

Die Bedeutung von Relief und Trennflächengefüge für das Auftreten von Rutschungen im südwestlichen Taunus

G1

ANNE KÖTT

1 Einführung

Der südwestliche Taunus (rechtsrheinischer, südlicher Teil des Rheinischen Schiefergebirges) ist schon lange für instabile Talflanken bekannt. Sowohl aktuelle Felsstürze und Steinschläge als auch fossile und rezente, häufig großvolumige Rutschungen belegen die niedrige Hangstabilität. Diese stellen, besonders entlang der B 42 durch das Obere Mittelrheintal und der L 3033 durch das Wispertal (Lorch–Bad Schwalbach), eine stete Gefahr für Anwohner und Verkehr im sonst recht spärlich besiedelten Gebiet dar.

Die Ursachen für instabile Hänge liegen neben der Gesteinsausprägung in der Neigung und Exposition der Hänge, den ungünstig einfallenden Trennflächen, einer niedrigen Gebirgsscherfestigkeit und der

tektonischen Auflockerung des Untergrundes. Aber auch das An- bzw. Unterschneiden des Hangfußes durch menschliche Eingriffe (Baumaßnahmen) kann die Hangstabilität negativ beeinflussen, so dass alte Rutschgebiete wieder reaktiviert werden.

Im Laufe der Zeit haben sich wertvolle Daten angesammelt, die in der Hessischen Datenbank für Massenbewegungen (KÖTT et al. 2012) erfasst wurden und nun mithilfe moderner Gelände- und GIS-Methoden sowie einem digitalen Geländemodell (DGM1; Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation, Wiesbaden) Aussagen über die Hangstabilitäten und das Gefährdungspotenzial in ausgewählten Regionen erlauben.

2 Lage und Relief

Das Untersuchungsgebiet liegt im westlichen Teil der drei SW-NE streichenden, jeweils durch größere Überschiebungen begrenzten (ANDERLE et al. 1990) tektonisch-stratigraphischen Großeinheiten des Taunus und umfasst im Wesentlichen das Einzugsgebiet der Wisper im Hintertaunus (Abb. 1).

Der Taunus war seit der variszischen Gebirgsbildung ein der Abtragung unterworfenes, durch Verebnungen geprägtes Hochgebiet. Das Relief entstand im Quartär durch die Hebung

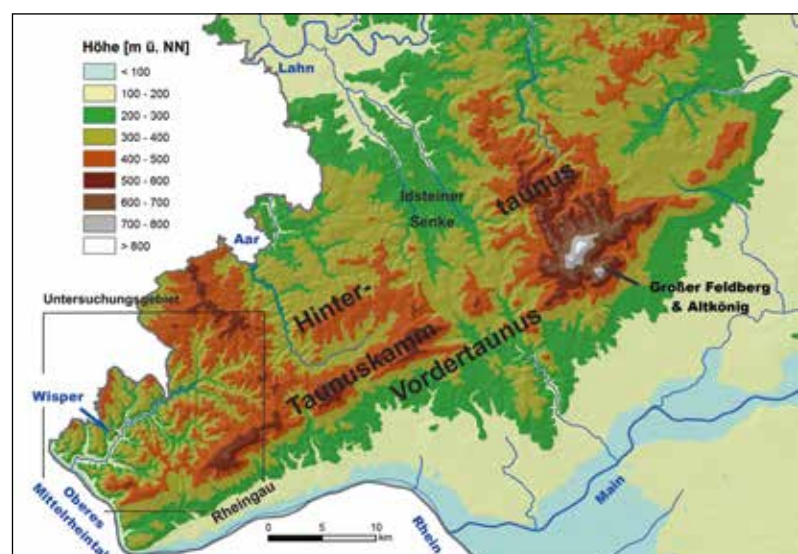


Abb. 1: Die tektonisch-stratigraphischen Großeinheiten des Taunus (KÖTT & ROGALL 2016).

des Rheinischen Schildes und die dadurch bedingte tiefe Zertalung durch Flüsse und Bäche. Neben der Widerstandsfähigkeit der Gesteine ist die Morphologie stark vom Verlauf und der Neigung der Faltenachsen der Gesteinseinheiten sowie von Querstörungen und Hauptklüftzonen abhängig (EHRENBERG et al. 1968).

Die Quarzite und quarzitischen Sandsteine des Taunuskamms bilden als Härtinge markante Höhenzüge mit sehr steilen Hangneigungen bis über 40°. Diese treten gegenüber den um 100–200 m tieferen Verebnungsflächen auf den Hunsrück-Schiefer-Folgen des Hintertaunus und dem durch die Wechselwirkung von Gestein und Bruchtektonik bedingten, hügeligen Vordertaunus deutlich hervor (ANDERLE 1976).

Die größten relativen Höhenunterschiede sind im Mittelrheintal im Bereich des Bodentals (bis zu 400 m/km²) sowie im unteren und mittleren Wispertal (bis zu 300 m/km²) zu finden. Massenbewegungen treten hier in Regionen mit einem relativen Relief zwischen 150 und 300 m/km², seltener zwischen 100 und 150 m/km² auf (Abb. 2).

Die unruhige morphologische Ausprägung der Hänge, geprägt durch Abrisse, Wellen, Buckel, Wülste und Mulden, sind die wichtigsten Hinweise auf instabile Hänge. Diese sind in den Laserscan-Daten (DGM1) sehr gut auskartierbar, sollten dann aber im Gelände überprüft werden.

