©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Gefahren(hinweis)karten für gravitative Massenbewegungen (Hangrutschungen und Hangmuren) Herausforderungen, Limitierungen, Chancen

Nils TILCH, Leonhard SCHWARZ & Edmund WINKLER

1. Einleitung

Informationen zur räumlich variablen Neigung/Veranlagung (Disposition) der Hänge hinsichtlich der Entstehung spontaner (u.a. im Zuge von Extremereignissen) gravitativer Massenbewegungen und den daraus resultierenden Gefahren im Prozessraum sind sehr wichtig, um präventive Maßnahmen zwecks Schutz von Menschenleben und die Vermeidung/Reduktion von Schäden gezielter planen zu können.

Als mögliche Planungsgrundlagen lassen sich hierbei Prozessdispositionskarten (bzw. Gefahrenhinweiskarten oder Gefährdungskarten) und Gefahrenkarten unterscheiden.

Im Fall der Prozessdispositionskarten werden auf Basis von verfügbaren Standortbeschreibender Parameterkarten und von Prozessdaten - die je nach der betrachteten Region und des Kenntnisstandes unterschiedliche Qualitätsmerkmale haben können - unter der Anwendung von verschiedenen möglichen Methoden der Dispositionsanalyse - Bereiche unterschiedlicher/vergleichbarer relativer Disposition ausgewiesen. Hierfür stehen qualitative Methoden (z.B. heuristische Analyse) und quantitative Methoden (z.B. statistische, prozessbasierte oder numerische Analysen) zur Verfügung.
Prozessdispositionskarten geben keine Information dahingehend, wann und wo unter welchen zeitlich-räumlich variablen Bedingungen (z.B. Niederschlag, Bodenfeuchte) tatsächlich eine gravitative Massenbewegung entsteht. Vielmehr handelt es sich um eine Abschätzung der räumlichen Variabilität der Disposition der Hänge für eine Prozessentstehung (wo kann ein Prozess auftreten?). Es handelt sich somit um Karten, deren Aussage mit jenen der HRU-Karten (hydrological response units mit Informationen zu Bereichen mit gleichen/unterschiedlichen dominanten Abflussbildungsprozessen) im Rahmen der Niederschlag-Abfluss-Modellierung vergleichbar ist.

Im Rahmen einer Gefahrenanalyse werden häufig sowohl die mittels Dispositionsanalyse erzielten Ergebnisse (räumliche Variabilität der Prozessdispositionen), als auch Informationen zur Eintrittswahrscheinlichkeit der Prozesse und deren Magnitude berücksichtigt (Wann oder wie häufig kann ein Prozess einer bestimmten Magnitude wo auftreten?). Je nach der für die Gefahrenanalyse verwendeten Methode, Datenlage und Annahmen werden Gefahrenkarten mit unterschiedlichen Informationsinhalten und -Qualitäten erzeugt. Gefahrenkarten beinhalten Informationen zu Parametern, die für eine Gefahrenbeurteilung von Prozessen einer bestimmten Eintrittswahrscheinlichkeit bzw. Widerkehrzeit von Bedeutung sind (z.B. potentielle Prozessräume, Prozess-Reichweite, Geschwindigkeit/Energie).
Es handelt sich somit um Karten, deren Aussagen mit den Produkten der Niederschlag-Abfluss-Modellierung (z.B. Wasserstand/Abflusshöhe, Fließgeschwindigkeit) vergleichbar sind.

Die katastrophalen Regionalereignisse der letzten Jahre in Österreich (z.B. Nordoststeiermark, Vorarlberg und Tirol im August 2005, Oststeiermark und Niederösterreich im Juni 2009 und Obersteiermark im Juli 2012) haben deutlich gezeigt, dass dringend Grundlagen in Form von Prozessdispositionskarten und/oder Gefahrenkarten für raumplanerische Zwecke im Rahmen der Gefahrenprävention benötigt werden. Insbesondere den Hangmuren kommt hierbei eine große Bedeutung zu, da diese aufgrund der zumeist spontanen Entstehung, der hohen Materialtransportgeschwindigkeit insbesondere in steilen Hanglagen und der daraus resultierenden großen Reichweite eine große Gefahr für hangabwärts befindliche Menschen und Sachgüter darstellen (vgl. Abb. 1).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Abb. 1: Hangmuren im Juni 2009 in der Gemeinde Klingfurth (südliches Niederösterreich).

