



Geschäftszeichen: 89-0610-002/15 Ad

Bearbeiterin: Dr.-Ing. Gabriele Aderhold

Datum: 04. Februar 2015

Durchwahl: 0611 / 6939-913

e-Mail: gabriele.aderhold@hlug.hessen.de

Bericht zu den geotechnischen Untersuchungen der Bewegungen und der
Böschungsstandsicherheit am Osthang des Hohen Meißner

TK25: Blatt 4725, Bad Sooden-Allendorf

Erstattet für: Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz (Az: II 6 – 76 g 08.01)

Vorgelegte Gutachten:

- Ergebnisbericht vom 09. April 2014 zu den Untersuchungen der Bewegungen am Osthang des Hohen Meißners mit Hilfe der Langzeitbeobachtungsmethode nach DIN 1054: 2010-12, erstellt vom geotechnischen Sachverständigenbüro Dr.-Ing. habil. Bernd Müller.
- Prüfbericht Nr. G 1318/01 zum o.g. Bericht vom 23.12.2014 von der TU Darmstadt, vertreten durch Herrn Prof. Dr.-Ing. Rolf Katzenbach
- Ergebnisbericht Dr. Müller zur Langzeitbeobachtung von Mai bis Dezember 2014

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	3
2	Methodik der Beobachtung am Hohen Meißner.....	4
3	Geologische Verhältnisse am Hohen Meißner	6
4	Ergebnisse der Gutachter.....	7
4.1	Ergebnisbericht zur geotechnischen Langzeitbeobachtung vom Sachverständigenbüro Dr. Müller	7
4.1.1	Ingenieurgeologische Abgrenzung von Teilschollen der Rutschung.....	7
4.1.2	Hydrogeologische Verhältnisse und Einfluss des Kalbesees auf Bewegungen.....	8
4.1.3	Nachweise von Bewegungen innerhalb des Bewertungszeitraumes 1.10.2013 bis 31.03.2014 ...	9
4.1.4	Ergebnisse zur Langzeitbeobachtung zwischen Mai und Dezember 2014.....	13
4.1.5	Standsicherheitsberechnungen am östlichen Hangbereich des Meißners	13
4.1.6	Vorschlag von Sicherungsmaßnahmen durch Herrn Dr. Müller.....	14
4.2	Prüfbericht der TU Darmstadt.....	16
4.2.1	Allgemeines	16
4.2.2	Ergebnisse aus dem Prüfbericht.....	16
5	Abschließende Beurteilung des HLUg zur Standsicherheit des Hohen Meißners.....	19
6	Geotechnische Grundsatzaussagen des HLUg	25

1 Veranlassung

Hangbewegungen am Hohen Meißner sind bereits seit dem Jahr 1888 bekannt. Seit dem Jahr 2006 sind zudem starke Rissbildungen am verbauten Mundloch des Keudellbrunnens und insbesondere im bergseitigen Küchenanbau des denkmalgeschützten Gebäudes Schwalbenthal aufgetreten. Ferner ereigneten sich an der ehemaligen Kaiserstraße, der L 3242, in den Jahren 1976, 1981, 1987, 1991 und 2006/2007 Rutschungen, die eine Sanierung des Straßenabschnittes erforderlich werden ließen. In den 1980er Jahren ging zudem am Hang östlich vor dem Haus Schwalbenthal eine Rutschung talwärts, die im Wesentlichen aus anthropogenen, nicht verdichteten Haldenschüttungen des Braunkohlenbergbaus bestanden hat.

Daher wurden im Jahr 2010 vom Büro Dr. Müller umfangreiche Erkundungsarbeiten zur Beschreibung der Hangsituation durchgeführt (acht Kernbohrungen, drei Inklinometer, drei Drucksondierungen, geoelektrische Kartierung). Ferner wurden zahlreiche geotechnische Laborversuche zur Ermittlung der Gesteinsfestigkeiten durchgeführt. Die Gesamtstandsicherheit des Osthanges wurde mit Hilfe genormter Rechenverfahren bestimmt. Dabei wurden zulässige Grenzwerte für die Rutschungsbewegung aufgestellt:

- Bewegungsbeschleunigung: 2 mm/Woche
- Gesamtbewegungsmaß: 20 mm

Nachdem dieser Wert im März 2012 überschritten wurde, wurde der Grenzwert des Gesamtbewegungsmaßes auf 40 mm erhöht. Die gemessenen Bewegungen am Osthang des Hohen Meißners forderten damit insgesamt eine Ausweitung der geotechnischen Untersuchungen über die Beobachtungsmethode nach E DIN 1054. Hiermit sollen die Hangbewegungen und die Gefährdungssituation für zu schützende Objekte kontinuierlich bewertet werden, um mögliche sicherheitsrelevante Maßnahmen rechtzeitig einleiten zu können. Hierzu war auch die Installation neuer Messeinrichtungen erforderlich.

Mit der Durchführung der geotechnischen Beobachtung wurde das Sachverständigenbüro Dr. Bernd Müller am 30.09.2013 vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) beauftragt. Gemäß zusätzlichem Auftrag vom 29.10.2013 war von der Technischen Universität Darmstadt (TUD), vertreten durch Herrn Prof. Katzenbach, der o. g. Bericht zu prüfen.

2 Methodik der Beobachtung am Hohen Meißner

Die eingesetzte Beobachtungsmethode ist nach der E DIN 1054 eine Kombination der üblichen geotechnischen Untersuchungen und Prognosen mit der regelmäßigen messtechnischen Kontrolle von Bauwerken oder Hängen während der Nutzung.

Die Beobachtungsmethode wird bei den schon eingetretenen Schäden am Hohen Meißner angewendet. Die Schäden dokumentieren sich in Böschungsdeformationen am Hang des Hohen Meißners sowie Rissbildungen an Bauwerken (Keudellbrunnen, Haus Schwalbenthal, Landesstraße). Mit den Messungen sollen kritische Situationen rechtzeitig erkannt und durch die Anwendung vorbereiteter technischer Maßnahmen beherrscht oder durch sicherheitsrelevante Maßnahmen dem Gefahren- und Risikopotenzial entgegengewirkt werden.

Langjährige Erfahrungen über die Feststellung der Gebrauchstauglichkeit von Hängen und Böschungen in labilen Gebirgsverhältnissen mittels der Beobachtungsmethode liegen in Hessen z. B. für das Weltnaturerbe Grube Messel vor und lassen folgende Aussagen zu:

- Mit der Beobachtungsmethode sind kinematische Modelle auch bei periodischen Messungen zu entwickeln und Trends der Deformation zu erfassen.
 - Die am Meißner geforderte Messgenauigkeit von etwa 2 mm in der Höhe und etwa 5 mm in der Lage ist im Allgemeinen zur Bestimmung einer Böschungsstandsicherheit ausreichend und mit den weiter unten beschriebenen Tachymetermessungen bzw. Inklinometermessungen erreichbar.
 - Die installierten Inklinometer liefern die Verschiebungskomponente waagrecht und senkrecht zur Bohrlochachse.
 - Die Vorgabe der Grenzwerte für Alarmauslösung sind Erfahrungswerte aus vergleichbaren Hang- und Böschungsdeformationen. Durch die Beobachtungsmethode sind Grenzwerte für eine Alarmauslösung festlegbar. Der festgelegte Alarmplan ist im Dezember 2013 aktiviert worden, wodurch über die Meldekette eine zeitnahe Intensivierung der Beobachtung durch die beteiligten Institutionen gewährleistet ist.
- Der Alarmplan kann damit als funktionsfähige erste Maßnahme zur Gefahrenabwehr beschrieben werden.**

Die periodische Beobachtungsmethode hat sich bisher als erfolgreich und anwendbar erwiesen. Bis Dezember 2014 wurde der Meißner regelmäßig durch Herrn Dr. Müller geotechnisch überwacht.

