



MITTEILUNGEN

DES MUSEUMS.
FÜR BERGBAU
GEOLOGIE UND
TECHNIK

AM LANDESMUSEUM
„JOANNEUM“, GRAZ

HERAUSGEGEBEN VON
DR. KARL MURBAN

1969

MITTEILUNGSHEFT 30

A. ALKER, H. HAAS und O. HOMANN

Hangbewegungen in der Steiermark

Für Form und Inhalt sind die Autoren allein verantwortlich.
Druck: Grazer Druckerei, Bienengasse 29.

Hangbewegungen in der Steiermark

Adolf Alker, Helmuth Haas und Oskar Homann

Alljährlich können vorwiegend im Zusammenhang mit länger andauernden und reichlichen Niederschlägen Hangbewegungen in verschiedenen Teilen der Steiermark beobachtet werden. Von seiten des Landes Steiermark wurde den in den Jahren 1963—1966 in sehr hohem Maße auftretenden Naturereignissen im Erlaßwege bereits besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Nicht immer sind die Ursachen durch künstliche Eingriffe hervorgerufen, denn viele, vor allem jungtertiäre Sedimente liegen in ihren Sedimentationsräumen in einem labilen Gleichgewichtszustand.

Ausschlaggebend für die Stabilität eines Hanges oder die in ihm auftretenden Bewegungen sind vorwiegend die Größe des Wassergehalts und die Wasserbewegung im Boden. Es soll in diesem Zusammenhang auf den vielfach verbreiteten Irrtum, daß die vorhandenen Wassermengen vom morphologischem Einzugsgebiet abhängig sind, hingewiesen und darauf aufmerksam gemacht werden, daß zumeist viel größere geologische Einzugsgebiete für den Wasserhaushalt zu berücksichtigen sind.

Aus dem Verhältnis Boden zu Wasser resultiert die Stabilität einer Böschung natürlicher oder künstlicher Ausbildung. Der Boden selbst als Festsubstanz besitzt Festigkeitseigenschaften, die weitgehend abhängig sind von der Kornverteilung (Korngrößenzusammensetzung), Kornform, Korngerüst, vom flächigen und achsialen Gefüge, sowie von seiner mineralogisch-petrographischen Zusammensetzung. Die Kombination dieser Faktoren finden letztlich ihren Niederschlag in den bodenphysikalischen Eigenschaften wie Dichte, Porenziffer, natürlicher Wassergehalt, Konsistenz, Zusammendrückbarkeit, Scherfestigkeit (Reibungswinkel und Kohäsion) u. ä. m.

Sinn dieser hier vorgelegten Arbeit soll nun nicht sein, die vorhin aufgezählten theoretischen Grundlagen im Detail zu erfassen, sondern anhand von in den letzten Jahren in der Steiermark akut gewordenen Beispielen von Hangbewegungen Ursachen und Wirkungen an verschiedenen Typen zu erläutern und zum Teil Sanierungen solcher Bereiche vorzuführen. Es wurde daher bei der Auswahl der Beispiele vor allem auf markante Typen und nicht auf Vollständigkeit in der Aufzählung der bekannt gewordenen Hangbewegungen Wert gelegt.

Es sind zur Zeit im österreichischen Geologenkreis Bestrebungen vorhanden, die Hangbewegungen nomenklatorisch zu erfassen. Um diesen Bestrebungen nicht vorzugreifen, wird in diesem Aufsatz auf eine Einteilung der Hangbewegungen nach ihrer spezifischen Ausbildung verzichtet.

Wenn auch der Großteil der Hangbewegungen in den tertiären Ablagerungsgebieten des Ost-, Süd- und Weststeirischen Hügellandes bzw. in den inneralpinen tertiären Talablagerungen liegt, so sind doch die Felsgebiete des kristallinen Grundgebirges, des Grazer Paläozoikum, der Grauwackenzone und der Kalkalpen hievon nicht verschont. Daher wird den in diesem besonderen Rahmen beschriebenen Hangbewegungen eine regionalgeologische Gliederung zugrunde gelegt.

1. *Kristallines Grundgebirge*

1.1 Im Möschitzgraben beim „Blauen Kreuz“ südlich St. Peter ob Judenburg ereigneten sich im Frühjahr 1967 Hangbewegungen (Abb. 1) durch die die gesamte Gemeinde Möschitzgraben von der Umwelt verkehrs-



Abb. 1. Möschitzgraben

technisch vollkommen abgeschnitten zu werden drohte. Durch den kleinen Querschnitt des Grabens — der Bach wurde bereits wegen der Unterbringung eines Fahrweges in einem Stollen geführt — wurde es notwendig, den linksseitigen Hangfuß zur Wegverbreiterung zu unterschneiden, um eine Stützmauer unterzubringen. Im selben Zeitraum wurde der Wald dieses Grabengehänges durch einen Windwurf sehr stark beschädigt und eine Kahlschlägerung durchgeführt. Die winterliche Niederschlagsmenge war sehr groß, sodaß der Hang, bestehend aus Blockwerk von vorwiegend Pegmatit, vermengt mit Feinschutt, das Wasserangebot nicht verkraften konnte und am Böschungsfuß muschelartige Ausbrüche in die Straße hinein erfolgten. Im Oberhang, bei einer durchschnittlichen Hangneigung von ca. 45° , bewegten sich Blöcke bis zu $0,5 \text{ m}^3$ talwärts, da das Feinmaterial zwischen den Blöcken mit Wasser übersättigt wurde. Die Funktion der Verdunstung, die der Wald übernommen hatte, war außer Kraft. Oberhalb der steilen Waldböschung legte sich eine Wiesenterrasse flacher zurück. Sie fand in der Böschungsschulter ebenfalls keinen Halt mehr und brach in muschelartigen Anrissen aus.

Die Ursache dieser komplexen Hangbewegung lag einerseits in der Verbreiterung der Straße und dem damit verbundenen Anschneiden des Böschungsfußes zur Errichtung einer Stützmauer, andererseits in den Auswirkungen des Windwurfes und den damit folgenden Kahlschlägerungen. Ein wesentlicher Punkt für die Sanierung dieses Hanges liegt in der Wiederaufforstung, selbst über die bewegte Fläche hinaus, um im Hang ein Gleichgewicht des Wasserhaushaltes wieder herzustellen. Die stark aufgelockerten Hangblöcke wurden oberflächlich abgeräumt und die aufgerissenen Spalten und Klüfte mit Feinmaterial verfüllt. Mit diesen Sanierungsmaßnahmen dürfte wieder ein neues Gleichgewicht hergestellt werden, womit auch gleichzeitig die Bewegungen in der Wiesenterrasse eine Stabilisierung finden.

1.2 In K o g l n e g g / S o b o t h kommt es zu zahlreichen Wasseraustritten, die durch das flächige Gefüge des anstehenden Kristallins bedingt sind. In der Zone der Auflockerung und der Verwitterungsschwarte haben sich Quellmulden ausgebildet, wobei es zu den üblichen Auswaschungen und Hangbewegungen kam. Ein gewisses Gleichgewicht stellte sich von selbst ein, das vom aufkommenden Bewuchs gefestigt wurde (Abb. 2). Wenn nun dieser Minderertragsboden nicht zerstört wird, so sind keine weiteren Hangbewegungen größeren Ausmaßes zu erwarten. Eine intensive Nutzung ist nur dann möglich, wenn damit großzügige Sanierungsmaßnahmen verbunden sind.

1.3 Im Granitsteinbruch S t u b e n b e r g bei Weiz ist es in den Jahren 1959 und 1960 zu größeren Hangbewegungen gekommen (Abb. 3), die seither nicht mehr aufgehört haben. In der weiteren Umgebung des Bruches ist der abgebaute Granit mit Schiefern, Amphiboliten und pegmatoiden Gesteinen, die von Karbonatbändern begleitet sind, verschuppt. Die Gesteine streichen SE-NW und fallen mit 45° gegen Süden ein. Die Kontaktfläche Granit—Schiefer ist eine tektonische, an der eine starke Mylonitzone ausgebildet ist. Diese Mylonit- und Kontaktzone ist auch die Gleitfläche, an der die Granitlinse talwärts gleitet und während dieses Vor-



Abb. 2. Koglnegg in der Soboth



Abb. 3. Steinbruch Stubenberg bei Weiz

ganges in sich zerbricht. An der heutigen Bruchsohle sind dieselben Schiefer zu erkennen, die im Abrißbereich freigelegt worden sind. Die freigelegten Schiefer entspannen sich, so daß Platten im Ausmaß von etwa 20 m² und in einer Stärke von 0,30 m abgehoben und losgelöst werden.

Folgende Ursachen der Hangbewegung können erkannt werden: Eindringen von Wasser in die Mylonitzone, die starke Tiefenerosion der Feistriz und letzten Endes der Steinbruchbetrieb selbst.

In der Hinterbrühl bei Stubenberg findet eine ebenso starke Hangbewegung statt. Es ist auch hier eine Granitlinse, die ebenfalls SE-streicht, also gleich wie die Steinbruchlinse. Auch hier kommt es zur Ablösung im Grenzbereich Granit—Schiefer. Ursache ist hier die Erosion des Baches, der die Klamm durchfließt.

