

Massenbewegungen im Rotliegenden der Nordpfalz, dargestellt am Beispiel des Meßtischblattes Lauterecken

WOLFGANG FEIN & FRIEDRICH HÄFNER

Kurzfassung: Der Bereich des Meßtischblattes 6311 Lauterecken im Saar-Nahe-Gebiet (SW-Deutschland) wurde anhand einer geologischen, ingenieurgeologischen, hydrogeologischen und morphologischen Untersuchung einer Stabilitätsanalyse der Hänge und Böschungen unterzogen, die durch die Verwertung klimatologischer Daten vervollständigt wurde. Das Ergebnis liegt in einer Stabilitätskarte sowie in einer Analyse der gesammelten Daten vor.

Soweit die Untersuchung des Modellgebietes von ca. 130 km² Größe (etwa 5% der Fläche des Saar-Nahe-Gebietes) eine Antwort zuläßt, sind Hänge und Böschungen im sedimentären Rotliegenden des Saar-Nahe-Gebietes bereits ab 7° Hangneigung potentiell rutschgefährdet. Das rutschgefährdete Areal umfaßt etwa 10% der untersuchten Fläche. Ca. 2,6% wurden von Massenbewegungen betroffen. Kriechen und Gleiten sind die häufigsten Arten der Massenbewegungen. Die beteiligten stratigraphischen Einheiten sind neben den Deckschichten die Quirnbacher, Jeckenbacher und Lautereckener Schichten des Unteren Rotliegenden. Künstliche Böschungs-, An- und Einschnitte in den für das Unterrotliegende charakteristischen Wechsellagerungen von Ton-, Schluff- und Sandsteinen, stellen ein permanentes Stabilitätsproblem dar.

Abstract: This report deals with the analysis of stability of slopes which occur on the map of Lauterecken, Saar-Nahe-area, SW-Germany. A geological, engineering geological, hydrogeological and morphological study was made, additionally, climatological data were taken into account; the results of it are analyzed and plotted in a stability map.

Conclusions: Taking the regarded territory of approximately 130 km² (about 5% of the area of the Saar-Nahe-area), it can be stated that slopes in the Saar-Nahe-area are potential landslide areas, if the inclination of the slopes is 7° or more. Within an area of 10% landslides are probable to take place. Within 2,6% mass movements happened or are going on. Creep and sliding are the most abundant forms of mass movements. Slope instability occurs preferentially in weathered rocks, Quirnbach beds, Jeckenbach beds and Lauterecken beds of the Lower Permian. Steep roadcuts occurring in alternating sandstone and siltstone beds are very likely to cause stability problems.

1. Einleitung

Das untersuchte Gebiet liegt in Rheinland-Pfalz, im nördlichen Teil des Pfälzer Berglandes (Abb. 1); es weist ein ausgeprägtes Gewässernetz auf und wird vom Glan diagonal von SW nach NE durchzogen. Die Bachläufe liegen in Tälern mit z. T. steilen Flanken. Zwischen diesen Tälern erheben sich sanft gewölbte Hochflächen. Die durchschnittliche Höhe des Gebietes beträgt ca. 300 m NN. In der NW-Ecke des Blattes liegen, durch die verwitterungsresistenten Vulkanite bedingt, die höheren Gebiete. Ca. 1,2 km nord-

westlich Homberg liegt der höchste Punkt (458,6 m NN), die tiefste Stelle befindet sich ca. 1,7 km NNE von Odenbach (145 m NN). Gut ein Viertel des Gebietes ist bewaldet, knapp zwei Drittel sind landwirtschaftlich genutzt, der Rest wird von Bebauung und Verkehrsflächen eingenommen.

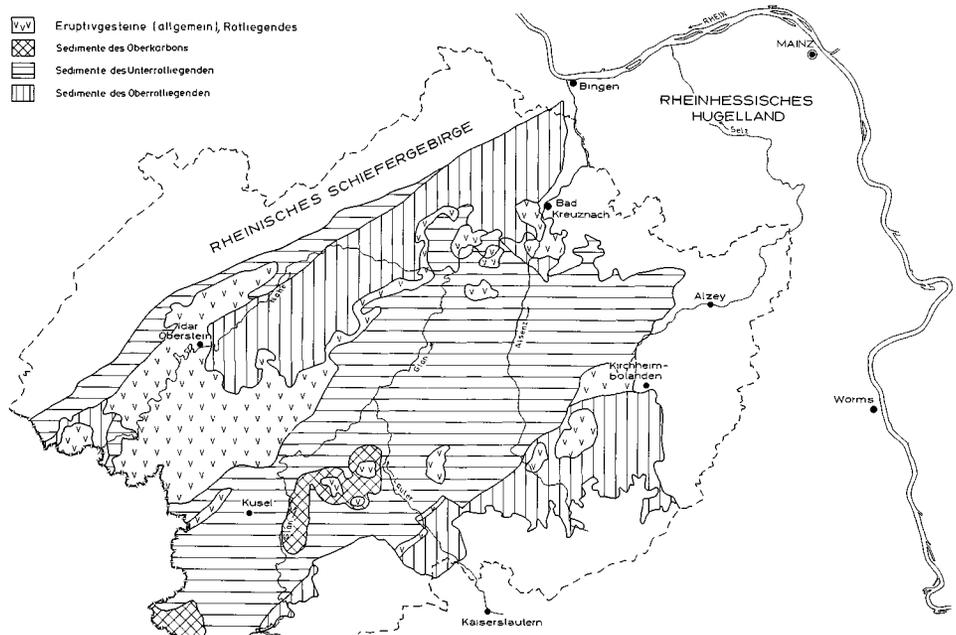


Abb. 1: Geologische Übersicht des Saar-Nahe-Gebietes und Lage des bearbeiteten Gebietes.

Das Saar-Nahe-Gebiet stellt ein grabenartiges, permokarbone, intramontanes Becken des herzynischen Orogens in Europa dar (HANEKE & al. 1979). Die Füllung des Beckens besteht aus kontinentalen Sedimenten des Oberkarbons sowie des Unter- und Oberrotliegenden. Im Unterrotliegenden herrschten fluviatil-limnische Verhältnisse mit raschen Einschüttungen von klastischen Sedimenten durch Flüsse in flache Seen (RAST & SCHÄFER 1978). Zu Beginn des Oberrotliegenden wurden grobe Sedimente geschüttet (HANEKE & al. 1979). Darauf folgte ein intensiver Vulkanismus mit Förderung basischer bis saurer Laven. Daneben fanden im Oberrotliegenden tektonische Bewegungen im Saar-Nahe-Gebiet statt, wobei sich die Nahe-Prims-Mulde im NW, der Pfälzer Sattel im Zentralteil und die Vorhaardt-Mulde im SE bildeten.

Mesozoikum und Tertiär sind im Becken nicht bzw. fast nicht vertreten. Die quartären Sedimente bestehen aus Gehängelehm bzw. -schutt, Löß, Lößlehm und vorwiegend bindigen Ablagerungen der Talau. Das Blatt Lauterecken umfaßt Teile der NW-Flanke

des Pfälzer Sattels; im Blattgebiet kommen überwiegend Gesteine des Unterrotliegenden vor. In der NW-Ecke des Blattes ist ein Teil der SE-Flanke der Nahe-Mulde mit den dort auftretenden effusiven Decken und Sedimenten des Oberrotliegenden erfaßt.

