

Zeitschrift: Tätigkeitsbericht der Naturforschenden Gesellschaft Baselland
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Baselland
Band: 19 (1950-1952)

Artikel: Die Rutschung am Südwestabhang des Wartenbergs
Autor: Schmassmann, Hansjörg
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-676461>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Rutschung am Südwestabhang des Wartenbergs

von HANS JÖRG SCHMASSMANN

Inhaltsübersicht

	Seite
I. Einleitung	29
A. Geologie des Wartenbergs	31
B. Tektonik (Gebirgsbau) und Stratigraphie (Schichtenfolge)	31
C. Schuttbedeckung	44
D. Hydrologie	47
II. Die Rutschung am Südwestabhang des Wartenbergs	49
A. Frühere Rutschungen und beginnende Bewegungen der Rutschung von anfangs April 1952	49
B. Gliederung und Grösse des Rutschgebietes	56
C. Beschreibung der Rutschelemente	67
D. Die Wasseraustritte innerhalb und ausserhalb des Rutschgebietes	95
E. Der Ablauf der Gesamtbewegung	97
III. Frühere Rutschungen im Kanton Baselland und in angrenzenden Jura- gebieten	98
A. Übersicht der Ereignisse	98
B. Rutschhäufigkeit und Niederschläge	102
IV. Die Ursachen der Rutschung am Südwestabhang des Wartenbergs	106
A. Allgemeines	106
B. Die geologischen Voraussetzungen	108
C. Wasser als auslösender Faktor	110
D. Künstliche Änderungen der Stabilitätsverhältnisse	116
E. Bewertung der einzelnen Vorgänge und Ereignisse	125

Einleitung

Vom 7. bis 9. April 1952 ereignete sich am Südwestabhang des Wartenbergs (Abb. 1), Gemeinde Muttenz (Kanton Basel-Landschaft), eine ausgedehnte Rutschung. Das Ereignis zerstörte das zur Hauptsache mit Reben bepflanzte Kulturland in weitgehendem Masse. Die durch das Gebiet führenden Gemeindestrassen wurden teilweise verschoben, teilweise verschüttet. Ein auf der sich bewegenden Erdmasse stehendes Doppelwohnhaus sowie ein Gartenhaus stürzten ein. Ein altes Bannwarthaus und ein militärischer Bunker wurden schief gestellt. Ein vor der sich bewegenden Rutschmasse gelegenes Bauernhaus war bedroht und musste geräumt werden. Der an Kulturland und Kulturen entstandene Schaden wurde durch die Schätzer der kantonalen Ge-



Abbildung 1. **Ansicht des Wartenbergs von Süden** mit Rutschgebiet des Südwest-abhangs. Flugaufnahme: Foto HOFFMANN, Basel, 9. April 1952.

bäudeversicherungsanstalt mit Fr. 84 583.— ermittelte. Die Versicherungssumme des Doppelwohnhauses, des Gartenhauses und des Bannwarthauses betrug insgesamt Fr. 68 020.—.

Der Gemeinderat Muttenz hatte den Schreibenden am 8. April 1952 beauftragt, ihn während der Dauer der Rutschungen hinsichtlich der zu treffenden Massnahmen zu beraten. In der Folge erklärte sich der Staat Basel-Landschaft bereit, an der Abklärung der Ursachen der Rutschung und den zur Sanierung des Rutschgebietes zu treffenden Massnahmen mitzuwirken. Um die notwendigen Grundlagen für die Beurteilung der Sanierungsvorschläge bereitzustellen, erhielt der unterzeichnete Experte den Auftrag, eine geologische Begutachtung der Rutschung durchzuführen. Soweit die Ergebnisse dieser Untersuchungen ein mehr als lokales Interesse beanspruchen können, werden sie in der vorliegenden Publikation veröffentlicht.

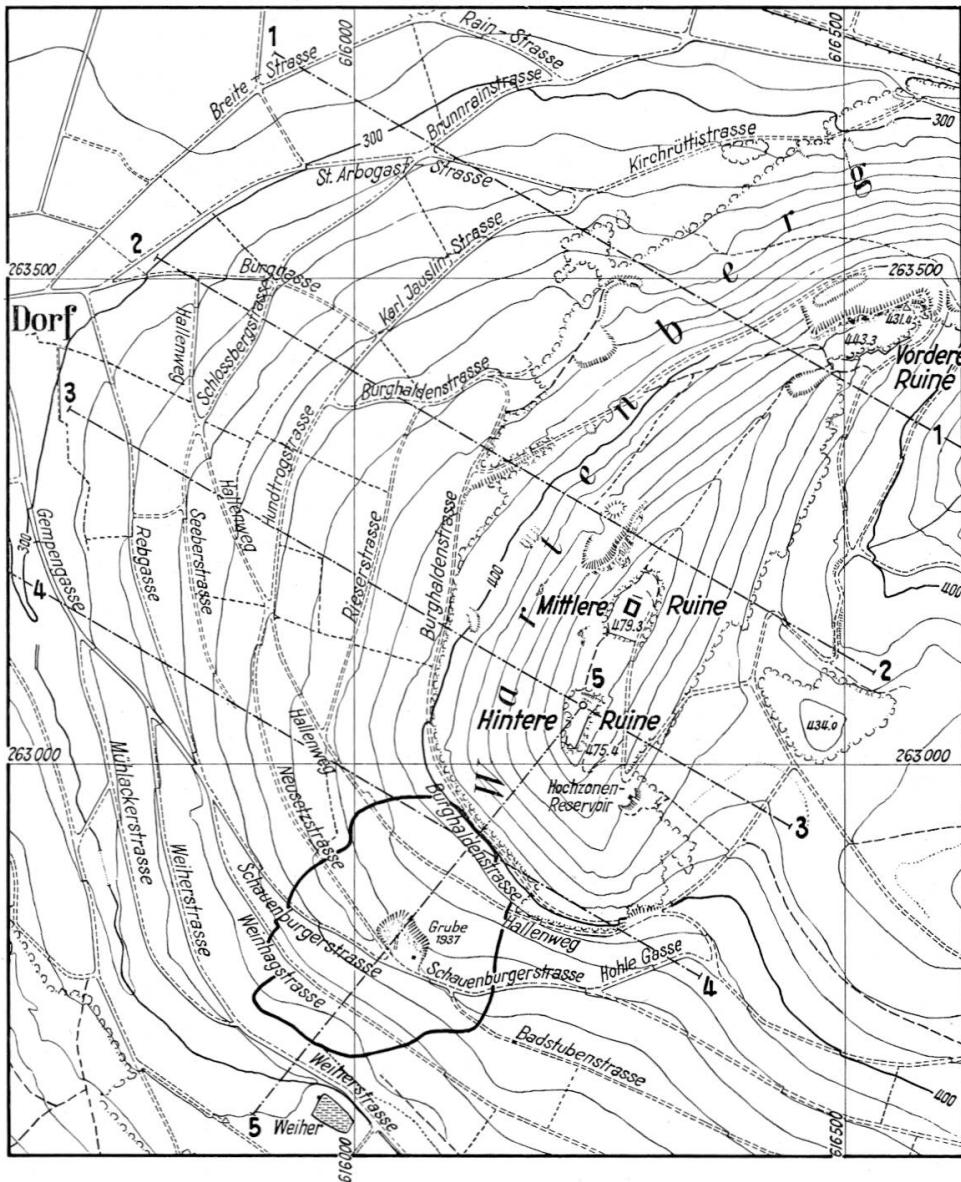


Abbildung 2: Situation des Rutschgebietes 1: 10 000

— Begrenzung des Rutschgebietes
— · — Situation der geologischen Profile (Abb. 4)
Isohypsen: Äquidistanz 10 m

I. Geologie des Wartenbergs

A. Tektonik (Gebirgsbau) und Stratigraphie (Schichtenfolge)

1. Allgemeines

In der geologischen Literatur sind schon verschiedentlich Profile durch den Wartenberg publiziert worden, nämlich von VERLOOP (1909), STRÜBIN (1914), GUTZWILLER und GREPPIN (1915) und BUXTORF (1928).

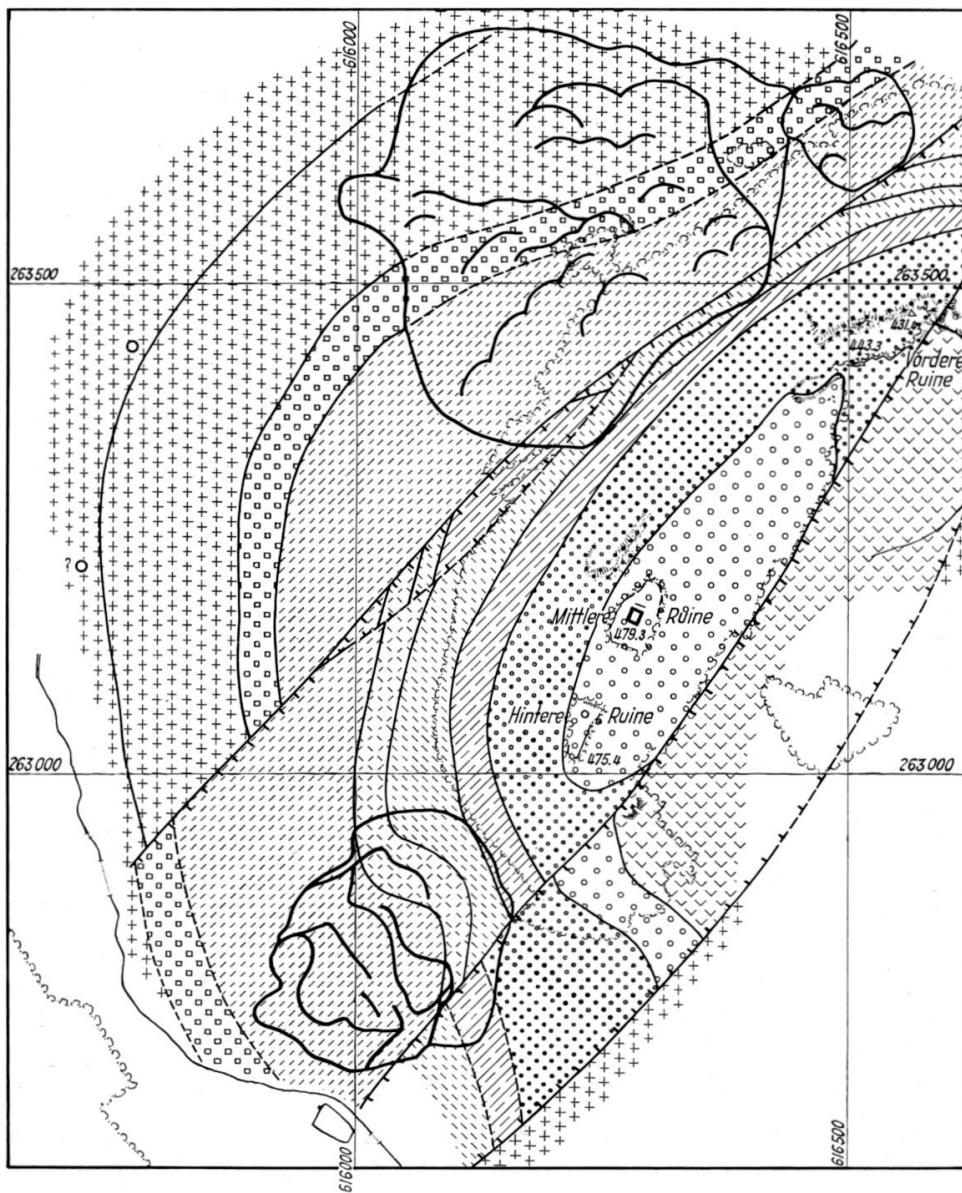


Abbildung 3. Geologische Karte des Wartenbergs 1:10000
Felsuntergrund (anstehend oder durch Gehängeschutt verdeckt)

Callovien und Oxfordien		
Varians-Schichten		
Mövelier-Schichten und Großer Oolith	10 m	
Oberer Hauptragenstein s. str.	22 m	35 m
Homogenmergel	3 m	
Unterer und mittlerer Hauptragenstein	65 m	
Blagdeni-Schichten	10 m	
Sauzei- & Humphriesi-Schichten	15 m	25 m
Sowerbyi-Schichten	25 m	
Murchisonae-Schichten	15 m	
Opalinustone	100 m	
Lias		
Obere bunte Mergel und Rhät	20 m	
Hauptsteinmergel	30 m	
Schiffsandsteingruppe	5 m	55 m
20 m		
Gipskeuper		

Verwerfungen



Einsturztrichter im Gipskeuper-Gebiet

Auf allen diesen Profilen wie auch auf der Karte von GUTZWILLER und GREPPIN (1915) findet sich die grosse östlich des Wartenbergs in süd-südwest-nordnordöstlicher Richtung verlaufende und als Wartenberg-Verwerfung bezeichnete grosse Störung eingezeichnet. Seit der Publikation von STRÜBIN (1914) wird auf den Profilen und Karten auch die westlich der Hauptstörung und ungefähr parallel zu dieser am Ost-abhang des Wartenbergs verlaufende kleinere Verwerfung dargestellt. Die beiden genannten Verwerfungen bilden einen kleinen Graben.

Auf der Karte von GUTZWILLER und GREPPIN sind der im Bereiche des kleinen Grabens den Untergrund bildende obere Dogger (und Oxfordien), der Hauptrogenstein der Wartenberg-Kuppe sowie vereinzelte Unterdogger-Aufschlüsse im bewaldeten Westabhang des Wartenbergs eingezeichnet. Ausser zwei kleinen Flächen von Lias und *Opalinus*-Ton ist dagegen der ganze nichtbewaldete Westabhang des Wartenbergs mit der Gehängeschutt-Signatur versehen.

Während des vergangenen Jahrzehnts hatte ich nun verschiedentlich Gelegenheit, in Baugruben und Sondiergräben den unter der Gehängeschuttdecke anstehenden Felsuntergrund zu beobachten. Auch durch die Rutschung von 1952 ist der anstehende Felsuntergrund an einzelnen Stellen der Beobachtung zugänglich geworden. Durch diese Feststellungen wurde es möglich, eine detailliertere Darstellung des Gebirgsbaus zu geben. Doch fehlen auch heute noch an manchen Stellen mangels beobachteter Aufschlüsse oder wegen zu grosser Gehängeschuttsbedeckung die für die restlose Abklärung des Gebirgsbaus notwendigen Anhaltspunkte.

Auf Grund der neuen Beobachtungen wurde auf Abb. 3 versucht, eine Karte des anstehenden Felsuntergrundes zu entwerfen. Aus dieser abgedeckten geologischen Karte und den Profilen (Abb. 4) sind von Westen nach Osten im einzelnen die nachfolgend besprochenen tektonischen Elemente zu erkennen.

2. Die tektonischen Elemente des Wartenbergs

a) Die Scholle von Muttenz

Zur Scholle von Muttenz gehört das Gebiet am nördlichen Teil des Wartenberg-Westabhangs. Sowohl nach den sich auf die Schichtentmächtigkeiten stützenden Profilkonstruktionen als auch nach den im Lias beobachteten Aufschlüssen liegen die Schichten verhältnismässig flach und fallen im Mittel etwa $5-10^{\circ}$ gegen Osten ein.

Am Fusse des Abhangs wird der Untergrund durch den Gipskeuper gebildet. Dessen Vorkommen ist unter anderem durch den seinerzeitigen Erdfall an der Burggasse (Koord. 615.770/263.435) belegt. Die Geländegestalt eines Grundstückes an der Gempengasse (Koord. 615.720/263.210) lässt es als möglich erscheinen, dass auch dort einmal eine entsprechende Dolinenbildung stattfand. Da der Gipskeuper nach neueren Untersuchungen mit gegen 100 m eine viel grössere Mächtigkeit besitzt, als früher angenommen wurde, sind am Fusse des Wartenbergs nur gerade noch seine obersten Teile vorhanden.

Die hangenden Keuper-Schichten finden sich am Wartenberg nirgends gut aufgeschlossen. Nach den Verhältnissen in der Umgebung von Muttenz sind sie von unten nach oben in etwa 20 m Mergel und Sandsteine (mit Kohlenflözchen) der Schilfsandsteingruppe und der Unteren bunten Mergel, in etwa 5 m Dolomite der Hauptsteinmergel, in etwa 30 m Obere bunten Mergel und in etwa 1 m Rhätsandstein gegliedert. Dürftige Aufschlüsse der bunten Mergel waren in einem Kanalisationstraben in der Burggasse (Koord. 615.940/263.490) sowie in einer Baugrube zwischen Seeber- und Neusetzstrasse (Koord. 615.890/263.070) vorübergehend sichtbar.*)

Am letzteren Orte waren auch harte graue Kalke des unteren Lias aufgeschlossen. Weiter nördlich ist der mittlere Lias aus einer Baugrube zwischen Hundtrogstrasse und Hallenweg (Koord. 615.910/263.210) belegt. Der Aufschluss zeigte graue bis braungraue Mergel mit zum Teil durchgehenden, zum Teil als vorwiegend eckige Knauer eingelagerten Bänkchen von Mergelkalk und mit vielen Belemniten. Entsprechende Schichten wurden im Aushub eines Neubaues an der Ecke Burggasse/Hundtrogstrasse (Koord. 616.010/263.440) festgestellt. An diesem Orte und nördlich anschliessend wird auch auf der Karte von GUTZWILLER und GREPPIN (1915) mittlerer Lias angegeben. Die Grenze zwischen dem oberen Lias und den *Opalinus*-Tonen fand sich in einem Sondiergraben in der Hundtrogstrasse (Koord. 615.925/263.235)¹⁾.

*) Während der Drucklegung war durch eine Baugrube an der Brunnrainstrasse (Koord. 616.010/263.560) ein weiterer Aufschluss entstanden, bei welchem sich unter 2 m Gehängeschutt rote, graue und violettliche Mergel fanden.

¹⁾ Unter 95 cm Schutt und 80 cm grauen Mergeltonen (*Opalinus*-Tone) wurde von oben nach unten folgendes Profil festgestellt:

50 cm Mergel (oben gelb, gegen unten grau) mit Kalknauern, Belemniten und einem schlecht erhaltenen Ammoniten (cf. *Lytoceras jurensis*)

5 cm feingeschichteter harter grauer Kalk, darunter dünne rostigrote Zwischenlage
7 cm rötlichgelbe Mergel mit vielen Belemniten, darunter (Grabensohle) wieder grauer Kalk

Der unmittelbar unterhalb der Hundtrogstrasse vorhandene Lias ist auch als Geländekante erkennbar, die sich gegen Norden noch bis etwa 60 m jenseits der Burggasse fortsetzt. Die weitere Fortsetzung ist durch die grossen alten Rutschungen am Wartenberg-Nordwestabhang verdeckt. Der mutmassliche Verlauf des Liasvorkommens unter der Rutschmasse wurde auf Abb. 3 eingezeichnet.

Über die Gesamtstärke des Lias lässt sich kein zuverlässiger Wert beibringen. VERLOOP (1909) gibt die Mächtigkeit des am Rheinufer beim Rothaus aufgeschlossenen Lias mit 50 m an; aber in seinen Profilen sind an jener Stelle wie auch am Wartenberg nur rund 25 m Lias enthalten. STRÜBIN (1901) gibt für das benachbarte Blatt Kaiseraugst rund 30 m, BUXTORF (1901) für Blatt Gelterkinden etwa 20 m und DISLER (1931) für den Bezirk Rheinfelden und die angrenzenden Gebiete 17 m an. Die Profilkonstruktionen ergeben am Westabhang des Wartenbergs eine Mächtigkeit von rund 20 m.

Über dem Lias folgen die *Opalinus-Tone*, welche zwischen Hundtrogstrasse und Rieserstrasse durch einige vorübergehende Aufschlüsse in Baugruben belegt sind (Koord. 616.050/263.350, 615.950/263.310, 615.940/263/100). Wie beim Lias fehlen dagegen infolge der Überdeckung durch die alten Rutschungen weiter nördlich Aufschlüsse der *Opalinus-Tone*. Doch kann kein Zweifel bestehen, dass diese alten Rutschungen zumindest teilweise in und über den *Opalinus-Tonen* niedergegangen sind. Dementsprechend zeichnen auch GUTZWILLER und GREPPIN auf ihrer Karte im Abrissgebiet der nördlichsten Rutschung die – seinerzeit vielleicht noch aufgeschlossenen – *Opalinus-Tone* ein.

b) Die Verwerfung am Westabhang des Wartenbergs

Diese im Mittel etwa N 50° E streichende Verwerfung findet sich in den bisher publizierten Karten und Profilen nicht eingezeichnet.

Die Existenz der Störung ergibt sich unter anderem daraus, dass zwischen den im Graben der neuen Wasserleitung oberhalb der Rieserstrasse (Koord. 616.020/263.060 bis 616.035/263.055) festgestellten oberen *Murchisonae*-Schichten und dem in einer Baugrube unterhalb der Seeberstrasse (Koord. 615.890/263.070) beobachteten unteren Lias im Gelände auf eine Distanz von rund 130 m nur eine Höhendifferenz von etwa 30 m besteht. Da die zwischen unterem Lias und oberen *Murchisonae*-Schichten vorhandene Schichtserie im Normalprofil eine Mächtigkeit von rund 130 m besitzt, lässt sich die gegenseitige Lage der beiden

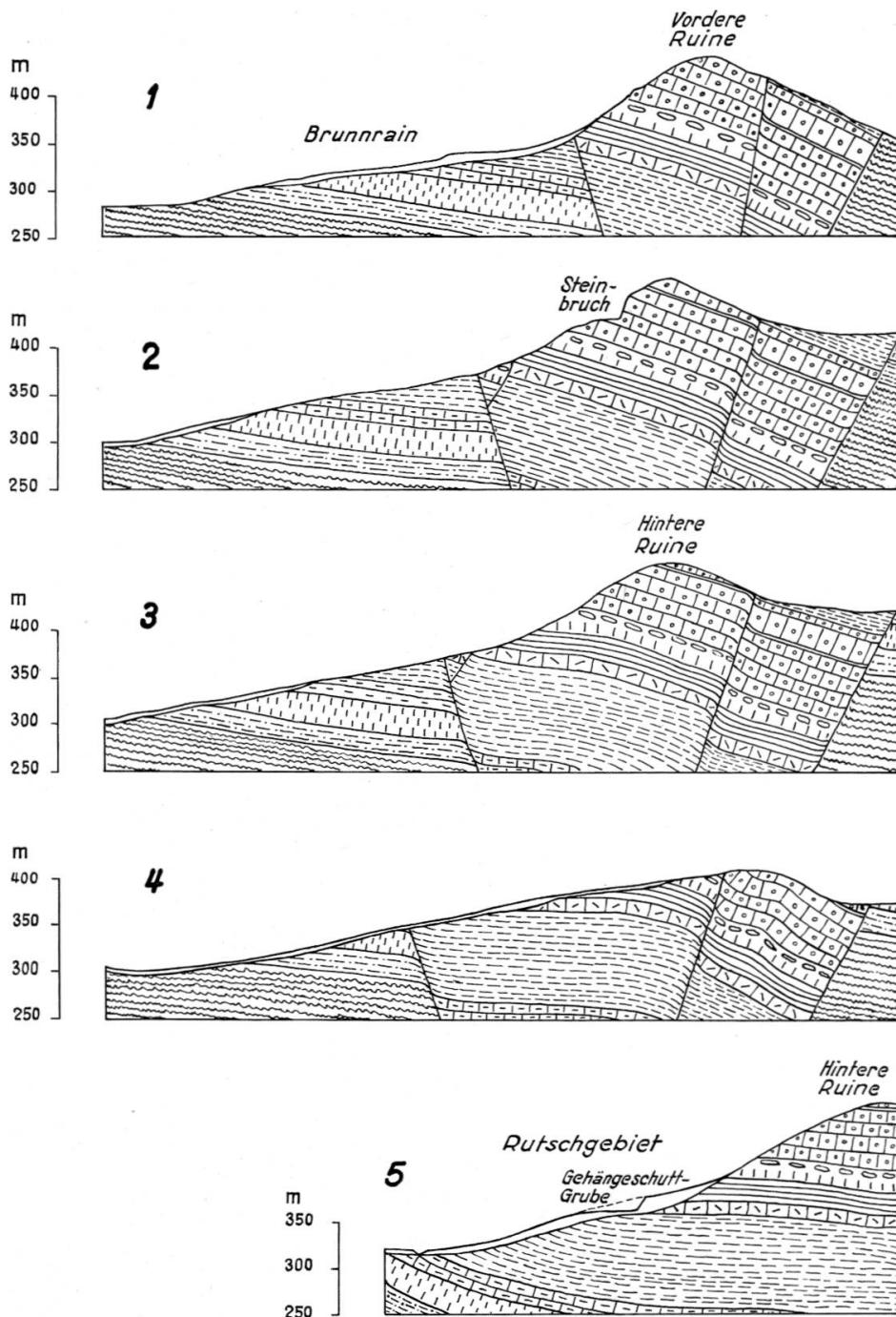


Abbildung 4. Geologische Profile durch den Wartenberg 1:10 000



Horizonte nur durch ein flexurartiges Abbiegen der Schichtplatte gegen Osten oder durch eine Verwerfung erklären.

Für das Vorhandensein einer Störung spricht auch, dass der unterhalb der Seeberstrasse seinerzeit aufgeschlossene untere Lias stark gestört ist und im grossen und ganzen steil gegen Osten einfällt. Dies weist darauf hin, dass wir uns dort in nächster Nähe der Störung befinden.

Schliesslich ist darauf hinzuweisen, dass die im erwähnten Leitungsgraben aufgeschlossenen *Murchisonae*-Schichten eine deutlich ausgeprägte Geländekante bilden, die auf gleicher Höhe noch bis über 100 m westlich dem Hang entlang zieht, dort aber unvermittelt schräg abgeschnitten wird und keine Fortsetzung findet.

c) Der schmale Grabenbruch am Westabhang des Wartenbergs

Bei der Abzweigung der Vorderen Wartenbergstrasse von der Burghaldenstrasse (Koord. 616.125/263.285) findet sich ein Aufschluss der *Humphriesi*-Schichten. Die starke Verwitterung lässt allerdings nicht eindeutig entscheiden, ob die anstehenden oder aber von weiter oben abgesackte Gesteine dieses Horizontes vorliegen. Für das Vorhandensein des anstehenden Untergrundes oder zumindest eines grösseren abgesackten Schichtpaketes spricht der Umstand, dass am Aufschluss ausschliesslich die Gesteine der *Humphriesi*-Schichten mit ihrer typischen Fossilien-Gemeinschaft vorhanden sind*). Nach einer mündlichen Mitteilung von Herrn Prof. L. VONDERSCHMITT war dieser Horizont früher auch weiter nordöstlich im Einschnitt der Vorderen Wartenbergstrasse aufgeschlossen. Ferner finden sich südsüdwestlich des Aufschlusses am bergseitigen Rand der Burghaldenstrasse im Verwitterungsschutt Gesteine der das unmittelbar Liegende der *Humphriesi*-Schichten bildenden *Sauzei*-Schichten.

Alle diese Schichten liegen in bezug auf beide durch die oben erwähnte Verwerfung getrennten grösseren Schollen zu tief. Zur Erklärung ihrer Lage muss deshalb ein schmaler Grabenbruch angenommen werden, der mit der grösseren Verwerfung in Zusammenhang steht. Mangels genügender Aufschlüsse konnte auf der Karte (Abb. 3) und den Profilen (Abb. 4) nur die ungefähre Lage dieses Grabens dargestellt werden.

d) Die Scholle des Wartenbergs

Die tiefsten aufgeschlossenen Schichten der eigentlichen Wartenberg-Scholle gehören den *Opalinus*-Tonen an. Diese aus Tonen und

*) Während der Drucklegung fand ich an dieser Stelle auch einen Ammoniten, den Herr Dr. P. L. MAUBEUGE (Nancy) als *Sphaeroceras gervillei* QUENSTEDT bestimmte.

Mergeln bestehende Schichtenfolge erreicht nach neueren Untersuchungen in der Umgebung von Muttenz eine Mächtigkeit von rund 100 m, während die älteren Autoren, zum Beispiel GUTZWILLER und GREPPIN (1916), eine Gesamtmächtigkeit von nur etwa 50 bis 60 m angeben. Vorübergehende Aufschlüsse der *Opalinus*-Tone sind aus Baugruben (Koord. 615.990/263.140 und 615.970/263.085) sowie aus der untersten Grabenstrecke der neuen Wasserleitung (615.990/263.065) bekannt. Während der Wartenberg-Rutschung kamen die *Opalinus*-Tone am 8. 4. 52 in einem randlichen Spalt an der Neusetzstrasse (Koord. 615.975/262.888) zum Vorschein. In der Nähe davon konnten sie später auch bei Sondiergrabungen festgestellt werden (Abb. 13). Ferner wurden sie nach der Rutschung bei der Wiederaufnahme des Abbaues in der Gehängeschuttgrube freigelegt (Abb. 13).

Die über den *Opalinus*-Tonen folgenden *Murchisonae*-Schichten bestehen aus gut geschichteten Kalken, die im oberen Teil des Schichtenkomplexes spätig und eisenschüssig sind. Sie bilden zwischen Rieser- und Burghaldenstrasse eine Geländekante. Der dort etwa in der Mitte des Grabens der neuen Wasserleitung beobachtete Aufschluss der oberen *Murchisonae*-Schichten wurde bereits bei der Besprechung der die Schollen von Muttenz und des Wartenbergs trennenden Verwerfung erwähnt. Im Untergrund setzt sich das Vorkommen der *Murchisonae*-Schichten unter dem Rutschgebiet fort. Vermutlich in unmittelbarer Nähe der die Wartenberg-Scholle im Osten begrenzenden Verwerfung traten Gesteine der *Murchisonae*-Schichten innerhalb des Rutschgebietes an einer Abriss- und Verschiebungsspalte (Koord. 616.090/262.785) zutage (Abb. 13). Neben bräunlichgelben Mergelkalken sowie rotbraunen, spätigen und eisenschüssigen Kalken kann dort in den letzteren auch eine für die *Murchisonae*-Schichten typische, von Schalenresten der Muschelgattung *Pecten* erfüllte Bank beobachtet werden. Obwohl der Schichtverband etwas gelockert ist, weist doch die noch sichtbare Bankung sowie die einheitlich aus Gesteinen der *Murchisonae*-Schichten gebildete grössere Partie der Abrisswand darauf hin, dass das Vorkommen als Aufschluss des anstehenden Untergrundes betrachtet werden muss.

Der nächst höhere Schichtkomplex wird als *Sowerbyi*-Schichten bezeichnet. Er war vor der Rutschung am Wartenberg nirgends natürlicherweise aufgeschlossen, wie überhaupt Aufschlüsse dieser Schichten im Jura selten sind. Das nächste vollständige Profil wurde durch STRÜBIN (1900 und 1901) vom Ergolzufer bei Itingen beschrieben, wo er eine 19,35 m mächtige, vorwiegend aus Mergeln bestehende und einige Kalkbänke aufweisende Schichtenfolge nachwies. GUTZWILLER und GREPPIN

(1916) erwähnen die *Sowerbyi*-Schichten als blaue bis graue glimmerführende Mergel mit Einlagerung spätinger Kalke und geben eine Mächtigkeit von 20 m an.

Durch die Wartenberg-Rutschung sind nun an deren oberen Abrissrand die *Sowerbyi*-Schichten freigelegt worden. Mangels Fossilien ist eine Abgrenzung gegen die hangenden *Sauzei*-Schichten nur nach lithologischen Merkmalen möglich. Unter den spätingen Kalken der untersten *Sauzei*-Schichten liegt eine Folge grauer und blaugrauer Mergel. Die am Abriss der Rutschung feststellbare Gesamtmächtigkeit beträgt etwa 25 m. Soweit im Aufschluss zu erkennen ist, finden sich hier im Mergel-Komplex keine Kalklagen. Etwa in seinem oberen Drittel ist eine sandige Ausbildung vorhanden, während die Mergel gegen unten stark tonig werden.

Das Vorhandensein der *Sowerbyi*-Tone war auch im Graben der neuen Wasserleitung zwischen Rieser- und Burghaldenstrasse direkt über den eisenschüssigen und spätingen *Murchisonae*-Kalken zu erkennen (Koord. 616.040/263.055). Durch denselben Graben waren die *Sowerbyi*-Tone auch weiter oben, im Wald, angeschnitten worden (Koord. 616.090/263.050 bis 616.105/263.025).

Die *Sauzei*-Schichten sind am oberen Abrissrand der Rutschung, im darüberliegenden Einschnitt der Burghaldenstrasse sowie im Walde bergseits dieser Strasse aufgeschlossen. Vorübergehende Aufschlüsse waren nordwestlich davon durch eine Sondierung (Koord. 616.110/263.040) sowie beim Bau der neuen Wasserleitung (Koord. 616.115/263.010 bis 616.125/262.990) geschaffen worden. Direkt über den Mergeln der *Sowerbyi*-Schichten beobachtet man am Abriss der Rutschung Bänke harter spätinger Kalke von meist rötlichbrauner Farbe. Darüber folgen vorwiegend gelbliche, teils feinspätige Mergelkalke mit Mergellagen. Im Profil des Leitungsgrabens war etwa 3 m unter den eisenschüssigen *Humphriesi*-Schichten eine ebenfalls eisenschüssige, rotbraune Mergellage vorhanden, die auch beim Aufschluss der Burghaldenstrasse sichtbar ist und dort die für sie typischen Stacheln des Seeigels *Rhabdocidaris horrida* führt. Den Übergang der *Sauzei*-Mergelkalke zu den *Humphriesi*-Schichten bildete im Aufschluss des Wasserleitungs-Grabens eine etwa 1 m mächtige Schicht grauer kalkiger Mergel.

Die Mächtigkeit der *Sauzei*-Schichten beträgt in der Umgebung von Liestal etwa 15 m (STRÜBIN 1901), am Wartenberg dagegen nur etwa 10 bis 12 m. Durch den Fazieswechsel scheint zugunsten der lithologisch als *Sowerbyi*-Schichten ausgeschiedenen Ton- und Mergelkomplexe eine Reduktion stattzufinden.

Die als *Humphriesi*-Schichten bezeichneten etwa 3 m mächtigen eisenschüssigen, fossilreichen Mergel und Mergelkalke waren über den *Sauzei*-Schichten beim Bau der neuen Wasserleitung (Koord. 616.125/262.990 bis 616.130/262.985) aufgeschlossen.

Darüber folgen die *Blagdeni*-Schichten. Sie bestehen aus sandigen Mergeln und Mergelkalken, die zum Teil als Knauer eingelagert sind. Anlässlich des Baues der neuen Wasserleitung (Koord. 616.130/262.985 bis 616.165/262.960) waren sie teilweise aufgeschlossen. Im selben Gebiet fanden sie sich schon vorher in drei Sondiergräben (Koord. 616.135/263.060, 616.155/262.950, 616.170/262.935). Ferner sind sie am Burghaldenweg über dem östlichen Rand der Rutschung (Koord. 616.170/262.890) sichtbar. Die Mächtigkeit der *Blagdeni*-Schichten lässt sich am Wartenberg nicht genau ermitteln. Sie beträgt in Münchenstein (GUTZWILLER und GREPPIN 1916) etwa 15 m und in Lörrach (WITTMANN 1949) bis etwa 8 m, während am Wartenberg eine Mächtigkeit von etwa 10 m den tatsächlichen Verhältnissen am ehesten entsprechen dürfte.

Ein Aufschluss der Grenze zwischen den *Blagdeni*-Schichten und dem hangenden Hauptrogenstein ist in einer alten Gehängeschutt-Grube bergseits der Vorderen Wartenberg-Strasse (Koord. 616.285/263.345) vorhanden.

Aus zahlreichen natürlichen und künstlichen Aufschlüssen ist die Lage der verschiedenen Glieder des Hauptrogensteins zu erkennen. Die Gesamtmächtigkeit von unterem und mittlerem Hauptrogenstein (SCHMASSMANN 1945) beträgt etwa 65 m. Die Dachbank des mittleren Hauptrogensteins ist mit der versteinerten Turmschnecke *Nerinea basileensis* erfüllt und hat schon durch BRUCKNER im Jahre 1748 Beachtung gefunden. STRÜBIN (1914) hat verschiedene Stellen des Wartenbergs erwähnt, an denen er die Schicht mit *Nerinea basileensis* fand. Neu konnte ich sie als oberste Bank in einem kleinen Steinbruch an der Wegkehre nördlich des Hochzonenreservoirs (Koord. 616.270/262.995) feststellen.