Es wurden 29 geodätische Messpunkte an fünf Messprofilen im Bereich des Osthangs vom Hohen Meißner und weitere 22 Punkte entlang der L3242, vor und hinter dem Haus Schwalbenthal, dem Keudellbrunnen (3 Punkte) sowie am Kalbeseesee (1 Punkt) zur Kontrolle des Wasserstandes gesetzt. Die geodätischen Messungen wurden tachymetrisch am 15. und 16.10. 2013 nullgemessen. Sie wurden und werden weiterhin monatlich bzw. vierteljährlich mit einer Genauigkeit von 2 mm in der Höhe und 5 mm in der Lage eingemessen. Fünf weitere Messpunkte wurden am Haus Schwalbenthal installiert. Die bereits vorhandenen Bodennägel im Bereich der L3241 und L3242 wurden im sechsmonatigen Bewertungszeitraum bis Dezember 2014 ebenfalls monatlich gemessen. Als Ergebnis erhält man Vektoren- und Setzungspläne, aus denen die Oberflächenbewegungen in vertikaler und horizontaler Richtung bewertet werden können.

Die durch die geotechnischen Untersuchungen der Hangrutschungen in 2010 festgestellten aktiven Bewegungen wurden nach dem damaligen Vorschlag des HLUg mittels drei, später zwei Ketteninklinometern dauerhaft überwacht (IN II ist seit 2010 nicht mehr messbar).

Hierzu wurden die Bohrungen KB 08/10 (= IN 01, Länge 18 m), KB 06/10 (= IN 02, Länge 18 m) und KB 05/10 (= IN 03, Länge 10 m) zu Inklinometermessstellen ausgebaut. Die Inklinometer messen kontinuierlich alle 2 m die Verschiebung in mm. Die permanent erfassten Bewegungen werden dauerhaft über ein GSM-Modem in das Geotechnische Sachverständigenbüro Dr. Müller fernübertragen. Als Auswertung erhält man Tiefendiagramme, aus denen die Bewegung und die Bewegungsrichtung der Gleitfugen über die Zeit abgelesen werden kann.

Durch das geotechnische Messnetz und –programm werden die Hangbewegung und die Gefährdungssituation für die folgenden zu schützenden Objekte bewertet:

- Landstraßen L 3242 und L 3241
- Keudellbrunnen
- Haus Schwalbenthal

3 Geologische Verhältnisse am Hohen Meißner

Der überwiegende Teil des Osthanges am Hohen Meißner wird von den Sedimentgesteinen des Unteren und Mittleren Buntsandsteins aufgebaut. Die Schichten des Buntsandsteins fallen flach nach NW bis WNW ein. Über der aus vorwiegend Sandsteinen bestehenden Sollingfolge können insbesondere im Norden um die Kalbe Reste des ausgeprägt plastischen tonig zersetzten Röts auftreten. Über dem bruchtektonisch gestörten Schichtkomplex des Buntsandsteins lagerten sich bis 30 m mächtige tertiäre Tone und Sande ab. Direkt über den tertiären Schichten liegen Basalte, die von pleistozänen Sedimenten überdeckt werden.

Die relativ geradlinige NNE-SSW verlaufende Steilstufe zum Osthang des Hohen Meißners ist eine bereits im Pleistozän oder Periglazial angelegte Abbruchkante. Das gesamte Gebiet bergseitig hinter dem Haus Schwalbenthal und der Straßenzüge der L 3241 und L 3242 zeigt eine unruhige, für Rutschungen typische Morphologie. Einzelne Basaltblöcke sind bereits bis in die Nähe des heutigen Keudellbrunnenstollens nachweislich bewegt worden.

Der Basalt stellt einen guten Kluftwasserleiter dar, in den das Niederschlagswasser infiltriert. Die darunter liegenden Tonsteine stauen das Grundwasser; sie werden aufgeweicht und die hangenden Basaltblöcke bewegen sich als Rutschmasse talwärts. Diese Rutschmasse hat eine nachgewiesene Tiefe von ca. 8-14 m. Im Ergebnis liegt am Hohen Meißner eine reaktivierte fossile Rutschung von Basalt auf plastifizierten hoch wasserempfindlichen tertiären Tonen des Oberen Buntsandsteins (Röt) vor. Die vor den anthropogenen Eingriffen im Tagebau Kalbe stabilen Altrutschungen sind durch die Einwirkung von versickernden Bergwässern und dem Wasser des Kalbesees allmählich aufgeweicht. Zu einem Zeitpunkt um das Jahr 2006 haben sich die bodenmechanischen Eigenschaften der bindigen Schichten durch die Wassereinwirkung derartig verschlechtert, dass der Hang im Bereich der Rutschungsstirn um das Haus Schwalbenthal langsam innerhalb der Röttone in Bewegung geriet. Aus den bisherigen beobachteten Vorgängen und Zusammenhängen ist ableitbar, dass sich die bodenmechanischen Kennwerte weiter zum ungünstigen Bereich verschieben werden. Auf diese Weise ist eine sukzessive Bewegungsbeschleunigung zu erwarten.

4 Ergebnisse der Gutachter

4.1 Ergebnisbericht zur geotechnischen Langzeitbeobachtung vom Sachverständigenbüro Dr. Müller

4.1.1 Ingenieurgeologische Abgrenzung von Teilschollen der Rutschung

Der mit den neuen Festpunkten ausgestattete Flächenanteil des Osthanges wurde ingenieurgeologisch kartiert. Die einzelnen Teilschollen der Rutschung wurden unter Einbeziehung der geodätischen Messpunkte, der Geomorphologie, Wasseraustrittsstellen, Baumwuchs sowie der direkten Kartierung in Meter-Genauigkeit abgegrenzt.