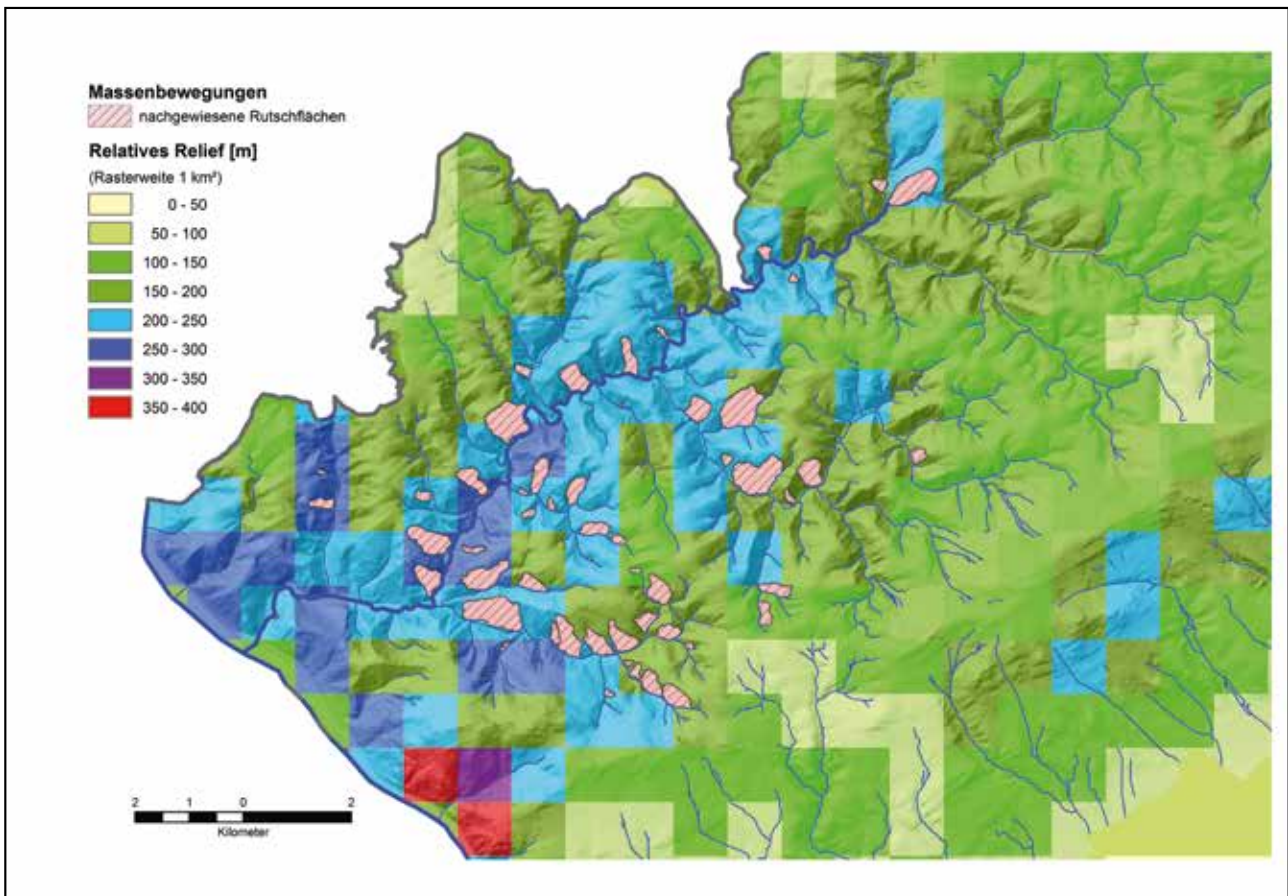


Abb. 2: Relatives Relief [m/km²] und Lage der Rutschungsflächen (KÖTT & ROGALL 2016).

3 Geologie

Während die Taunuskamm-Einheit vorwiegend aus Sandsteinen und Quarziten des tieferen Unterdevons besteht und wenig rutschanfällig ist, wird die nördlich anschließende Hintertaunus-Einheit aus blättrigen bis dünnplattigen Ton- und Siltsteinen (mit Einlagerungen geringmächtiger Feinsandsteinlagen) der Hunsrück-Schiefer-Formation aufgebaut (Abb. 3).

Die Hunsrück-Schiefer-Formation erreicht im Hintertaunus Mächtigkeiten > 2000 m und wird in Hennehal-, Bornich-, Kaub- und Schwall-Subformation untergliedert, kann aber aufgrund ihrer Ausprägung und Fossilarmut häufig nicht näher differenziert werden (HOLTZ 1968). In der Hunsrück-Schiefer-Formation treten bevorzugt Rutschungen auf.