Rutschhöfliche bzw. potentiell rutschhöfliche Gebiete wurden kartiert, wobei die Untersuchungen flächendeckend erfolgten und so einen vollständigen Überblick über die geologischen, ingenieurgeologischen, hydrogeologischen und morphologischen Abhängigkeiten der rutschgefährdeten Areale ergaben. Die erfaßten Daten sind Grundlagen für Beurteilungen und Prognosen bei ähnlich gelagerten Fällen und zwar vornehmlich bei Rutschungen im Rotliegenden des Saar-Nahe-Gebietes.

2. Arbeitsmethoden

In erster Linie erfolgte eine ingenieurgeologische Geländeaufnahme für die Darstellung der bewegten bzw. der sich noch bewegenden Gebiete nach den Klassifikationskriterien von NEMČOK & al. (1972: „Kriechen“, „Gleiten“, „Fließen“ und „Fallen“). Im bearbeiteten Gebiet wurden nur Kriech-, Gleit- und Fallbewegungen vorgefunden.

„Kriechen“ bedeutet nach NEMČOK & al. eine langsame Bewegung ohne Ausbildung klar definierter Gleitflächen. Unter „Gleiten“ wird eine Hang- bzw. Böschungsbewegung zusammenhängender Massen längs einer oder mehrerer Gleitflächen verstanden. Beim „Fließen“ haben die Bewegungen einen Charakter, der einer Flüssigkeit ähnelt. „Fallen“ beschreibt eine plötzliche Massenbewegung, bei der die bewegte Masse den inneren Zusammenhalt und kurzfristig den Kontakt mit dem Untergrund verliert. Die geologische Aufnahme wurde ohne Bohrungen oder Schürfe durchgeführt. Alle Feststellungen und Folgerungen sind anhand von Oberflächenbeobachtungen gewonnen worden. Da Bohrungen und Messungen fehlen, war es nicht möglich, die Tiefe der Gleitflächen exakt zu ermitteln. Deshalb werden auch keine Kubaturen der Rutschungen angegeben.

Die Hangformen wurden einer morphologischen Analyse unterzogen, ferner fand eine Aufnahme des Bewuchses und der Geländenutzung statt. Auffallende Unregelmäßigkeiten im Wuchs der Bäume, wie Säbel-, Schräg- und Drehwuchs, wurden in die Beurteilungen einbezogen.

Die Gesteinstrennflächen wurden nach dem Grad ihrer Entfestigung, der Beschaffenheit der Klüftwandungen, den Ausbißlängen der Klüftflächen und den Klüftabständen beschrieben. Ferner wurde der mittlere Abstand parallel zueinander liegender Klüfte erfaßt. Soweit diese Angaben infolge zu hoher Variabilität nicht zu ermitteln waren, wurden Maximal- und Minimalwerte angegeben. Der Durchtrennungsgrad (PACHER 1958) wurde durch Augenschein ermittelt. Gefügewerte des Gebirges sind nach CLAR angegeben. Anhand von morphologischen Daten, wie z. B. Wölbungen und Spalten, wurden die Hänge bzw. Böschungen aufgenommen. Es fand eine Unterteilung zwischen aktiven Rutschgebieten und potentiell gefährdeten Regionen statt. Darüber hinaus sind die hydrogeologischen Verhältnisse, soweit möglich, untersucht und die durch Rutschungen verursachten Folgeschäden registriert worden.

3. Schichtenbeschreibung

Im folgenden werden die rutschhöflichen Einheiten, die knapp 83% des Untergrundes im Arbeitsgebiet aufbauen, vorgestellt, wobei die Charakterisierung weitgehend nach ATZBACH (1976) erfolgt (Tab. 1).

3.1. Gehängelehm (Pleistozän)

Er besteht zum größten Teil aus in situ verwitterten Ton- und Schluffsteinen. Vermutlich sind auch Lößanteile beigemischt. Nach DIN 18 196 sind es in der Regel weitgestufte,

Tab. 1: Gliederung des saarpfälzischen Rotliegenden (ergänzt nach BOY & FICHTER 1982).

WEISS 1889	AMMON & REIS 1910		FALKE 1954	ATZBACH & SCHWAB 1971, 1973; ATZBACH 1980	BOY & FICHTER 1982	
Kreuznacher Schichten	Ober- rot- liegendes	Standenbühler Schichten	Kreuznacher Gruppe	Nahe- Gruppe	Kreuznacher Sch. Spon- heimer Sch. Waderner Schichten Effusive Decken Ungegl. Vulkanite Freisener Sch.	Nahe- Gruppe
Monzinger Schichten Waderner Schichten			Waderner Gruppe			
Soterner Schichten			Winnweiler Sch. Hochsteiner Sch.			
Tholeyer Schichten	Obere Lebacher Schichten	Olbrücker Sch	Ob. Tholeyer Gruppe	Tholeyer Gruppe	Thallichtenb. Sch	Thallichtenberg-Schichten
		Schweisweiler Sch.	Mittl. Tholeyer Gruppe Unt. Tholeyer Gruppe		Oberkirchener Sch.	Oberkirchen-Schichten
	Untere Lebacher Schichten		Obere Lebacher Gruppe	Lebacher Gruppe	Disibodenberger Schichten	Disibodenberg- Schichten
Lebacher Schichten	Hoofer Schichten	Mittl. Lebacher Gruppe	Odernheimer Schichten		Odernheim- bis Lauterecken- Schichten	
? — ?		Untere Lebacher Gruppe	Jeckenbacher Schichten			
Obere Kuseler Schichten	Obere Kuseler Schichten	Alsenzer Schichten	Obere Kuseler Gruppe	Kuseler Gruppe		Lautereckener Schichten
		Odenbacher Schichten	Mittlere Kuseler Gruppe		Quirnbacher Schichten	Quirnbach-Schichten
Untere Kuseler Schichten	Untere Kuseler Schichten	Wahnweger Sch.	Untere Kuseler Gruppe	Wahnweger Schichten	Wahnwegen-Schichten	
		Altenglaner Sch. Remigiusberg Sch		Altenglaner Sch Remigiusberg Sch.	Altenglan-Schichten Remigiusberg-Schichten	

WOLFGANG FEIN & FRIEDRICH HÄFNER

gemischtkörnige Böden mit hohem Schluff- und Feinsandanteil und unterschiedlichen Ton-, Kies- und Steinbeimengungen.

3.2. Quirnbach-Schichten

Es handelt sich vorwiegend um graubraune, \pm sandige Tonsteine und Bänke aus feinkörnigen Sandsteinen. Stellenweise sind grüne und grüngraue Färbungen zu beobachten. Darüber hinaus treten eine etwa 0,1 m mächtige dunkelgraue bis blaugraue Kalkbank, ein ca. 0,1 m mächtiges Kohlenflöz sowie eine graubraune Konglomeratlage auf. Die Gesamtmächtigkeit beträgt ca. 200 m.

3.3. Jeckenbach-Schichten

Diese mindestens 350 m mächtigen Schichten bauen sich besonders im unteren Bereich aus feinkörnigen, relativ dickbankigen Sandsteinen von gelber bis graubrauner Farbe auf. Zwischen den Sandsteinbänken liegen \pm sandige Tonsteine. Im höheren Profil treten vereinzelt Rorthorizonte auf. Lokal haben sich stark glimmerführende, ca. 5 cm mächtige Kohlenflöze ausgebildet.