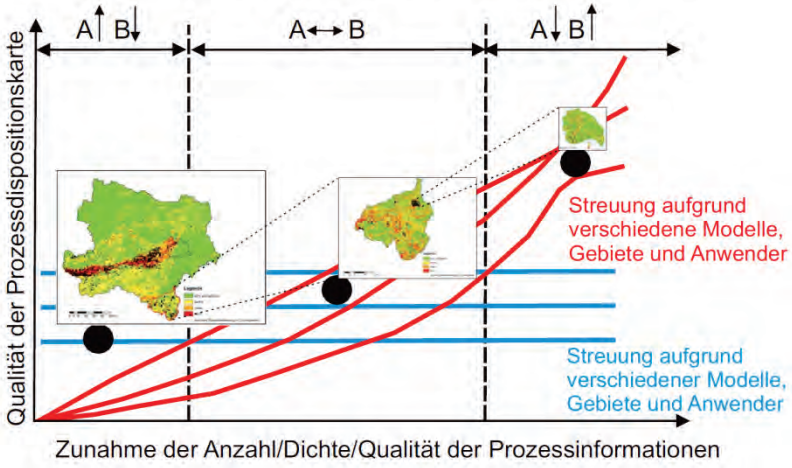

Abb. 2: Schematische Darstellung einer Arbeitshypothese hinsichtlich der allgemeinen Abhängigkeit der Qualität von Dispositionskarten (y-Achse) von der zur Verfügung stehenden Datenlage (x-Achse; z.B. Heterogenität der Datenqualität) und Art der angewendeten Modellierungsmethode (hier der Vergleich der Ergebnisse heuristischer (blaue Linien) und statistischer Methoden(rote Linien)). Weitere Erläuterung der Abbildung im Text. Abbildung nach TILCH et al. (2011).

So sind beispielsweise in der Gemeinde Gasen (Nordoststeiermark) im August 2005 allein aufgrund von Hangmuren zwei Menschenleben zu beklagen gewesen sowie enorme Sachschäden an Häusern und anderen Bauwerken (Straßen, Quellfassungen) entstanden. Dieses Beispiel zeigt, dass viele der Schäden und Gefahren innerhalb eines Siedlungsraumes und der raumplanungsrelevanten Bereiche ihre Ursache in relativ weit entfernt entstandenen Massenbewegungen haben können. Aus diesem Grund wurde für die Gemeinde Gasen erstmals in Österreich ein sogenannter „ganzheitlicher" Gefahrenzonenplan erstellt, welcher Informationen zu den Gefahrenzonen aufgrund von Hochwasser und gravitativer Massenbewegungen beinhaltet (TILCH et al., 2009). Hierbei erfolgte die Ausweisung der Gefahrenzonen hinsichtlich gravitativer Massenbewegungen einerseits auf Basis eines digitalen Prozesskatasters (= Inventarkarte = Ereigniskataster), welches auch aufgrund der nahezu vollständigen Dokumentation der Ereignisse im August 2005 Informationen zu mehr als 1000 Massenbewegungen beinhaltete. Für eine Abschätzung der Gefahrenzonen mussten andererseits aber auch all jene Hangbereiche beurteilt werden, die bisher vermeintlich stabil wa-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

