



Bearbeitung: GeolR Dr. M. Rogall

Mainz, den 10. Juni 2008

Ingenieurgeologische Verhältnisse im Bereich der Flurbereinigung Graach Himmelreich

TK 25 Blatt: 6008 Bernkastel-Kues
Gemarkung: Graach
Tagebuch-Nr.: 3322/1462/05
Auftraggeber: Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Mosel
Görresstraße 10
54470 Bernkastel-Kues
Kostenträger: Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Mosel
Görresstraße 10
54470 Bernkastel-Kues
Anlagen: 6

Postadresse:
Postfach 10 02 55
55133 Mainz
www.lgb-rip.de

Hausadresse:
Emy-Roeder-Str. 5
55129 Mainz
Telefon: 0 61 31 / 92 54 - 0
Telefax: 0 61 31 / 92 54 - 123

INHALTSVERZEICHNIS

Anlagenverzeichnis	3
1 Vorbemerkungen.....	4
1.1 Aufgabenstellung.....	4
1.2 Benutzte Unterlagen.....	4
2 Projektbeschreibung.....	4
3 Geologische und morphologische Verhältnisse	6
4 Allgemeiner geotechnischer Überblick.....	6
4.1 Großrutschungen im Moseltal.....	6
4.2 Gleitflächen	7
4.3 Fließrutschungen.....	8
4.4 Ursachen und auslösende Momente	8
4.5 Alter und Bewegungsraten	9
4.6 Bisherige Sanierungen im Untersuchungsgebiet	9
5 Untersuchungsprogramm	10
5.1 Bohrungen.....	10
5.2 Grundwassermessungen.....	10
5.3 Inklinometermessungen.....	11
5.4 Geophysikalische Untersuchungen	12
6 Beschreibung der Untergrundverhältnisse.....	14
6.1 Bohrergebnisse	14
6.2 Schnitt A – A'	16
6.3 Schnitt B-B'.....	16
6.4 Ergebnisse der Bohrlochgeophysik	17
7 Geotechnische Empfehlungen.....	19

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Übersichtsplan

Anlage 2: Bohrkernfotos

Anlage 3: Bohrkernaufnahmen

Anlage 4: Geophysikalische Messergebnisse

Anlage 5: Geländeschnitte

Anlage 6: Ergebnisse der Inklinometermessungen

1 Vorbemerkungen

1.1 Aufgabenstellung

Das Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Mosel in Bernkastel-Kues befasst sich zur Zeit mit der Durchführung der Flurbereinigung Graach-Himmelreich. Ziel der Maßnahmen soll eine Verbesserung der agrarstrukturellen Verhältnisse sein. Durch verschiedene Schadensereignisse sowie durch Kartierungen des Landesamts für Geologie und Bergbau (ROGALL & MÖBUS 2005) ist der gesamte Hangbereich zwischen Bernkastel-Kues und Zeltingen als großflächiges Rutschgebiet bekannt. Besonders zwischen den Ortschaften Graach und Graacher Schäferei wurden in der Vergangenheit wiederholt Wirtschaftswege sowie die Kreisstraße K 73 durch Kriechbewegungen des Hanges beschädigt.

Das Landesamt für Geologie und Bergbau wurde vom Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum mit der Erkundung der tieferen Untergrundverhältnisse im Bereich der Flurbereinigung Graach-Himmelreich beauftragt. Die Lage des Untersuchungsgebietes ist in der Abb. 1 ersichtlich. Während die Ausdehnung an der Oberfläche bisher recht gut abgegrenzt werden konnte, sind die Tiefenlagen und räumlichen Ausdehnungen der Gleitflächen nahezu unbekannt. Die Erkundungsarbeiten wurden durch das Institut für geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA), Hannover, unterstützt. Durch die durchgeführten Tiefbohrungen, geophysikalischen Untersuchungen und Inklinometermessungen konnten wertvolle Erkenntnisse über die Rutschmassen an der Mosel gewonnen werden.

1.2 Benutzte Unterlagen

AMPFERER, O. (1939): Über einige Formen der Bergzerreissung. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, Math-Naturwiss Kl., Abt. I, 14, S. 1-14

KRAUTER, E. (2001): Phänomenologie natürlicher Böschungen (Hänge) und ihrer Massenbewegungen. In: Smolczyk, U.: Grundbau-Taschenbuch, Teil 1, 6. Aufl.: 613-666, 63 Fig.; Berlin (Ernst & Sohn).

ROGALL, M. & MÖBUS, H.-M. (2005): Hangstabilitätskarte Mittelmosel Bereich Bernkastel-Kues. Karte 1 : 20.000 mit Erläuterungen, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz; Mainz.

STINI, J. (1941) - Unsere Täler wachsen zu. Geol. u. Bauwesen, 13, S. 71-79

WEDEPOHL, K.-H. (1970): Handbook of Geochemistry. 632 S.; Springer Verlag.

2 Projektbeschreibung

Zur Erkundung der Rutschmassen im Flurbereinigungsgebiet wurden insgesamt acht Bohrpunkte festgelegt. Die Positionen der Bohransatzpunkte wurden so gewählt, dass zum einen eine gute räumliche Verteilung über den gesamten Hang gegeben war und zum

anderen die Bohrarbeiten keinen oder nur sehr geringen Flurschaden an den Weinbergen verursachen würden. Von den ursprünglich geplanten Bohrungen wurden die Bohrpunkte BK 4 und BK 6 im mittleren Hangbereich im Laufe des Projekts aus Kostengründen gestrichen. Die Qualität der Untersuchungsergebnisse ist hierdurch nicht eingeschränkt worden.

Mit den Bohrarbeiten, die von August bis Oktober 2007 erfolgten, wurde die Fa. Eder Brunnenbau, Hebertsfelden, beauftragt. Die Betreuung der Bohrstellen sowie die Festlegung der letztendlichen Bohrtiefen erfolgte durch das Landesamt für Geologie und Bergbau (LGB) in enger Abstimmung mit der Bohrfirma und dem Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum. Nach Abschluss der Kernbohrungen wurden die Bohrpunkte nach Vorgaben des LGB zu Grundwassermessstellen bzw. Inclinometermessstellen ausgebaut und werden seit der Nullmessung im Oktober 2007 regelmäßig kontrolliert und eingemessen.

Die Aufnahme der Bohrkern wurde nach ingenieurgeologischen Gesichtspunkten vom LGB im Bohrkernlager des Amtes in Gau-Algesheim vorgenommen. Die Ergebnisse sind in den Anlagen 2 und 3 aufgeführt.

In zwei Bohrlöchern (BK 7 und BK 8) wurden vom Institut für geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA), Hannover, geophysikalische Untersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der Anlage 4 ersichtlich.