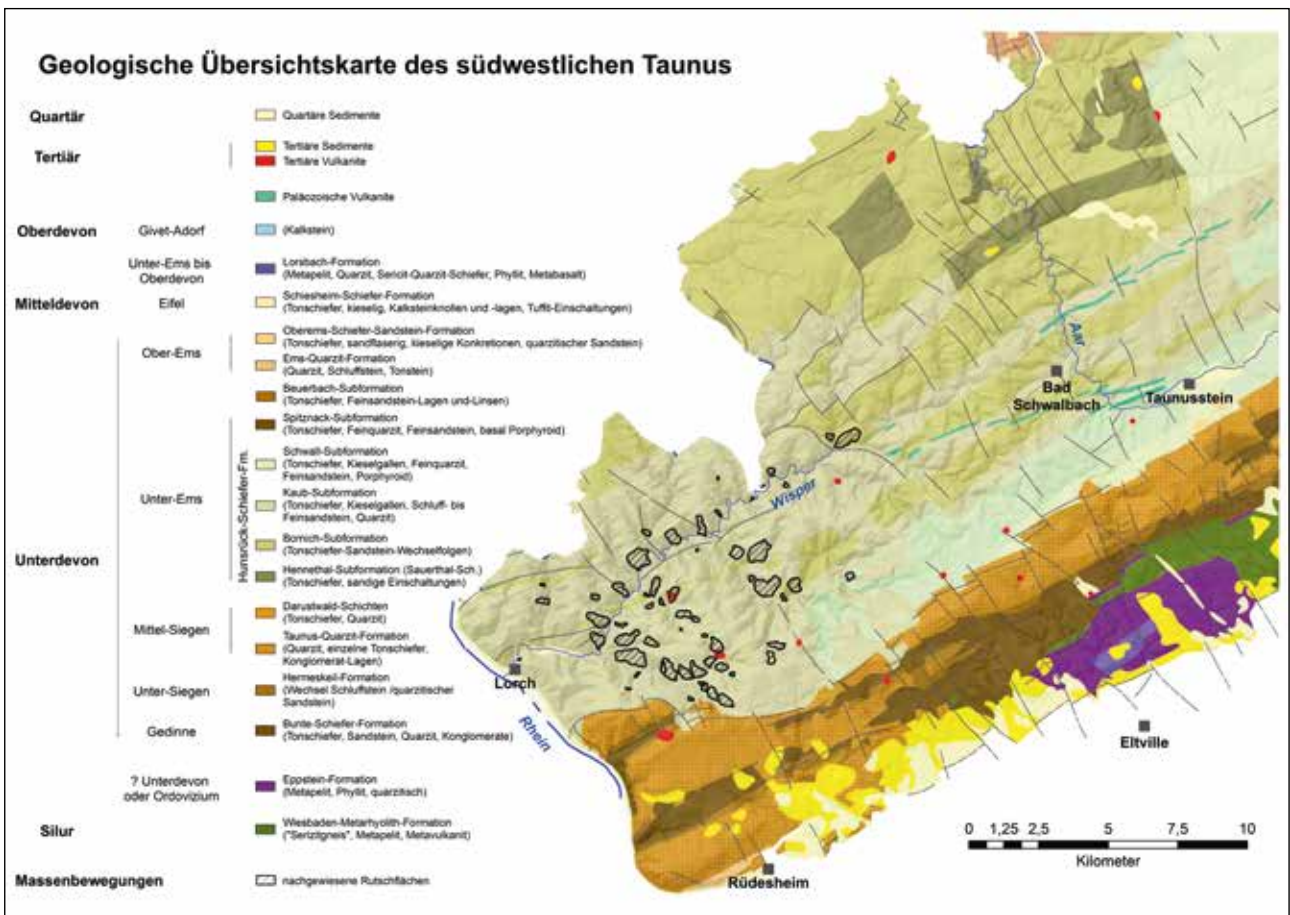


Abb. 3: Geologische Übersichtskarte des südwestlichen Taunus (verändert nach GÜK 200 – CC 6310 Frankfurt/Main-West; KÖTT & ROGALL 2016).

4 Trennflächengefüge

Die Gesteinseinheiten des Taunus sind von den tektonischen Bewegungen der variszischen Gebirgsbildung überprägt worden. Im Verlauf der Gebirgsbildung wurden die Gesteine zunächst in NE-SW-streichende, NW-vergente Falten mit flachen SE- und steilen NW-Schenkeln gelegt. Da die NW-Schenkel meist überkippt sind, herrscht allgemein Schichteinfallen Richtung SE vor (EHRENBERG et al. 1968, ANDERLE 2008). Das Einfallen der Schichten ist nordwestlich der Wisper mit 20–50° steiler und südöstlich mit 10–40° flacher.

Die Schichtung (ss) spielt jedoch als Trennfläche für das Auftreten von Massenbewegungen kaum eine Rolle. Wichtigste Trennfläche, besonders in Bereichen der Hunsrück-Schiefer-Formation, ist die erste Schieferung (sf1), die eine ähnliche Orientierung wie die

Schichtung aufweist, in der Regel NE-SW streicht und mit 30–65° nach SE einfällt (ROGALL 1997). Die glatt und eben ausgebildeten Schieferungsflächen sind häufig mit Glimmer belegt und stellen gute Bewegungsbahnen dar. Die zweite Schieferung (sf2) ist nur untergeordnet vertreten, schneidet sf1 spitzwinklig und ist meist nur als Runzelung auf den Flächen der ersten Schieferung zu erkennen.

Trennflächen können die Stabilität der Hänge negativ beeinflussen. Wenn die Orientierung dieser Trennflächen in Etwa mit der Exposition des Hanges übereinstimmt (Abb. 4, rote Punkte), ist die Voraussetzung für instabile Talflanken gegeben. So sind die meisten Rutschungen im westlichen Taunus an S- und SE-exponierten Hängen zu finden.