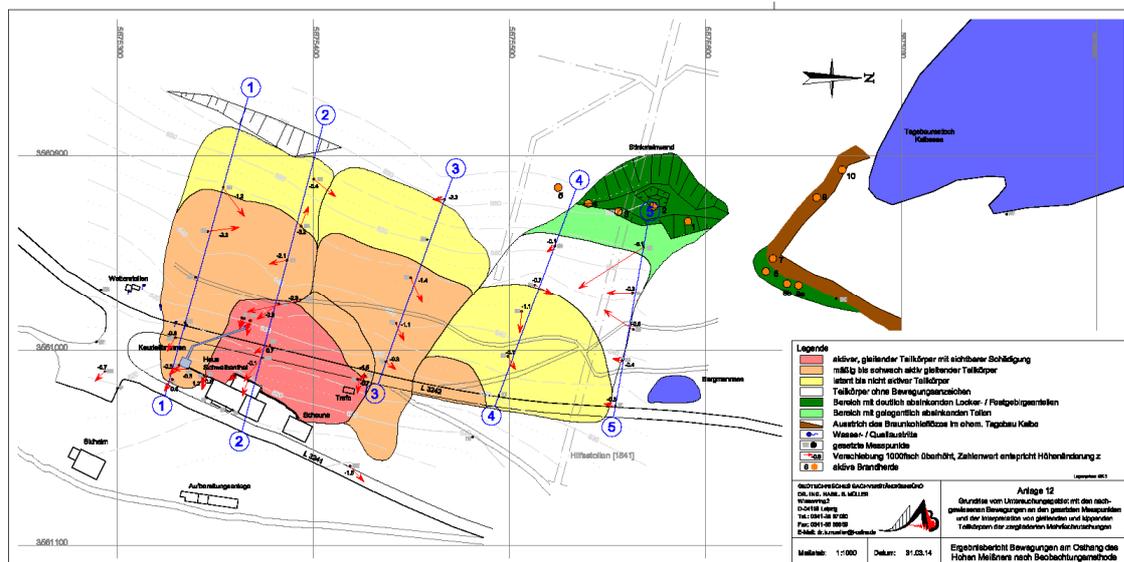


Abb. 1: Ingenieurgeologische Abgrenzung von Teilkörpern nach Dr. Müller (rot: Bewegungen bis 4 mm/Monat; orange: Bewegung bis 0,5 mm/Monat; gelb: latent gleitender Rutschkörper; farblos: keine Anzeichen einer Bewegung)

Ferner wurde entlang der Profile die Abgrenzung der Teilschollen mit Hilfe von Messpunkten, Bohrungen, Inklinometern und Drucksondierungen zusätzlich untermauert und die Tiefe der Gleitflächen definiert.

Aus der **Abbildung 1** bzw. der Abgrenzung und Festlegung der Teilschollen ist der unmittelbar gefährdete Bereich für die L 3242, den Keudellbrunnen und das Haus Schwalbenthal ableitbar. Der rot markierte Bereich der Rutschungen im Bereich des Profiles 2-2 ist der mit den größten erfassten Bewegungen und mit dem höchsten Einfluss des

zufließenden Bergwassers, welches überwiegend im Stollen des Keudellbrunnens austritt und entlang des Trennflächensystems und der Gleitflächen im Liegenden dem Rutschungskörper zufließt.

Das HLUG stimmt dieser Aussage zu. Hierbei sind im Bereich des oberen Profiles 1 nur wenige Verschiebungsbeträge bekannt und eine genauere Bewertung ist hier zurzeit nicht möglich.

Im Bereich des Rutschungskörpers um die L 3242 und den Portalbereich des Keudellbrunnens wurden aktive Bewegungen von bis zu 4 mm/Monat beobachtet. **Das HLUG vertritt die Auffassung, dass sich die aktiven Bewegungen weiterhin fortsetzen werden.**

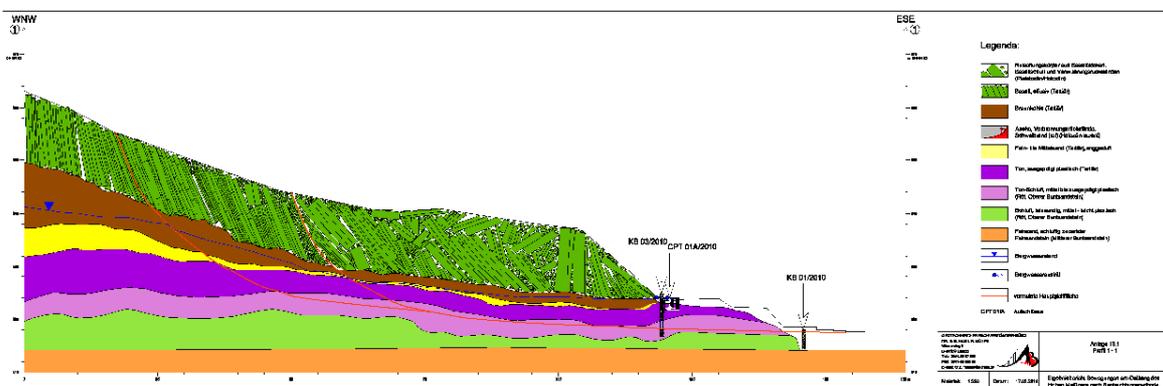


Abb. 2: Geologisches Modell am Osthang des Hohen Meißners nach Dr. Müller.

4.1.2 Hydrogeologische Verhältnisse und Einfluss des Kalbesees auf Bewegungen

Die Basalte als guter Kluftgrundwasserleiter weisen Wasserdurchlässigkeiten von $k_f = 10^{-3}$ m/s bis 10^{-6} m/s auf. Unterlagert werden die entlang der Trennflächen gut wasserwegsamem Basalte von den wasserstauenden tertiären Tonen und Röttonen. Die Quelle des Keudellbrunnens ist durch die wasserstauenden Röttone und Schluffe unter tertiärem Grund, Braunkohle, Basalt markiert und seit etwa 200 Jahren aktiv. Die Schüttung des Keudellbrunnens ist direkt niederschlagsabhängig. Die Entwicklung der Quellschüttung wurde während des Tagebaubetriebes Kalbe durch die dortige Entwässerung drastisch gemindert. Nach der Stilllegung und Flutung des Braunkohletagebaus im Jahr 1974 stieg die Schüttung der Keudellquelle deutlich an.

Die Höhen der Quellaustritte und offenen Gewässer harmonieren mit der Lage der Gleitflächen.

Insgesamt stimmt das HLUG der generellen Aussage zu, dass das Grundwasser sich entlang der Gleit- und Rutschungsflächen bewegt, so dass ein direkter Zusammenhang zwischen Schüttung des Keudellbrunnens, Niederschlagsdauer und –intensität und den Rutschbewegungen von Felskörpern besteht.

Die am Osthang im Beobachtungszeitraum erfassten Bewegungen sind auf eine langsame, aber stetige Wassereinwirkung - insbesondere im Bereich der Teilscholle im Profil 2 an der L 3242 hinter dem Haus Schwalbenthal - zurückzuführen und noch nicht zum Stillstand gekommen.

4.1.3 Nachweise von Bewegungen innerhalb des Bewertungszeitraumes 1.10.2013 bis 31.03.2014

Die Anwendung der Beobachtungsmethode besteht darin, eine Kombination der rechnerischen Nachweise mit den laufenden messtechnischen Kontrollen der Objekte L 3242, L 3241, Keudellbrunnen und dem Haus Schwalbenthal zu erhalten.

Die Ergebnisse vom Ingenieurbüro Dr. Müller belegen, dass sich Veränderungen an der L 3242, am Keudellbrunnen und am Haus Schwalbenthal gezeigt haben.

Der Keudellbrunnen zeigt weiterhin neue Rissbildungen und Fugenverbreiterungen im mm-Bereich. Die Dokumentation des Wasserzuflusses im Keudellstollen zeigt die zunehmende Eisenführung des Bergwassers mit veränderten Zuläufen an neu geöffneten Fugen des Verbaus. Ferner können neu entstandene quellartige Wasseraustritte den Rutschungsaktivitäten zugeordnet werden.

Die L 3242 ist etwa 10 m nördlich des Trafohauses bis 15 m zur Einmündung in die L 3241 im Beobachtungszeitraum um mindestens 4 mm nach ESE verschoben worden. Die Setzungsbeträge belaufen sich auf etwa 4,5 mm. Die L 3242 hat seit 2013 eine deutlich erkennbare Eindellung parallel zur angesetzten Gleitkörperbegrenzung erfahren. Der Straßenbelag hat sich mittlerweile talseitig verschoben. Dieser sichtbare Schaden war 2010 noch nicht vorhanden.