ren, von denen aber zukünftig unter anderen Rahmenbedingungen eine Gefahr ausgehen könnte. Deshalb wurden, unter Einbeziehung des erstellten digitalen Prozesskatasters, detaillierte Kartierungen an den für die raumplanungsrelevanten Bereiche bedeutsamen Hängen durchgeführt. Dies erfolgte vor allem per Expertenwissen anhand räumlicher Analogieschlüsse, in dem von den signifikanten Standortmerkmalen bisher instabiler Hangbereiche auf die relative Instabilität/Stabilität bisher vermeintlich stabiler Hangbereiche geschlossen wurde.
Die so erzielten Ergebnisse wurden bereits in der Revision des Gefahrenzonenplanes für die Gemeinde Gasen in Form braun-roter (RUR) und braungelber (RUG) Hinweisbereiche berücksichtigt. Damit kann in der Gemeinde Gasen die Siedlungsentwicklung in wenig gefährdete Bereiche gelenkt werden.

Allerdings sollte im Fall derartig erstellter Gefahrenzonenpläne berücksichtigt werden, dass die Gefahrenanalyse ausschließlich per Expertenbeurteilung, und somit subjektiv erfolgt, so dass eine Personen- und Gebiet-übergreifend konforme Beurteilung kaum/nicht möglich ist. Aus diesem Grund wäre der Einsatz von objektiveren, nachvollziehbaren Methoden mit reproduzierbaren Ergebnissen im Rahmen der Dispositions- und Gefahrenanalyse äußerst sinnvoll.

2. Generelle Herausforderungen im Rahmen der Dispositionsanalyse

Im Vergleich zur hydrologischen Niederschlag-Abfluss-Modellierung, mittels derer sich beispielsweise Bereiche unterschiedlicher/vergleichbarer Wasserstände oder Überflutungsbereiche unterschiedlicher Jährlichkeit bzw. Wiederkehrzeit ausweisen lassen, ergeben sich im Rahmen der Dispositions- und Gefahrenanalyse bezüglich gravitativer Massenbewegungen diverse Herausforderungen, die u.a. in folgenden Aspekten begründet sind:

- Prozesswissen zu den komplexen Ursachen, Faktoren und Prozessgefügen gravitativer Massenbewegungen,
  - raum-zeitliche Varianz der Standortbedingungen (Gebietsheterogenität),
  - raum-zeitliche Varianz der auslösenden Ereignisse (z.B. Niederschlagsereignisse),
  - raum-zeitliche Varianz der auslösenden komplexen Prozesse (v.a. hydro(geo)logische Prozesse),
- physikalische Transformation des System-Inputs (Wasser: Niederschlag -> Abflusskomponenten) in einen gefahrenrelevanten System-Output (Feststoff: mobilisierte Gesteinsmasse). Im Vergleich dazu sind im Rahmen der Niederschlag-Abflussmodellierung System-Input und –Output gleich (Wasser -> Wasser).
- Singularität der Ereignisse im Fall spontaner gravitativer Massenbewegungen (jeder Prozess kann in gleicher Weise nur einmal an einem Standort stattfinden, so dass kaum/keine Zeitreihen vorhanden sind). Im Gegensatz dazu können hydrologische Prozesse in gleicher Weise wiederholt an einem Standort stattfinden (siehe HRU-Ansatz). An bekannten Prozessstandorten können Zeitreihen gemessen werden (z.B. Wasserstand mittels Pegelmessung).
- Wo befindet sich ein potentieller Prozessraum und Gefahrenraum? Im Gegensatz zu Überflutungsbereichen im Nahbereich bekannter abflusswirksamer Tiefenlinien (Bachläufe, Talsohlen) müssen potentielle Prozess- und Gefahrenräume gravitativer Massenbewegungen flächendeckend und möglichst flächendetailliert abgeschätzt werden. Deshalb reichen im Fall hydrologischer Betrachtungen zumeist gebietsintegrale Betrachtungen aus, während im Fall gravitativer Massenbewegungen immer flächendetaillierte Ansätze erforderlich sind.
- Informations- und Datenqualität? Für alle Betrachtungen gilt im Allgemeinen gleichermaßen: Je größer das betrachtete Gebiet ist, umso
  - schlechter sind die Datenqualität und das Expertenwissen,
  - heterogener sind die Gebietseigenschaften und –Voraussetzungen,
  - größer sind die Prozessvielfalt und –Komplexität.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