Die über der Nerineenbank folgenden, aus wechsellagernden grauen Mergeln und mergeligen Kalken bestehenden und etwa 3 m mächtigen Homomyen-Mergel sind im alten Steinbruch südwestlich der vorderen Ruine aufgeschlossen. Nach oben gehen sie in den Oberen Hauptrogenstein (s. str.) über. Diese etwa 25 m mächtige Folge oolithischer Kalke bildet die höchste Kuppe des Wartenbergs und ist zum Beispiel bei der mittleren Ruine aufgeschlossen. Die höheren Glieder des Hauptrogensteins (Movelier-Schichten und Grober Oolith) sind im Bereich der Wartenberg-Scholle abgetragen.

Aus dem Verlauf der Nerineen-Bank ergibt sich im Bereich der Wartenberg-Kuppe ein mittleres Streichen der Schichten von etwa N 20°E und ein mittleres Einfallen gegen Osten von etwa 20°. Eine entsprechende Schichtenlagerung zeigt auch der über der Rutschung gelegene Aufschluss an der Burghaldenstrasse (zum Beispiel mittlere Sauzei-Schichten zirka N 25°E 15–20°S). In der Nähe der östlichen Randverwerfung der Scholle dürfte das Einfallen im allgemeinen etwas steiler und die Streichrichtung lokalen Wechseln unterworfen sein. Ein allgemeines Aufbiegen der Schichten (sog. Adlerhof-Antiklinale) muss jedenfalls gegen das Tal im Gebiete Weiher angenommen werden (vgl. Profil 5), ist aber wegen starker Schuttbedeckung der direkten Beobachtung nicht zugänglich. Jenseits des Bächleins findet sich bereits der Keuper (zum Beispiel Baugrube bei Koord. 615.720/262.800).

e) Die Verwerfung am Ostabhang des Wartenbergs

Am Waldweg nordöstlich der vorderen Ruine ist die Verwerfung dadurch festgelegt, dass auf ungefähr gleicher Höhe westlich eines kleinen Tälchens der untere Hauptrogenstein und östlich desselben (Koord. 616.610/263.475) der obere Hauptrogenstein mit Grobem Oolith den anstehenden Untergrund bildet. An jener Stelle hatten bereits GUTZWILLER und GREPPIN (1915) die Verwerfung durchgezogen. Gegen Südsüdwesten zu zeichneten sie diese Autoren noch bis zu einem Punkt südwestlich des Hofes Hinterwartenberg ein.

Neue Beobachtungen haben indessen gezeigt, dass die Störung noch weiter nach Südsüdwesten verläuft. So liegt am Waldweg zur mittleren Ruine der erwähnte Aufschluss in der Nerineenbank und den obersten Bänken des mittleren Hauptrogensteins (Koord. 616.270/262.995). Unweit südöstlich davon finden sich unter anderem im wiederangeschütteten Aushubmaterial des Hochzonenreservoirs (Koord. 616.280/262.965) und im benachbarten Teilstück des neuen Wasserleitungsgrabens die *Varians*-Schichten. Die Sprunghöhe der Verwerfung beträgt also hier mindestens 35 m.

Nach der Lage der nordöstlich der vorderen Ruine und der beim Hochzonenreservoir erwähnten Aufschlüsse verläuft die Verwerfung dazwischen grösstenteils in der Nähe des Waldrandes. Der westlich der Störung den Untergrund bildende Hauptrogenstein bildet typischen Waldboden, während sich das Gebiet der mergeligen *Varians*-Schichten östlich der Störung als landwirtschaftliches Kulturland eignet.

Im Bereiche der am Südwestabhang des Wartenbergs verlaufenden neuen Wasserleitung nimmt die Störungszone eine Breite von etwa 35 m ein (Koord. 616.235/262.900 bis 616.210/262.920). Der anstehende Untergrund besteht hier aus tektonisch gestörtem Hauptrogenstein. In diesem waren beim Bau der Wasserleitung etwa 2 m, 15 m und 35 m von der Westgrenze der Störungszone entfernt eigentliche tektonische Breccien zu beobachten, die aus Hauptrogenstein-Bruchstücken bestehen, deren Bindemittel von einem vermutlich aus den Movelier-Schichten stammenden grauen (bei 35 m) bzw. gelben (bei 15 m und 2 m) Mergel gebildet wird. Die westlichste dieser Breccien-Zonen entspricht der Hauptstörung.

Südsüdwestlich dieser Stelle kann man die Verwerfung am Einschnitt der Burghaldenstrasse erkennen. Über dem östlichen Rand der Rutschung finden sich dort noch die infolge der Verwerfungsnahe tektonisch stark gestörten *Blagdeni*-Schichten (Koord. 616.170/262.890), während südöstlich davon stark gestörter und mit etwa 70° steil gegen ESE einfallender Hauptrogenstein angeschnitten ist.

Der sich aus der Lage der Aufschlüsse am südlichen Wartenberg ergebende Verlauf der Störung zeigt, dass die Verwerfungsfläche gegen Westen einfällt (vgl. Profil 4), wie dies bereits STRÜBIN (1914) in seinem Profil dargestellt hatte.

f) Die kleine abgesunkene Scholle östlich des Wartenbergs

Östlich der Verwerfung am Ostabhang des Wartenbergs und ungefähr parallel zu dieser verläuft die in der Literatur als Wartenberg-Verwerfung bekannte grosse Störung. Da sie ausserhalb des im vorliegenden Zusammenhange zu untersuchenden Gebietes liegt und Herr cand. geol. P. HERZOG zurzeit im Rahmen der ein grösseres Gebiet umfassenden geologischen Kartierung diesen Problemen seine Aufmerksamkeit schenkt, wurden keine eingehenderen Aufnahmen ihres Verlaufs durchgeführt. Die Lage der Verwerfung ist zum Beispiel durch die alte Gipsgrube im Keuper und den etwa 50 m nordwestlich davon gelegenen Aufschluss in den *Varians*-Schichten (Koord. 616.600/263.320) gegeben. Ferner muss sie zwischen dem am Verbindungsweg zwischen Burghaldenstrasse und Hohler Gasse (Koord. 616.370/262.810) angeschnittene Keuper und dem etwa 80 m westnordwestlich davon im Steinbruch (Koord. 616.310/262.860) aufgeschlossenen Oberen Hauptrogenstein verlaufen. Die Sprunghöhe der Verwerfung beträgt etwa 300 m.

Durch die Verwerfung am Ostabhang des Wartenbergs und die grosse Wartenberg-Verwerfung ist eine schmale abgesunkene Scholle begrenzt.

Der anstehende Untergrund dieser Scholle ist am tieferen Teile des Wartenberg-Südabhangs wegen Schuttabdeckung der direkten Beobachtung nicht zugänglich. Die auf Abb. 3 gegebene Darstellung hat deshalb hier mehr oder weniger hypothetischen Charakter.

Als tiefster stratigraphisch fixierter Horizont finden sich beim Steinbruch an der Burghaldenstrasse (Koord. 616.270/262.840) die Homomyen-Mergel aufgeschlossen. Der über ihnen folgende obere Hauptrogenstein s.str. wird im Steinbruch ausgebeutet; er fällt gegen Osten ein (ca. N 20° E 55° ESE). Die obersten Bänke des oberen Hauptrogensteins fanden sich östlich der Störungszone auch im Graben der neuen Wasserleitung (Koord. 616.235/262.900 bis 616.240/262.900).

In seinem Hangenden waren dort gelbe Mergel und die typischen zoogenen Kalke der Movelier-Schichten, dann graue Mergel und Mergelkalke und schliesslich ein rötlicher, harter Rogenstein (= Movelier-Oolith H. SCHMASSMANN 1945, S. 112, 156) aufgeschlossen. Da der Graben teilweise gerade nur die Oberfläche des Anstehenden erreichte, liessen sich keine genaueren Mächtigkeitsbestimmungen durchführen. Schätzungsweise sind die zoogenen Kalke und die Mergel der Basis zusammen etwa 1,5 m und die hangenden Rogensteine etwa 3 m mächtig. Ein natürlicher Aufschluss der gelben Mergel und zoogenen Kalke konnte schon früher nördlich des Grabens auf dem südlichen Grat des Wartenbergs, etwa über der Höhenkurve 340 m (Koord. 616.245/262.925) beobachtet werden.

Über dem «Movelier-Oolith» war im Wasserleitungsgraben der Große Oolith aufgeschlossen (Koord. 616.250/262.900 bis 616.265/262.905). Dessen Mächtigkeit beträgt in der Umgebung von Muttenz etwa 6 m.

Weiter nördlich waren beim Bau der Wasserleitung auch die gelben und grauen Mergel und Mergelkalke der Varians-Schichten angeschnitten worden (Koord. 616.265/262.905 bis 616.290/262.955). Deren Vorkommen lässt sich auch am unbewaldeten Ostabhang des Wartenbergs als verbreiteter Verwitterungs-Schutt mit «*Rhynchonella varians*» feststellen, zum Beispiel auf dem Feld südöstlich des Hochzonenreservoirs (Koord. 616.320/262.880) und am Steilhang westlich der alten Gipsgrube (Koord. 616.600/263.320). Die Mächtigkeit der Varians-Schichten beträgt etwa 10 m (GUTZWILLER und GREPPIN 1916). Nach Osten schliessen auch noch das Callovien und die Renggeri-Tone des

Oxfordiens an. Der auf Profilen früherer Autoren als normales Hangendes des Oxfordiens dargestellte Malmkalk im Wäldchen südlich des Hofes Wartenberg dürfte dagegen das Relikt eines alten Bergsturzes darstellen.

B. Schuttbedeckung

1. Allgemeines

An den Abhängen des Wartenbergs wird der unmittelbare Untergrund grösstenteils von Gehängeschutt gebildet. Dieser hat sich im Laufe der Jahrtausende als Folge der Verwitterungs- und Abtragungsvorgänge über den anstehenden Untergrund gelegt. Für die Beurteilung der Baugrundverhältnisse ist die Kenntnis seiner Verbreitung und seiner Mächtigkeit von grösster Bedeutung.

Soweit der Gehängeschutt zur Hauptsache von eckigen Kalkkomponenten mit mehr oder weniger lehmigem Bindemittel zusammengesetzt ist, wird er im örtlichen Sprachgebrauch als «Mergel», im übrigen Baselbiet öfters auch als «Marchel» oder als «Grien» bezeichnet. Die Dialekt-Bezeichnung «Mergel» stimmt dabei nicht mit dem geologischen Begriff «Mergel» überein, unter welchem ein feinkörniges Tongestein mit erhöhtem Kalkgehalt verstanden wird.

Von den einzelnen Hängen ist hinsichtlich ihrer Schuttbedeckung folgendes bekannt:

2. Die Schuttbedeckung der einzelnen Hänge

a) Südost- und Nordostabhang

Am Südostabhang, dessen Neigung mehr oder weniger mit dem Einfallen der Schichten übereinstimmt, lassen die verfügbaren Aufschlüsse im allgemeinen eine relativ geringe Schuttabdeckung erwarten.

Am höheren Teil des Nordostabhangs ist der Hauptrogenstein beidseitig der kleinen Verwerfung aufgeschlossen; am tieferen Teil des Hanges ist aber der anstehende Untergrund von einer mehrere Meter mächtigen Gehängeschuttmasse bedeckt, die seinerzeit zum Beispiel in der Grube an der Strasse nach dem Restaurant Römerburg ausgebeutet wurde.²⁾

b) Nordwestabhang

Auch hier ist der Hauptrogenstein am höheren Teil des Hanges im allgemeinen in geringer Tiefe vorhanden. Etwa unterhalb der Höhen-

²⁾ Östlich des rechten Bildrandes von Abb. 2.

kurve 390 m finden wir dagegen den ganzen Abhang von Gehängeschutt bedeckt, der sich aus Hauptrogenstein- und Unterdogger-Komponenten zusammensetzt.

Die Auflagerung der Gehängeschuttmasse auf dem vorwiegend von tonig-mergeligen Gesteinen gebildeten anstehenden Untergrund hatte in früherer Zeit fast am ganzen Nordwestabhang des Wartenbergs zu ausgedehnten Rutschungen geführt. Zum mindesten am oberen Teil des Hanges haben diese ihrer Entstehung und ihres Ausmasses nach einen ähnlichen Charakter wie die 1952 am Südwestabhang niedergegangene Rutschung. Die zum Beispiel nördlich der Kehre der Burghaldenstrasse durch die Abrutschung einer mächtigen Gehängeschuttmasse entstandene terrassenförmige Geländeform (Koord. ca. 616.150/263.450) lässt sich etwa mit der obersten Teirlutschung am Südwestabhang vergleichen.

Das Alter der Rutschungen am oberen Teil des Nordwestabhangs ist unbekannt. Mündliche oder schriftliche Überlieferungen über dort stattgefundene Bewegungen fehlen. Es muss deshalb angenommen werden, dass in jüngster Zeit keine oder keine ohne weiteres bemerkbaren Bewegungen mehr stattgefunden haben. Die Beobachtung, dass die für junge Rutschungen typischen Geländeformen teilweise wieder ausgeglichen sind, lässt ebenfalls auf ein hohes Alter der Bewegungen schliessen. Dagegen reicht die Bewegung der am unteren Teil des Hanges festzustellenden Rutschungen offenbar noch in jüngere Zeit. Dies dürfte auch bei der im bewaldeten nordöstlichsten Abschnitt des Nordwestabhangs (Koord. ca. 616.500/263.600) erkennbaren Rutschung der Fall sein.

Wie die Befunde vorübergehender Aufschlüsse im Gebiete zwischen Brunnrainstrasse und Karl-Jauslin-Strasse zeigen, ist die Schuttdecke dort mindestens 2 bis 3 m mächtig und besteht aus einem lehmigen Gehängeschutt, zum Teil aus verrutschten Opalinustonen. Dass auch noch südwestlich des aus der Geländebeschaffenheit erkennbaren Rutschgebietes zumindest oberflächliche Rutschungen stattgefunden haben, zeigte eine bei Bauarbeiten (Koord. 615.970/263.560) innerhalb des lehmigen Gehängeschuttes angeschnittene Gleitfläche.

c) Westabhang

Im bewaldeten, oberen Teil des Hanges ist der Felsuntergrund zum Teil anstehend oder in geringer Tiefe erreichbar, zum Teil ist in alten kleinen Gruben Gehängeschutt sichtbar, der jedoch keine all zu grosse Mächtigkeit besitzen dürfte.

Zwischen Burghaldenstrasse und Hundtrogstrasse sowie im Bereich der Liasvorkommen unterhalb der Hundtrogstrasse war der anstehende Untergrund in den meisten mir bekannten künstlichen Aufschlüssen unter einer nur 1 bis 2 m mächtigen Gehängeschuttdecke vorhanden. Soweit bekannt, kommen Gehängeschuttmächtigkeiten von über 3 m nur lokal vor.

Eine durchgehend über etwa 3 m mächtige Gehängeschuttdecke findet sich nach den bisherigen Beobachtungen erst am tieferen Teil des Hanges. Im Mittel dürfte dies etwa unterhalb der Geländekote 335 m der Fall sein. Im Gegensatz zum Nordwestabhang, wo die mächtige Schuttbedeckung schon weiter oben beginnt, sind hier im Gelände keine alten Rutschungen erkennbar. Innerhalb der lehmigen Gehängeschuttmassen können trotzdem vereinzelt Rutschharnische festgestellt werden.

Eine lokale Besonderheit zeigt das Gebiet in der Flur «Hundtrog» (Übersichtsplan 1:5000) etwa unterhalb der Geländekote 320 m. Hier wurde in einer Baugrube (Koord. 615.880/263.490) und in einem Sondiergraben (Koord. 615.820/263.390) unter mit Kalkgehängeschutt durchsetztem braunem Lehm ein mindestens 1,2 bzw. 0,7 m mächtiger, teils gelber, teils grauer Löss mit Schneckschalen angetroffen.

d) Südwestabhang

Über die Schuttbedeckung am bewaldeten oberen Teil des Hanges geben die Befunde des Wasserleitungsgrabens sowie einiger vor deren Bau ausgeführten Sondierungen Aufschluss. Im Tracé der Wasserleitung liegt die Schuttmächtigkeit meist zwischen $\frac{1}{2}$ und $1\frac{1}{2}$ m. Grössere Mächtigkeiten fanden sich nur auf relativ kurzen Strecken³⁾. Die Burghaldenstrasse ist ebenfalls grösstenteils in den anstehenden Fels eingeschnitten. Nur über dem nordwestlichen Rand der Rutschung reicht die geschlossene Schuttdecke des Rutschgebietes bergwärts über die Burghaldenstrasse hinaus.

Wie Beobachtungen, die während der Rutschung gemacht werden konnten, sowie spätere Sondiergrabungen zeigen, besitzt die Schuttdecke nordwestlich des Rutschgebietes zwischen Burghaldenstrasse und Neusetzstrasse nur eine geringe Mächtigkeit. So waren die *Opalinus*-Tone als Gleitfläche noch in einem randlichen Spalt an der Neusetzstrasse in nur etwa $1\frac{1}{2}$ m Tiefe sichtbar (Abb. 13).

³⁾ Koord. ca. 616.205/262.925 bis 616.195/262.935 und 616.190/262.940 bis 616.165/262.960, zwischen den beiden Strecken wurde anstehender Hauptrogenstein angetroffen.)

Die grossen Schutt-Mächtigkeiten sind erst im eigentlichen Rutschgebiet vorhanden. Wie der Aufschluss in der Gehängeschuttgrube zeigte, erreichen sie etwa 20 m. Am östlichen Rand der Rutschung wurde durch die seitlichen Hauptabrisse ein viel grösserer Höhenunterschied zwischen abgerutschtem und stehengebliebenem Terrain erzeugt als am nordwestlichen Rand. Dies weist auf eine tiefer gehende Bewegung und damit auf eine grössere Schuttmächtigkeit hin. Die relativ mächtige Schuttdecke reicht also nach Osten über das Rutschgebiet hinaus.

Allerdings war zumindest lokal über einer sich im Untergrund vorfindenden Geländekante der *Murchisonae*-Schichten eine geringere Mächtigkeit des Gehängeschuttes vorhanden. So reichen die Gesteine der *Murchisonae*-Schichten an dem bei der tektonischen Beschreibung erwähnten Aufschluss nordwestlich der Abzweigung Schauenburgerstrasse/Badstubenstrasse (Abb. 13) bis zu der nur wenige Dezimeter mächtigen Humusdecke hinauf.

Was den tieferen Teil des Hanges betrifft, so sind ähnliche Verhältnisse wie am Westabhang vorhanden. Die Schuttdecke erreicht eine Mächtigkeit von mindestens mehreren Metern, was zum Beispiel durch den Befund einer Baugrube zwischen Weiherstrasse und Mühlackerstrasse (Koord. 615.810/262.840) und im Einschnitt der Weinhagstrasse in der Flur «Stein» bestätigt wird. Der beim Aushub eines einzelstehenden Wohnhauses im «Stein» (Koord. 616.150/262.690) angetroffene verkittete Gehängeschutt liegt noch in vereinzelten Blöcken herum. Erst das etwa östlich der grossen Wartenberg-Verwerfung gelegene Gebiet findet sich nicht mehr im Einflussbereich der vom Wartenberg stammenden Schuttlieferung, so dass dort die obersten Bodenschichten deutlich durch die roten Gesteine des anstehenden Keupers gefärbt erscheinen.

C. Hydrologie

1. Quellen im Gebiet der Wartenberg-Verwerfung

Im bewaldeten Teil des Wartenbergs wird der anstehende Untergrund grösstenteils von wasserdurchlässigen Gesteinen gebildet. Das versickerte und auf den eingeschalteten wasserundurchlässigen Horizonten gestaute Wasser fliesst infolge des Einfallens dieser Quellhorizonte gegen die kleine Verwerfung am Ostabhang des Wartenberges ab (vgl. Profile 1–4). Da an der Störung wasserführende Horizonte aneinanderstossen, kann das aus der Wartenberg-Scholle stammende Wasser in die wasserführenden Gesteine der kleinen Scholle östlich des

Wartenbergs übertreten. Eine Stauung des Wassers findet erst an der grossen Wartenberg-Verwerfung statt, wo die wasserführenden Horizonte des Doggers an den weitgehend wasserundurchlässigen Keuper stossen. Das Wasser tritt deshalb zur Hauptsache längs dieser Verwerfung oder an unweit westlich davon angeschnittenen Quellhorizonten aus.

In dieser Zone finden wir eine grössere Anzahl von Quellen. So wurde anlässlich der Feldregulierung dort, wo die Störungslinie der grossen Wartenbergverwerfung verläuft, südlich der Überlandbahn ein Quellaufstoss gefasst. Auf der Wartenbergverwerfung oder in deren Nähe liegt auch die Quellfassung des Restaurants zur Römerburg. Auch am Südabhang des Wartenbergs wurde bei der Feldregulierung eine auf der Verwerfungslinie liegende Quelle gefasst (Koord. 616.380/262.880). Grösse ungefasste Wasseraustritte konnten Mitte April 1952 oberhalb der Badstubenstrasse (Koord. 616.235/262.720) sowie am bergseitigen Strassenrand (Koord. 616.235/262.690) beobachtet werden. In der Nähe findet sich auch ein Feldbrunnen. Ein weiterer ungefasster Quellaufstoss, der Mitte April 1952 reichlich floss, ist in der «Grendelmatt» (Koord. 616.040/262.625) vorhanden. Er entstammt vermutlich einem Quellhorizont im unteren Dogger der kleinen abgesunkenen Scholle.

2. Wasservorkommen des Südwestabhangs

Am unbewaldeten Südwestabhang des Wartenbergs hatte sich die Rutschung von 1952 ereignet. Die den anstehenden Untergrund bildenden Gesteine gehören ebenfalls noch der Scholle des Wartenbergs an. Während jedoch die Gesteine am oberen bewaldeten Teil des Wartenberg-Südwestabhangs grösstenteils wasserundurchlässig sind, bilden hier wasserundurchlässige Tone und Mergel den anstehenden Untergrund. Da die Oberfläche der *Murchisonae*-Schichten durch früher abgerutschte oder abgeschwemmte Tone verschmiert sein kann, gilt dies vermutlich auch für deren schmale, den Hang querende Zone. Das am unbewaldeten Südwestabhang versickernde Niederschlagswasser kann somit nicht gegen die Wartenberg-Verwerfung unterirdisch abfliessen. Nach der Versickerung des Wassers durch den vorwiegend wasserundurchlässigen Gehängeschutt erfolgt die Entwässerung vielmehr auf der Grenzfläche Gehängeschutt/Tone gegen das Tal zu.

Auf die im Rutschgebiet und dessen Umgebung beobachteten Wasseraustritte werden wir bei der Besprechung der Rutschung noch zurückkommen.

3. Wasservorkommen des Westabhangs

Wie beim Südwestabhang, so kann auch beim Westabhang die Entwässerung der tieferen, unbewaldeten Lagen nicht unterirdisch gegen Osten erfolgen. Einerseits wird der anstehende Untergrund hauptsächlich von wasserundurchlässigen Gesteinen gebildet. Andererseits wird sich das in einzelnen wasserdurchlässigen Lagen – zum Beispiel im Lias – sammelnde Wasser an der Verwerfung des Westabhangs stauen. Die natürliche Entwässerung erfolgt deshalb im wesentlichen in nördlicher Richtung.

Die Durchlässigkeit der am oberen Teil des Hanges mit relativ geringer Mächtigkeit auf dem wasserundurchlässigen Untergrund ruhenden Gehängeschuttdecke wird dadurch demonstriert, dass es bei drei Liegenschaften an der Rieserstrasse überhaupt möglich ist, die Abwässer einfach durch Zisternen in den Untergrund versickern zu lassen.

Am mittleren und tieferen Teil des Hanges konnte anlässlich der starken Durchnässtung des Bodens vom April 1952 besonders in den Weg einschnitten eine grössere Zahl von Quellen beobachtet werden, deren Wasser meistens am tieferliegenden Hang wieder versickerte.

4. Wasservorkommen des Nordwestabhangs

Die Wasserführung der auf vorwiegend wasserundurchlässigen Gesteinen liegenden Rutschmassen wird schon durch den Flurnamen «Brunnrain» angezeigt. Das Wasser ist zur Hauptsache durch alte Brunnstuben und durch anlässlich der Feldregulierung angelegte Drainagen erfasst.

II. Die Rutschung am Südwestabhang des Wartenbergs

A. Frühere Rutschungen und beginnende Bewegung der Rutschung von anfangs April 1952

1. Der Zustand des Wartenberg-Südwestabhangs um 1937

Im Jahre 1930 hat Herr Geometer J. MEYER einen Plan 1:2000 aufgenommen, auf welchem im Gebiete der Rutschung von 1952 Isohypsen mit einer Äquidistanz von 5 m eingezeichnet sind. Die in diesem Plan festgehaltene Topographie lässt vom Fusse der unterhalb der Burghaldenstrasse gelegenen steilen Böschung bis etwa zum damaligen Oberrand der Gehängeschuttgrube eine Zone mit relativ flacher Ge-



Abbildung 5. Ansicht des Wartenberg-Südwestabhanges vor der Rutschung.
Blick von Süden. Links Gehängeschutt-Grube in der alten Rutschmasse.
Photo TH. STRÜBIN, Liestal, August 1950.

hängeneigung erkennen. Diese bemerkenswerte Geländegestalt geht auch aus Photographien hervor, die Herr TH. STRÜBIN vor der Rutschung aufgenommen hatte (Abb. 5 und 6). Sie kann nur dadurch erklärt werden, dass in früherer Zeit eine grössere Gehängeschuttmasse abgerutscht und durch deren Drehbewegung die Zone mit flacherer Geländeneigung entstanden war. Da die für junge Rutschungen typischen Geländeformen schon ausgeglichen waren und das im Jahre 1769 erstellte Bannwarthäuschen (Abb. 7) keine Schäden aufwies, kann allerdings auf ein verhältnismässig hohes Alter der Rutschung geschlossen werden.



Abbildung 6. Ansicht des Wartenberg-Südwestabhanges vor der Rutschung.
Blick von Osten gegen die vorgeschobene Masse der früheren Rutschung.
Photo TH. STRÜBIN, Liestal, Juni 1950.

Die Eidgenössische Landestopographie hat im Jahre 1937 senkrechte Luftphotographien der Umgebung von Muttenz aufgenommen. Auf diesen Aufnahmen sind bergseits des Bauernhauses (Abb. 7) typische Rutschwülste zu erkennen. Das Doppelwohnhaus an der Weinhagstrasse (Abb. 7) steht dabei direkt auf einem dieser Wülste.

Aus den überlieferten Dokumenten geht somit hervor, dass sich am Südwestabhang bereits in früherer Zeit grössere Rutschungen ereignet hatten.

2. Die von 1937 bis 1941 erfolgten Bewegungen

Vor etwa 15 Jahren ereigneten sich im Gebiete des nordwestlichen Randes des späteren grossen Rutschgebietes zwischen Hallenweg und Neusetzstrasse kleinere Rutschungen.

Am Steilhang oberhalb des Bannwarthäuschens fand vor etwa 12 Jahren eine lokale Abrutschung statt.

Anfangs Juli 1941 war die vom Weiherweg nach dem Doppelwohnhaus führende Wasserleitung rund 15 m unterhalb des Hauses unterbrochen. Nach den Aufzeichnungen des Brunnmeisters war die Leitung «etwa 18 cm zu lang geworden». Das Doppelwohnhaus selbst soll damals schon Rissbildung aufgewiesen haben. Im gleichen Jahre wurde auch beobachtet, dass im Gebiet des nordwestlichen Randes der späteren Rutschung oberhalb und unterhalb der Schauenburgerstrasse Geländeverschiebungen vorgekommen waren. Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass bereits zwischen etwa 1937 und 1941 in einem umfangreichen Gebiet Rutschungen stattgefunden hatten. Ausser der lokalen Abrutschung am Steilhang oberhalb des Bannwarthäuschens ereigneten sich diese unterhalb des Hallenweges, während die seit 1934 im Hallenweg verlegte Wasserleitung damals keine Schäden zeigte.

Aus der diesen Jahren mit relativ grosser Rutschhäufigkeit folgenden Periode von 1942 bis 1950 sind mir keine weiteren Rutschereignisse mehr bekannt geworden. Die Bewegungen scheinen somit nach 1941 wieder zur Ruhe gekommen zu sein.

3. Die Bewegungen im Sommer 1951

Am 5. August 1951 wurde die Wasserleitung im Hallenweg am östlichen Rand des späteren Rutschgebietes unterbrochen. Die dortige Senkung soll schon einige Monate vorher zu beobachten gewesen sein. Ein weiterer Unterbruch derselben Leitung erfolgte am 2. Oktober 1951 unterhalb der Abzweigung zum Gartenhaus.

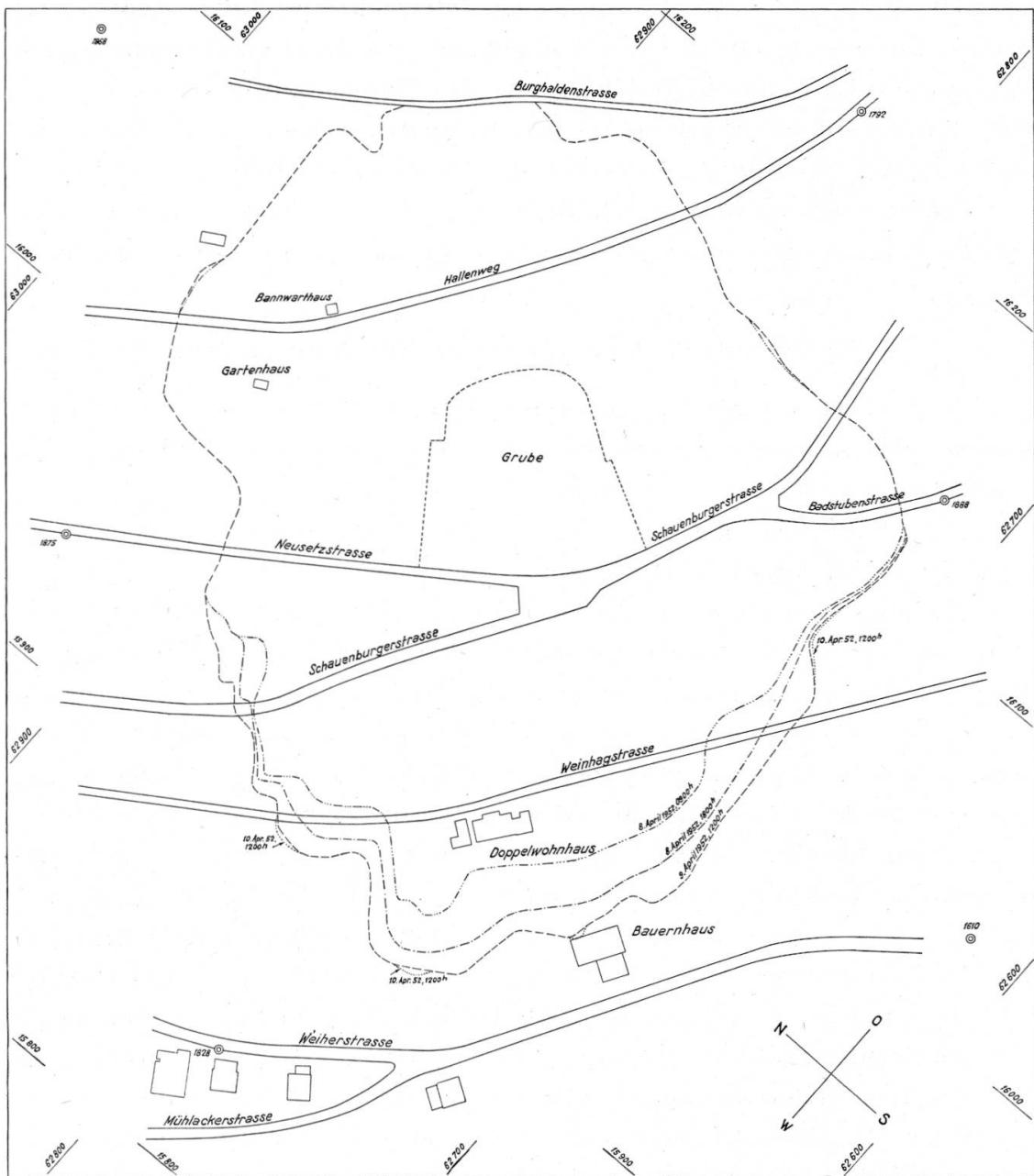


Abbildung 7. Plan der Strassen und Gebäude am Südwestabhang des Wartenbergs vor der Rutschung und Begrenzung des Rutschgebietes bei verschiedenen Stadien der Bewegung (nach den Aufnahmen von Geometer ED. HABISREUTINGER, Pratteln).

Situation 1:3000

- - - - - Begrenzung des Rutschgebietes 8. April 1952, 09.00 Uhr
- - - - - Begrenzung des Rutschgebietes 8. April 1952, 18.00 Uhr
- - - - - Begrenzung des Rutschgebietes 9. April 1952, 12.00 Uhr
- Erweiterung des Rutschgebietes bis 10. April 1952, 12.00 Uhr

4. Die beginnenden Bewegungen der grossen Rutschung

a) Beobachtungen bis 5. April 1952

Die verschiedenen früheren Rutsch-Ereignisse waren mir erst teilweise bekannt, als ich anfangs Januar 1952 im Auftrage des Gemeinderates die weiteren Abbaumöglichkeiten in der Gehängeschuttgrube zu begutachten hatte. Damals konnte an derjenigen Stelle, an welcher später der Hallenweg durch die östliche Randspalte der grossen Rutschung abriß, eine Terrainsenkung von etwa 30 bis 50 cm beobachtet werden. Die Prüfung der geologischen Verhältnisse ergab, dass die Voraussetzungen für die Auslösung natürlicher Rutschungen vorhanden waren. Als zusammenfassende Beurteilung der Gefahr solcher Bewegungen wurde festgestellt: «Es ist durchaus mit der Möglichkeit zu rechnen, dass diese Rutschungen einmal ein gefährlicheres Ausmass annehmen können, als die bereits stattgefundenen.»

Im Anschluss an einen am 8. März 1952 zur Abklärung der weiteren Abbaumöglichkeiten in der Gehängeschuttgrube durchgeführten Augenschein machte Herr Dr. LAUBSCHER den Gemeinderat sowie den Schreibenden auf Rissbildungen oberhalb des Hallenweges aufmerksam. Herr Gemeinderat Dr. LAUBSCHER hatte diese erstmals Mitte Februar 1952 festgestellt. Ihr Verlauf entsprach ungefähr dem oberen Abrissrand der späteren Rutschung. Längs der Risse hatten erst geringe vertikale und horizontale Verschiebungen stattgefunden. Mündlich erläuterte ich, dass sich die Gefahr einer Rutschung grossen Ausmasses anzeigen. Über den Zeitpunkt der Auslösung der grossen Bewegung könne jedoch nichts ausgesagt werden. Öfters seien ähnliche Bewegungen während Jahren und Jahrzehnten wieder zum Stillstand gekommen; vielleicht könne die grosse Rutschung aber auch in kurzer Zeit zur Auslösung kommen.