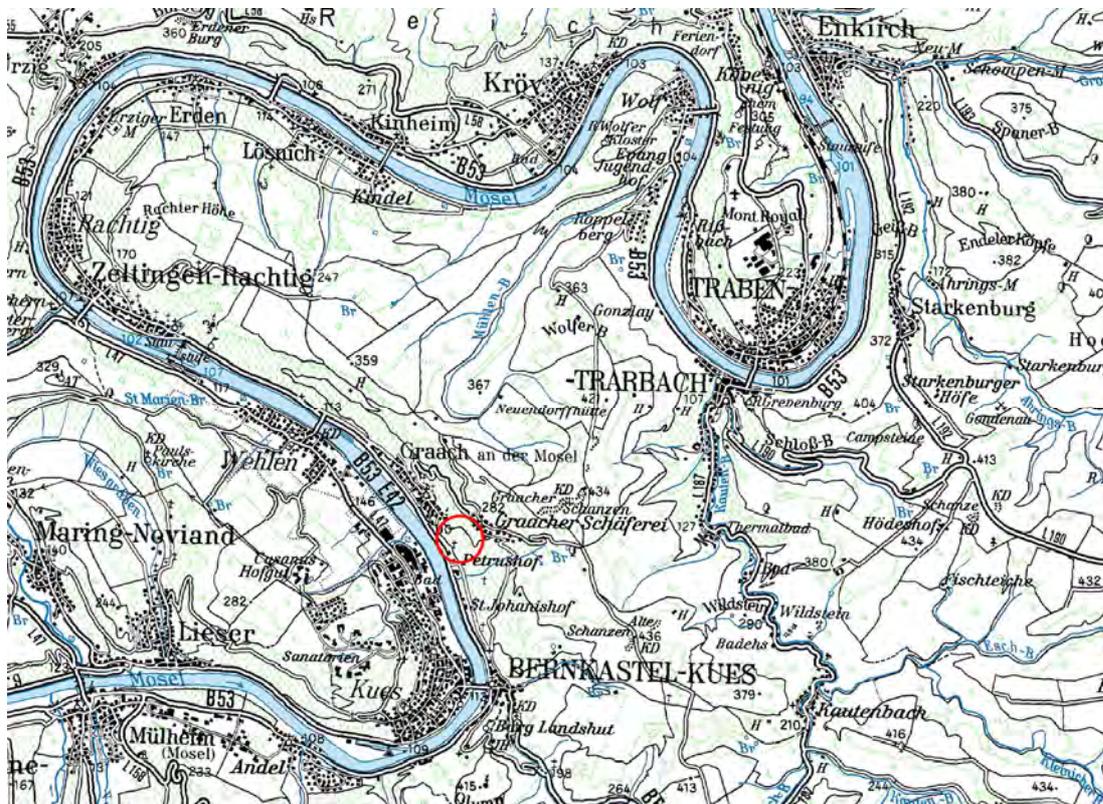


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes (rot)

3 Geologische und morphologische Verhältnisse

Geologisch gesehen befindet sich das Gebiet der Flurbereinigung Graach im Rheinischen Schiefergebirge. Hier treten bis zu 3000 m mächtige unterdevonische Tonschiefer – die sogenannten Hunsrückschiefer - zutage. Bei den Hunsrückschiefern handelt es sich um eine monotone, lithostratigraphisch schwer gliederbare Abfolge mächtiger Ton- und Schluffsteine, in die vereinzelt dünnbankige, quarzitisches Feinsandsteinlagen und Dachschieferhorizonte eingeschaltet sind. Der Gesteinsverband wurde während der variszischen Gebirgsbildung im Karbon verfaultet, geschiefert und verschuppt und gehört tektonisch der SE-vergente Moselmulde an. Neben Schichtung und Schieferung besteht das variszische Trennflächengefüge vor allem aus Längs-, Quer- und Diagonalklüften unterschiedlicher Erstreckung und Durchtrennung. Durch Verwitterungsprozesse ist das relativ weiche Gestein entlang von Störungszonen teilweise deutlich aufgelockert.

Die Gesteine, die große Teile von Hunsrück, Eifel und Taunus aufbauen, bilden bei etwa 400 – 450 m ü. NN eine morphologische Hochfläche, in die sich die Flüsse und Bäche tief eingeschnitten haben. Besonders die Mosel hat an ihrem Mittel- und Unterlauf ein bis zu 350 m tiefes und steiles Kerbtal geformt.

Das rasche Einschneiden der Mosel ließ im Mittleren Moseltal relativ steile Flanken mit hoher Reliefenergie entstehen. Die jungen, übersteilten Hänge konnten morphologisch bisher nicht ausreifen und suchen noch ihr Gleichgewicht. Zahlreiche großräumige fossile Rutschungen, die teilweise noch aktiv sind, sowie aktuelle Felsstürze und Steinschläge an den Talflanken und Seitentälern der Mittelmosele belegen die geringe Hangstabilität.

4 Allgemeiner geotechnischer Überblick

4.1 Großrutschungen im Moseltal

Bei den Hangbewegungen im Tal der Mittleren Mosel handelt es sich hauptsächlich um großräumige, tief greifende Rutschungen, die vor allem an den Prallhängen und äußeren Mäanderbögen auftreten und meist bis an die Hochflächen von Hunsrück und Eifel heran reichen. Die Rutschhänge haben i. d. R. durchschnittliche Neigungen zwischen 16° und 38° und weisen vertikale Höhendifferenzen zwischen Tal und oberstem Abriss von 60 m bis zu 300 m auf. Einige Rutschareale sind bebaut oder werden von Verkehrswegen gequert. Für die Rutschmorphologie typisch sind konkave, von Rissen und Spalten durchsetzte höhere Hangbereiche und konvexe, vorgewölbte Hangformen in unteren Lagen. Während in den zentralen Bereichen der Rutschgebiete die unruhige Morphologie eindeutig ist und die Abgrenzungen dadurch klar vorzunehmen sind, werden die Konturen zu den äußeren Rändern hin immer unschärfer. Die Rutschungen sind generell an das Vorkommen des Hunsrückschiefers geknüpft und in ein Abrissgebiet, eine mittlere Bewegungszone und einen Rutschungsfuß gliederbar.

Markant für die parabolförmigen Abrissgebiete sind die z. T. 10 bis 15 m hohen, nur spärlich bewachsenen Steilkanten, die den Hauptabbriss darstellen. Direkt unterhalb der Felswände können sich kleinere Rutschschollen und Verebnungsflächen mit z. T. abflusslosen Senken befinden. Am Fuß der Steilabfälle schließen sich unterschiedlich breite, terrassenartige Verebnungsflächen an, in denen sich lokal abflusslose Senken gebildet haben und die teilweise als Siedlungsgebiete genutzt werden. Die Ortschaft Graacher Schäferei befindet sich in einer solchen Position.

Die mittlere Bewegungszone ist charakterisiert durch Sekundärbewegungen mit eigenen Abrissen sowie mitgewanderten Einzelschollen, längsovalen Dellen, Wülsten, Buckeln und Nassstellen. Obwohl die en bloc bewegten größeren Gebirgseinheiten durch den gravitativen Transport intern stark aufgelockert sind, können diese Schollen im Gelände leicht mit anstehendem, nicht verrutschtem Fels verwechselt werden.

Der Übergang zum Rutschungsfuß im Talgrund ist fließend. Dort wölben die Rutschmassen ihr Vorland auf oder sind zungenartig auf die Talablagerungen überschoben. Dabei kann sich das Flussbett der Mosel verengen. Als Folge nimmt die Fließgeschwindigkeit zu und ihr Stromstrich wird leicht zum Gegenhang ausgelenkt.