3. Methoden und Ergebnisse (Beispiele) einer Dispositionsanalyse

Eine Dispositionsanalyse kann mittels unterschiedlicher Methoden erfolgen (s.o.). Die jeweils zur Anwendung kommende Methode sollte unter der Berücksichtigung der Qualität der zur Verfügung stehenden Daten (Prozessdaten und standortbeschreibende Parameterkarten) ausgewählt werden. Dies wäre wichtig, da vor allem bei schlechterer Datenlage einfachere Modelle (z.B. heuristische Modelle) zu eher ehrlichen, der Datenlage entsprechenden Ergebnissen, häufig sogar zu besseren Ergebnissen führen können, als vergleichsweise statistische Modelle (vgl. Abb. 2). Die Anwendung einer anspruchsvollen Methodik würde dann eine bessere Ergebnisqualität suggerieren, als diese tatsächlich vorhanden ist. Dies liegt vornehmlich darin begründet, dass beispielsweise im Fall statistischer Analysen (Modelle) möglichst viele Prozessdaten hoher Datenqualität (möglichst vollständige Prozesskataster) als Modelltrainings- und Ergebnisvalidierungsdaten benötigt werden (vgl. Abb. 3). Ansonsten würden im Fall eines Modelltrainings zu viele Standorte mit verschiedenen standortbeschreibenden Parameterausprägungen so trainiert werden, als wäre dort keine Massenbewegung gewesen, obwohl dort bereits eine Massenbewegung erfolgte. Ebenso wäre auch der Fehler im Rahmen der Ergebnisvalidierung groß, was unter Umständen zu zufällig gut oder zufällig schlecht validierten Ergebnissen führen kann. Demzufolge wäre dann auch keine Aussage zur Qualität des Ergebnisses möglich. Ebenso hat auch die Qualität der zur Verfügung stehenden Daten hinsichtlich der standortbeschreibenden Parameter einen deutlichen Einfluss auf die Qualität der erzeugbaren Dispositionskarte.

Um den Einfluss der Prozessdatenlage auf die Qualität der Dispositionskarten und deren Validierung zu untersuchen, wurden seitens der Geologischen Bundesanstalt (GBA) für die Gemeindegebiete von Gasen und Haslau statistische Methoden (Neuronale Netze, logistische Regression) und eine einfache heuristische Methode (GBA-Modell RUDI ^{HM}) eingesetzt (vgl. TILCH et al., 2011). Die angewendete heuristische Methode benötigt Prozessdaten nur als Validierungsdaten, so dass alle jeweils zur Verfügung stehenden Prozessdaten als Validierungsdaten benutzt werden können (TILCH & SCHWARZ, 2010). Im Fall der statistischen Methoden steht nur etwa ein Drittel der Prozessdaten zur Verfügung, da alle anderen Daten als Modelltrainings- und Modellkalibrierungsdaten benötigt werden. Im Rahmen der Modellrechnungen wurden Methoden-übergreifend die gleichen Prozessdaten berücksichtigt, wobei die Validierungen sowohl mit den gleichen Prozessdaten, als auch mit den Methodenspezifisch zur Verfügung stehenden Prozessdaten erfolgten. Zwecks Vergleich des Einflusses der Prozessdatenlage wurden die Prozessdaten im Zuge aufeinanderfolgender Modellrechnungen sukzessive hinsichtlich ihrer Anzahl reduziert.
Die erzielten Ergebnisse zeigen deutlich auf, dass die Validierungsergebnisse der statistischen Methoden nur bei guter Datenlage (mehr als ca. 40% der Prozessdaten; n = ca. 70) durchweg besser sind, als jene der angewendeten heuristischen Methode (vgl. Abb. 4). Bei schlechterer Datenlage können die Ergebnisse der statistischen Methoden je nach den anteilig berücksichtigten Prozessdaten zufällig besser oder schlechter sein, als jene der angewendeten heuristischen Methode. Eine Aussage ist dann hinsichtlich der Qualität der erzielten Dispositionskarte nicht möglich (Bereich großer Unsicherheit).