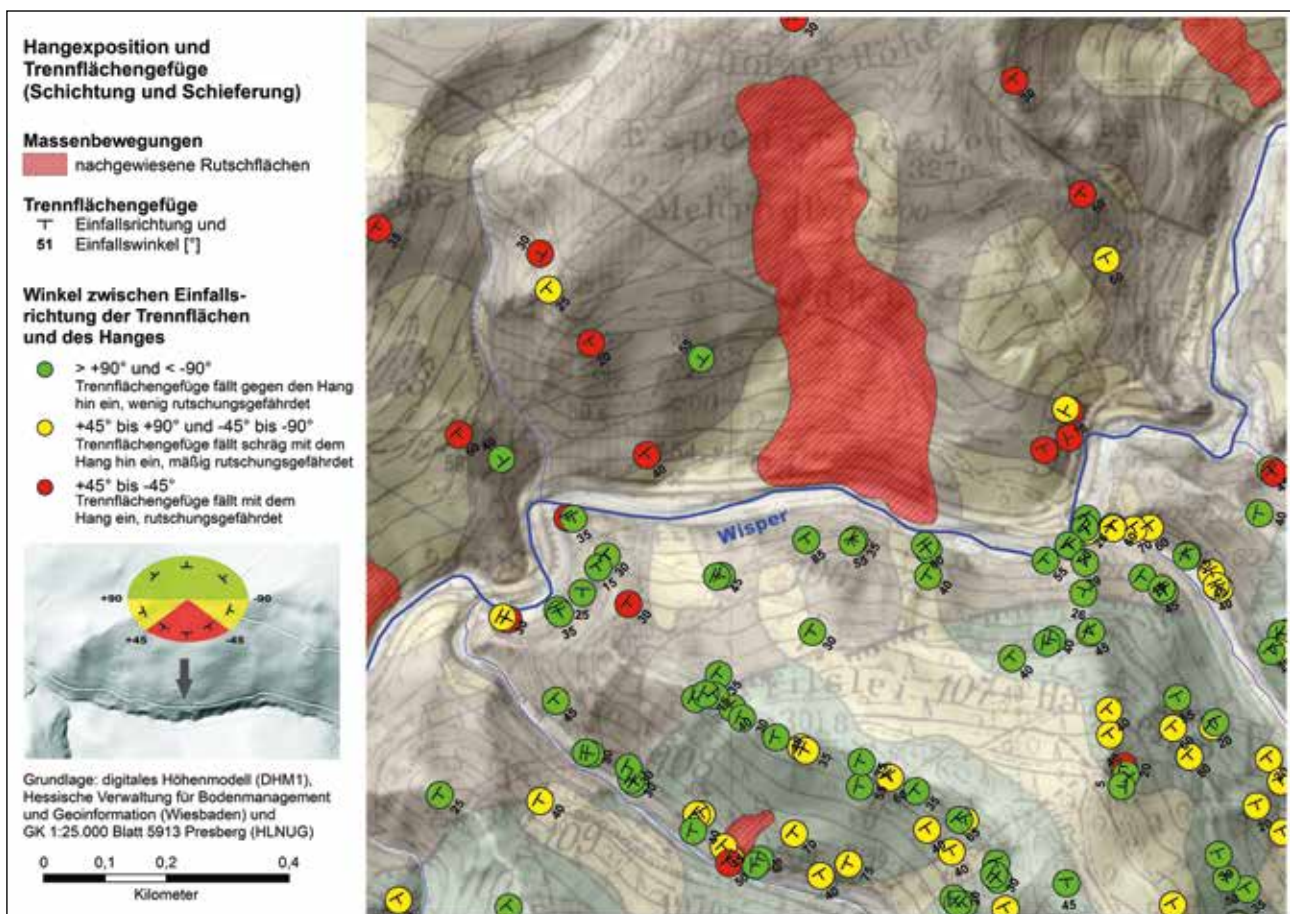


Abb. 4: Beziehung zwischen Exposition der Hänge und Trennflächengefügen (Überschiebungsbereich Bornich- (braun) auf Kaub-Subformation (grün); KÖTT & ROGALL 2016).

5 Klüfte und Störungen

Querklüfte und Störungen sind für die Stabilität der Hänge im Bereich des Wispertals ebenfalls von großer Bedeutung, da sie als Schwächezonen häufig die Abrisskanten der Rutschungen vorzeichnen (ROGALL 1997).

Während die Wisper als größter Vorfluter des Untersuchungsgebietes dem generellen SW–NE-Streichen der Gesteinseinheiten folgt, sind viele Seitentäler

entsprechend der Querstörungen und Klüftzonen angelegt (z. B. Ernstbachtal, NW–SE). Von den Klüften und Störungen haben die 140–160°-streichenden den größten Einfluss, da sie häufig engständig, klaffend und wasserwegsam sind und als Bewegungsbahnen für Rutschungen dienen sowie zu Bergzerreissungen (in SW-Richtung) führen können (EHRENBERG et al. 1968).

