



GIS-basiertes Expertensystem zur Risikobewertung von Hanggleitungen in Wildbacheinzugsgebieten

Michael Brauner ¹, Egon Ganahl ²

¹ *Institut für Wildbach- und Lawinenschutz, Universität für Bodenkultur, Peter Jordanstraße 82, 1190 Wien*

² *Institut für Wildbach- und Lawinenschutz, Universität für Bodenkultur, Peter Jordanstraße 82, 1190 Wien*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **87** (2–3), S. 93–100

1999

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Brauner_VGI_199911,  
  Title = {GIS-basiertes Expertensystem zur Risikobewertung von Hanggleitungen  
    in Wildbacheinzugsgebieten},  
  Author = {Brauner, Michael and Ganahl, Egon},  
  Journal = {VGI -- {"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessung und  
    Geoinformation},  
  Pages = {93--100},  
  Number = {2--3},  
  Year = {1999},  
  Volume = {87}  
}
```





GIS-basiertes Expertensystem zur Risikobewertung von Hanggleitungen in Wildbacheinzugsgebieten

Michael Brauner und Egon Ganahl, Wien

Zusammenfassung

Die Modellanwendung ermöglicht das operationelle Auffinden von Hangbereichen, welche durch oberflächliche Rutschungen gefährdet sind. Die Kombination von statistischen Geländeanalysen mit prozeßorientiertem Expertenwissen erlaubt eine überregionale Anwendung des Modells. Die Verknüpfung der Modellebenen wird mit Fuzzy-Logik realisiert, wodurch ein individueller Modellaufbau möglich ist. Die Modellergebnisse basieren auf der interaktiven Informationsverarbeitung mit ArcView und den Matlab Fuzzy-Tools. Dadurch sind die einzelnen Modellschritte transparent, die Modellergebnisse nachvollziehbar und das Verfahren erfährt eine höhere Akzeptanz.

Abstract

The application allows the identification of potential unstable slopes. The combination of statistical analyses and process based experts' knowledge result in a regional model. The software-packages ArcView and Matlab Fuzzy Tools allow individual modelling techniques. Due to this the model is very transparent and results in a highly accepted regional risk management planning method.

1. Ziel

Durch das vorgestellte Modell soll der Einfluß der Geohydrologie, der Topographie sowie der Geologie auf flachgründige Gleitungen [7] bewertet und die Disposition zu oberflächennahen Hangbewegungen ermittelt werden. Die Modellentwicklung stützt sich auf vorhandene Daten regionaler Planungen und den Einsatz von Expertenwissen. Dadurch kann das Modell einerseits auf die regionale Datenbasis angepaßt und andererseits durch Expertenwissen überregional weiterentwickelt und angewendet werden. Als Modellparameter werden Hangneigung, Hangmorphologie, Lithologie und Gesteinsaufbereitung sowie vegetationskundliche Parameter berücksichtigt. Durch Verknüpfungsoperationen wird mit diesen Modellparametern die Disposition zu Hangrutschungen flächig ermittelt und mit den von [1] kartierten Hangbewegungen evaluiert. Mit diesem Modell soll ein Planungsinstrument für die regionale Raumplanung entwickelt werden, welches eine Entscheidungsgrundlage für die Risikobewertung und Maßnahmenplanung ermöglicht. Es kommen neben den regionalen Planungsgrundlagen die kommerziellen Softwarepakete ArcView und Matlab zur Anwendung.

2. Das Modellkonzept

Da die Ausgangsdaten in Rahmen der Regionalstudie für ein deterministisches Modell nicht ausreichend genau erhoben werden konnten

und darüber hinaus die inhomogenen geologischen Verhältnisse eine flächige Übertragung auf das Einzugsgebiet nicht sinnvoll erscheinen lassen [11], fiel die Entscheidung auf ein Dispositionsmodell.

Das Modell soll eine flächige Abgrenzung gefährdeter Hangbereiche sowie die Ableitung von Gefährdungsstufen ermöglichen. Als Modellansatz dient ein regionales, datenorientiertes Modell, welches eine Bewertung der Eingangsparameter durch den Vergleich von instabilen zu stabilen Hangbereichen vornimmt und in der Folge eine relative Bewertung erlaubt [6]. Dieses regionale Modell wird dann durch ein Fuzzy-Verfahren erweitert. Der Vorteil von Fuzzy-Systemen besteht vor allem in der auf Expertenwissen aufbauenden nachvollziehbaren Entscheidungsfindung auf Basis von „Rules“ [2]. Dieses Expertenwissen ist beliebig erweiterbar und adaptierbar und stellt dieses Modell damit auf eine überregionale Basis. Die Verarbeitungsschritte der Datenaufbereitung und Visualisierung erfolgen in ArcView, die Datenanalyse in SPSS und die Verarbeitung des Fuzzy Systems in MATLAB. Die Daten-Schnittstellen wurden in ArcView semiautomatisch eingebunden.