Ein weiterer markanter Bereich für den Nachweis der Aktivität der Rutschungen ist der Bruch der kleinen Stützmauer zwischen Haus Schwalbenthal und Keudellbrunnen.

Für das Haus Schwalbenthal wurden im Beobachtungszeitraum Bewegungen im Bereich der Geschossdecke des Kellers mit aufsitzenden Wänden von 4 mm festgestellt. Dies entspricht einer Bewegungsgeschwindigkeit von aktuell 9,6 mm/Jahr. Der Zustand der seit 2008 beobachteten horizontalen Rissbildungen zur Geschossdecke des Kellers und der Küche hat sich verschlechtert. Die Wasserzuflüsse haben zugenommen.

Der bestehende Wanderweg ist bereits seit 2010 gesperrt.

Die geodätischen und Inklinometermessungen zeigen eine talwärts gerichtete Bewegung. Die Hauptgleitfläche mit der Rutschungsstirn eines Teilkörpers schiebt sich gegen das Haus Schwalbenthal in Richtung der L 3241. Dabei ist die bergseitige Kellerwand unter dem Küchengeschoss unverändert und zeigt außer dem Geschossdeckenbruch keine Schädigung bzw. hält dem einwirkenden Erddruck stand.

Die Ergebnisse der Inklinometermessungen vom 03.09.2010 bis zum 31.03.2014 belegen die Aussage, dass sich die Bewegungsgeschwindigkeit der Rutschvorgänge zunehmend erhöhen wird und damit die bodenmechanischen Verhältnisse stärker ungünstig verändert werden.

Aus den Messungen des Inklinometers III zeigen sich folgende Bewegungen:

03.09.2010 bis 01.01.2012: 16 mm/Jahr

01.01.2012 bis 01.01.2013: 20 mm/Jahr

01.01.2013 bis 31.03.2013: 48 mm /Jahr

Das HLUg merkt hierzu an:

Im Zeitraum vom 01.01.2014 bis 31.03.2014 wurden – im Gegensatz zu Vorjahren - aufgrund der sehr geringen Niederschläge keine signifikanten Bewegungen festgestellt.

Die stärkste Bewegung zeigte sich vom 01.04.2013 bis 01.07.2013 mit einer Geschwindigkeit von 92 mm/Jahr. Die Gesamtbewegung innerhalb dieser Monate betrug 17 mm.

Diese beträchtliche Bewegungszunahme im Inklinometer III korreliert mit der sprunghaften Zunahme der Keudellbrunnenschüttung.

Am Inklinometer III liegt seit dem 1.1. 2011 eine Gesamtbewegung von 92 mm vor. Folgende Beschleunigungsphasen konnten mit Hilfe der vom HLUg ausgewerteten

Inklinometerprotokolle definiert werden:

01.01.2011 bis 01.04.2011	(niederschlagsbedingt)
01.01.2012 bis 01.04.2012	(niederschlagsbedingt)
01.01.2013 bis 01.04.2013	(niederschlagsbedingt)
01.04.2013 bis 01.07.2013	(17 mm Bewegung, niederschlagsbedingt)
01.01.2014 bis 31.03.2014	(keine Bewegung durch fehlende Niederschläge)

Die außergewöhnliche Bewegung von April bis Juli 2013 muss in Zusammenhang mit den starken Niederschlagsereignissen gesehen werden. Im April 2013 fielen 45 mm Niederschlag. Im Mai 2013 wurde an der Wetterstation 37290 Meißner an 19 Tagen Niederschlag mit einer Gesamtmenge von 133 mm aufgezeichnet. Dabei betrug die Niederschlagsmenge an **5 Tagen > 10 mm**. Im Juni fielen auf die gesättigten Böden nochmals 30 mm Niederschlag. Im Juli setzte eine Wetterberuhigung ein.

Die kritischen Niederschlagsschwellenwerte für in Hessen dokumentierte Rutschungen liegen nach meinen Untersuchungen bei

$N_{72h \text{ kritisch}} > 35 \text{ mm}$ bzw. bei $N_{\text{Monat kritisch}} > 105 \text{ mm}$

Dabei setzen häufig die Bewegungen erst 10 bis 12 Tage nach Ende der Niederschläge ein. Die am Meißner festgestellten Beobachtungen bestätigen diese Niederschlagsschwellenwerte. Seit Beginn der Messungen zeigen sich regelmäßig Bewegungsbeschleunigungen im Zeitraum von Januar bis März aufgrund erhöhter Niederschläge. Im gesamten Beobachtungszeitraum zeigten sich zwei außergewöhnliche Bewegungsereignisse von April 2013 bis Juli 2013 aufgrund der starken Niederschläge und dem Überschreiten von den o.g. Niederschlagsschwellenwerten.

Die sonst üblichen Bewegungsbeschleunigungen im ersten Drittel des Jahres zeigten sich in 2014 gerade deshalb nicht, weil die Gesamtniederschlagsmenge gering war und die Dauer der Niederschlagsschwellenwerte über mehrere Tage hinweg nicht überschritten wurde.

Es zeigt sich damit der eindeutige Zusammenhang zwischen Bewegungsbeschleunigung der Rutschung in der Teilscholle der Rutschung zwischen Trafohaus an der L 3242 und Haus Schwalbenthal mit den Niederschlagsmengen, der Niederschlagsdauer und damit natürlich der Schüttung des Keudellbrunnens. Daneben ist der Einfluss des Kalbesees ebenfalls belegt aber qualitativ und quantitativ nicht ausreichend zu beschreiben.

Der Einfluss des Wassers macht sich vor allem im Bereich der Gleitfläche bemerkbar. Das zufließende Grund- bzw. Bergwasser nutzt die fossil angelegte Gleitfläche offenbar als Wegsamkeit. Die Bewegungen sind momentan zeitlich begrenzt, wirken sich ruckartig aus und lassen sich bisher nur am Inklinometer III nachweisen. Die **Gleitflächentiefe** am Inklinometer III wurde durch Bohrungen, Drucksondierungen und Inklinometermessungen in einer Tiefe von **7,5 bis 7,6 m** eindeutig nachgewiesen. Unterhalb der Gleitfuge treten momentan keine weiteren Bewegungen auf. Hieraus folgt, dass die Kellerwand des Schwalbenthaler Küchenanbaus nicht von Bewegungen betroffen ist.

Im Bereich des Keudellbrunnens tritt mit großer Wahrscheinlichkeit ebenfalls Wasser über die Gleitfuge aus.

Die L 3242 quert die Hauptbewegungsrichtung zum Komplex des Hauses Schwalbenthal und ist damit auf mehreren Metern gefährdet.

Aus den Messungen des Inklinometers I lassen sich folgende Bewegungen ableiten:

Im Inklinometer I liegt die nachgewiesene **Gleitfuge bei 13,6 m** Tiefe.

Seit 2010 ist die gemessene Bewegung mit einem Gesamtbetrag von etwa 10 mm in der Gleitfuge als gering zu bewerten.

Folgende Gesamtbewegung wurde am Inklinometer I festgestellt:

03.09.2010 bis 01.04.2013: 3,9 mm

01.04.2013 bis 31.03. 2014: 5,0 mm

Das HLOG merkt hierzu an:

Die Gesamtbewegung seit dem Jahr 2010 liegt bei etwa 10 mm; die Bewegung im IN I selbst findet an der Grenzfläche Basalt/Tonstein statt. Die Bewegung ist gegenüber der Rutschmasse hinter dem Haus Schwalbenthal etwa 10-mal geringer.