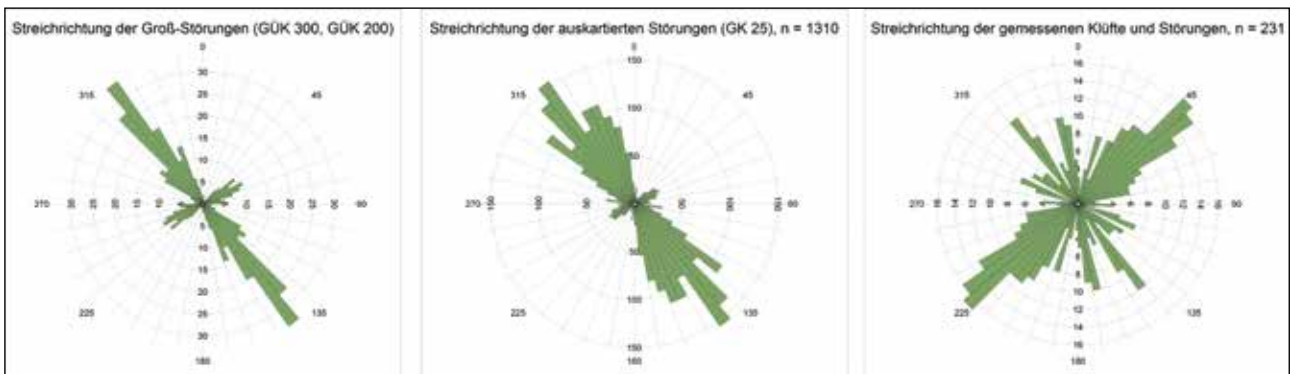


Abb. 5: Streichrichtungen der Störungen nach GÜK 300 bzw. GÜK 200, der auskartierten Störungen der GK 25 und den gemessenen, kleinräumigen Klüften und Störungen (KÖTT & ROGALL 2016).

6 Hangneigung

Neben der Orientierung der Trennflächen spielt aber auch die Böschungsneigung eine entscheidende Rolle. Im westlichen Taunus treten Massenbewegungen bevorzugt an Hängen mit einer Neigung zwischen 15 und 25° auf.

In der Regel kommen Hänge nur in Bewegung, wenn die entscheidenden Trennflächen flacher einfallen als der Hang. Dies ist in Abb. 6 durch die roten Sterne gekennzeichnet. Da das Einfallen der Schichtung und Schieferung südlich der Wisper aufgrund der Vergenz der Falten meist flacher ist, sind hier vermehrt Rutschungen zu finden.

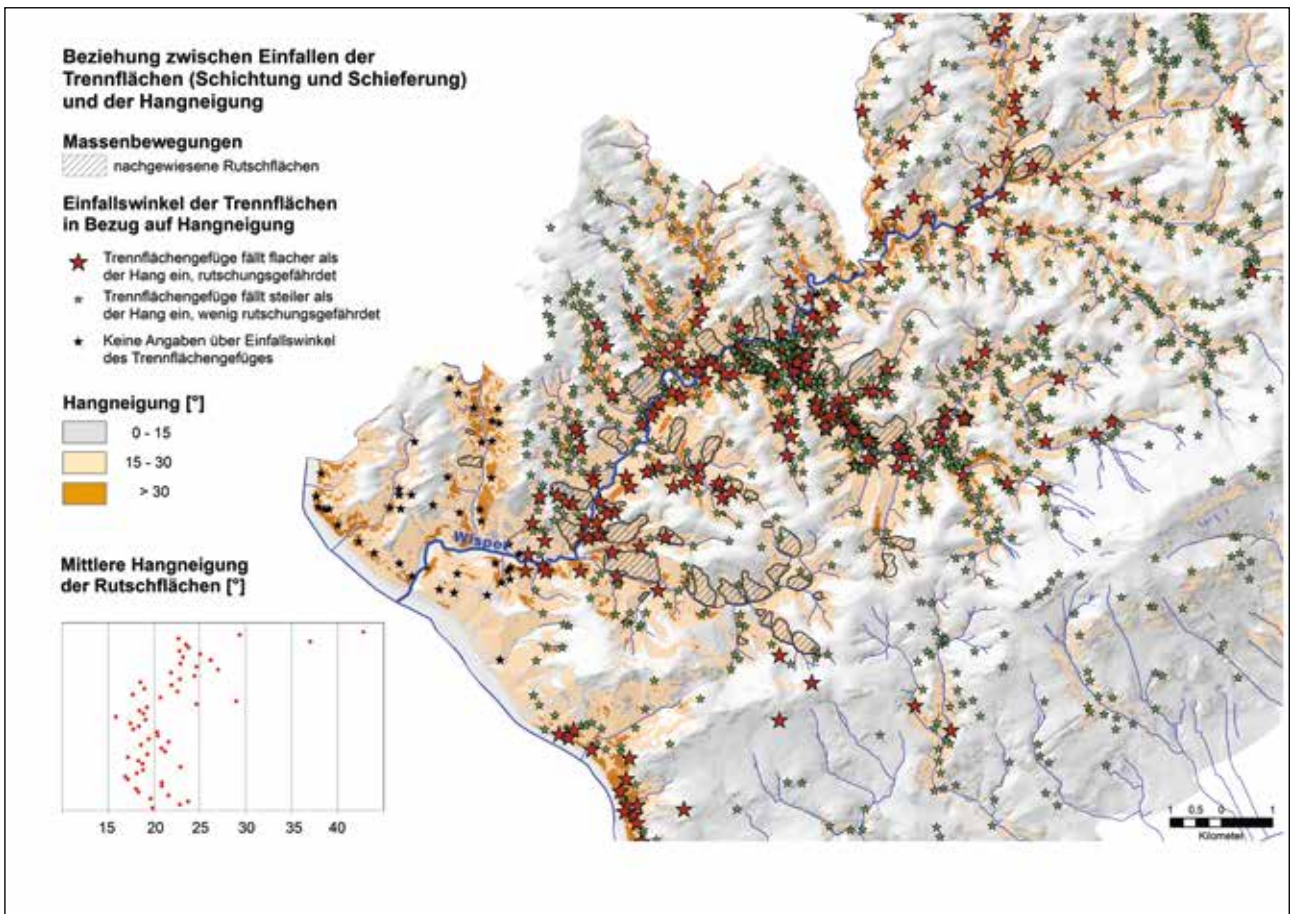


Abb. 6: Beziehung zwischen den Einfallswinkeln der Trennflächen und Hangneigungen (KÖTT & ROGALL 2016).