3. Hangstabilitätsdispositionsmodell Schließwaldtobel

3.1. Das Untersuchungsgebiet

Das im NW des Rätikon gelegene 8 km² große alpine Wildbacheinzugsgebiet Schließwaldtobel

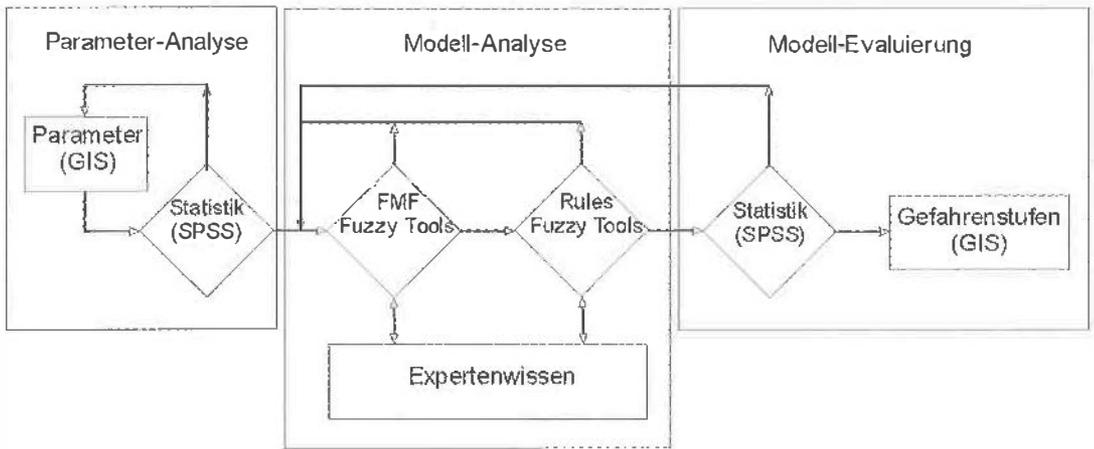


Abb. 1: Modellautbau

besitzt einen komplexen geologischen Aufbau. Am Westrand des Rätikon teilt sich die Lechtaldecke dachziegelförmig in mehrere Schollen. Typisch für die Tektonik des Rätikons sind Schichtflächen-Gleitungen entlang der gipsreichen Raibler Schichten, die die Schollen vom Untergrund abgeschert haben [9]. Tiefgründige mächtige Hangbewegungen bestimmen das Erosionsgeschehen in den Glazialablagerungen, während die oberflächennahen Hangbewegungen mehr auf Hangschuttflächen vorkommen.

Die aktiven flachgründigen Gleitungen im Untersuchungsgebiet [1] wurden in oberflächen-

nahe Hangbewegungen, sowie Ufer- und Runseerosionen klassifiziert. Für die vorliegende Untersuchung wurden ausschließlich die oberflächennahen Hangbewegungen herangezogen. Sie dienen als Grundlage für die statistischen Untersuchungen der Modellparameter.

3.2. Ableitung der Modellparameter

Für die Modellbildung werden die Parameter Hangneigung, Geländekrümmung, Lithologie und Bodenfeuchte herangezogen, da diese Parameter die kartierten Rutschungen gut diskrimi-

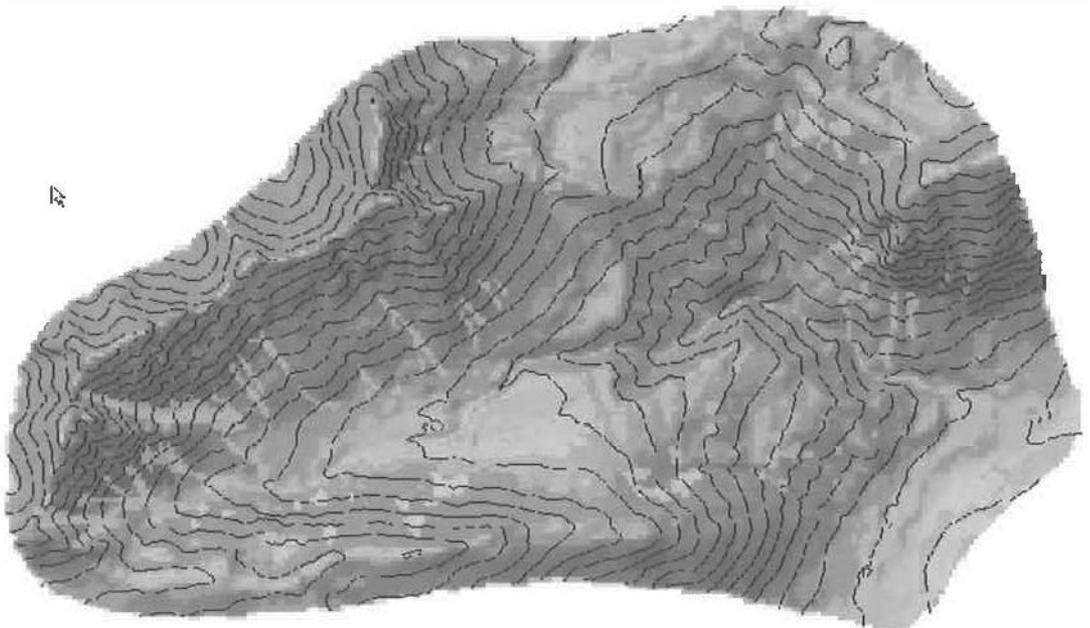


Abb. 2: Neigungsverhältnisse (grau: 0-14°, hellrot: 15-24°, rot: >25°) und kartierte Hangrutschungen

Tabelle 1: Übersicht über die Parameterverteilung

	Neigung [°]	Kurvatur [N]	Lithologie [N]	Feuchte[N]
Range	0-62,30	-7,3-8,6	1-21	1-670
mean	26,88	0,00683	x	x
median	27,00	-0,00284	x	x
std	11,95	1,105	x	x
5. Perzentille	7,77	-1,454	x	x
25. Perzentille	21,72	-0,265	x	x
65. Perzentille	32,09	0,2322	x	x
95. Perzentille	46,12	1,907	x	x

Statistiksoftware SPSS analysiert. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse dieser Datenanalyse dargestellt.