Dass im Winter 1951/52 auch am tiefer gelegnen Teil des Hanges Rutschbewegungen stattgefunden hatten, zeigte eine am 17. März 1952 von Herrn Brunnmeister MÜLLER gemachte Beobachtung. Herr MÜLLER wollte damals den während des Winters regelmässig abgestellten Feldbrunnen bei der Abzweigung Schauenburgerstrasse/Neusetzstrasse wieder in Betrieb setzen, musste aber feststellen, dass kein Wasser mehr floss und das Zuleitungsrohr zu dem etwa 25 m westlich des Brunnens an der Schauenburgerstrasse gelegenen Schacht gebogen war. Als am 1. April 1952 in dem an dieselbe Leitung angeschlossenen Doppelwohnhause fast kein Wasser mehr floss, wurde die Ursache durch den Brunnmeister untersucht. Dabei stellte er fest, dass die Zuleitung vom Weiher-

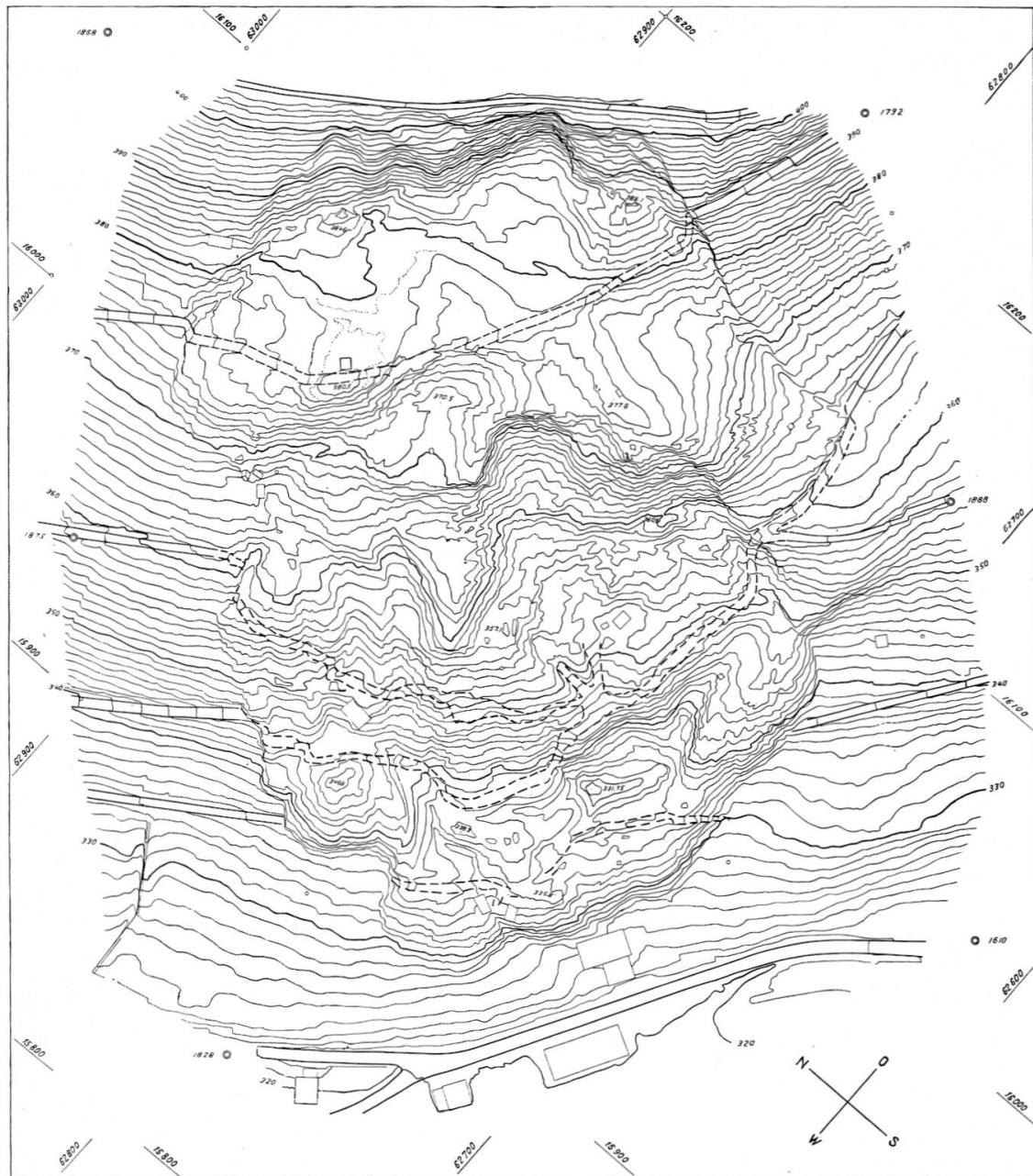


Abbildung 8. Plan des Wartenberg-Südwestabhangs nach der Rutschung am Nachmittag des 9. April 1952. Luftphotogrammetrische Aufnahme der Eidgenössischen Vermessungsdirektion. Pause von Geometer ED. HABISREUTINGER, Pratteln.
Masstab 1:3000, Äquidistanz 1 m

weg etwa 10 m unterhalb des Hauses wie bereits im Juli 1941 «zu lang» geworden und zerstört war. Nach erfolgter Reparatur floss im Doppelwohnhaus, aber auch beim erwähnten Feldbrunnen wieder Wasser. Am Doppelwohnhaus sollen schon etwa 8 Tage früher grössere Rissbildungen beobachtet worden sein.

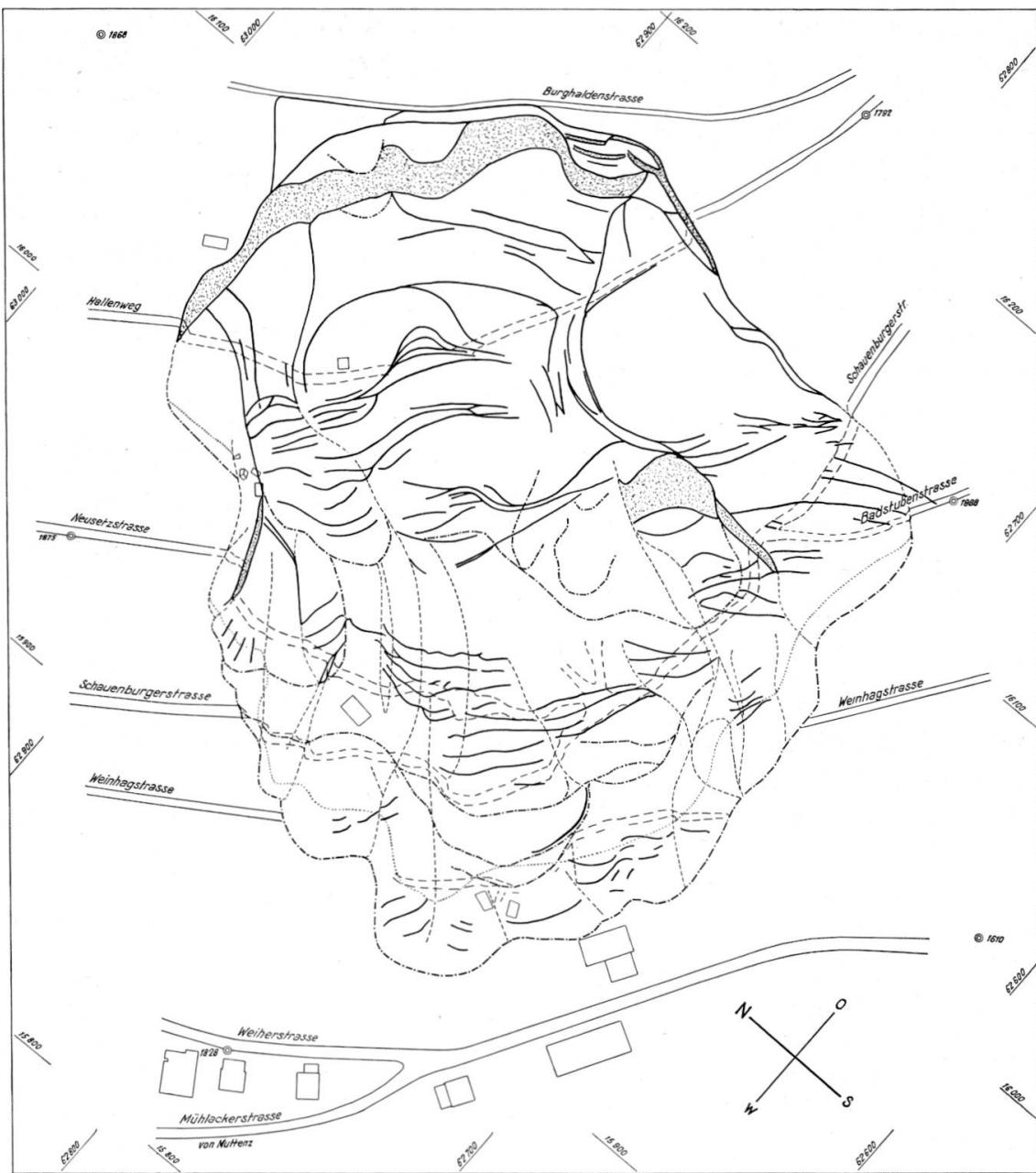


Abbildung 9. Situation der Spalten und Wülste im Rutschgebiet 1:3000

Punktierte Flächen: Freigelegte Rutschflächen im Abrissgebiet.

Abriss-Spalten und klaffende Verschiebungsspalten

Verschiebungsklüfte

—•—•—•— Wülfte

..... vorderster Wulst bei Beginn der Rutschung

Die Beobachtungen zeigen, dass die gesamte Rutschmasse bereits in den dem Hauptereignis vorangehenden $1\frac{1}{2}$ bis 2 Monaten in langsamer Bewegung war.

b) Die Bewegungen vom 6. und 7. April 1952

Nachdem schon während mehreren Wochen kleine Bewegungen der Rutschmasse stattgefunden hatten, ist es schwierig, eine genaue zeitliche Abgrenzung derselben gegen die grosse Bewegung festzulegen.

Nach Augenzeugenberichten wurde erstmals am Palmsonntag, den 6. April 1952, festgestellt, dass grössere Partien des Abhangs in Bewegung waren. So war der Hallenweg am nordwestlichen Rand der Rutschung bereits etwa 20 cm verschoben. Nach dem Bericht des Verwalters der Gebäudeversicherungsanstalt «zeigten sich Risse im Boden, die von Stunde zu Stunde weiter auseinander klafften. Diese Rissbildung war auch an dem nachher verschütteten Doppelwohnhaus deutlich festzustellen».

Am 6. April war um 3 Uhr früh die Wasserleitung im Hallenweg an derselben Stelle wie am 5. August 1951 unterbrochen worden. Die Tatsache, dass die Leitung nach der um $17\frac{1}{2}$ Uhr beendeten Reparatur bis um $3\frac{1}{2}$ Uhr des 7. April 1952 intakt blieb und bis zu diesem Zeitpunkt auch an keiner Stelle ein neuer Unterbruch stattfand, zeigt jedoch, dass die Geschwindigkeit der Bewegung am 6. April noch verhältnismässig gering war.

Am 7. April wurde die Wasserleitung im Hallenweg um $3\frac{1}{2}$ Uhr früh am westlichen Rand der Rutschung unterbrochen und konnte wegen der fortschreitenden Bewegung nicht mehr repariert werden. Der Verwalter und der Adjunkt der Gebäudeversicherungsanstalt waren am Nachmittag des 7. April beim Doppelwohnhaus «und konnten feststellen, wie sich die Risse an den Gebäuden langsam weiteten und vermehrten». Am Abend setzte dann eine stärkere Bewegung ein, so dass der Gemeinderat die Evakuierung des Doppelwohnhauses veranlassen musste.

Ab 8. April 1952, 08.30 Uhr, hatte ich Gelegenheit, den weiteren Verlauf der Bewegungen persönlich zu verfolgen. Ebenso führte Herr Geometer E. HABISREUTINGER von jenem Zeitpunkt an periodische Vermessungen des äusseren Randes der Rutschung durch.

B. Gliederung und Grösse des Rutschgebietes

1. Gliederung der Rutschung

Das Rutschgebiet bietet das Bild eines komplizierten Systems von Abriss-Spalten, Verschiebungs-Klüften und Rutsch-Wülsten. Deutlich ist zu erkennen, dass sich die Rutschmasse nicht als eine einzige grosse

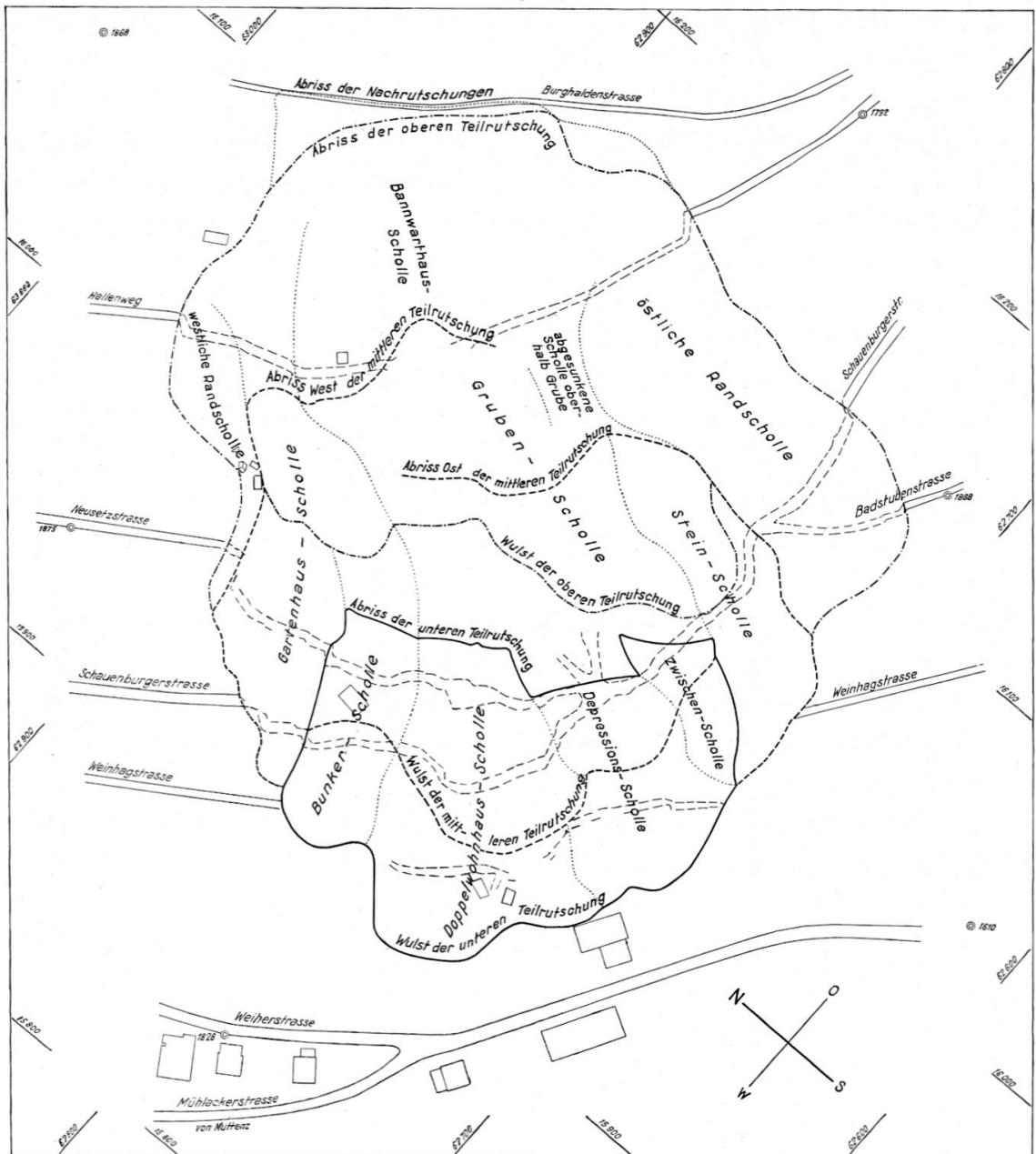


Abbildung 10. Begrenzung der Teilrutschungen. Situation 1:3000

Scholle bewegt hat. Weder sind die Abriss-Spalten auf den oberen Rand der Rutschung beschränkt, noch haben sich die Rutsch-Wülste nur bei der Überschiebung auf das unbewegte Vorgelände ausgebildet. Innerhalb der Ränder des gesamten Rutschgebietes sind bei der Bewegung zahlreiche Verschiebungsklüfte entstanden, die in der Bewegungsrichtung einzelne Schollen voneinander trennen. Manche der Rutsch-Elemente lassen sich nicht klar auseinanderhalten. So sind einzelne innerhalb des Rutschgebietes gebildete Wülste im Verlaufe der Bewegung

wieder durch Abriss-Spalten zerstört worden. Wo der Verlauf der bogenförmigen Abrisse seitlich in die Bewegungsrichtung übergeht, haben die klaffenden Spalten für die ungleichmässig von oben nachstossenden Teilschollen als Verschiebungsklüfte gedient. Im typischen Falle zeigen sich die das rutschende vom unbewegten Gelände trennenden oder die zwei benachbarten Rutschschollen abscherenden Verschiebungen als geschlossene Spalten. In anderen Fällen sind sie durch eine Schar solcher Spalten gekennzeichnet.

Auf Abb. 9 wurde versucht, aus der grossen Fülle von Rutsch-Elementen die grösseren und wichtigeren darzustellen. Für eine verständliche Besprechung der Rutschung ist es erwünscht, noch eine weitergehende Vereinfachung der Gliederung vorzunehmen, wie sie sich auf Abb. 10 dargestellt findet.

Innerhalb des Rutschgebietes können wir sowohl bei den Abriss-Spalten als auch bei den Rutsch-Wülsten von oben nach unten drei Haupt-Systeme erkennen, die einer oberen, einer mittleren und einer unteren Teilrutschung entsprechen. Die beiden tieferen Teilrutschungen werden dabei von den jeweils höheren zangenförmig umfasst und ihre Abrissgebiete von den Wülsten der darüber abgleitenden Teilrutschungen überlagert.

Um die Beschreibung der Rutschung zu erleichtern, wurden ausser den Teilrutschungen, die durch senkrecht zur Bewegungsrichtung verlaufende Abriss-Spalten und Wülste gegeneinander abgegrenzt sind, auch die hauptsächlichsten Rutsch-Schollen, die durch in der Bewegungsrichtung entstandene Verschiebungs-Klüfte voneinander getrennt sind, mit besonderen Namen bezeichnet (Abb. 10).

2. Lage und Form der Gleitflächen

Zahlreiche Beobachtungen zeigen, dass sich die Bewegungen aller Teilrutschungen annähernd auf gekrümmten Gleitflächen vollzogen haben. Legen wir durch eine der gekrümmten Gleitflächen in der Bewegungsrichtung einen Schnitt, so erhalten wir eine Gleitlinie. Deren Radius nimmt bei normalen Rutschungen im homogenen Boden von oben nach unten zu. Die Gleitlinie ist dann ein Teil einer sich nach oben verjüngenden Spirale. Stabilitätsbeurteilungen wird meistens die vereinfachte Annahme zu Grunde gelegt, die Rutschung gleite nach einer Kreiszylinderfläche ab und die Gleitlinie sei damit ein Kreisbogen (TERZAGHI 1950, S. 88). Die Krümmung der Gleitfläche verursacht eine Drehbewegung der abrutschenden Bodenmassen, so dass lotrechte

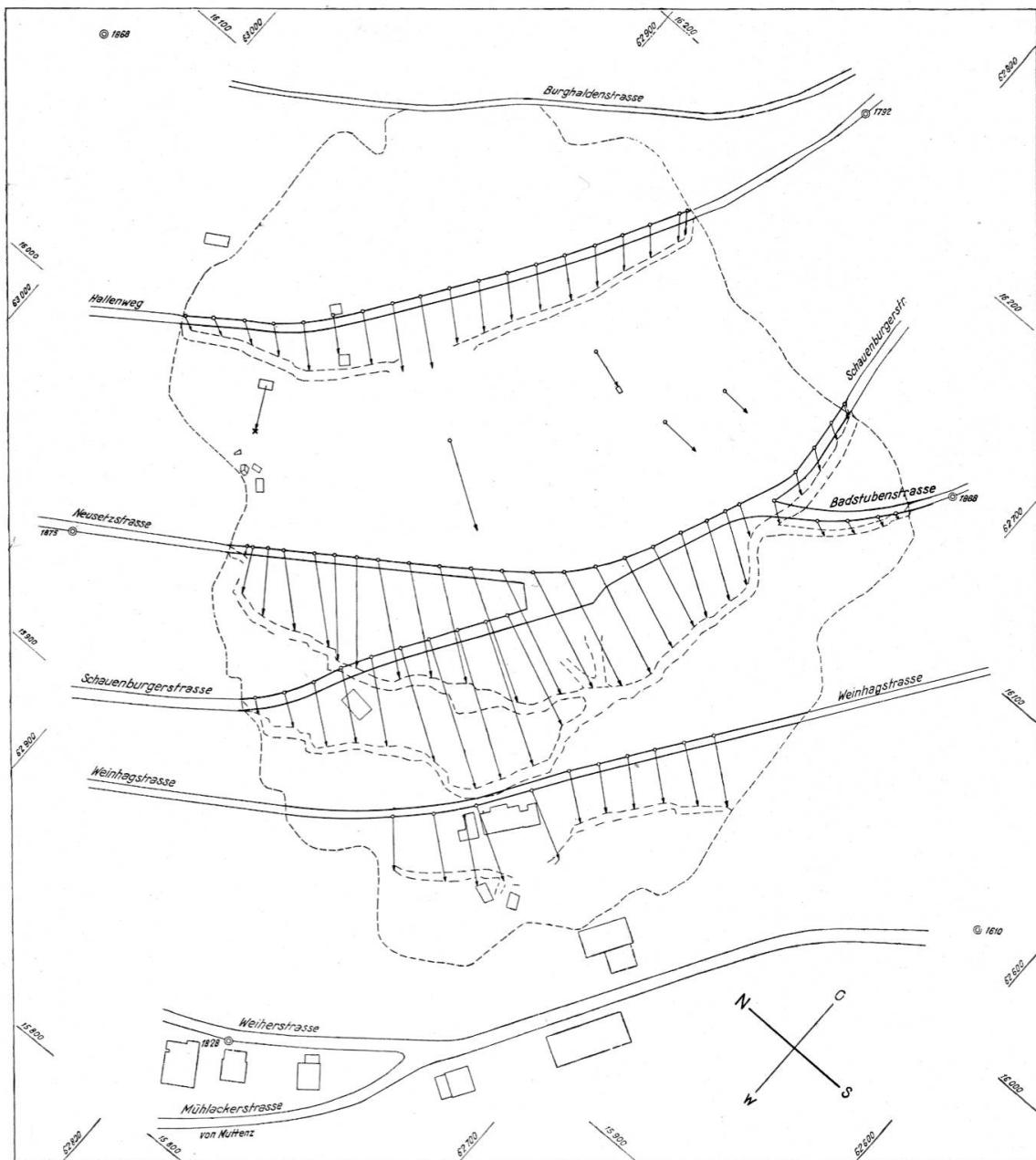


Abbildung 11. Plan der Bewegungsrichtungen der Rutschung. Situation 1:3000

Objekte dadurch eine Neigung gegen die Böschung erhalten, die typisch ist» (BERNATZIK 1947, S. 270). Diese charakteristische Erscheinung werden wir bei der Besprechung der einzelnen Schollen mehrmals antreffen.

Auf Grund des Vergleichs der Lage der Rutschelemente vor und nach der Bewegung wurde auf Abb. 15 versucht, die stattgefundenen Bewegungen mit Hilfe kreisförmiger Gleitlinien abzuleiten. Die entsprechenden Profile durch das Rutschgebiet vor der begonnenen und nach der abgeschlossenen Bewegung sind auf Abb. 14 dargestellt.

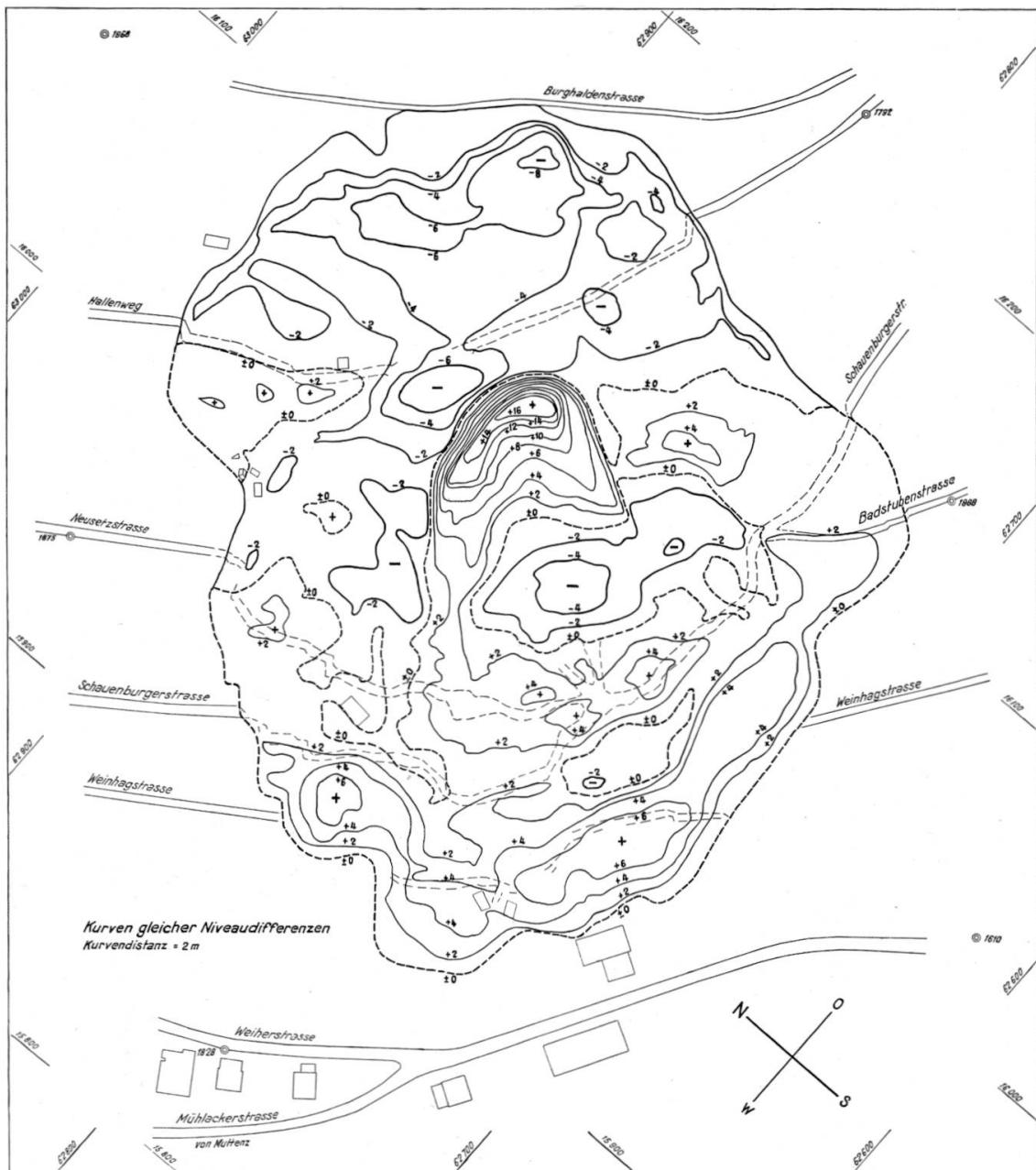


Abbildung 12. Plan der durch die Rutschung erfolgten Massenverlagerungen.
Situation 1:3000

3. Massenverlagerungen

Zur Rekonstruktion der früheren Topographie dienten der Isohypsen mit einer Aequidistanz von 5 m aufweisende Feldregulierung-Plan, die im Dezember 1951 durch Herrn Geometer HABISREUTINGER ausgeführten Profilaufnahmen der Gehängeschutt-Grube sowie frühere und nachträgliche Beobachtungen über die ursprüngliche Geländebeschaffenheit. Der Vergleich des naturgemäß nur eine beschränkte

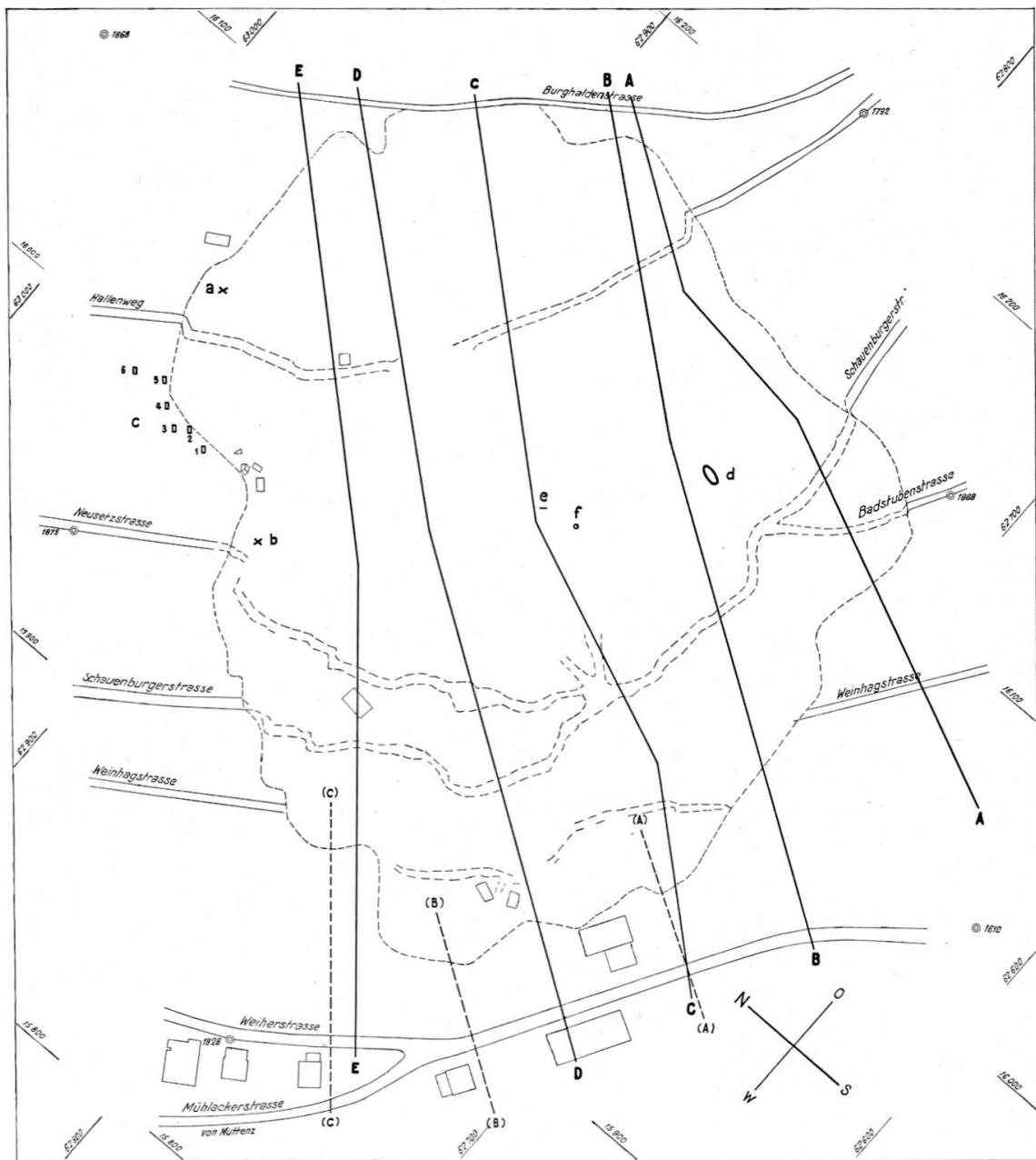


Abbildung 13. Situation der Profillinien und der Aufschlüsse im Rutschgebiet 1:3000

— A – E Profile durch das Rutschgebiet (Abb. 14 und 15)

----- (A)-(C) Profile für Bewegungskontrolle (Abb. 38 und 39)

Genauigkeit aufweisenden Rekonstruktions-Planes mit dem luftphotogrammetrisch nach Stillstand der Rutschung aufgenommenen Plan (Abb. 8) ergab die auf Abb. 12 dargestellten Kurven gleicher Niveau-differenzen. Diese Darstellung illustriert die gegenüber dem früheren