3.4. Lauterecken-Schichten

Das Liegende wird von einer z. T. konglomeratischen Arkose (Feistkonglomerat) aufgebaut. Darüber folgen graubraune Sandsteine, \pm sandige Tonsteine und eine Kalkbank, die meist mit einem Kohlenflöz (Odenbacher Kalkkohlenflöz) vorkommt. Die Mächtigkeit beträgt bei Glanbrücken ca. 220 m.

4. Massenbewegungen an Hängen und Böschungen

Hänge und Böschungen können durch natürliche Vorgänge oder durch anthropogene Eingriffe hinsichtlich ihrer Standsicherheit und Standzeiten beeinflusst werden.

4.1. Massenbewegungen durch Gleiten

4.1.1. Hangeinschnitt Lauterecken

Im Zuge des Baus der Umgehungsstraße von Lauterecken (Bundesstraße 270) wurden zwei Böschungen angelegt. Bergseitig, südwestlich der Straße, liegt die höhere (50 m) und talseitig, im Nordosten, die niedrigere (ca. 4 m) Böschung. Der Einschnitt erfolgte in Gesteinen der Lauterecken- bzw. Jeckenbach-Schichten. Schichtung und Klüftung bilden die mechanisch wirksamen Haupttrennflächen; deutlich ist die nach $050/15^\circ$ einfallende Schichtung. Das Schichteneinfallen liegt somit für den bergseitigen Einschnitt sowie dessen Umfeld hangparallel. Der Durchtrennungsgrad beträgt $\alpha = 1$. Die Schichtflächen sind meist eben und rau und weisen nur selten max. 1 cm hohe Rippelmarken auf. Das Gestein ist engständig geklüftet. Die Klüftwandungen sind uneben und rau und haben keine Bestege. Aus Gutachten (KRAUTER 1979) ist zu entnehmen, daß Lettenbestege auf Klüften durch Rutschungen freigelegt wurden. Die maximale Ausbißlänge der Klüftflächen liegt bei 2,5 m. Der mittlere Abstand parallel zueinander liegender Klüfte beträgt ca. 0,5 m. Querklüfte: $310/85^\circ$, $\alpha = 0,7 - 0,9$; Längsklüfte: $060/85^\circ$, $\alpha = 0,7 - 0,9$.

Auf den noch im ursprünglichen Zustand erhaltenen Hängen wachsen Obstbäume auf Wiesen. Die Bäume haben teilweise deutlichen Säbel- und Schrägwuchs.

Im Einschnittsbereich (Abb. 2) kam es im Oktober 1979 (KRAUTER 1979), im Dezember 1979 (KRAUTER 1980), im April 1980 und im November 1980 (KRAUTER 1980) zu Rutschungen. Schon vor Beginn der Baumaßnahme fand in einem Versuchseinschnitt eine Rutschung statt (ATZBACH 1965), d. h. es handelt sich um anthropogen bedingte Massenbewegungen auf Schichtflächen. Da die Schichtung südwestlich einer Störung im oberen

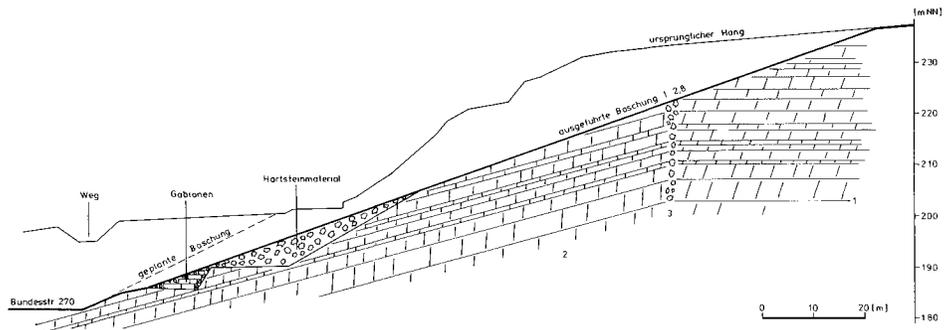


Abb. 2: Böschungsanschnitt im Zuge der Ortsumgehung Lauterecken (schematisiert).

Hangbereich fast horizontal liegt, blieb die Böschung nach den unten beschriebenen durchgeführten Sanierungen stabil. Ca. 50 m bergseitig, südwestlich der Bundesstraße 270, tritt auf etwa 100 m Länge so viel Wasser aus, daß es im ganzen Abschnitt den Böschungsfuß erreicht. Es kommt besonders dort zutage, wo nachträglich Gabionen (Drahtschotterkörbe) in die Böschung eingebaut wurden. Auf der gleichen Höhe, südöstlich im unberührten Hangteil, tritt ebenfalls Wasser aus, das gefaßt abgeleitet wird und dessen Schüttung ca. 8 l/min im September 1981 betrug.

Am Böschungsfuß des bergseitigen Einschnitts wurden 42 bergseitig schwach ansteigende Entwässerungsbohrungen bis zu 60 m Länge durchgeführt, die nach starken Regenfällen Wasser führten. Nur eine Bohrung fließt ganzjährig: Die Schüttung betrug im Sommer 1981 im Durchschnitt 6 l/min.

Die Ursache der Rutschungen ist die unsachgemäße Herstellung des Einschnittes, wobei eine Böschungsneigung angelegt wurde, die steiler als das Schichteneinfallen ist. Zusätzlich hat der starke Wasserandrang, die Lage der Kluffflächen, die Wechsellagerung von Sandstein und leicht verwitterndem Ton- und Schluffstein zusammen mit der beim Einschnitt erfolgten Entlastung das Rutschen gefördert. Schon in einem früheren Gutachten wurden hangparallele Ablösungen in Schürfen erkannt (ATZBACH 1965).

Durch die Massenbewegungen wurde die Fertigstellung der Straße immer wieder erheblich verzögert, und die Baukosten stiegen stark. Außerdem kamen durch die immer wieder auftretenden Rutschungen zwei Überlandleitungsmasten in den unmittelbaren Gefahrenbereich und mußten deshalb zweimal bergseitig versetzt werden.

Die Rutschungen wurden durch mehrmaliges Abflachen des größten Teils des bergseitigen Hanganschnittes auf 20° saniert. Darüber hinaus wurden nach der letzten Rutschung etwa in Höhe des unteren Drittels, auf ca. 56 m Länge, Fels und Rutschmassen ausgekoffert und ein Stützkörper aus Gabionen eingebaut. Dieses Verfahren wurde lokal schon bei der ersten Rutschung angewendet. Das ausgekofferte Material wurde durch eine Auffüllung mit Hartsteinmaterial 0/300 ersetzt, die bis über die Gabionen reicht. Allerdings scheint man hier nicht für eine geregelte Wasserabführung gesorgt zu haben, da das Wasser, wie oben beschrieben, oberflächlich abfließt. Die bisherigen Sanierungsmaßnahmen haben aber bis jetzt trotzdem Erfolg, weil Rutschungen seither nicht mehr aufgetreten sind. Die Entwässerungsbohrungen am Böschungsfuß waren wenig erfolgreich, da sie bis auf eine Bohrung kein Wasser geführt haben. Es konnte bislang nicht geklärt werden, warum die Bohrungen trotz des großen Wasserangebotes trocken bleiben.

