglichen Gefährdung durch Massenbewegungen herangezogen werden können:

- Teilinhalte der Geologischen Karte 1:50.000 (sofern sie schon vorhanden ist) der Geologischen Bundesanstalt in Wien
- die Massenbewegungs-Datenbank der Geologischen Bundesanstalt im Internet
- die interne GEORIOS-Datenbank der Geologischen Bundesanstalt
- die elektronische Bodenkarte
- der Baugrundkataster des geologischen Diensts im Land NÖ (siehe auch 5.2.1)
- seit kurzem auch die flugzeuggestützten Laserscanning-Daten (ALS-Daten) (im landesinternen Intranet) mit digitalem Geländemodell und Schummerung (siehe auch 5.2.2)

Für diese Quellen gilt jedoch, dass sie dem Laien meist keine klaren Hinweise für eine mögliche Gefährdung liefern können. Im Regelfall ist eine gewisse Vorkenntnis notwendig, in vielen Fällen bleibt allerdings auch ein relativ großer Graubereich bestehen. So wurde etwa die amtliche Bodenkarte nicht eigens für den Informationsbedarf der Raumordnung erstellt.

Somit ist im Vergleich der unterschiedlichen Typen von Naturgefahren eine deutliche Schieflage zu erkennen:

Für die Naturgefahr „Wasser“ ist ein klares Schutzniveau normiert und in wenigen Jahren werden Gefahrenzonenpläne und Abflussuntersuchungen weitgehend flächendeckend Auskunft über das Ausmaß und die Intensität der Gefährdung geben. Für die Naturgefahr „gravitative Massenbewegungen“ gibt es – bis auf die Hinweise in den Gefahrenzonenplänen der Wildbach- und Lawinenverbauung – nichts Vergleichbares. Für die Ausarbeitung von Gefahrenhinweiskarten zu Massenbewegungen gibt es auch keine gesetzliche Grundlage.

4. Auf dem Weg zu einer geogenen Gefahrenhinweiskarte

Daher ist auch im Land Niederösterreich die Notwendigkeit erkannt worden, eine für ihre Zwecke erstellte Grundlage für die Beurteilung der Gefährdung durch Massenbewegungen zu erarbeiten. Die Gefahrenzonenpläne der Wildbach- und Lawinenverbauung eignen sich dafür nur eingeschränkt:

Zum einen stellt die Beurteilung von Rutschungs- oder Steinschlaggefährdungen nicht das zentrale Aufgabengebiet der Gefahrenzonenpläne dar, sondern sie bilden quasi ein Nebenprodukt zur eigentlichen Hauptaufgabe, die in der Beurteilung von Gefahren aus Wildbächen und Lawinen liegt.

Zum anderen werden lediglich die sogenannten „Raumrelevanten Bereiche“ durch die Pläne abgedeckt und diese sind eher eng abgegrenzt.

Die Möglichkeit von Massenbewegungen und dadurch verursachter Schäden beschränkt sich allerdings nicht auf die „Raumrelevanten Bereiche“. Als Beispiel sei hier ein Bauernhof in der Streusiedlung „Endholz“ genannt. Es handelt sich um ein landwirtschaftliches Anwesen im Grünland, welches im Jahr 2007 durch Bodenbewegungen erheblich beschädigt worden ist. Gleiches gilt für den oben genannten Katastrophenschaden in St. Valentin.

In der Raumordnung muss die Frage der Standorteignung daher auch für Grünlandwidmungen außerhalb von Ortsbereichen (etwa in Gestalt von neuen landwirtschaftlichen Hofstellen oder den oben geschilderten „erhaltenswerten Gebäuden im Grünland“) berücksichtigt werden. Daher wurde vonseiten des Amts der NÖ Landesregierung nach Möglichkeiten gesucht, eine Grundlage zu schaffen, die einen breiteren Raum-

Abb. 2: Schaden durch Massenbewegung in der Streusiedlung „Endholz“.

Fig. 2: Damage caused by landslides in the distracted settlement “Endholz”

bereich abdeckt und sich speziell mit den geogenen Baugrundrisiken auseinandersetzt.

Die Erfahrungen anderer Bundesländer, die bereits auf unterschiedlichem Wege begonnen hatten, geologische Gefahrenhinweiskarten zu erstellen, lieferten wertvolle Erkenntnisse. In Oberösterreich wurden etwa die Schadensmeldungen der verschiedenen Behörden in einer Karte erfasst. In Kombination mit den geologischen Einheiten, welche den Untergrund aufbauen, sowie Hinweisen aus der Literatur wurden Gefahrenhinweisflächen für sämtliche Massenbewegungen ermittelt. Die Eintragung der Fläche erfolgt von einem Experten und somit ist eine gewisse Subjektivität gegeben. Zudem musste sich das Land Oberösterreich mit diesem Ansatz relativ eng an die gewidmeten Baulandbereiche und Erweiterungsflächen halten. Im Burgenland hingegen wurden zwar nur flachgründige Rutschungen bearbeitet, weil sie den Hauptanteil der Massenbewegungen bilden, aber die Ermittlung der Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens erfolgte flächendeckend und EDV-gestützt mithilfe von statistischen Methoden. Als Grundlage wurden Daten zu Geologie, Hangneigung, Exposition, tektonischen Störungen, Entfernung zu Straßen, Oberflächengewässern und Landnutzung herangezogen.