2. Grazer Paläozoikum und Grawwackenzone

2.1 Die starke Tiefenerosion eines Quellgerinnes, das sich in die weichen paläozoischen Schiefer der Tasche bei P e g g a u tief einschneidet (Abb. 4), bewirkt das seitliche Nachbrechen des Hanges, die Ausbildung einer großen Mulde und die damit verbundene rückschreitende Erosion, die eine Gemeindestraße in kurzer Zeit erreicht hat.



Abb. 4. Tasche bei Peggau

2.2 Die J a k l i t s c h b e r g rutschungen in dem als Wolfgraben bekannten unteren Triebenbachtal wurden seit der Hochwasserkatastrophe des Jahres 1938, die neben der endgültigen Zerstörung der durch den ostseitigen Hang ansteigenden Tauernbundesstraße verheerende Vermurungen

der Schwemmkegelsiedlung Trieben verursachten, wiederholt geologischen Untersuchungen unterzogen, um aus der Erkenntnis der Rutschungsursachen zur technisch richtigen Sanierung dieser seit langem gefürchteten Schadensquelle zu gelangen.

Der ausgedehnte, 10 ha umfassende Hangteil der Hauptblaike und weitere zusammen 5 ha Hangfläche ausmachende kleinere Blaikten (Abb. 5) befinden sich im ostseitigen Unterhang des Wolfgrabens, dessen unruhige Formen auf die innerhalb geologischer Zeiträume anhaltenden steten Hangbewegungen schließen lassen.

Die beidseitigen Hänge des Wolfgrabens werden von phyllitischen Gesteinen der Grauwackenzone aufgebaut, die vom quarzreichen grauen bis graugrünen Schiefer mit grobblockigem Bruch bis zum quarzarmen und glimmerreichen Phyllit mit feinblättrigem Zerfall alle Übergänge zeigen. Die feinblättrige Varietät ist äußerst verwitterungsanfällig, dient innerhalb des Schieferpakets als Wasserstauer und liefert einen schuppigen, sich schmierig anfassenden Hangschutt, der bei Durchfeuchtung zu Gleitungen neigt und wesentlichen Anteil an den Blaiktenbildungen hat.

Das Verflächen der Schieferung zeigt generell NNE bis NNW — Streichen und Westeinfallen. Einige NW orientierte steile Störungszonen zerlegen den Gesteinskörper und sind Bestandteil einer, durch mit ca 30° gegen WNW einfallende Achsen bestimmten, flachwelligen Falten tektonik.

Im linksseitigen (westlichen) Talhang fallen die Schieferungsflächen der Phyllite demnach in den Hang ein, der daher steil ist und nur vereinzelt Sackungen und Ableitungen der Verwitterungs- und Auflockerungszone zeigt. Im ostseitigen, rechten Hang des Wolfgrabens (Jaktschberg) zeigen die Schiefer annähernd hangparalleles oder etwas flacher schräg aus dem Hang fallendes Verflächen. Die Hänge sind im allgemeinen zwar weniger übersteilt, tragen jedoch vielfach und naturgemäß im Unterhang mächtig angereicherte lockere Schutt- und oberflächlich infolge Talzuschubes aufgelockerte Gesteinsmassen. Durch diese Lagerungsverhältnisse der Phyllite ist allenthalben eine reichliche Hangwasserführung zu beobachten, die dort, wo synklinale Einmuldungen der Gesteine mit ursächlich hiemit zusammenhängenden Hangeinmuldungen zusammentreffen, durch das Abfließen der Hangwässer an den Schieferungsflächen an Intensität zunimmt. Die Bewegungsanfälligkeit der im Muldeninneren liegenden aufgelockerten oder lockeren Gesteinsmassen wird hiedurch im verstärkten Maße gefördert (große Blaike).

So finden wir in diesem Hang ein folgerichtiges, bewegungsauslösendes Zusammenwirken von Gesteinsart und Verwitterung, flächigem Gefüge, Hangwasserführung und erodierender Tätigkeit des Triebenbaches, die unter besonderen klimatischen Bedingungen zu solch katastrophalen Bewegungen und Schutförderungen führen können, wie zum letzten Mal im Jahre 1938.

Je nach Gesteinsart sind unterschiedliche Bewegungsformen zu finden: mit kippenden Sackungen beginnender und zum Bergsturz (Blockhalde) führender Zerfall der derben Schiefer bis zum lamellaren Zergleiten der blättrigen Phyllite, deren Schutt nach totaler Auflösung des Gesteinsverbandes bei starker Durchfeuchtung zu fließender Bewegung neigt. (Abb. 6 u. 7).



Vervielfältigt mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen
(Landesaufnahme) in Wien; G.Z.L. 69.039/70.
Abb. 5. Luftbild Wolfsgraben bei Trieben



Abb. 6.
Wolfsgaben bei Trieben



Abb. 7. Wolfsgaben bei Trieben

Der anfänglich angenommene gespannte Kluftwasserpolster in den Schiefen des Jaklitschberghanges hat sich nach Aufschließung des Gebirges mittels eines unter der Hauptblaike vorgetriebenen Entwässerungstollens als nicht vorhanden oder gegenüber der Auswirkung oberflächennaher Hangwässer als unbedeutend erwiesen. Die aus dem ca. 350 m langen Stollen abfließende Wassermenge stellt nur einen Bruchteil jener Wässer dar, die von drei im Hang verlegten, wenig verzweigten Drainagesträngen geliefert wird. Neben und nach dem Einbau der Hangdrainagen wurde vor allem die erodierende Tätigkeit des Triebenbaches, die dem Hang bei jedem Hochwasser den stützenden Fuß nahm, durch eine schwerste, energievernichtende Bachverbauung unterbunden. Mit diesem sehr kostenaufwendigen und viel Zeit beanspruchenden Bauwerk wurde einer der Hauptfaktoren bei der Auslösung der Jaklitschberggrutschungen erfolgreich entschärft. Die Wiedererrichtung der Bundesstraße durch den Rutschhang, die wegen der Unzulänglichkeit der schmalen und sehr steilen Notstraße im westseitigen Hangfuß erforderlich wurde, fußte auf der Überlegung, daß nach der Verbauung des Triebenbaches und einer gut funktionierenden Hangentwässerung nur mehr jene Hangbewegungen verhindert werden müssen, die infolge der für den Straßenbau notwendigen erd- und felsbaulichen Maßnahmen auftreten können. (Abb. 8).

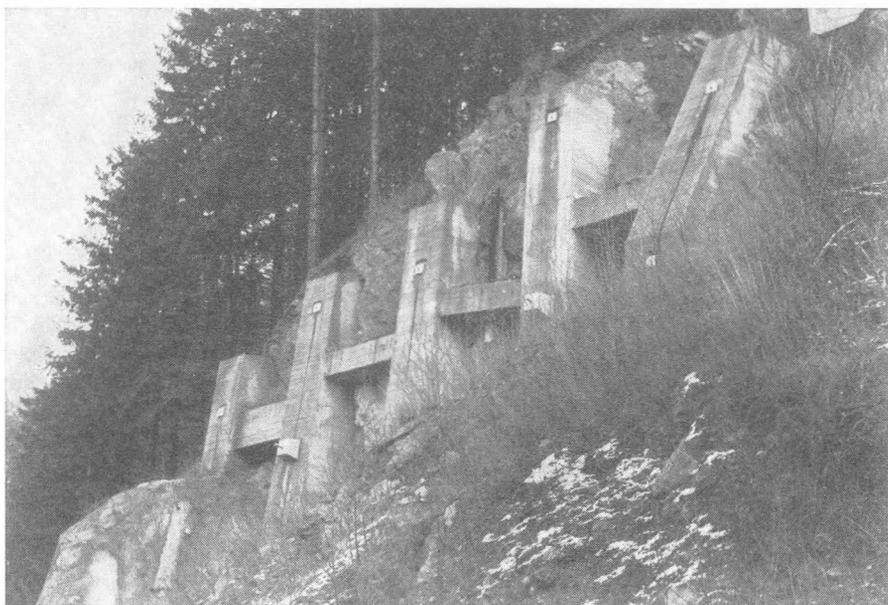


Abb. 8. Wolfsgraben bei Trieben

2.3 Die Ennstal-Bundesstraße quert zwischen den Orten Gröbming und Pruggern auf der Nordseite des Ennstales einen unruhig ausgeformten Steilhang (Abb. 9). Die in dem Hang anstehenden phylli-

tischen Gesteine weisen ein flach in den Hang fallendes Verflähen ihrer Schieferung auf und neigen unter dem Einfluß der Atmosphärrillen zu feinschlammigem Zerfall mit hohem Anteil toniger Bestandteile. Diese Verwitterungsart der Phyllite, Hangneigung und Hangwasserführung fördern die solche Hangformen bildenden kriechenden und sackenden Bewegungen der Verwitterungsschwarte.