4.2 Gleitflächen

Die morphologische Ausbildung der Rutschgebiete lässt den Schluss zu, dass sich die Gleitflächen bzw. Gleitzonen in mehrere Zehnermeter Tiefe befinden müssen. Diese Annahme konnte durch die durchgeführten Erkundungsbohrungen bestätigt werden. Die Rutschkörper weisen einen heterogenen Aufbau mit in unterschiedlicher Teufe liegenden, bis zu mehrere Meter mächtigen, z. T. verlehmtten Zerrüttungszonen auf, die von relativ ungestörten Festgesteinsbereichen abgelöst werden.

Hangbewegungen dieser Art mit mehreren untereinander liegenden, sich vereinigen und teilweise unter Talniveau verlaufenden Gleitflächen sind mit den „Talzuschüben“ (STINI 1941) oder den „Bergzerreißen“ (AMPFERER 1939) der alpinen Hochgebirge vergleichbar. Während die Bewegungen im Abrissgebiet hauptsächlich in vertikaler Richtung verlaufen, ist der konvexe untere Teil der Rutschmassen durch horizontale Verformung gekennzeichnet.

Bei den großräumigen, z. T. mehrere Quadratkilometer großen Rutschgebieten handelt es sich nicht um zusammenhängende Hangbewegungen. Vielmehr setzen sich die Rutschgebiete aus zahlreichen Einzelrutschungen zusammen, die vermutlich auch zeitlich versetzt im Laufe von einigen hundert oder tausend Jahren entstanden sind. Relikte dieser Einzelrutschungen sind die als Teilschollen erhalten gebliebenen Wülste und Verebnungsflächen.

4.3 Fließrutschungen

Eine besondere Art der Massenverlagerung ist die Fließrutschung, die sich über die gesamte Höhe des Hangs erstreckt und zwischen den Ortschaften Graacher Schäferei und Graach verläuft. Sie bildet am Hangfuß einen etwa 400 m breiten und 370 m langen Schuttfächer, der sich morphologisch deutlich von der Umgebung abhebt. Diese ca. 900.000 m³ umfassenden Erd- und Felsmassen sind das Ergebnis einer anfänglich durch starken Wasserandrang ausgelösten Gleitung im Oberhang, die sich zu einer Schuttstromrutschung mit basalem Schuttfächer im unteren Hang entwickelt hat. Dabei wurde die alte Geländeoberfläche des unteren Hanges und Teile der Niederterrasse mit bis zu 15 m Schutt überdeckt. Zu den Seiten hin verringert sich die Mächtigkeit der abgerutschten Massen rasch. Der gesamte Schuttfächer befindet sich vermutlich noch im Zustand des Nachkriechens und verursacht am Südrand der Ortschaft Graach Schäden an Häusern und Straßen.

4.4 Ursachen und auslösende Momente

Rutschbewegungen treten bei gestörtem Hanggleichgewicht immer dann ein, wenn die treibenden Kräfte aus Eigengewicht und zusätzlichen Auflasten größer sind als die rückhaltenden Kräfte aus Scherfestigkeit und Kohäsion der Felsmassen.

Die Ursachen der Massenverlagerungen im Moseltal liegen in einem Zusammenspiel mehrerer geologischer Faktoren. Hier sind vor allem die niedrigen Gebirgsscherfestigkeiten zu nennen, die aus der geringen Gesteinsfestigkeit des Hunsrückschiefers und der partiell tief reichenden Auflockerung durch die polyphase Tektonik resultieren. Bestimmte Vorzugsrichtungen der Rutschhänge sind allerdings nicht eindeutig belegbar. Insofern scheint das kleintektonische Trennflächeninventar für die Großrutschungen relativ unerheblich zu sein.

Als eigentliche Ursache ist das rasche Einschneiden der Mosel zu nennen, die zum einen zu einer Gebirgsentspannung durch Entlastung führte und zum zweiten die aufgelockerten Gesteinspartien frei legte und ihr Widerlager entfernte.

Wie stark der Einfluss des tief reichenden Permafrost im Periglazial der letzten Eiszeiten auf die Standsicherheit der Hänge war, ist unbekannt.

Als geogene auslösende Momente kommen jahrelange, überdurchschnittliche Niederschläge mit tief reichender Durchfeuchtung und ansteigendem Grund- bzw. Bergwasserspiegel in Frage. Das in den Untergrund eindringende Wasser erhöht die Auflast und kann gleichzeitig die Scherfestigkeit auf ungünstig einfallenden Trennflächen verringern. Auftriebseffekte des Hangfußes durch Moselhochwässer oder temporäre Stauseen führen ebenfalls zu einer Abnahme der rückhaltenden Kräfte. Die genaue Lage und der Verlauf von Berg- bzw. Grundwasserständen sind häufig unbekannt. In einigen Rutschmassen (z.B. Dollschied, Tafel 4) befinden sich Trinkwassergewinnungsanlagen.

Als anthropogene auslösende Momente sind alle Eingriffe in das Hanggleichgewicht zu werten, die neue Rutschungen auslösen oder alte Rutschmassen reaktivieren. Hierzu zählen Hangveränderungen (größere Auffüllungen und Abgrabungen), die Unterschneidung bzw. Entfernung des Hangfußes sowie der Aufstau von Gewässern oder die punktuelle Versickerung von Niederschlagswasser.

4.5 Alter und Bewegungsraten

Über die Altersstellung und Bewegungsraten der Rutschungen an der Mosel ist bisher wenig bekannt. Es fehlen Aufschlüsse, exakte Datierungsmöglichkeiten sowie zeitlich eindeutig fassbare historische Überlieferungen und großräumige Bewegungsmessungen. Lediglich durch Analyse der Lagerungsverhältnisse und relativen Sedimentabfolgen sowie durch Vergleiche mit topographischen Karten und Katasterplänen verschiedener Jahrzehnte sind Angaben in begrenztem Umfang möglich.

Aufgrund der morphologischen Ausrundung der Massenverlagerungen ist zu vermuten, dass sich die meisten Moselrutschungen im Laufe des jüngeren Quartär ereignet haben. So kam es beispielsweise vor ca. 5000 – 8000 Jahren im sog. Atlantikum in Mitteleuropa zu stark erhöhten Niederschlägen, die im Alpenraum zahlreiche Großrutschungen zur Folge hatten. Nach eigenen Rekonstruktionen könnten erste Rutschbewegungen bereits am Ende der Saale-Kaltzeit vor etwa 135.000 Jahren eingesetzt haben.

Dass einige der Rutschhänge auch heute noch nicht zur Ruhe gekommen sind, beweisen Geländeverformungen, Risse in Verkehrs- und Wirtschaftswegen, Schiefstellungen von Gebäuden sowie der Talzusub mit der Verengung und Auslenkung des Mosellaufs. Die Bewegungsraten erreichen bis zu 16 cm pro Jahr (KRAUTER 2001). Es handelt sich um zeitlich und örtlich differenzierte Kriechbewegungen alter Rutschmassen, die wahrscheinlich der Phase der Nachbewegung und Konsolidierung zugeordnet werden können.