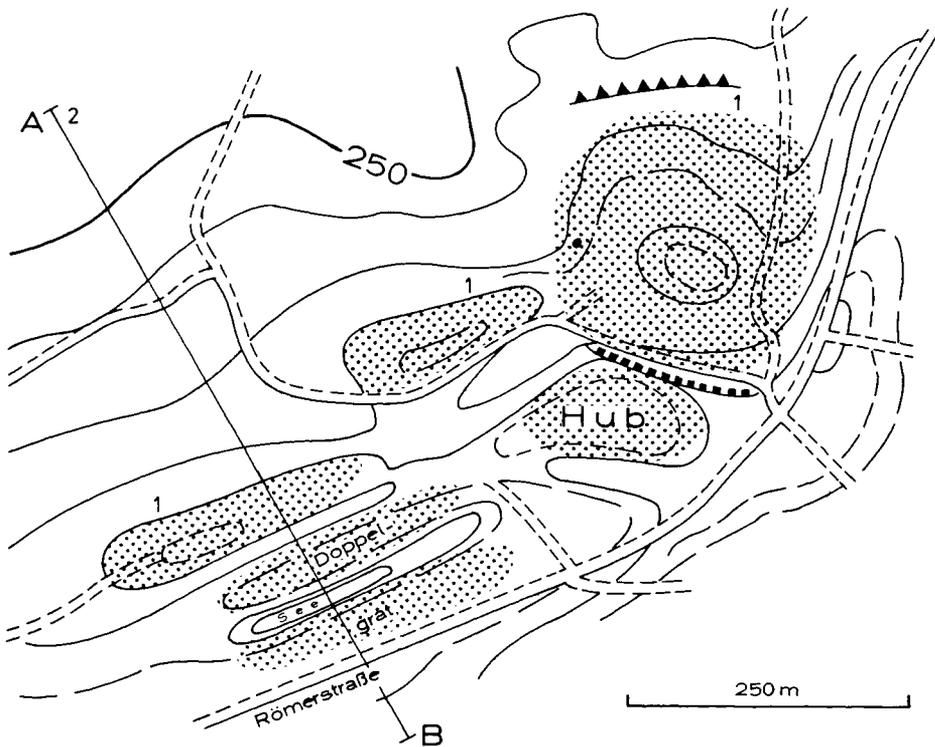


Abb. 3: Bergzerreißen bei Breitenheim, morphologische Situation.

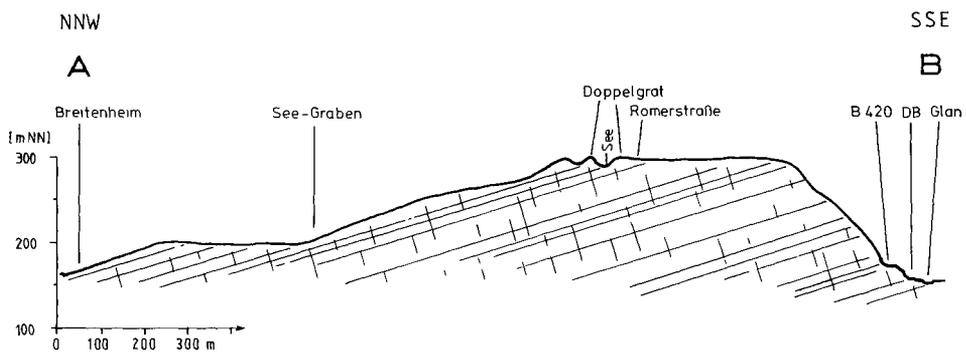


Abb. 4: Querprofil zwischen Odenbach und Breitenheim (2fach überhoht).

Die Begrünung der Böschungen ist spärlich, besonders unterhalb des flächig austretenden Wassers. Im Frühjahr 1982 wurden die Böschungen stellenweise mit Buschwerk bepflanzt. Da es sich um eine reine Felsböschung handelt, ist von der Begrünung keine Verbesserung der Standsicherheit zu erwarten.

4.1.2. Bergzerreißen südlich Breitenheim

Es handelt sich um einen im wesentlichen natürlichen, nach SSW exponierten Hang. Das gefährdete Gebiet hat eine Ausdehnung von min. 140 ha, mit einem Kerngebiet von 62,2 ha. Der Untergrund besteht aus Wechsellagerungen von Ton- und Schluffsteinen mit Sandsteinen (Jeckenbacher Schichten), die z. T. von Gehängelehm überdeckt werden. Schichtung und Klüftung bilden die mechanisch wirksamen Haupttrennflächen, deutlich ist die nach $350/10^\circ$ einfallende Schichtung zu erkennen. Auch hier verläuft die Schichtung hangparallel (Durchtrennungsgrad $\alpha = 1$).

Das Gestein ist meist dicht geklüftet mit unebenen bis ebenen und rauhen Kluffflächen. Die Ausblößen der Kluffflächen reichen vom Dezimeter- bis Meterbereich. Im Sandstein beträgt der mittlere Abstand von parallel liegenden Klüften ca. 0,5 m, im Ton- und Schluffstein liegt er im Zentimeter- bis Meterbereich. Kluffbestege wurden in den Aufschlüssen nicht vorgefunden. Der Durchtrennungsgrad im Ton- und Schluffstein liegt bei $\alpha = 0,1 - 0,3$, im Sandstein bei $\alpha = 0,1 - 0,5$.

Querklüfte:	070/80° bzw. 270/65°	$\alpha = 0,1 - 0,5$
Längsklüfte:	165/80°	$\alpha = 0,1 - 0,5$
Diagonalklüfte:	130/75° bzw. 220/80°	$\alpha = 0,1 - 0,3$

Das Gelände ist teilweise mit Gras und Bäumen bewachsen oder wird landwirtschaftlich genutzt, z. T. stehen Laub- oder Nadelbäume darauf.

Dieses Rutschgebiet ist insofern eine Besonderheit, weil Bergzerreißen vermutet wird, was in dieser Form im Saar-Nahe-Gebiet bisher nicht bekannt ist. Das Bergzerreißen dokumentiert sich am deutlichsten durch einen Doppelgrat auf dem Bergkamm SW des Hubs (Abb. 3, 4). Die parallel laufenden Grate sind auf ca. 270 m zu verfolgen. Sie liegen ca. 50 m auseinander und sind etwa 25 m breit. Zwischen ihnen liegt ein schätzungsweise 10 m tiefer Graben, der zu drei Viertel der Länge mit Wasser gefüllt ist. Nordwestlich dieses Doppelgrates verläuft ein weiterer Grat, der jedoch nicht so markant ist; möglicherweise ist er schon älter und daher von der Erosion angenagt. Unterhalb dieser Grate sind nur noch die Wölbungen und Ausbeulungen von Auftragsgebieten älterer Rutschungen zu erkennen. Diese morphologischen Formen sind durch langjährige Massenumlagerung bei der landwirtschaftlichen Nutzung verwischt. Nordöstlich der Grate befinden sich drei kuppelartige Großkluftkörper (Abb. 3), z. T. sind alte Abrisse zu erkennen, die anzeigen, daß die Großkluftkörper langsam talwärts wandern. Die morphologische Trennung der einzelnen Grate und Kuppen richten sich nach den Quer- und Längsklüften. Das Gebiet weist einige Naßstellen und Quellen auf, in einer Hangmulde hat sich sogar ein Moor gebildet. Zwischen den Doppelgraten am Bergkamm befindet sich ein kleiner Teich. Auch an anderen Stellen zwischen den Kuppen entstehen zeitweise Wasseransammlungen.