Es ist ein guter Zusammenhang zwischen Hangneigung und oberflächennahen Hangbewegungen zwischen 22°-32° Neigung ausgewiesen. Übereinstimmend mit den Ergebnissen gibt [8] einen Gefahrenbereich zwischen 20° und 45° Hangneigung an. Der untere Winkel entspricht dem inneren Reibungswinkel, der obere Grenzneigungswinkel wird

nieren, zueinander schwach korrelieren und flächendeckend vorhanden sind. Die Modellparameter werden im GIS-System auf einen einheitlichen Raster von 20m gebracht und mit der

darauf zurückgeführt, daß in sehr steilen Hangpartien ein geringerer Porenwasserdruck aufgebaut wird und auf Hängen über 50° durch Erosion eine durchgehende Verwitterungs- und

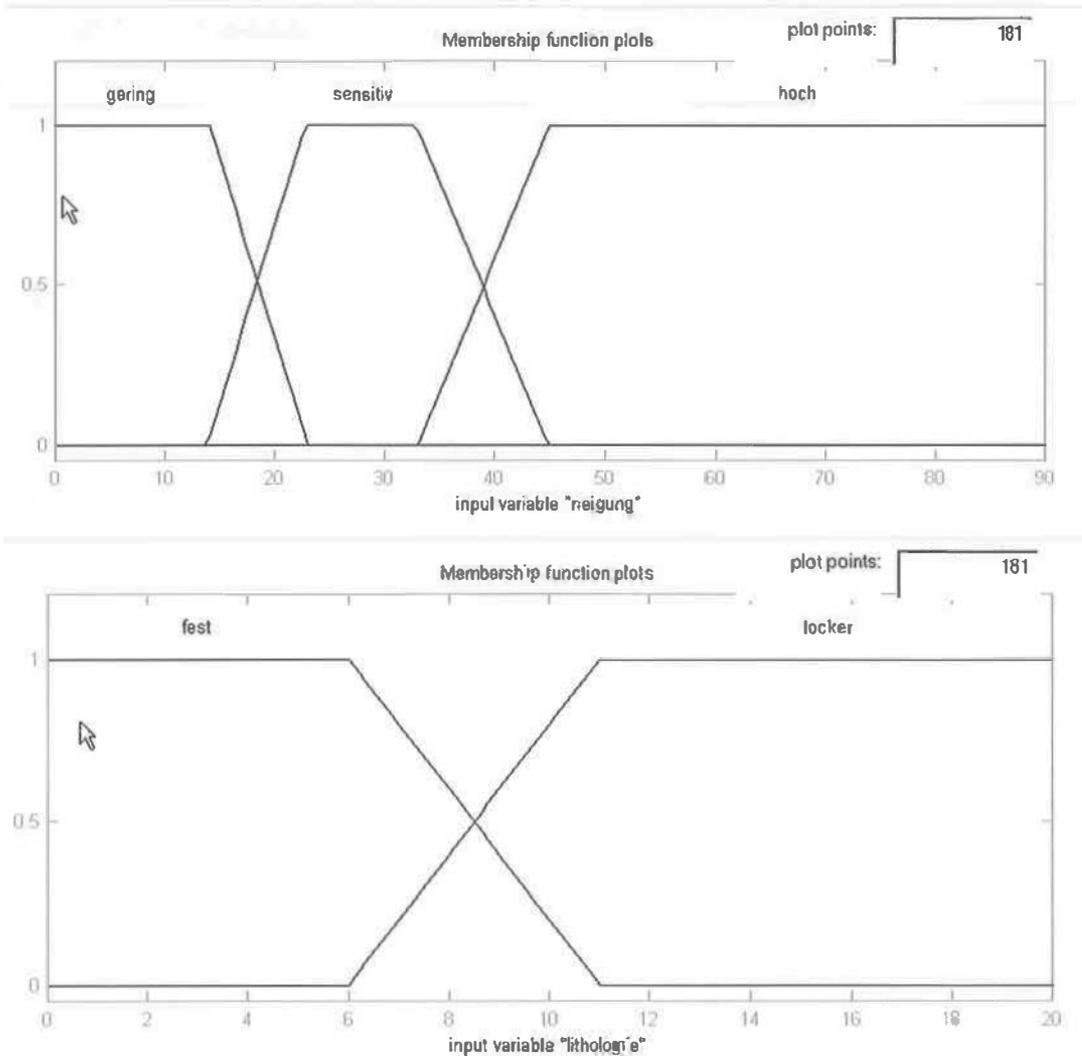


Abb. 3: Membership Funktion Geländeneigung und Lithologie

Hangschuttdecke fehlt. Für den Parameter Hangneigung werden daher die 3 Membership Functions (MSF's) „gering“, „sensitiv“ und „hoch“ abgeleitet (Abbildung 3).