Abb. 9. Ennstal Bundesstraße westlich Gröbming

Während des Ausbaues dieses Straßenabschnittes herrschten außergewöhnlich trockene Witterungsverhältnisse, die aus Gründen gegebener Sparsamkeit dazu verleiteten, dem im seichten Baugrubenaushub der talseitigen Stützmauern bereits angetroffenen Schiefer zu hohe Belastungen zuzumuten. In der Folge trat im Bereich dreier sehr hoher Mauerringe ein Böschungsbruch auf, der zu ihrer vollkommenen Zerstörung führte (Abb. 10). Die hiedurch in der Mauerflucht entstandene Lücke wurde mit einer tiefgegründeten zweifeldrigen Hangbrücke geschlossen.

Im Laufe der nächsten Jahre traten an zwei Stellen der Hangtraversierung, ohne Zweifel durch die Verkehrsbelastung gefördert, ständig Setzungen in der talseitigen Fahrbahnhälfte auf, die immer wieder zu Aufdoppelungen der Decke zwangen (Abb. 11). Messungen an den Stützmauern wiesen stetige, in Richtung der Hangneigung weisende Bewegungen der zu seicht gegründeten Mauern nach, durch welche die die Fahrbahn-Konstruktion tragende Hinterfüllung nachsitzen mußte. 1958 wurde der erste schadhafte Abschnitt durch vier der Stützmauer vorgesezte kräftige Betonpfeiler, die bis 11 m unter Gelände gegründet wurden, erfolgreich saniert. Der 2. Ab-

schnitt wird derzeit mittels Bohrfählen, die in Abständen von 2,5 bis 5,0 m paarweise angeordnet sind, und mit jeweils einem Felsanker zu einer fachwerkartigen biegesteifen Rahmenkonstruktion verbunden. Damit wird die nachsitzende Mauer unterfangen und einer Sanierung zugeführt.



Abb. 10. Ennstal Bundesstraße westlich Gröbming

2.4 Im Zuge des Ausbaues der Ennstal-Bundesstraße wurde bei M a n d - l i n g ein Phyllithang kräftig angeschnitten, wobei die Böschungsneigung analog einer benachbarten natürlichen Felsböschung mit 60° vorgesehen war. Es handelt sich um einen derben, graugrünen und karbonatreichen Schiefer mit lokal stark verworfenem s-Flächengefüge, der durch einige mit ca. 50° schräg aus dem Hang fallende parallele Bewegungsfugen durchrissen ist. Ungefähr 25 m über dem Bauplanum legt sich der Hang zu einer terrassenartigen Verebnung zurück, in der der Fels von einer lehmigen Schuttdecke überlagert ist.

Wegen der unmittelbar benachbarten Bahnlinie wurden beim Abtrag Sprengungen vermieden und der Fels ausschließlich mit einer schweren Schabraupe gerissen. Trotz dieser, dem Gefügeverband des Gebirges schonenden Arbeitsweise traten schon während der Abtragsarbeiten erste Nachbrüche keilförmiger Felskörper auf. In der Folge prägten sich beginnende, von kleinen Felsstürzen und Blockabwürfen begleitete ausgedehntere Sackungen durch die Lehmüberlagerung in Form schaliger Anrisse durch, wobei deutlich erkennbar wurde, daß als Gleitflächen im Phyllit einseitig die schräg aus der Böschung schneidenden Harnischklüfte dienten, während

sich die Bewegungen im gegenüberliegenden Schenkel der Schale in die Vielzahl untergeordneter Klüftchen zerschlugen (Abb. 12).



Abb. 11. Ennstalbundesstraße westlich Gröbming

Die oberhalb der Felsböschung vorhandene Verebnung ermöglichte es, unter Vermeidung kostenaufwendiger Sicherungsarbeiten nur durch ein Abflachen der Böschungsneigung auf ca. 45° eine Beruhigung herbeizuführen.

Die rasch fortschreitenden Abtragsarbeiten an der Herstellung einer Böschung, die die gleiche Neigung wie ein benachbarter auf natürlichem Wege in langen Zeiträumen entstandener Felshang haben soll, geben dem Felsgefüge eben nicht die Möglichkeit, in der kurzen Zeit von wenigen Wochen einen neuen Gleichgewichtszustand zu finden.

2.5 Im selben Baulos mußte nahe der Ortschaft P i c h l / E n n s , durch die Einengung zwischen Bundesbahn und Hang gezwungen, ein an sich flach geneigter Hang auf eine Länge von mehreren hundert Metern angeschnitten werden. In diesem Hang werden schwarz-graue feinblättrige graphitische Phyllite von einer hangauf keilförmig an Mächtigkeit anwachsenden Decke fluviatiler Sedimente überlagert. Unter den wasserwegigen Sedimenten diente die im Hangfuß flach aus dem Hang fallende Felsoberfläche der Phyllite als Wasserstauer und war Ursache für die auf die ganze Länge austretenden Sickerwässer und an einigen Stellen bereits vorhandenen kleinen Rutsche neben der bestehenden Straße.

Da eine der natürlichen Hangneigung entsprechende Böschung wegen des



Abb. 12. Ennstalbundesstraße bei Mandling

ansteilenden Hanges nicht hergestellt werden konnte, waren kräftige Hangmauern mit genügend Öffnungen zur Entspannung der andringenden Hangwässer vorgesehen und wegen der erwarteten Bewegungen in kurzen Ringen zu errichten.

Trotz schwerster Pölung konnte es nicht verhindert werden, daß der Hang mit dem Baufortschritt der Hangmauern in übereinandergestaffelten Bruchkeilen in breiter Front abriß und die Arbeiten an den Mauern, die mehrfach nur unter dem Schutz geschlagener Spundwände durchgeführt werden konnten, äußerst schwierig und zeitraubend gestaltete (Abb. 13).

3. Nördliche Kalkalpen und Zentralalpines Mesozoikum.

Betrachtet man die unwegsamen Felsgrate, Gipfel und Rücken der Kalk-

alpen, die mesozoischen Ablagerungen vom Dachstein im Westen bis zur Rax im Osten, so denkt man wohl kaum an Hangbewegungen. Aber sind nicht z. B. Bergstürze vom Grimming und bei Pürgg erst in jüngster Zeit bekannt geworden? Auch im festen Kalkgebirge entstehen ständig Spannungsumlagerungen (Restspannungen) im Gestein, die oft zu gewaltigen Bergstürzen, von denen Zeugen in den oft weit zu Tal reichenden Karen vorliegen, führen. Vielfach gehen natürlich solche Bewegungen in Gebieten vor sich, wo nur kaum Notiz davon genommen wird, da es sich bei diesen Gebieten, um nicht land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen handelt, oder kaum Objekte bedroht werden.

Aber nicht nur feste Kalk- oder Dolomitgesteine repräsentieren die Ablagerungen des Mesozoikum, sondern auch Tonschiefer, Mergel und dergleichen sind zwischengelagert oder bilden die Basis dieser Hochgebirgsgesteinsfolge. So sind vor allem die Werfener-Schichten, das Haselgebirge (Salz-Gipstonformation) und ganz besonders die Ablagerungen der Gosau-Kreideformation Gesteinselemente, die zu Hangbewegungen Anlaß geben, zu erwähnen.



Abb. 13. Bundesstraße bei Pichl/Enns

4. Inneralpines Tertiär

4.1 In den nordseitig des Eichfelds zu den Ausläufern der Seekauer Tauern sanft ansteigenden Hängen stehen fest gelagerte, dünnsschichtige

Schlufftone an, die durch die Hebung der Zentralalpen randlich aufgeschleppt wurden und nun mit flach geneigtem Südeinfallen dem Grundgebirge aufliegen. In einigen vorgelagerten Rücken sind diese Schlufftone von jungen Terrassensedimenten (Sande und Kiessande) bedeckt. In den Hängen im Bereich der Ortschaft Schönberg und oberhalb Flatschach macht sich eine intensive, durch die Nähe des kristallinen Grundgebirges als Wasserspender erhöhte Wasserführung bemerkbar, die in den mit der Hangneigung oder flach aus dem Hang fallenden Schlufftonen teils kriechende Bewegungen, an steileren Hanglagen aber ausgedehnte Rutschungen auslöst. Infolge solch kriechender Bewegungen ist z. B. die Kirche der Ortschaft Schönberg derartig beschädigt, daß trotz wiederholter Ausbesserungsarbeiten das talseitige Seitenschiff nicht mehr betreten werden darf. Nachdem es sich im übrigen um ausschließlich landwirtschaftlich genutztes Gebiet handelt, wurde den aufgetretenen Hangbewegungen außer bei einigen ausgedehnteren Flächendränagierungen wenig Aufmerksamkeit gewidmet.

Erst bei Planung und Bau der Autorennstrecke „Österreichring“ mußte trotz Warnung und Hinweis seitens des geologischen Sachverständigen die unangenehme und kostspielige Erfahrung gemacht werden, daß es auch inneralpine Tertiärbecken gibt, deren Böden im Rahmen technischer Maßnahmen durch das hohe Wasserdargebot oft schwieriger zu beherrschen sind als die außeralpiner Tertiärablagerungen.