Ferner wurde am Beispiel der unterschiedlich großen und unterschiedlich beschaffenen Gebiete (i) Niederösterreich, (ii) niederösterreichischer Bereich der Bucklige Welt-Wechselland („BUWELA“) und (iii) das innerhalb des Bereiches BUWELA befindliche Einzugsgebiet des Klingfurther Baches („Klingfurth“) untersucht, in welcher Weise sich eine unterschiedliche Datenqualität der standortbeschreibenden Parameterkarten und Prozessdatensätze auf die Dispositionskarten und Validierungsergebnisse der einfachen heuristischen GBA-Methode auswirkt. Als Validierungsdaten wurden hierbei einerseits die seitens der GBA gesamthaft verfügbaren Prozessdaten mit unterschiedlicher Qualität, andererseits für (partielle) Validierungen im Gebiet „Klingfurth“ zahlreiche hochqualitative Prozessdaten einer GBA-Ereignisdokumentation zur Katastrophe im Juni verwendet.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

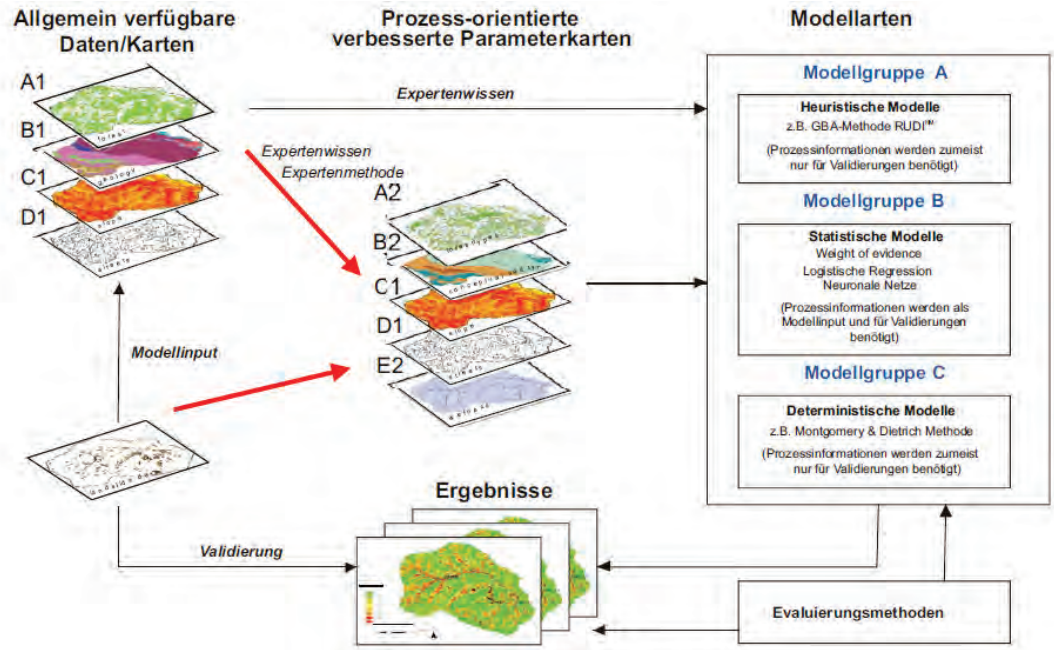

Abb. 3: Schematische Darstellung des generellen Datenflusses im Rahmen einer Dispositionsanalyse mittels verschiedener möglicher Methoden. Im Fall heuristischer Methoden werden nicht zwangsläufig Prozessdaten als Modelltrainingsdaten- oder -Kalibrierungsdaten benötigt. Auch im Fall fehlender Prozessdaten können heuristische Methoden eingesetzt werden, allerdings sind dann die Ergebnisse nicht validierbar/plausibilisierbar, so dass keine Aussage zur Qualität der Dispositionskarte möglich ist. Abbildung nach TILCH et al. (2011).