Eine Auflistung der in ganz Österreich verwendeten Methoden, Karten und Datenbanken zu Massenbewegungen liefert die Publikation von Schweigl & Hervas (2009).

Ein praktischer Vergleich der beiden Ansätze hat vonseiten des Landes Niederösterreich, trotz der noch nicht vollständigen Flächendeckung mit der Geologischen Karte 1:50.000, eine klare Präferenz für den geostatistischen Ansatz gebracht. Vor allem wären im Rahmen eines Forschungsprojekts an die geologischen und geomorphologischen Verhältnisse Niederösterreichs angepasste neue Methoden zu entwickeln.

5. Projekt MoNOE – Methoden und erste Ergebnisse

5.1 Einleitung

Das Projekt „Methodenentwicklung zur Modellierung von Massenbewegungen in Niederösterreich (MoNOE)“ ist ein gemeinsames Forschungsprojekt der Universität Wien (Institut für Geographie und Regionalforschung), dem Austrian Institute of Technology (AIT) sowie Joanneum Research und wird vom Land NÖ maßgeblich gefördert. Alle drei Projektpartner haben bereits einschlägige Erfahrungen in diesem Forschungsbereich. Die vorliegende Kooperation stellt allerdings eine Novität dar.

Durch Vorarbeiten wurde deutlich, dass keine einheitliche und allgemein akzeptierte Methode zur Abschätzung räumlicher Gefährdungen durch gravitative Massenbewegungen existiert. Deshalb werden im Projekt MoNOE unterschiedliche Methoden zur räumlichen Gefährdungsanalyse getestet und bereitgestellt.

In der konkreten Umsetzung wird dieses übergeordnete Ziel über folgende Teilziele verfolgt:

a) Erstellung eines möglichst umfassenden Inventars für stürzende, rutschende und kriechende Massenbewegungsprozesse
b) Prozessadäquate Aufbereitung und Homogenisierung von sämtlichen für die Gefährdungsmodellierung notwendigen Raumdaten
c) Entwicklung und Evaluierung von Methoden für die Modellierung von stürzenden, rutschenden und kriechenden Massenbewegungsprozessen
d) Zusammenführung der prozessspezifischen Ergebnisse zu einer integrativen Gefährdungsabschätzung
e) Definition der Grenzen der Gefährdungsklassen
f) Analyse des Human Impacts für Teilgebiete und Überprüfung der Integrationsfähigkeit in die räumliche Gefährdungsmodellierung
g) Endnutzeroptimierte Visualisierung der finalen Ergebnisse im Maßstab 1:25.000

Die ersten Ergebnisse liegen für die Teilziele a) bis c) vor und sind in der vorliegenden Studie in den folgenden Kapiteln kurz dargestellt. Die anderen Teilziele sind noch in Bearbeitung.

5.2 Rutschungsinventare

Inventare von gravitativen Massenbewegungen bilden eine entscheidende Datengrundlage für die Gefährdungsmodellierung und haben einen großen Einfluss auf die Qualität der resultierenden Gefahrenhinweiskarten. In Niederösterreich werden von verschiedenen Institutionen Inventare zu gravitativen Massenbewegungen geführt, welche aufgrund des spezifischen Zwecks der Erhebung, der Zielsetzung und den bei der Erstellung verfügbaren Mitteln große Unterschiede in Informationsgehalt, Lagegenauigkeit und Dichte der Einträge aufweisen. Im Hinblick auf die Verwendung in der Gefährdungsmodellierung bedarf es einer Optimierung dieser Datengrundlage, was besonders für die Analyse großer Untersuchungsgebiete mit mehreren 100 km² eine Herausforderung darstellt. Im Folgenden wird beispielhaft auf zwei im Rahmen des Projektes MoNOE analysierte und erstellte Inventare näher eingegangen.

5.2.1 Baugrundkataster

Mit dem Baugrundkataster des Landes Niederösterreich liegt eine umfangreiche Datenquelle vor, die als Basis für die Gefährdungsmodellierung von rutschenden und kriechenden Prozessen eingesetzt werden kann. Diese als Punktinformation vorliegenden Daten von sehr unterschiedlicher Qualität mussten für den Einsatz umfassend aufbereitet werden. So sind von insgesamt ca. 6000 Einträgen im Kataster (Stand 2009) nur etwa 1500 Einträge als Grundlage im o. a. Kontext verwendbar. Eine weiterführende Analyse, die alle Unterlagen des Katasters umfasst (Gutachten, Stellungnahmen etc.), hat gezeigt, dass für die erwähnten 1500 Einträge weitere Ausschließungsgründe vorliegen. Ausschließungsgründe sind beispielsweise vorliegende Untergrundverhältnisse, denn in vielen Fällen ereignen sich Rutschungen in künstlichen Anschüttungen bzw. Böschungen. Eine derartige Rutschung ist nicht typisch für einen Standort, da diese in einer künstlich geschütteten Böschung an jedem Punkt des Untersuchungsgebietes auftreten kann. Im Testbezirk Waidhofen/Ybbs (142 auswertbare Datensätze) zeigte sich, dass 41% der Datensätze aus derartigen Gründen nicht uneingeschränkt als Modellierungsbasis übernommen werden können.