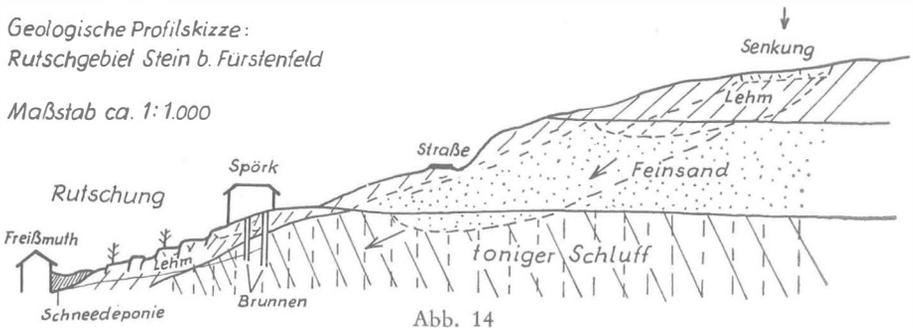
5. Außeralpines Tertiär

5.1 Im Frühjahr 1963 wurden auf Grund von natürlichen Einflüssen (Schneefälle, reger Wechsel von Frost-Tauperioden und Regenfällen) eine Reihe von Rutschungen im oststeirischen Raume akut. Aus dieser Zeit soll hier ein Gebiet südöstlich von Fürstenfeld als Beispiel angeführt werden, wo mehrere Wohn- und Wirtschaftsobjekte der Ortschaft Stein in Mitleidenschaft gezogen wurden. Eine geologische Profilskizze (Abb. 14) zeigt ungefähr den Umfang dieser Hangbewegungen und den Ablauf der Auswirkungen. Die Hauptursache dieser Bewegungsauslösungen lag in der abnormalen Jahreswetterlage. Sehr häufige Schneefälle haben zu mächtigen Schneedecken geführt, die auf den Höhen früher abschmolzen als in den Talgehängen, wodurch eine Stauwirkung des abfließenden Schmelzwassers eintrat.

Geologische Profilskizze:

Rutschgebiet Stein b. Fürstenfeld

Maßstab ca. 1:1.000



Es ergab sich aus den Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen eine stärkere Versickerung, die eine erhöhte Wasseranreicherung im schluffigen Feinsand und auch in den liegenden tonigen Schluffen verursachten. Im Gehängefuß kam es daher durch den überhöhten Porenwasserdruck zu einem Ausbruch der Erdmassen (Abb. 15), denen eine Senkung im Oberhang (Abb. 16) unmittelbar folgte. Es ist dies der Typ einer Rutschung, wie sie nach KEIL als Rutschung infolge hydrostatischer Seitendruckwirkung zustande kommt und typisch ist für eine Frost-Tauwetterperiode im Wechsel von homogenen und inhomogenen Gefügen. Ein Herausplatzen von Hangstufen (Abb. 17) ist in zahlreichen Fällen in der näheren und weiteren



Abb. 15. Stein bei Fürstenfeld



Abb. 16. Stein bei Fürstenfeld



Abb. 17. Stein bei Fürstenfeld

Umgebung zu beobachten gewesen. Zum größten Teil jedoch wurde dadurch nur Ackerland ohne Gefährdung von Objekten zerstört.

5.2 Ein flach geneigter Hang in A l t e n m a r k t bei Fürstenfeld wurde als Bauland gewidmet, obwohl mehrere Schluffhorizonte zu erkennen, eine Quellschicht und eine starke Vernässung offensichtlich waren. Eine Entwässerung war vorgesehen. Es muß erwähnt werden, daß auf diesem Hang schon einige Häuser stehen, bzw. Keller und Brunnen von weiteren geplanten Neubauten ohne Schaden zu nehmen hergestellt wurden. Der hohe Wasserstand in den Brunnen (0,20 m unter Gelände) wies auf die starke Wasserbelastung dieses Hanges hin. Eine der letzten Baugruben gründete im Schluff, die Gebäudefundamente wurden entsprechend bewehrt. Nach Fertigstellung des Fundamentes setzte ein so starker Auftrieb ein, daß dieses aufschwamm und teilweise abgeknickt wurde. Die Baugrube war bald mit dem Schluff des Untergrundes erfüllt. Durch eine Bohrschere wurde festgestellt, daß sich zwischen den Stauhohizonten eine größere Sandlinse befindet, deren Porenwasserdruck sich derart auswirkte, daß die restliche Schwarte des überlagernden Schluffes mit dem Fundament hochgedrückt wurde. Da auf Grund der Bohrprofile ein rasches Auskeilen der Sandlinse wahrscheinlich ist, kann nach Aushub eines Untersuchungsschachtes der Bau an anderer Stelle innerhalb der Grundgrenzen wieder begonnen werden.

5.3 Ein Schadensfall aus H a r t l bei Großsteinbach soll geschildert werden, da er typisch für zahlreiche andere ist. Wie überall im Tertiär, so fungieren auch hier Schluffhorizonte als Wasserstauer. Hinzu kam aber, daß aus einer undichten Jauchengrube und einer halbfertigen Kläranlage eine größere Menge Jauche in den Untergrund gelangte. Ammoniak wirkt auf Agglomerationen von Tonmineralen sehr stark dispergierend, d. h. die zu großen Paketen zusammengepackten Einzelkristalle werden aufgelöst. Kommen noch Abwässer und Niederschlagswässer dazu, so sind die Folgen leicht zu überblicken. Der Tonanteil des Schluffes nimmt stark zu und fließt als Suspension aus.

Die Sanierung der Jauchengrube, Fertigstellung der Kläranlage und die verrohrte Ableitung aller anfallenden Ab- und Niederschlagswässer trugen zur Stabilisierung der Hanglage bei.

5.4 Der geologische Aufbau des als „H a r t e r W a l d“ bezeichneten Höhenrückens, der sich nördlich Großpesendorf zwischen dem Rohrbach (westl.) und dem Haselbach (östl.) erstreckt, ist gekennzeichnet durch eine Wechsellagerung lehmiger, bzw. schlufftoniger, wasserstauender Schichten mit sandigen und kiessandigen Lagen. Diese dienen zwischen den Wasserstauern als Träger stockwerkartig übereinander liegender Grundwasserfelder, wobei Verbindungen dieser Grundwasserstockwerke untereinander durch Auskeilen der Zwischenschichten oder geringfügige vertikale Verstellungen des Schichtpaketes an lokalen, steilstehenden Bruchflächen nicht auszuschließen sind. Die Ausbisse der einzelnen wasserführenden Schichten geben sich in dem, zum Haselbach fallenden Osthang des Rückens durch eine Vielzahl vernäster, nach den Isohypsen muldig verebneter Hangstreifen und Quellschichten zu erkennen. Im ostseitigen Unterhang des Rückens und in der unmittelbaren Umgebung des Haselbaches nehmen diese

Anzeichen großflächiger Hangbewegungen unter dem Einfluß eines, in den Talboden und nahe darüber entwässernden mächtigen Grundwasserhorizontes und der erodierenden Tätigkeit des Baches, stark zu. Das Bachbett ist durch seitliche Einengungen und Hochpressen der Sohle ständig Änderungen unterworfen. Diese Bewegungen bieten das Bild eines, durch den fortwährenden Materialabbau des Hangfußes (Bacherosion) bedingten kontinuierlich fortschreitenden Kriechvorganges.

Die Bundesstraße traversiert, von Süden aus dem Ilztal gegen Norden zur Harterhöhe (Kote 403) ansteigend, diesen Hangbereich und wird an vier Stellen von solchen, bis in den Trassenstreifen herauflappenden Rutschzonen erfaßt (Abb. 18).

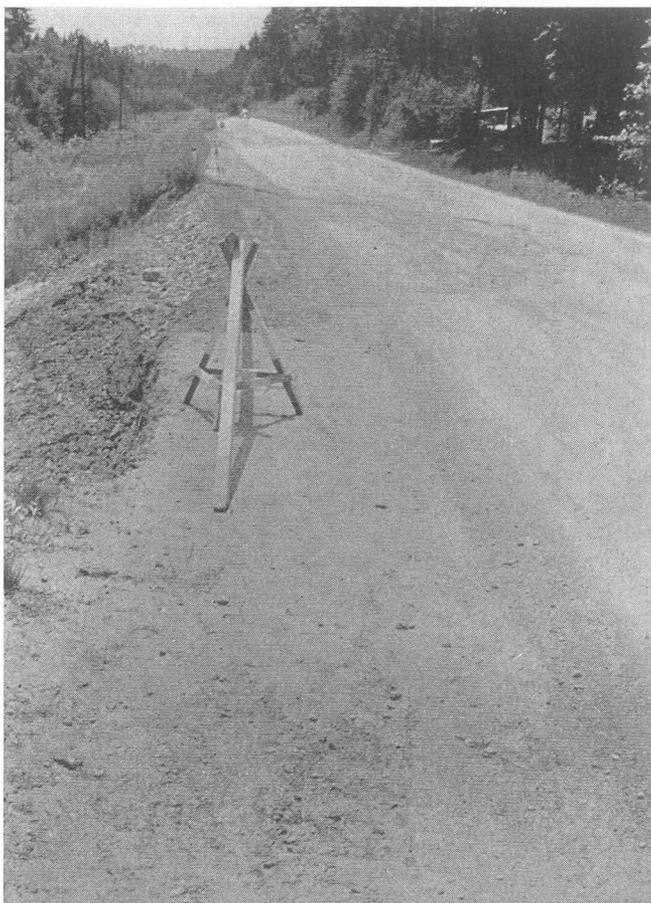


Abb. 18. Wechselbundesstraße „Harter Wald bei Großesendorf

Die Bodenaufschlüsse zeigten, daß die Schichtungen ein flach geneigtes Fallen sowohl aus dem Hang als auch gegen das Gefälle des Haselbaches

in Richtung auf die große Talschlußmulde haben. Es konnten zwei Grundwasserhorizonte erkannt werden.