Abb. 7a: Hang an der L 3031 nach Espenschied: Das Einfallen der Trennflächengefüge entspricht etwa der Hangneigung. Nach aufgetretenen Rutschungen seit 1973 mit Ankern gesichert.



Abb. 7b: Aufschluss an der L 3033 durch das Wispental: Trennflächengefüge deutlich steiler als Hangneigung. Keine Sicherung nötig.

7 Rutschung Bernzell / Ernstbachtal

Inklinometermessungen des ehemaligen Hessischen Landesamtes für Bodenforschung (jetzt HLNUG) an ausgewählten Rutschkörpern im Zuge einer geplanten Talsperre ergaben, dass die Hangbewegungen häufig nicht auf einer einzelnen Gleitfläche, sondern innerhalb von mächtigen Zerrüttungszonen auf abgetrepten, mehr oder weniger parallelen Gleitflächenscharen erfolgen (Abb. 9). Die gemessenen Hangverformungen an den alten Rutschgebieten zeigen langsame Kriechbewegungen an. In Zeiten deutlich erhöhter Niederschläge können auch Rutschungen wieder aktiviert werden (HOLTZ 1968, ROGALL 1997).

An der Rutschung Bernzell (BE-BK-7, Abb. 8) wurde eine maximale Bewegung von 6 cm in 12 Jahren (1984–1995) gemessen (ETZ 2004, Abb. 10). 2016 wurde an der Bohrung BE-BK-7 erneut eine Inklino­metermessung durch die Geophysikalische Landes­aufnahme (Dez. G2) durchgeführt. Das Bohrloch war nur noch bis in eine Tiefe von etwa 21 m befahrbar. Dies deutet auf weitere Bewegungen seit der letzten Messung im Jahr 2002 hin.

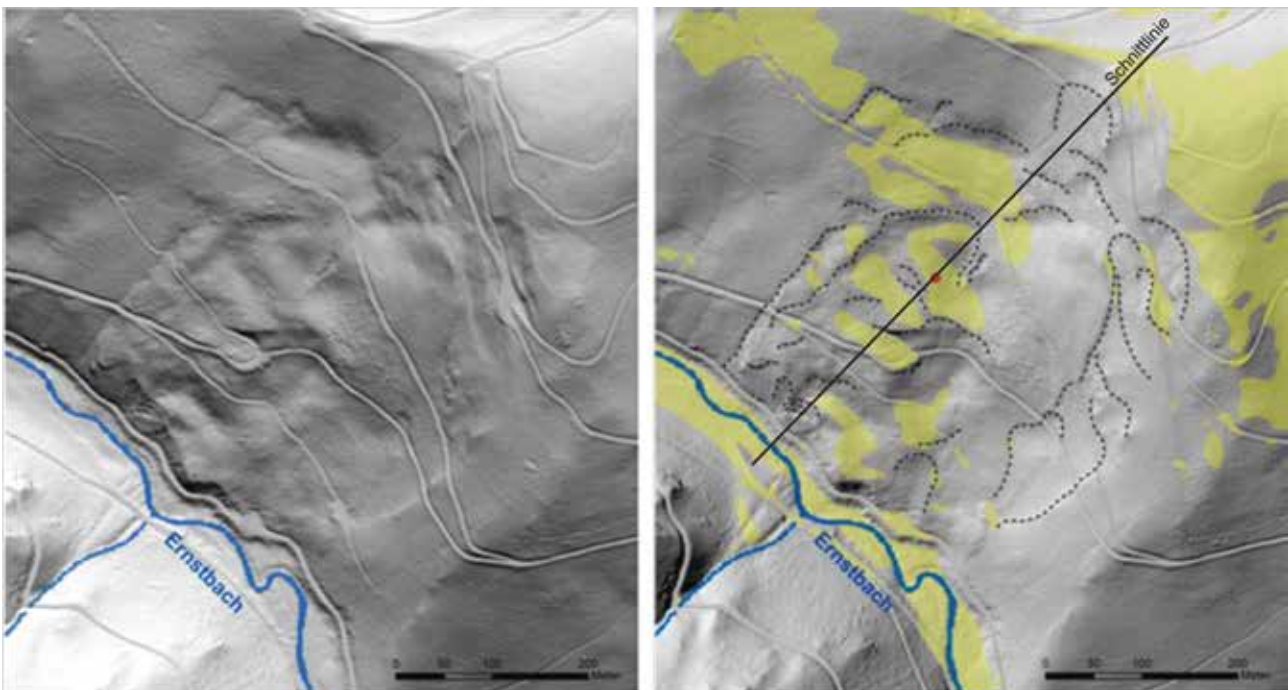


Abb. 8: Digitales Geländemodell (DGM1; Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation, Wiesbaden) der Rutschung Bernzell mit unterschiedlichen Beleuchtungen. Deutlich sichtbar das unruhige Relief, die Abrisskanten (gezackte Linien) und die Verebnungsflächen (< 15° Hangneigung, gelbe Flächen). Der rote Punkt gibt die Lage der Inklino­metermessstelle BE-BK-7 an, die Schnittlinie die Lage des Profilschnitts in Abb. 9 (KÖTT & ROGALL 2016).