5.2.2 Kartierung von Rutschungen auf Basis des hoch aufgelösten digitalen Geländemodells aus ALS-Daten

Die visuelle Interpretation von hoch aufgelösten flugzeuggestützten Laserscanning-Daten (ALS-Daten) bietet ein großes Potenzial für die Optimierung der Inventare (Haugerund et al. 2003, Schulz 2004, Glenn 2006, Bell 2007, Schulz 2007, Proske et al. 2008). Durch die 1m-x-1m-Auflösung der ALS-Daten können einzelne Rutschungen und deren Grenzen anhand morphologischer Strukturen besonders auch in waldbedeckten Gebieten sehr gut erkannt und kartiert werden (van den Eeckhaut et al. 2007).

Aufgrund der Größe des Untersuchungsgebietes und der gebietsweise sehr hohen Anzahl von gravitativen Massenbewegungen wurde für die Kartierung eine Strategie entwickelt, um effizient und mit relativ kurzem Zeitaufwand ein optimiertes Inventar erstellen zu können.

Diese Strategie umfasst folgende Kriterien:

- Die Erfassung von Rutschungen wird in allen geologischen Einheiten im gesamten Gebiet durchgeführt. Hinsichtlich der statistischen Modellierung werden nicht alle Rutschungen, sondern nur ein repräsentativer Teil erfasst.
- Aufgrund der Datengrundlage beträgt die minimale Größe der kartierten Rutschungsflächen 100 m².
- Als wichtiger Hinweis auf instabile Gebiete dienen die bestehenden Inventare der geologischen Bundesanstalt (GEORIOS Kociu et al. (2007)), des geologischen Dienstes der NÖ Landesregierung (Baugrundkataster, Schwenk (1996)) und der Gebietsbauleitungen der Wildbach- und Lawinenverbauung in Niederösterreich.
- Die aufgenommenen Flächen werden als verschiedene Rutschungstypen oder als Rutschungsbereich (Fläche mit mehreren, eng angrenzenden Rutschungen, deren einzelne Abgrenzungen schwer differenzierbar sind) ausgewiesen. Die kartierten Typen von gravitativen Massenbewegungen sind Fließen, Rutschen und Komplex. Stürzende Prozesse werden in diesem Inventar nicht aufgenommen.

Als Testgebiet für die Kartierung diente der Bezirk Waidhofen an der Ybbs. Erste Ergebnisse (Abbildung 3) zeigen, dass die Kartierung eine bessere Lagegenauigkeit erreichen kann und auch der Zeitaufwand in Relation zu den Ergebnissen steht.

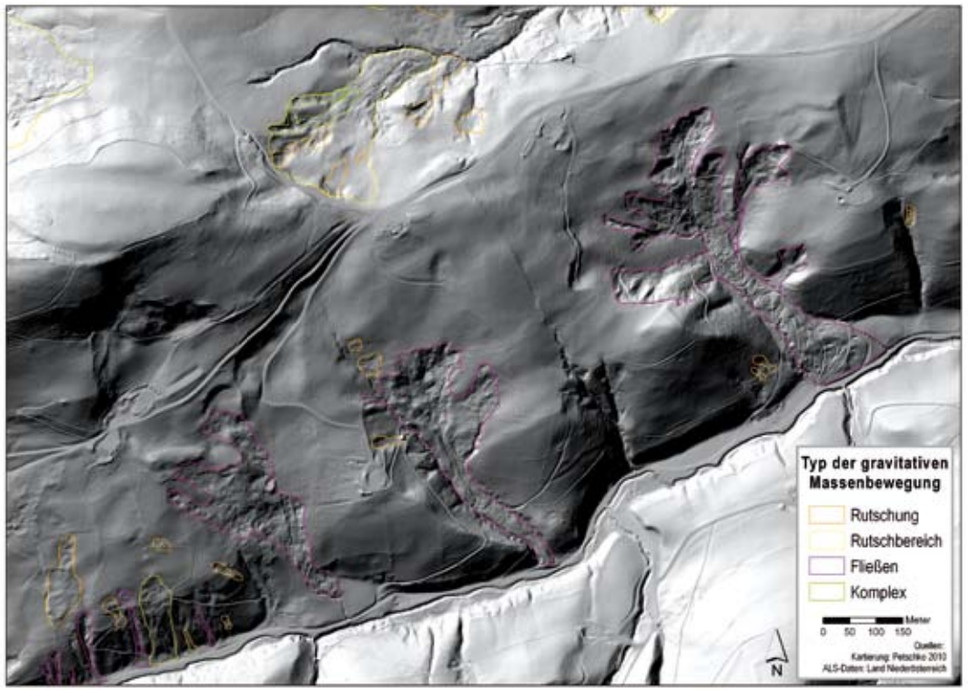

Abb. 3: Kartierung auf Basis einer Schummerung aus ALS-Daten (Auflösung 1m x 1m) im Gebiet Konradsheim (Waidhofen/Ybbs)

Fig. 3: Inventory mapping on basis of a hillshade from airborne laser scanning data (resolution 1m x 1m) in the region of Konradsheim (Waidhofen/Ybbs)

5.3 Rutschungsmodellierung

Die Gefährdung durch gravitative Massenbewegungen wird von mehreren Faktoren beeinflusst (Geologie, Tektonik, Lithologie, Morphologie u. a.). Aufgrund stattgefundener Ereignisse und der Bewertung ihrer oben genannten Einflussfaktoren kann auf die räumliche Eintrittswahrscheinlichkeit zukünftiger Ereignisse gleichen Typs bei vergleichbaren Auslösern geschlossen werden. Im Folgenden werden zwei Methoden zur Gefährdungsmodellierung vorgestellt, die im Projekt MoNOE getestet werden.

