

Zum Einfluss bodenphysikalischer und bodenmechanischer Parameter in quartären Deckschichten auf Massenbewegungen im Wienerwald

BODO DAMM*), BIRGIT TERHORST**), EVA KÖTTRITSCH**), FRANZ OTTNER***) & MARIA MAYRHOFER***)

3 Abbildungen, 3 Tabellen

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blatt 40

*Ostalpen
Wienerwald
Flysch
Landschaftsentwicklung
Periglazial
Massenbewegung*

Inhalt

Zusammenfassung	33
Abstract	33
1. Einleitung	34
2. Untersuchungsgebiet	34
3. Methoden	34
4. Ergebnisse	35
4.1. Bodenphysikalische und bodenmechanische Eigenschaften	36
4.2. Tonmineralogische Analyse	37
5. Schlussfolgerungen	37
Literatur	37

Zusammenfassung

Der Flysch des nördlichen Wienerwaldes ist eine Wechsellagerung von Sandsteinen, Kalksandsteinen, Mergeln und Tonschiefern, die von quartären periglazialen Deckschichten sowie von Löss überlagert sind. Aufbau und Eigenschaften der Gesteine führen in Verbindung mit der Verwitterung sowie dem Einfluss von Hangwasserzügen zu ausgedehnten Massenbewegungen. Vor allem die petrologischen Eigenschaften des Anstehenden sowie die bodenphysikalischen und bodenmechanischen Eigenschaften der quartären Sedimente sind von besonderer Bedeutung für die aktuelle Hangdynamik im Untersuchungsgebiet. Auf der Grundlage von Feld- und Laborarbeiten wurden typische Rutschbereiche näher untersucht.

The Influence of Soil Physical and Soil Mechanical Parameters of Quaternary Cover Beds on Mass Movements in the Wienerwald Area

Abstract

The Flysch of the northern Vienna Forest is composed of various layers of sandstones, marls and clay schists, which are covered by Quaternary periglacial cover beds and loess deposits. Slopes in this undulating landscape are highly susceptible to landslides. Both, petrography of the bedrock and soil mechanical properties of the Quaternary sediments control the current slope dynamics in the study area. Field studies and laboratory analyses were carried out to gain information about typical processes in respect of landslides. In this short article the importance of periglacial cover beds is illustrated.

*) Prof. Dr. BODO DAMM, Universität Regensburg, Institut für Geographie, Universitätsstraße 31, D 93040 Regensburg.
bodo.damm@ku-eichstaett.de

***) Prof. Dr. BIRGIT TERHORST, EVA KÖTTRITSCH, Universität Wien, Institut für Geographie und Regionalforschung.
birgit.terhorst@univie.ac.at, eva.koettritsch@univie.ac.at

****) Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. FRANZ OTTNER, MARIA MAYRHOFER, Universität für Bodenkultur, Institut für Angewandte Geologie, Peter-Jordan-Straße 70, A 1190 Wien.
franz.ottner@boku.ac.at, marmayr@hotmail.com

1. Einleitung

Für die Identifikation und Bewertung der steuernden Faktoren von Massenbewegungen ist ein grundlegendes Verständnis aktueller und vergangener Prozesse erforderlich (u.a. LESER, 1996; ZARUBA & MENCL, 1982; DAMM & TERHORST, 2007). In diesem Zusammenhang ist es unter anderem wesentlich, Größenordnungen und Veränderungen der Verwitterung und Sedimentation zu berücksichtigen sowie Kenntnis über steuernde Faktoren, wie etwa die bodenmechanischen Eigenschaften, zu erlangen (SEMMELE, 1996; TERHORST, 2001; BORK & LANG, 2003; NEUHÄUSER & TERHORST, 2007; DAMM & TERHORST, 2008). Die vorliegende Arbeit verfolgt daher das Ziel, die im Untersuchungsgebiet relevanten Steuerungsfaktoren zu analysieren und deren Wirkung auf die Hangstabilität abzuschätzen (vgl. auch DAMM, 2005). In diesem Zusammenhang wird hier insbesondere die Bedeutung der Deckschichten untersucht.

2. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet, das Einzugsgebiet des Hagenbaches, liegt im Wienerwald etwa 20 km nordwestlich von Wien (Abb. 1). Das Gebiet repräsentiert eine typische Mittelgebirgslandschaft mit Höhen zwischen 200 und 500 m Seehöhe. Tief eingeschnittene Täler mit zum Teil übersteilten Hängen prägen die Landschaft. Der nördliche Wienerwald ist Teil der am Alpennordrand W–O-verlaufenden Rhenodanubischen Flyschzone, die nördlich der Donau unter das Wiener Becken abtaucht (NEUBAUER & HÖCK, 2000). Die Flyschgesteine setzen sich aus Schichtwechselfolgen von Sandsteinen, Kalksandsteinen, Mergelsteinen und Tonschiefern zusammen (Abb. 1). Im Untersuchungsgebiet treten vor allem die Alltengbacher sowie die Greifensteiner Schichten zu Tage, die vorwiegend aus kalkhaltigen Quarzsandsteinen, Mergelsteinen sowie Tonsteinen zusammengesetzt sind (vgl. auch BRIX, 1969). Quartäre periglaziale Deckschichten, unter anderem mehrere Meter mächtige Lössdecken, überlagern das Anstehende über weite Bereiche des Untersuchungsgebietes (vgl. Abb. 2).

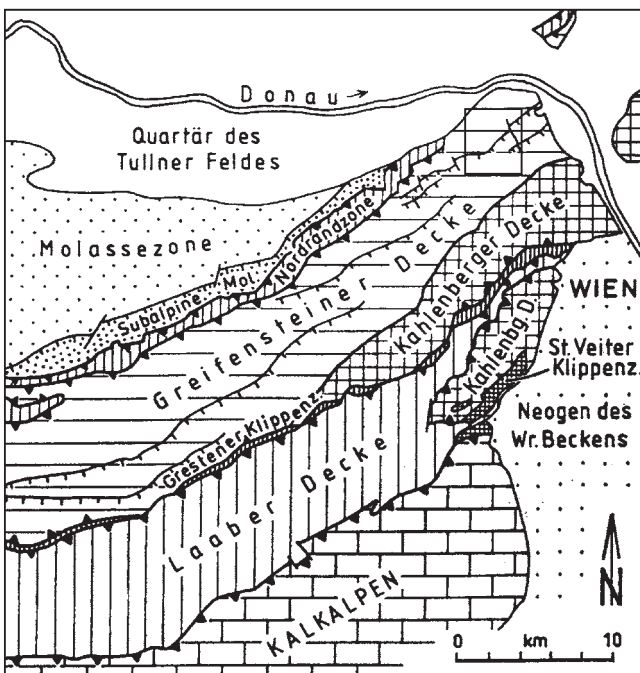


Abb. 1. Lage des Untersuchungsgebietes (Hagenbachklamm im Kasten) und tektonische Übersicht über die Flyschzone des nördlichen Wienerwaldes. Verändert nach FAUPL (1996).



Abb. 2. Quartäre Deckschichten über Anstehendem in der Hagenbachklamm. Über verwittertem Mürlsandstein ist über der Basislage (Profilmitte) eine Hauptlage entwickelt.

Sowohl die gesteinsbedingten Eigenschaften des Anstehenden als auch die bodenmechanischen Eigenschaften der quartären Sedimente steuern die Dynamik an den Hängen des Hagenbachtalles (u.a. GÖTZINGER, 1943; DAMM & TERHORST, 2008; TERHORST et al., 2008). Hier treten neben flachgründigen Rutschungen in verwitterten Sandsteinen auch mittelgründige Rutschungen (Mächtigkeit 3–5 m) in den quartären Deckschichten auf. Dabei gleiten häufig Lössdecken auf wasserstauenden Horizonten ab.