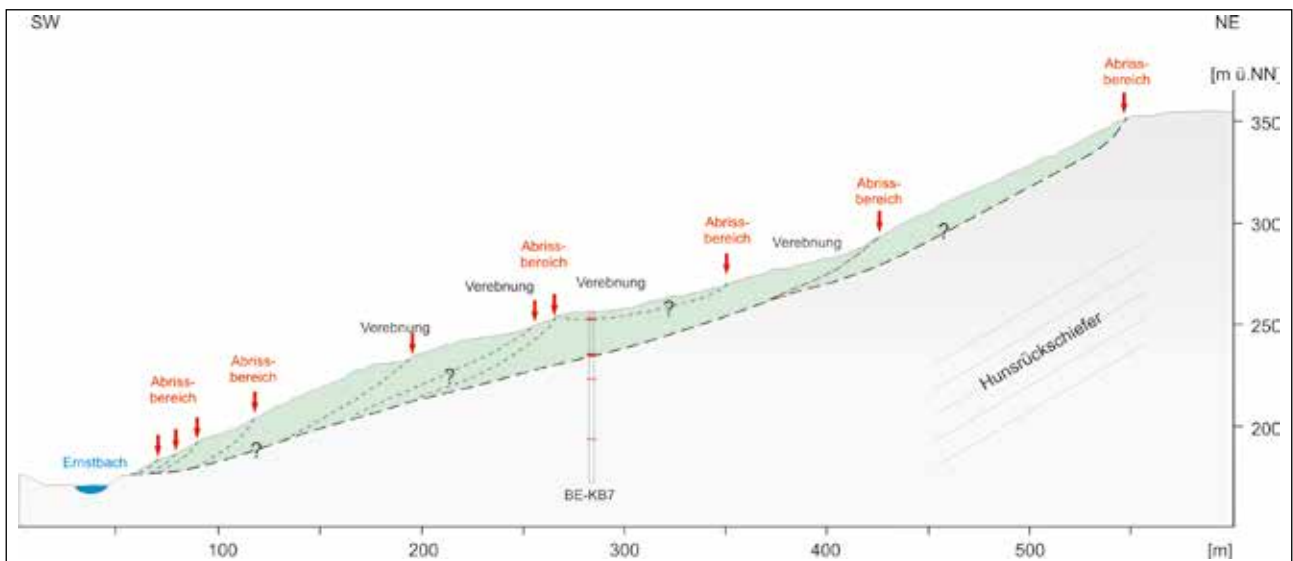


Abb. 9: Profilschnitt senkrecht zum Einfallen des Hanges der Rutschung Bernzell (KÖTT & ROGALL 2016).

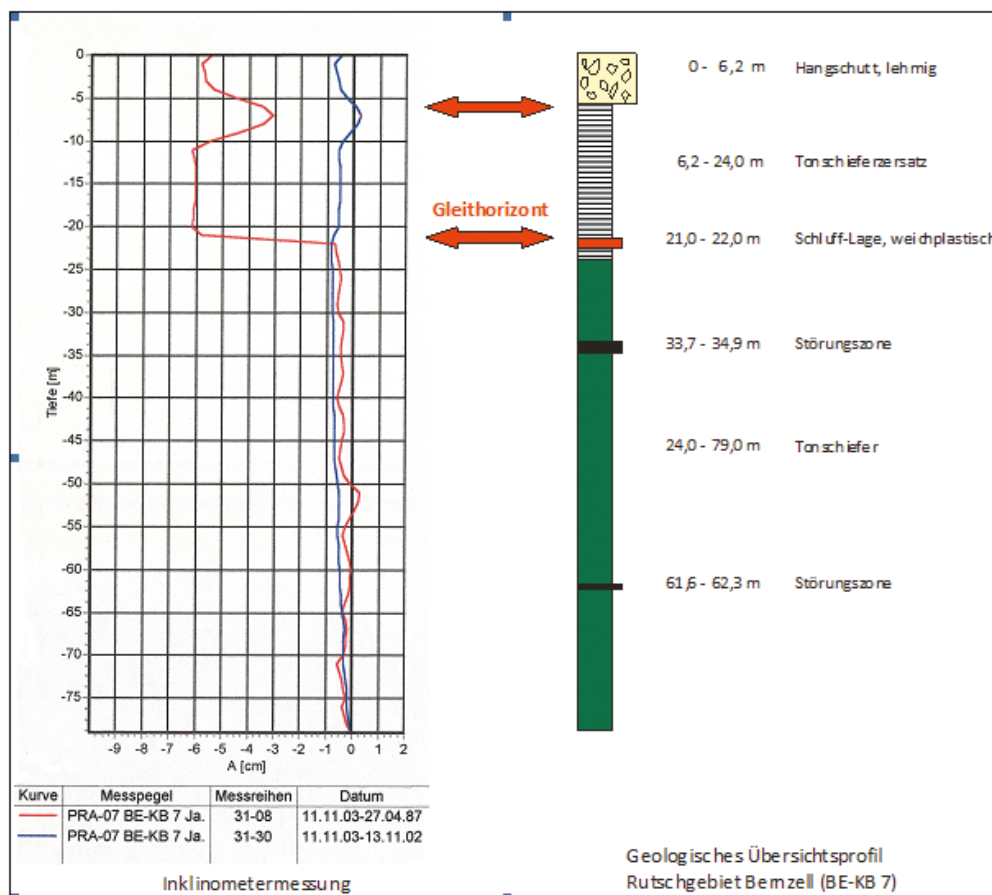


Abb. 10: Ergebnisse der Inklinometermessungen (1984-2002; Etz 2004) und geologisches Säulenprofil der Bohrung BE-KB-7 mit den Gleitflächen.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Zur Abschätzung der Gefährdung durch das Auftreten von Massenbewegungen im südwestlichen Taunus war es zunächst unerlässlich, eine Bestandsaufnahme der bereits stattgefundenen Ereignisse durchzuführen, da gerade größere Rutschungen häufig kein einmaliges Ereignis sind und wieder reaktiviert werden können. Deshalb ist die Erkennung sowie die Ermittlung von Ursachen und deren umfassende Dokumentation so wichtig (KÖTT et al. 2012).

