

Rutschungen im steirischen Tertiärgebiet mit besonderer Berücksichtigung der Wasserführung

Von ANDREAS THURNER (Graz)

Mit 10 Textabbildungen

Über Rutschungen besteht eine umfangreiche Literatur. Zahlreiche Beispiele von den einfachen Erdrutschungen bis zu den Bergstürzen liegen vor. Die Ursachen findet man im Material, in der Lagerung und in der Wasserführung; trotzdem zeigt fast jede Bodenbewegung eine Besonderheit, die durch genaue Untersuchungen erkannt werden muß, wenn eine entsprechende Stabilisierung erreicht werden soll. Die Inventarisierung der Rutschungen von geologischer und technischer Seite erachte ich daher für besonders wichtig.

Im April 1965 gingen im Tertiärgebiet der Steiermark, besonders in der Oststeiermark, in den pannonischen Ablagerungen, die aus Lehmen, Tonen und Sandlagen bestehen, zahlreiche größere und kleinere Rutschungen nieder, die nicht nur Wiesenhänge zerstörten, sondern vielfach Straßen, Wege und Häuser beschädigten. Vielfach konnten Rutschungen beobachtet werden, die nach anhaltenden Niederschlägen immer wieder an der gleichen Stelle auftreten.

Auf die zahlreichen Erdrutschungen, die nur die Humusschicht erfaßten, gehe ich nicht weiter ein. Es reißt meist an einem Geländeknick (Übergang von einem flachen Hangstück in ein steileres) ein tellerförmiges bis ovales Hangstück los, das etwas abrutscht und flach aufgewölbt zur Ablagerung kommt. Die Ursache liegt stets in der argen Durchfeuchtung, wodurch der Zusammenhang an jenen Stellen, wo geringe Mächtigkeit besteht, verloren geht und das durchfeuchtete Geländestück infolge der Schwere abgleitet. Sehr häufig zeigen sich vor der Rutschung schon deutliche Sprünge. Die meisten Erdrutschungen gehen von oben aus. Sie können auch von unten aus verursacht werden, wenn durch Wegeinschnitte oder Abgraben des Hangfußes der Halt genommen wird. Die Güterwege

und Forstaufschließungswege geben zahlreiche Beispiele. Dagegen wird selten etwas unternommen, weil die Verbauungen meist zu teuer kommen. Es stellt sich mit der Zeit eine natürliche Böschung ein, die einen Graswuchs erhält.

Wenn auf einem Wiesengelände solche Rutschungen zu befürchten sind, also Spalten auftreten, so wären diese sofort sorgfältig mit lehmigem Material zu verschließen, so daß das Eindringen von Wasser verhindert wird. Auf die Wasserführung ist besonders zu achten. Auffallende Versickerungsstellen (kleine Mulden, Vertiefungen) sind bodengleich zu machen. An manchen Steilhängen erweist sich die Bepflanzung mit Erlen oder Akazien als notwendig.

Viel unangenehmer sind jedoch die Rutschungen, die tiefer gehen und den Untergrund erfassen. Um diese Bodenbewegungen richtig zu beurteilen, ist die Kenntnis des geologischen Aufbaues notwendig.

In der Oststeiermark, nördlich der Raab, besteht der größte Teil des Gebietes aus lehmig-tonigen Ablagerungen, die in verschiedenen Horizonten sandig-kiesige Lagen enthalten, aus denen die Bauernhöfe mittels Brunnen ihr Wasser beziehen.

Über diesem „gewachsenen Boden“, der im Volksmund „Opok“ genannt wird, liegen nun aufgelockerte lehmige Ablagerungen, die oft eine Mächtigkeit von 6 m erreichen und stellenweise auch mehr. Es handelt sich meist um sogenannte periglaziale Böden, die in der Eiszeit abseits vom Eisrand durch Gefrieren und Auftauen entstanden sind. Ich bezeichne sie im folgenden als Hanglehme, von denen die Rutschungen ausgehen. Der gewachsene Boden wird in den meisten Fällen davon nicht mehr betroffen.

Sehr häufig sieht man bei tieferen Grabungen, daß dieser Hanglehm nicht mehr allmählich in den gewachsenen Untergrund übergeht, sondern deutlich davon getrennt ist, denn der Hanglehm weist allmähliche Bewegungen hangabwärts auf, so daß es an Ebenheiten oder am Hangfuß zu mehr oder minder mächtigen Anhäufungen kommt. Es besteht daher ein ständiger Druck nach abwärts (= Hangdruck), der durch Erhöhung der Durchfeuchtung zunimmt. Sehr häufig stellen sich auch an der Trennungsfläche feine Wasserfäden und Durchfeuchtungen ein.

Die Hanglehme zeigen nun verschiedene Eigenschaften. Sie besitzen wegen der aufgelockerten Beschaffenheit meist ein großes Wasseraufnahmevermögen. Ausgetrocknete Hanglehmproben nehmen 50 bis 60% H_2O und noch mehr Wasser auf. Außerdem ist der Gehalt an tonigem Material von Wichtigkeit, weil dieses durch die Wasseraufnahme plastisch wird. Genaue bodenmechanische Unter-

suchungen über Ausrollgrenze, Fließgrenze und Plastizitätszahl sind noch nicht bekannt.