Die Hauptursachen der Bewegung muß man im hangparallelen Schichteinfallen zusammen mit der Lage der Längs- und Querklüfte sehen. Der relativ hohe Wasseranfall löste weitere Rutschungen aus, die in den tieferen Hangbereichen wurden wahrscheinlich durch die Lastverschiebungen der „wandernden“ Großkluftkörper am Hangkamm verursacht. Die heutigen Bewegungen liegen schätzungsweise im Millimeter- bis Zentimeterbereich.

4.2. Massenbewegungen durch Fallen

4.2.1. Böschungsanschnitt Lauterecken

Beim Bau des Anschlusses der Bundesstraße 270 und der Bundesstraße 420 bei Lauterecken wurde eine künstliche Steilwand geschaffen, die in die Jeckenbacher Schichten einschneidet, welche aus einer Wechsellagerung von Ton- und Schluffsteinen mit Sandsteinen bestehen. Auch hier bilden Schichtung und Klüftung die mechanisch wirksamen Haupttrennflächen. Die Schichtung mit einem Durchtrennungsgrad von $\alpha = 1$ ist deutlich erkennbar und fällt mit $175/10^\circ$ ein. Die Schichtflächen sind eben bis uneben und rauh. Das dicht geklüftete Gestein weist unebene und rauhe Klüftflächen auf. Die Ausbißlängen der Klüftflächen erreichen 2,5 m mit einem mittleren Abstand der parallel liegenden Klüfte von min. 0,1 m und max. 1,0 m. Der Durchtrennungsgrad liegt bei max. 0,9, verschiedene Klüfte sind bis 8 cm geöffnet.

Querklüfte:	285/85° bzw. 110°	$\alpha = 0,5 - 0,9$
Längsklüfte:	180/65°	$\alpha = 0,5 - 0,9$

Es handelt sich in erster Linie um Fallbewegungen an der Steilwand. Das Aussehen ist durch die Wechsellagerung von zurückspringenden Ton- und Schluffsteinen und vorspringenden Sandsteinen bestimmt (Abb. 5). Die Sandsteinbänke bilden bis zu 1 m auskragende Überhänge. Etwa in der Mitte der von zwei Bermen unterteilten Wand wurde ein aus Sandsteinbänken bestehender Gesteinsbereich als natürliche Stützscheibe stehen gelassen, die sich über die ganze Höhe des Steilanschnittes erstreckt.

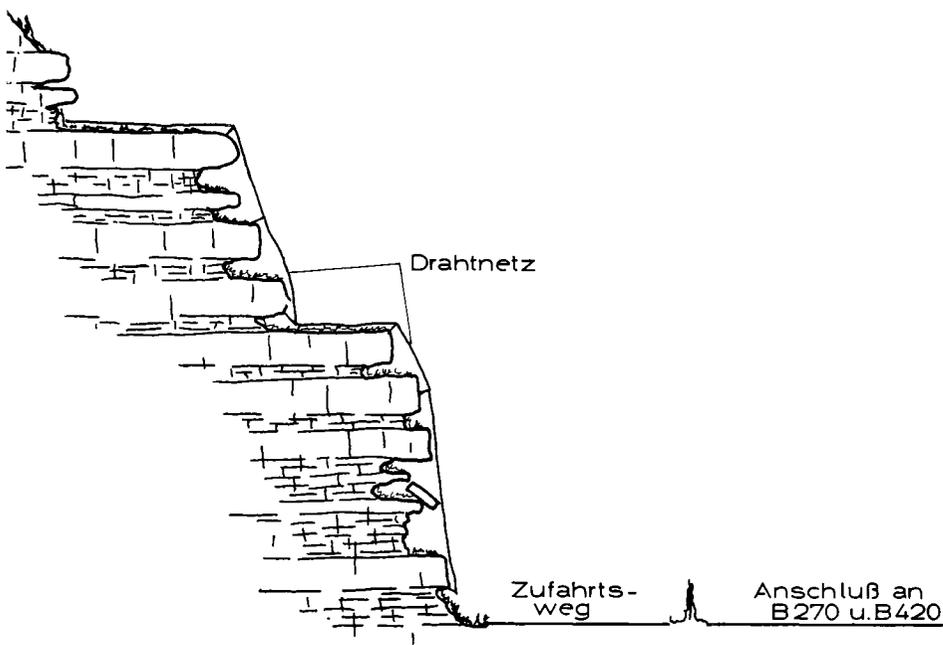


Abb. 5: Fallbewegungen im Böschungsanschnitt Lauterecken (rückschreitende Verwitterung der Ton- und Schluffsteine).

Durch den Hanganschnitt wurde eine lastfreie Oberfläche geschaffen, wodurch nach außen gerichtete Bewegungen entstanden. Die Ton- und Schluffsteine sind sehr empfindlich gegen Witterungseinflüsse, was sich im Nachbröckeln äußert. Die Sandsteine lösen sich bei rückschreitender Verwitterung der Ton- und Schluffsteine, begünstigt durch Klüfte oder durch Überschreiten der Materialfestigkeit und fallen herab.

Über die Steilwand wurde zur Sanierung ein Drahtgeflecht gespannt, das durch Stahlseile befestigt wurde. In der Wand befindliche Steckanker führen die Stahlseile. Die Steckanker sind teilweise in den Ton- und Schluffstein getrieben und wittern langsam heraus. Der Schutz durch das Drahtnetz wird wegen der Belastung durch das sich ansammelnde herabgestürzte Material immer geringer. Dadurch ergibt sich die Notwendigkeit von periodisch wiederkehrenden Unterhaltungsarbeiten.

5. Klima

Von den klimatischen Einflüssen interessieren für ingenieurgeologische Fragen hauptsächlich die Niederschläge, außerdem die Windrichtung und die Frostperioden. Rutschungen finden im Saar-Nahe-Gebiet in den Monaten Dezember bis Februar statt. In dieser Zeit sind die Frosttage am häufigsten und werden auch immer wieder von Tauperioden unterbrochen. Abb. 6 zeigt die langjährigen Monatsmittel der Niederschläge von 1931 bis 1960. Daneben ist die Verteilung der Rutschungen aufgetragen, die im Dezember, Januar und Februar sowie im Mai ein Maximum zeigen. Die Rutschungen in den Wintermonaten sind hauptsächlich durch erhöhte Niederschläge bedingt. In den Sommermonaten erreichen die Niederschläge zwar ihr Maximum, jedoch sind die Rutschungen seltener. Dafür gibt es folgende Gründe: Im Sommer liegt der Grundwasserspiegel niedriger, da das starke Pflanzenwachstum dem Boden viel Wasser entzieht. Die hohe Verdunstung trocknet die oberflächennahen Deckschichten aus und die im Vergleich zum Winter höhere Regendichte bedingt einen vermehrten Oberflächenabfluß, so daß ein geringerer Anteil der Niederschläge in tiefere Bodenschichten gelangt. Die Bedingungen in den Wintermonaten sind dem entgegengesetzt und begünstigen deshalb Rutschungen. Die Mehrzahl der rutschungshöffigen Gebiete ist zu den regenbringenden Hauptwindrichtungen hin exponiert.