4.6 Bisherige Sanierungen im Untersuchungsgebiet

Vor einigen Jahren zeigte die Kreisstraße K 73 am Ortseingang der Graacher Schäferei deutliche Schäden, die auf anhaltende Kriechbewegungen schließen ließen. Die Verformungen der bergseitigen Gabionenmauer und die Rissen und Absackungen im Straßenbereich erstreckten sich über eine Länge von etwa 20 m. Der obere Abriss dieser lokalen Rutschmasse befindet sich an der Straße oberhalb der K 73 nahe der Bohrung BK 7. Die Kriechbewegungen finden im Übergangsbereich der Fließrutschung zur alten Rutschmasse in einer Tiefe von etwa 10-15 m statt. Auslöser für die Bewegungen ist der verstärkte Grundwasserandrang in diesem Bereich.

Die Rutschung wurde im Jahre 2004 mit Hilfe von Erdbeton-Stützscheiben stabilisiert. Anzeichen für erneute Bewegungen sind seitdem nicht zu verzeichnen gewesen.

5 Untersuchungsprogramm

5.1 Bohrungen

Zur Erkundung des Untergrundaufbaus wurden insgesamt sechs Kernbohrungen mit Bohrtiefen zwischen 26 und 76 m abgeteuft. Die ursprünglich geplanten Bohrungen BK 4 und BK 6 im mittleren Hangabschnitt wurden im Laufe der Bohrarbeiten aus Kostengründen gestrichen. Die Lage der sechs verbliebenen Kernbohrungen ist in der Anlage 1 ersichtlich. Alle Bohrpunkte wurden zur Vermeidung von Flurschäden durch die Bohrarbeiten an den Rand von Wirtschaftswegen platziert.

Die Bohrungen BK 1 und BK 2 liegen im unteren Hangbereich und dienen der Erkundung des Rutschungsfußes. Die Bohrungen BK 3, BK 5 und BK 7 wurden in den mittleren Hangabschnitt gelegt und die Bohrung BK 8 oberhalb der Graacher Schäferei ermöglichte einen Einblick in die Untergrundverhältnisse nahe der oberen Abrisszone. Die Tab. 1 gibt einen Überblick über die räumliche Lage der Bohrungen.

Bohrung	Bohrtiefe [m]	Hochwert	Rechtswert	Ansatzhöhe [m ü. NN]
BK 1	40,0	5533352.52	2576541.55	127,91
BK 2	30,0	5533117.12	2576741.10	118,10
BK 3	63,6	5533413.89	2576670.13	156,30
BK 5	26,0	5533216.80	2576979.06	232,78
BK 7	76,0	5533614.42	2576991.33	288,72
BK 8	42,0	5533426.88	2577464.39	333,62

Tab. 1: Übersicht über die abgeteuften Bohrungen

5.2 Grundwassermessungen

Die Bohrpunkte BK 3 und BK 7 wurden zu Grundwassermessstellen ausgebaut, um Informationen über die Grundwasserstände zu erhalten. Eine Messstelle befindet sich im unteren Drittel der Rutschmasse (BK 3), die andere in der Ortslage der Graacher Schäferei (BK 7). Die Messtiefe der Bohrung BK 3 beträgt 25,0 m, die Filterstrecke reicht von 8,0 - 25,0 m. Die Messstelle BK 7 reicht bis 16,0 m, die verfilterte Strecke von 6,0 – 16,0 m.

Bisher wurden vier Messungen von Dezember 2007 bis April 2008 durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass in der Bohrung BK 3 kein Wasser angetroffen wurde. Die Messstelle BK 7 zeigt sehr konstante Wasserstände bei etwa 10,2 m.

	BK 3 [m u. POK]	BK 7 [m u. POK]
04.12.2007	-	10,28
14.01.2008	-	10,32
26.02.2008	-	10,25
22.04.2008	-	10,00

Tab. 2: Ergebnisse der Grundwassermessungen (POK = Pegeloberkante)

POK BK 3 = 156,3 m ü. NN; POK BK 7 = 288,72 m ü. NN

Das fehlende Hangwasser in der Bohrung BK 3 zeigt, dass man in den Rutschmassen nicht von einem durchgehenden Grundwasserspiegel ausgehen darf. Vielmehr handelt es sich bei den im Hang angetroffenen Wasserspiegeln um schwebende, regional begrenzte Grundwasserstockwerke. Durch die starke Auflockerung der gesamten Rutschmasse wird das Hangwasser meist in große Tiefen abgeleitet.

Die gemessenen Grundwasserstände der BK 7 stimmen sehr gut mit den Bohrergebnissen überein. Als Wasser stauender Horizont ist die Gleitzzone der Fließrutschung bei 10,8 m wirksam. Der starke Wasserandrang ist auch die Hauptursache der Rutschung, die die unterhalb liegende Kreisstraße am Ortseingang der Graacher Schäferei beschädigt hatte.

5.3 Inklinometermessungen

Die Bohrungen BK 1, BK 2, BK 5 und BK 8 wurden zu Inklinometermessstellen (Neigungsmessstellen) ausgebaut. Die Messpunkte werden vom Landesamt für Geologie und Bergbau zur Bestimmung möglicher Kriechbewegungen in regelmäßigen Abständen messtechnisch kontrolliert. Zunächst ist ein etwa monatlicher Messrhythmus vorgesehen, der bei Bedarf auf einen halbjährlichen Zyklus ausgedehnt werden kann.

Seit der Nullmessung im Oktober 2007 wurden bisher drei Folgemessungen durchgeführt, die an den Messpunkten BK 2, BK 5 und BK 8 keine auffälligen Bewegungen anzeigen. Die Messstelle BK 1 zeigt in der Messung vom 26.02.2008 eine geringe Auslenkung bei 24,5 m. Da sich in diesem Bereich die erbohrte Gleitzzone befindet, könnte es sich hierbei um tatsächliche Hangbewegungen handeln. Die nächsten Folgemessungen werden nähere Aufschlüsse hierüber geben.

Die Messtiefen der einzelnen Messpunkte betragen:

BK 1	40 m
BK 2	29 m
BK 5	26 m
BK 8	40 m

Da es sich bei den Hangbewegungen im Flurbereinigungsgebiet lediglich um langsame Kriechbewegungen handeln dürfte, sind die bisherigen Ergebnisse nicht überraschend. Inklinometermessstellen sprechen erst nach horizontalen Geländebewegungen von einigen Zentimetern an. Daher werden die Messstellen auch in den nächsten Jahren messtechnisch überwacht.

5.4 Geophysikalische Untersuchungen

5.4 Geophysikalische Untersuchungen

Die geophysikalischen Untersuchungen wurden an den Bohrpunkten BK 7 und BK 8 vom Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA) aus Hannover durchgeführt. Der Erfahrungsschatz und die umfangreiche Ausstattung des GGA-Instituts ermöglichen bisher einmalige Messungen innerhalb der Rutschmasse.