5.3.1 Weights of Evidence

Eine Methode zur Einschätzung der Gefährdung durch gravitative Massenbewegungen ist die Methode der Evidenzgewichtung (Weights of Evidence, Klingseisen u. Leopold 2006), bei der es sich um einen räumlichen Ansatz handelt, der von Bonham-Carter et al. (1989) für rohstoffgeologische Zwecke eingeführt wurde. Für geomorphologische Fragestellungen wurde diese Methode z. B. von Neuhäuser (2005) zur Gefährdungseinschätzung von gravitativen Massenbewegungen verwendet.

Die Eingangsdaten für diese Studie umfassen die zuvor homogenisierten und gefilterten Daten des NÖ Baugrundkatasters (siehe Kapitel 5.2.1), welche georeferenziert als Trainingspunkte für die Modellierung verwendet wurden. Des Weiteren sind als Einflussfaktoren (Evidenzlayer)

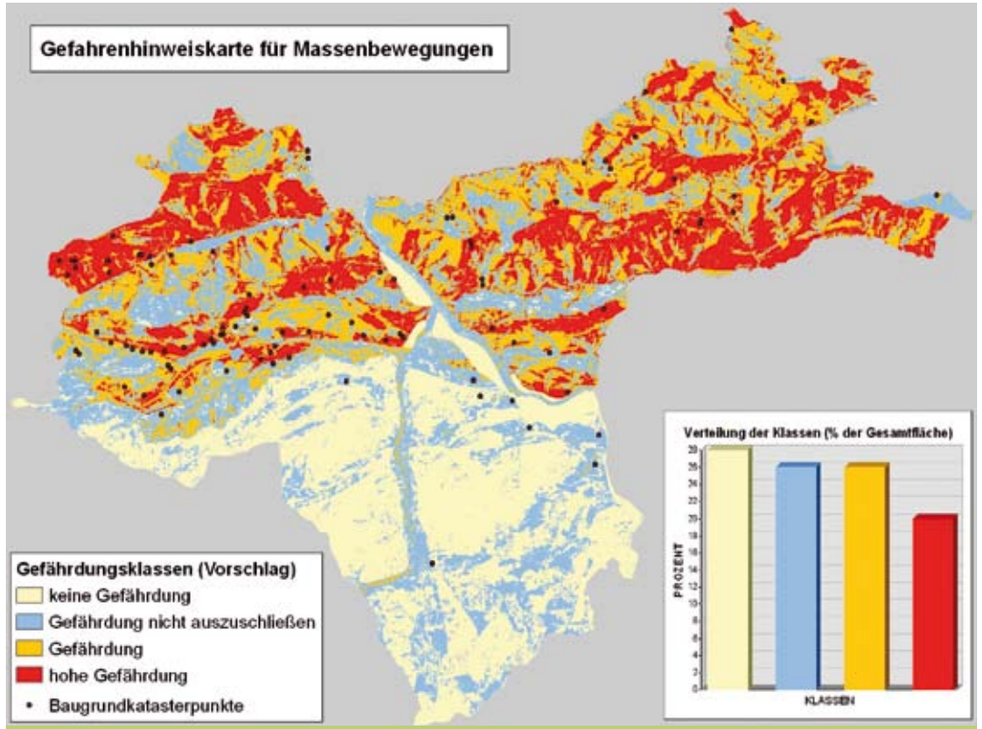

Abb. 4: Gefahrenhinweiskarte für Massenbewegungen (Prozess Rutschen/Kriechen)

Fig. 4: Landslide susceptibility map (Process types Slide/Creep)

die Parameter Hangneigung, Exposition, Landbedeckung, Deckengrenzen und Geologie als flächendeckende Rasterdatensätze mit einer Zellengröße von 10m x 10m berücksichtigt worden.

Zunächst wird die Wahrscheinlichkeit für das räumliche Auftreten eines Ereignisses, noch unabhängig von der Auswirkung verschiedener Einflussfaktoren, aufgrund der dokumentierten Fälle aus der Vergangenheit errechnet (A-priori-Wahrscheinlichkeit). Im nächsten Schritt werden die oben genannten Evidenzparameter in die Berechnung einbezogen, wodurch man die bedingten oder A-posteriori-Wahrscheinlichkeiten erhält. Diese geben die Wahrscheinlichkeiten an, dass bei Vorliegen einer bestimmten Bedingung (Evidenzparameterklasse) ein Ereignis eintritt. Über Methoden der Bayes-Statistik werden beide Wahrscheinlichkeitstypen zusammengeführt und damit die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Massenbewegungsereignisses bei bestimmten Evidenzparameterkonstellationen an einem bestimmten Ort errechnet. Für die Einschätzung einer Gefährdung im Sinne einer Gefahrenhinweiskarte (Lateltin, 1997) für gravitative Massenbewegungen (Prozess Rutschen/Kriechen) wurden abschließend diese Ergebnisse in Gruppen klassifiziert, die aber noch einer detaillierten Abstimmung bedürfen. Ein erstes Ergebnis für den Testbezirk Waidhofen/Ybbs ist in Abbildung 4 dargestellt.