Darüber hinaus lassen sich unter Berücksichtigung der langfristigen Hangentwicklung auch unterschiedliche Hangentwicklungsphasen nachvollziehen, die von einem charakteristischen Wechsel der Prozessabläufe gekennzeichnet sind (DAMM & TERHORST, 2008; TERHORST et al., 2008).

3. Methoden

Massenbewegungen werden weitgehend vom Zusammenwirken geomorphologischer, geologischer und bodenmechanischer Parameter bestimmt (u.a. KOBELICH, 1967; ZARUBA & MENCL, 1982). Daher wurden im Zuge der vorliegenden Arbeit Kartierungen, Bohrungen, Profilbeschreibungen sowie Laboranalysen vorgenommen (vgl. HARTGE & HORN, 1992; LANG et al., 1996). Die bodenphysikalischen Analysen sowie Korngrößenanalysen wurden weitgehend nach DIN 2002 bzw. ÖNORM L 1061 und B 4412 durchgeführt.

Die Korngrößenverteilung bei der tonmineralogischen Analyse wurde durch Kombination von Nasssiebung der Fraktion $>40\mu\text{m}$ und automatischer Sedimentationsanaly-

Abb. 3.
Sandstein-Untergrund (V), Basislage bestehend aus Mergel- und Sandsteinschutt (IV), Lössschicht (IIIa, IIIb), Mittellage (II) und Hauptlage (Ia, Ib) in einem typischen Aufschlussprofil am Abriss einer Rutschung in der Hagenbachklamm (Niederösterreich).

se mit einem SEDIGRAPH 5000 ET ermittelt. Für die Gesamtmineralanalyse wurde die getrocknete und vermahlene Probe mittels „backloading“-Verfahren präpariert und in einem Röntgendiffraktometer PW 1710 geröntgt. Aus diesen Aufnahmen wurde der qualitative Mineralbestand ermittelt. Durch Nasssiebung und Sedimentation wurde die Tonfraktion gewonnen. Aus dieser wurden Texturpräparate hergestellt und geröntgt. Unterschiedliche Behandlungsmethoden (Mg-, K-Umbelegung, Aufweitung durch Ethylenglykol, DMSO, Tempern bei 300°C und 550°C) dienen zur Identifizierung der Tonminerale.

4. Ergebnisse

In weiten Teilen des Untersuchungsgebietes bedecken quartäre Sedimente unterschiedlicher Mächtigkeit die Sandsteinfolgen. In der Abfolge eines vollständig entwickelten und ungestörten typischen Profils (Abb. 3) befindet sich an der Basis Flyschsandstein, der von einer kaltzeitlichen Basislage überlagert wird. Diese Basislage ist durch Solifluktuationsprozesse unter periglazialen Bedingungen entstanden. Sie ist dicht gelagert, aufgebaut aus Sandstein- und Mergelschutt mit hohen Ton- und Mergelgehalten und bildet eine wasserundurchlässige Schicht aus. Am Ausbiss der Basislage kommt es daher zu Quellaustritten (vgl. TERHORST et al., 2008).

Im Hangenden der Basislage liegt bis zu 4 m mächtig Löss. Der Löss ist weitgehend locker gelagert und wasser-durchlässig. Im basalen Bereich treten hydromorphe Merkmale (Rostflecken, graue Bänder) auf, die sich auf Stauwasser über der Basislage zurückführen lassen.

Der Löss wird von der Hauptlage überlagert, einer weiteren periglazialen Lage, die während der Jüngeren Dryas entstanden ist (vgl. SEMMEL, 1968; BIBUS et al., 2001; TERHORST, 2007). Sie setzt sich aus löss- und sandsteinhaltigem Material zusammen.