Der Modellparameter Lithologie wird entsprechend den geotechnischen Eigenschaften [10] von Festgestein und Lockermaterial reklassifiziert. Für diesen Parameter wurden die Membership Functions „fest“ und „locker“ gebildet (Abbildung 3). Bei Ersterer gehen die standfesten Festgesteine (1–7) in den Übergangsbereich mit weniger standfesten Raiblerformation, Partnach Formation, Raibler Gips und Hang- und Murschutthalde sowie Felssturzhalde (7–11) über. Die Klassen 11–21 charakterisieren die zweite MSF mit glazigenen und autochthonen Lockerge-

steinen, wie Sanderflächen und Hangschutt im Allgemeinen. Bei der Definition des Modellparameters wurde berücksichtigt, daß die Glazialablagerungen stärker konsolidiert sind und sich ungünstiger auf die Hanggleitungen auswirken.

Das unterschiedliche Abflußverhalten naturnaher Wälder kann durch die differenzierte vegetationskundliche Betrachtung mit Hilfe von Feuchtestufen besser beurteilt werden [4]. Die Verteilung des Modellparameters Feuchte zeigt den Zusammenhang hoher Feuchtestufen im Bereich der Hangbewegungen. Hanginstabilitäten häufen sich in den Feuchtestufen 550–640 (Zeigerwerte 5,5 – 6,4 nach [5]). Da das Untersuchungsgebiet zu etwa zwei Drittel bewaldet ist und flächenhafte Daten für den Modellparameter Feuchte