Der untere, der für drei der vier Rutschungen allein kompetent ist, zeigt sich als eine, durch Feinstkornanteile schwach verunreinigte Kiessandschichte von 5—13 m Mächtigkeit. Sowohl die Sande als auch die Kiessande weisen im Bereich der Wasserführung Fließerscheinungen auf, was sich schon bei den Bohrungen durch Aufquellen des Materials in die Verrohrung unangenehm bemerkbar machte. Im Zusammenhang mit der zum Schichtausbiß drängenden Wasserführung erklärt diese Eigenschaft die ausgedehnten, anhaltenden Hangbewegungen dort, wo im Unterhang die Überlagerung der Kiessandschichte nur geringe Mächtigkeit aufweist, der ständige Materialabbau an der ausgepreßten Rutschstirne das Erreichen eines Gleichgewichtszustandes verhindert und die Wiederherstellungsarbeiten an der Fahrbahn sowie die Verkehrserschütterungen den Rutschkuchen nicht zur Ruhe kommen lassen. Die während des Straßenbaues an einer der Rutschungen vorgenommenen Versuche einer Tiefenentwässerung führten zu keinem Erfolg.

Während an drei Schadenstellen die Ursachen der Rutschungen in den Auswirkungen des unteren Grundwasserhorizontes zu suchen sind, sind die Verhältnisse bei der am weitesten den Hang hinaufgreifenden obersten Rutschung durch die Überlagerung von Bewegungen an zwei übereinanderliegenden wasserführenden Schichten weniger klar ersichtlich. Der starke, untere Horizont streicht in diesem Bereich bereits unter der Sohle des Haselbaches durch, kann also erst bachab der Rutschung in den Talboden entwässern. Trotzdem zeigen sich im Hangfuß deutliche, wenn auch weniger auffallende Bewegungsspuren als bei den drei übrigen Rutschungen. Die nicht gerade geringen Setzungsbeträge, die an der Straßendecke erkennbar sind, werden hier durch eine ausgedehnte Rutschung mit unregelmäßig ausgeformter, breiter Anrißschale hervorgerufen, die an einer höheren, zwischen Haselbach und Bundesstraße in eine stark vernäßte Verebnung austreichenden, wasserführenden Sandschichte auftritt.

Die Behebung der Rutschung im Harter Wald wurde auf eine bei uns bisher noch nicht geübte, nicht übliche Art versucht (Injektionen), so daß es verfrüht erscheint, über Erfolg oder Nichterfolg zu berichten.

5.5 Die Klausen bei Gleichenberg ist ein durch das Vulkanmassiv N-S schneidendes typisches V-Tal, in dem es im Zuge des Ausbaues der Bundesstraße nacheinander zu drei schweren Rutschungen kam. Im engeren Bereich der Rutschungen windet sich das Tal um einen vom Hauptmassiv abzweigenden Hangvorsprung, der als Rückfallkuppe mit dem Massiv der Birkblöße durch einen Sattel verbunden ist. Dieser entwässert in Richtung SW durch eine breit angelegte Mulde, die zum Haupttal in einen engen, seichten und zumeist trocken liegenden Graben ausläuft. Nach N bricht der Sattel mit steilem Hang zu einem kleinen, tief eingeschnittenen Seitentälchen der Klausen ab. Die feuchten, moosigen Böden der Mulde lassen darauf schließen, daß nur zu Zeiten starker Niederschläge Wasser oberflächlich abrinnt, sonst jedoch versickert und seinen Weg durch das Gebirge talzu findet.

Der Hangvorsprung wurde im Zuge der Trassenbegradigung im Fuß

angeschnitten. Nach Abgang der ersten Rutschung zeigte sich der geologische Aufbau des Hangvorsprunges in folgender, dem Bauwerk ungünstigen Form: Von S gegen N absinkend ist dem Trachyandesit eine mehrere Meter mächtige Lage eines Tuffhorizontes eingelagert, dessen liegenden Schichten zu Bentonit umgewandelt sind und als plastische, blaugraue, zähe Tone vorliegen. Ins Hangende geht er in einen blockig durchsetzten „Brockentuff“ über, der wieder von Trachyandesit überlagert ist. Das in der Rutschwunde aus der Böschung sickernde Wasser kam durchwegs aus der, offenbar wasserwegigen Brockentuffschichte auf dem dichten, wasserstauenden Ton. Der hangende Trachyandesit ist sehr klüftig, lettig durchsetzt, die einzelnen Klüftkörper an Kanten und Klüftflächen stark umgesetzt.

Die Vermutung, daß der Tuffhorizont, vom Tal ansteigend die Böden der großen, hinter der Rückfallkuppe liegenden Mulde bildet, konnte durch einige Aufschlüsse zumindest für den tieferen Teil der Mulde bestätigt werden. Die in der Mulde versitzenden Tagwässer gelangen auf dem Tuffhorizont unter der Felsmasse durch zum Haupttal und versickerten im Schuttkegel des Hangfußes. Erst durch den Anschnitt und die, als Folge der Rutschungen, neu geschaffenen Böschungen treten sie als Quellen zu Tage.

Im Anschluß an die 3. Rutschung ist im Hang die bereits völlig verwachsene Gestalt einer alten, mindestens 50—70 Jahre zurückliegenden Rutschung zu erkennen, deren Ausmaße und Form der der drei jetzigen entspricht. Von dieser alten Rutschung und deren auslösender Ursache ist nichts mehr bekannt.

Die an der Basis des Rutschkuchens ausgepreßten blaugrauen Tone, die sich unter Luftzutritt bald gelbbraun verfärbten, zeigen plastische Konsistenz und lassen darauf schließen, daß die Rutschung durch Böschungsbruch im Bereich dieser Tonschichte ausgelöst wurde, hervorgerufen durch die Auflast der hangenden Felspartien und wahrscheinlich gefördert durch den an sich geringen Abtrag im Hangfuß.

Die an die 3. Rutschung im N anschließende alte Rutschung läßt nun den Schluß zu, daß die Tonschichte nicht zum ersten Male nach einer niederschlagsreichen Periode zu analogen Erscheinungen von Hangbruch und Gleitung führte.

Augenzeugen der 3. Rutschung, die sich am 30. 3. 1966 zwischen 6 u. 7 Uhr morgens ereignete, schildern den Vorgang folgendermaßen: Zuerst traten die Sackungen im Bereich der oberen Anrißfläche auf (Abb. 19), die nur im mittleren Hangabschnitt Ausbauchungen zur Folge hatten, während der Hangfuß noch völlig in Ruhe blieb (Grundbruch im Tonhorizont im Bereich der stärksten Überlagerung, Zusammenbruch des schon gelockerten Felsgefüges, Zunahme des Hangdruckes im Rutschkörper, noch ohne Ausbildung der Gleitfläche). Diese Sackungs- und Verdichtungsperiode dauerte fast 1 Stunde, in der sich allmählich die seitlichen Risse bis zur Straße herunter bildeten und vereinzelter Steinfall auftrat. Erst gegen 7 Uhr begann die Ausbauchung im Hangfuß, bis sich innerhalb von 7—10 Minuten die Rutschmasse abrupt aus dem Hang schob und, mit der Stirne an der bachseitigen Stützmauer, also über die ganze Straßenbreite liegen blieb (Grund-

bruch in der Fläche der Tonschichte, Entspannung des durch Pressung erreichten Verdichtungszustandes des Rutschkörpers durch Gleitung, Einstellen auf das Gleichgewicht eines natürlichen Böschungswinkels des nun aus seinem ursprünglichen Gefüge gerissenen, verworfenen Materials).

Dieser Bewegungsablauf der 3. Rutschung weist eindeutig darauf hin, daß hier primär der Böschungsbruch unter der, in Scheitelnähe der Rückfallkuppe mächtigsten Überlagerung des Tuffhorizontes den Zusammenbruch des Hanggefüges und die Rutschung verursachte. Was im Hinblick auf die Belassung des Hangfußes im Abschnitt der 3. Rutschung und den Umstand, daß das Hanggefüge beidseits dieser Rutschung bereits gestört war, erklärlich ist.



Abb. 19. Klause bei Gleichenberg

5.6 Formationsgrenzen sind immer Schwächestellen. Im Bereich Hofkirchen unweit St. Johann bei Herberstein transgredieren tertiäre Sedimente, schluffige Sande, über das Kristallin von Stubenberg. Es stehen Amphibolite und Epidotamphibolite an, die kleine Wände bildend die Grenze scharf markieren. Die kristallinen Gesteine fallen sehr flach ein und können an Geländekanten immer wieder erkannt werden. Es wird gefolgert, daß an der Grenze Kristallin—Tertiär bei starken Niederschlägen größere Mengen Wasser in den Hang eindringen und Bewegungen auslösen werden.