Abschließend kommt Herr Dr. Müller zu der Aussage, dass durch die geodätische Vermessung, den Verschiebungsmessungen und den ständigen Inklinometermessungen der eindeutige Nachweis erbracht wurde, dass es an

- der L 3242,
- dem Keudellbrunnen und
- am Gebäudekomplex Schwalbenthal

Verschiebungen, Öffnungen und Bewegungen mit Maximalbeträgen von etwa 10 cm gibt.

4.1.4 Ergebnisse zur Langzeitbeobachtung zwischen Mai und Dezember 2014

Durch den deutlichen Rückgang der Niederschläge und des Grundwasseroberfläche oder Grundwasserspiegel in den Messstellen seit Mai 2014 haben sich die Bewegungen im Rutschungsbereich auf einen Quasi-Stillstand beruhigt und sehr geringe Bewegungen an den begutachteten Objekten bewirkt. Die Schüttungsmenge des Keudellbrunnens korreliert klar mit der Bewegungsgeschwindigkeit der aktiven Scholle. Die Schüttungsmengen, die für eine Bewegung verantwortlich sind, konnten konkretisiert werden. Sinkt die Menge auf unter 20-22 m³/h ab, so kommen die Bewegungen in der Rutschung nahezu zum Erliegen. Diese Bedingung war von Juni 2014 bis Dezember 2014 gegeben.

Steigt die Schüttungsmenge im Keudellbrunnen oder steigen die Niederschlagsmengen an, so werden sich mit sehr großer Sicherheit erneut Bewegungen zeigen. Die aktive Teilscholle ist insgesamt nicht standsicher.

4.1.5 Standsicherheitsberechnungen am östlichen Hangbereich des Meißners

Die von Herrn Dr. Müller verwendeten Eingangswerte für die Standsicherheitsberechnungen wurden labortechnisch ermittelt und sind plausibel.

Die Berechnungen wurden mit dem Rechenverfahren nach JANBU durchgeführt. Es wurden jeweils die Restreibungswinkel verwendet. Eine Übersicht der ermittelten Standsicherheitswerte ist dem Gutachten von Herrn Dr. Müller in Tabelle 7 zu entnehmen.

Die ungünstigsten Standsicherheitsbeiwerte liegen bei Profil 1-1 im vorderen Teil zwischen 0,85 und 0,945. Bei Profil 2-2 liegen die Sicherheitsbeiwerte ebenfalls deutlich unter 1 und gewährleisten damit nicht die erforderliche Standsicherheit. Die Berechnungen weisen damit nach, dass die erforderlichen Standsicherheiten im Bereich der L3242 vom Trafohaus bis zur Einmündung in die L3241 nicht gegeben sind.

Die Berechnungsergebnisse von Herrn Dr. Müller belegen damit die beobachtete Aktivität der Bewegungen v. a. im Rutschungsteilkörper des Profiles 2-2 und dem vorderen Bereich des Profiles 1-1.

Die talseitigen gleitenden Teilelemente bewegen sich insgesamt stärker als die bergseitigen. So kam es in der Vergangenheit im talseitigen Hangbereich zu Einzelausbrüchen, wie 1907 um den Wetterstollen bis hin zum Keudellbrunnen. Daneben ist 1987 eine Rutschung im unteren Teilkörper zwischen Profil 3-3 und 4-4 aufgetreten. Zwischen 2006 und 2007 erfolgte eine Rutschung im unteren Hangbereich von Profil 4-4.

Zusammenfassend wird durch das HLUG festgestellt, dass die durchgeführte geotechnische Beobachtungsmethode objektiv gesicherte Bewegungen des gleitenden talseitigen Teilkörpers um Profil 1-1 und Profil 2-2 eindeutig nachgewiesen hat. Der beginnende Bruch an der L 3242 am Osthang des Hohen Meißner wird sich weiter fortsetzen und die Sicherheit der Straße künftig zunehmend gefährden.

4.1.6 Vorschlag von Sicherungsmaßnahmen durch Herrn Dr. Müller

Die aktive Teilrutschung hinter dem Haus Schwalbenthal und entlang der L 3242 ist rechnerisch und aufgrund der festgestellten Bewegungsbeträge an Messpunkten als nicht standsicher einzustufen. Hieraus ist ein direkter Handlungsbedarf ableitbar.

Im Ergebnis der messtechnisch eindeutig nachweisbaren talwärts gerichteten Bewegungen ist nach Dr. Müller abzuleiten, dass die Hauptgleitfläche mit der Rutschung eines Teilkörpers nordnordwestlich vom Küchenanbau die Geschossdecke zwischen Keller- und Erdgeschoss unter Einbeziehung der L 3242 auf einer Länge von 80 m in Richtung L 3241 schiebt. Die bergseitige Wand des Kellergeschosses ist unverändert und hält einem normal einwirkenden Erddruck stand.

Die Empfehlungen von Herrn Dr. Müller beziehen sich auf eine Stabilisierung der L 3242 im Bereich der aktivsten Teile des talseitigen Rutschungsgebietes auf einer Länge von 110 m.

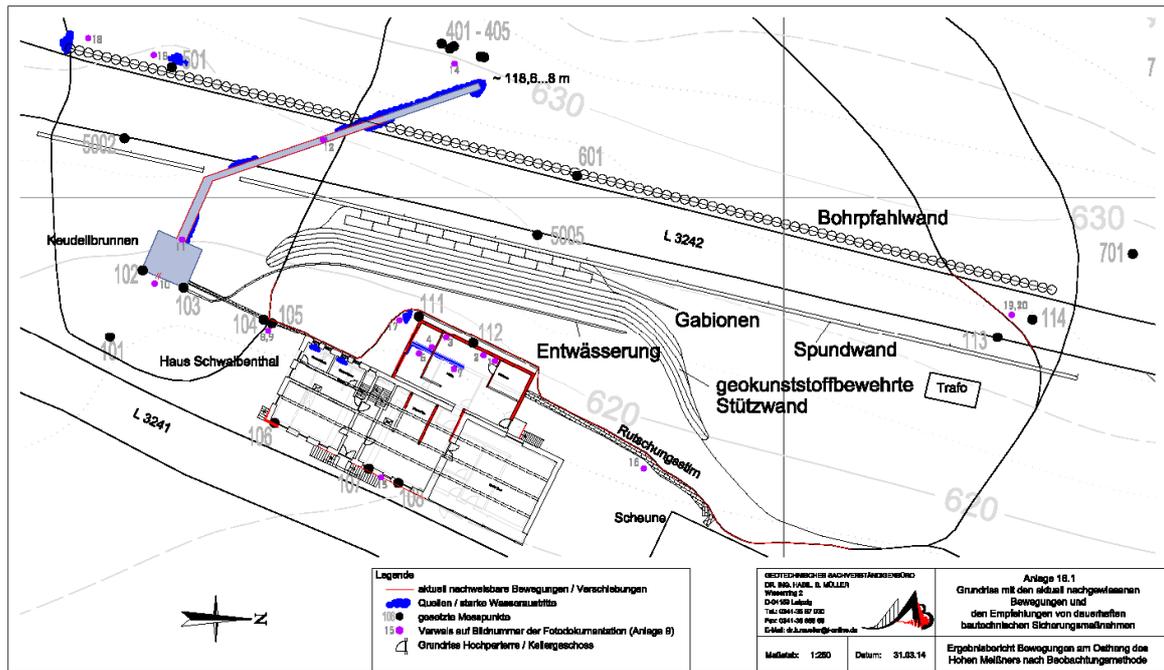


Abb. 3: Vorgeschlagene Sicherungsmaßnahmen von Dr. Müller.