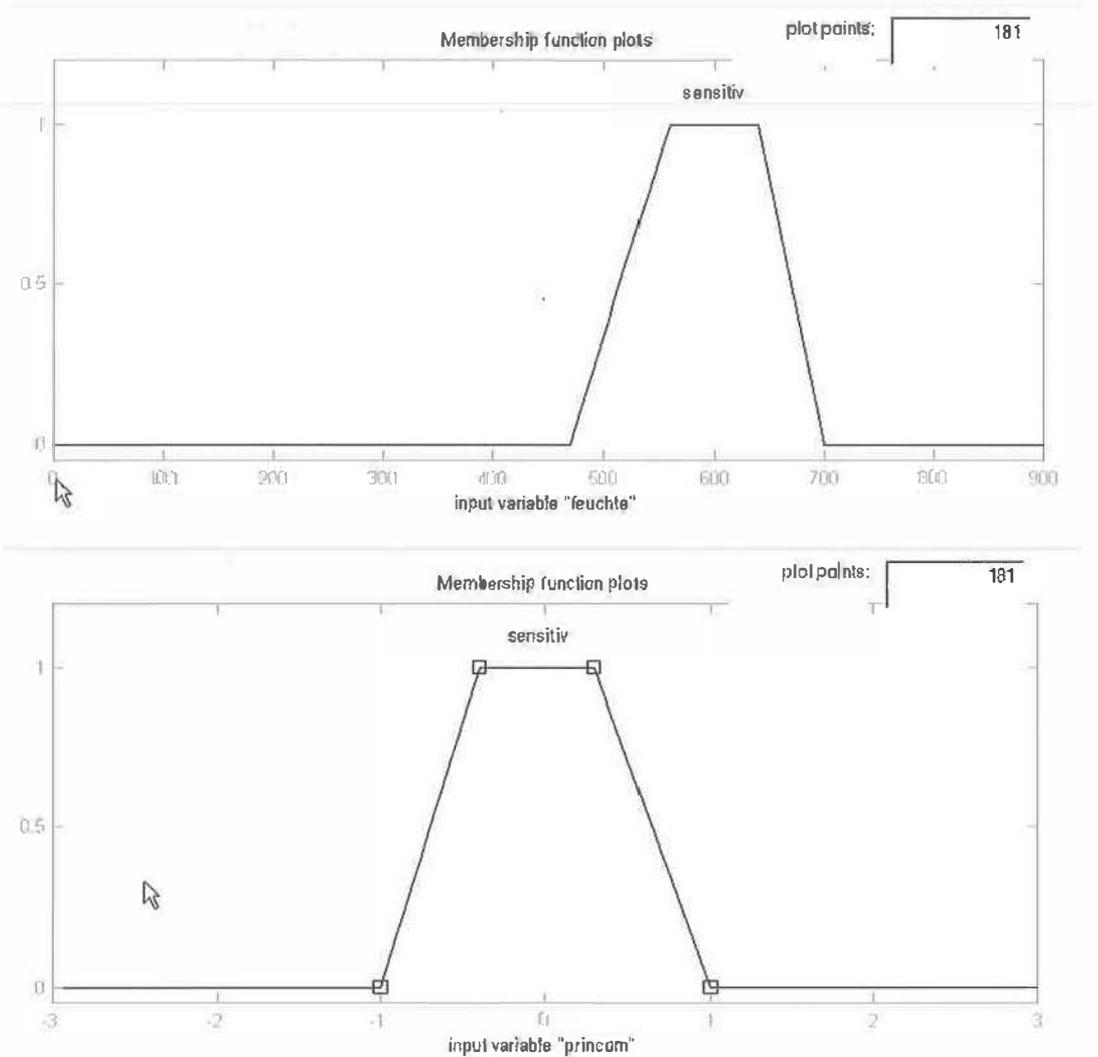


Abb. 4: Membership Funktion Feuchtestufe und horizontale Wölbung

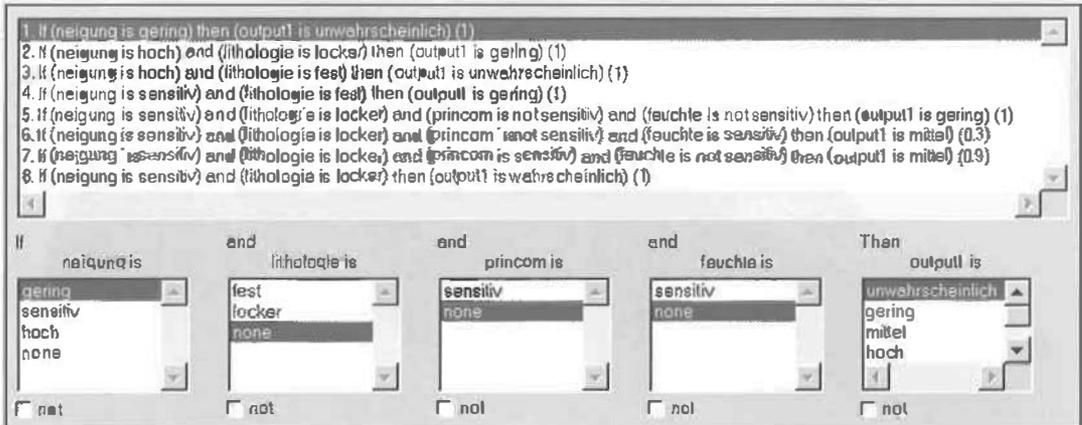


Abb 5: Verknüpfung der Modellparameter durch „Rules“

abgeleitet werden sollten, wurden die Feuchte-
 stufen 550–670 durch eine Diskriminanzanalyse
 basierend auf den Parametern: Neigung, Exposition
 und Höhenstufe auf die restlichen vegetati-
 onsbedeckten Flächen ausgeweitet. Das Ergeb-
 nis konnte mit der vorhandenen Feuchtestufen-
 kartierung mit 71% Übereinstimmung befriedigend
 validiert werden. Die vegetationslosen Flächen
 werden für den Modellparameter Feuchte
 als indifferent klassifiziert, da es sich dabei zu-
 meist um Oberflächenabfluß auf Fels oder
 Schrofen handelt. Es wird daher nur eine „sensitiv“
 MSF ausgeschieden (Abbildung 4).

Neben dem Modellparameter Hangneigung
 dient der aus dem Geländemodell abgeleitete
 Parameter Horizontalwölbung zur Definition eines
 weiteren Modellparameters (Abbildung 4).
 Bei konkaven Geländeformen kann es zur ober-
 flächennahen Abflußkonzentration kommen, die
 die Wahrscheinlichkeit von Hangbewegungen
 erhöht. Generell wurde eine große Rutschungs-
 disposition im leicht negativen (konkaven) Krüm-