Bei den Bohrlochmessungen sind grundsätzlich folgende Verfahren zu unterscheiden:

Technische Messungen

- Bohrlochkaliber (CAL)
- Bohrlochneigung (DV)
- Bohrlochazimut (AZ)

Passive Messungen

- Gammastrahlung (GR)

Aktive Messungen

- Elektrische Messungen
- Elektromagnetische Messungen
- Akustische Messungen
- Kernphysikalische Messungen

Ziel der Bohrlochmessungen sollte die Bestimmung der Mächtigkeit der Rutschmasse sowie eventuell vorhandener Gleitzonen und festerer Gesteinsbereiche sein. Zur Anwendung kamen alle zur Verfügung stehenden Messverfahren, so dass geeignete und ungeeignete Methoden für die Bestimmung von Rutschmassen in devonischen Tonschiefern ermittelt werden konnten.

Im Einzelnen wurden unmittelbar nach Beendigung der Bohrarbeiten folgende Messverfahren in den Bohrlöchern angewendet und auf ihre Eignung zur Bestimmung der Rutschmassen untersucht:

Messverfahren	Eignung zur Bestimmung der Rutschmasse
Kaliber	+
Bohrlochneigung/Azimut	-
Gammastrahlung	-
Akustische Bohrloch-Abbildung	+
Schallgeschwindigkeit (Akustik)	+
Elektr. spez. Widerstandsmessung	+
Optischer Bohrlochimager	(+)
Thorium/Uran/Kalium-Messung	-
Magnetische Suszeptibilität	-

Tab. 3: Übersicht über die geophysikalischen Bohrlochverfahren und ihre Eignung

Rutschmassen lassen sich nur in den physikalischen Gesteinseigenschaften erkennen, wenn sie sich von dem darunterliegenden Gestein unterscheiden. So ist es nicht überraschend, dass die natürliche Gammastrahlung, die Thorium/Uran/Kalium-Gehalte sowie die Messung der magnetischen Suszeptibilität nicht zur Bestimmung der Rutschmassen geeignet sind. Lediglich der Quarzgang bei etwa 46 m in der Bohrung BK 7 ist durch prominente Minima in den Kalium- und Thorium-Gehalten sichtbar. Die gemessenen Werte von 2 - 3 ppm für Uran liegen im unteren Bereich der geogenen Grundbelastung, die von WEDEPOHL (1970) für Schiefer mit 3 - 20 ppm angegeben wird. Auch die Thorium-Werte liegen mit 5 - 18 ppm im normalen geogenen Bereich.

Bei der Auswertung der Ergebnisse zeigte sich, dass besonders die Messungen des Kalibers des elektrischen spez. Widerstands, der Geschwindigkeit des Schalls sowie die Akustische Bohrloch-Abbildung (BHTV) gut zur Bestimmung der Gleitzonen bzw. zur Abgrenzung Rutschmasse/anstehendes Gestein geeignet sind, da hiermit Auflockerungen im Gesteinsverband sichtbar werden.

Ein Optischer Bohrlochimager ist genauso gut wie ein BHTV geeignet, um Gleitzonen und anstehendes Gestein zu bestimmen, benötigt aber zusätzlich eine klare Bohrlochflüssigkeit bzw. ein trockenes Bohrloch für gute Datenqualität. Da jedoch in den jeweiligen Spülungen während der Sondenbefahrung Trübstoffe aufgewirbelt wurden, sind nach einigen Metern

kaum noch brauchbare Bilder zu gewinnen gewesen. Die Messungen mussten daher bei 38 m (BK 7) bzw. 26 m (BK 8) Tiefe abgebrochen werden.

6 Beschreibung der Untergrundverhältnisse

6.1 Bohrergebnisse

Bohrung BK 1 (siehe auch Anlage 2.1 und Anlage 3)

Die Bohrung BK 1 befindet sich am Fuß der Rutschmasse in 127,9 m ü. NN. Ziel dieser Bohrung sollte die Durchteufung der Rutschmasse und der vermutlich unterlagernden Terrassenablagerungen sein. Die Bohrung hat eine Bohrtiefe von 40 m. Von 0,0 – 19,0 m stehen die kleinstückigen, schluffig-tonigen Ablagerungen der Fließrutschung an. Zwischen 19,0 und 24,4 m befindet sich die Gleitzone, die aus stark zersetzten schluffigen Tonschieferkomponenten besteht. Hier besteht eine deutliche Wasserführung, die Sedimente sind nass und breiig. Unterhalb dieser Schicht stehen bei 24,5 – 26,8 m die im Vorfeld der Erkundung erwarteten, von der Fließrutschung überfahrenen Terrassensedimente an. Es handelt sich hierbei um einen schwach sandigen Kies mit gut gerundeten Kieskomponenten. Ab 26,8 m steht der unverwitterte Tonschiefer an, wobei das Gestein bis 28,1 m deutlich aufgelockert ist. Die Rutschung reicht in dieser Bohrung bis in eine Tiefe von 24,5 m, was 103,4 m ü. NN oder etwa 2 m über dem heutigen Niveau des Flussbetts entspricht.

Bohrung BK 2 (siehe auch Anlage 2.2 und Anlage 3)

Die Bohrung BK 2 befindet sich am Rutschungsfuß etwa 100 nördlich des Petrushofs in einer Höhe von 118,1 m ü. NN. Die schluffigen Lockergesteinsmassen der Rutschmasse reichen bis in eine Tiefe von 9,6 m. Darunter folgt eine etwa 2 m mächtige Gleitzone aus kiesigem Schluff. Von 11,7 – 14,7 m ist ein brauner, sandiger Schluff aufgeschlossen. Es handelt sich bei dieser Schicht vermutlich um einen Auenlehm oder fossilen Boden, der durch die Hangbewegungen überschüttet wurde. Unter dem Lehm folgt von 14,7 – 17,1 m eine schluffig-sandige Kiesablagerung, die möglicherweise ein Terrassensediment darstellt. Ab 17,1 m steht unverwitterter Tonschiefer an. Die Rutschmasse reicht in der Bohrung BK 2 bis in eine Tiefe von 106,4 m und damit etwa 5 m über dem heutigen Höhenniveau des Moselbetts.

Bohrung BK 3 (siehe auch Anlage 2.3 und Anlage 3)

Der Ansatzpunkt der Bohrung BK 3 befindet sich an einem Wirtschaftsweg in 156,3 m ü. NN. Die 63,6 m tiefe Bohrung durchteuft die gesamte Rutschmasse und reicht bis in den anstehenden Tonschiefer. Die schluffig-kiesigen Ablagerungen der Fließrutschung reichen bis in eine Tiefe von 17,0 m. Danach folgt eine 0,7 m mächtige stark vernässte Schicht mit

sandigen Kiesen, bei der es sich vermutlich um eine Gleitzone handelt. Von 17,7 – 42,6 m wurden die stark verwitterten bis zersetzten Tonschiefer einer alten Rutschmasse erbohrt. Von 42,6 – 52,9 m stehen zwei mächtige Gleitzonen an, die von 46,5 – 48,3 m evtl. durch ein Paket mit Rutschmassen unterbrochen werden. Ab einer Teufe von 52,9 m bis zur Endteufe von 63,6 m steht unverwitterter Fels an. Die Rutschmasse hat an dieser Bohrung eine Mächtigkeit von fast 53 m.