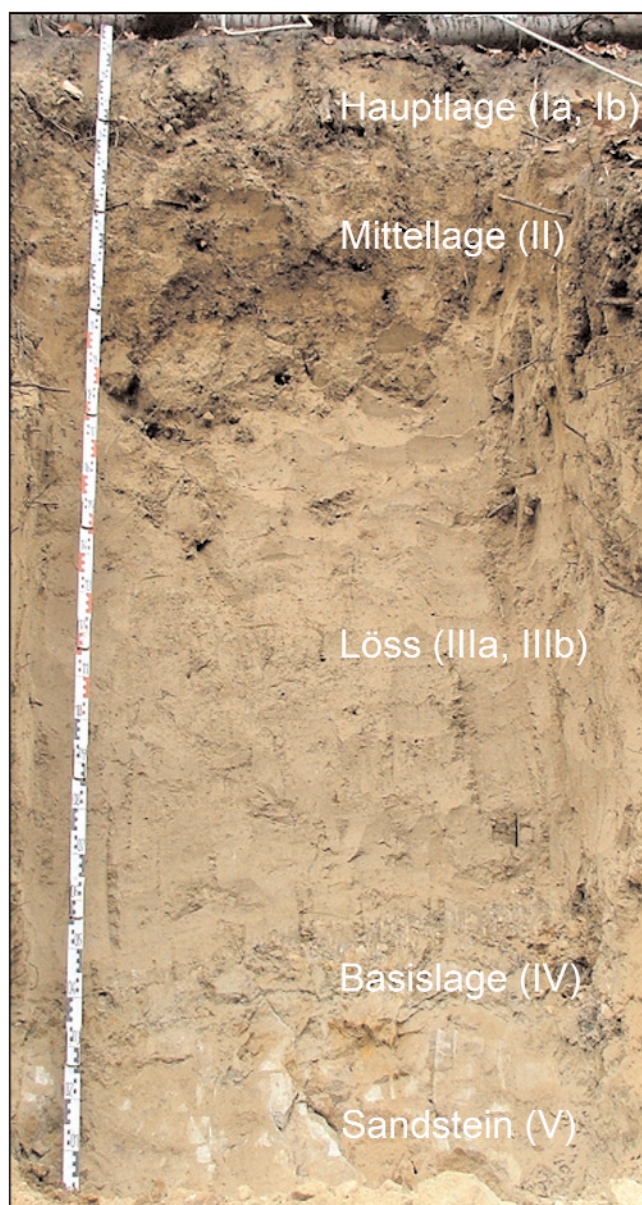


Tabelle 1.
Korngrößenspektren charakteristischer Sedimente und Bodenhorizonte im Untersuchungsgebiet.

Horizont/Lage	Bodenart	Ton	Schluff				Sand			
			fein	mittel	grob	gesamt	fein	mittel	grob	gesamt
			<2	2-6	6-20	20-63	63-200	200-630	630-2000	
C1, Löss	sU	6,8	3,4	9,0	43,1	55,5	33,8	3,2	0,8	37,7
C2, Löss	sU	7,8	3,4	10,6	48,0	62,0	22,4	3,7	4,2	30,3
C3, Löss	sU	7,4	4,0	10,1	45,5	59,5	30,0	2,3	0,9	33,1
C, Löss	sU	8,8	4,9	9,9	41,0	55,9	31,7	2,5	1,2	35,3
C, Löss	sU	12,6	4,7	11,6	42,8	59,0	25,6	2,5	0,3	28,4
C4, Basislage	IU	31,8	19,7	20,8	13,3	53,8	4,8	4,1	5,5	14,4
C, verwitterter Sandstein	IS	7,1	4,7	9,5	17,6	31,7	35,0	20,7	5,6	61,2
C, verwitterter Sandstein	IS	10,5	4,9	9,9	14,5	29,3	28,8	18,1	13,3	60,2
C, verwitterter Sandstein	S	3,0	1,8	5,3	10,3	17,4	36,0	42,3	1,4	79,7
C, verwitterter Sandstein	S	4,0	2,6	6,3	11,1	19,9	31,6	39,9	4,6	76,1
C, verwitterter Sandstein	IS	10,4	6,5	14,3	19,6	40,3	31,4	15,4	2,6	49,3