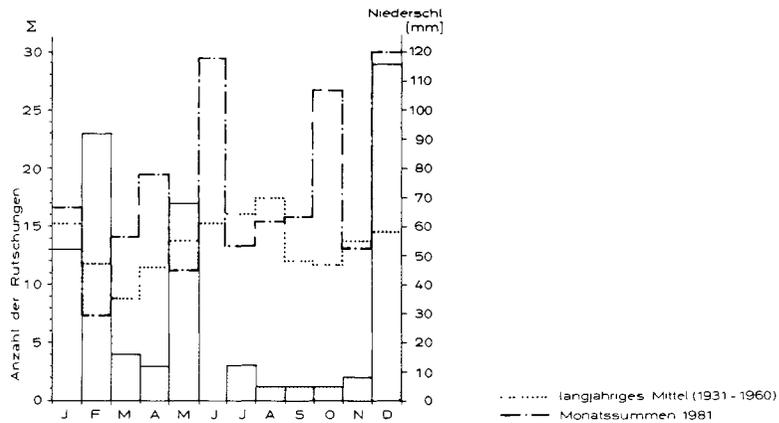


Abb. 6: Jahresverteilung der Rutschungen im Saar-Nahe-Gebiet, langjähriges Mittel (1931-1960) der Monatsniederschläge, Station Lauterecken (158 m NN), und Monatssummen der Niederschläge im Jahre 1981

6. Spezielle Ergebnisse der Stabilitätsanalyse

Wegen der Gravitation besteht in jedem Hang bzw. an jeder Böschung eine Tendenz zu talwärts gerichteten Massenverlagerungen. Dabei sei dahingestellt, wie schnell und bis in welche Tiefen diese Bewegungen stattfinden. Grundsätzlich verfügen daher viele Hänge, unabhängig von ihrer Oberflächenneigung, über geringe Stabilitätsreserven bzw. befinden sich im Grenzgleichgewicht. LEOPOLD MÜLLER hat das Kräftespiel in einer Böschung so dargestellt, daß „jede Böschung eine Rutschung sei, die noch nicht abgegangen ist“ (FUERLINGER 1973).

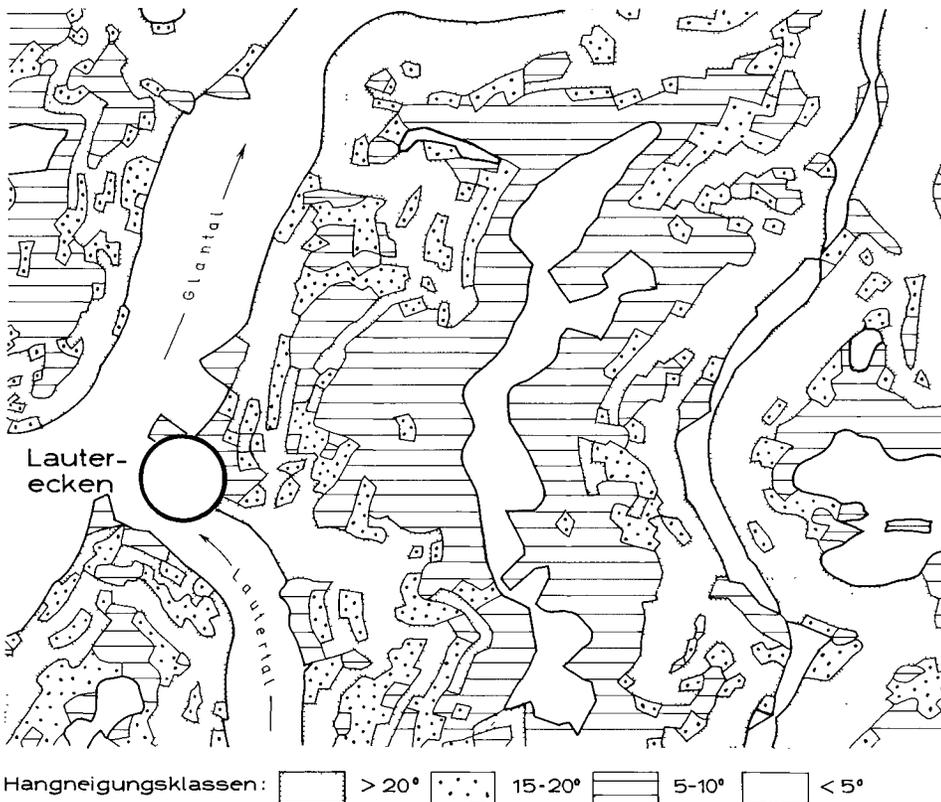


Abb. 7: Ausschnitt aus der Hangneigungskarte von Blatt Lauterecken.

In der Stabilitätskarte (Abb. 10) sind die Teilgebiete, die sich bewegt haben oder sich bewegen sowie solche, die besonders gefährdet sind bzw. bereits ein stärkeres Kriechen zeigen, in zwei Kategorien eingeteilt. Zur Darstellung der gefährdeten Gebiete durch mögliche Hangbewegungen wurde eine Hangneigungskarte angefertigt (Abb. 7), aus der die lokalen Gefahrenlagen durch Vergleich mit den angegebenen Hangneigungen abgeschätzt werden können. Diese Hangneigungskarte weist vier Hangneigungsklassen aus (Abb. 8), die in ihrer Auswahl den Verhältnissen des nordpfälzischen Berglandes angepaßt wurden.

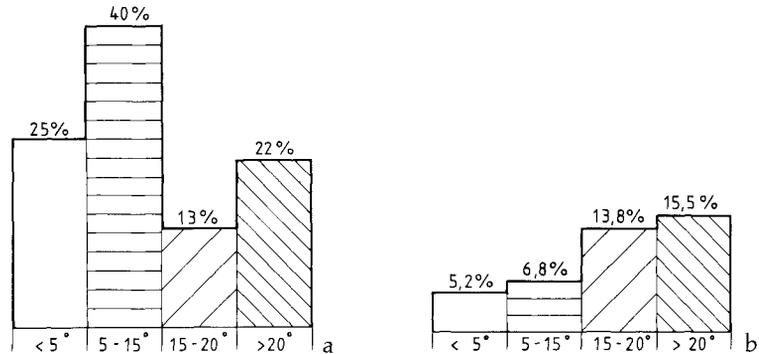


Abb. 8 a: Histogramm der Flächenverteilung der Hangneigungen im Modellgebiet Lauterecken. b: Anteil der Flächenverteilung der Hangneigungen der Instabilitätsbereiche an der Gesamtflächenverteilung der Hangneigungen.

Die Anteile der Flächenverteilung der Hangneigungen der Instabilitätsbereiche an der Gesamtflächenverteilung der Hangneigungen lassen sich so interpretieren, daß bei Hangneigungen über 15° die Rutschgefahr stark anwächst. Hangneigungen mit gleichsinnigem Schichteinfallen sind außerdem besonders gefährdet. Im untersuchten Bereich finden und fanden großflächige Bewegungen bei mehr als 7° Hangneigung statt. Die Oberflächenanteile der verschiedenen Schichten sind den Flächen der Rutsch- und Gefahrenbereiche in Relation gesetzt. So konnte ermittelt werden, welche Schichten meistens rutschgefährdet sind (Tab. 2).