5.3.2 Logistische Regression

Eine weitere Methode zur Erstellung von Gefahrenhinweiskarten ist die statistische Methode der logistischen Regression (Brenning 2005, van den Eeckhaut 2006, Bell 2007). Die Methode beruht darauf, dass die Informationen zur Lage der Rutschungen als abhängige Variable mit den unabhängigen Variablen der Merkmale der dort vorliegenden Einflussfaktoren (u.a. Geologie, Hangneigung, Oberflächenformen) mittels logistischer Regression in Beziehung gesetzt werden. Dazu wird eine zufällige Auswahl von Punkten innerhalb und außerhalb der Rutschungen erstellt und die Merkmale der Einflussfaktoren werden an diesen Punkten extrahiert. Die durch Verschneidung der Informationen der Punkte berechneten Regressionskoeffizienten werden in weiterer Folge für die Berechnung der Gefährdung für das gesamte Untersuchungsgebiet verwendet.

Im Anschluss an die Modellierung folgt eine Validierung der Ergebnisse durch Kreuzvalidierung mit unabhängigen Testdatensätzen zu Rutschungen (zum Beispiel einer anderen zufälligen Punktauswahl, oder eines anderen Ereignisses), um die statistische Güte der Ergebnisse zu ermitteln. Die Validierung bietet, neben der Analyse von Unsicherheiten der Eingangsdaten, eine Möglichkeit zur Abschätzung der Aussagekraft der resultierenden Gefahrenhinweiskarte, was insbesondere im Hinblick auf die geplante Verwendung in der Raumordnung von großer Bedeutung ist.

Erste Modellierungsergebnisse liegen für den Bezirk Waidhofen an der Ybbs vor. Die Modellierung wurde in einer Rastergröße von 10m x 10m und mit der Lage der Punkte im Anrissbereich der Rutschungen durchgeführt. Die ersten Gefahrenhinweiskarten zeigen, dass die Verwendung der kartierten Rutschungen und der verschiedenen, aus den ALS-Daten abgeleiteten morphometrischen Derivate (z.B. Hangneigung, Exposition, etc.) gute Ergebnisse liefern.

5.4. Modellierung von Steinschlag und Felssturz

Speziell für hochdynamische Sturzprozesse ist die ausschließliche Modellierung der Disposition für die Auslösung eines Ereignisses (Abbruchgebiete) ohne Bestimmung der Reichweite potenzieller Ereignisse (Sturzbahnen, Ablagerungsgebiete) von geringer Aussagekraft. Im Projekt kommen daher GIS-gestützte Ansätze zur Umsetzung, die ein Dispositionsmodell mit einem Reichweitenmodell kombinieren.

Bei Untersuchungen auf der regionalen Ebene ist zu berücksichtigen, dass einerseits große Gebiete zu bearbeiten sind, gleichzeitig aber auch detaillierte Aussagen, die als Planungsgrundlage dienen können, getroffen werden sollen. Die Ergebnisse sollen zumindest angeben, welche kritischen Bereiche im Rahmen von Untersuchungen auf der lokalen Ebene genauer analysiert werden müssen.

Durch die neuen Datenquellen (ALS-Daten, verbesserte geologische Grundlagen), aber auch durch die kaum mehr vorhandene Limitierung aufgrund der Rechnerleistungen ergeben sich sowohl für die Dispositions- als auch für die Reichweitenmodellierung gegenüber den in der Vergangenheit angewandten Methoden entscheidend verbesserte Möglichkeiten.

5.4.1 Dispositionsmodellierung

Als erste Testgebiete für die Entwicklung des Dispositionsmodells wurden die Bezirke Waidhofen/Ybbs und Amstetten ausgewählt. Da das Ereignisinventar des Baugrundkatasters für den Prozess Steinschlag/Felssturz zu große Lücken aufweist, hat sich ein rein statistischer Ansatz für die Dispositionsmodellierung als nicht zielführend erwiesen. Auch die Auswertung der Orthofotos hat in den überwiegend bewaldeten Mittelgebirgsregionen der Testgebiete nur zu einer unwesentlichen Verbesserung der Datenlage geführt. Dies gilt auch bei Einbeziehung weiterer Datenquellen (Wildbach- und Lawinenverbauung, Österr. Bundesbahnen, Organe der Straßenaufsicht). Zur Nutzung aller verfügbaren Daten wird trotzdem das kompilierte Ereignisinventar für die Validierung der Modellierungsergebnisse benötigt. Die Disposition für Steinschläge und Felsstürze wird hingegen über empirische Methoden auf Basis der umfangreichen wissenschaftlichen Literatur zu diesem Thema (beispielsweise Toppe 1987, van Dijke & van Westen 1990, Wichmann 2006, Wichmann & Becht 2006) modelliert. Diese Methoden stützen sich vor allem auf topographische Faktoren (z.B. Hangneigung, Hangwölbung, Reliefdiskontinuitäten) und die geologisch-tektonische Situation (Lithologie, Trennflächengefüge, tektonische Beanspruchung). Für die topographischen Faktoren der Dispositionsmodellierung kommt dem hochauflösenden ALS-Geländemodell eine besondere Bedeutung zu.