4.1. Bodenphysikalische und bodenmechanische Eigenschaften

Da die Basislage an den untersuchten Rutschungen als Gleitfläche wirkt, sind die bodenphysikalischen und bodenmechanischen Eigenschaften der Lössdecken und der Basislage von besonderem Interesse für die hier bearbeitete Fragestellung.

Im Korngrößenspektrum des Lösses dominiert Schluff mit 55,5–62,0%, wobei Grobschluff mit 43,1–48,0% den Hauptanteil bildet (Tab. 1). Der Tonanteil liegt im Löss bei 12,6 %, der Sandanteil bei 35,3%, wobei Feinsand innerhalb der Sandfraktion dominiert. Die Lagerung ist mäßig dicht, der Scherwiderstand wurde bei natürlichem Feuchte-

gehalt in situ gemessen und weist Werte zwischen 50 und 85 kN/m² auf (Tab. 2). Der Reibungswinkel ist bei 27,5° anzusetzen.

In der Basislage überwiegt ebenfalls Schluff mit einem Wert von 53,8 %. Die Zusammensetzung in dieser Schicht wird jedoch zu etwa gleichen Anteilen aus Fein-, Mittel- und Grobschluff bestimmt. Der Tongehalt liegt bei 31,8 %, der Feinschluffanteil bei 19,7 %, womit sich mehr als 50 % aus Feinsedimenten zusammensetzen.

Die Basislage ist durchwegs sehr dicht gelagert, der Scherwiderstand variiert bei natürlicher Feuchte zwischen 85 und 190 kN/m². Mit zunehmendem Feuchtegehalt verliert die Basislage rasch an Stabilität.

Tabelle 2.

Bodenmechanische Eigenschaften und Scherwiderstand von periglazialen Deckschichten und verwittertem Sandstein aus Rutschgebieten im Wienerwaldflysch. Die Ergebnisse basieren auf ca. 80 Laboranalysen sowie 90 In-situ-Scherwiderstandsmessungen (vgl. DIN 1981, 1990, 2002).

Bodenart	Kurzzeichen nach DIN 18196	Konsistenz, Lagerungsdichte nach DIN 18121, 18122	Spezifisches Gewicht [kN/m ³]	Reibungswinkel [°]	Kohäsion [kN/m ²]	Scherwiderstand [kN/m ²]
gering plastischer Schluff (Löss), Ld 3	UL	weich	20,0	27,5	0	50 – 85
		fest	21,0		5	
mittel plastische Tone und Mergel (Basislage), Ld 5	TM	weich	19,0	22,5	0	85 - 190
		fest	20,5		10	
Sand-Schluff-Gemisch (verwitterter Kalksandstein), erdfeucht	SU	mitteldicht	20,0	32,5	-	11 - 15
		dicht	22,0	35,0	-	20 - 45

Tabelle 3.

Anteile von Kalzit und Dolomit in der Gesamtprobe, Anteile der Tonfraktion und der quellbaren Tonminerale am Beispiel eines typischen Aufschlussprofils im Abriss einer Rutschung in der Hagenbachklamm (vgl. Abb. 3).