5.7 Da die Landwirtschaft heute weitgehend auf Maschinenarbeit angewiesen ist, ist die Folge, daß Äcker und Wiesen für die maschinelle Bearbei-

tung hergerichtet werden müssen. Mit Schubraupen werden Hangleisten, Quellgräben, Quellhorizonte usw. zugeschoben, ohne entsprechende Sicherungsmaßnahmen zu ergreifen. Im Raum **A n t l a b e r g**, Gemeinde Gersdorf bei Pischelsdorf ist eine Mulde ausgebildet, deren Sehne etwa 700 Meter beträgt. Der Untergrund ist aus Sanden aufgebaut, die von tonigen Schluffhorizonten durchzogen werden. An diesen Schluffhorizonten, die als Wasserstauer wirken, wandern unregelmäßig Quellaustritte, an denen es zu Nachbrüchen und Hangbewegungen kommt. Die entstandenen Anrisse, Rutschmuscheln und Unebenheiten wurden, ohne Sanierungsmaßnahmen zu treffen, gleichgeschoben. Nach kurzer Zeit machten sich Naßgallen (Abb. 20) in den Äckern bemerkbar. Das Wasser suchte sich wieder einen neuen Weg. Das durch das Abschieben aufgelockerte Material wirkt auf große Flächen wie ein Schwamm und ist nun schwerer zu beherrschen, als die verhältnismäßig kleine Rutschung.



Abb. 20. Antlaberg bei Pischelsdorf

5.8 In Steilhängen sind die mächtigen tonigen Schluffhorizonte als scharfe Hangleisten gut erkennbar. Durch sie entstehen immer wieder Stufen, die durch Übersteilung nachbrechen bzw. abrutschen. Es ist selten, daß größere Massen auf einmal zum Absturz gelangen, obwohl sich diese Nachbrüche meist auf größere Entfernungen hin erstrecken. Diese Beobachtung kann ausgezeichnet in der Mulde von **U n t e r b e r g l e n** bei Pöllau/Gleisdorf gemacht werden. Ereignen sich diese Nachbrüche außerhalb des Siedlungsbereiches, kommt man bei allfälligen Sanierungsmaßnahmen mit geringen Erdbewegungsarbeiten aus.

5.9 Im Bereich eines Wasseraustrittes am Steinberg / Gemeinde Frannach trat nach einer kurzen, aber heftigen Regenperiode eine Hangbewegung auf. Durch das Wasser werden laufend Feinteile ausgespült und es erfolgten Nachbrüche (Abb. 21). Durch das Wandern der Wasseraustritte kommen dann die überaus großen Hangmulden zustande, die von zahllosen Rutschkuchen erfüllt sind und bis nahe an die Bergrücken hinaufgreifen, wohin sich auch die Ansiedlungen zurückziehen. Ein Bild das auf der Fahrt über die Ries gut zu beobachten ist.



Abb. 21. Steinberg bei Frannach

5.10 Ein Schadensfall von Wildon / Unterhaus zeigte, wie sich Quellen auswirken können, wenn sie nicht ordnungsgemäß betreut werden. Oberhalb einer Quellmulde, deren Wasser der Ortswasserversorgung dient, wurde ein Neubau errichtet. Die Fassung war mit einem zu klein dimensionierten Überlauf versehen, der nur einen Teil des Überwassers abführen konnte. Das restliche Wasser versickerte unkontrolliert in der näheren Umgebung der Fassung, weichte den Hangfuß auf und verursachte Nachbrüche am Rand der Quellmulde, die sich auf den Neubau schädlich auswirkten. Das aus dem Überlauf kommende Wasser wurde nur ein kleines Stück verrohrt talwärts geleitet und versickerte noch im Bereich der Mulde, wieder für weitere Nachbrüche sorgend. Ähnliche Schäden gehen auch von Bachläufen aus. Durch Unterspülung der Ufer kommt es zu Nachbrüchen, die sich oft weithin auswirken und Siedlungsgruppen gefährden, wie dies im Kötschmanngraben bei Ludersdorf deutlich zu erkennen ist.

5.11 Das sehr enge Oisnitztal, durch das die Bahn nach Wies-

Eibiswald führt, begleiten in den Hängen markante Schluffhorizonte. An diesen Geländekanten brach der mit Wasser übersättigte Untergrund auf und floß gegen das Tal (Abb. 22). Obwohl diese Gleitmassen wieder überwachsen sind, bleiben diese Rutschkuchen mit Wasser gesättigt und stellen für die Stichleitung Lannach der Rohöffernleitung eine Gefährdung dar, sodaß eine Leitungsverlegung aus dem Gefahrenbereich gerechtfertigt war.

5.12 Weit intensiver wirken sich Hangbewegungen bei tiefschürfenden künstlichen Eingriffen aus, wie sie z. B. der Autobahnbau speziell im Bereich Gleisdorf - Graz mit sich bringt. Ganz allgemein konnte in diesem Bereich des Tertiärs festgestellt werden, daß vor allem Auflockerungszonen von ca. 3—6 m Tiefe, also oberflächennahe Massen, zu Rutschungen neigen. Es sind dies vorwiegend sandige Schluffe mit einem geringen Tonanteil, die durch ihre relativ lockere Lagerung zu braunem Lehm verwitterten. Die Zustandslabilität dieser Sedimente wirkt sich vor allem an den seichten Einschnitten und an den Übergangszonen vom Damm zu tiefen Einschnitten (Abb. 23) sehr ungünstig aus. Dieser Rutschungstyp liegt dann vor, wenn die spezielle Scherfestigkeit des an sich schon wassergesättigten Überdeckungslehmes durch die künstliche Böschungsgestaltung überfordert wird. Es bedarf dabei oft nur eines Einschnittes von 1 m Tiefe mit einem Böschungsverhältnis von 2 : 3, und ein muschelartiger Anbruch greift bis zu 5 m weit in das Hinterland zurück.



Abb. 22. Oisnitz-St. Josef/Weststeiermark

Bei tiefen Einschnitten wurde häufig der Böschungsfuß bis ca. $\frac{2}{3}$ der Gesamtböschungshöhe durch einen Steinvorsatz (Steinkeil) gesichert. An



Abb. 23. Südautobahn westlich Gleisdorf



Abb. 24. Südautobahn bei Aural

der Böschungsschulter, wo die oberflächlich stark aufgelockerten Sedimente (Lehme) anstehen, schoben sich daraufhin die Rutschungsmassen von oben über die Einschnittsböschungen (Abb. 24). Eine Entwässerung dieser Massen (Drainage) brachte vielfach eine Beruhigung (Autobahneinschnitt zwischen den Objekten G 28 und G 29 in A u t a l).



Abb. 25. Südautobahn Raababerg

5.13 Unmittelbar bei Eintritt der Autobahn vom Osten her in das Grazer Feld wurde der südlich angrenzende R a a b a b e r g (Höhe 420 m) als Seitenentnahme abgebaut. An seinem flach gegen Norden zum Autalbach auslaufenden Gehänge wird dieser bei Höhe 360 m von der Autobahn ca. 5 m tief eingeschnitten. Der Einschnitt erfolgt hier in einen grauen, scheinbar homogenen, sandig-tonigen Schluff, der von ca. 2—3 m mächtigen, braunen, sandigen Verwitterungslehm überlagert wird. Die Grenzschicht zwischen dem braunen Hangendlehm und dem grauen Schluff steigt hangparallel zum Raababerg hin ab. Mit der Durchführung des Einschnittes wurde gleichzeitig der Abtrag des Raababerges begonnen, der

über eine in einem Einschnitt geführte Aufschließungsstraße zwischen Raababerg und Autobahn ca. 150 m südlich der Autobahn bei Höhe 380 m erfolgte. Der Transport wurde größtenteils mit 35-t-Großkipperfahrzeugen durchgeführt. Mit großer Geschwindigkeit, voll beladen, donnerten diese unter Übertragung großer Vibrationen in das zum Autobahneinschnitt flach abfallende Gehänge bergab. Dadurch wurde die gesamte Wiesenfläche mit Obstbäumen zwischen Autobahn und Aufschließungsstraße bewegt (Abb. 25). In der bergseitigen Einschnittsböschung der Autobahn brach das hangende Lehmmaterial an Gleitharnischen treppenförmig mit Setzungen und Brüchen ab.