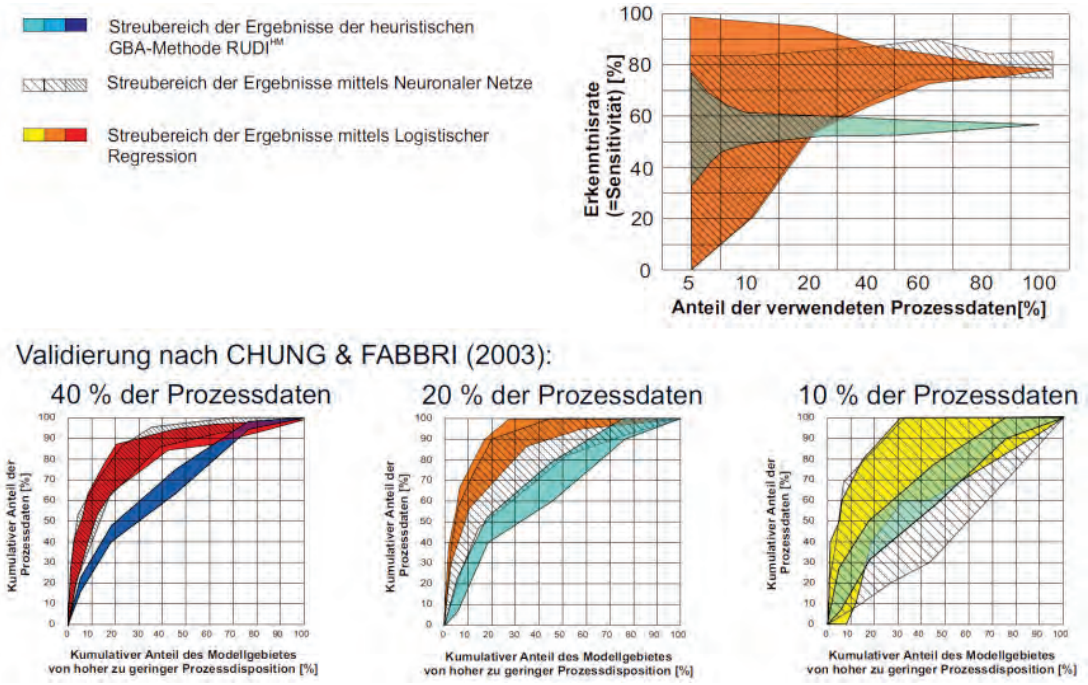

Abb. 4: Validierungsergebnisse mittels Erkenntnisrate/Sensitivitätsrate (Anteil der Validierungsdaten in hohen Dispositionsklassen, Abb. oben rechts) und Methode nach CHUNG & FABBRI (2003), welche anhand Neuronaler Netze, logistischer Regression und einfacher heuristischer GBA-Methode für die Region Gasen-Haslau unter Verwendung vollständiger Prozessdaten und schrittweise reduzierter, unvollständiger Prozessdaten erzielt wurden. Alle Validierungen erfolgten hinsichtlich eines Methoden-übergreifenden Vergleichs mittels der schrittweise Methoden-spezifisch zur Verfügung stehenden Validierungsdaten. Abbildung nach TILCH et al. (2011).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Hierbei hat sich gezeigt, dass im kleinen Gebiet „Klingfurth“ mit höherer Datenqualität (z.B. Flächendetailliertheit und Inhalt der Parameterkarten, Vollständigkeit und Lagegenauigkeit der Prozessdaten) bessere gebietsintegrale Validierungsergebnisse erzielt werden (z.B. Erkenntnisrate/Sensitivitätsrate von 89%, während diese für Niederösterreich 60% und für das BUWELA 50% beträgt). Dennoch sind die für alle drei Gebietsgrößen erzielten gesamthaften Validierungsergebnisse als relativ gut zu bewerten. Dies wurde aber nur erreicht, weil die Rasterweite der jeweiligen Dispositionskarte der jeweiligen Datenqualität angepasst wurde (schlechtere Datenlage => größere Rasterweite = angepasste räumliche Aussagegenauigkeit).
Werden nun die Dispositionskarten der beiden größeren Gebiete einer partiellen Validierung nur im Bereich des Gebietes Klingfurth unterzogen, so wird der Qualitätsunterschied der Dispositionskarten sehr deutlich: Während dort die für Niederösterreich erstellte Dispositionskarte durchweg schlechte Validierungsergebnisse liefert, sind jene des Gebietes BUWELA vergleichsweise etwas besser, auch wenn noch viele ehemals instabile Bereiche als stabil erklärt werden. Aber die im Gebiet „Klingfurth“ erzeugte Dispositionskarte liefert mit Abstand die besten Validierungsergebnisse.

4. Schlussfolgerungen: Chancen und Limitierungen