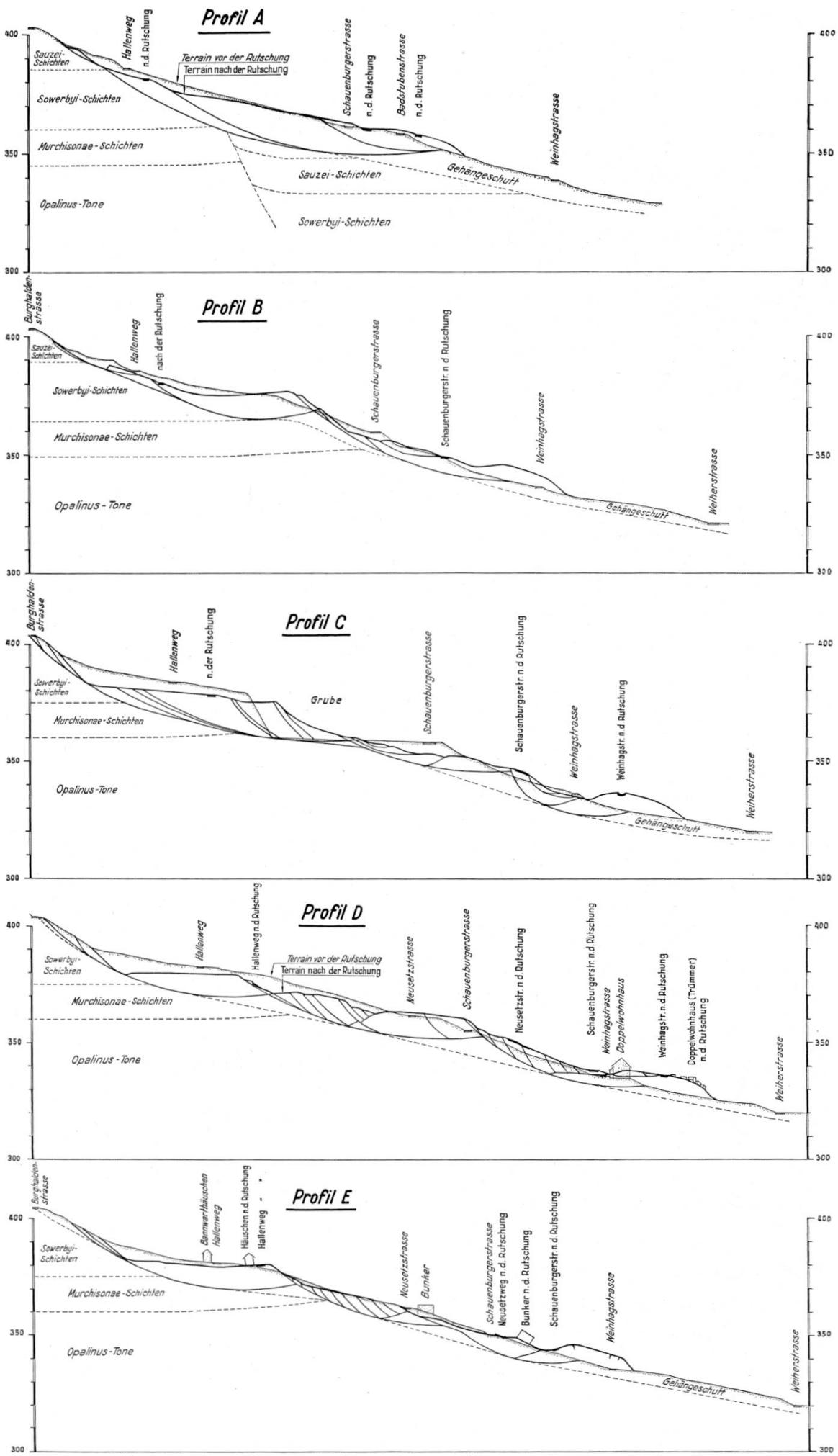


Abbildung 14. Profile durch die Rutschung 1:3000

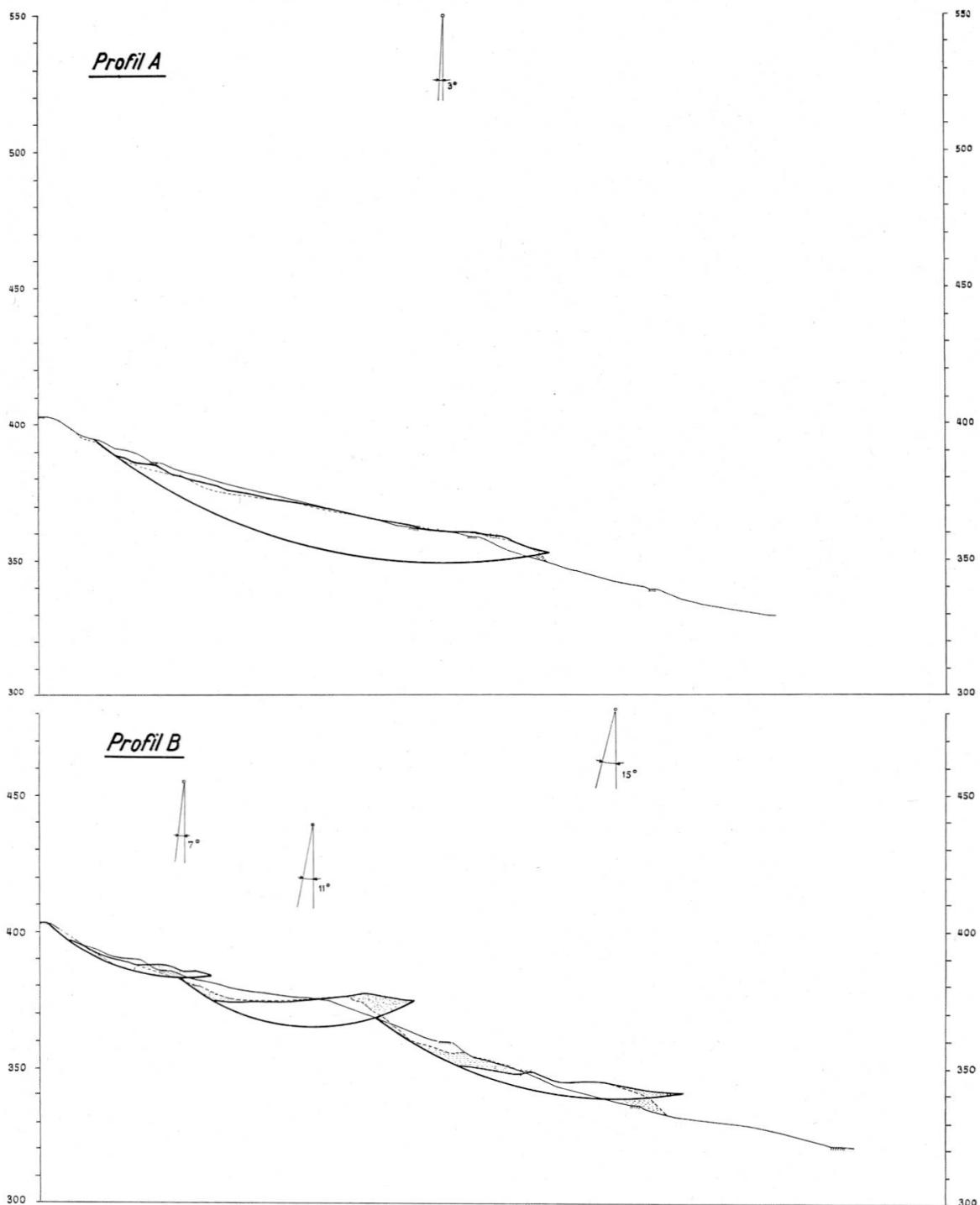
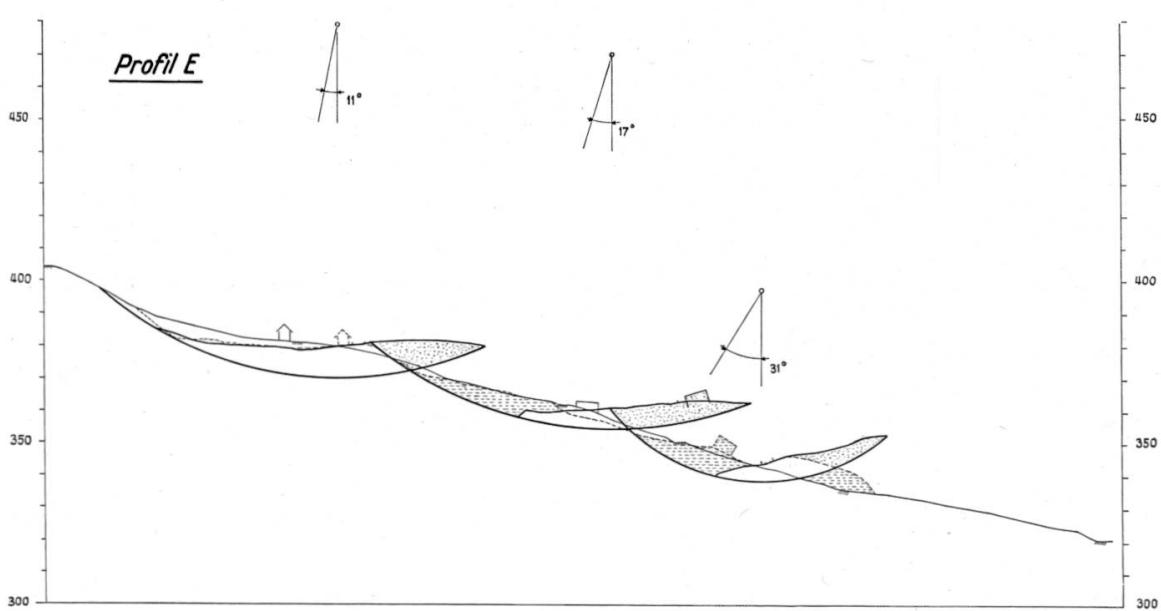
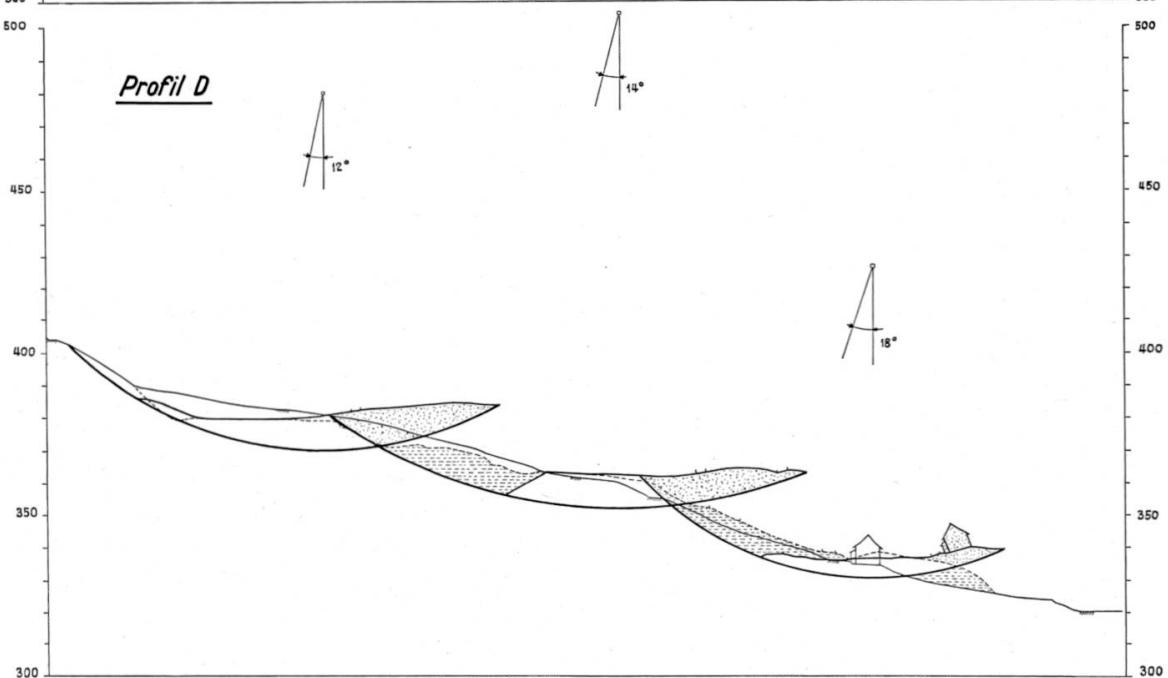
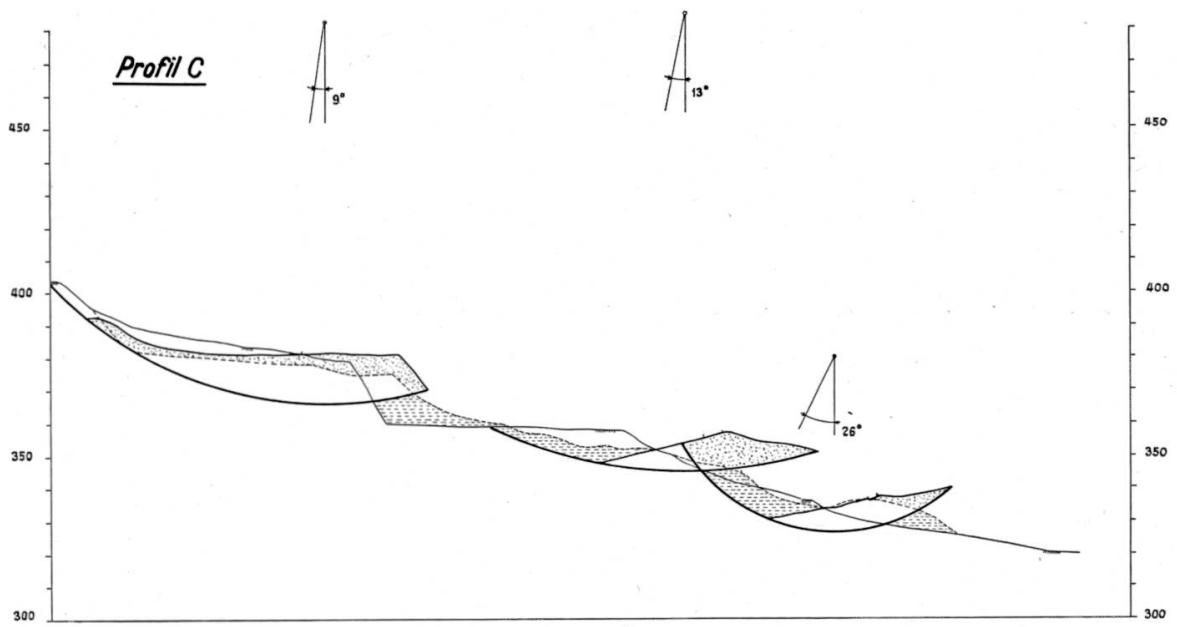


Abbildung 15. Profil-Darstellungen der Bewegung auf kreiszylindrischen Gleitflächen.
(Fortsetzung Seite 64)

1:3000

- Effektive Geländeoberfläche vor Rutschung
- - - Effektive Geländeoberfläche nach Rutschung
- Kreiszylindrische Gleitfläche und hypothetische Lage der Rutschscholle nach Bewegung auf dieser Gleitfläche



Zustand durch die Rutschung entstandenen Massendefizite und Massenauflagerungen.

Über die Bewegungsdistanzen und die Bewegungsrichtungen gibt ein Vergleich der vor und nach der Rutschung festgestellten Lage von Wegen, Gebäuden und einigen anderen markanten Punkten Auskunft (Abb. 11).

4. Fläche und Volumen der Rutschung

Die Fläche des gesamten Rutschgebietes beträgt 480 Aren. Davon sind rund 50 Aren erst im Laufe der Bewegung durch die Überschiebung der Wülste auf das Vorgelände einbezogen worden, so dass das Rutschgebiet zu Beginn der Bewegung eine Fläche von etwa 430 Aren einnahm.

Aus den 5 Profilen ergibt sich vor der Bewegung eine mittlere Mächtigkeit der Rutschmasse von 7,2 m und nach der Bewegung eine

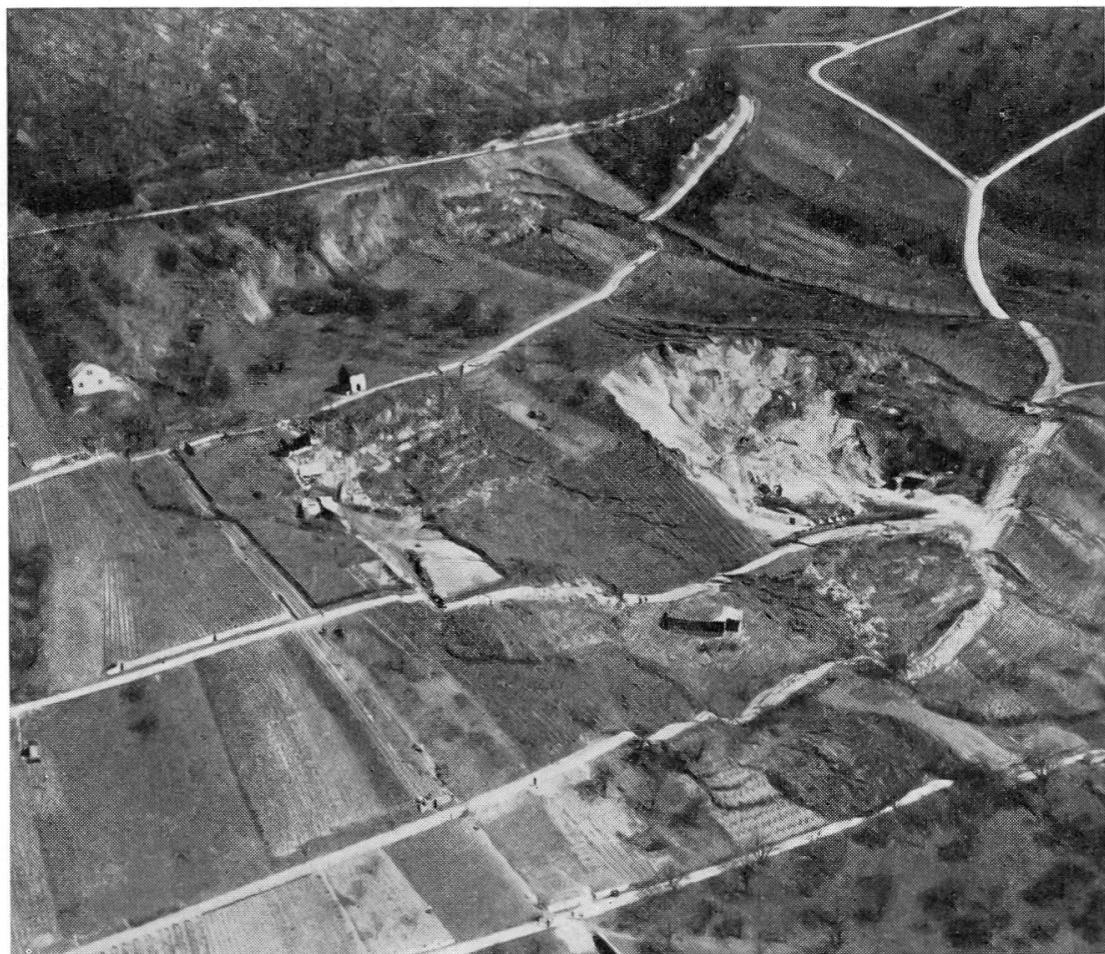


Abbildung 16. Flugaufnahme der Rutschung vom 8. April 1952. Ansicht von Westen.
Photo Balair, 8. April 1952, nachmittags



Abbildung 17. Flugaufnahme der Rutschung vom 9. April 1952. Ansicht von Südwesten.
Photo HOFFMANN, Basel

solche von 6,5 m. Die Maximalmächtigkeit erreichte vor der Rutschung etwa 20 m.

Durch Multiplikation der Flächen mit den mittleren Profil-Mächtigkeiten erhält man vor und nach der Rutschung übereinstimmend ein Volumen der Rutschmasse von 310 000 m³. Da die gegen den nordwestlichen Rand der Rutschung zu stark abnehmende Tiefe der Gleitschicht im Wert der mittleren Profil-Mächtigkeit jedenfalls nicht genügend berücksichtigt ist, kann das Gesamtvolume der in Bewegung gewesenen Masse auf rund 300 000 m³ geschätzt werden.

C. Beschreibung der Rutsch-Elemente

1. Die obere Teilrutschung

a) Der Abriss

Der Abriss der oberen Teilrutschung hat sich längs eines weit gespannten, nach oben gewölbten Bogens vollzogen, der zu beiden Seiten den Hallenweg schneidet (Abb. 16, 17, 18). Dieser Bogen war bereits ein bis zwei Monate vor der Hauptrutschung als klaffender Riss zu erkennen.

Am östlichen Schnittpunkt der Abriss-Spalte mit dem Hallenweg (Abb. 18) hatte schon am 5. August 1951 der Bruch der Wasserleitung stattgefunden, welches Ereignis sich an derselben Stelle am 6. April 1952 wiederholte. Die Stelle des Unterbruches vom 7. April 1952 fällt mit dem westlichen Schnittpunkt der Hauptabriß- und Verschiebungsspalte mit dem Hallenweg zusammen, während der Unterbruch vom 2. Oktober 1951 an einer bei der grossen Rutschung innerhalb des äusseren Abrißrandes gelegenen Spalte erfolgt war.

Wo die Abgleitung auf reinem tonigem Untergrund erfolgte, waren ausgeprägte Rutschspiegel oder Rutschharnische (Abb. 19) zu beobachten. Sie sind durch parallele Rutschstreifen gekennzeichnet, die in der Bewegungsrichtung verlaufen und in die Unterlage eingezeichneten Bewegungsspuren einzelner härterer Partien der abgerutschten Masse entsprechen. An denjenigen Stellen, wo die Abgleitung innerhalb eines inhomogenen, nicht ausschliesslich tonigen Materials erfolgte, war der Rutschspiegel unmittelbar nach seiner Entstehung durch oberflächennahe Nachrutschungen zerstört worden.

In den mittleren Partien des Abrißbogens entsprach die durch die Rutschstreifen gegebene Bewegungsrichtung mehr oder weniger dem grössten Gefälle der Gleitfläche. Etwa 50 bis 60 m östlich des nordwestlichen Schnittpunktes von Abriß und Hallenweg wurde dagegen auf der seitlichen Gleitfläche an drei benachbarten Punkten festgestellt, dass die Richtung des grössten Gefälles 190° bis 205° , die Richtung des Rutschstreifens dagegen 230° bis 235° von der Nordrichtung abwich. Der zwischen den beiden Richtungen bestehende Winkel betrug 30° bis 40° . Als Winkel der grössten Neigung der Rutschflächen (Einfallen) wurden an denselben Stellen 27° bis 35° gemessen.

Eine Unregelmässigkeit des bogenförmigen Abisses findet sich zwischen den Profilen B und C, indem dort der Hauptabriß im Osten unvermittelt um etwa 15 m nach vorne verschoben ist und nur einige Abriß-Spalten von geringer Sprunghöhe ungefähr in der Richtung des



Abbildung 18. **Abriss am südöstlichen Rand der Rutschung mit Verschiebung des Hallenweges.** Photo des Verf. 8. April 1952, etwa 16 Uhr

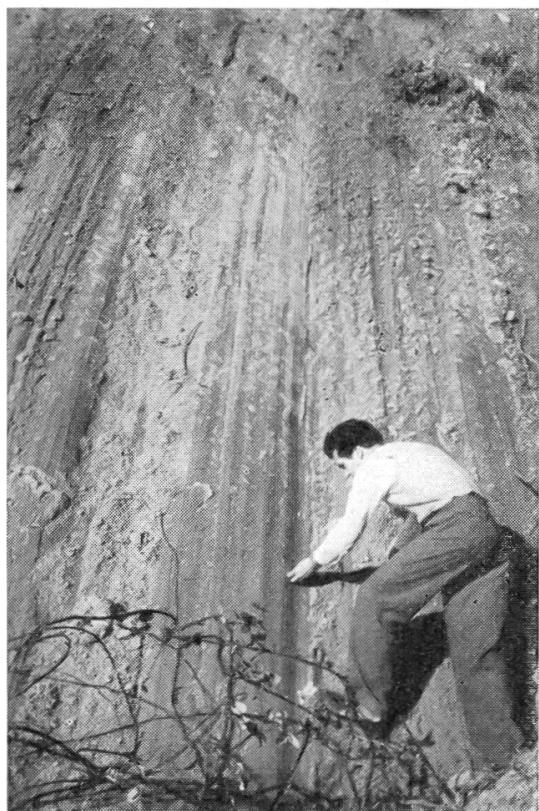


Abbildung 19. **Gleitfläche mit Rutschstreifen am Abriss nordöstlich des Bannwarthauses.**
Photo des Verf. 8. April 1952, etwa 16 Uhr

westlich dieser Störung ausgebildeten grossen Abrissbogens weiterverlaufen. Dadurch bietet sich im Osten das Bild eines staffelförmigen Abbruches (Abb. 16, 17). Seine Entstehung hängt mit der Geologie des anstehenden Untergrundes zusammen. Wegen des steilen östlichen Einfallens der Schichten gegen die Verwerfung reichen die tonigen *Sowerbyi*-Schichten hier weniger weit hinauf als westlich der Störung des Hauptabisses, so dass die am oberen Teil des Abhanges vorhandenen Schuttschichten auf den vorwiegend kalkigen *Sauzei*-Schichten aufruhen. Dadurch waren die der Abrutschung entgegenwirkenden Widerstandskräfte erheblich erhöht.

Schliesslich ist auch der Verlauf des östlichen seitlichen Abrisses

durch die Beschaffenheit des anstehenden Untergrundes bedingt. Auf der Höhe des Hallenweges wird dieser westlich des Abrisses von den *Sowerbyi*-Tonen, östlich davon dagegen von den Kalken des Hauptrogensteins gebildet, die als Unterlage der jedenfalls in unveränderter Mächtigkeit vorhandenen Schuttdecke ein Abgleiten verhinderten.

b) Nachrutschungen

Durch den Hauptabriß wurde der Fuss der noch höheren Partien der Schuttdecke angeschnitten. Dadurch wurden auch in diesen die zur Abrutschung drängenden Kräfte erhöht. Ein Teil der Nachrutschungen vollzog sich bereits im Verlaufe der Hauptschüttung, so dass die betreffenden Abrisse nicht durchwegs klar auseinander gehalten werden können. Einige lokale Nachrutschungen ereigneten sich dagegen erst, als die grosse Rutschung bereits zum Stillstand gekommen war. So stellte ich am Morgen des 11. April 1952 im westlichen Teil des oberen Abrissrandes eine grössere Nachrutschung fest, die am Abend des Vortages noch nicht vorhanden gewesen war. Durch sie waren spätere Kalke der unteren *Sauzei*-Schichten angeschnitten worden, die zunächst den Eindruck erweckten, dem anstehenden Untergrund anzugehören. Aus ihrer Höhenlage und den seitlich angeschnittenen tonigen Gesteinen ergibt sich jedoch, dass es sich um ein früher, etwa von der Höhe der Burghaldenstrasse abgesacktes Schichtpaket handelt.

Schon am 10. April 1952 hatte sich an der damals noch durchgehend intakten Burghaldenstrasse über der Mitte des oberen Abrissrandes an der äusseren Strassenseite ein ausgedehnter Riss gebildet, der noch am Abend des 14. April 1952 beobachtet werden konnte. Beim nächsten Augenschein, am 16. April 1952, hatte sich die durch den Riss vorgebildete Nachrutschung losgelöst und die äussere Seite der Burghaldenstrasse mit dem Stützmäuerchen in die Tiefe gerissen (Abb. 20).

Damit waren jedoch noch nicht alle Nachrutschungen vollendet. Durch die in den folgenden Monaten herrschende trockene Witterung wurden sie lediglich an ihrer Auslösung verhindert. Ein grösserer Längsriss konnte erstmals im August 1952 auch über dem westlichen Teil des grossen Rutschrandes in der Burghaldenstrasse festgestellt werden. Die sich durch diesen anzeigenende Nachrutschung hat sich jedoch bis heute nicht ereignet. Dagegen konnte ich bei einem Augenschein anlässlich der starken Niederschläge vom 25. Oktober 1952 im gesamten Abrissgebiet zahlreiche kleinere Rutschbewegungen beobachten.



Abbildung 20. **Nachrutschungen am oberen Rutschrand mit Schuttkegelbildung.**
Photo des Verf. 17. April 1952

c) Die Bewegung der zentralen Scholle («Bannwarthaus-Scholle»)

Wie die Profildarstellungen C, D und E (insbesondere D und E) zeigen, lassen sich die im Bereiche der zentralen Scholle der oberen Teilrutschung entstandenen Massenverlagerungen und Geländeneigungen in befriedigender Weise als eine 9° – 11° betragende Drehbewegung auf einer kreiszylindrischen Gleitfläche von rund 110 m Radius erklären. Die entsprechende Bewegungsdistanz beträgt auf der Gleitfläche etwa 18 bis 23 m. Soweit sie nicht vom Abriss der mittleren Teilrutschung erfasst wurden, besitzen alle früher horizontalen bzw. lotrechten Objekte die typische Neigung gegen die Böschung. Sehr augenfällig ist diese Erscheinung z. B. beim Bannwarthaus und beim Hallenweg zu beobachten (Abb. 23 und 24).

d) Die Bewegungen im Gebiet der Gehängeschutt-Grube

In der Grube wurde der dem anstehenden Untergrund aufruhende Gehängeschutt ausgebeutet. Dieser war zur Hauptsache unverfestigt und zeigte nur lokal verkittete Partien. Die Ausbeutung war vor mehreren Jahrzehnten begonnen worden. Sie findet sich schon auf der geologischen Karte von GUTZWILLER und GREPPIN aus dem Jahre 1915 eingezeichnet. Im Laufe der Zeit wurde die Grube durch die Materialentnahme immer mehr vergrössert. Unter Berücksichtigung der mutmasslichen ursprünglichen Geländeoberfläche ergibt sich, dass in der Grube seit Beginn der Ausbeutung rund 30 000 m³ Gehängeschutt entnommen worden waren.

Das gegenüber dem natürlichen Zustand durch die Gehängeschuttausbeutung geschaffene Massendefizit hat sich in ausgeprägter Weise auf die Bewegung der Rutschung ausgewirkt. Nordwestlich der Grube hat der vorstossende Wulst der oberen Teirlutschung die überfahrene Schuttdecke schon unterhalb des Hallenweges derart überlastet, dass es zum Abbruch der mittleren Teirlutschung kam. Im Gebiet der Grube lagerte sich dagegen der vorstossende Wulst der oberen Teirlutschung an die



Abbildung 21. **Obere Teirlutschung.** Blick von Burghaldenstrasse auf Rutschung: Klaffende Spalten zwischen Abriss der oberen Teirlutschung und Hallenweg. Abgesunken Scholle oberhalb Grube mit in der Gleitrichtung verlaufenden Brüchen.
Photo des Verf. 10. April 1952

Stelle des künstlich geschaffenen Massendefizits und vermochte gegenüber dem ursprünglichen, vor Beginn der Gehängeschuttausbeutung vorhandenen Gleichgewichtszustande keine Massenauflagerung zu verursachen. Erst gegen das vordere Grubenende, wo das künstliche Massendefizit geringer war, reichte die Massenverlagerung der oberen Teirlutschung aus, um die mittlere Teirlutschung zum Abriss zu bringen.

Auf das am Hang über der Grube verringerte Ausmass der Gleitbewegung ist die gewölbeartige Aufbiegung des Geländes gegen die beidseitigen Grubenränder zurückzuführen (Abb. 16 und 21). Zumindest oberhalb des östlichen Teils des oberen Grubenrandes scheint die Abrutschung allerdings auf einer tieferen als der sich in den Profilen D und E hypothetisch ergebenden kreiszylindrischen Gleitfläche erfolgt zu sein. Diese tiefere Lage war jedenfalls durch den Gehängeschuttabbau begünstigt, vermutlich aber auch schon dadurch vorgezeichnet, dass die Oberfläche des anstehenden Untergrundes eine flache muldenförmige Vertiefung besitzt. Der seitliche Wechsel von dieser tieferen Gleitschicht

zu den höheren Gleitschichten der eigentlichen «Bannwarthaus-Scholle» und der östlichen Randscholle hat oberhalb der Grube eine abgesunkene Scholle entstehen lassen, die von in der Bewegungsrichtung verlaufenden Abriss-Spalten begrenzt und durchzogen wird (Abb. 16 und 21).

Die mit dem Abgleiten der oberen Teirlutschung in die Grube zusammenhängenden besonderen Zugspannungen führten zu klaffenden Spalten, die oberhalb der Grube vor dem Hauptabriss durchziehen und nordwestlich des Einflussbereiches der Grube gegen denselben konvergieren (Abb. 21).

e) Die Bewegung der östlichen Randscholle

Im Gegensatz zur zentralen «Bannwarthaus»-Scholle der oberen Teirlutschung überlappen ihre beiden randlichen Schollen die mittlere Teirlutschung nicht oder nur teilweise. Sie reichen deshalb über die ganze Länge der Rutschung vom oberen Abrissrand bis zum vordersten auf das Vorgelände überschobenen Wulst.

Das Abrissgebiet der östlichen Randscholle liegt zwischen der erwähnten, durch die Geologie des Felsuntergrundes bedingten Unregelmässigkeit im Hauptabrißbogen und dem südöstlichen Rutschungsrand. Die Scholle nimmt etwa $\frac{1}{5}$ der Fläche des gesamten Rutschgebietes ein. Dadurch, dass die Bewegung im wesentlichen einer einheitlichen, relativ flachen Gleitfläche folgte, sind die Kulturlandzerstörungen trotz der im Mittel etwa 10 m betragenden Bewegungsdistanzen relativ gering. Einzig beim Abdrehen der Bewegungsrichtung kam es durch die entstandenen Spannungen zu grösseren klaffenden Spalten.

Wie bei der zentralen «Bannwarthaus»-Scholle erfolgte die Gleitung im Abrissgebiet über den Tonen der *Sowerbyi*-Schichten. Dabei wurde die östliche Randscholle jedoch über die im Felsuntergrund vorhandene Verwerfung geschoben. Östlich der Verwerfung sind die unmittelbar unter dem Hauptrrogenstein folgenden Schichtglieder des unteren Doggers als Unterlage der Gehängeschuttdecke anzunehmen. Diese wechselseitig lagernden Kalke und Mergel vermochten den in der Bewegungsrichtung wirkenden Kräften einen erheblichen Widerstand entgegenzusetzen, so dass die Gleitbewegung gebremst wurde und keine tieferen Teirlutschungen entstehen konnten.

Entsprechend der Ableitung der Rutschung nach einer kreiszyklindrischen Gleitfläche (Abb. 15) ist in Profil A mit einer maximalen Tiefe der Gleitschicht von etwa 15 m zu rechnen. Etwas abweichende Verhältnisse sind in Profil B vorhanden, welches durch diejenige Partie

der Scholle verläuft, die nicht über die Verwerfung hinaus geschoben wurde. Die beobachteten Gleitbewegungen der oberen Teilarutschung lassen sich hier ausnahmsweise auch nicht annähernd nach einer kreiszylindrischen Gleitfläche ableiten. Dies hängt jedenfalls einerseits mit der lokalen Beschaffenheit des Felsuntergrundes und andererseits mit dem indirekt darauf zurückführenden Wechsel in der Bewegungsrichtung zusammen. Infolge des östlichen Einfallens der Schichten liegen hier die Kalke der *Murchisonae*-Schichten in einem tieferen Niveau und in bezug auf die Lage ihres Vorkommens weiter unten am Hang als im Bereiche der «Bannwarthaus»-Scholle. Wegen ihrer grösseren Verwitterungsbeständigkeit gegenüber den westlich auf gleicher Höhe vorkommenden *Opalinus*-Tonen und auch gegenüber den östlich der Verwerfung den Untergrund bildenden Gesteinen blieb bei der Gehängeschuttbildung vorangegangenen Erosion in der Oberfläche des anstehenden Untergrundes eine spornartige Geländeform bestehen. Auf diesen Geländesporn wurde die innere Partie der östlichen Randscholle aufgeschoben (Profil B, Abb. 14) und teilweise vom Abriss der mittleren Teilarutschung erfasst.

f) Die Bewegung der westlichen Randscholle

Entsprechend den vom östlichen Rand besprochenen Verhältnissen war auch am westlichen Rand des Rutschgebietes eine von der mittleren Teilarutschung nicht erfasste Scholle entstanden. Im Gegensatz zur östlichen Randscholle ist jedoch die Entstehung der westlichen Randscholle nicht auf den Felsuntergrund sondern auf die gegen Nordwesten abnehmende Mächtigkeit der Gehängeschuttdcke zurückzuführen. Dank dieses Umstandes war die Massenauflagerung des vorgeschobenen Rutschwulstes nicht so gross, dass sie zur Auslösung einer tieferen Teilarutschung ausgereicht hätte. Bergseits des Schnittes zwischen dem nordwestlichen Rutschrand und dem Hallenweg war die an der Grenze zwischen *Sowerbyi*-Tonen und Gehängeschuttdcke liegende Gleitschicht im Abriss-Spalt schon in etwa 2 m Tiefe zu beobachten. In zwei vor bzw. seitlich dem Rutschwulst ausgeführten Sondiergrabungen (Nr. 1 und 6, Abb. 13) fanden sich die anstehenden trockenen *Opalinus*-Tone schon in 1,4 bzw. 0,8 m Tiefe. In vier weiteren, zwischen diesen beiden Sondierungen ausgehobenen Gräben (Nr. 2 bis 5) war man dagegen innerhalb der Gehängeschuttdcke in etwa 1 m Tiefe auf Wasser gestossen.

g) Der zeitliche Ablauf der Bewegung

Obwohl vom Beginn der Rutschung keine genauen Messungen vorliegen, kann doch aus verschiedenen Beobachtungen geschlossen werden, dass sich die Bewegung der oberen Teirlutschung am frühen Morgen des 8. April 1952 grösstenteils vollzogen hatte. Sowohl die obere als auch die seitlichen Abriss-Spalten auf der Höhe des Hallenweges hatten im wesentlichen bereits den nach beendet Rutschung vorhandenen Zustand erreicht. Der Rutschwulst der ausschliesslich von der oberen Teirlutschung erfassten westlichen Randscholle hatte seine Lage nach den ersten um 9 Uhr vorgenommenen Messungen nicht mehr verändert. Der Wulst der östlichen Randscholle hatte sich nur noch etwa 2 m vorgeschoben und war in der Nacht vom 8./9. April 1952 ebenfalls zum Stillstand gekommen.

2. Die mittlere Teirlutschung

a) Der westliche Abriss

Im westlichen Teil des Rutschgebietes verläuft der Hauptabriß der mittleren Teirlutschung in etwa 10 bis 25 m Distanz unterhalb der ursprünglichen Lage des Hallenweges (Profil E). Als Folge des durch den Gehängeschuttabbau künstlich geschaffenen Massendefizites (Profil C) sowie der örtlichen Form der Auflagerungsfläche des Gehängeschuttes (Profil B) ist dieser Abriss im Osten um rund 50 m nach vorne verschoben.

Der insbesondere beim westlichen Abriss in ausgeprägter Weise zu beobachtende staffelförmige Abbruch (Abb. 16 und 17) ist auf die gleichzeitige Bewegung der oberen und der mittleren Teirlutschung zurückzuführen. Der vorstossende Wulst der oberen Teirlutschung wurde beim Überfahren des Abrisses fortlaufend von der Bewegung der mittleren Teirlutschung erfasst und die vorher entstandenen Abriss-Spalten auf dem Rücken der abgleitenden Scholle talwärts getragen. Die absolute Lage des Abrisses blieb dabei unverändert. In bezug auf die abgleitende Scholle der oberen Teirlutschung verschob sich jedoch die relative Lage mit der Zeit weiter nach oben, so dass immer höhere Partien des ursprünglichen Abhanges vom Abriss erfasst wurden. Die tieferen bzw. die vorderen Spalten des staffelförmigen Bruchsystems entsprechen somit den ersten Abbrüchen der mittleren Teirlutschung, die oberste Spalte dagegen dem letzten Abbruch und damit der konstanten Lage der Abriss-Spalte.

Das anfänglich mit der oberen Teirlutschung abrutschende Gartenhaus war schon am Morgen des 8. April 1952 über den Abriss der mitt-

leren Teilrutschung geschoben und dabei talwärts schief gestellt worden (Abb. 22). Mit dem weiteren Abgleiten auf der mittleren Teilrutschung löste es sich um 11 Uhr von seinem Fundament und kollerte den Hang hinunter.

Eine letzte Phase des durch den Abriss der mittleren Teilrutschung erfolgten Bruches der vorstossenden oberen Scholle konnte am Hallenweg südöstlich des Bannwarthauses beobachtet werden. Der dort am



Abbildung 22. **Abriss West der mittleren Teilrutschung.** Durch mittlere Teilrutschung abgerissene Wulst der oberen Teilrutschung mit talwärts schiefgestelltem Gartenhaus.
Blick von Südosten. Photo BERTOLF, Basel, 8. April 1952, vormittags

Mittag des 8. April 1952 durch die Drehbewegung der oberen Teilrutschung bergwärts geneigte und von klaffenden Rissen bereits zerstörte (Abb. 16 und 23), aber doch noch begehbarer Weg brach erst im Laufe des Nachmittags in die Tiefe ab (Abb. 24).