Die für erste Reichweitenmodellierungen als Grundlage verwendete Modellierung der Disposition erfolgte unter Berücksichtigung der Hangneigung, wobei für unterschiedliche geologische Einheiten auf Basis von Geländebegehungen unterschiedliche Grenzneigungswinkel definiert werden konnten. Zusätzlich wurden die Hangwölbung sowie die durch das AIT berechnete Lineamentdichte, als Indikatoren für die tektonische Beanspruchung, in die Modellierung miteinbezogen.

5.4.2 Reichweitenmodellierung

Die flächendeckende Reichweitenmodellierung erfolgt mithilfe von empirischen Verfahren (geometrisches Gefälle, Fahrböschungs-, Schatten- und ähnliche Winkel) (Evans & Hungr 1993, Meißl 1998). Diese Ansätze haben vor allem dann ihre Berechtigung, wenn die physikalischen Zusammenhänge nicht ausreichend bekannt sind oder wenn zu wenige Daten zu ihrer Modellierung zur Verfügung stehen. Die ersten bereits vorliegenden Modellierungen für die Bezirke Waidhofen/Ybbs und Amstetten wurden auf Basis des Programms CONEFALL (Jaboyedoff 2003) vorgenommen (Abb. 5).

In ausgewählten Gebieten, in denen auch eine

Gefährdung für Siedlungen und/oder die Infrastruktur besteht, wird darüber hinaus eine numerische Reichweitenmodellierung mittels eines adaptierten SAGA-Moduls (RockHazard, Wichmann 2006) durchgeführt werden.

Dafür ist die Definition der repräsentativen Größe von Einzelblöcken, die sich aus einem Abbruchgebiet lösen können, wesentlich. Diese Festlegung mit Einteilung in vier Klassen auf Basis von vorhandenen Literaturunterlagen und repräsentativen Geländeuntersuchungen stellte daher den ersten Arbeitsschritt dar.

Durch den Einsatz der Laserscanner-Daten (Gelände- und Oberflächenmodell) können darüber hinaus die Zusammenhänge zwischen Sturzprozessen und dem Einfluss verschiedener Waldparameter berücksichtigt werden.

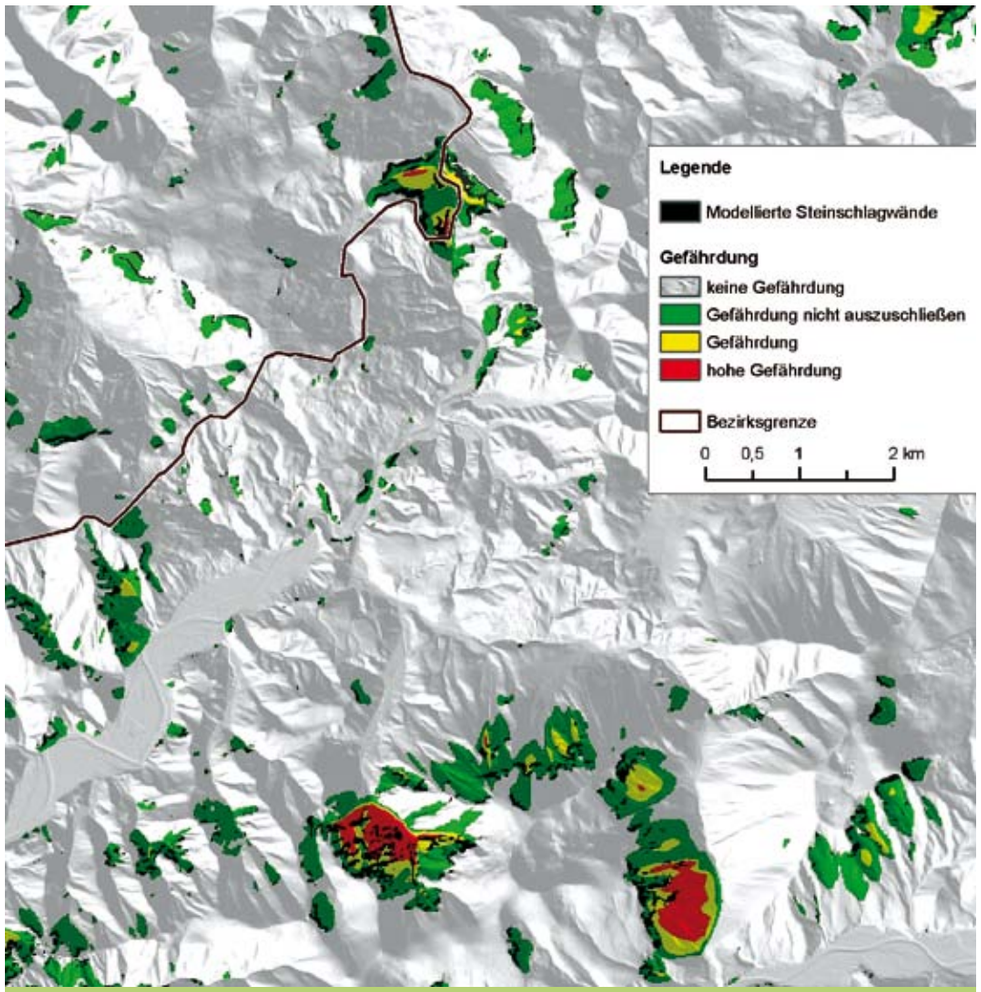

Abb. 5: Ausschnitt aus der Gefahrenhinweiskarte der Bezirke Amstetten und Waidhofen/Ybbs für stürzende Prozesse (Steinschlag/Felssturz)