Am Beispiel der in der Region Gasen-Haslau angewendeten Methoden konnte aufgezeigt werden: Sollen Dispositionskarten hoher Qualität erzielt werden, sind trainingsbedürftige Methoden (z.B. Logistische Regression, Neuronaler Netze) einzusetzen. Dafür ist aber auch eine gute Prozessdatenlage essenziell, da die Prozessdaten auch als Modelltrainingsdaten benötigt werden. Für alle Methoden wird eine gute Prozessdatenlage auch zur Ergebnisvalidierung zwecks seriöser Qualitätsaussagen benötigt. Für beide Zwecke werden signifikante, repräsentative, bestenfalls vollständige Prozessdatensätze benötigt, da ansonsten zufällig gute oder zufällig schlechte Validierungsergebnisse erzielt werden. Gesamthaft wird somit deutlich, dass möglichst vollständige Prozessdatensätze, die beispielsweise im Zuge flächendeckender Ereignisdokumentationen erhoben werden können, sehr wichtig sind. Zukünftig sollten ähnliche Untersuchungen auch in anderen Regionen durchgeführt werden, um quantitative Aussagen zum methodenspezifischen Datenanspruch und dessen Auswirkung auf die Ergebnisqualität machen zu können.
Mittels „einfacher heuristischer GBA-Methode“ wurden Dispositionskarten hinsichtlich spontaner Massenbewegungen im Lockergestein für unterschiedlich große, in sich verschachtelte Gebiete Niederösterreichs erstellt. Der Vergleich gebietsintegraler und partieller Validierungen zeigt deutlich, dass scheinbar gute gebietsintegrale Validierungen des jeweils größeren Gebietes vorliegen können, partiell dies aber nicht der Fall sein muss. Besonders im Fall großer Gebiete liegt dies sowohl in der räumlichen Variabilität der Qualität der standortbeschreibenden Parameterkarten, als auch in der zufälligen, selektiven und nicht für alle Teilbereiche repräsentativen Prozessdatenmenge und –Qualität begründet. Dies bedeutet, dass eine Anwendung und Aussage großräumig erstellter Dispositionskarten für kleinskalige und großmaßstäbige Fragestellungen äußerst fragwürdig ist bzw. überprüfungswert erscheint. In jedem Fall sollten die Rasterweiten der modellierten Dispositionskarten der verfügbaren Parameterkarten- und Prozessdatenqualität (z.B. im Zuge der Kalibrierung) angepasst werden, wobei dies sich eher an den Teilbereichen schlechterer Datenqualität orientieren sollte. Dies ist sehr wichtig, um Fehlnutzungen (z.B. unzulässiges “hineinzoomen”) und -interpretationen (z.B. Ableitung quantitativer Aussagen) vorzubeugen.