Die separate Entstehung der oberen und der mittleren Teilrutschungen hängt eng mit der Beschaffenheit des anstehenden Untergrundes zusammen. Die Profile D und E lassen z. B. erkennen, dass die Gleitfläche der oberen Teilrutschung mit ihren oberen Partien an der Grenze zwischen dem Gehängeschutt und den *Sowerbyi*-Tonen liegt. Wie Beobachtungen im Leitungsgraben zwischen Rieserstrasse und Burghaldenstrasse nördlich des Rutschgebietes gezeigt haben, kann die Erosionsoberfläche der vorwiegend kalkigen *Murchisonae*-Schichten von früheren Anschwemmungen oder Kriechbewegungen ebenfalls mit tonigem Material der *Sowerbyi*-Schichten «verschmiert» sein. Dadurch

ist der Reibungswiderstand an der Untergrenze der Gehängeschuttdecke in ähnlicher Weise vermindert wie über den anstehenden *Sowerbyi*-Tonen. In den tieferen Lagen der *Murchisonae*-Schichten dürfte



Abbildung 23. Abriss West der mittleren Teiltrutschung. Beginnender Abriss der oberen Teiltrutschung südöstlich des Bannwarthauses. Hallenweg und Bannwarthaus durch die Drehbewegung der oberen Teiltrutschung schiefgestellt.

Photo Dr. W. SCHMASSMANN, 8. April 1952,
Mittag

durch jenen abgebrochene Schollenpartien den Abrutschung der dem westlichen Abriss entsprechenden Scholle über den östlichen Abriss konnte es deshalb westlich der Grube zu staffelförmigen Abbrüchen kommen (Abb. 16 und 17), deren relatives Rückwärtsschreiten noch am 8. April 1952 festzustellen war.

Östlich der Grube entstand eine hohe Abriss-Nische der mittleren Teiltrutschung (Abb. 17). Während der Gehängeschutt bei den übrigen innerhalb des Rutschgebietes gelegenen Abriss-Spalten und in der Grube aus fein- bis mittelkörnigem Material besteht, wurden durch diesen Abriss

dagegen die Erosionsoberfläche im allgemeinen ohne oder mit keiner durchgehenden Tonlage belegt sein, so dass sie dem Abgleiten grösseren Widerstand entgegengesetzt. Dieser Umstand erklärt, dass auf der Erosionsoberfläche des tieferen Teils der *Murchisonae*-Schichten in den Profilen D und E vermutlich keine Abgleitung stattgefunden hat (vgl. auch Profil B).

Erst dort, wo die Gehängeschuttdecke weiter unten wieder auf einen tonigen Untergrund, nämlich die *Opalinus*-Tone, zu liegen kommt, konnte es an ihrer Untergrenze erneut zur Ausbildung einer Gleitschicht kommen.

b) Der östliche Abriss

Die gegen Westen ausklingenden Teile des östlichen Abrisses verlaufen noch unterhalb des westlichen Abrisses und erfassen dabei eine bereits

vorwiegend grobblockige und z. T. ganze Bänke umfassende Gesteine des Hauptrogensteins und des unteren Doggers freigelegt, die hier früher durch eine grössere Rutschung oder Sackung abgelagert worden waren.



Abbildung 24. **Abriss West der mittleren Teirlutschung.** Abriss südöstlich des Bannwartshauses nach Stillstand der Rutschung.
Photo Polizeikommando Baselland, 10. April 1952, nachmittags

Der östliche Rand dieser Nische bildet zugleich die seitliche Grenze der mittleren Teirlutschung gegen die östliche Randscholle der oberen Teirlutschung.

Wie die östliche, seitliche Abriss-Spalte der oberen Teirlutschung ist auch diejenige der mittleren Teirlutschung durch die im anstehenden Untergrund vorhandene Verwerfung bedingt. Auf den westlich der Verwerfung vorkommenden *Opalinus*-Tonen war der an der Grenze zwischen Gehängeschutt und Felsuntergrund wirksame Reibungswiderstand erheblich geringer als auf den östlich der Verwerfung anstehenden Gesteinen.

c) Die Bewegung der «Gruben»-Scholle

Als «Gruben»-Scholle bezeichnen wir die zentrale Haupscholle der mittleren Teirlutschung. Die bei ihrer Abgleitung entstandenen Massenverlagerungen und Geländeneigungen lassen sich in den Profilen C und D annäherungsweise als eine 13° – 14° betragende Drehbewegung auf einer kreiszylindrischen Gleitfläche von etwa 140 bis 150 m Radius erklären. Die betreffenden Bewegungsdistanzen auf der

Gleitfläche liegen zwischen 30 und 40 m. Wie die Schiefstellung der Schauenburgerstrasse östlich der Gruben-Einfahrt (Abb. 25) zeigt, erreichte die Drehbewegung der randlichen Schollenpartien sogar einen Wert von mindestens 30° .

Die an der Grenze zwischen *Opalinus-Ton* und Gehängeschutt liegende Gleitfläche der mittleren Teirlutschung war nach Wiederauf-



Abbildung 25. **Mittlere Teirlutschung.** Durch Drehbewegung der abrutschenden Schollen hangwärts geneigte Schauenburgerstrasse östlich der Grube. Blick gegen Westen.
Photo DIERKS, Basel, 8. April 1952, vormittags

nahme des Gehängeschuttabbaues während des Sommers 1952 an zwei Stellen auf Koten zwischen etwa 356 und $356\frac{1}{2}$ m freigelegt worden (vgl. Abb. 13). Nach den Mitteilungen eines in der Grube beschäftigten Arbeiters soll man schon früher an der östlichen Abbauwand des vorderen Grubenteils, also etwa 20 m östlich der genannten Aufschlüsse, denselben «Letten» angetroffen haben. In den der Rutschung vorangehenden Monaten war dagegen der *Opalinus-Ton* an keiner Stelle aufgeschlossen. Die später an den beiden erwähnten Stellen freigelegte Oberfläche des Anstehenden lag damals rund 2,5 m unter der Grubensohle. Diese Sohle stieg mit flachem Gefälle gegen hinten an, ohne dass der anstehende Untergrund angeschnitten worden wäre. Auch in dem bei einer früheren Ausbeutung im vorderen Grubenteil ausgehobenen, lokal unter das allgemeine Sohlenniveau reichenden Loch war sehr wahrscheinlich nur Gehängeschutt angetroffen worden. Nach diesen Beobachtungen steigt also die Oberfläche des anstehenden Untergrundes unter dem ehe-

maligen Grubenareal bergwärts, d. h. in nordöstlicher Richtung, höchstens sehr flach an. Dagegen muss ein Ansteigen gegen Osten, also gegen den durch die *Murchisonae*-Schichten gebildeten Geländesporn, als wahrscheinlich betrachtet werden. Auf die Unebenheiten der Grenzfläche zwischen *Opalinus*-Ton und Gehängeschutt ist jedenfalls auch zurückzuführen, dass die Richtung der beim einen *Opalinus*-Ton-Aufschluss sichtbaren Rutschstreifen ($N\ 247^{\circ}\ E$) von der allgemeinen Bewegungsrichtung abweicht. Die Richtung des grössten Gefälles der Gleitfläche wichen an dieser Stelle $260^{\circ}\ E$ von der Nordrichtung ab, und der Winkel ihrer grössten Neigung betrug 16° .

Im Endzustand der Rutschung bestand die Masse der «Gruben»-Scholle zu einem wesentlichen Teil aus dem vorgeschobenen Wulst der oberen Teirlutschung (Profil C). Der Wulst der «Gruben»-Scholle war dagegen am Abriss der unteren Teirlutschung abgebrochen.

d) Die Bewegung der «Gartenhaus»-Scholle

In entsprechender Weise wie bei der oberen Teirlutschung haben sich bei der mittleren Teirlutschung zwei randliche Schollen gebildet, deren Wülste zum Teil den vorderen Rand der Gesamtrutschung bilden. Die westliche Randscholle der mittleren Teirlutschung, auf welcher das Gartenhaus nach seinem Vorschieben über die Abriss-Spalte abrutschte, wollen wir als «Gartenhaus»-Scholle, die östliche Randscholle in Anlehnung an den Namen der angrenzenden Flur als «Stein»-Scholle bezeichnen.

In ihrem Abrissgebiet ist die «Gartenhaus»-Scholle durch den staffelförmigen Abbruch des auf sie übergeschobenen Wulstes der oberen Teirlutschung gekennzeichnet (Abb. 16 und 17). Unterhalb dieses überschobenen Wulstes wird sie durch in der Bewegungsrichtung verlaufende Verschiebungsklüfte in mehrere Teilschollen aufgelöst, die von Westen nach Osten eine zunehmende Bewegungsdistanz aufweisen. Diese Eigenheit hängt mit der in der betreffenden Richtung mächtiger werdenden Gehängeschuttdecke und der damit wachsenden Tiefe der Gleitfläche zusammen. Als Folge der gegen Osten zunehmenden Massenverlagerungen wurde der östliche Teil der sich vorschreibenden «Gartenhaus»-Scholle noch vom Abriss der unteren Teirlutschung erfasst.

Im westlichen Teil ist dagegen nur eine geringmächtige Gehängeschutt-Decke vorhanden, so dass z. B. die Gleitschicht in der seitlichen Abriss- und Verschiebungsplatte am Neusetzweg während der Rutschung in etwa $1\frac{1}{2}$ m Tiefe zu beobachten war. Unter diesen Umständen konnte

es im Wulstgebiet der westlichen Teilschollen der «Gartenhaus»-Scholle nicht zur Ausbildung eines der unteren Teilrutschung entsprechenden grösseren Abrisses kommen. Innerhalb der flachgründigen Rutschablagerung entstanden lediglich einzelne lappenförmig übereinandergreifende Rutschwülste (Abb. 16).

Die Drehbewegung der Scholle war zu Beginn der Rutschung an der gegen den Berg gerichteten Neigung der Neusetzstrasse, der Schauen-



Abbildung 26. **Mittlere Teilrutschung.** Durch Drehbewegung gegen Hang geneigte Rutschschollen am Neusetzweg. Verschiebungsspalte in der Fortsetzung des seitlichen Abrissrandes der unteren Teilrutschung (vordere Scholle später von unterer Teilrutschung erfasst!). – Oben: Durch Abriss der mittleren Teilrutschung zerbrochener Wulst der oberen Teilrutschung mit schiefgestelltem Gartenhaus.

Photo Polizeikommando Baselland, 8. April 1952, vormittags

burgerstrasse sowie der Rebäcker zu erkennen (Abb. 26). Im Laufe der weiteren Bewegung wurde diese Erscheinung durch die stattfindenden Überlappungen einzelner Wülste teilweise wieder zerstört.

e) Die Bewegungen der «Stein»-Scholle

Die «Stein»-Scholle beginnt oben an der hohen Abriss-Fläche östlich der Grube. Die sich aus der Ableitung der Bewegung auf einer kreiszyklindrischen Gleitfläche für den Radius dieser Fläche, den Drehwinkel und die Bewegungsdistanz ergebenden Werte entsprechen etwa den mittleren Verhältnissen der zentralen «Gruben»-Scholle. Im Unterschied

zu jener wurde jedoch der Wulst nicht von der unteren Teirlutschung erfasst, sondern direkt auf das unbewegte Vorgelände aufgeschoben (Abb. 27).

Zu Beginn der Bewegung war die Grenze zwischen der «Gruben»-Scholle und der «Stein»-Scholle vor allem dadurch gekennzeichnet, dass die Schauenburgerstrasse in den randlichen Partien der ersten wesentlich stärker schief gestellt war als auf der letzteren (Abb. 25, 31).



Abbildung 27. **Mittlere Teirlutschung.** Überschiebung des Wulstes der «Stein»-Scholle auf die Weinhagstrasse am südöstlichen Rand der Rutschung.

Photo Polizeikommando Baselland, 9. April 1952, vormittags

f) Der zeitliche Ablauf der Bewegungen

Am frühen Morgen des 8. April 1952 war im Gegensatz zur oberen Teirlutschung erst ein Bruchteil der bis zum 9. April 1952 stattgefundenen Gesamtbewegung der mittleren Teirlutschung erfolgt. Ein Vergleich der am 8. April 1952 und der am 9. April 1952 nach dem Stillstand der Bewegung aufgenommenen Photographien zeigt insbesondere die erhebliche Verstärkung der Abrisse unterhalb des Bannwarthauses sowie östlich der Grube sehr deutlich (Abb. 16, 17). Auch ein Vergleich des Abbruches der Schauenburgerstrasse an der östlichen Abriss- und Verschiebungs-Spalte vom Vormittag des 8. April 1952 (Abb. 28) mit demjenigen bei beendeter Rutschung (Abb. 29) lässt die vor allem am Nachmittag des 8. April 1952 und in der Nacht zum 9. April 1952 erfolgten Bewegungen klar erkennen. Entsprechend dem zeitlichen Ablauf der

Bewegungen im Abriss-Gebiet waren die Wülste der beiden randlichen Schollen der mittleren Teilrutschung nach dem Morgen des 8. April 1952 noch beträchtlich auf das unbewegte Gelände vorgeschoben worden (Abb. 7).



Abbildung 28. **Abriss Ost der mittleren Teirlutschung.** Südöstliche, seitliche Abriss- und Verschiebungsspalte bei Beginn der Rutschung. Gerätehäuschen (links auf dem Bilde) noch nicht zerstört. Photo DIERKS, 8. April 1952, vormittags



Abbildung 29. **Abriss Ost der mittleren Teirlutschung.** Südöstliche seitliche Abriss- und Verschiebungsspalte nach Stillstand der Rutschung. Photo Polizeikommando Baselland, 10. April 1952, nachmittags

Nach den reichlichen Herbst-Niederschlägen war Ende November 1952 am nordwestlichen Rande des Rutschgebietes zwischen Neusetzstrasse und Schauenburgerstrasse eine lokale Rutschung (Abb. 30) niedergegangen, die ausser einem Teil des vordersten Wulstes der «Gartenhaus»-Scholle auch bei der grossen Rutschung unbewegtes Vor-



Abbildung 30. **Rutschung vom November 1952** am nordwestlichen Rand des Rutschgebietes zwischen Neusetzstrasse und Schauenburgerstrasse. Überschiebung des Wulstes auf die Schauenburgerstrasse. Photo des Verf. 6. Dezember 1952

gelände erfasste. Dieses Ereignis zeigt, dass die Massenverlagerungen der grossen Rutschung zu Stabilitäts-Störungen geführt haben, die sich während der Hauptbewegung noch nicht ausgewirkt hatten.

3. Die untere Teirlutschung

a) Der Abriss

Westlich der Grube ist der Abriss der unteren Teirlutschung als staffelförmiger Abbruch deutlich zu erkennen (Abb. 17). Im Endzustand der Rutschung reichte er von der Schauenburgerstrasse bis über die Neusetzstrasse hinaus. Am frühen Nachmittag des 8. April 1952 (Abb. 16) war die Neusetzstrasse im betreffenden Gebiet vom Abriss noch nicht erfasst. Erst durch die weitere Bewegung der mittleren Teirlutschung wurden laufend höhere Partien des ursprünglichen Abhangs über den Abriss geschoben und an diesem abgebrochen.

Unterhalb der Grube erscheint der Abriss um etwa 15 bis 20 m vorgeschoben. Wir können somit hier ähnliche Verhältnisse wie beim Ab-

riss der mittleren Teirlutschung feststellen. Das durch die Gehängeschutt-Ausbeutung künstlich geschaffene Massendefizit verhinderte auf der Höhe des westlich davon entstandenen Abrisses eine zur Auslösung des Bruches ausreichende Massenauflagerung. Der durch die Drehbewegung der mittleren Teirlutschung zunächst bergwärts geneigte vor-



Abbildung 31. **Abriss der unteren Teirlutschung.** Bergwärts schiefgestellte Schollen der mittleren Teirlutschung an der Schauenburgerstrasse, östlich der Grube, vor Erreichen des Abrisses der unteren Teirlutschung.
Photo des Verf., 8. April 1952, etwa 10 Uhr

dere Teil der Grubensohle wurde deshalb nicht oder nur in untergeordnetem Masse durch Brüche verstellt. Die beim Stillstand der Rutschung vorhandene Neigung dieser Sohle gegen das Tal ist durch ein Nachgleiten der Schuttmassen gegen den Abriss der mittleren Teirlutschung zu erklären, das durch den nachstossenden Wulst der oberen Teirlutschung gefördert wurde.

Östlich der Grube springt das staffelförmige Bruchsystem des Abrisses wieder bergwärts zurück, ist aber nicht in so ausgeprägter Weise entwickelt wie westlich der Grube. Doch war hier das in bezug auf die abgleitende mittlere Teirlutschung relative Rückwärtsschreiten des Abrisses der unteren Teirlutschung besonders eindrücklich demonstriert worden. Die durch die Drehbewegung der mittleren Teirlutschung noch am Vormittag des 8. Aprils 1952 bergwärts schiefgestellte Schauenburgerstrasse (Abb. 25, 31) wurde im Laufe des Nachmittags desselben Tages über den Abriss der unteren Teirlutschung geschoben und durch

das Überschneiden der primären, in der Bewegungsrichtung verlaufenden Spalten mit den senkrecht zur Bewegungsrichtung stehenden Abriss-Spalten in zahllose kleine Schollen aufgelöst (Abb. 32).

b) Die Bewegung der «Bunker»-Scholle

Bei der unteren Teirlutschung lassen sich vier verschiedene Hauptschollen unterscheiden. Auf der westlichsten erfolgt die Bewegung des



Abbildung 32. **Abriss der unteren Teirlutschung.** Die auf Abbildung 31 wiedergegebene Partie nach Überschiebung über den Abriss der unteren Teirlutschung.
Photo des Verf., 9. April 1952

aus dem zweiten Weltkrieg stammenden militärischen Bunkers mit seiner, ursprünglich der mittleren Teirlutschung angehörenden Gehängeschutt-Unterlage. Sie wird deshalb als «Bunker»-Scholle bezeichnet.

Aus den unterhalb der überschobenen Wülste der mittleren Teirlutschung zu beobachtenden Neigungen des Geländes und der Schauenburgerstrasse lässt sich im Profil E auf eine über 30° betragende Bewegung auf einer nur etwa 60 m Radius besitzenden kreiszylindrischen Gleitfläche schliessen. Eine Besonderheit der «Bunker»-Scholle ist jedoch, dass der Abriss an der sich aus dieser Kreiszylinderfläche hypothetisch ergebenden Lage nur andeutungsweise effektiv festzustellen ist. Eine Erklärung für diese Erscheinung ist möglicherweise darin zu suchen, dass die Bewegungsdistanz auf der Gleitfläche der mittleren Teirlutschung mit 32 bis 34 m derjenigen der unteren Teirlutschung ent-

spricht, so dass es bei gleichförmigem Abgleiten des Wulstes der «Gartenhaus»-Scholle über den Abriss der «Bunker»-Scholle zu keinem Bruch kommen konnte (Profil E).

Der Bunker war jedenfalls bald nach Beginn der Rutschung mit dem Wulst der mittleren Teirlutschung auf die untere Teirlutschung geschoben worden, so dass er schon am Vormittag des 8. Aprils 1952 – als die Bewegungsdistanz der «Bunker»-Scholle noch gering war – gegen das Tal zu geneigt war. Die Ausbildung eines durch Verschiebungs-



Abbildung 33. Untere Teirlutschung. Verschiebungsspalte zwischen «Doppelwohnhaus»-Scholle einerseits und «Bunker»-Scholle bzw. Vorgelände andererseits an der Weinhagstrasse. Hinten: «Doppelwohnhaus»-Scholle mit Doppelwohnhaus. Vorne links: «Bunker»-Scholle. Vorne rechts: Vorgelände. Photo DIERKS, 8. April 1952, etwa 11 Uhr

Spalten von den benachbarten Teilschollen getrennten, gegenüber diesen eine grössere Bewegungsdistanz aufweisenden, langgestreckten Schollen-Streifens oberhalb des Bunkers ist vermutlich auf die durch dieses Objekt hervorgerufene zusätzliche Belastung zurückzuführen. Diese mag auch zur erheblichen, einen mächtigen Wulst erzeugenden Drehbewegung der Scholle beigetragen haben.

Im Gegensatz zu den übrigen Hauptschollen der unteren Teirlutschung war der erste Wulst der «Bunker»-Scholle nicht unterhalb, sondern oberhalb der Weinhagstrasse aufgetreten (Abb. 16 und 33). Die Strasse war deshalb nicht mit abgerutscht, sondern wurde durch den sich auf das Vorgelände überschiebenden Wulst verschüttet (Abb. 17 und 34).

c) Die Bewegung der «Doppelwohnhaus»-Scholle

Das staffelförmige Abrissgebiet westlich der Grube entspricht dem oberen Ende der «Doppelwohnhaus»-Scholle. Deren Name wurde nach dem auf ihrem Wulst fortgetragenen Doppelwohnhaus an der Weinhagstrasse gewählt.

Der Wulst der mittleren Teirlutschung wurde infolge der durch diese erfassten mächtigen Gehängeschuttmassen weit über den Abriss der unteren Teirlutschung vorgeschoben. Dabei kam es durch die Summation



Abbildung 34. Untere Teirlutschung. Überschiebung des Wulstes der «Bunker»-Scholle auf die Weinhagstrasse. Photo Polizeikommando Baselland, 9. April 1952, nachmittags

der Bewegungsdistanzen von mittlerer und unterer Teirlutschung bei den betroffenen Hangpartien zu den grössten im Rutschgebiet beobachteten und über 50 m betragenden Horizontalverschiebungen. Innerhalb des überschobenen Wulstes der mittleren Teirlutschung entstand eine grössere lappenförmige Überschiebung, so dass sich das Bild von zwei übereinanderliegenden Rutschwülsten ergibt (Abb. 17). Durch die vorstossenden Wülste der mittleren Teirlutschung wurden oberhalb der Weinhagstrasse ausserdem Gehängeschuttmassen der unteren Teirlutschung aufgeschürft, die gegen Ende der Rutschbewegung die Weinhagstrasse oberhalb des Doppelwohnhauses teilweise verschütteten.

Beim Doppelwohnhaus selbst war die Rutschbewegung sehr eindrücklich zu verfolgen. Am frühen Morgen des 8. Aprils 1952, als die

untere Teirlutschung erst einen bescheidenen Teil ihres Weges zurückgelegt hatte, wurden von Herrn BERTOLF, Photograph in Basel, zwei Bilder aufgenommen, von denen das eine (Abb. 35) den unweit unterhalb des Hauses aufstossenden Rutschwulst zeigt. Durch die Drehbewegung der abrutschenden Scholle war das Gebäude bergwärts geneigt. In dieser Richtung stürzte es dann um 0930 Uhr ein. Der west-



Abbildung 35. Untere Teirlutschung. Doppelwohnhaus und Wulst der unteren Teirlutschung nach Beginn der Bewegung. Photo BERTOLF, 8. April 1952, etwa 6 Uhr

liche Teil des Hauses fiel dabei nicht vollständig in sich zusammen und die Wände behielten weiterhin eine gegen die Böschung gerichtete Neigung bei (Abb. 33). Mit der weiteren Überschiebung des Wulstes über das Vorgelände wurde dann die Neigung der noch über das Gelände hinausragenden Trümmer des Hauses gegen das Tal zu abgedreht (Abb. 36), und erst später waren auch diese vollends eingestürzt.

Die «Doppelwohnhaus»-Scholle ist die am weitesten nach vorne geschobene der innerhalb der unteren Teirlutschung unterschiedenen Schollen. Die sich bei Annahme einer kreiszylindrischen Gleitfläche ergebende Drehbewegung ist in dem durch sie gelegten Profil D mit etwa 18° geringer, der Radius der betreffenden Gleitlinie aber mit fast 100 m erheblich grösser als in den durch die beiden benachbarten Schollen gelegten Profilen C und E.

Gegen die östlich anschliessende «Depressions»-Scholle ist die grössere Bewegungsdistanz der «Doppelwohnhaus»-Scholle an der Verschiebung der Weinhagstrasse gut zu erkennen (Abb. 17 und 36).

Am westlichen Rand der «Doppelwohnhaus»-Scholle bildete sich anfänglich eine Verschiebungskluft gegen das unbewegte Vorgelände, an welcher die Weinhagstrasse verschoben wurde (Abb. 33). Weiter oben



Abbildung 36. **Untere Teilrutschung.** Doppelwohnhaus und Weinhagstrasse von Osten. Verschiebung der Weinhagstrasse durch Verschiebungskluft zwischen «Doppelwohnhaus»-Scholle und «Depressions»-Scholle. Trümmer des Doppelwohnhauses infolge Überschiebung des Wulstes gegen die Talseite gekippt.

Photo Dr. W. SCHMASSMANN, 8. April 1952, Mittag

wurde der Wulst der «Doppelwohnhaus»-Scholle seitlich durch den gleichzeitig vorstossenden Wulst der «Bunker»-Scholle gestaut, wodurch es am westlichen Rand der ersteren zu einer Aufbiegung kam.

d) Die Bewegung der «Depressions»-Scholle

Die östlich an die «Doppelwohnhaus»-Scholle anschliessende Scholle der unteren Teilrutschung wird als «Depressions»-Scholle bezeichnet, weil durch ihre Drehbewegung die grösste Geländedepression entstanden war. Diese beträgt gegenüber der Wulst-Kulmination über 4 m.

Das obere Ende der Scholle liegt dort, wo der Abriss der unteren Teilrutschung unterhalb der Grube infolge des durch den Gehängeschutt-Abbau künstlich geschaffenen Massendefizits nach vorne springt.

Auf das Fehlen der bereits beim Abbau entfernten Gehängeschuttmassen muss auch zurückgeführt werden, dass der Wulst der mittleren Teirlutschung im Bereiche der «Depressions»-Scholle weniger weit als in demjenigen der «Doppelwohnhaus»-Scholle vorstieß und die entstandene Depression nicht aufzufüllen vermochte. Die Depression stellt also gewissermassen ein am tieferen Abhang entstandenes Abbild der Grube dar.



Abbildung 37. **Untere Teirlutschung.** Weinhagstrasse, durch Drehbewegung der «Depressions»-Scholle bergwärts geneigt. Strasse durch Verschiebung gegen «Doppelwohnhaus»-Scholle und gegen den auf derselben vorstossenden Wulst der mittleren Teirlutschung abgeschnitten. Photo JECK, Basel, 8. April 1952, nachmittags

Im Profil C beträgt die Drehung unter Annahme einer kreiszylindrischen Gleitfläche von etwa 54 m Radius 26° , was genau mit der gemessenen Neigung des Mäuerchens am bergseitigen Rande der Weinhagstrasse übereinstimmt. Dass lokal noch grössere Drehungen vorgekommen sind, zeigt die etwa 20 m westlich der Profillinie über der tiefsten Depression gemessene Neigung desselben Mäuerchens (Abb. 37) von 40° . Wie die westlich der «Doppelwohnhaus»-Scholle gelegene «Bunker»-Scholle, ist somit auch die östlich anschliessende «Depressions»-Scholle durch einen kleinen Radius der Gleitlinien und einen grossen Winkel der Drehbewegung gekennzeichnet.

Beim Vorstoss des Wulstes auf das Vorgelände entstanden durch die Dehnung grosse, senkrecht zur Bewegungsrichtung verlaufende klaffende Spalten, die übrigens auch bei den anderen grossen Wülsten beobachtet werden konnten und die zum Teil den Abriss kleinerer Se-

kundärrutschungen vorzeichneten. Diese Nachrutschungen überschoben sich nicht überall direkt auf das Vorgelände, sondern schürften lokal auch die Humusdecke des letzteren auf.

e) Die Bewegung der Zwischenscholle

Die sogenannte Zwischenscholle war östlich der Grube abgerissen und wurde bei ihrem Abgleiten zwischen die gleichzeitig vorstossenden Rutschmassen der «Depressions»-Scholle und der «Stein»-Scholle eingeschwängt. Durch die grosse Drehbewegung erhielt sie dabei entsprechend der «Depressions»-Scholle eine starke Steilstellung gegen die ursprüngliche Böschung. Zudem erfuhr sie durch die am östlichen Rand gegen den Wulst der «Stein»-Scholle wirksame Stauung eine seitliche Aufbiegung. Als Resultierende der normalen Drehbewegung und der seitlichen Stauung wurde die Scholle schräg zur Bewegungsrichtung steil gestellt.

Durch die mit der starken Schiefstellung verbundene beträchtliche Aufschiebung der Zwischenscholle wurde der Gehängeschutt an der Verschiebungskluft gegen die «Depressions»-Scholle auf mehrere Meter Höhe freigelegt (Abb. 17), wobei es am so entstandenen Gefällsbruch zu kleinen Nachrutschungen kam.

f) Der zeitliche Ablauf der Bewegungen

Wie bei der mittleren Teiltrutschung war auch bei der unteren Teiltrutschung am frühen Morgen des 8. April 1952 erst ein kleiner Teil der Gesamtbewegung erfolgt. Noch um 11 Uhr war die Weinagstrasse an der westlichen Verschiebungskluft der «Doppelwohnhaus»-Scholle erst um etwa eine Strassenbreite, das heisst, um rund 3 m verschoben (Abb. 33), wovon nach den Messungen etwa die Hälfte auf die zwei vorangegangenen Stunden entfällt. Somit verbleibt an dieser Stelle eine bis um etwa 9 Uhr erfolgte Bewegung von 1 bis 2 m, während die Gesamtbewegung rund 25 m beträgt. Auch ein Vergleich des Verlaufs des unteren Rutschrandes und der ursprünglichen Lage des Doppelwohnhauses (Abb. 7) zeigt, dass dort die um 9 Uhr bereits erfolgte Bewegung nur wenige Meter betragen kann.

Um die Geschwindigkeit der Bewegung zu kontrollieren und um damit Anhaltspunkte über die Dringlichkeit eventueller weiterer Evakuierungen zu gewinnen, wurden auf meine Veranlassung durch das Feuerwehrkommando ab 15.15 Uhr periodisch die Distanzen des Vorder-

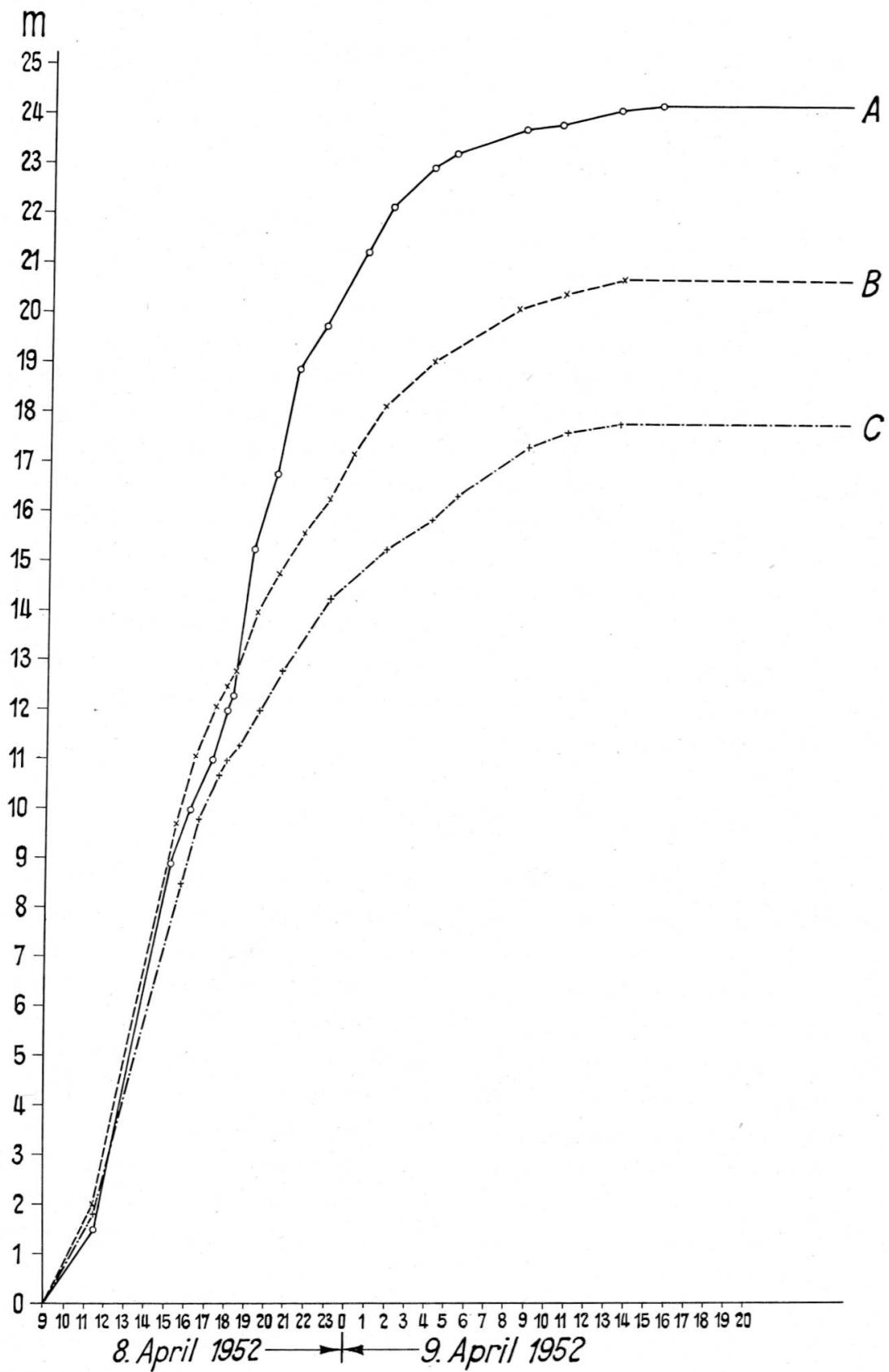


Abbildung 38. Zeit-Weg-Diagramm der Bewegung am unteren Rand der Rutschung.

randes der Rutschung von drei jenseits des Baches gelegenen Fixpunkten aus gemessen. Diese Messungen sowie diejenigen von Herrn Geometer HABISREUTINGER dienen als Grundlage für die auf Abb. 38 gegebene Darstellung der Bewegung des vorderen Rutschrandes. Für alle drei Profile ist dabei der Stand im Zeitpunkt der ersten Vermessung als Nullpunkt gewählt. Ferner sind auf Abb. 39 die aus den Messungen interpolierten zweistündigen Mittel der Geschwindigkeit und die sich aus den betreffenden Werten ergebenden Geschwindigkeitsänderungen (Beschleunigung bzw. Verzögerung) dargestellt.

Man erkennt, dass die grösste Beschleunigung in allen Profilen etwa um 11.30 Uhr stattfand. Ein erstes Geschwindigkeits-Maximum trat bei A und B etwa zwischen 13 und 14 Uhr, bei C etwa zwischen 14 und 15 Uhr auf. Dann erfolgte eine starke Bewegungsverzögerung, die ihr Maximum bei A etwa um 15 Uhr, bei B etwa um 16.30 Uhr und bei C etwa um 17.30 Uhr erreichte. Ab 18 Uhr kann die Geschwindigkeitskurve bei B und C angenähert als diejenige einer gleichförmig verzögerten Bewegung mit einer Beschleunigung von $a = \text{ca. } -0,04 \text{ m. Std.}^{-2}$ aufgefasst werden. Im Gegensatz dazu erfolgte bei A ab 17 Uhr erneut eine Beschleunigung der Bewegung, wobei das zweite Geschwindigkeits-Maximum etwa um 19 Uhr erreicht wurde. Der effektiv gemessene Maximalwert wurde dabei zwischen 18.15 und 19.50 Uhr mit 3,0 m/Std. festgestellt. Diese Beschleunigung hing jedenfalls mit einer lokalen Besonderheit zusammen. Solche Besonderheiten kamen auch an anderen Stellen des vorderen Rutschrandes vor und können auf die sekundären Abrutschungen im Rutschwulst zurückgeführt werden. Nach 19 Uhr wurde die Bewegung wieder verzögert, wobei die Verzögerung etwa um 21.30 Uhr ihren Maximalwert erreichte. Von diesem Zeitpunkt an näherte sich die Geschwindigkeitskurve auch bei A derjenigen einer gleichförmig verzögerten Bewegung.