Tab. 2: Flächenanteile von Risikogebieten in Bezug zu den stratigraphischen Einheiten.

Schicht	Anteil der Einheiten an der Gesamtfläche des Modellgebietes [%]	Anteil der gefährdeten Gebiete an der Einheit [%]
Ablagerungen der Talaue	14,66	10,10
Gehängelehm	5,44	15,20
Hangschutt	0,32	4,20
Terrassen	0,36	0,18
Freisen-Schichten	1,68	1,24
Thallichtenberg-Schichten	3,26	0,12
Oberkirchen-Schichten	0,80	0,35
Disibodenberg-Schichten	3,10	0,27
Odernheim-Schichten	3,29	6,00
Jeckenbach-Schichten	15,48	14,16
Lauterecken-Schichten	30,85	10,60
Quirnbach-Schichten	9,39	14,90
Wahnweg-Schichten	1,94	0,85
Heusweiler-Schichten	0,22	1,20
Vulkanite	2,87	5,99

Die Gebiete mit holozänen Ablagerungen sowie Bereiche, wo Quirnbach-, Jeckenbach- und Lauterecken-Schichten anstehen, sind die gefährdetsten Areale.

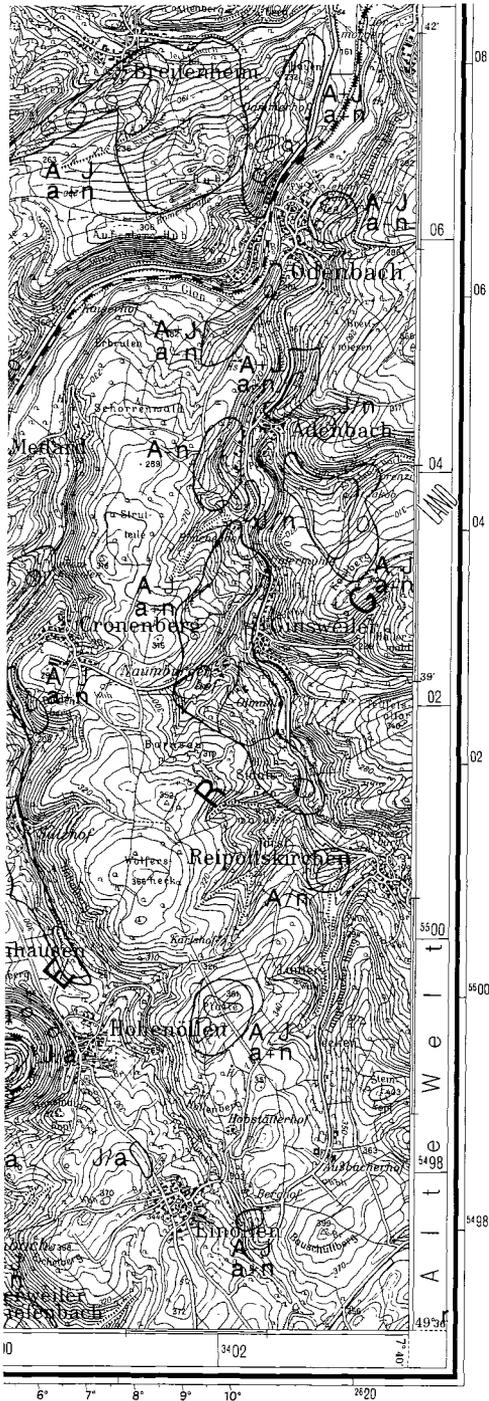
Im Unterrotliegenden, das ca. 68% des Gebietes einnimmt, befinden sich ca. 47% der gefährdeten Gebiete, im Oberrotliegenden mit einem Flächenanteil von ca. 6% liegen 7% der Gefahrenbereiche. Das Holozän bedeckt 10% des Meßtischblattes; darauf entfallen 25% der bedrohten Bereiche. Bei 40% der instabilen Bereiche wurden Teilsanierungen vorgenommen.

Insgesamt sind ca. 10% der Fläche des Meßtischblattes Lauterecken gefährdet. Davon unterliegen ca. 8% einer potentiellen Gefährdung, d. h. es findet zumindest ein Kriechen statt. 2,6% des bearbeiteten Areals waren bzw. sind von Massenbewegungen beeinflusst. Bei einem Vergleich des gesamten Saar-Nahe-Gebietes mit diesen Werten können nach Extrapolation 10% (= rund 210 km²) als rutschgefährdet angesehen werden.



Abb. 9: Steilwandausschnitt bei Lauterecken; Wechsellagerung von Ton-, Schluff- und Sandsteinen.





-  Gebiete mit nachgewiesener Massenbewegung (fein umrandet)
-  gefährdete Gebiete (dicker umrandet)
- A alte Rutschungen
- J junge Rutschungen
- n natürlich bedingte Rutschungen
- a anthropogen bedingte Rutschungen

Abb. 10: Hangstabilitätskarte für das Gebiet um Lauterecken/Pfalz. Topographische Grundlage: Blatt L 6310 Kirn, veröffentlicht mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Rheinland-Pfalz.

In Abhängigkeit vom geologischen Aufbau gehen von Steilwänden Gefahren unterschiedlicher Art aus. Die meisten kompakten, verwitterungsresistenten, aus Vulkaniten bestehenden Steilwände aus dem Oberrotliegenden sind standfester als Wechsellagerungen aus Ton- und Schluffsteinen und Sandsteinen (Abb. 9). Durch das Verwittern der Ton- und Schluffsteine kommt es zur Bildung von Überhängen in den Sandsteinen. Ist dieser Vorgang weit genug fortgeschritten, bilden sich Nachbrüche. Derartige Steilwände sind in ständiger Veränderung begriffen. Reine Ton- und Schluffsteinsteilwände zeigen ein permanentes Bröckeln oder Rieseln im Gegensatz zu Böschungen aus Vulkaniten, wo nur kompaktere Gesteinsstücke oder größere Kluffkörper herabfallen.

Die häufigste Bewegungsart ist das Gleiten. Es tritt überwiegend in solchem Fest- bzw. Lockergestein auf, das Ton- und Schluffsteine enthält. Die Abrisse der Rutschungen bilden sich meist entlang den Längs- und Querklüften aus. Im Lockergestein gleichen sich die Geländestufen durch Nachbrüche rasch dem übrigen Gelände an. Nur die Wölbungen und Ausbeulungen der Akkumulationsgebiete bleiben länger erhalten.

Kriechvorgänge (im Sinne eines Geschwindigkeitsbegriffes) treten an gefährdeten Böschungen und Hängen stets zusammen mit Gleitbewegungen auf. Es erscheint rückblickend fraglich, ob der Begriff „Kriechen“ NEMČOKS für die untersuchten Massenbewegungen überhaupt als eigene Kategorie neben Gleitvorgängen aufrechterhalten werden kann. Nach einem Hangrutsch ist das Gleichgewicht der Kräfte nachhaltig gestört. Die Lastverlagerung hangabwärts und die Ausbildung der Abtragungsgebiete beeinflussen auch das Umfeld der Rutschung und verursachen neue Bewegungen, die zu lateraler oder hangseitiger Ausdehnung der Rutschgebiete führen.