Dr. Müller empfiehlt den Bau einer Bohrpfahlwand auf der bergseitigen Straßenseite der L3242. Hierbei haben die Bohrpfähle einen Durchmesser von 1 m und eine Länge von ca. 11 bis 13,5 m. Durch diese Maßnahme wird sich die Standsicherheit auf ca. 1,3 erhöhen. Sollte diese erforderliche Standsicherheit nicht erreicht werden, ist eine zusätzliche Spundwand talseitig auf gleicher Länge und Tiefe einzubringen. Der Keudellstollen sowie der Brunnen sind von den Maßnahmen auszusparen. Die zufließenden Wassermassen aus dem Keudellbrunnen müssen geordnet und schadlos abgeführt werden.

Nach Fertigstellung der Bohrpfahlwand (und ggf. der Spundwand) ist der Bereich hinter dem Haus Schwalbenthal bis zur Gleitfuge freizubaggern; diese muss funktionstüchtig entwässert werden. Die entstandene Steilböschung ist mit einem geokunststoffbewehrtem Polster aufzubauen. Mittelfristig sollte eine Reduzierung des einsickernden Wassers aus dem Kalbesee in die Hangbereiche erfolgen.

Die genannten Maßnahmen müssen nach Dr. Müller in einer Ausführungsplanung eingehend beschrieben und nachgewiesen werden.

Das HLUG merkt hierzu an:

Für eine konkrete Stabilisierung der aktiven Rutschung mit Abrisszone innerhalb der L 3242 ist die Errichtung einer Bohrpfahlwand hinter dem Rutschungsabriss nicht effektiv und nicht verhältnismäßig.

4.2 Prüfbericht der TU Darmstadt

4.2.1 Allgemeines

Gemäß Auftrag vom 29.10.2013 werden im o.g. Prüfbericht die Ergebnisse zur Standsicherheit des Ostanges am Hohen Meißner, die von Herrn Dr. Müller gewonnen wurden, von der Technischen Universität Darmstadt geotechnisch geprüft.

Hierzu werden im Prüfbericht der TUD die Aspekte zum Gebirgsbau, zur hydrogeologischen Situation, zum Altbergbau, zu vorhandenen Altrutschungen, zum Schadensbild, zu Inklinometermessungen, zum Langzeitmonitoring, zur Modellbildung und zu Standsicherheitsberechnungen aus dem Gutachten von Herrn Dr. Müller geprüft.

Neue grundlegende Labor- und Felduntersuchungen wurden nicht vorgenommen. Die Grundlagen für die vorliegenden Berechnungen, Auswertungen und Modellbildungen liefern damit die Labor- und Feldbefunde von Herrn Dr. Müller.

4.2.2 Ergebnisse aus dem Prüfbericht

- Im Ketteninklinometer III tritt die eindeutig nachgewiesene Gleitfuge in rund 0,8 m Höhe über dem Fußboden des Küchentraktes des Hauses Schwalbenthal auf den dortigen Lichtschacht und auf die westliche Außenwand des Küchentraktes. Diese Wand kann die dort wirkende horizontale Schubkraft nicht sicher abtragen und wird daher nach innen verdrückt. Die Standsicherheit der Außenwand und der Dachdecke ist nicht gegeben. Die bisherige Abstützung ist nicht ausreichend. Es muss eine erd- und baustatisch bemessene v.a. horizontale Abstützung erfolgen. *Das HLUG schließt sich dieser Aussage in vollem Umfang an.*
- Die von Hessen Mobil errichteten Langzeitinklinometer IK 1 und IK 2 zeigen Bewegungen von wenigen Zentimetern lediglich im oberflächennahen Bereich in einer Tiefe von maximal 3 bis 5 m innerhalb des anstehenden Lockergesteins aus Schluff und Ton. Diese Bewegungen sind unabhängig von der Bewegung im Ketteninklinometer IN III innerhalb der Rötgesteine. *Das HLUG schließt sich dieser Aussage an.*

- Ein Hinweis auf die nördliche Begrenzung des Gleitkörpers liefert der 17 m südlich des Inclinometers IK 2 festgestellte diagonal zur Straßenachse der L 3242 verlaufende Riss im Straßenbelag. Der Riss hat mittlerweile eine Tiefe von ca. 12 cm und eine Breite von bis zu 3 cm. Im Straßenbelag sind mehrere Eindellungen zu beobachten. Die geodätischen Messungen belegen diese Beobachtung. *Das HLUG schließt sich dieser Aussage an.*
- Das Baugrundmodell der TUD beschreibt den Beginn der kinematischen Kette im Osten 0,8 m hoch über dem Fußboden des Küchenanbaus; diese verläuft etwa horizontal bis zum Ketteninclinometer III nach Westen, wo sie dann entsprechend der Erddrucktheorie steil nach oben hin abzweigt. Der damit definierte Blockgleitkörper besitzt angesichts der gemessenen Verschiebungen die nach dem deterministischen Sicherheitskonzept definierte Sicherheitszahl $\eta = 1$ und damit keine Tragreserve. Angesetzt wird eine Restscherfestigkeit im Röt von $\varphi = 12^\circ$. Alle außerhalb des bewegten Bergbereiches liegenden kinematischen Ketten besitzen größere und ausreichende Sicherheiten von bis zu $\eta = 2,05$. Das Berechnungsergebnis wird durch die Feldmessungen bestätigt. Bergseits der L 3242 wurden bislang keine Verschiebungen gemessen, die auf eine aktivierte Hang- und Böschungsbewegung hindeuten. Der Gleitkörper ist etwa 8 m hoch und reicht bis 20 m bergseits des am Küchenanbau gelegenen Böschungsfußes. Der Gleitkörper beginnt im Süden im Bereich des Keudellbrunnens und reicht bis zu dem Riss im Straßenbelag. Der Gleitkörper erstreckt sich damit auf eine Länge von etwa 100 m. Das Volumen der langsam talwärts kriechenden Gebirgsmasse beträgt nach TUD etwa 10.000 m³.

Das HLUG merkt hierzu an:

Es bleibt bei der Definition des Gleitkörpers unberücksichtigt, dass auch die Inclinometer IN 1 und IN II bereits geringfügige Bewegungen bzw.

Bewegungstendenzen gezeigt haben. Insgesamt handelt es sich am Osthang um eine großflächig angelegte fossile Rutschung, bei der ein Teilkörper aktive Bewegungen aufweist. Damit können auch künftig Bewegungen bergseits des momentan aktiven Felskörpers nicht ausgeschlossen werden. **Für den momentan aktiven Felskörper ist das Baugrund- und Bewegungsmodell der TUD plausibel und nachvollziehbar.**

- Die TUD kommt zu der eindeutigen Aussage, dass der sich in Bewegung befindliche Felskörper zeitnah bautechnisch gestützt und stabilisiert werden muss. Die von Herrn

Dr. Müller vorgeschlagene Sicherungsmaßnahme wird gemäß TUD als nur bedingt geeignet eingeschätzt. Gemäß TUD sind für die Sicherungsmaßnahmen die Entwurfs-, Genehmigungs- und Ausführungsplanung mit entsprechenden erd- und baustatischen Nachweisen zu erarbeiten. *Das HLUg schließt sich insgesamt dieser Aussage an.*

- Die Beobachtungsmethode nach DIN EN 1997-1 ist fortzuführen.
- Laut TUD wird festgestellt, dass keine Gefahr in Verzug am Osthang des Hohen Meißners vorliegt.