In der Nacht vom 8./9. April 1952 hatte sich der Wulst der «Doppelwohnhaus»-Scholle dem Oekonomiegebäude des Bauernhauses genähert. Durch den entstandenen Druck war dabei eine gewisse Verschiebung der bergseitigen Umfassungsmauern erfolgt, die auch zu kleinen Rissbildungen führte. Dank des nachlassenden Druckes traten jedoch keine weiteren Schäden mehr auf.

Nach 13.30 Uhr des 9. April 1952 war die Bewegung zum Stillstand gekommen. Die Messungen in den Profilen wurden noch bis zum 14. April 1952 fortgesetzt, ohne dass – abgesehen von einer eng lokalisierten Nachrutschung bei A – noch irgendwelche Bewegungen festgestellt werden konnten.

Drei lokale Nachrutschungen, die zwischen 19 Uhr des 9. April 1952 und 8 Uhr des 10. April 1952 den vorderen Rutschrand noch um 1–2 m vorzuschieben vermochten, sind aus Abb. 7 ersichtlich.

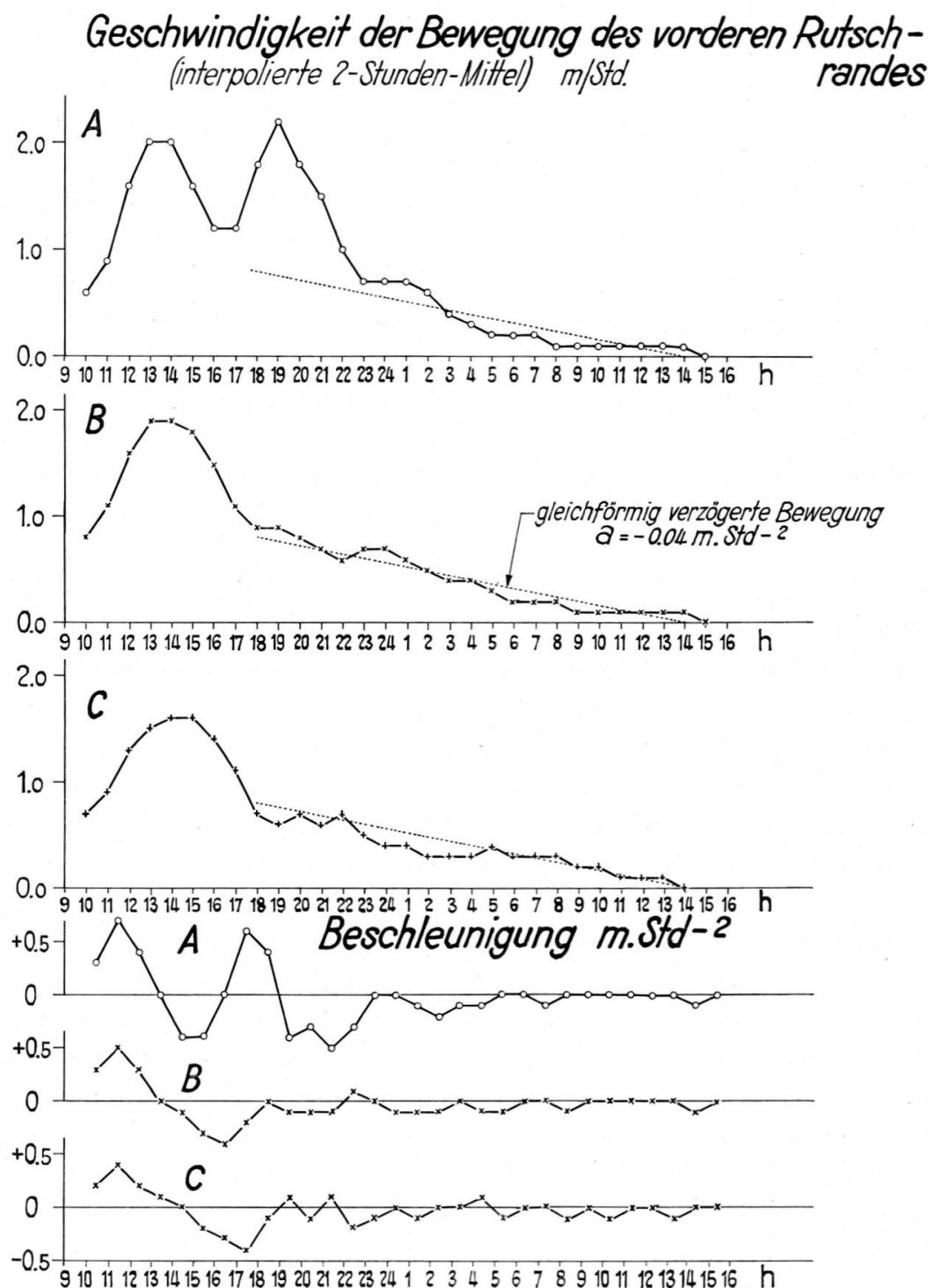


Abbildung 39. Geschwindigkeit und Beschleunigung der Bewegung am unteren Rand der Rutschung.

Die erwähnte, durch die Kontrollmessungen nachgewiesene Nachrutschung im Profil A fand zwischen dem 13. April 1952 (8 Uhr) und dem 14. April 1952 (11 Uhr) statt und schob den Rand der Rutschung um 1,7 m vor.

D. Die Wasseraustritte innerhalb und ausserhalb des Rutschgebietes

1. Wasseraustritte im Rutschgebiet

Nach den aussergewöhnlich starken Niederschlägen von Ende März und vom 1. April waren die der Rutschung unmittelbar vorangehenden Tage seit dem 2. April vollständig trocken. Diese Trockenperiode dauert bis zum 19. April.

Wenn man sich die erhebliche Wasserführung der meisten aus dem Jura bekannten Rutschungen in Erinnerung ruft, muss es als eine der auffallendsten Erscheinungen der Wartenberg-Rutschung bezeichnet werden, dass innerhalb des Rutschgebietes nur sehr bescheidene Wasseraustritte zu beobachten waren. Die Oberfläche der Rutschmasse war überall trocken, so dass man bei der Begehung nur staubige Schuhe bekam, keine feuchte Erde aber an diesen haftete.

Am Morgen des 7. April 1952 war an der hinteren Wand der Gehängeschuttgrube ein Wasseraustritt beobachtet worden, der wahrscheinlich schon am Vortage vorhanden gewesen war, im Laufe des 7. April 1952 aber dann wieder versiegte. Aus dem zeitlichen Auftreten und der Lage des Austrittes ergibt sich, dass das Wasser vom Unterbruch der Leitung des Hallenweges stammte, der sich am 6. April 1952 etwa 70 m östlich der Austrittsstelle ereignet hatte. Der Wasseraustritt erfolgte etwa 2 m über der Grubensohle, obwohl an der Wand auch darunter noch der durchlässige Gehängeschutt angeschnitten war. Mangels sicherer Anhaltspunkte lässt sich nicht entscheiden, ob der Austritt durch einen relativ durchlässigeren Horizont veranlasst worden war oder ob das Wasser seinen Weg durch die Kalke der *Murchisonae*-Schichten gefunden hatte und als Schichtquelle unweit hinter der Grubenwand an der Grenze *Murchisonae*-Schichten/*Opalinus*-Tone ausgetreten war.

Im Laufe des Nachmittags stellte ich am 8. April 1952 oberhalb und in der Neusetzstrasse am nordwestlichen Rutschrand an drei Stellen Anzeichen von Wasser fest. Ein eigentlicher Wasseraustritt war indessen nicht zu beobachten. Das Wasser vermochte nur den im übri-

gen Rutschgebiet trockenen Boden breiartig zu durchfeuchten und stand z. T. mit freigelegtem Spiegel in Spalten.

Nachdem der Abbau in der Gehängeschuttgrube im Sommer 1952 wieder aufgenommen worden war, wurde beim Anschneiden der *Opalinus*-Tone auch etwas Wasser angetroffen, das sich in einem kleinen in die Tone vorgetriebenen Graben sammelte.

2. Wasseraustritte am unteren Rande des Rutschgebietes

Am 10. April 1952 traten gegen Abend, als die Rutschung schon mehr wie einen Tag zum Stillstand gekommen war, grössere Wassermengen am unteren Rande der Rutschmasse hinter dem Bauernhaus aus. Bereits am gleichen Tage war nordwestlich dieses Hauses ein weiterer Wasseraustritt ebenfalls am unteren Rande der Rutschmasse entstanden, der zunächst aber nur geringe Wassermengen lieferte. Während der Austritt hinter dem Bauernhaus abnahm und nach einigen Tagen versiegte war, nahm die vom nordwestlichen Austritt gelieferte und nach kurzem Lauf wieder versickernde Wassermenge bis zum 12. April 1952 stark zu. Wie sich später herausstellte, war der von der Hauptleitung in der Weiherstrasse abzweigende Wasserleitungsanschluss des Doppelwohnhauses zerstört worden. Dieser Anschluss war am 6. April 1952 durch den Brunnmeister an der fünf Tage vorher reparierten Stelle unterbrochen und abgestellt worden. Durch die weiteren Bewegungen wurde die Leitung demnach weiter unten zerstört, wodurch jedenfalls unweit hinter dem vorderen Rutschrand Wasser austrat. Nachdem der Zufluss von der Hauptleitung zur Anschlussleitung abgestellt war, verschwand auch der Wasseraustritt. Ob auch schon der Wasseraustritt hinter dem Bauernhaus durch den Bruch der Anschlussleitung bedingt war oder ob es sich dort um einen natürlichen Zufluss aus dem Rutschgebiet handelte, liess sich nicht sicher ermitteln.

3. Wasseraustritte in der Umgebung des Rutschgebietes

Während der Rutschbewegung floss Wasser längs des bergseitigen Randes der Weiherstrasse beim und westlich des Bauernhauses. In nassen Zeiten sollen diese Wasseraustritte schon früher immer vorhanden gewesen sein. Am 10. April 1952 waren sie versiegten.

Mit der Rutschbewegung waren Wasseraustritte auch an anderen Orten des Vorgeländes aufgetreten, wo bisher keine solchen zu beobachtet gewesen sein sollen, so in der Wiese östlich des Mühlehofes (Koord.

615.790/262.890) und am bergseitigen Rand der Mühlackerstrasse (Koord. 615.820/262.775, sowie ober- und unterhalb davon). Diese Wasseraustritte sind durch den Druck der Rutschung auf den Porenwasser führenden Untergrund des Vorgeländes zu erklären. Vermutlich wurde durch diesen Vorgang auch die Ergiebigkeit der Quelle in der Grendelmatt (Koord. 616.040/262.625) erhöht.

E. Der Ablauf der Gesamtbewegung

Mit Ausnahme einer lokalen Abrutschung am Steilhang oberhalb des Bannwarthauses waren alle aus der niederschlagsreichen Jahresreihe 1935–1941 überlieferten Rutsch-Ereignisse im Gebiet der späteren, direkt auf das Vorgelände überschobenen «Gartenhaus»-Scholle der mittleren Teilrutschung sowie in demjenigen der späteren unteren Teilrutschung erfolgt. Wie die Unterbrüche und Verbiegungen der Leitungsrohre beim Doppelwohnhaus und in der Schauenburgerstrasse zeigen, hatten auch während der grossen Rutschung vorangegangenen Monate im unteren Teil des Rutschgebietes erhebliche Verschiebungen stattgefunden. Diese Verhältnisse lassen darauf schliessen, dass die ersten, die grosse Rutschung einleitenden Bewegungen im Bereiche der unteren Teilrutschung und der von dieser nicht erfassten westlichsten Scholle der mittleren Teilrutschung erfolgt waren.

Dank der geringen Geschwindigkeit des Vorganges vermochten jedoch die jeweils höheren Partien der Gehängeschuttdecke durch Kriechbewegungen die entstandenen Massendefizite laufend zu ersetzen, so dass es an der Oberfläche des tieferen Abhanges zu keinen oder nur zu lokalen Bruchbildungen kam. Eine durchgehende Abriss-Spalte konnte erst am oberen Ende der späteren Rutschung entstehen, wo die Kriechbewegung des ganzen Hanges mit der nach oben auskeilenden Gehängeschuttdecke unterbrochen wurde.

Durch den Bruch wurden zunächst vor allem die im Bereiche der oberen Teilrutschung einer Ableitung entgegenwirkenden Widerstandskräfte und damit die Stabilität der betreffenden Schollen vermindert. Die obere Teilrutschung ging dadurch als erste von den langsamen Kriechbewegungen in die rascheren Gleitbewegungen über. Nach der einmal eingeleiteten Bewegung belastete jede vorstossende Teilrutschung den Kopf der nächstunteren Teilrutschung und beförderte damit deren Ableitung. Gleichzeitig glitt mit ihr der Fuss der nächsthöheren Teilrutschung ab, so dass auch deren zur Abrutschung drängenden Kräfte erhöht wurden. Mit Beginn der ersten Bewegungen hatte somit zwischen

den einzelnen Teilrutschungen eine ständige Wechselwirkung eingesetzt. Erst als am gesamten Abhang das Gleichgewicht zwischen den in der Bewegungsrichtung wirkenden und den dem Abrutschen Widerstand leistenden Kräften erreicht war, hörte die Bewegung aller Teirlutschungen auf.

III. Frühere Rutschungen im Kanton Baselland und in den angrenzenden Juragebieten

A. Übersicht der Ereignisse

1. Allgemeines

Zahlreiche Rutschungen, deren Ausmass in vielen Fällen dasjenige der Wartenberg-Rutschung bei weitem übertrifft, sind im Baselbiet während der Jahrhunderte schon niedergegangen. Diese alten Rutschungen können heute noch an der Geländebeschaffenheit erkannt werden und sind zum Teil auf den geologischen Karten zur Darstellung gelangt. Grossen Veränderungen der Oberflächengestaltung wurden und werden immer noch durch diese Rutschungen hervorgerufen. Nach oft längeren Perioden des Stillstandes bewegen sie sich immer wieder, bis sie den Talboden erreicht haben (vgl. HEIM 1932). Die Hauptbewegung der meisten Rutschungen liegt viele Jahrhunderte zurück, so dass von ihnen keine schriftlichen Nachrichten überliefert sind. Zu den grösseren natürlichen Erdbewegungen, die während der letzten drei Jahrhunderte im Baselbiet stattgefunden haben, gehört die 1952 am Wartenberg niedergegangene Rutschung. Es mag deshalb von einigem Interesse sein, auch die übrigen aus dieser Zeit bekannten grossen Rutschungen zu erwähnen.

2. Die bedeutendsten Rutschungen der letzten drei Jahrhunderte im Baselbiet

a) Dürrenberg bei Langenbruck 1689 und 1867

Im April 1689 rutschte nach andauernd nasser Witterung ein Stück Weide ab, wodurch ein unterhalb davon stehendes Wohnhaus verschüttet wurde. Da eine Stauung des den Ablauf der dortigen Weiher bildenden Baches drohte, «ward mit grosser Mühe der Schutt weggeschafft und dem Weyerwasser sein Lauf hergestellt» (nach BRUCKNER zit. von SUTER 1926).

Eine weitere Rutschung fand in den Monaten Februar und März des Jahres 1867 statt. Bei grossem Tiefgang nahm die Rutschung eine Fläche von 25 Jucharten (9 ha) ein. Die abgelösten Erdmassen schoben sich allmählich zu Tal und stauten wiederum

das Bachbett auf. Der Gesamtschaden belief sich auf rund 100 000 gute alte Schweizerfranken. Die Kosten des Staates betrugen allein Fr. 30 902.— (LANZ und ROMMEL 1936).

b) Grammont bei Lausen 1749

Im Februar 1749 ereignete sich im damaligen Rebgelände eine grössere Rutschung. Ein Stück Reben von 17 Ruten Breite und 37 Ruten Länge (= ca. 1,0 ha) rutschte mit Reben, Obstbäumen und einem Stück Fahrstrasse auf das darunterliegende Rebgelände. Die Strasse soll teils 11 Ruten (41 m) verschoben worden sein. «Zudem zerspaltete sich die Erde in diesem Gerütsche, und noch neun Ruten breit darneben, so dass also der erbärmlichste Anblick erwecket wurde. Niemand wusste das Seinige mehr zu unterscheiden, und fande sich also sechs Jucharten Rebgelände verderbet, welches, aller Mühe ohngeacht, dennoch schwärlich wieder kan hergestellet werden» (nach BRUCKNER zit. von SUTER 1926). Wie bei der vorerwähnten Rutschung von Langenbruck ist auch diejenige von Lausen über den *Opalinus-Tonen* erfolgt.

c) Thürnen 1758

Am 23. Juli 1758 löste sich «nach lange anhaltendem Regenwetter von der Thürnerfluh Fels und Erdreich ab und rutschten zu Thal, unter grossem Getöse und gewaltigem Aufsteigen von Staub, so dass die Bewohner Hemmikens den Ausbruch eines Brandes vermuteten. Alles Land drängte über Felder und Wiesen der Landstrasse und dem Bache zu, so dass, da namentlich auch der Abhang des gegenüberliegenden Bettenbergs in Bewegung kam, Furcht entstand, beide (Bach und Strasse) möchten verschüttet und oberhalb gegen Diepflingen hin, der Bach sich zu einem kleinen See sammeln. Da aber durch herbeigeeilte Hülfe aus drei Ämtern den Wassern schneller Abfluss konnte verschafft werden, wurde fernerem Unglücke vorgebeugt ... Der Schaden war sehr gross. Viele Bäume verschwanden und über 100 Jucharten des besten Landes wurde verwüstet» (aus der Heimatkunde der Gemeinde Thürnen von Bezirkslehrer NÜSPERLI 1860, zitiert von W. MOHLER 1933). Der bekannte zeitgenössische Landschaftsmaler EMANUEL BÜCHEL liess es sich nicht nehmen, eine «Vorstellung des grossen und merkwürdigen Gerütsches welches sich ohnweit Dürnen in dem Jahr 1758 bey lang angehaltenem Regenwetter zugetragen» in einem Stich festzuhalten (SUTER 1926).

Aus dem Bericht NÜSPERLIS ist zu schliessen, dass damals gleichzeitig zu beiden Seiten des Tales Rutschungen stattgefunden haben. Bei der erstgenannten Rutschung (wohl irrtümlich mit der Lokalität «Thürner Fluh» verbunden) handelt es sich jedenfalls um diejenige beim heutigen «Grütsch», deren oberer Abrissrand als Fluh weithin sichtbar ist. Die zweitgenannte dürfte sich dagegen am Westrand des Bettenbergs (auf der topographischen Karte als «Thürner Fluh» bezeichnet) losgelöst haben. Beide Rutschungen erfolgten auf dem Unteren Dogger und den *Opalinus-Tonen*. Nach der geologischen Karte von BUXTORF ist diejenige des «Grütsch» etwa 700 m lang und im Mittel etwa 200 m breit, diejenige der Thürner Fluh etwa 500 m lang und 150 m breit. Die betreffenden Flächen sind 14 bis 15 bzw. 7 bis 8 ha, total rund 20 bis 25 ha, so dass die Flächenangabe NÜSPERLIS von 100 Jucharten (= 36 ha) vermutlich zu hoch ist.

«Die Gegend des Grütsches bei Thürnen blieb dem Rutschen bis in die neueste Zeit unterworfen. Ansehnliche Bergschlipfe wiederholten sich in den Jahren 1802 1830 und 1854 unterhalb des Grütsches» (MOHLER 1933).

d) Wintersingen 1852

Im Herbst 1852 wurde dem «Bundesfreund von Baselland» aus Wintersingen eine grössere Rutschung gemeldet: «Es hat nämlich gegen Rickenbach zu ein Erd-schlifp stattgefunden, der bei 50 bis 60 Jucharten (18–22 ha!) guten Landes in sich fasst, welches nun so zugerichtet ist, dass mancher Besitzer nicht mehr weiss, welches Stück er sein nennen soll». (Abdruck aus dem Bundesfreund von Baselland vom 23. September bis 4. Oktober 1852 in der Basellandschaftlichen Zeitung vom 4. Oktober 1952).

e) Böckten 1856

Eine bedeutende Rutschung erfolgte nach Mitte Mai 1856 am Südwestabhang des Oberen Kienberges nördlich von Böckten in den *Opalinus*-Tonen und dem über ihnen folgenden Unterem Dogger. Etwa 40 Jucharten (14 ha) guten Landes wurde von ihr betroffen. «Das Relief des zerstörten Landes gleicht mit seinen aufgetürmten regellosen Massen und seinen zahlreichen Querspalten sehr dem eines Gletschers. Die Hauptmasse ist 300–400 Schritte ins Thal hinuntergerutscht und hat durch Seiten-druck unten das thonige Erdreich zu einem circa 20 Fuss hohen Wall aufgestaut.» «Ohne Zweifel waren infolge des bereits mehrere Wochen andauernden Regenwetters die thonigen, daselbst sehr mächtigen Schichten ... durchwühlt und erweicht worden, so dass sie dem Druck der obern Masse zuletzt nachgaben. Ein auf diesem Boden stehendes Haus ist dabei zusammengestürzt. Noch Anfang Juni dauerte die Bewegung am unteren Ende, wenn auch nur um wenige Schritte per Tag, fort.» (ALBR. MÜLLER, zit. von A. BUXTORF 1901).

Zumindest der höhere Teil der Rutschmasse ist auch heute noch nicht gänzlich zur Ruhe gekommen, so dass die Drainagen immer wieder repariert werden müssen.

f) Oberböölchen 1866

Am 24. April 1866 (Palmsonntag) ruinierte ein Erdrutsch zirka 10 Jucharten (3,6 ha) Land, wobei auch eine Scheune zerstört wurde. «Der Schaden war gross; er wurde durch die Besitzer, namentlich durch die Spitalverwaltung Basel, getragen» (LANZ und ROMMEL 1936).

3. Übrige Rutschungen im Baselbiet seit 1867

In der Zeit zwischen dem Dürrenberg-Rutsch 1867 und der Rutschung am Wartenberg 1952 sind aus dem Baselbiet keine Rutschungen dieses Ausmasses bekannt. Kleinere und mittelgrosse Rutschungen waren jedoch auch in dieser von grossen Bewegungen freien Periode 1868–1951 häufig. Einige von ihnen haben wegen des durch sie entstandenen Schadens ebenfalls zu etwelchen Diskussionen in der Öffentlichkeit und zu genaueren Untersuchungen Anlass gegeben.

Im Kettenjura wurde vor allem die Umgebung von Eptingen von zahlreichen Rutschungen betroffen, z. B. im Jahre 1920 am Bölcchen, am 9. März 1926 in der Bölcchenhalde, am 26./27. November 1930 in der Rütschenmatt und anfangs März 1930 in der Schmitten.

Rutschungen in den Effinger-Schichten haben seit mehr als einem Jahrhundert am Breitenberg oberhalb Waldenburg immer wieder die Hauensteinstrasse beschädigt und Sicherungsmassnahmen notwendig gemacht. Ebenfalls in den Effinger-Schichten bewegte sich nach starken Regenfällen am 10. Juli 1909 und nach einer zweiten heftigen Regenperiode am 20. Januar 1910 am Murenberg bei Bubendorf eine etwa

0,4 ha umfassende und ca. 1,5 m mächtige Rutschmasse, wobei der Hof Weidli zerstört wurde (LEUTHARDT 1910, 1911 und 1926).

Rutschungen über *Opalinus*-Tonen haben vor etwa einem Jahrzehnt Sicherungsmaßnahmen an Staatsstrassen in Tecknau und in Füllinsdorf notwendig gemacht. In dem von *Opalinus*-Tone-Material durchsetzten Gehängeschutt ging Ende Dezember 1949 eine kleinere Rutschung mitten im Wohngebiet der Burgmatt, Gemeinde Waldenburg, nieder. Zur gleichen Zeit wie die Wartenberg-Rutschung ereignete sich am Nordabhang des Zinkenbrunn, Gemeinde Muttenz, über dem mittleren Lias eine etwa 2 a umfassende Rutschung.

Im Molasse- und Lössgebiet sind kleinere Rutschungen ebenfalls nicht selten. So fanden 1869 an der Strasse Oberwil–Binningen verschiedene Abrutschungen statt. Am 31. Dezember 1923 wurde durch eine «Schollenbewegung» in der Lettenthalt bei Oberwil ein Gebäude zerstört. Am 16. Februar 1928 wurde das Restaurant zum Paradies in Allschwil durch Rutschbewegungen beschädigt. Am 10. Juli 1930 ereigneten sich in der Folge eines Wolkenbruches verschiedene Erdrutsche am Bruderholz in Basel.

Wenn die Rutschmassen Gebäude tragen, so können auch verhältnismässig geringfügige Rutschungen oder Kriechbewegungen zu schweren Schäden führen, wie z. B. die Bewegungen auf den Cyrenenmergeln in Binningen oder diejenigen auf den *Opalinus*-Tonen bei Bretzwil (H. SCHMASSMANN 1946 und 1947).

4. Verzeichnis der grösseren Rutschungen im Kanton Baselland und den angrenzenden Juragebieten

Um die Rutschhäufigkeit mit den Niederschlagsverhältnissen vergleichen zu können, wurde auf Grund der Literaturangaben (vor allem LANZ und ROMMEL 1936) und anderen Erhebungen versucht, ein Verzeichnis der seit 1864 im Kanton Baselland und den angrenzenden Juragebieten stattgefundenen grösseren Rutschungen zusammenzustellen. Da ohnehin nicht alle kleinen Rutschungen erfasst werden können, wurde danach getrachtet, die weniger als etwa 0,3 ha umfassenden Bewegungen im Verzeichnis unberücksichtigt zu lassen. Die verfügbaren Angaben sind allerdings sehr lückenhaft, so dass die eine oder andere kleinere Rutschung im Verzeichnis mitenthalten sein und einige der grösseren Rutschungen darin fehlen mögen. Trotz dieser offensichtlichen Mängel des Verzeichnisses vermag es doch einen gewissen Überblick des zeitlichen Auftretens der Ereignisse zu bieten.

Jahr	Datum	Ort	Kurze Beschreibung der Rutschung
1866	April 24.	Eptingen, Oberbölichen	Fläche 4 ha, Scheune zerstört
1867	Febr./März	Langenbruck, Dürrenberg	Fläche 9 ha, Bachbett gestaut
1869	Juli/Aug.	Oberwil, Strasse nach Binningen	Verschiedene Rutschungen, Strasse an zwei Stellen verschüttet
1876	März, anfangs	Böttstein, Schmidberg	Grosser Erdrutsch, Strasse auf 80 m Länge zerstört
1876	März, anfangs	Winterhalde, Bez. Brugg	grösserer Erdrutsch

Jahr	Datum	Ort	Kurze Beschreibung der Rutschung
1876	März 14.	Günsberg	Fläche 3 ha, Rutsch bedroht Dorf
1880	—	Frickberg	—
1882	—	Ittenthal, Schinberg	—
1896	Sept., anfangs	Büsserach, Ried	grosser Komplex Wiesland abgerutscht, Kantonsstrasse zerstört
1910	Jan. 20.	Bubendorf, Murenberg	Fläche ca. 0,4 ha, Gebäude zerstört, erste Bewegung am 10. Juli 1909
1910	Mai	Fontenais	5 Häuser verschüttet
1917	Sept. 12.	Sissach, Wölflistein	Fläche ca. 0,3 ha
1919	Frühling	Büren, Kesselbrunnen	Landstrasse auf 75 m zerstört
1923	Dez. 31.	Oberwil, Lettenmatt	Gebäude zerstört
1925	Dez. 27.	Ittenthal, Schinberg	Fläche 3,6 ha Wald und 10,1 ha Kulturland zerstört, Volumen etwa 500 000 m ³ , erste Bewegung bereits im Mai
1926	März 9.	Eptingen, Bölchenhalde	Fläche ca. 0,4 ha
1927	April 16.	Balm	Fläche ca. 0,7 ha, Weg zerstört
1927	Vorsommer	Sulz, Schinberg	—
1928	Jan. 19./20.	Bättwil	Gebäude zerstört
1928	Jan. 28.	Choindex	Volumen ca. 50 000 m ³ , Bahn auf 150 m verschüttet
1930	Nov. 26./27.	Eptingen, Rütschenmatt	Stallgebäude zerstört
1931	März, anfangs	Eptingen, Schmitten	Rutschung in Wald und Kulturland. Volumen 60 000–80 000 m ³
1937	März, Ende	Court, Kluse	Grosse Rutschung, 2 Mio m ³
1937	März, Ende	Ligerz	Rutschung im Rebgelände, Strasse verschüttet
1937	—	Büren, Horn	Beginn der Felsrutschung
1939	Mai	Kaisten, Schinberg	grosse Rutschung
1939	Sommer	Füllinsdorf	Rutschung unterhalb Strasse nach Giebenach
1952	April 7./9.	Muttenz, Wartenberg	Fläche 4,8 ha, Volumen ca. 300 000 m ³

B. Rutschhäufigkeit und Niederschläge

1. Auslösung von Rutschungen durch Niederschläge

In seiner zusammenfassenden Darstellung über Bergstürze und Schuttrutschungen hat ALBERT HEIM (1932) darauf hingewiesen, dass die Schuttrutschungen aller Typen vorherrschend durch sehr nasse Zeiten veranlasst werden. Erfahrungsgemäss sei es an den zu Rutschungen geneigten Hängen nicht die normale Nässe, bei welcher die Bewegung eintritt. «Was bei gewöhnlicher Nässe abrutschen kann, ist längst abgerutscht. Es ist immer ein aussergewöhnliches Übermass an Durchnäszung, welches die Bewegung auslöst.» – Auch in den Beschreibungen fast aller aus dem Baselbiet und dem angrenzenden Jura näher bekannten grossen Rutschungen wird immer wieder hervorgehoben, dass sie nach aussergewöhnlichen Niederschlagsperioden ausgelöst worden seien.

Wie weit die gefallenen Niederschläge in den Boden versickern und damit zur Durchnässung labiler Schuttmassen und ihrer Unterlagen beitragen, hängt naturgemäß von verschiedenen Faktoren, wie Verdunstungsgröße, Wasserverbrauch der Vegetation und Intensität der Niederschläge, ab. Im Einzugsgebiet der Birs haben wir z. B. die mittlere Verdunstungsgröße (einschliesslich Wasserverbrauch der Vegetation) in den Wintermonaten November bis Januar auf etwa 7 mm und in den Sommermonaten Mai bis Juli auf etwa 128 mm geschätzt. Um bei fehlendem Oberflächenabfluss z. B. eine 50 mm entsprechende Versickerungsmenge zu erhalten, müssen demnach durchschnittlich in einem Wintermonat 57 mm, in einem Sommermonat dagegen 178 mm oder rund dreimal mehr Niederschläge fallen. Die summierten Niederschläge können uns deshalb keinen absoluten Anhaltspunkt für die Durchnässung des Bodens geben. Wie weit sie trotzdem eine diesbezüglich herrschende allgemeine Tendenz anzuzeigen vermögen, soll durch einen Vergleich der jährlichen Niederschlagssummen mit der Häufigkeit grösserer Rutschungen abzuklären versucht werden.

2. Rutschhäufigkeit und Niederschläge 1864–1951

Auf Abb. 40 sind zu diesem Zweck die jährlichen Niederschlagssummen der Station Basel-Bernoullianum dargestellt, für welche wir in unserer Gegend die am weitesten zurückreichenden Beobachtungen besitzen. Auf derselben Beilage sind die 27 im vorstehenden Verzeichnis angeführten Rutschungen der Jahre 1864–1951 beim betreffenden Jahr

Rutschungen im östlichen Jura

(Zahl der Ereignisse) ...

Niederschlagshöhe in Basel-Bernoulliianum

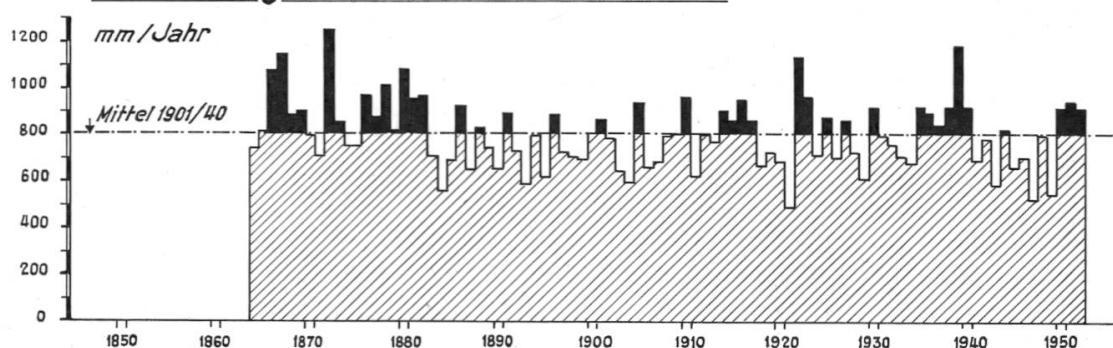


Abbildung 40. Niederschlagsverhältnisse und Rutschungen im Jura 1864–1952.

durch je einen Punkt eingezzeichnet. Die Darstellung zeigt eine deutliche Häufung von Rutschereignissen in niederschlagsreichen Perioden.

Bezeichnen wir diejenigen Jahre, die in Basel über 800 mm Niederschläge ergaben, als nass und diejenigen mit weniger als 800 mm als trocken, so ergibt sich folgende Verteilung der verzeichneten Rutschereignisse:

Charakter der Jahre Niederschlagshöhe	nass	trocken	Summe
	über 800 mm	unter 800 mm	—
Zahl der Jahre 1864—1951	44	44	88
Zahl der Jahre mit Rutschereignissen . . .	16	3	19
Zahl der Rutschereignisse	23	4	27
Jahre mit Rutschereignissen in % aller Jahre desselben Charakters	36	7	22
Rutschereignisse in % aller Ereignisse der Untersuchungsperiode.	85	15	100
Mittlere Häufigkeit der Ereignisse in 10 Jahren	5,2	0,9	3,1

Die Zusammenstellung bestätigt, dass sich die verzeichneten Rutschungen überwiegend in nassen Jahren ereignet haben. In etwa jedem dritten «Nass-Jahr» sind eine oder mehrere Rutschungen zu verzeichnen, während dies nur etwa jedes vierzehnte «Trockenjahr» der Fall ist. Von den insgesamt vier Ereignissen in Trockenjahren haben zudem drei in dem einem nassen Jahr folgenden ersten Vierteljahr stattgefunden. Ihre Auslösung stand noch in unmittelbarem Zusammenhang mit den im nassen Vorjahr herrschenden Verhältnissen.

Betrachtet man die jährlichen Niederschlagssummen der Jahre 1864—1949, so erkennt man, dass bis 1882 nasse Jahre deutlich vorherrschten, dann bis 1921 eine lange Periode mit grosser Häufigkeit relativ trockener Jahre folgte und anschliessend bis 1940 wieder mehr nasse Jahre vorkamen, denen sich die bekannte Reihe trockener Jahre bis 1949 anschloss. In Bezug auf die Häufigkeit der Rutschereignisse in diesen vier Jahresreihen ergibt sich Folgendes:

Jahresreihe	1864/1882	1883/1921	1922/1940	1941/1949
Zahl der Jahre	19	39	19	9
Zahl der nassen Jahre	14	14	12	2
% nasse Jahre	74	36	63	22
Mittlere Niederschlagshöhe mm ⁴⁾ . .	917	755	854	684
Zahl der Jahre mit Rutschungen . .	6	4	9	0
% der Jahre mit Rutschungen . .	32	10	47	0
Zahl der Ereignisse	8	5	14	0
Mittlere Häufigkeit der Ereignisse in 10 Jahren	4,2	1,3	7,4	0

⁴⁾ Mittlere Niederschlagshöhe 1864—1951 = 808 mm, der üblichen Bezugsperiode 1901—1940 = 810 mm.

Die Betrachtung der beiden Reihen vorwiegend nasser Jahre zeigt, dass in den insgesamt 38 Jahren 22 der 27 verzeichneten Ereignisse stattgefunden haben. Im Mittel fand also in diesen 38 Jahren mindestens jedes zweite Jahr eine grössere Rutschung statt, während dies in den 39 Jahren von 1883–1921 nur etwa jedes achtte Jahr der Fall war.

Zusammenfassend ergibt sich, dass das Auftreten grösserer Rutschungen in engem Zusammenhang mit den Jahressummen der Niederschlagshöhen und dem Klimacharakter grösserer Jahresreihen steht.