Im Zuge dieser durch dynamische Belastung hervorgerufenen Bewegungen wurde eine Gleitflächenteilbewegung (Abb. 26) mineralogisch-bodenmechanisch untersucht:

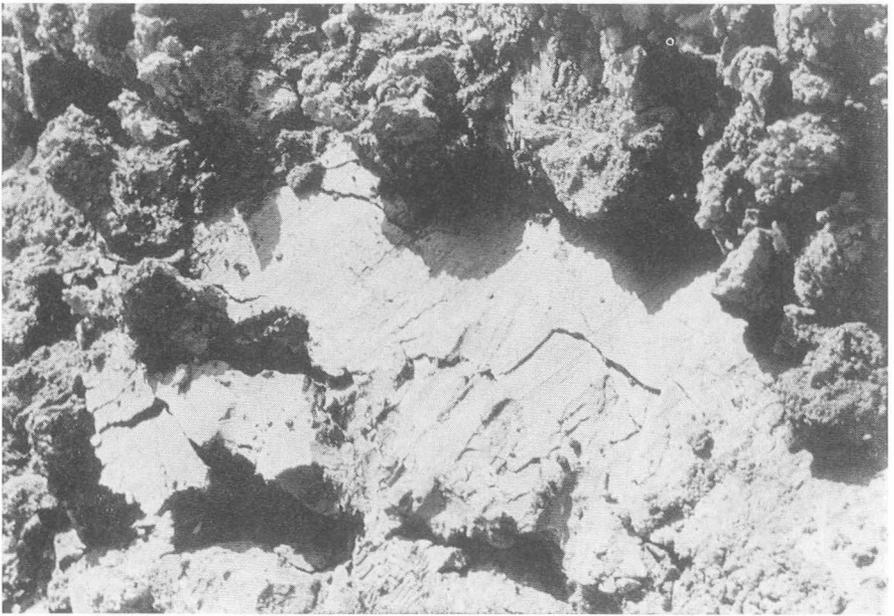


Abb. 26. Südautobahn Raababerg

Die Harnischfläche selbst als Bewegungshorizont ergab eine Kornverteilung von 78% Schluff, 4% Ton und 28% Sand. Entsprechend dieser Kornzusammensetzung fielen die Werte der Atterberggrenzen mit $W_f = 70,5$, $W_a = 37$ und $W_a = 33,5$ aus. Mineralogisch konnte diese Schichtlage mittels Differentialthermoanalyse (DTA) als illitreiches Sediment identifiziert werden. Muskovit und Quarz konnten nur untergeordnet als Kornkomponenten festgestellt werden. Auf Grund der Atterberggrenzen und der Kornzusammensetzung ist der Boden als A — 7-5 Boden nach einer Einteilung des „Bureau of Public Roads“ zu bezeichnen und wäre damit als elastischer Ton zu definieren. Es ist dies eine Bodenart, die

erfahrungsgemäß infolge seiner relativ schwach plastischen Eigenschaften zu Rutschungen neigt.

Der hangende, braune Lehm ergab folgende Vergleichswerte hierzu: 46% Schluff, 2% Ton, 52% Feinsand, $W_f = 56,5$, $W_a = 30,6$, $W_{fa} = 25,9$. Die DTA-Aufnahme erbrachte hier mehr Illit als Quarz, jedoch keinen Muskovit. Auch hier ergibt sich ein A — 7-5 Boden von rutschgefährdeter Eigenschaft.

Das Sediment knapp unter der Gleitfläche als blaugrauer, stark sandiger Boden mit der Kornverteilung 42 % Schluff, 2% Ton, 56% Sand konnte an Hand der Atterberggrenzen $W_f = 37,2$, $W_a = 27,1$, $W_{fa} = 10,1$ als A-6 Boden ermittelt werden. Die DTA-Aufnahme zeigt hier jedoch mehr Quarz als Muskovit und keinen Illit.

Man sieht aus diesen Ergebnissen ganz deutlich, wie innig verknüpft Kornzusammensetzung und mineralogisch-petrographischer Bestand im Sediment eine Gleitung in einem scheinbar homogenen Körper, schon von der sedimentären Abfolge her auslösen kann. Das Mineral Illit ist als Tonmineral entscheidend für Gleitungen verantwortlich zu machen. Dabei muß festgestellt werden, daß der Illit vorwiegend in der Korngröße eines Schluffes und nicht in der eines Tones vorliegt. Man kann daraus erkennen, daß nicht allein die Kornverteilung für das bodenphysikalische Verhalten verantwortlich zu machen ist, sondern vor allem die mineralogisch-petrographischen Bestandteile im Sediment.

Die Böden über der Gleitfläche reagierten in Form von Nachsetzungen in der Gleitwurzel und mit Fließbewegungen an der Rutschungstirne. Die Rutschungstirne mußte im Zuge des Autobahnbaues weggebaggert werden und wurde mit einem Steinvorsatz (Steinkeil) über die ganze Böschungshöhe von ca. 5 m und Böschungslänge von fast 200 m in ihrer Bewegung abgefangen. Das Hinterland über der Böschungsschulter in einer Fläche von ca. 25.000 m² wurde mit Schubraupen ausplaniert und humusiert.

Eine Komponente bei dieser Rutschung müßte vielleicht noch als Ursache mitberücksichtigt werden; und zwar hat vor dem Abbau am Raababerg, der über der Isohypse 392 m erfolgt, Wald gestanden, der den Wasserhaushalt regelte. Der Abbau beschränkt sich in großflächiger Ebene auf die stark sandigen Partien oberhalb der Isohypse 392 m und so konnten die früher abfließenden und zum Teil durch den Wald zur Verdunstung gebrachten Niederschlagsmengen in die darunter liegenden Schluffe eindringen und den Bereich der Rutschung stärker bewässern.

5.14 Zwischen L a ß n i t z t a l und N e s t e l b a c h, nächst der letztgenannten Ortschaft, erfolgte durch die Autobahn ein 10 m tiefer Einschnitt in das gegen Süden flach abfallende Gehänge. Gleichzeitig wurde dort ein Überführungsbauwerk (G 19) errichtet. Nachdem das Bauwerk fertiggestellt war — die Gründungstiefe liegt ungefähr im Autobahnniveau (Flachgründung) —, wurde der Abtrag mittels Baggerbetrieb von oben nach unten begonnen. Dabei zeigten sich nach Abhub einer etwa 2 m mächtigen, braunen Lehmdecke Bewegungen im liegenden, grauen bis bräunlichen und steifen Schluffton, die sich in einzelnen Teilbereichen als Aufgleitungen an steil mit 60° (Abb. 27) gegen den Berg hin einfallenden Harnischflächen äußerten. Je tiefer der Einschnitt abgeteuft wurde, desto



Abb. 27. Südautobahn bei Nestelbach

stärker war der Auftrieb in der Autobahnachse. Damit verbunden löste sich eine Rutschmuschel im Bereich westlich des bergseitigen Widerlagers dieses Überführungsbauwerkes entlang des gesamten Einschnittes von 300 m Länge. Das Hinterland wurde bis 70 m bergseits der projektsgemäßen Böschungsschulter bewegt.

Die Bewegungen selbst konnten unter Abänderung des Arbeitsvorganges bei der Einschnittgestaltung beherrscht werden, und zwar wurde der Einschnitt sodann von einer Seite abschnittsweise auf volle Tiefe vortrieben und gleichzeitig bergseitig ein Steinwurf eingebracht. Es verlangte diese Bauweise ein sehr rasches Einbauen des Steinvorsatzes unter größter Ausnützung der trockenen Witterung.

Im Hangprofil zeigte sich zwischen tonigen Schluffen von weichplastischer bis steinharter Konsistenz eine Einlagerung eines stark wasserführenden Kieses in einer Mächtigkeit bis 2 m (Abb. 28). Die Wasserführung im Kies

HAUPTBEWEGUNGEN BEIM OBJEKT G 19
 PROFIL KM 174,794

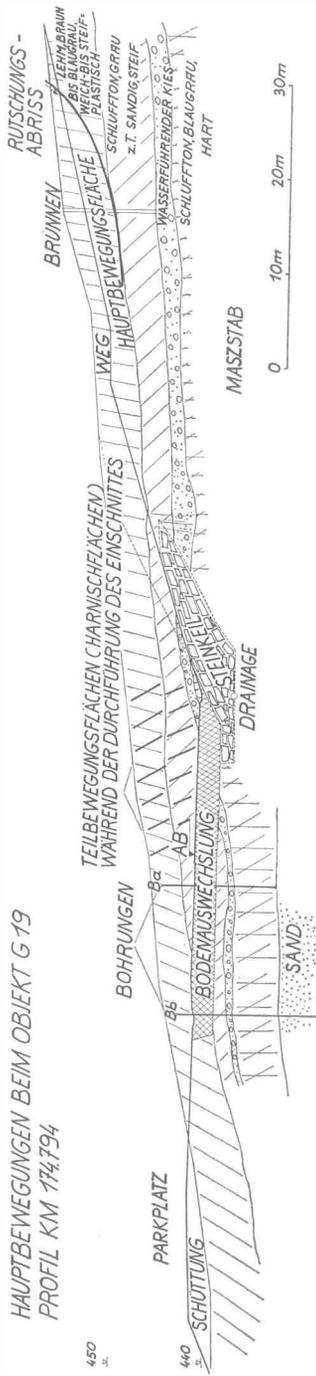


Abb. 28

wurde durch den überlagernden Schluffton in den Berg rückgestaut und stand unter dieser Auflast in einem hydrostatischen Gleichgewicht, welches durch die Abdeckung gestört wurde. In der Folge traten im hangenden Schluffton Entlastungsspannungen auf, die zu Klüften und Rissen führten, an denen der sehr stark entwässerte, steife bis „opokähnliche“ Boden aufgepreßt wurde. Diese Fugen bildeten sich als Bewegungsflächen (Harnischflächen) aus. Der Kieskörper wurde mittels Steinvorsatz und Sohlendrainage entwässert und lieferte in der Spitze eine Wasserschüttung von 4 l/sec., unabhängig von momentanen Niederschlägen.