5 Abschließende Beurteilung des HLUG zur Standsicherheit des Hohen Meißners

Die abschließende Beurteilung des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie zur Standsicherheit des Osthanges am Hohen Meißner berücksichtigt die Ergebnisse der Sachverständigengutachter Herrn Dr. Müller und Herrn Prof. Katzenbach.

Gleitfuge

Inklinometer I: ca. 12-14 m Tiefe (Basalt auf Tertiärton); Inklinometer IN II: evtl. ca. 17- 18 m Tiefe (Basaltrutschmasse); IN III: ca. 8 m (Röttone)

Standsicherheiten des aktiven Felskörpers

Die nach DIN geforderte Standsicherheit des aktiven Felskörpers ist nach beiden Gutachtern nicht gewährleistet ($\eta \leq 1$). Beide Gutachter kommen zu vergleichbaren Ergebnissen mit ähnlichem Ansatz der Rechenwerte.

Ausmaß der Bewegung und Bewegungsmaß

Gleiche Aussage von beiden Gutachtern: Bewegung an der L 3242, am Keudellbrunnen, am Gebäudekomplex Schwalbenthal; Bruchbildung in der Straße L 3242

Gleitfuge ca. 0,8 m über dem Fußboden des Küchentraktes des Hauses Schwalbenthal → drückt auf die westliche Wand des Küchentraktes; Standsicherheit der Außenwand und Dachdecke ist nicht gewährleistet → erd- und baustatisch bemessene horizontale Abstützung muss erfolgen

Bewegungsmaß: 1-4 mm pro Monat bei $> 20 \text{ m}^3/\text{h}$ Schüttung am Keudellbrunnen oder kritischen Niederschlagsmengen von

$N_{72\text{h kritisch}} > 35 \text{ mm}$ bzw. bei $N_{\text{Monat kritisch}} > 105 \text{ mm}$

Ursache der Rutschung

Geologische Voraussetzungen; Plastifizierung von bindigen Sedimenten; Standsicherheit η nicht gegeben, Anstieg des Wasserspiegels des Kalbesees, hohe Niederschläge mit Abfluss im Keudellbrunnen und entlang von Trennflächen und Gleitfugen

Baugrundmodell, Geometrie des Rutschkörpers

Tiefe des Rutschkörpers: 8 m; Länge des Rutschkörpers: ca. 100 m bis 110 m ab Keudellbrunnen bis etwa Trafohaus; Straßenriss entlang L 3242

Keine momentan signifikanten Bewegungen des Berghanges oberhalb 20 m des Straßenrisses

Dr. Müller:

Aktiver Teilkörper innerhalb großer fossiler Rutschung; bergseitige Begrenzung nach oben mit Abriss im Basalt: ca. 40 m, belegt durch Kartierung, Bohrung, Baumverstellungen

TUD:

Bergseitige Begrenzung des aktiven Felskörpers: 20 m; betrachtet wird im Baugrundmodell der einzelne aktive Felskörper;
Abriss des Felskörpers im Straßenbereich

Anmerkung HLUG:

Die fossil angelegte Rutschung am Hohen Meißner wurde durch geomorphologische Kartierung nachgewiesen. Unterhalb des Steilabfalles der Basaltdecke ist viel Baumknickwuchs feststellbar; die Verquetschung von Basaltschichten in Tonschichten ist nachgewiesen und sichtbar; oberhalb von 20 m sind viele Wasseraustrittsstellen festgestellt, der Felsblock am Pontanistein ist verkippt; die Basaltdecke ist verdrückt. Mit diesen Hinweisen wurde nach Dr. Müller die bergseitige Begrenzung des aktiven Felskörpers komplex gedeutet. Die momentanen Bewegungen oberhalb des aktiven Felskörpers sind momentan jedoch nicht signifikant.

Volumen Rutschmasse

Dr. Müller:

Aktiver Felskörper: ca. 26.000 m³

Die gesamte fossile Rutschung umfasst gemäß [Mü] ein Volumen von ca. 780.000 m³

TUD:

Aktiver Felskörper: ca. 10.000 m³, für die primäre Sanierung wird vom HLUG diese Rutschmasse als maßgeblich gesehen

Langzeitinklinometer Hessen Mobil

Gleiche Aussage beider Gutachter; die Bewegungen der Inklinometer IK 1 und IK 2 von Hessen Mobil (seit 1998) sind unabhängig von den Bewegungen der Inklinometer IN 1 und IN 3 zu sehen (Kriechung im oberflächennahen Lockergestein in 3 bis max. 5 m Tiefe; Gesamtbewegung seit Nullmessung: 3 cm)

Erforderliche Maßnahmen zur Langzeitbeobachtung

Die Langzeitbeobachtung muss gemäß HLUG vorerst – auch über den momentan aktiven Felskörper hinaus - fortgeführt werden. Die Messungen sind vorerst zweimal im Jahr durchzuführen. Das Inklinometer II sollte aktiviert werden.

Grundsatzaussage zur Geotechnik

Der in Bewegung befindliche Felskörper muss zeitnah bautechnisch gestützt und stabilisiert werden. Ohne Sicherungsmaßnahmen kann es zu einem Verbruch von Straße, Keudellbrunnen und Gebäude kommen. Damit besteht eine eindeutige Gefährdung von Objekten.

Geotechnische Maßnahmen

Vorschlag Dr. Müller: Bohrpfahlwand, evtl. Spundwand Entwässerungsmaßnahmen Entwurfs-, Genehmigungs- und Ausführungsplanung müssen durchgeführt werden	TUD: Kein konkreter Vorschlag Entwurfs-, Genehmigungs- und Ausführungsplanung müssen durchgeführt werden
---	--

Das HLOG kommt zu folgender abschließenden Einschätzung der Standsicherheit des Hohen Meißners:

- Die Begrenzung des Rutschkörpers sowie die maßgebliche Bewegungsgleitfuge sind bekannt. Innerhalb einer großangelegten fossilen Rutschung zeigt ein aktiver Felskörper deutliche Bewegungen in einer Tiefe von etwa 8 m innerhalb der Röttone. Die Länge des Rutschkörpers beträgt etwa 100 m bis 110 m, beginnt ab dem Keudellbrunnen und setzt sich vorerst etwa bis zum Straßenriss entlang der L 3242 fort. Deutliche Bewegungsanzeichen finden sich bis 20 m oberhalb des Straßenrisses der L 3242. Oberhalb der bergseitigen Begrenzung gibt es Anzeichen von sehr geringen Bewegungen bis 1 cm zwischen Herbst 2013 und Herbst 2014. Dieser Bereich ist charakterisiert durch Baumknickwuchs, Wasseraustritte, Verdrückung von Basaltkörpern in die Tonunterlage. Daneben zeigen die Inklinometer IN I und IN II leichte Bewegungsanzeichen in einer Tiefe zwischen 12 und 18 m im mm-Bereich. Diese festgestellte Bewegung ist unabhängig von der Bewegung im Inklinometer IN III zu betrachten und ist momentan als nicht signifikant zu bewerten.