Bohrung BK 5 (siehe auch Anlage 2.4 und Anlage 3)

Die Bohrung BK 5 befindet sich unterhalb der Graacher Schäferei auf etwa halber Höhe zum Moseltal bei 232,8 m ü. NN. Die Bohrung wurde bei einer Bohrtiefe von 26,0 m abgebrochen, da von der Bohrfirma ab 18,0 m durchgehend fester, unverwitterter Tonstein erbohrt wurde. Die zunächst getroffene Vermutung, dass es sich hierbei um anstehenden Fels handelt, muss nach Aufwertung der gesamten Bohrergebnisse und der Anfertigung des Geländeschnitts B-B' (siehe Anl. 5.2) bezweifelt werden. Trotz der sehr kompakten Erhaltung handelt es sich bei den erbohrten Tonschiefern aller Voraussicht nach um Rutschmassen, die bei den Hangbewegungen „en-bloc“ gerutscht sind und nicht oder kaum aufgelockert wurden. Der Geländeschnitt in Anlage 5.2 zeigt, dass die eigentliche untere Gleitzone in einer Tiefe von etwa 75 m vermutet werden muss.

Bohrung BK 7 (siehe auch Anlage 2.5 und Anlage 3)

Die Bohrung BK 7 liegt am nördlichen Ortsrand der Graacher Schäferei bei 288,7 m ü. NN. Um die Rutschmasse durchteufen zu können, ist die Bohrung mit einer Tiefe von 76,0 m ausgeführt worden. Die Sedimente der Fließrutschung, die auch in den Bohrungen BK 1 und BK 3 angetroffen wurden, reichen bis in eine Tiefe von 10,8 m. Von 10,8 – 14,7 m stehen zersetzte Tonschiefer und Sand- und Kiesfraktion an. Hierbei handelt es sich um die basale Gleitzone der Fließrutschmassen. Unterhalb der Gleitzone folgen von 14,7 – 32,2 m aufgelockerte bis zersetzte Tonschiefer, die zu einer mächtigen Rutschmasse gehören. Von 32,2 – 35,8 m ist eine weitere Gleitzone aus stark sandigem Schluff mit deutlicher Wasserführung eingeschaltet. Von 35,8 – 58,4 m folgen erneut stark aufgelockerte graue Tonschiefer, die ebenfalls noch zur Rutschmasse gehören. Die basale Gleitzone in Form von nassen, schluffig-sandigen, zersetzten Tonschiefern befindet sich in einer Tiefe von 58,4 – 62,3 m. Der Übergang zum anstehenden Tonschiefer findet man in einer Tiefe von 62,3 m bis zur Endteufe von 76,0 m.

Bohrung BK 8 (siehe auch Anlage 2.6 und Anlage 3)

Der Bohrpunkt BK 8 befindet sich im obersten Teil des ausgedehnten Rutschgebietes bei 333,6 m ü. NN. Aufgrund der Nähe zum oberen Hauptabriss, der bei 385 m ü. NN verläuft,

war mit einer relativ raschen Durchteufung der Rutschmassen zu rechnen. Insgesamt hat die Bohrung eine Tiefe von 42,0 m. Die schluffig-sandigen Sedimente aus völlig zersetztem Tonschiefer reichen von der Oberfläche bis in eine Tiefe von 22,4 m, wobei das Gestein ab etwa 14,0 m deutlich stückiger wird. Unterbrochen werden die Sedimente von einer kleineren Gleitzone bei 15,1 - 16,0 m. Von 22,4 – 22,6 m stehen weiße Gangquarze an, die vermutlich eine verheilte Störungszone darstellen. Unterhalb der Quarze befindet sich eine 0,1 m mächtige Schicht aus zersetztem Tonschiefer, bei der es sich vermutlich um die basale Gleitfläche handelt. Von 23,7m bis zur Endteufe von 42,0 m stehen dünnplattige unverwitterte Tonschiefer an. Die Rutschmasse hat in der Bohrung BK 8 eine Mächtigkeit von 22,7 m.

6.2 Schnitt A-A'

Die Auswertung der Bohrerergebnisse ermöglichte die Erstellung von zwei Geländeschnitten (siehe Anlage 5), in die jeweils drei Bohrungen eingehängt werden konnten. Dies ermöglichte die Bestimmung der unteren Gleitfläche vom oberen Hauptabriss bis zum Fuß der Rutschung am Moselufer.

Der obere Hauptabriss befindet sich im Wald bei etwa 400 m ü. NN nordwestlich der Graacher Schanzen. Die Gleitfläche taucht zunächst ± senkrecht ab um dann in einer Tiefe von durchschnittlich 40 – 50 m unter GOK hangparallel zu verlaufen. Hierbei darf man nicht von einer einzelnen durchgehenden und homogenen Gleitfläche im herkömmlichen Sinne ausgehen. Vielmehr findet der Übergang zum stabilen anstehenden Gebirge in einer zum Teil mehrere Meter mächtigen Gleitzone statt. Da die Rutschmasse nicht durch ein Einzelereignis gebildet wurde, muss man von mehreren Rutschungen ausgehen, deren Gleitzonen teilweise übereinander liegen können. Es können sich mehrere voneinander unabhängige Gleitzonen in verschiedenen Tiefen befinden. Die Darstellung der roten Gleitflächen in den beiden Schnitten ist daher schematisch zu betrachten.

Die beiden Bohrungen BK 1 und BK 3, die sich im Fußbereich der Rutschmasse befinden, durchteuften beide die Rutschung, so dass der Verlauf hier eindeutig geklärt werden konnte. Es zeigte sich, dass die untere Gleitzone etwa auf dem Höhenniveau des heutigen Moselbetts flach ausläuft. Es zeigte sich, dass die Rutschmassen der Fließrutschung, die am Hangfuß einen markanten Schüttkegel bildet, junge Terrassensedimente überfahren haben.

6.3 Schnitt B-B'

Der Schnitt B-B' verläuft etwa 300 m südlich vom Schnitt A-A'. Die obere Abriss ist hier deutlich als mehrere Meter hohe Steilkante im Gelände sichtbar. Die abgerutschten Massen bilden heute eine große Verebnungsfläche, auf der sich die Ortschaft der Graacher Schäferei befindet. Die Bohrung BK 8 hat die Rutschung bei einer Teufe von knapp 23 m durchbohrt.

Im mittleren Hangbereich wurde die Bohrung BK 5 abgeteuft, die jedoch ab 18 m festen, unverwitterten Fels erbohrte und daher bei 26 m Tiefe abgebrochen wurde. Der Geländeschnitt zeigt jedoch, dass es sich bei dem festen Gestein im Bohrkern um einen verrutschten Felsbereich handeln muss, der im Gelände einen deutlich hervortretenden Geländebuckel bildet. Die untere Gleitfläche wird in einer Tiefe von etwa 75 m vermutet.