Nr.	Lage	Kalzit [%] in Gesamtprobe	Dolomit [%] in Gesamtprobe	Smektit [%] in Tonfraktion	Vermikulit 18 Å [%] in Tonfraktion	Tonfraktion (<2µm) [%] in Gesamtprobe	Quellbare TM [%] in Gesamtprobe
Ia	Hauptlage (a)	–	–	–	•	22,8	•
Ib	Hauptlage (b)	–	–	–	–	30,2	–
II	Mittellage	•	1,3	•	23	30,7	7,1
IIIa	Löss (a)	8,2	13,7	27	•	10,7	2,9
IIIb	Löss (b)	7,8	15,1	32	•	9,1	2,9
IV	Basislage	30,9	•	66	•	37,3	24,6
V	Anstehender Sandstein	6,8	–	32	40	8,1	5,8

Der verwitterte Sandstein im Liegenden der Basislage weist einen Sandgehalt von 49,3–79,7% auf. Mittel- und Feinsand dominieren, der Grobsandanteil spielt nur eine untergeordnete Rolle. Der Schluffgehalt liegt zwischen 17,4 und 40,3%, wobei Grobschluff den Hauptanteil ausmacht. Die Lagerungsdichte des verwitterten Sandsteins variiert stark.

4.2. Tonmineralogische Analyse

Tonmineralogische Analysen im Aufschlussprofil (Abb. 3) ergeben, dass besonders die quellbaren Tonminerale Smektit und Vermikulit 18 Å für die Standsicherheit der quartären Sedimente von Bedeutung sind. Als Hauptbestandteil der Tonfraktion im Löss wurden Smektit, Illit, Chlorit und Kaolinit gefunden (vgl. Tab. 3). Vermikulit (18 Å und 14 Å) sowie Mixed Layer kommen in Spuren vor. Der Anteil der quellbaren Tonminerale an der Gesamtprobe ist mit drei Prozent gering.

Auffallend ist der Anteil von Smektit mit 66% in der Basislage. Aufgrund des hohen Anteils an der Tonfraktion ergibt sich ein sehr hoher Smektitgehalt von 25% in der Gesamtprobe. Demzufolge wirkt die Basislage als wasserundurchlässige Schicht und stellt eine Gleitfläche für darüberliegende Schichten dar.

5. Schlussfolgerungen

Die mineralogische Zusammensetzung der Basislage und die damit verbundenen wasserstauenden Eigenschaften führen zur Ausbildung natürlicher Gleitflächen im Untersuchungsgebiet. Die Unterschiede in den bodenphysikalischen und bodenmechanischen Charakteristika sowie in der Wasserdurchlässigkeit von Lössdecke und Basislage sind Steuerungsfaktoren für Massenbewegungen im Untersuchungsgebiet. Vor allem der hohe Gehalt an quellfähigen Tonmineralen in der Basislage verstärkt die Rutschanfälligkeit im Bereich dieser Schicht.

Die Kenntnisse über die räumliche Verteilung der periglazialen Lagen und insbesondere der Basislage stellen daher wichtige Faktoren für die Abschätzung von Hanginstabilitäten bzw. Massenbewegungen im Untersuchungsgebiet dar.

Literatur

BIBUS, E., TERHORST, B. & KALLINICH, J.: Dating methods of mass movements in the MABIS-project. – *Zeitschrift für Geomorphologie N.F., Suppl.-Bd.*, **125**, 153–162, 2001.

BORK, H.-R. & LANG, A.: Quantification of past soil erosion and land use/land cover changes in Germany. – *Lecture Notes in Earth Sciences*, **101**, 231–239, 2003.

BRIX, F.: On the Stratigraphy and Lithology of the Flysch Zone in the Surroundings of the Hagenbach Valley (Northern Vienna Woods, Austria). – *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, **XXXIX** (1–3), 455–469, 1969.

DAMM, B.: Gravitative Massenbewegungen in Südniedersachsen. Die Altmündener Wand – Analyse und Bewertung eines Rutschungsstandortes. – *Zeitschrift für Geomorphologie N.F., Suppl.-Bd.* **138**, 189–209, 2005.

DAMM, B. & TERHORST, B.: A model of slope formation related to landslide activity in the Eastern Prealps, Austria. – *Geomorphology* (submitted), 2008.