 mungsbereich festgestellt.

Zur weiteren Verarbeitung werden die Daten
 automatisiert durch das Fuzzy Tool in MATLAB
 übernommen, reklassifiziert und verknüpft, um

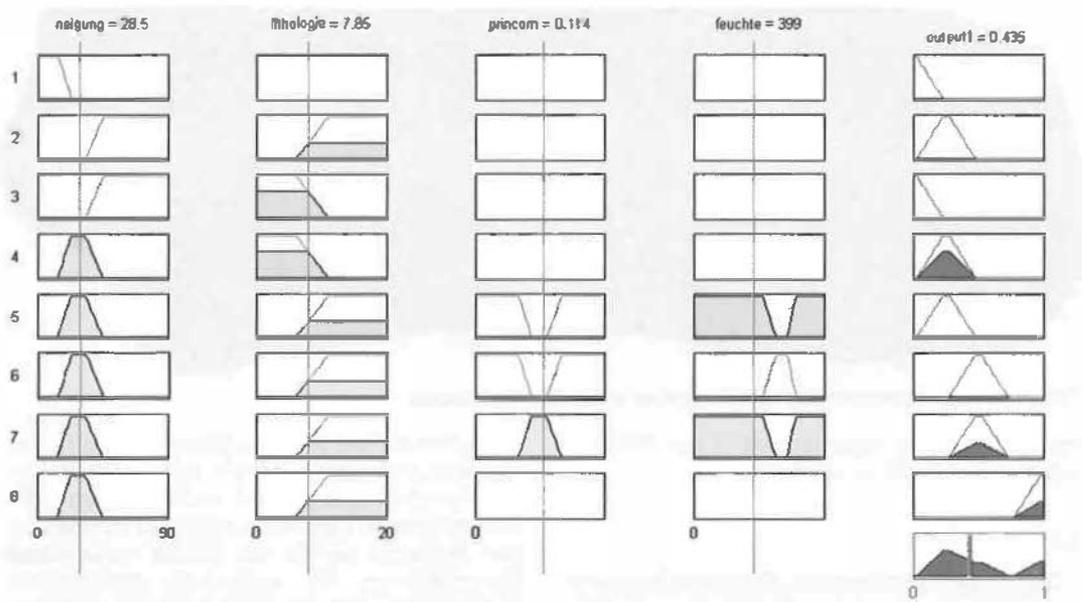


Abb. 6: Berechnungsablauf für eine Rasterzelle

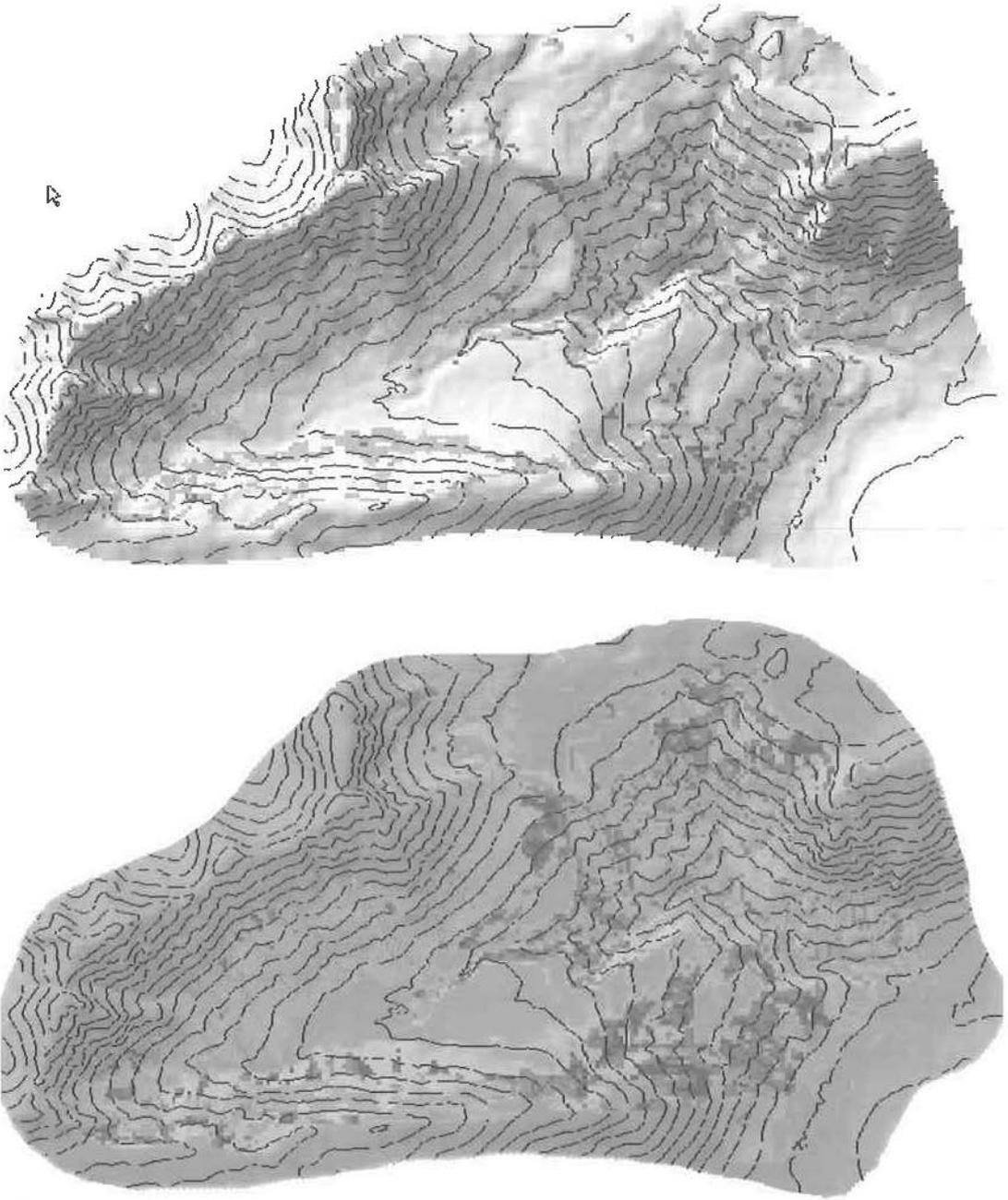


Abb. 7: Dispositionsklassen des konventionellen und des Fuzzy Modells

schließlich wieder automatisiert in der GIS-Umgebung visualisiert zu werden.

3.3. Fuzzy rules

Durch die Formulierung, Parameterkombination und Gewichtung der „Rules“ kann der Einfluß der Modellparameter auf das Modellergebnis

gesteuert werden. Die Hangneigung hat einen entscheidenden Einfluß auf die Disposition von Hangbewegungen und wird daher am stärksten gewichtet. Sie wird in alle Rules miteinbezogen. Aufgrund der für das Modell notwendigen Generalisierung der komplexen geologischen Kartierungen wird der Modellparameter Lithologie weniger gewichtet und ist der Hangneigung

untergeordnet. Die Parameter Feuchte und Geländekurvature verfeinern die Gefährdungsstufe nur mehr für durch Geländeneigung und Lithologie als sensibel ausgewiesenen Rasterzellen. Dem Parameter Feuchte wird dabei eine 50% höhere Gewichtung als dem Parameter Geländekurvature zugewiesen (Abbildung 5).