- Die Abrisszone des momentan aktivsten Felskörpers verläuft entlang der L 3242. Der Felskörper gleitet entlang der bekannten Scherfuge in etwa 8 m Tiefe und mündet 0,8 m hoch über dem Fußboden des Küchentraktes des Hauses Schwalbenthal. Die Rutschmasse des momentan aktiven Rutschkörpers beläuft sich auf ca. 10.000 -15.000 m³.
- Die Gleitfuge trifft in 0,8 m Höhe über dem Fußboden des Küchentraktes des Hauses Schwalbenthal auf den dortigen Lichtschacht und auf die westliche Außenwand des Küchentraktes. Diese Wand kann die horizontale Schubkraft nicht ausreichend abtragen und wird daher nach innen verdrückt. Die Standsicherheit der Außenwand und der Dachdecke ist nicht gegeben. Eine horizontale Stützung ist unerlässlich.

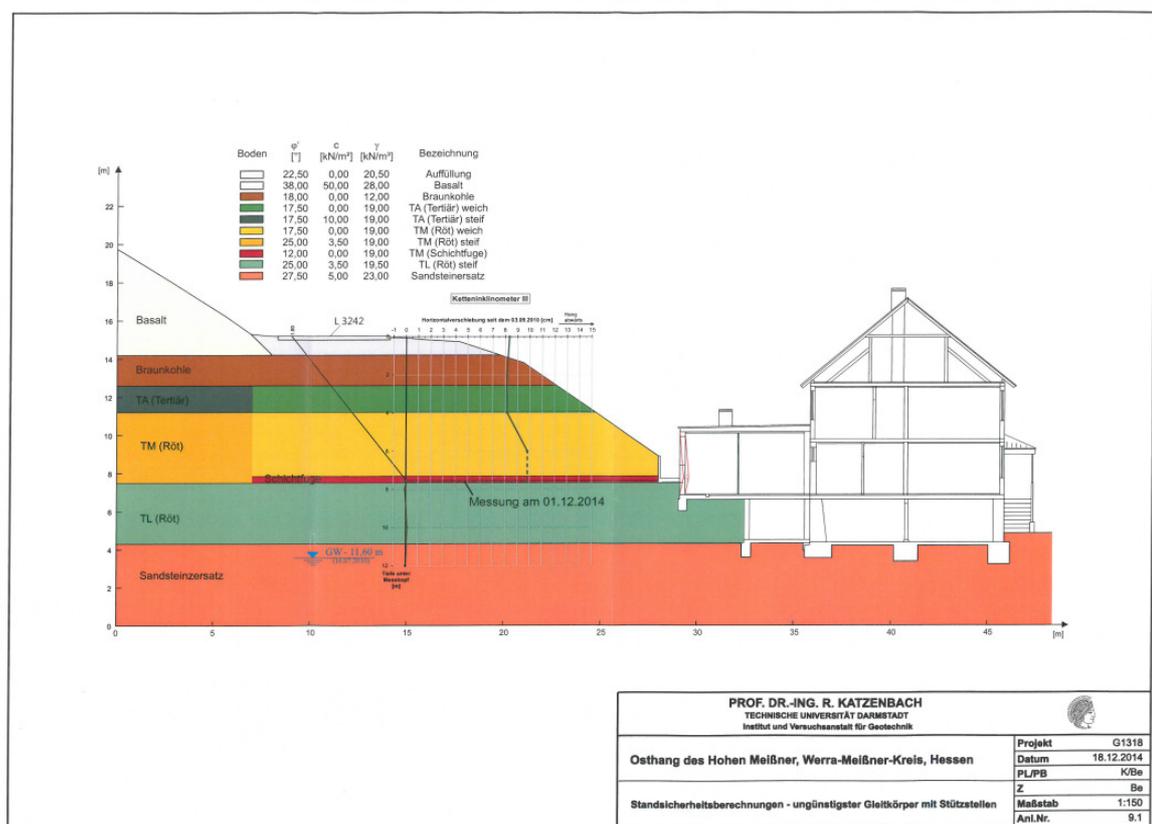


Abb. 5: Baugrund- und Bewegungsmodell der Rutschung gemäß der TUD.

- Die in den Langzeitinklinometern IK 1 und IK 2 (Hessen Mobil) gemessenen Verschiebungen sind unabhängig von der Bewegung des aktiven Felskörpers oberhalb des Hauses Schwalbenthal. Diese finden in einer Tiefe von 3 - 5 m und einer Gesamtbewegung seit der Nullmessung von max. 3 cm innerhalb tertiärer Schluffe und Tone statt.

6 Geotechnische Grundsatzaussagen des HLUG

Der in Bewegung befindliche Felskörper oberhalb des Hauses Schwalbenthal muss zeitnah bautechnisch gestützt und stabilisiert werden. Hierzu ist eine Entwurfs-, Genehmigungs- und Ausführungsplanung von einem unabhängigen Gutachter durchzuführen. Verschiedene geotechnische Sicherungs- und Stabilisierungsmaßnahmen bzw. -varianten sind hierbei sowohl fachlich als auch wirtschaftlich gegenüberzustellen.

Ohne eine Sicherung und Stabilisierung des momentan aktiven Felskörpers sind weitere Bewegungen wahrscheinlich und können in unmittelbarer Zukunft zu einem Verbruch der Straße L 3242, des Keudellbrunnens und des Hauses Schwalbenthals führen. Damit besteht eine akute Gefährdung der beschriebenen Objekte. Hierunter ist zu verstehen, dass bei ungehindertem Geschehensablauf der Eintritt eines Schades zu erwarten ist.

Nach Sichtung und Auswertung aller dem HLUG vorliegenden Unterlagen und Messergebnisse liegt jedoch momentan nicht der Zustand einer „Gefahr in Verzug“ vor.

Die Standsicherheit der Außenwand und der aufgelagerten Dachdecke des Hauses Schwalbenthal ist zu gewährleisten. Hierzu muss eine horizontale Abstützung erfolgen, die die entsprechenden Lasten aufnehmen kann. Diese Abstützung muss erd- und baustatisch bemessen werden.

Die oberhalb des aktiven Felskörpers befindlichen Teilkörper der fossilen Rutschung zeigen seit Beginn der Langzeitbeobachtung im Oktober 2013 im Wesentlichen Bewegungen im Rahmen der Messgenauigkeit, auch wenn einige aktive Rutschungsanzeichen feststellbar sind. Es wird dringend empfohlen, für diesen Bereich die Langzeitbeobachtung fortzuführen, um auch künftig auf mögliche Bewegungen in diesem Bereich reagieren zu können. Die Meldekette ist fortzuführen. Insgesamt hat sich die Langzeitbeobachtungsmethode als anwendbar und erfolgreich erwiesen.

Für die Langzeitbeobachtung wird empfohlen, den Inklinometer IN 2 zu aktivieren.

Die geologischen Verhältnisse unterhalb des Hauses Schwalbenthal sind durch nur wenige direkte Aufschlüsse dokumentiert. Eine Bewertung hinsichtlich der Standsicherheit ist daher schwer möglich. Gemäß geologischen Karten sind keine für die Bewegung maßgebenden Röttone unterhalb des Hauses Schwalbenthal anstehend.

Im Auftrag

Bearbeiterin:

(Dr. Fred Rosenberg)

(Dr.-Ing. Gabriele Aderhold)