Fig. 5: Excerpt of a rock fall susceptibility map in the region of Amstetten and Waidhofen/Ybbs

5.5 Ausblick

Die vorläufigen Gefährdungskarten lassen die Möglichkeiten Ihrer Verwendung in der Raumordnung erahnen. Selbstverständlich müssen die vorläufigen Karten noch umfassend weiterbearbeitet werden. Neben den Verbesserungen der Datengrundlagen müssen beispielsweise Validierungen durchgeführt werden, um die Qualität der Ergebnisse besser einstufen zu können. Die Validierung ist ein ganz zentraler Schritt.

Weiterhin sind aber auch Aspekte der endnutzerorientierten Visualisierung von großer Bedeutung. Hierzu gehören beispielsweise die Festlegung der optimalen darzustellenden Rastergröße oder die Abgrenzung der Gefährdungsklassen. Dies sind alles Aspekte, die noch mit Fachverantwortlichen und Raumplanern erarbeitet werden müssen. Der Abschluss des Projekts ist mit Ende 2012 geplant.

6. Künftige Herausforderungen für die Raumplanung

Gefahrenhinweiskarten für Massenbewegungen im Maßstab 1:25.000 werden für Nichtfachleute, wie etwa Raumplaner oder Baubehörden ein Hilfsmittel für verschiedene Planungen darstellen. Grundsätzlich sollen sie eine erste Entscheidungshilfe in der Planung bei folgenden Fragestellungen sein:

1. Ist eine Fläche potenziell durch Massenbewegungen betroffen oder gefährdet?
2. Ist für eine Umwidmung oder Bebauung ein geologisches oder geotechnisches Gutachten erforderlich?
3. Ist eine Bebauung oder Umwidmung überhaupt auszuschließen?

Eine geologische oder geotechnische Expertise für einzelne Flächen können diese Karten selbst nicht ersetzen.

Inwieweit eine klare Grenze für die Zulässigkeit einer Baulandwidmung aufgrund einer Rutschungs- oder Steinschlaggefahr (vergleichbar mit der HW-100-Regelung beim Hochwasser) festgelegt werden kann, wird in der Zukunft noch ausführlicher zu diskutieren sein. In vielen Fällen wird die Möglichkeit einer Gefährdung durch Massenbewegungen wohl im Bauverfahren beherrschbar sein. Es wird in der Raumordnung sichergestellt werden müssen, dass Expertisen, die in Raumordnungsverfahren erstellt werden und diesbezügliche Hinweise enthalten, ihren Weg auch in die – oft Jahre später durchzuführenden – Baubewilligungsverfahren finden.

Anschrift der Verfasser / *Authors' addresses:*

Dipl.-Ing. Gilbert Pomaroli
Amt der NÖ Landesregierung, Abteilung Raumordnung und Regionalpolitik
Landhausplatz 1, 3109 St. Pölten

Dr. Rainer Bell, Univ.-Prof. Dipl.-Geogr. Dr. Thomas Glade, Mag. Helene Petschko
Universität Wien, Institut für Geographie und Regionalforschung
Universitätsstraße 7, 1010 Wien

Dr. Gerhard Heiss, Mag. Philip Leopold
Austrian Institute of Technology, Department Health & Environment
2444 Seibersdorf
Mag. Herwig Proske
Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, DIGITAL – Fernerkundung und Geoinformation
Wastiangasse 6 , 8010 Graz

Mag. Dr. Joachim Schweigl
Amt der NÖ Landesregierung, Abteilung Allgemeiner Baudienst – Geologie
Landhausplatz 1, 3109 St. Pölten

Literatur / *References:*

BELL, R. (2007):
Lokale und regionale Gefahren- und Risikoanalyse gravitativer Massenbewegungen an der Schwäbischen Alb.- Dissertation. Math.-Naturwissenschaftliche Fakultät. Universität Bonn, Bonn. (online: http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online/math_nat_fak/2007/bell_rainer)

BONHAM-CARTER, G.F., AGTERBERG, F.P. & WRIGHT, D.F. (1989):
Weights of evidence modelling: a new approach to mapping mineral potential. - In: Statistical Applications in Earth Sciences, Nr. 89-9. - Geological Survey of Canada: 171-183

BRENNING, A (2005):
Spatial prediction models for landslide hazards: review, comparison and evaluation. Natural Hazards and Earth System Sciences, 5: 853-862.

EVANS, S.G. & HUNGR, O. (1993):
The Assessment of Rock Fall Hazards at the base of Talus Slopes. Canadian Geotechnical Journal 30(4): 620–636.