3.4. Definition der Modellverknüpfungen

Durch Verknüpfungsoperationen wird das Expertenwissen im Entscheidungsmodell berücksichtigt. Diese Verknüpfungen werden durch „Rules“ definiert, die entsprechend der Wichtigkeit der Eingangsparameter gewichtet werden können. Durch min/max Operationen wird für jedes „Rule“ die Zugehörigkeit zu 5 Output-MSF's berechnet, die in der Folge zu einem „Fuzzy Set“ aggregiert werden. Durch Flächenschwerpunktbildung dieser „Output sets“ wird schließlich rasterzellenweise eine Gefährdungsstufe zwischen 0 und 1 ausgeschieden (Abbildung 6).

3.5. Modellergebnisse

Im GIS erfolgt wieder die Visualisierung der Modellergebnisse. Die Gefährdungsstufen definieren die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von oberflächennahen Hangbewegungen und ermöglichen dadurch die Ausscheidung potentieller Gefährdungszonen, die für die Planung und die Prioritätenreihung der Maßnahmen von Bedeutung sind.

In Zuge der Validierung wurde das vorliegende Modell mit einem konventionellen Dispositionsmodell, bei dem die 4 Modellparameter „hart“ verschnitten wurden, verglichen. Dieses konventionelle Modell weist eine Differenzierung in 4 Klassen auf, Klasse 1 bedeutet daß ein Parameter im sensitiven Bereich liegt, Klasse 4 bedeutet daß alle 4 Parameter im sensitiven Bereich liegen [3].

Wie die Abbildungen zeigen stimmen die hohen Gefährdungsstufen (hellblau [0.5] – dunkelblau [0.9]) mit den kartierten Hangbewegungen von [1] (orange-violett) gut überein. Besonders die flachgründigen Translationsrutschungen (orange) werden in Abbildung 7 durch die Neigung gut herausgearbeitet. Die Runsenerosion (violett) ist generell an flachere Hangabschnitte gebunden und wird durch lokale Abflußkonzentration (Parameter Kurvature) differenziert.

Wie an den Häufigkeitsverteilungen der Gefährdungsstufen beider Modelle ersichtlich ist, unterscheidet das Fuzzy-Modell die Bereiche mit hohem Gefährdungspotential besonders gut. Bei diesem Modell liegen die kartierten Rutschungen

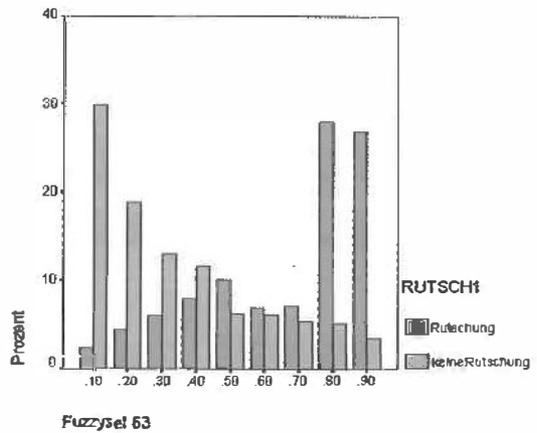
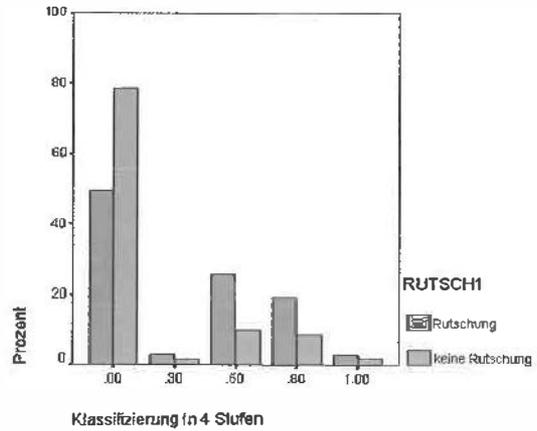


Abb. 8: Verteilung der Gefährdungsstufen beider Modelle

sungen durchwegs über einer Gefährdungsstufe von 0.5. Der für beide Modelle durchgeführte Kruskal-Wallis Verteilungstest zeigt für das Fuzzy Modell (Chi-Quadrat: 520 Df: 1) signifikant unterschiedliche Verteilungen der Gefährdungsstufen zwischen Rutschungsflächen und stabilen Hangbereichen. Eine systematische, rein von der Verteilung der Eingangsparameter abhängige Ausprägung der Gefährdungsstufen ist somit auszuschließen.