Die meisten Rutschungen im Untersuchungsgebiet sind inaktiv. Die immer wieder auftretenden rezenten Rutschungen sowie die Inklinometermessungen im Rutschgebiet Bernzell beweisen aber, dass besonders in niederschlagsreichen Jahren eine latente Gefahr für Massenbewegungen besteht.

Folgende Ursachen begünstigen das Auftreten von Massenbewegungen im südwestlichen Taunus:

- **Relatives Relief:** Massenbewegungen treten im Untersuchungsgebiet bevorzugt ab einem relativen Relief $> 150 \text{ m/km}^2$ auf. Dies trifft v. a. für das untere und mittlere Wispertal und einige Seitentäler zu.
- **Geologie:** Die blättrigen bis dünnplattigen Ton- und Siltsteine der Hunsrück-Schiefer-Formation mit ihren ausgeprägten Trennflächen bilden instabilere Hänge als die widerstandsfähigeren Sandsteine und Quarzite der Taunuskamm-Einheit. Daher treten Rutschungen vermehrt im Hintertaunus auf.

- **Trennflächengefüge:**

- Entspricht die Orientierung der wichtigsten Trennflächengefüge (Schichtung und v. a. 1. Schieferung) der Exposition der Hänge, ist eine wichtige Voraussetzung für instabile Talflanken gegeben. Dies trifft im Wesentlichen für S- und SE-exponierte Hänge zu.
- Klüfte und Störungen (v. a. die $140\text{--}160^\circ$ -streichenden, klaffenden und wasserwegsamem Querklüfte) sorgen für Auflockerung des Untergrundes und dienen als Abrisskanten und Bewegungsbahnen für Massenbewegungen, besonders an SW-exponierten Hängen.

- **Hangneigung:** Im Untersuchungsgebiet treten Massenbewegungen bevorzugt an Hängen mit einer Neigung zwischen 15 und 25° auf. Da meist nur Hänge in Bewegung kommen, wenn die entscheidenden Trennflächen flacher einfallen als der Hang, sind vermehrt Rutschungen südlich der Wisper zu finden.

Die gewonnenen Erkenntnisse erlauben eine Abschätzung von Hangstabilitäten im Untersuchungsgebiet. Die Übertragbarkeit auf weitere Regionen in geologisch ähnlichen Strukturräumen (Rheinisches Schiefergebirge) muss überprüft werden.

Literatur

- ANDERLE, H.-J. (1976): Der Südrand des Rhenohertzynikums im Taunus – Vorläufige Mitteilung der Ergebnisse tektonischer Untersuchungen.– Geol. Jb. Hessen, 104: 279-284; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (2008): Südtaunus.– In: DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland VIII. Devon.– Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, Heft 52: S. 118-130; Hannover.
- ANDERLE, H.-J., MASSONE, H.-J., MEISL, S., ONCKEN, O. & WEBER, K. (1990): Southern Taunus Mountains.– In: Field Guide Mid-German Crystalline Rise & Rheinisches Schiefergebirge. Int. Conference on Paleozoic Orogens in Central Europe, Göttingen-Giessen, Aug.-Sept. 1990, S. 124-148.
- EHRENBERG, K.-H., KUPFAHL, H.-G. & KÜMMERLE, E. (1968): Erl. geol. Kt. Hessen 1:25000, Bl. 5913 Presberg, 2. Aufl., 201 S.; Wiesbaden.
- ETZ, R. (2004): 5. geotechnischer Bericht über die Inklinometer- und Wasserstandsmessungen im Ernstbachtal, Messzeitraum bis Ende 2003.– Gutachten 5913/143 aus dem Archiv des Hess. L.-Amt für Umwelt und Geologie; Wiesbaden.
- HOLTZ, S. (1968): Bericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zur geologischen Kartierung im Ernstbachtal, Rheingaukreis.– Gutachten 5913/65 aus dem Archiv des Hess. L.-Amt für Umwelt und Geologie; Wiesbaden.
- KÖTT, A., GRUBERT, A. & ADERHOLD, G. (2012): Die hessische Rutschungs-Datenbank – ein neues Instrument zur Erfassung, Archivierung und Auswertung von Massenbewegungen.– Jahresbericht des Hess. L.-Amt für Umwelt und Geologie, S. 89-102; Wiesbaden.
- KÖTT, A. & ROGALL, M. (2016): Massenbewegungen im südwestlichen Taunus – Einfluss von Tektonik und Trennflächengefüge.– 16th Symposium Tectonics-Structural Geology-Crystalline Geology (TSK 16), 02.-06.03.2016; Bonn.
- ROGALL, M. (1997): Untersuchung von Rutschungen und Felsstürzen im Westtaunus im Hinblick auf die Hangstabilität mit Darstellung in einer Hangstabilitätskarte.– 221 S., Tectum Verlag; Marburg.