Bei sachgemäßer Anwendung der Modellierungsmethoden entsprechend der zur Verfügung stehenden Datenqualität können somit objektive Datengrundlagen geschaffen werden, auf Basis derer per Experten/Expertin im Gelände unter der Einbeziehung weiterer, nicht im Rahmen der Modellierung berücksichtigter Standortverhältnisse und –Bedingungen (z.B. Drainagesysteme, Wassereinleitungen) eine objektivere Abschätzung der Prozessdisposition erfolgen kann. So ermöglichen insbesondere statistische Verfahren, durch die im Vergleich zur einfachen heuristischen GBA-Methode viele standortbeschreibende Parameter einbezogen werden können, eine Berücksichtigung nicht linearer Zusammenhänge, die vom Exper-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

ten im Gelände nicht objektiv nachvollziehbar und konform beurteilt werden können (z.B. kombinierte Disposition von Hanggefälle, Hangform und potentieller Standortfeuchte).
In jedem Fall sollte immer bedacht werden, dass eine gewünschte Qualität für eine zu erzielende Dispositionskarte auch eine entsprechende Datenqualität und angemessene Modellierungsmethoden erfordert. So lassen sich beispielsweise trotz anspruchsvoller Modellierungstechniken basierend auf einer eher schlechten Datenlage (z.B. räumlich sehr variablen Datenqualität) nicht zwangsläufig Dispositionskarten hoher Qualität erzeugen. Diese sind dann eher zufällig gut oder schlecht. Derartige Karten sind somit nicht überall als großmaßstäbige Planungsgrundlage geeignet.

5. Literatur

CHUNG, C.J. & FABBRI, A.G. (2003): Validation of spatial prediction models for landslide hazard mapping. Natural Hazards, 30, pp. 451-472.

TILCH, N. & SCHWARZ, L. (2010): Erstellung von Dispositionskarten für Massenbewegungen.- Vortrag im Rahmen der Innsbrucker Hofburggespräche; Innsbruck.
http://bfw.ac.at/050/pdf/IHG260510_Tilch_Schwarz.pdf (abgerufen am 06.09.2013)

TILCH, N., KOCIU, A., RIBITSCH, R., SCHMID, F., PROSKE, H., ANDRECS, P., HAGEN, K., LANG, E., HERMANN, S. & LOIZENBAUER, J. (2009): Abschätzung der Risikodisposition für Rutschungen und Hangbewegungen am Beispiel Gasen/Haslau (Stmk).- FloodRisk II - Vertiefung und Vernetzung zukunftsweisender Umsetzungsstrategien zum integrierten Hochwassermanagement. Ergebnispräsentationsveranstaltung 29./30.06.2009, Wien; Poster.
http://www.geologie.ac.at/fileadmin/user_upload/dokumente/pdf/poster/poster_2009_floodrisk_II.pdf
(abgerufen am 06.09.2013)

TILCH, N., SCHWARZ, L. & WINKLER, E. (2011): Einfluss der Prozessdatenqualität auf die mittels Neuronaler Netze, Logistischer Regression und heuristischer GBA-Methode erstellten Dispositionskarten hinsichtlich spontaner gravitativer Massenbewegungen im Lockergestein und die Ergebnisvalidierung.- Poster im Rahmen des Geoforums Umhausen, 20./21.10.2011, Niederthai.
http://www.geologie.ac.at/fileadmin/user_upload/dokumente/pdf/poster/poster_2011_geoforum_umhausen_tilch_etal_01.pdf (abgerufen am 06.09.2013)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 2013

Band/Volume: 100

Autor(en)/Author(s): Tilch Nils, Schwarz Leonhard, Winkler Edmund

Artikel/Article: Gefahren(hinweis)karten für gravitative Massenbewegungen (Hangrutschungen und Hangmuren) Herausforderungen, Limitierungen, Chancen. 47-53