GLENN, N.F., STREUTKER, D.R., CHADWICK, D.J., THACKRAY, G.D., DORSCH, S.J., (2006):
Analysis of LiDAR-derived topographic information for characterizing and differentiating
landslide morphology and activity.- Geomorphology 73: 131–148

HAUGERUND, R.A., HARDING, D.J., JOHNSON, S.Y., HARLESS, J.L. AND C.S. WEAVER, (2003):
High-Resolution Lidar Topography of the Puget Lowland, Washington – A Bonanza for Earth Science.- GSA Today, Vol. 13: 4-10.

HOSMER, D.W. & LEMESHOW, S. (2000):
Applied logistic regression. Wiley series in probability and mathematical statistics - applied probability and statistics section.- A Wiley-Interscience publication. Wiley, New York.

JABOYEDOFF, M. (2003):
CONEFALL 1.0 User's Guide.- Open Report – SOFT – 01, Quanterra, International Independent Center of Climate Change Impact on Natural Risk Analysis in Mountainous Area, Lausanne, www.quanterra.org.

KLINGSEISEN, B. & LEOPOLD, P. (2006):
Early Landslide Prediction in Non-Alpine Areas.- Proceedings of the 26th International ESRI User Conference, San Diego, USA, 7-11 August. SEITENZAHLEN??

KOCIU, A., KAUTZ, H., TILCH, N., GRÖSEL, K., HEGER, H. & REISCHER, J. (2007):
Massenbewegungen in Österreich.- Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 147, Heft 1+2, 215-220.

LATELTIN, O. (1997):
Empfehlungen Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten.- BA f. Umwelt Wald u. Landschaft, BA f. Wasserwirtschaft, BA f. Raumplanung, Bern.

PROSKE, H., GRANICA, K., HIRSCHMUGL, M. & WURM, M. (2008):
andslide Detection and Susceptibility Mapping using innovative Remote Sensing Data Sources.- In: Proc. Interpraevent, 2, Dornbirn: 219–229.

MEIßL, G. (1998):
Modellierung der Reichweite von Felsstürzen.- Innsbrucker Geographische Studien (28), Innsbruck.

NEUHÄUSER, B. (2005):
Probabilistische Beurteilung der Rutschanfälligkeit zur Einschätzung der Gefährdung durch Hangrutschungen am Beispiel Schwäbische Alb.- In: Strobl, J., Blaschke, T., & Griesebner, G. (Ed.): Angewandte Geoinformatik 2005 - Beiträge zum 17. AGIT-Symposium Salzburg. Wichmann Verlag, Heidelberg.

SCHULZ, W.H. (2004):
Landslides mapped using LiDAR imagery, Seattle, Washington.- U.S. Geological Survey Open-File Report 2004-1396.

SCHULZ, W.H. (2007):
Landslide susceptibility revealed by LIDAR imagery and historical records, Seattle, Washington.- Engineering Geology 89, 67-87.

SCHWEIGL, J., Hervas, J. (2009):
Landslide Mapping in Austria. JRC Scientific and Technical Reports, EUR 23785 EN – 2009, 61 S., Ispra

SCHWENK, H., SPENDLINGWIMMER, R. & SALZER, F. (1992):
Massenbewegungen in Niederösterreich, 1953 – 1990.- Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 135, Heft 2, 597-660.

TOPPE, R. (1987):
Terrain models - A tool for natural hazard mapping.- IAHS Publications 162: 629–638.

VAN DEN EECKHAUT, M., VANWALLEGHEM, T., POESEN, J., GOVERS, G., VERSTRAETEN, G. & VANDEKERCKHOVE, L. (2006):
Prediction of landslide susceptibility using rare events logistic regression: A case-study in the Flemish Ardennes (Belgium).- Geomorphology, 76(3-4): 392-410

VAN DEN EECKHAUT, M., POESEN, J., VERSTRAETEN, G., VAN ACKER, V., NYSSEN, J., MOEYERSONS, J., VAN BEEK, L.P.H. & VANDEKERCKHOVE, L. (2007):
The use of LIDAR-derived images for mapping old landslides under forest.- Earth Surface Processes and Landforms, 32: 754-769.

VAN DIJKE, J.J. & VAN WESTEN, C.J. (1990):
Rockfall Hazard: a Geomorphologic Application of Neighbourhood Analysis with ILWIS.- ITC Journal (I): 40 44.

WICHMANN, V. (2006):
Modellierung geomorphologischer Prozess in einem alpinen Einzugsgebiet. Abgrenzung und Klassifizierung der Wirkungsräume von Sturzprozessen und Muren mit einem GIS.- Eichstätter Geographische Arbeiten, 15: 231 S. München.

WICHMANN, V. & BECHT, M. (2006):
Rockfall modelling: methods and model application in an alpine basin (Reintal, Germany).- Göttinger Geographische Abhandlungen, 115, 105–116.

Geolith Consult
Geologie & Geotechnik
Planung
Beratung
Erkundung
Baubegleitung
Büro Graz:
W.-Goldschmidt-G. 35/5
A-8042 Graz
Tel.: 0316 890 327
Deutschlandsberg:
Limberg1
Schloss Limberg
A-8541 Schwanberg
Tel.: 03467 8291 20
www.geolith.at
BAUGEOLOGIE GEOTECHNIK HYDROGEOLOGIE ROHSTOFFGEOLOGIE INGENIEURGEOLOGIE