Ein 30 m oberhalb der projektsgemäßen Böschungsschulter für Aufschlußzwecke niedergebrachter Schacht zeigte während des Vortriebes die Wasserführung im Kieskörper an. Sie zwang zur Einstellung des Schachtvortriebes bei 10 m Tiefe. Mit Fertigstellung der Böschung mittels Steinkeil und erfolgter Entwässerung trocknete der Schacht völlig aus. Das bergseitige Brückenwiderlager wurde zusätzlich mittels Schlitzwänden gesichert. Oberhalb des Steinkeiles konnte die weiter nach hinten, bis 1 m tief abgesetzte Rutschmulde wieder aufgefüllt und einplaniert werden.

5.15 Im Bereich von km 172,7 in Laßnitztal zwischen den Objekten G 14 und G 15 wurde ebenfalls ein Südhang 10 m tief eingeschnitten. Gleichzeitig mußte hier die Gemeindestraße an die Böschungsschulter des bergseitigen Anschnittes verlegt und dort ebenfalls dafür der Hang angeschnitten werden. Abgesehen von oberflächennahen Bewegungen in Form einer Mulde oberhalb der Gemeindestraße zeigte sich auch eine tiefliegende Gleitfläche 1 m über Autobahnnivellette in Richtung zur Autobahn (Abb. 29). In einem senkrecht zur Autobahn geführten Schlitz konnte diese Bewegungsfläche als Gleitharnisch scharf begrenzt in einem makroskopisch homogen scheinenden, feinsandigen Schluffton erkannt werden. Das Einfallen dieser Gleitfläche war sehr flach mit ca. 5° senkrecht zur Autobahnachse geneigt.

Zur Klärung der Ursache dieser Bewegungsfläche bzw. ihres Verlaufes in den Berg und um über das Ausmaß dieser Bewegungen einen Hinweis zu bekommen, wurden oberhalb der verlegten Gemeindestraße, das ist 40 m vom rechten Fahrbahnrand der Autobahn, zwei Schächte von 10 m Tiefe abgeteuft. In den Schächten zeigte sich während des Vortriebs in den angetroffenen Lehm-Schlufftonschichtfolgen keinerlei Wasserführung, im Verlaufe von einigen Tagen bzw. Wochen waren allein durch das austretende Porenwasser die Schächte jedoch gefüllt.

In der Tiefe von 9,45 m trat eine Harnischfläche auf, die ein Einfallen von 188/06, also 6° gegen Süden aufwies. Mit gleichem Einfallswinkel zeigte sich auf der Harnischfläche eine Bewegungsströmung mit 138/05, also 5° gegen Südost. Diese Harnischfläche konnte nun genau entsprechend ihrer Höhenlage mit der Gleitfläche in der Autobahnböschung verbunden werden, wo die Bewegungsrichtung mit 138/05 genau senkrecht zur Autobahnachse orientiert werden konnte.

Es ergibt sich daraus der Schluß, daß in der Gleitfläche, vielleicht bereits sedimentär bedingt, eine Bewegung gegen Süden (188°) vor sich gegangen ist, und die dort angelegte Mulde westlich des Autobahneinschnittes morphologisch geprägt hat. Der durch den Autobahnbau erfolgte Einschnitt



Abb. 29. Südautobahn bei Laßnitztal

hat jedoch diese Bewegungsfläche reaktiviert und Bewegungen in Richtung des geringsten Widerstandes — Wegnahme von Boden — ausgelöst, wodurch eine Überprägung der bereits fossilen Gleitung entstand. Wesentlich wäre in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, daß derartige, tiefliegende, bereits fossile Gleitharnische und vor allem deren Bewegungstendenz wohl kaum im Zuge von Bohrungen erkannt werden können, während jedoch Schachtungen und zwar nur bei sorgfältiger geologischer Bearbeitung eventuell darüber Auskunft geben können. Wie allerdings und mit welcher Kraft derartige Bewegungen vor sich gehen können oder reaktiviert werden, ist natürlich eine nicht so ohne weiteres rechnerisch erfassbare Unbekannte. Der hier vorgesezte Steinkeil konnte jedoch durch seine stützende und entwässernde Wirkung die Bewegung auffangen.

Bisher sind folgende Mitteilungshefte erschienen:

- Heft 1: F. Heritsch: Neue Versteinerungen aus dem Devon von Graz. Graz, 1937.
- Heft 2: E. Haberfellner: Die Geologie des Eisenerzer Reichenstein und des Polster. Graz, 1935 (vergriffen).
- Heft 3: K. Murban: Die vulkanischen Durchbrüche in der Umgebung von Feldbach. Graz, 1939.
- Heft 4: W. v. Teppner: Tiere der Vorzeit, Graz, 1940.
- Heft 5: M. Loehr: Die Radmeister am steirischen Erzberg bis 1625.
E. Ehrlich: Aus den Werfener Schichten des Dachsteingebietes bei Schladming. Graz, 1946.
- Heft 6: W. v. Teppner: Das Modell eines steirischen Floßofens im Landesmuseum Joanneum, Abt. für Bergbau und Geologie. Graz, 1941.
- Heft 7: K. Murban: Riesen-Zweischaler aus dem Dachsteinkalk. Graz, 1952.
- Heft 8: M. Mottl: Steirische Höhlenforschung und Menschheitsgeschichte. Graz, 1953.
- Heft 9: Die Bärenhöhle (Hermann-Bock-Höhle) im kleinen Brieglersberg, Totes Gebirge. I. K. Murban: Geologische Bemerkungen zum Bau des Südosites des Toten Gebirges. — II. M. Mottl: Ergebnisse der Befahrung und Untersuchung der Bärenhöhle. Graz, 1953.
- Heft 10: W. Fritsch: Die Gumpenecknarmore. — W. Fritsch: Die Grenze zwischen den Ennstaler Phylliten und den Wölzer Glimmerschiefern. Graz, 1953.
- Heft 11: Eiszeitforschungen des Joanneums in Höhlen der Steiermark. K. Murban: Geologische Bemerkungen. — M. Mottl: Die Erforschung der Höhlen. Graz, 1953.
- Heft 12: A. Schouppé: Revision der Tabulaten aus dem Palaeozoikum vom Graz. Die Favositiden. Graz, 1954.
- Heft 13: M. Mottl: Hipparion-Funde der Steiermark, Dorcatherium im Unterpliozän der Steiermark. Graz, 1954.
- Heft 14: O. Homann: Der geologische Bau des Gebietes Bruck a. d. Mur bis Stanz. Graz, 1955.
- Heft 15: M. Mottl: Neue Säugetierfunde aus dem Jungtertiär der Steiermark — M. Mottl: Neue Grabungen in der Repolusthöhle bei Peggau in der Steiermark. (Mit einem Vorwort von K. Murban). Graz, 1956.
- Heft 16: W. Stippenberger: Schrifttum über Bergbau, Geologie und Karst-Forschung und Heilquellen, Hydrologie, Mineralogie, Paläontologie, Petrographie und Speleologie des politischen Bezirkes Liezen, Steiermark, von 1800 bis 1956. Graz, 1956.
- Heft 17: H. Flügel: Revision der ostalpinen Heliolitina. Graz, 1956.
- Heft 18: G. Kopetzky: Das Miozän zwischen Kainach und Laßnitz in Südweststeiermark. Graz, 1957.
- Heft 19: M. Mottl: Neue Säugetierfunde aus dem Jungtertiär der Steiermark, — A. Papp: Bemerkungen zur Fossilführung von Jagerberg bei St. Stefan in der Oststeiermark. Graz, 1958.
- Heft 20: A. Thurner: Die Geologie des Pleschaitz bei Murau. Graz, 1959.
- Heft 21: A. Thurner: Die Geologie der Berge nördlich des Wölzertales zwischen Eselsberg und Schönberggraben. Graz, 1960.
- Heft 22: M. Mottl: Neue Säugetierfunde aus dem Jungtertiär der Steiermark. VI Neue Säugetierfunde aus dem Glanzkohlenbergbau von Fohnsdorf. Die Dorcatherien (Zwerghirsche) der Steiermark. Graz, 1961.
- Heft 23: H. Flügel: Die Geologie des Grazer Berglandes. Graz, 1961 (vergriffen).
- Heft 24: E. u. H. Flügel: Die mikrofazielle und geochemische Gliederung eines Riffes der Nördlichen Kalkalpen, und zwar des obertriadischen Riffes der Sauwand bei Mariazell. Graz, 1962.
- Heft 25: E. Worsch: Die Geologie und Hydrologie des Aichfeldes zwischen Judenburg und Knittelfeld. Graz, 1963.
- Heft 26: M. Mottl: Bärenphylogenese in Südost-Österreich. Graz, 1964.
- Heft 27: A. Fenninger und H. Hötzl: Die Hydrozoa und Tabulozoa der Tressenstein- und Plassenkalke (Ober-Jura). Graz, 1965.
- Heft 28: M. Mottl: Neue Säugetierfunde aus dem Jungtertiär der Steiermark VIII—IX. Graz, 1966.
- Heft 29: W. Stippenberger: Almanach des steirischen Berg- und Hüttenwesens. Graz, 1968.