7. Der Einfluß von Vegetation und Begrünungsmaßnahmen

Aufgrund der gemachten Erfahrungen ist anzunehmen, daß von der Vegetation ein stabilisierender Einfluß auf die Standsicherheit der Böschungen und Hänge ausgeht. Die Größenordnung dieses Einflusses ist nach dem bisherigen Kenntnisstand nicht in Zahlen erfaßbar und in der Literatur bisher nur andeutungsweise beschrieben.

Bei Rutschungen im Fels und generell bei Gleitflächentiefen > 3 m dürfte die mechanische Stabilisierungswirkung des Wurzelwerks vernachlässigbar gering sein. Die durchgeführten Begrünungen bei neuen Hanganschnitten, insbesondere beim Straßenbau, versprechen bei einem Untergrund aus Festgestein keine Verbesserung der Standsicherheit, bei Lockergesteinen aus mineralischen Rohböden kurz- und mittelfristig keine entscheidende Stabilisierung, da eine intensive Durchwurzelung im nährstoffarmen Bereich nicht stattfindet.

8. Erläuterungen zur Stabilitätskarte (Abb. 10)

Die Stabilitätskarte wurde ursprünglich im Maßstab 1:25 000 erstellt (FEIN 1982) und für diese Veröffentlichung auf den Maßstab 1:50 000 verkleinert. Die Karte stellt – entsprechend den Arbeiten von KRAUTER & STEINGÖTTER (1983) – den Versuch dar, für den Bereich des Bauwesens und der Bauleitplanung, sowie der Wahl von Trassen für Verkehrswege oder Energieträger (Gas-, Ölleitungen, Überlandkabel) eine geotechnische Beurteilungsgrundlage zur Verfügung zu stellen. Es wird angestrebt, für das gesamte Saar-Nahe-Gebiet im Laufe der nächsten Jahre ähnliche Stabilitätskarten herauszugeben.

KRAUTER & STEINGÖTTER (1983) konnten aufgrund der zahlreichen Rutschungen im Winter 1981/82 nachweisen, daß die Treffsicherheit der Prognose bezüglich gefährdeter Gebiete bei 98,5% lag. Eine ähnlich hohe Zuverlässigkeit wird auch für die vorgelegte Karte er-

wartet, obgleich wegen der verschiedenen geologischen Voraussetzungen das erwähnte Großereignis im Saar-Nahe-Gebiet nicht zu Massenbewegungen in dem Umfang geführt hat, daß damit eine statistische Zuordnung möglich wäre.

Für die Klassifizierung der Stabilitätsbereiche an Hängen und Böschungen wurden ähnliche Kriterien herangezogen, wie sie auch von KRAUTER & STEINGÖTTER (1983) in der Stabilitätskarte des linksrheinischen Mainzer Beckens vorgestellt wurden. Danach sind „junge“ Rutschungen solche, bei denen die charakteristische morphologische Form noch deutlich erkennbar und das Ereignis in der Regel historisch belegbar ist (Abb. II).



Abb. II: Typische Morphologie in einem jungen Rutschgebiet bei Obermoschel (untere Bildhälfte).

Bei „alten“ Rutschungen ist die ursprüngliche Rutschmorphologie bereits stark überprägt und nur noch teilweise identifizierbar. Es wird außerdem unterschieden zwischen „anthropogen“ verursachten, also durch Straßenbau, Eisenbahnbau, Anlage von Deponien oder sonstige künstliche Eingriffe entstandenen Rutschungen und solchen, die „natürlich“, also ohne Einwirkung des Menschen aufgetreten sind. Die flächenhafte Darstellung unterscheidet ferner nachgewiesene, „aktive“ Rutschgebiete und solche Bereiche, die aufgrund ihrer geologisch-morphologischen Voraussetzungen für Massenbewegungen prädestiniert erscheinen.

Schriften

- ATZBACH, O. (1965): Gutachten über die geologischen Verhältnisse im Bereich der geplanten Umgehungsstraße B 270 Lauterecken-Heinzenhausen. – Archiv des Geologischen Landesamtes Rheinland-Pfalz, Mainz. – [unveröffentl.]
- (1976): Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1: 25 000. Erläuterungen zu Blatt 6311 Lauterecken, 114 S., 12 Abb., 11 Tab., Mainz.
- BOY, J. A. & FICHTER, J. (1982): Zur Stratigraphie des saarpfälzischen Rotliegenden (? Oberkarbon – Unter-Perm; SW-Deutschland). – Z. deutsch. geol. Ges., **133**, S. 607–642, 7 Abb., Hannover.
- FEIN, W. (1982): Ingenieurgeologische Untersuchung der Massenbewegungen an Hängen in der Nordpfalz (Meßtischblatt Lauterecken). Dipl.-Arbeit, 90 S., 33 Abb., 3 Ktn., Mainz. – [unveröffentl.]
- FUERLINGER, W. L. (1973): Böschungsverhalten in zweischarig geklüftetem Material. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., S. 233–243, Wien.
- HANEKE, J. & GÄDE, C.-W. & LORENZ, V. (1979): Zur stratigraphischen Stellung der rhyolitischen Tuffe im Oberrotliegenden des Saar-Nahe-Gebietes und der Urangehalt des Kohlen-Tuff-Horizontes an der Kornkiste bei Schallodenbach/Pfalz. – Z. deutsch. geol. Ges., **130**, S. 535–560, 9 Abb., 3 Tab., Hannover.
- KRAUTER, E. (1979): Gutachten über B 270, Umgehung Lauterecken, Rutschung im ehemaligen Sportplatzbereich TK 25 Bl. 6311 Lauterecken. Archiv des Geologischen Landesamtes Rheinland-Pfalz, Mainz. – [unveröffentl.]
- (1980a): Stellungnahme über B 270, Felsrutschung im Einschnittsbereich „Auf Dumpf“ Bau km 2,000–2,400. Archiv des Geologischen Landesamtes Rheinland-Pfalz, Mainz. – [unveröffentl.]
- (1980b): Stellungnahme über B 270 Umgehung Lauterecken. Archiv des Geologischen Landesamtes Rheinland-Pfalz, Mainz. – [unveröffentl.]
- KRAUTER, E. & STEINGÖTTER, K. (1983): Die Hangstabilitätskarte des linksrheinischen Mainzer Beckens. – Geol. Jb., **C 34**, S. 3–31, 12 Abb., 5 Taf., 1 Karte, Hannover.
- NEMČOK, A. & PAŠEK, J. & RYBÁŘ, J. (1972): Classification of Landslides and Other Mass Movements. – Rocks Mechanics, **4**, S. 71–78, 4 Abb., Wien, New York.
- PACHER, F. (1958): Kennziffern des Flächengefüges. – Geol. u. Bauwesen, **24**, S. 223–227, Wien.
- RAST, U. & SCHÄFER, A. (1978): Deltaschüttungen in Seen des höheren Unterrotliegenden im Saar-Nahe-Becken. – Mainzer geowiss. Mitt., **6**, S. 121–159, 24 Abb., Mainz.

Anschriften der Autoren: Dipl.-Geol. WOLFGANG FEIN, Institut für Geowissenschaften, Postfach 3980, D-6500 Mainz.

Dipl.-Geol. Dr. FRIEDRICH HÄFNER, Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Postfach 2045, D-6500 Mainz.

Manuskript eingegangen am 29. 2. 1984