4. Ausblick

Mit dem Modell kann die Wahrscheinlichkeit von Hangbewegungen abgeschätzt werden, jedoch nicht deren Ursachen und Wirkung. Es kann speziell in der Regionalplanung durch die flächige Ausscheidung von Gefährdungsstufen zur Risikobewertung und in der Folge zur Maßnahmenplanung und der Prioritätenreihung eingesetzt werden. Für den weiteren Ausbau des

Modells ist geplant, weitere geologische Detailinformationen, wie Schichtung oder Kluftflächengefüge einfließen zu lassen, um das Ausmaß und den Aktivitätsgrad von Hangbewegungen besser beurteilen zu können. Dazu wären noch weitere überprüfbare Untersuchungsergebnisse von anderen Einzugsgebieten notwendig.

Ein weiterer Vorteil des entwickelten Modells besteht darin, daß es kostengünstig für ganze Untersuchungsgebiete vorgenommen werden kann, was bei komplexen deterministischen Modellen zumeist nicht möglich ist. Mit dem vorgestellten Modell kann jedoch nicht die Dynamik von Hangprozessen abgeschätzt werden. Die Modellschritte und Modellergebnisse sind aber durch die interaktive Informationsverarbeitung transparent und daher nachvollziehbar. Die Modellierung wird damit erleichtert und das Modellverfahren erfährt dadurch auch eine höhere Akzeptanz.

Literatur

- [1] Bertle H. (1997): Bau- und hydrogeologische Untersuchung Mühlitobel-Stauden-Schleifwaldtobel FWP Egga. Bericht Zl. 1304-03/97.
- [2] Blaschke T. (1997): Map Algebra und Fuzzy Logic in Behörden? Potential und Akzeptanz von GIS-Analysen bei Einbeziehung von räumlicher Unschärfe, Geo-Informationssysteme – GIS, Nr. 6, S. 3–12.

- [3] Bonham-Carter G.F.: Geographic Information Systems for Geoscientists, Modelling with GIS, Pergamon, Ontario.
- [4] Bunza et al. (1996): Abfluß- und Abtragprozesse in Wildbacheinzugsgebieten, Grundlagen zum integralen Wildbachschutz, Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 27.
- [5] Ellenberg H. et al. (1991): Zeigerwert von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobot. 18, 1–248, Göttingen.
- [6] Grunert J., Schmanke V. (1997): Hangstabilität im Südwesten Bonns, Geographische Rundschau, 49, H. 10.
- [7] Montgomery et al. (1998): Regional test of a model for shallow landsliding, Hydrological Processes 12, 943–955.
- [8] Moser, M. (1986): Ingenieurgeologische Karten für die Gefahrenzonenplanung in Hangbereichen, Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., Nr. 33, S. 57–76, Wien.
- [9] Oberhauser R. (1980): Der geologische Aulbau Österreichs, Springer-Verlag Wien – New York.
- [10] Sejmonsbergen A.C. (1990): Geomorphological evolution of an alpine area and its application to geotechnical and natural hazard appraisal in the NW. Rätikon and S. Walgau (Vorarlberg, Austria), including map series at 1:10 000 scale. Thesis Univ. Amsterdam, 109p.
- [11] Van Westen C.J., Terlien M.T.J. (1996): An Approach towards deterministic landslide hazard analysis in GIS. A case study from Manizales (Colombia), Earth Surface Processes and Landforms, Vol. 21, 853–868 (1996).

Anschrift der Autoren:

Michael Brauner und Egon Ganahl, Institut für Wildbach und Lawinenschutz, Universität für Bodenkultur, Peter Jordan Straße 82, 1190 Wien.
email: brauner@edv1.boku.ac.at,
h9140511@edv1.boku.ac.at



Barbara Magagna, Andreas Muhar und Nicola Rampazzo, Wien, Karl Hönninger, Kirchberg

Raster-GIS als Plattform für die Kopplung von Bodenproduktivitäts- und Erosionsmodellen

Zusammenfassung

Bodenerosionsmodelle ermitteln Materialverlagerungen in Abhängigkeit von Niederschlag, Topographie, Bodencharakteristik und Landnutzung. Für die Praxis der Landnutzung und Landentwicklung werden diese Ergebnisse relevant, wenn sie mit Produktivitätsmodellen gekoppelt werden. Das Modell SPIES (Soil Productivity Indices and their Erosion Sensitivity) integriert das Erosionsmodell EUROSEM und das Produktivitätsmodell SOFI auf Basis eines Raster GIS. Schwerpunkt des Beitrags sind Aspekte des Datenflusses und der Schnittstellengestaltung sowie erste Ergebnisse für ein kleines Testgebiet in Costa Rica.

Abstract

Soil erosion models calculate material transport as a function of precipitation, topography, soil properties and land use. Results can be relevant for practical land use planning, if they are linked to soil productivity models. The SPIES application (Soil Productivity Indices and their Erosion Sensitivity) integrates the soil erosion model EUROSEM and the soil productivity model SOFI with the help of a raster GIS. This paper discusses aspects of data-flow and interface programming and presents a pilot application for a test area in Costa Rica.

1. Einleitung

Erosionsbedingte Bodenverluste sind eine der bedeutendsten Bedrohungen der globalen Nahrungsmittelproduktion. Die Beurteilung des Ero-

sionsrisikos bestimmter Landnutzungsformen ist somit eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung zukunftsfähiger Nutzungsstrategien. Seit Mitte der siebziger Jahre wurde im Rahmen zahlreicher Forschungsprojekte und mit unter-