DAMM, B. & TERHORST, B.: Quaternary slope formation and landslide susceptibility in the Flysch Zone of the Vienna Forest (Austria). – In: KELLERER-PIRKLBAUER, A., KEILER, M., EMBLETON-HAMANN, C. & STÖTTER, H. (eds.): *Geomorphology for the Future*, 89–96, Innsbruck (University Press) 2007.

DIN: *Erkundung und Untersuchung des Baugrundes*. – DIN-Taschenbuch, **113**, 590 S., Berlin – Wien – Zürich, 2002.

FAUPL, P.: Tiefwassersedimente und tektonischer Bau der Flyschzone des Wienerwaldes. – In: WAGREICH, M. (Red.): *Exkursionsführer zum 11. Sedimentologentreffen Sediment '96*, 32 S., Wien (Geol. B.-A.) 1996.

GÖTZINGER, G.: Neue Beobachtungen über Bodenbewegungen in der Flyschzone. – *Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft*, **86**, 87–104, 1943.

HARTGE, K.H. & HORN, R.: *Die physikalische Untersuchung von Böden*. – 177 S., Stuttgart 1992.

JOCHUM, B., OTTNER, F. & KEUSCH, D.: *Geowissenschaftliche Bewertung von Massenbewegungen und deren Einfluss auf Bauschäden in Oberösterreich*. – GBA Arbeitstagung, Linz 2007.

KOBLICH, K.: Mechanische Gesetzmäßigkeiten beim Auftreten von Hangrutschungen. – *Zeitschrift für Geomorphologie, N.F.*, **11**, 286–299, 1967.

LANG, H.-J., HUDER, J. & AMANN, P.: *Bodenmechanik und Grundbau – Das Verhalten von Böden und Fels und die wichtigsten grundbaulichen Konzepte*. – 320 S., Berlin – Heidelberg – New York 1996.

LESER, H.: Pedologisch-sedimentologische Untersuchungen als geomorphologische Methode. – *Forschungen und Fortschritte*, **40**, 296–300, 1996.

NEUBAUER, V. & HÖCK, V.: Aspects of Geology in Austria and Adjoining Areas: Introduction. – *Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft*, **92**, 7–14, 2000.

NEUHÄUSER, B. & TERHORST, B.: Landslide Susceptibility Assessment Using Weights-of-Evidence Applied on a Study Site at the Jurassic Escarpment of the Swabian Alb (SW-Germany). – *Geomorphology*, **86**, 12–24, 2006.

ÖNORM L 1061 und B 4412: *Physikalische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Korngrößenverteilung des Mineralbodens*. – Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2002.

OTTNER, F., KEUSCH, D. & SCHWEIGL, J.: The Fate of Clay in Landslides. – *Berichte der Deutschen Ton- und Tonmineralgruppe e.V.* Band **12**, Beiträge zur Jahrestagung Valkenburg 4. bis 6. Oktober 2006, 34 S., 2006.

SEMMELE, A.: Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen. – *Frankfurter Geographische Hefte*, **45**, 133 S., 1968.

SEMMELE, A.: The historic-genetic approach in applied geomorphology. – *Zeitschrift für Geomorphologie, N.F.*, **40**, 289–303, 1996.

TERHORST, B.: Mass movements of various ages on the Swabian Jurassic escarpment: geomorphologic processes and their causes. – *Zeitschrift für Geomorphologie N.F., Suppl.-Bd.* **125**, 65–87, 2001.

TERHORST, B.: Soil distribution and periglacial cover beds in the Jurassic cuesta scarp in SW-Germany. – *Catena*, **71**, 467–476, 2007.

TERHORST, B., DAMM, B., PETICZKA, R. & KÖTTRITSCH, E.: Quaternary sediments and landscape formation in the Eastern Prealps. – *Quaternary International, Special Issue Palaeopedology* (submitted), 2008.

ZARUBA, Q. & MENCL, V.: *Landslides and their control*. – 324 S., Amsterdam – Oxford – New York 1982.