3. Rutschungen und Niederschläge 1933–1952

Im Folgenden sollen nun noch die letzten 20 Jahre hinsichtlich der Beziehungen zwischen dem Auftreten grosser Rutschungen und den Niederschlagsverhältnissen untersucht werden. Auf Abb. 41 sind zu diesem Zwecke die per 1. jeden Monats in den vorangegangenen 12 Monaten bei der Station Binningen-St. Margarethen gefallenen Niederschläge graphisch dargestellt. In dieser Darstellung treten in den Jahren 1935 bis 1941 und wiederum seit 1950 je eine Reihe nasser Perioden hervor. In diesen beiden Jahresreihen waren Rutschungen aller Grösse

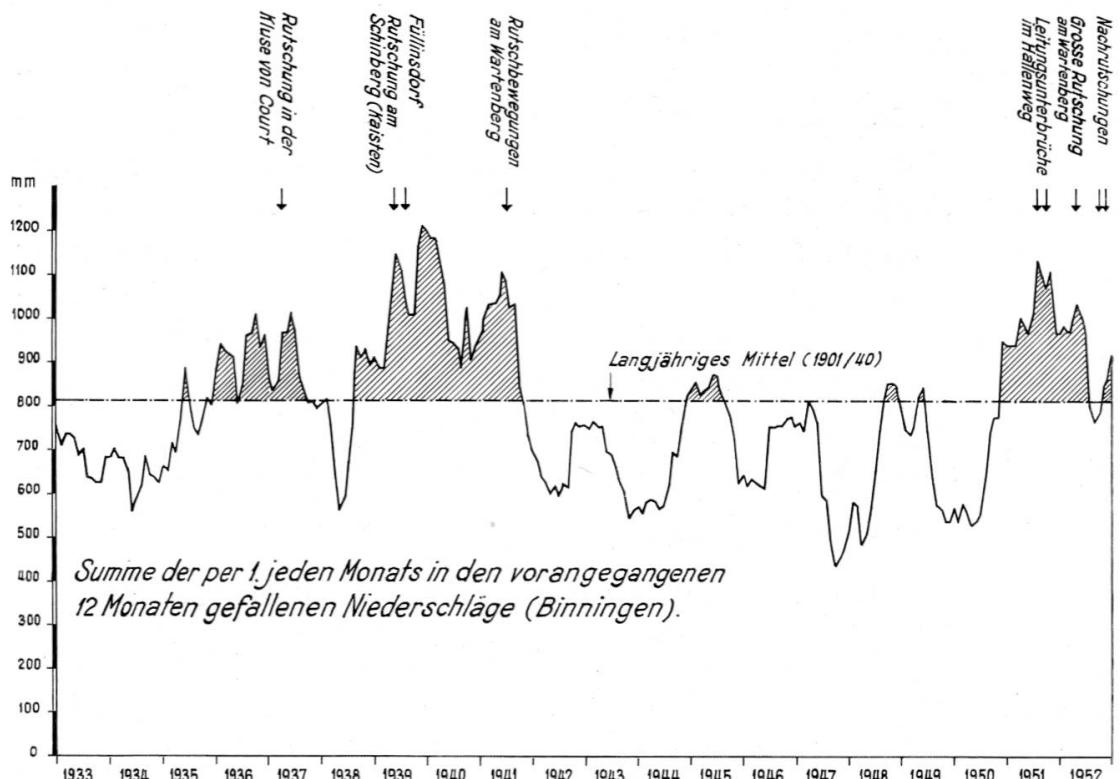


Abbildung 41. Niederschlagsverhältnisse und Rutschungen am Wartenberg und im übrigen Jura 1933–1952

besonders häufig und – so weit bekannt – fanden alle im Jura in den letzten zwei Jahrzehnten vorgekommenen grossen, tiefgehenden Rutschungen in einem der genannten Jahre statt.

Ende März 1937 ging die grosse Rutschung in der Klus von Court nieder, im gleichen Jahre setzten die ersten Bewegungen am Horn bei Büren (Solothurn) ein, im Mai 1939 war die bereits im Vorjahr begonnene grosse Rutschung am Schinberg bei Kaisten (Aargau), im Sommer 1939 ereignete sich die schon früher eingeleitete Rutschung von Füllinsdorf und 1941 fand bei der vorbereitet, aber bis heute noch nicht als Ganzes niedergegangene Felsrutschung am Bürenhorn ein kleiner erster Absturz statt. In alle diese Jahre fielen auch zahlreiche kleinere Rutschungen. Solche kleine Rutschungen fehlten zwar auch in den zwischen den beiden nassen Jahresreihen liegenden Jahren 1942–1949 nicht vollständig; ihre Häufigkeit war aber geringer und vor allem waren es keine tiefgehenden Bewegungen. Bei den seit Inkrafttreten der obligatorischen Elementarschadenversicherung der Basellandschaftlichen Gebäudeversicherungsanstalt von 1941 bis 1951 gemeldeten 56 Erdrutsch-Schadensfällen an Kulturland und Kulturen mit einer Bruttoschaden-Summe von Fr. 24 019.85 handelt es sich durchwegs um kleinere Rutschungen. Erdrutschschäden an Gebäuden liegen in der genannten Periode überhaupt nur aus dem noch zur nassen Periode zu zählenden Jahr 1941 vor.

Kleinere Rutschungen können sich erfahrungsgemäss auch in einzelnen nassen Monaten oder nach einzelnen starken Niederschlägen ereignen. Den grossen, tiefgehenden Rutschungen geht dagegen in der Regel eine mehrmonatige oder sogar mehrjährige Periode mit Niederschlagsüberschüssen voraus. Zu ihrer Auslösung bedarf es indessen ausser der allgemeinen, durch reichliche Niederschläge der Vormonate oder Vorjahre bedingten Durchnässung noch eines der Bewegung unmittelbar vorangehenden aussergewöhnlichen Wasserzuschusses. Die meteorologischen Begleitumstände der Rutschungen von Court vom März 1937 und des Schinberges vom Mai 1939 sind Beispiele dieses Sachverhaltes.

IV. Die Ursachen der Rutschung am Südwestabhang des Wartenbergs

A. Allgemeines

Wie die Beobachtungen im Rutschgebiet gezeigt haben, vollzog sich die Bewegung der einzelnen Teirlutschungen annähernd auf kreiszyklindrischen Gleitflächen. Im Augenblick des Abrutschens halten sich

auf einer solchen Gleitfläche die in der Bewegungsrichtung wirkenden und die der Bewegungsrichtung entgegengesetzt wirkenden Kräfte bzw. Drehmomente das Gleichgewicht. Betrachten wir eine 1 m breite Kreiszylinderfläche, so werden die Gleichgewichts-Bedingungen durch die Zeichnung auf Abb. 42 veranschaulicht.

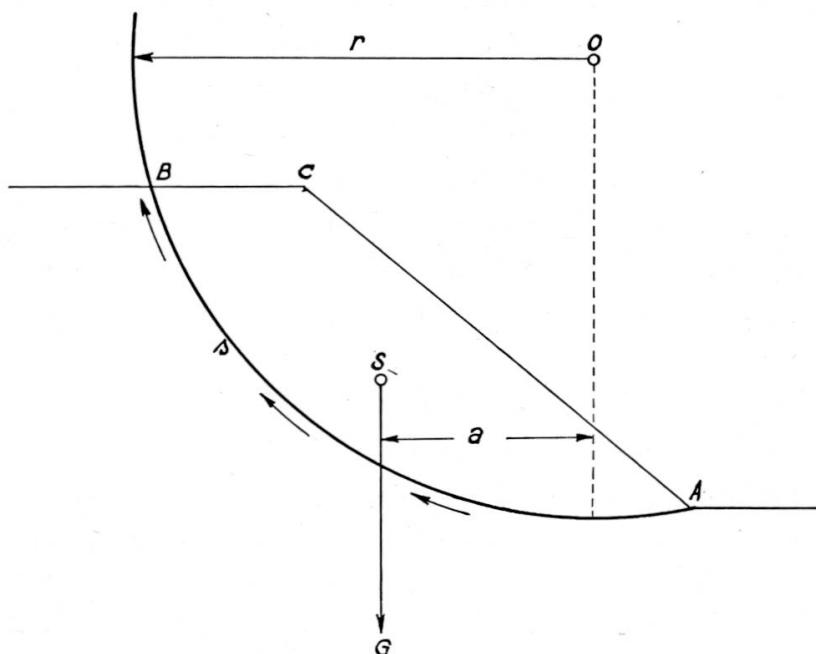


Abbildung 42. Schematischer Schnitt durch eine kreiszylindrische Gleitfläche.

G = Gewicht des Gesteinsmaterials und des Wassers über der Gleitfläche

l = Länge des Kreisbogens A-B

s = Durchschnittlicher Schwerwiderstand per Flächeneinheit der Gleitfläche

S = Schwerpunkt des Schnittes A-B-C

O = Mittelpunkt der Gleitlinie

r = Radius der Gleitlinie

Drehmomente (Kreiszylinderfläche von 1 m Breite):

$$\text{Kraftbilanz } M_G = G \cdot a$$

$$\text{Widerstandsbilanz } M_W = s \cdot l \cdot r$$

Das am Hebelarm a wirkende Gewicht G drängt zur Abrutschung. Sein Drehmoment ist: $M_G = G \cdot a$.

Bewegt sich ein Körper mit Druck auf einem anderen, so macht sich ein Widerstand geltend, welchen man als Reibung bezeichnet. Die Reibung ist proportional dem Druck, mit welchem die Körper gegeneinander gepresst werden. Wenn bei einem Lockergestein die Einzelkomponenten gegeneinander verschoben werden sollen, muss die Reibung zwischen ihnen überwunden werden. Die Summe dieser Wider-

stände bezeichnet man als den Widerstand der inneren Reibung. In einem Lockergestein ist jedoch in der Regel unabhängig von der Belastung ein durch die Verzahnung der Teilchen hervorgerufener Gefügewiderstand vorhanden. Dazu kann ein durch physikalisch-chemische Bindungen zwischen den Oberflächen der Teilchen bedingter Haftwiderstand treten. Haftwiderstand und Gefügewiderstand bilden zusammen den im Erdbau als Kohäsion bezeichneten Teil der Scherfestigkeit. Mit zunehmender Feinheit der Bodenteilchen nimmt im grossen und ganzen die Kohäsion zu und die innere Reibung ab.

Reibung und Kohäsion wirken als rückhaltende Kräfte. Nehmen wir eine gleichmässige Verteilung dieser Scherwiderstände s über der Gleitfläche an, so ist ihre Summe im betrachteten 1 m breiten Streifen der Kreiszylinderfläche gleich $s \cdot l$ und ihr Drehmoment: $M_w = s \cdot l \cdot r$. Gleichgewicht erfordert: $M_g = M_w$

$S = \frac{M_w}{M_g}$ wird als Sicherheitsfaktor bezeichnet.

Rutschungen können entweder durch eine Änderung der Kraftbilanz (M_g) bei ungeänderter Widerstandsbilanz (M_w) oder durch eine Änderung der Widerstandsbilanz bei ungeändertem Spiel der angreifenden Kräfte verursacht werden (TERZAGHI 1929, S. 415).

Bei der Wartenberg-Rutschung fallen die Gleitflächen teils mit der Grenze zwischen Schuttdecke und anstehendem Untergrund zusammen, teils verlaufen sie innerhalb des Gehängeschuttes. Der anstehende Untergrund des Rutschgebietes wird von mindestens drei verschiedenen Schichtgliedern gebildet. Die Zusammensetzung der Schuttdecke kann ebenfalls nicht als einheitlich angenommen werden. Da sich die Rutschung somit nicht innerhalb eines homogen zusammengesetzten Bodens vollzogen hat, stellen sich einer quantitativen Beurteilung der genannten Kräfte Schwierigkeiten entgegen. Die nachfolgenden Ausführungen können deshalb vorläufig lediglich darzulegen versuchen, in welcher Weise die als mögliche Rutschursachen zur Diskussion gestellten Faktoren rein qualitativ in das Gleichgewicht der Kräfte einzugreifen vermochten.

B. Die geologischen Voraussetzungen

Eine mächtige, vor vielen Jahrhunderten schon einmal abgerutschte Gehängeschutt-Decke lag auf dem geneigten Felsuntergrunde des Abhanges. Dieser Felsuntergrund wird mit Ausnahme einer schmalen Zone von tonig-mergeligen Gesteinen gebildet. Das durch die Schutt-

decke versickernde Wasser sammelt sich auf der Oberfläche des wasserundurchlässigen Felsuntergrundes. Die oberflächennahen Partien des Tones nehmen Wasser auf. Auf der an der Grenze zwischen Schuttdecke und Ton potentiell vorhandenen Gleitfläche wird dadurch der der Bewegungsrichtung entgegengesetzt wirkende Scherwiderstand vermindert.

Die seitlichen Begrenzungen des Rutschgebietes zeigen deutlich, dass die für die Auslösung der Bewegung entscheidenden Voraussetzungen einerseits durch die Mächtigkeit und damit das Gewicht der Schuttdecke und andererseits durch das Vorhandensein eines tonig-mergeligen Untergrundes bedingt waren. Die nordwestliche Begrenzung der Rutschung war dadurch gegeben, dass die im Bereiche der abgerutschten Masse mehrere Meter betragende Schuttmächtigkeit hier auf 1 bis 2 m reduziert ist. Obwohl der Felsuntergrund von denselben Gesteinen wie im Rutschgebiet gebildet wird, fand keine Bewegung statt, weil das Gewicht der Schuttdecke nicht ausreichte, um ein die Widerstandskräfte übersteigendes Drehmoment der in der Bewegungsrichtung wirkenden Kräfte zu erzeugen.

Im Gegensatz zur nordwestlichen Begrenzung der Rutschung ist die südöstliche Grenze durch den Wechsel des Felsuntergrundes gegeben. Durch die südsüdwest-nordnordwest verlaufende Verwerfung finden hier die Tone als Felsuntergrund des Hanges ihre südöstliche Begrenzung. Südöstlich der Verwerfung wird der Felsuntergrund vorwiegend von Kalken und Mergelkalken gebildet, bei welchen die Wirkung des Wassers keine oder eine erheblich geringere Abnahme der Widerstandskräfte hervorrufen kann. Obwohl die Mächtigkeit der Schuttdecke eine ähnliche wie im Rutschgebiet ist, fand hier keine Bewegung statt, weil der an der Grenze zwischen Gehängeschutt und Felsuntergrund wirksame Widerstand grösser als das abdrängende Moment ist.

Während also die nordwestliche Grenze der Rutschung durch eine Änderung der Kraftbilanz bedingt ist, fällt die südwestliche Grenze im grossen und ganzen mit der eine Änderung der Widerstandsbilanz hervorrufenden Verwerfungslinie zusammen. Bestimmte geologische Verhältnisse boten somit die Voraussetzungen für den Niedergang der Rutschung. Derselbe geologische Aufbau des Abhangs war jedoch seit der letzten, vor vielen Jahrhunderten niedergegangenen grossen Rutschung vorhanden. Welches Ereignis hat dazu geführt, dass die schon lange vorgebildete, aber – abgesehen von kleinen Bewegungen – ruhig gebliebene zweite grosse Rutschung im April 1952 zur Auslösung gelangte?

C. Wasser als auslösender Faktor

1. Die Wirkung des Wassers bei der Auslösung der Rutschung

Auf Grund der Beobachtungen im Rutschgebiet muss angenommen werden, dass sich die Wassersättigung auf eine mehr oder weniger an die Nähe des tonigen Felsuntergrundes gebundene Zone beschränkte. Diese Beobachtungen liefern keine Anhaltspunkte, dass innerhalb des wasserdurchlässigen Gehängeschuttes irgendwo ein wesentlich über der Felsoberfläche liegender freier oder gespannter Grundwasserspiegel vorhanden war. Daraus ergibt sich, dass weder einer Herabsetzung der inneren Reibung durch Erhöhung des piezometrischen Niveaus noch einer durch das Wasser bedingten Gewichtsvermehrung der Rutschmasse als auslösende Faktoren erhebliche Bedeutung zukommen kann.

Die Wirkung des Wassers bestand deshalb in erster Linie in einer Verminderung der Widerstandskräfte auf der durch die Grenze zwischen Gehängeschutt und Ton gegebenen potentiellen Gleitfläche. An allen Stellen, wo diese während der Rutschung zugänglich war, befand sich eine oberste, dünne Lage in einem plastischen Zustande, so dass sich die Fläche wie Seife anfühlte.

2. Die Niederschlagsverhältnisse

a) Die Zeit bis zum Juni 1951

Die bei den anderen grösseren Rutschungen des östlichen Jura-gebietes erkannten meteorologischen Voraussetzungen treffen sowohl für die früheren Bewegungen als auch für die grosse Rutschung am Südwest-abhang des Wartenbergs zu. Wenn wir die älteren, zeitlich nicht festgelegten Bewegungen ausser Betracht lassen, so fallen die ersten überlieferten lokalen Rutschungen in die niederschlagsreiche Jahresreihe 1936–1941. Insbesondere traten die Bewegungen gegen Ende dieser durch überdurchschnittliche Niederschläge gekennzeichneten Periode deutlich in Erscheinung. Vermutlich hätte sich schon damals die grosse Rutschung aus den einsetzenden Bewegungen entwickelt, wenn nicht unmittelbar darauf eine lange Reihe trockener Jahre gefolgt wäre. Während dieser ganzen niederschlagsarmen Periode von Ende 1941 bis 1950 sind keine Bewegungen bekannt.

Eine durch die Jahressummen der Niederschläge (Abb. 41) angezeigte Tendenz zu starker Durchnässung war erst wieder von Ende 1950

an vorhanden und durch die mit 220 mm (Binningen) 386% des langjährigen Durchschnittswertes betragenden Niederschläge des November 1950 massgeblich bedingt.

b) Der Juli 1951

Die in der Folge einsetzenden Bewegungen sind erstmals etwa vom 21. Juli 1951 an durch die Verluste in der Wasserleitung am Hallenweg nachgewiesen. Sie fanden im Anschluss an die vom 8. bis 16. Juli gefallenen Niederschläge (Abb. 43) statt. Allein in den vier Tagen vom 13. bis 16. Juli betrug die Niederschlagshöhe in Muttenz⁵⁾ 102 mm und in Binningen 108 mm, was 121% der im Durchschnitt während des ganzen Monats Juli fallenden Niederschläge entspricht. Weitere starke

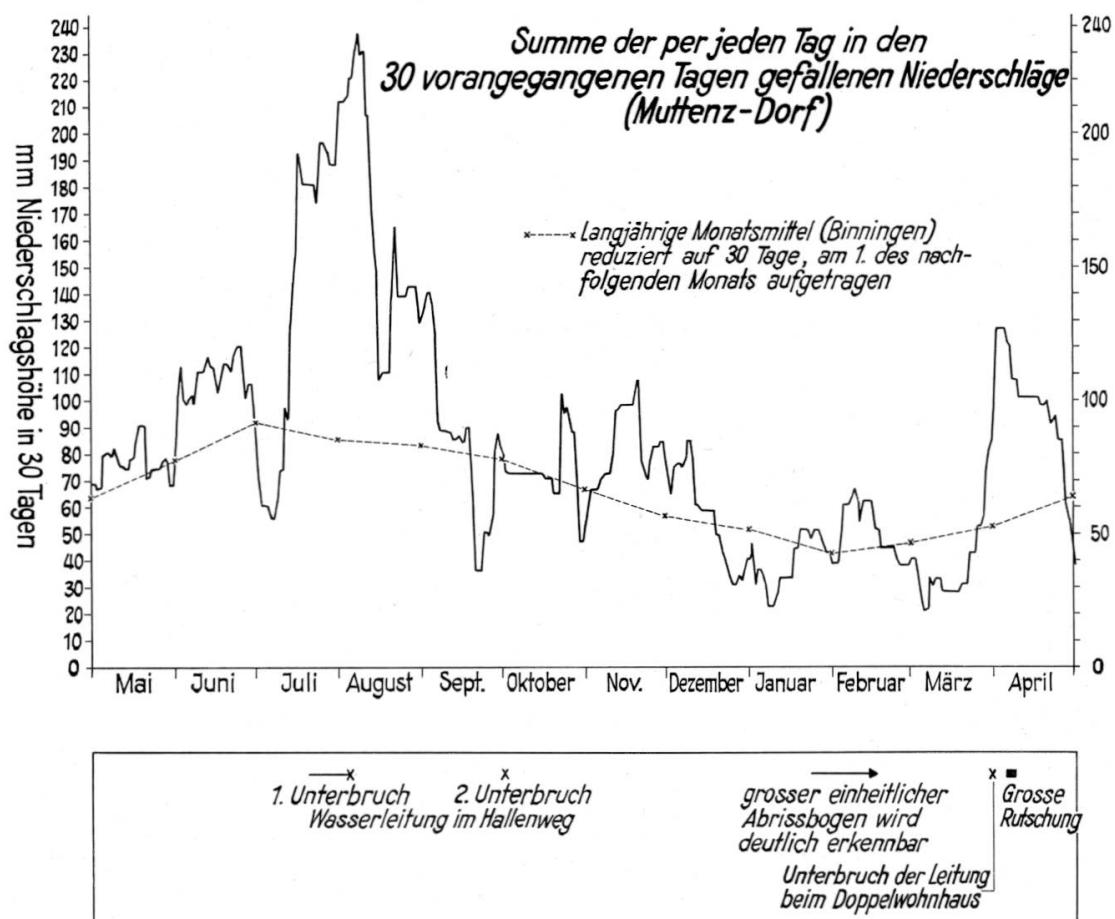


Abbildung 43. Niederschlagsverhältnisse Mai 1951–April 1952 und Rutschungen am Südwestabhang des Wartenbergs

⁵⁾ Nach den durch Herrn Brunnmeister MÜLLER an der Geispelgasse durchgeföhrten Messungen.

Niederschläge brachten der 23. Juli mit 26 mm und der 31. Juli mit 24 mm. Einige Tage später, am 5. August 1951 kam es dann zum vollständigen Unterbruch der Leitung. Die gesamte Niederschlagshöhe des Juli betrug in Muttenz 212 mm und in Binningen 205 mm. Dieser Monat war der niederschlagsreichste Juli seit Beginn der Messungen im Jahre 1864. Seine Niederschlagshöhe entsprach 230% des langjährigen Durchschnittswertes.

Von ebenso grosser Bedeutung wie die ungewöhnliche Niederschlagshöhe ist für die Beurteilung der Rutschung jedoch auch der Umstand, dass diese Regenmenge nur zu einem kleinen Teil auf Dauerregen, sondern zum grössten Teil auf Gewitterregen von teils wolkenbruchartiger Natur zurückzuführen ist. Insgesamt gab es acht Platzregen, «d. h. Regengüsse, die mindestens fünf Minuten andauern und eine Regenintensität von 60 mm in der Stunde aufweisen». «Die während allen diesen Platzregen gefallene Regenmenge beträgt 91 mm, also ungefähr so viel wie die normale Monatsmenge; die Gesamtdauer beträgt nur 1 Stunde 20 Minuten (normale Regendauer im Juli 48 Stunden)! Die aussergewöhnlichen meteorologischen Umstände kommen auch darin zum Ausdruck, dass der Juli im Durchschnitt 15, im Jahre 1951 aber trotz der grossen Niederschlagshöhe nur 9 Regentage aufwies.» (BIDER 1951). Dadurch, dass die Niederschläge zu einem grossen Teil wolkenbruchartig niedergingen, waren bei den am Südwestabhang des Wartenbergs vorhandenen gut durchlässigen Böden besonders günstige Voraussetzungen für die Versickerung und damit für die Durchnäszung des Bodens vorhanden.

c) Die Monate August bis November 1951

Namentlich in Muttenz waren auch im August beträchtliche Niederschlagsüberschüsse zu verzeichnen. Die gesamte Niederschlagshöhe betrug 133 mm oder 153% des auch hier annähernd gültigen Binner Normalwertes. Im September war dann die Niederschlagshöhe mit 83 mm (Muttenz) etwa normal. Infolge der aus den Vormonaten stammenden starken Durchnäszung kam indessen die eingeleitete langsame Bewegung der Rutschmasse noch nicht zum Stillstand. Die starken Regenfälle vom 28. und 29. September mit zusammen 41 mm (Muttenz), das heisst der halben monatlichen Niederschlagshöhe mögen dazu beigetragen haben, dass es am 2. Oktober im Hallenweg zu einem zweiten Unterbruch der Wasserleitung kam.

War der Sommer – insbesondere der Juli – 1951 durch die ergiebigen Regenfälle gekennzeichnet, so brachte der Oktober des gleichen Jahres eine ungewöhnlich lange Trockenperiode, die in Binningen vom 30. September bis zum 19. Oktober, nach den Aufzeichnungen in Muttenz sogar bis zum 21. Oktober, also insgesamt 22 Tage dauerte. Diese Trockenperiode trug offenbar wesentlich zur vorübergehenden Stabilisierung der Rutschmasse bei. Der die Trockenperiode ablösende 34½stündige Dauerragen (Binningen) vom 22./23. Oktober mit insgesamt 48 mm (Binningen) bzw. 45 mm (Muttenz) Niederschlagshöhe (Summe des ganzen Monats = 58 bzw. 54 mm!) vermochte deshalb keine weiteren erkennbaren Rutschbewegungen auszulösen. Auch die in Muttenz zwar etwas geringeren als in Binningen, aber mit 77 mm oder 137% des Binner Normalwertes doch sehr reichlichen November-Niederschläge führten noch zu keinen neuen Bewegungen.

d) Die Auswirkung der Bewegungen des Sommers 1951 auf den weiteren Ablauf der Rutschung

Eine erste Gesamtbewegung der im wesentlichen der späteren Rutschmasse entsprechenden Schuttdecke ist durch die beiden Leitungsunterbrüche im Hallenweg nachgewiesen. Die Lage der Unterbruchstellen zeigt, dass bereits damals eine Abscherung der grossen Rutschmasse stattgefunden hatte. Diese Bewegungen stehen in engem Zusammenhang mit den Niederschlagsverhältnissen.

Die entstandene Verschiebung betrug nur wenige Dezimeter. Die einmal stattgefundene Bewegung musste jedoch an der Gleitfläche auch nach ihrem Stillstand eine Verminderung des Scherwiderstandes zur Folge haben. Wenn in Baugruben oder Sondiergräben Gleitflächen alter Rutschungen angeschnitten werden, lässt sich diese Verminderung des Scherwiderstandes anschaulich feststellen. Bodenproben, die sowohl das Liegende als auch das Hangende der Gleitfläche umfassen, lassen sich immer an der sich als Rutschspiegel darbietenden alten Gleitfläche leicht trennen. Die Kohäsion ist also nicht oder nur noch in äusserst geringem Masse wirksam. Diese oft zu beobachtende Erscheinung zeigte zum Beispiel auch die im August 1952 in der Gehängeschuttgrube angeschnittene Gleitfläche.

Nach der einmal eingesetzten Bewegung konnte somit die Rutschmasse infolge des an der vorgebildeten Gleitfläche verminderten Widerstandes bereits bei einer geringeren Durchnässung als der für die erste Auslösung notwendig gewesenen erneut in Bewegung kommen.

e) Der Winter 1951/52

Die Niederschlagsmengen der drei Wintermonate Dezember, Januar und Februar erreichten in Muttenz mit 41 mm, 43 mm bzw. 41 mm nur 76%, 98% bzw. 93% des langjährigen Normalwertes von Binningen. Diese geringen Niederschlagswerte der als Vergleichsperiode gewählten Kalendermonate sind zum Teil auf zwei längere Trockenperioden zurückzuführen, von welchen die eine in Muttenz vom 9. bis 24. Dezember (16 Tage) und die andere vom 12. bis 28. Februar (17 Tage) dauerte. Zwischen diesen Trockenperioden waren Perioden mit reichlicheren Niederschlägen vorhanden. So fielen zum Beispiel innerhalb der 30-tägigen Periode vom 10. Januar bis zum 8. Februar in Muttenz insgesamt 67 mm Niederschlag, was je 152% des Januar- und des Februar-Mittels entspricht.

Da die Verdunstung im Winter gering ist und die Versickerung jedenfalls durch den Ablauf der Schneeschmelzen begünstigt wurde, reichte dieser Niederschlagsüberschuss aus, um die bereits in einem labilen Gleichgewicht befindliche Rutschmasse erneut in Bewegung zu bringen. Als in der Folge der eine grosse Fläche umspannende einheitliche Abrissbogen auftrat, war bereits zu erkennen, dass es nur noch eines zusätzlichen, die Widerstandskräfte weiter vermindernden Ereignisses bedurfte, um die losgelöste Schuttmasse in beschleunigte Bewegung zu bringen.

f) Der Monat März 1952

Dieses Ereignis traf verhältnismässig bald nach der ersten Beobachtung des einheitlichen Abrissbogens ein. Unter dem Einfluss der in der zweiten Hälfte Februar vorgekommenen Trockenperiode wurde die weitere Bewegung zunächst noch aufgehalten. Während in den 30 Tagen vom 10. Januar bis 8. Februar eine Niederschlagshöhe von 67 mm erreicht wurde, betrug diese in der anschliessenden 30tägigen Periode vom 9. Februar bis 9. März nur 30 mm, in der gleich langen Periode vom 5. Februar bis 5. März sogar nur 21 mm.

Aussergewöhnliche Niederschläge brachte jedoch dann das letzte Drittel des Monats März und der 1. April. Gesamthaft hatte der März eine Niederschlagshöhe von 97 mm (Muttenz und Binningen) oder 178% des Normalwertes. Im laufenden Jahrhundert gab es nur zwei März-Monate, die eine noch grössere Niederschlagsmenge aufweisen.

Ausser der hohen Gesamt-Niederschlagsmenge war für den März 1952 vor allem der Umstand bezeichnend, dass die Niederschläge zur Hauptsache in einer relativ kurzen Zeit gefallen waren. Der grösste Teil

der Niederschläge fiel im letzten Monatsdrittel, nämlich 77 mm in Binningen und 68 mm in Muttenz. Wenn man die niederschlagsreichsten Märztage und den zur selben Niederschlagsperiode gehörenden 1. April zusammenfasst, so erhält man für die 8 Tage vom 25. März bis 1. April in Binningen eine Niederschlagshöhe von 111 mm und in Muttenz eine solche von 87 mm. Allein in diesen 8 Tagen waren 202% bzw. 158% derjenigen Niederschlagsmenge gefallen, die normalerweise im ganzen Monat März fällt. Die Differenz zwischen Binningen und Muttenz röhrt vor allem von der verschiedenen Niederschlagshöhe anlässlich des Schneefalls vom 1. April her, der in Binningen 49 mm, in Muttenz dagegen «nur» 30 mm ergab. Diese 30 mm an einem einzigen Tag gefallenen Niederschläge entsprechen indessen ungefähr der Hälfte des normalerweise im ganzen Monat März fallenden Niederschlages. Solch hohe Niederschläge sind im Frühjahr besonders gefährlich, da das Wasser nicht mehr durch gefrorenen Boden am Versickern gehindert wird und der Wasserverbrauch der Vegetation sowie die Verdunstung noch relativ gering sind. Unter diesen für die Versickerung eines grossen Anteils des Regen- und Schneesmelzwassers günstigen Voraussetzungen hatten die Ende März und am 1. April gefallenen Niederschläge zweifellos eine nur selten eintretende Durchnässung des Bodens zur Folge. Zwei Tage nachdem der letzte Schnee abgeschmolzen war, gab sich die beschleunigte Bewegung der Rutschmasse am 5. April durch die seit dem Oktober 1951 ersten Verluste in der Wasserleitung des Hallenweges zu erkennen.

g) Der Sommer 1952

Auf die das letzte Monatsdrittel des März und den 1. April umfassende nasse Periode folgte vom 2. bis zum 19. April eine 18tägige Trockenperiode ohne jeden messbaren Niederschlag. Am 20. April – in Binningen schon am 19. April – begann dann eine Reihe regnerischer Tage, die in Muttenz bis zum 23. April, in Binningen bis zum 24. April, andauerte. Sie ergab in Binningen insgesamt eine Niederschlagshöhe von 61 mm, in Muttenz dagegen nur eine solche von 8 mm. Der weitere Witterungsverlauf ist durch eine zweite Trockenperiode gekennzeichnet, die bis über das Monatsende hinaus andauerte. Die während der Rutschung und in den nachfolgenden Wochen herrschende ungewöhnlich trockene Witterung trug jedenfalls wesentlich zum Stillstand der Bewegung bei.

Die Stabilisierung der Rutschmasse wurde im weiteren auch durch die trockene Witterung der folgenden Monate begünstigt. So ergab in Binningen der Mai nur 60%, der Juni nur 66% und der Juli sogar nur

29% der langjährigen mittleren Niederschlagshöhen. Erst an den beiden letzten August-Tagen setzte wieder eine regnerische Witterung ein, die in allen folgenden Monaten des Jahres erhebliche Niederschlags-Überschüsse lieferte. Im Verlaufe dieser erneuten Durchnässung des Bodens gingen die verschiedenen bei der Beschreibung des Ereignisses erwähnten Nachrutschungen nieder.

h) Schlussfolgerungen

Sowohl der Zeitpunkt der ersten Bewegungen im Sommer 1951 als auch derjenige der Auslösung einer beschleunigten Bewegung finden durch die ungewöhnlichen meteorologischen Verhältnisse eine hinreichende Erklärung. Auf Grund des meteorologischen Beobachtungsmaterials ist es sogar wahrscheinlich, dass eine entsprechende Kombination rutschfördernder Ereignisse seit mindestens vielen Jahrzehnten nicht vorhanden war. Dass jedoch der Abhang in seiner jahrhundertealten Geschichte seit der letzten grossen Rutschung nicht schon einmal ähnlichen ungünstigen meteorologischen Bedingungen ausgesetzt war, muss als unwahrscheinlich betrachtet werden. Die Annahme eines weiteren, die Stabilität des Hanges verminderten Vorganges oder Ereignisses ist deshalb unumgänglich.

3. Veränderungen der Entwässerungsverhältnisse

a) Der Einfluss der Vegetation auf die Wasserführung des Untergrundes

Bei der Bekämpfung oberflächlicher Rutschungen hat sich die Aufforstung als ein bewährtes Mittel erwiesen. Einerseits verfestigt das Wurzelwerk der Bäume den Boden und wirkt sich im Sinne einer Vermehrung der einer Abrutschung entgegengesetzte wirkenden Kräfte aus. Andererseits vermögen die bis zur potentiellen Gleitfläche vordringenden Wurzeln der gesamten zum Abrutschen drängenden Bodenschicht Wasser zu entziehen und erhöhen damit ebenfalls die Widerstandskräfte in erheblichem Masse. Dieser günstige Einfluss der Bewaldung geht zum Beispiel daraus hervor, dass ENGLER (1919, S. 16 und 583) bei seinen Untersuchungen emmentalischer Waldgebiete im schlechtbewaldeten Rappengraben 23, im bewaldeten Sperbelgraben dagegen nur 3 frische vernarbte Abrisse oberflächlicher, höchstens 2 m tiefgehender Rutschungen feststellen konnte. Eine grosse tiefgehende Bodenbewegung wurde dagegen gerade im bewaldeten Sperbelgraben beobachtet.

Die günstigen Erfahrungen mit der Bewaldung bei der Bekämpfung oberflächlicher Rutschungen können nicht ohne weiteres auch auf tiefgehende Rutschungen übertragen werden. Da das Wurzelwerk bei diesen nicht bis zur potentiellen Gleitfläche vordringt, vermag es in der kritischen Tiefe den zur Abrutschung treibenden Kräften keinen Widerstand entgegenzusetzen, und das einmal unter die Reichweite der Wurzeln versickerte Wasser kann nicht mehr durch die Transpirationswirkung be-

seitigt werden. Um die Abhängigkeit der Rutschgefährlichkeit eines Hanges von der Vegetationsdecke zu beurteilen, ist deshalb vor allem die Kenntnis desjenigen Niederschlagsanteils von Bedeutung, der unter die von den Wurzeln erreichbaren Bodenschichten einzudringen vermag.