Die Bohrung BK 2 am Hangfuß zeigt, dass die Rutschmasse hier eine Mächtigkeit von etwa 12 m hat. Das Lockergestein der Fließrutschung hat quartäre Ablagerungen überfahren, die bei der Bohrung aufgeschlossen sind. Es handelt sich bei den Terrassenablagerungen der Mosel um einen Auenlehm und unterlagernde Kiese.

6.4 Ergebnisse der Bohrlochgeophysik

Im Laufe der geophysikalischen Bohrlochmessungen zeigte sich, dass einige Verfahren die völlig zerrütteten Gleitzonen innerhalb der Rutschmassen gut abbilden. Besonders in der akustischen Bohrlochmessung, dem Kaliber-Log und der Messung der Schallgeschwindigkeit traten diese Bereiche deutlich zutage. Als Beispiel sind in der Abb. 2 die Ergebnisse der Bohrung BK 7 zwischen 55 und 70 Bohrtiefe gegenübergestellt.

In der Bohrkernansprache wurde die untere Gleitzone zwischen 58,4 und 62,3 m ausgehalten (siehe auch Anlage 2.5 und Anlage 3). Die Bohrlochmessungen zeigen exakt in diesem Abschnitt deutliche Abweichungen zum unterliegenden anstehenden Tonschiefer.

In der akustischen Lochlochabbildung ist die stark aufgelockerte Gleitzone als dunkler Bereich deutlich erkennbar. Das Kaliber-Log, das den Durchmesser des Bohrlochs darstellt, zeigt hier eine starke Aufweitung, die durch die starke Auflockerung des kleinstückigen Tonschiefers verursacht wurde. Die Messung der Schallgeschwindigkeit weist im entsprechenden Abschnitt eine klare Abweichung der Kennlinien auf, die ebenfalls durch die deutliche Auflockerung des Gesteins verursacht wurde.

Da nicht alle Verfahren immer so deutliche Ergebnisse zeigen, ist eine Kombination der geeigneten Messverfahren sinnvoll, um Gleitzonen und stark aufgelockerte Bereiche im Tonschiefer erkennen zu können. Zusätzlich empfiehlt sich die Korrelation mit direkten Aufschlussverfahren (Bohrkernansprachen).

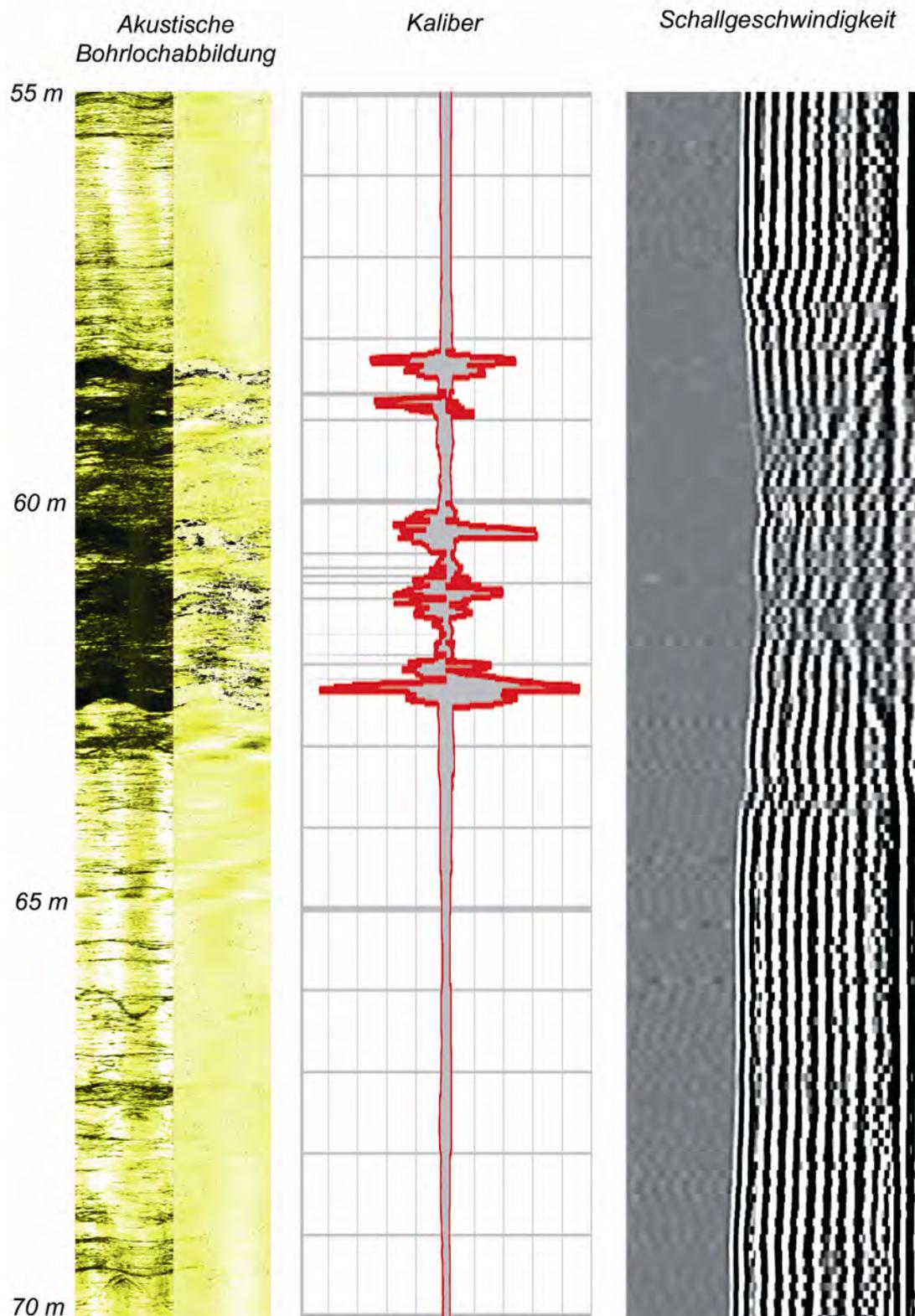


Abb. 2: Ergebnisse der Bohrlochmessungen im Bereich der unteren Gleitzone/Anstehendes

7 Geotechnische Empfehlungen

Nach Auswertung der durchgeführten Untersuchungen können aus Sicht der Ingenieurgeologie folgende Hinweise und Empfehlungen zur Durchführung der Flurbereinigungsmaßnahmen gegeben werden:

- Grundsätzlich ist eine den örtlichen Gegebenheiten angepasste Flurbereinigung im Planungsgebiet möglich. Aufgrund der besonderen geologischen Verhältnisse muss im gesamten Flurbereinigungsgebiet mit schwierigem Baugrund gerechnet werden. Durch die tief reichenden Rutschmassen ist das Gebirge in weiten Teilen stark aufgelockert bzw. völlig zersetzt. In diesen Bereichen entspricht der Untergrund einem weit gestuften Lockergestein.
- Bei den im Untersuchungsgebiet zutage tretenden Festgesteinsaufschlüssen (Felsrippen) handelt es sich nicht um anstehenden ungestörten Tonschiefer sondern um durchbewegte und meist tiefgründig aufgelockerte Teilschollen, die häufig ihren Festgesteinscharakter weitgehend verloren haben. Einige der anstehenden Felsrippen können aufgrund geringer Durchbewegung auch noch ihre Verbandsfestigkeit aufweisen.
- Lokal sind schwebende Grundwasserstockwerke besonders im Bereich der Fließrutschung möglich. In den anderen Bereichen ist aufgrund der starken Gebirgsauflockerung mit einem tief liegenden Grundwasserspiegel zu rechnen.
- **Bestimmte Bereiche sollten aus geotechnischer Sicht von der Flurbereinigung ausgeklammert werden**, da hier anhaltende langsame Hangbewegungen (schätzungsweise 3-5 cm/Jahr) zu erwarten sind. Für die Wirtschaftswege und Stützmauern wäre aufgrund der Kriechbewegungen ein unverhältnismäßig hoher Erhaltungs- bzw. Sanierungsaufwand notwendig. **Das betreffende Gebiet ist in der Abb. 3 rot gekennzeichnet.**
- **Im Randbereich des Schüttkegels sowie im steilen Hangbereich unterhalb der Graacher Schäferei muss mit einem höheren Unterhaltungsaufwand gerechnet werden**, der jedoch technisch beherrschbar erscheint. **Diese Bereiche sind in der Abb. 3 gelb markiert.**
- Größere Anschnitte und Aufschüttungen mit Höhen > 2 m sollten möglichst vermieden werden. Insgesamt ist ein Massenausgleich anzustreben, d. h. es sollten keine zusätzlichen Fremd-Bodenmassen aufgebracht und/oder größere Abgrabungen vorgenommen werden.

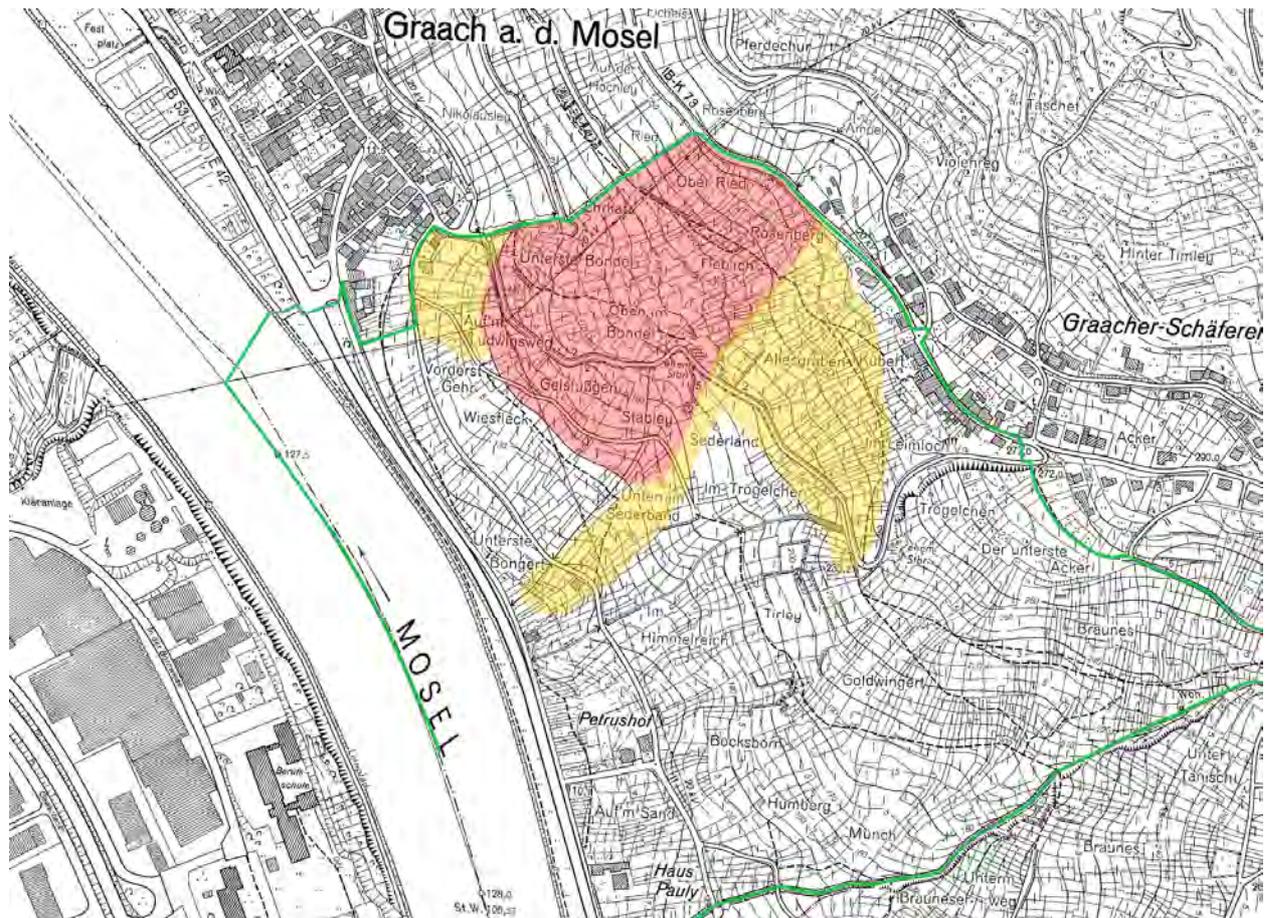


Abb. 3: Von den Flurbereinigungsmaßnahmen auszuklammernde Bereiche (rot) und Bereiche mit höherem Erhaltungsaufwand (gelb)

- Eine gezielte Versickerung von Niederschlagswasser sollte im gesamten Planungsgebiet möglichst vermieden werden. Die Oberflächenentwässerung sollte im Zuge der Baumaßnahmen optimiert werden (offene bergseitige Gerinne an den Wirtschaftswegen).
- Zur zusätzlichen Kontrolle der Kriechbewegungen wird die Installation von geodätischen Messpunkten im Untersuchungsgebiet empfohlen, die etwa alle 6 Monate eingemessen werden sollten. Hierdurch können Bereiche mit stärkeren Bewegungen frühzeitig erkannt und ggf. Gegenmaßnahmen ergriffen werden.
- Ebenso ist eine Beweissicherung an den Gebäuden in Graach und der Graacher Schäferei im Umfeld der Flurbereinigung empfehlenswert.
- Alle Baumaßnahmen sollten im Vorfeld mit dem Landesamt für Geologie und Bergbau abgesprochen werden.

An dieser Stelle soll ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass die **Gesamtstandsicherheit** des Rutschgebietes sowohl im derzeitigen Zustand als auch durch eine angepasste Flurbereinigung **nicht gefährdet** ist. Kleinere lokale Rutschungen wie etwa die in den vergangenen Jahren aufgetretene Hangbewegung am Ortseingang der Graacher Schäferei sind jedoch möglich.

(Dr. H. Ehses)
Direktor

TK 6008 / Gemarkung Graach / 3322/1462/05