Wenn wir die Wasserbilanz eines geneigten Hanges betrachten, so fliesst ein Teil des gefallenen Niederschlages oberflächlich ab, ein anderer Teil verdunstet und ein weiterer Teil versickert in den Untergrund. Durch die von der Kapilarität des Bodens unterstützte direkte Verdunstung und durch die Transpiration der Pflanzen entweicht ein Teil dieser versickerten Wassermenge wieder als Wasserdampf. Der verbleibende Rest bildet dagegen den unterirdischen Abfluss, welcher uns im vorliegenden Zusammenhang in erster Linie interessiert. In der Gesamtbilanz verteilt sich demnach der gefallene Niederschlag auf (1) Oberflächlichen Abfluss, (2) Verdunstung und Transpiration und (3) Unterirdischer Abfluss.

Welchen Einfluss die Vegetationsdecke auf den Anteil von Verdunstung und Transpiration besitzt, zeigen z. B. die in Eberswalde durchgeföhrten Lysimeter-Untersuchungen. Im dreijährigen Mittel verdunstete bei 673 mm Niederschlagshöhe vom unbewachsenen Erdboden (Sand) 178 mm, vom mit Gras bewachsenen Erdboden dagegen 366 mm, also mehr als doppelt so viel. Noch grösser ist die Verdunstung in einem jungen Kiefernbestand, der im Mittel einer anderen Jahresreihe bei 582 mm Niederschlag eine Verdunstung von 461 mm ergab, während die Verdunstung des mit Gras bewachsenen Erdbodens nur 337 mm betrug (FRIEDRICH 1950). Auch die von ENGLER und von BURGER im Emmental ausgeführten Untersuchungen über die Wasserbilanz von zwei Flussgebieten bestätigen, dass die Verdunstung durch die Bewaldung gefördert wird. So betrug der Gesamtabfluss im 15jährigen Mittel beim schlechtbewaldeten Rappengraben 62%, beim vollbewaldeten Sperbelgraben dagegen nur 50% des Niederschlages.

Neben der erhöhten Verdunstung übt jedoch der Wald noch einen anderen erheblichen Einfluss auf den Wasserhaushalt aus. Bei den lockeren, porösen Waldböden kann das Niederschlagswasser unterirdisch abfliessen; auf Freilandböden erfolgt der Abfluss dagegen besonders bei intensiven Regen und raschen Schneeschmelzen zu einem grossen Teil auf der Oberfläche. «An steilen berasten Hängen ist der oberflächliche Abfluss am grössten» (ENGLER 1919, S. 612). Da der Abfluss des in den Boden versickerten Wassers viel langsamer erfolgt als auf dem Boden, ergibt sich durch die Bewaldung eine erhebliche Abflussverzögerung, wodurch konstantere Grundwasserstände und Quellergüsse entstehen, gefährliche Hochwasserspitzen gebrochen werden, in den Gewässern ausreichende Trockenwetterabflüsse verbleiben und die Erosion vermindert wird. Zur Bekämpfung von Rutschungen mit tiefliegenden Gleitflächen ist indessen diese für die Wasserwirtschaft günstige Abflussverzögerung unerwünscht. Die durch sie in dem zur Abrutschung drängenden Boden gespeicherten Wassermengen vermindern die der Bewegung entgegengesetzt wirkenden Kräfte. Bewaldung könnte sich demnach bei der Bekämpfung tiefgehender Rutschungen nur dann vorteilhaft auswirken, wenn die ungünstige Abflussverzögerung durch die erhöhte Summe von Verdunstung und Transpiration kompensiert würde. Ausser in extrem niederschlagsarmen Gebieten ist dies jedoch nicht der Fall. Daraus erklärt sich ja gerade die Tatsache, dass die Nieders Wasserstände von Bächen und die minimalen Quellergüsse in bewaldeten Gebieten trotz des geringeren Gesamtabfluss-Mittels weniger tief sinken als in schlecht oder nicht bewaldeten Gebieten (vgl. z. B. BURGER 1945, S. 61).

Einige Zahlenwerte über den Anteil von Oberflächenabfluss, Verdunstung + Transpiration und unterirdischem Abfluss bei wechselnder Vegetation haben in den USA durchgeföhrte Versuche geliefert.⁶⁾ Bei einem einheitlichen Niederschlag von

⁶⁾ Report of the President's Water Resources Policy Commission 1950, Vol. 1, p. 128, 129.

105 mm ergaben sich z. B. für bewaldeten und unbewachsenen Erdboden folgende Wasserbilanzen (Werte in mm):

	Versickerung	Oberflächenabfluss	Verdunstung und Transpiration	Unterirdischer Abfluss	Rücklagenvermehrung
bewaldet ⁷⁾	100	0	41	64	0
unbewachsen	76	29	32	43	1

Andere Untersuchungen in den USA haben unter sonst gleichen Bedingungen als Resultierende von Verdunstung und Transpiration einerseits und Oberflächenabfluss andererseits bei brachliegendem Land einen unterirdischen Abfluss von 114 mm, bei Korn einen solchen von 41 mm und bei Weidland (Blaugras) einen solchen von 50 mm ergeben.

Aus den erwähnten und anderen (z. B. BURGER 1945, S. 58–59, BURGER 1949, S. 137 ff.) Untersuchungen ergeben sich im grossen und ganzen folgende Einflüsse der Vegetationsdecke auf die Durchnäszung der tieferen Bodenschichten geneigter Hänge: Den grössten Anteil unterirdischen Abflusses liefert der Wald; er vermindert sich bei unbewachsenem Erdboden und noch weiter bei üblicher landwirtschaftlicher Nutzung (z. B. Wiesen oder Getreide); am geringsten ist er bei Weidland. Besonders fördernd auf den unterirdischen Abfluss und damit auf die Durchnäszung des Bodens ist jedenfalls eine Übernutzung von Wältern, da dann die versickerungsfördernde Struktur des Bodens zumindest vorläufig erhalten bleibt, die Wirkung der Transpiration aber vermindert wird. Der geringe Anteil des unterirdischen Abflusses von unbewachsenem Erdboden gegenüber von Wald besteht ferner naturgemäß auch nur dann, wenn der Oberflächenabfluss ungehindert erfolgen kann. Wenn der gesammelte Oberflächenabfluss unbewachsener Erdböden infolge lokaler Besonderheiten doch noch zur Versickerung gelangt, so wird der gesamte unterirdische Abfluss infolge der fehlenden Transpiration zweifellos noch grösser als beim Wald sein.

Zur Beurteilung der Rutschung des Wartenbergs wäre es nun vor allem interessant, die Wasserbilanz bei einer Bepflanzung mit Reben zu kennen. Leider sind mir darüber keine Untersuchungen bekannt, so dass wir auf Analogieschlüsse angewiesen sind. Die Bodenoberfläche ist in einem Rebberg zu einem grossen Teil unbewachsen und der Wasserbedarf der Reben im Vergleich zu anderen Kulturpflanzen gering. Gegenüber den üblichen landwirtschaftlichen Kulturen, wie Wiesland oder Getreideäcker, wird dadurch die Möglichkeit des unterirdischen Abflusses vergrössert. Die einer Rutschung widerstand entgegengesetzenden Kräfte sind deshalb bei einer Bepflanzung mit Reben geringer zu bewerten als z. B. bei Wiesland. Daraus erklärt sich auch, dass – wenn die geologischen Voraussetzungen dazu gegeben sind – Rutschungen in Rebgebiete relativ häufig sind. Es sei z. B. an die etwa zur gleichen Zeit wie die Wartenbergrutschung 1952 an der französischen Riviera niedergegangenen grossen Rutschungen, an die Rutschung in den Rebbergen zwischen Ligerz und Twann vom März 1937, an die Rutschung von Cornallaz bei Puidoux vom November 1950 oder auch an die Rutschung von Lausen des Jahres 1749 erinnert.

b) Die Vegetationsdecke des Rutschgebietes und ihre Veränderungen

Wie überall in unseren Gegenden bestand die ursprüngliche, natürliche Vegetationsdecke auch am Wartenberg aus Wald. Erst der Mensch

⁷⁾ «Chaparral». Nach RÜBEL, Pflanzengesellschaften der Erde, 1930, handelt es sich um ein kalifornisches Hartlaubgebüscht.

hat diesen gerodet und damit sein landwirtschaftliches Kulturland gewonnen. Seit Menschengedenken wurde das Gebiet der späteren Rutschung als Rebberg genutzt. Gewöhnlich nimmt man an, dass der Anbau der Weinrebe in unseren Gegenden seit dem 9. oder 10. Jahrhundert gepflegt wurde und im 17. Jahrhundert seine grösste Ausdehnung erreichte (SUTER 1926, S. 134–135). Ob und in welcher Weise die Überführung des Waldlandes in Weinberge die Versickerungsmöglichkeit des Niederschlagswassers und damit die Rutschgefahr verändert hat, ist nach den oben genannten Grundlagen schwierig zu beurteilen. Sicher ist, dass sie nur dann als Ursache der Rutschung in Frage käme, wenn seit jener Zeit keine derjenigen der Jahre 1951 und 1952 ähnliche Kombination ungewöhnlicher meteorologischer Ereignisse vorhanden gewesen wäre.

Noch auf der topographischen Grundlage zur geologischen Karte von GUTZWILLER und GREPPIN (1915) sind, mit Ausnahme einer kleinen Fläche zwischen Weinhag- und Weiherstrasse nördlich des Weiwers, im ganzen Gebiet Reben eingezeichnet. Erst im Laufe der letzten Jahrzehnte wurden einige Rebgrundstücke in teils mit Obstbäumen bepflanztes Wiesland übergeführt. Nach unseren einleitenden Erwägungen über den Einfluss der Vegetation auf die Wasserführung des Untergrundes kann nicht angenommen werden, dass sich diese Veränderung auf die Stabilität des Hanges ausgewirkt hätte. Im Gegenteil hätte sie bei alleiniger Wirkung eine Verringerung der Rutschgefahr zur Folge gehabt.

Den stärksten Eingriff in die Vegetationsdecke brachte der Abbau des Gehängeschuttes. Die von der Grube eingenommene Fläche betrug vor der Rutschung rund 3700 m², was etwa 9% der Oberfläche der abgerutschten Schuttdecke entspricht. Diese Fläche war fast vollständig sowohl von der Vegetation als auch von der Humus-Schicht entblösst, so dass die Versickerung der Niederschläge vergrössert war. Die geringe Neigung der Grubensohle verzögerte den Oberflächenabfluss und begünstigte damit ebenfalls die Versickerung, und was an Oberflächenwasser noch abfloss, versickerte schliesslich in der bergseits des Neusetzweges vorhandenen Vertiefung. Wenn man als rohe Schätzung annimmt, die mittlere Versickerung betrage im Rebland wegen der grösseren Mengen von Oberflächenabfluss, Verdunstung und Transpiration etwa die Hälfte derjenigen des Grubenareals, so wäre die auf das ganze von der Rutschung betroffene Areal bezogene Versickerung durch den Grubenbetrieb um die dem Flächenanteil entsprechenden 9% erhöht worden. Man erkennt aus dieser grössenordnungsmässigen Schätzung, dass das durch die Grube veränderte Wasserregime tatsächlich von einem gewissen

Einfluss auf die Stabilität des Hanges gewesen sein kann, der bei der Beurteilung der Rutschursachen nicht ausser Betracht gelassen werden darf.

c) Veränderungen der Strassen-Entwässerung

Das auf den geneigten Grundstücken bei starken Niederschlägen und Schneeschmelzen abfliessende Oberflächenwasser wurde durch die den Hang querenden Wege abgefangen. Die meisten dieser Wege gehen auf alten Bestand zurück. An dem in Frage stehenden Abhang waren lediglich die Burghaldenstrasse und der Neusetzweg durch die Feldregulierung von 1931/1935 vollständig neu erstellt worden. Geschlossene Ableitungen des anfallenden Strassenwassers bestanden im ganzen Rutschgebiet nicht. Zur Hauptsache flossen jedoch die anfallenden Wassermengen auf den abfallenden Strassen aus dem Rutschgebiet weg. Die in der Bevölkerung nach der Rutschung herumgebotene Meinung, das Oberflächenwasser der Neusetzstrasse und der Schauenburgerstrasse sei in der Gehängeschuttgrube versickert, konnte nicht bestätigt werden. Eine die Rutschgefahr erhöhende Veränderung der Strassenentwässerung ist somit nicht nachzuweisen.

4. Wasserverluste aus Leitungen

a) Abwasserbeseitigung von Brunnen und Liegenschaften

Innerhalb des Rutschgebietes waren zwei Feldbrunnen, das Doppelwohnhaus und das Gartenhaus an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen. Das von den Feldbrunnen ablaufende Wasser floss unschädlich aus dem Areal des späteren Rutsches weg. Beim Gartenhaus wurde das Wasser nur in trockenen Zeiten zum Besprengen der Pflanzen benutzt. Die Abwässer des Doppelwohnhauses wurden in abflusslosen Gruben gesammelt und auf das Kulturland ausgeführt. Eine durch die Abwasserbeseitigung der Brunnen und Liegenschaften erfolgte zusätzliche Durchnässung des Bodens lässt sich somit nicht feststellen.

b) Die Wasserleitungsverluste im Hallenweg

Die im Hallenweg durch das Rutschgebiet führende Wasserleitung der Hochzonenversorgung war am 5. August 1951, am 2. Oktober 1951, am 6. April 1952 und am 7. April 1952 unterbrochen worden. Die Übereinstimmung der Unterbruchstellen mit Haupt-Verschiebungsspalten der Rutschmasse lässt erkennen, dass die Leitung bei allen Unterbrüchen durch die einsetzende grosse Rutschbewegung zerstört worden ist. Die Untersuchung der meteorologischen Verhältnisse zeigt ferner, dass sämtliche zum Unterbruch der Leitung führenden Bewegungen ursächlich mit der Menge der in den Boden versickerten Niederschläge zusammenhangen. Die Unterbrüche der Leitung sind somit zweifellos durch die einsetzenden Rutschbewegungen erfolgt. Die Möglichkeit, dass zuerst

die Leitung unterbrochen worden und die Bewegung durch die dabei austretenden Wassermengen ausgelöst worden sei, kann mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Diese Feststellung schliesst jedoch nicht aus, dass die aus der Leitung austretenden Wassermengen zu einer stärkeren und beschleunigteren Bewegung beigetragen haben. Um sich über die Grösse dieser Wassermengen und damit ihren Einfluss auf das Ereignis Rechenschaft geben zu können, wurde der Betrieb der Hochzonenwasserversorgung für die Zeit von anfangs 1951 bis zur grossen Rutschung einer eingehenden Kontrolle unterzogen. Die Auswertung der automatisch registrierten Wasserstandsdiagramme des Hochzonenreservoirs sowie der wöchentlichen Aufzeichnungen über die Wasserförderung des Hochzonenpumpwerks gestattete die Verlustmengen mit befriedigender Genauigkeit zu bestimmen.

Aus den Untersuchungen ergibt sich, dass bis zum 21. Juli 1951 keinerlei Verluste stattfanden. Etwa von diesem Tage bis zum Unterbruch vom 5. August 1951 sind dagegen dauernd zunehmende Verluste festzustellen. Nach erfolgter Reparatur war die Leitung bis zum 2. Oktober 1951 intakt, an welchem Tage der vollständige Unterbruch unvermittelt, ohne vorangehende Verluste, erfolgte. Bis zum 5. April 1952 war die Leitung wieder verlustfrei. Dann traten während etwa 11 Stunden zunehmende Verluste auf, bis es am 6. April 1952 um 3 Uhr früh zum vollständigen Unterbruch kam. Nachdem der Schaden behoben worden war, blieb die Leitung wieder bis zum 7. April 1952 um 3½ Uhr früh ohne Verlust. Wie am 2. Oktober 1951 kam es in diesem Zeitpunkt wieder zu einem unvermittelten Unterbruch der Leitung.

Wie gross derjenige Anteil der gesamten Gleitfläche oder der gesamten Rutschmasse war, der anlässlich der vier Schadefälle vom austromenden Wasser betroffen wurde, lässt sich nicht genau ermitteln. Nach den am 7. April 1952 in der Grube beobachteten Wasseraustritten zu schliessen, dürfte sie relativ gross gewesen sein, so dass wir als rohe Vergleichs-Grundlage die Fläche von 1 ha annehmen können. Außerdem soll noch gezeigt werden, wie sich die Verluste bei einer Verteilung auf das gesamte Rutschgebiet, das heisst auf eine Fläche von rund 4,3 ha, ausgewirkt hätte. Bei der Beurteilung dieser Werte muss noch berücksichtigt werden, dass nur die am südöstlichen Rand entstandenen Verluste vollständig innerhalb des Rutschgebietes zur Versickerung kamen, während das am nordwestlichen Rutschrand zur Strassenoberfläche aufsteigende Wasser aus dem Rutschgebiet wegfloss und nur der direkt versickernde Anteil zur zusätzlichen Durchnässung beitragen konnte.

Folgende Tabelle enthält die bei jedem der vier Schadenereignisse erfolgten Gesamtverluste sowie – unter Vernachlässigung des unschädlichen Oberflächenabflusses – die mit den Niederschlagshöhen vergleichbaren Verlusthöhen:

Zeit	Verlust m ³	Verlusthöhen bei einer Fläche von	
		1 ha	4,3 ha
21. Juli 1951 bis Unterbruch am 5. August 1951	451	45,1 mm	10,5 mm
5. August 1951 nach Unterbruch	47	4,7 mm	1,1 mm
2. Oktober 1951 nach Unterbruch	71	7,1 mm	1,6 mm
5. April 1952 bis Unterbruch am 6. April 1952	30	3,0 mm	0,7 mm
6. April 1952 nach Unterbruch	96	9,6 mm	2,2 mm
7. April 1952 nach Unterbruch	49	4,9 mm	1,1 mm

Die grösste zusätzliche Durchnäsung des Bodens fand demnach durch die vom 21. Juli bis 5. August 1951 eingetretenen Verluste statt. Im Vergleich zur gesamten Niederschlagshöhe des Juli 1951 von 212 mm erscheint die auf 4,3 ha bezogene Verlusthöhe von etwa 10 mm (= 5% der Juli-Niederschläge) bescheiden. Die unterhalb der Verluststelle entstandene zusätzliche Durchnäsung des Bodens war naturgemäß erheblich grösser als dies durch die erwähnten 10 mm Verlusthöhe ausgedrückt werden kann. Trotz dieser gegenüber den übrigen Teilen des Rutschgebietes stärkeren Durchnäsung fand jedoch nach erfolgter Reparatur im betroffenen Gebiet während mehreren Monaten keine merkbare Bewegung mehr statt. Vielmehr erfolgte die nächste nachgewiesene Bewegung gerade am anderen seitlichen Ende der Rutschmasse, also ausserhalb des direkten Einflussbereiches der starken Durchnäsung. Dies weist darauf hin, dass die Verluste nicht von entscheidender Bedeutung für den weiteren Verlauf der Rutschung sein konnten.

Auch beim Unterbruch vom 2. Oktober 1951, der gesamthaft noch geringere Verluste als die vom 21. Juli 1951 bis 5. August 1951 vorhandenen Undichtigkeiten nach sich gezogen hatte, können keine Nachwirkungen der zusätzlichen Durchnäsung festgestellt werden. Da die Leitung nach erfolgter Reparatur intakt blieb, hatte die Bewegung ganz oder zumindest vorwiegend vor bzw. während des Unterbruches stattgefunden.

Die Bewegungen, welche im Januar oder Februar 1952 die Rutschung erneut einleiteten und zur Ausbildung des grossen sichtbaren Abrissbogens geführt hatten, verliefen schliesslich gänzlich ohne das Mitwirken von infolge Leitungsverlusten entstandenen zusätzlichen Durchnäsungen.

Die am 6. und 7. April entstandenen Verluste mögen lokal zur Überwindung von die beschleunigte Bewegung noch aufhaltenden Wider-

standskräften geführt haben. Sicher befand sich jedoch die Rutschmasse schon in jenem Zeitpunkt an der Grenze des Gleichgewichts, so dass die durch die Leitungsverluste hervorgerufene zusätzliche Durchnässung höchstens als Umstand von sekundärer Bedeutung bei der Auslösung der beschleunigten Bewegung mitwirken konnte.

Zusammenfassend ergibt sich, dass die Leitungsverluste als eigentliche Ursache der Rutschung nicht in Betracht fallen; sie waren vielmehr eine Folge der bereits eingesetzten Rutschbewegungen.

D. Künstliche Änderungen der Stabilitätsverhältnisse

1. Die Ausbeutung von Gehängeschutt

Die Lage der Gehängeschutt-Grube inmitten des Rutschgebietes erweckte bei vielen Augenzeugen des Ereignisses spontan den Eindruck, dass allein der durch die Grube erzeugte Einschnitt in den Hang die Rutschung verursacht und deren Begrenzung bestimmt habe. Wenn wir jedoch den geologischen Aufbau des Abhangs betrachten, so erkennen wir, dass sämtliche Begrenzungen der Rutschung durch Änderungen der Untergrundverhältnisse vorgezeichnet waren. Die Begrenzung des Rutschgebietes kann deshalb nicht durch die Lage der Grube bestimmt sein. Die räumliche Beziehung zwischen Rutschbegrenzung und Grube ist nicht ursächlicher, sondern zufälliger Natur.

Allerdings schliesst diese Feststellung nicht zum vornherein aus, dass die in ihrem Umfange durch geologische Voraussetzungen vorgezeichnete Rutschung nicht doch durch den Abbau des Gehängeschuttes ausgelöst worden ist. Darauf, dass die mit der Anlage und Erweiterung der Grube zusammenhängende Änderung der Entwässerungsverhältnisse eine Verminderung der Widerstandskräfte zur Folge haben musste, wurde bereits erwiesen. In bezug auf die unterhalb der Grube gelegenen Hangpartien könnte man sich zunächst auch vorstellen, dass der im lehmigen Gehängeschutt erfolgte Einschnitt als solcher eine Verminderung der Kohäsion und damit ebenfalls eine Verminderung der gesamten Widerstandskräfte zur Folge gehabt hätte. Abgesehen davon, dass die Lage der Hauptabrisse der in Frage kommenden mittleren Teilrutschung hiefür keine Anhaltspunkte liefert, ist der mit dem fortschreitenden Abbau gleichzeitig für diese Teilrutschung verbundenen Verminderung des zur Abrutschung drängenden Momentes entscheidendere Bedeutung beizumessen.

Wie die Profile durch das Rutschgebiet sowie der Ablauf des Ereignisses zeigen, wurde durch den Abbau des Gehängeschuttes einerseits der Kopf der mittleren Teirlutschung entlastet und andererseits der Fuss der oberen Teirlutschung angeschnitten. Im Falle der Gleichung des Drehmomentes $M_G = G \cdot a$ wurde der Hebelarm a der mittleren Teirlutschung verkleinert, derjenige der oberen Teirlutschung dagegen vergrössert. Eine zur Bewegungsauslösung führende Änderung der Stabilitätsverhältnisse wäre deshalb für einen über der Grube gelegenen Streifen der oberen Teirlutschung denkbar. Währenddem jedoch im unteren Teile des Rutschgebietes westlich der Grube schon Rutschungen eingesetzt hatten, konnten im direkten Einflussbereich des Grubeneinschnittes noch keine Bewegungen festgestellt werden. Trotz des sehr steilen, im Mittel etwa 63° Neigung aufweisenden Einschnittes fanden insbesondere auch in den der grossen Rutschung vorangehenden Monaten und Tagen keinerlei Nachstürze statt. Die Art und Lage der einleitenden Bewegungen lässt sich somit nicht mit den Vorstellungen in Einklang bringen, die man sich von einer ausschliesslich durch die Grube ausgelösten Rutschung zu machen hätte. Wie aus der Beschreibung der Rutschung hervorgeht, vermag auch die Lage der wichtigsten Rutsch-Elemente eine solche Vorstellung nicht zu bestätigen.

Nachdem die am unteren Teile des Hanges begonnenen und von dort oben übertragenen Kriechbewegungen im Abrissgebiet der späteren oberen Teirlutschung zur Bruchbildung geführt hatten, mag allerdings die am Fusse der oberen Teirlutschung durch den Abbau entstandene Gewichtsverminderung zum Übergang der langsam in eine rasche Bewegung beigetragen haben. Ob die Bewegung dauernd an ihrer Geschwindigkeitszunahme verhindert gewesen wäre, wenn die abgebauten Gehängeschuttmassen noch vorhanden gewesen wären, lässt sich indessen wegen der mannigfaltigen Bewegungsvorgänge nicht entscheiden.

2. Andere Änderungen der Stabilitätsverhältnisse

Ausser dem Gehängeschutt-Abbau fanden im Laufe der Zeit auch einige lokale Änderungen des Gewichts der Schuttdecke statt, z. B. beim Bau von Wegen oder bei der Erstellung des Bunkers. Keiner dieser Eingriffe vermag die Entstehung der grossen Rutschung zu erklären; die lokalen Verminderungen der Stabilität können aber doch als Umstand von sekundärer Bedeutung mitgeholfen haben, die Voraussetzungen dazu zu schaffen.

Schliesslich wurde auch geprüft, ob Verkehrserschütterungen bei der Auslösung der Rutschung mitgewirkt haben. Das vorliegende Beobachtungsmaterial enthält keine Hinweise für eine solche Annahme. Erschütterungen spielen erfahrungsgemäss bei der Auslösung einer Rutschung nur dann eine Rolle, wenn sich die Rutsch-

masse schon vor dem Abgehen an der Grenze des Gleichgewichtes befindet. Sie können deshalb bei der abschliessenden Beurteilung der Rutsch-Ursachen ausser Betracht gelassen werden. Dasselbe gilt auch für Erdbeben, die als bei der Auslösung der Wartenberg-Rutschung mitwirkender Faktor auszuschliessen sind.

E. Bewertung der einzelnen Vorgänge und Ereignisse

Der geologische Aufbau des Wartenberg-Südwestabhangs bildete schon früher die Voraussetzungen für die Abgleitung umfangreicher Gehängeschuttmassen auf den vorwiegend tonig-mergeligen Gesteinen des anstehenden Untergrundes. Durch jene Rutschungen war ein Gleichgewichtszustand entstanden, der weitere grössere Rutschungen während Jahrhunderten verhinderte. Da jedoch die Gehängeschuttmassen damals den Fuss des Abhangs nicht erreicht hatten, waren die zu einer Abrutschung drängenden Kräfte immer noch beträchtlich und deren schädliche Auswirkung wurde nur durch entsprechende Widerstandskräfte verhindert. Da ferner die fröhre Rutschung naturgemäss gerade etwa den der damaligen Kraft- und Widerstandsbilanz entsprechenden Gleichgewichtszustand erreicht hatte, musste auch eine im Vergleich zu den Gesamtkräften verhältnismässig geringe Änderung einer dieser beiden Bilanzen zu einer erneuten Störung des Gleichgewichtes führen.

Bei der Auslösung aller grossen, nicht in unmittelbarer zeitlicher Folge von künstlichen Eingriffen niedergehenden Rutschungen spielen immer die durch Niederschläge entstehenden aussergewöhnlichen Durchnässeungen des Bodens den entscheidenden Faktor. Da sich jedoch bestimmte für die Überwindung der Widerstandskräfte günstige meteorologische Konstellationen – wenn auch manchmal erst nach vielen Jahrzehnten – wiederholen, müssten alle ausschliesslich auf aussergewöhnliche Durchnässeungen zurückzuführende Rutschungen längst niedergegangen sein. Wenn also heute eine neue Rutschung sich ereignet oder eine alte Rutschung reaktiviert wird, so ist dies immer darauf zurückzuführen, dass mindestens seit der letzten entsprechenden Kombination meteorologischer Bedingungen eine natürliche oder eine künstliche Änderung anderer Komponenten der Kraft- oder der Widerstandsbilanz erfolgt ist. Eine solche Änderung verminderte zwar den Mittelwert des mit den wechselnden Durchnässeungsverhältnissen schwankenden Sicherheitsfaktors; aber erst durch die zusätzliche Wirkung einer ausserordentlichen Niederschlagsperiode konnte dieser auf einen unter der kritischen Grenze liegenden Minimalwert sinken.

Dass auch bei der Wartenberg-Rutschung eine rutschfördernde Kombination meteorologischer Bedingungen das für die Auslösung ent-

scheidende Ereignis darstellte, konnte eindeutig nachgewiesen werden. Da es jedoch in hohem Grade unwahrscheinlich erscheint, dass seit dem Niedergang der alten Rutschung nicht schon einmal ähnliche meteorologische Bedingungen geherrscht hatten, stellt sich bei der Beurteilung der Rutsch-Ursachen vor allem die Frage, welche von den meteorologischen Periodizitäten unabhängigen, den Sicherheitsfaktor mitbestimmenden Änderungen inzwischen stattgefunden hatten.

Diese Frage muss selbstverständlich auch bei allen jenen Rutschungen gestellt werden, die andernorts niedergingen, ohne dass irgendwelche künstliche Änderungen der Kraft- oder der Widerstandsbilanz stattgefunden hätten. Dieser Umstand weist deutlich darauf hin, dass ausser den durch die menschlichen Eingriffe entstehenden Änderungen auch solche in Betracht gezogen werden müssen, die durch meist kontinuierliche natürliche Vorgänge erfolgten. Unter diesen ist bei der Wartenberg-Rutschung namentlich die chemische Verwitterung des die Unterlage der Gehängeschuttdecke bildenden Tones in Betracht zu ziehen, die unter dem Einfluss des auf ihr sich stauenden Wassers erfolgen und zu einer progressiven Verminderung der Widerstandskräfte führen konnte.

In bezug auf künstliche, im Sinne einer Erniedrigung des Sicherheitsfaktors wirksame Änderungen ist zunächst in Erwägung zu ziehen, dass durch den Gehängeschuttabbau in einem grösseren Teil des Rutschgebietes die Humus- und Vegetationsdecke beseitigt worden war, das Niederschlagswasser dadurch in gesteigertem Masse versickern und zu einer vermehrten Durchnässung des Untergrundes führen konnte. Diese Änderung trug an den tieferen Hangpartien zu einer Verminderung der Stabilität der Gehängeschuttdecke bei. Wenn man berücksichtigt, dass sich die später niedergegangene Rutschmasse an der Grenze des Gleichgewichtes befand, so sind natürlich auch Umstände von sekundärer Bedeutung, wie zum Beispiel die durch den Bunker entstandene zusätzliche Belastung, nicht gänzlich als bei der Auslösung mitwirkende Faktoren ausser Betracht zu lassen. Bei der einmal eingeleiteten Bewegung mag schliesslich auch der durch die Gehängeschutt-Grube am oberen Teil des Hanges geschaffene künstliche Einschnitt zu deren Beschleunigung beigetragen haben. Als Folge der einsetzenden Rutschungen waren schliesslich die Verluste der im Hallenweg verlegten Wasserleitung entstanden, deren teilweise Versickerung die der beschleunigten Abrutschung entgegenwirkenden Kräfte noch weiter zu vermindern vermochte. Ausser den bei vielen Rutschungen allein zur Auslösung führenden natürlichen, mehr oder weniger kontinuierlich vor sich gehenden

Änderungen können somit am Wartenberg einige künstliche Eingriffe zur Verminderung der Stabilität beigetragen haben. Der uneinheitliche geologische Bau des Hanges und die komplizierten Bewegungsvorgänge lassen es jedoch als unmöglich erscheinen, zu beurteilen, durch welche der einzelnen Vorgänge und Eingriffe das Kräftegleichgewicht die ausgiebigste Änderung erfahren hat.

Zusammenfassend ergibt sich, dass mehrere Faktoren teils primär, teils erst als Folge der Wirkung der anderen im Sinne einer Verminderung der Stabilität wirken konnten. Erst die summierte Wirkung mehrerer, vielleicht sogar aller dieser Faktoren vermochte jedoch den Sicherheitsfaktor so weit zu erniedrigen, dass es einerseits überhaupt zur Auslösung und andererseits zum erfolgten Ausmaße der grossen Rutschung kam.

Literatur-Verzeichnis

- BALTZER, A., Der Erdschlipf von Böttstein, 1877.
BERNATZIK, W., Baugrund und Physik, Zürich 1947.
BIDER, M. (id.), Monatliche Witterungsberichte in den Basler Nachrichten 1951, 1952.
BURGER, H., Der Einfluss des Waldes auf den Wasserhaushalt. – in: Über die Bedeutung des Schweizerwaldes, Schweizerische Naturschutzbücherei, Bd. 1, 1945.
— Die Vegetation, der Boden und der Wasserhaushalt in der obersten Bodenschicht des Einzugsgebietes der Baye de Montreux. – in: LÜTSCHG, Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges, Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie, Hydrologie, 4. Liefg. I. Bd., I. Teil, 3. Abt., 1949.
BUXTORF, A., Geologie der Umgebung von Gelterkinden. – Beitr. geol. Karte der Schweiz N. F. 11, 1901.
— Das Gebiet der Rheintalflexur. – Ecl. geol. Helv. 21, 1928.
DISLER, C., Geologie des Bezirks Rheinfelden, 1931.
ENGLER, A., Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. – Mitt. Schweiz. Zentralanst. f. forstl. Versuchswesen, Bd. 12, 1919.
FRIEDRICH, W., Über die Verdunstung vom Erdboden. – Gas- und Wasserfach 91, H. 24, 1950.
GUTZWILLER, A. und GREPPIN, Ed., Geologische Karte von Basel, Erster Teil. – Geol. Spezialkarte Nr. 77, 1915.
— und GREPPIN, Ed., Erläuterungen zur Geologischen Karte von Basel, I. Teil: Gempenplateau und unteres Birstal, 1916.
HEIM, ALBERT, Bergsturz und Menschenleben, 1932.
LANZ, H., und ROMMEL, C., Elementarschäden und Versickerung, Bd. 2, Bern 1936.
LEUTHARDT, F., Der Erdschlipf am Murenberg bei Bubendorf in den Jahren 1909 und 1910. – Verh. Schweiz. Natf. Ges. 1910.
— Der Erdschlipf am Murenberg bei Bubendorf in den Jahren 1909 und 1910. – Tätigkeitsber. Natf. Ges. Bld. 1907–1911, 1911.
— Über Erdschlipfe und Felsstürze im Basler Jura. – Basellandschaftliche Zeitung Nr. 81, 8. April 1926.
MOHLER, W., Beiträge zur Landschaftsgeschichte der Umgebung von Gelterkinden. – Tätigkeitsber. Natf. Ges. Bld. Bd. 9, 1933.

- VON Moos, A., Die Geologie der Schweiz und deren Beziehung zur Bautechnik. — Hoch- und Tiefbau 1942.
- Report of The President's Water Resources Policy Commission, Vol. 1: General Report, Washington 1950.
- SCHMASSMANN, H., Stratigraphie des mittleren Doggers der Nordschweiz. — Tätigkeitsber. Natf. Ges. Bld., Bd. 14, 1945.
- Die Einbeziehung der Rutsch- und Bergsturzgebiete in das Baugebiet unserer Siedlungen. — Hoch- und Tiefbau 1945.
- Naturwissenschaftliche Probleme der Orts- und Regionalplanung. — Schweiz. Techn. Zeitschrift 1947.
- Zielbewusste Planungspolitik der Behörden schützt Bauherrn vor grossem Schaden. — Planen und Bauen in der Nordwestschweiz Nr. 2, 1952.
- STRÜBIN, K., Beiträge zur Kenntnis der Stratigraphie des Basler Tafeljura. — Diss. Basel 1901.
- Die Ausbildung des Hauprogensteins in der Umgebung von Basel. — Tätigkeitsber. Natf. Ges. Bld. 1904–1906, 1907.
- Die stratigraphische Stellung der Schichten mit *Nerinea basileensis* am Wartenberg und in anderen Gebieten des Basler Jura. — Verh. Natf. Ges. Basel XXV, 1914.
- SUTER, P., Beiträge zur Landschaftsgeschichte des Ergolztales. — Mitt. geogr.-ethn. Ges., Basel 1, 1926.
- TERZAGHI, K. v., Bergstürze und Erdrutschungen. — in: REDLICH, TERZAGHI, KAMPE, Ingenieurgeologie. — Wien und Berlin 1929.
- Mechanism of Landslides. — in: Geological Society of America, Application of Geology to Engineering Practice. Berkey Volume, New York 1950.
- VERLOOP, J. H., Die Salzlager der Nordschweiz. — Diss. Basel, 1909.
- WITTMANN, O., Zur Stratigraphie des Doggers längs der Rheintalflexur bei Lörrach und am Röttler Schloss. — Ber. Natf. Ges. Freiburg i. Br. 39, 1949.

Manuskript eingegangen 5. Februar 1953.