Das Material ändert örtlich ab, da oft sandige Beimengungen enthalten sind.

Diese Hanglehme sind nun in den meisten Fällen der Sitz der Rutschungen. Der Mechanismus zeigt im allgemeinen stets das gleiche Bild. Der aufgelockerte Hanglehm nimmt Wasser auf, wird weich und plastisch, der Zusammenhalt wird verringert und wird labil. Das Auslösen der Rutschung kann nun durch Entfernung des Hangfußes, durch eine Auflast (Straßen, Bahnen) oder durch Bewegungen längs der Grenzschicht entstehen.

An einigen Beispielen wird nun auf die Ursachen im besonderen eingegangen.

1. Auf der Konstantinhöhe bei Gleichenberg fand im April 1965 eine Rutschung statt, bei der ein Geländestück (Wiese) abrutschte. Die ungefähr ovale Rutschfläche war am oberen Rand und an den Seiten von deutlichen Sprüngen, die 1,5 bis 2 m in die Tiefe reichten, begrenzt, der untere Rand zeigte deutlich fladenförmige Verschiebungen. Der obere Rand hat auf 7 m Breite einen Weg um ca. 50 cm abgesenkt. Im Inneren des abgerutschten Geländestückes traten nur einige kurze Sprünge auf.

Der untere, ungefähr 15 m breite Ablagerungsraum, war um ca. 2 bis 3 m vorgeschoben. Das Geländestück zeigte demnach eine Absenkung und ein Abgleiten (Abb. 1).



Abb. 1: Rutschungen auf der Konstantinhöhe bei Gleichenberg. Absenkung und Rutschung. Die Abwässer beschleunigen die Rutschung.

Die Rutschung wurde durch erhöhte Zufuhr von Wasser ausgelöst. Es erhob sich die Frage, warum gerade dieses Geländestück von der Rutschung betroffen wurde, obwohl die benachbarten

Hänge die gleichen Niederschläge aufnehmen. Die Untersuchung ergab, daß die gesamten Abwässer des Hauses samt den Dachwässern am Wiesenhang zur Versickerung kamen und eine besonders starke Durchfeuchtung und damit eine Erweichung der Hanglehme bewirkten.

Die Stabilisierungsmaßnahmen ergaben sich daher von selbst. Die verrohrte Ableitung der Abwässer ist hierfür eine unbedingte Notwendigkeit. Die Spalten sind sorgfältig zu verschließen, so daß die Wasserzufuhr in die Tiefe verhindert wird. Außerdem sind alle auffallenden Versickerungsstellen (kleine Mulden, Senken) bodengleich zu machen. Die am unteren Rand der Rutschung zeitweise austretenden Wässer sind abzuleiten.

2. Ein ähnlicher Fall ereignete sich in Rohrbach, wo ein Haus schwer beschädigt und unbewohnbar wurde. Es kam dort ein ungefähr halbkreisförmiges Geländestück mit einem Radius von ca. 70 m in Bewegung. Es war am Umfang von klaffenden Spalten umgrenzt, die hangabwärts zu Ende gingen. Sie bewirkten eine Absenkung von 30 bis 50 cm. Im Inneren der abgesunkenen Fläche waren wohl alte Rutschspuren erkennbar; die neue Rutschung hat jedoch nur flache Buckeln verursacht. Am unteren Rand, gegen den Bach zu, stellten sich gegen SO kleine Aufbuckelungen ein (Abb. 2).

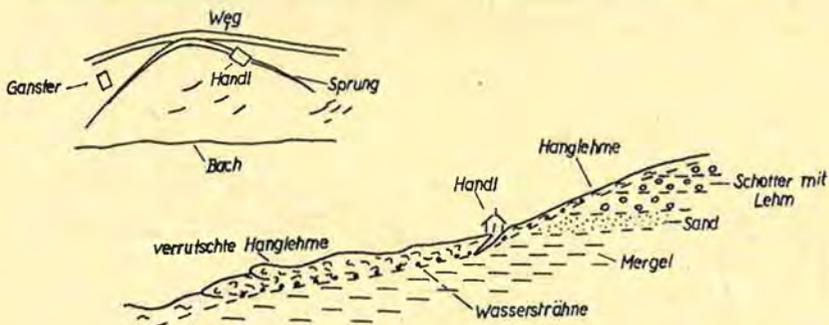


Abb. 2: Rutschungen bei Rohrbach. Die Hangwässer versickerten und erweichten die Grenzschicht zwischen Mergel und Hanglehmen.

Am Haus Handl entstanden außen und innen und im Keller Sprünge mit 4 bis 6 cm Weite, die Gartenmauer wurde zerrissen und verstellt. Der 24 m tiefe Hausbrunnen zeigte an den oberen 6 m eine Verschiebung nach SO um 60 cm (Abb. 3).



Abb. 3: *Rutschung in Rohrbach. Die Absetzung der Hanglehme verursachte eine Zerreißung und Verstellung der Gartenmauer sowie 4 bis 6 cm weite Sprünge in den Hauswänden.*

Das Haus Ganster blieb unbeschädigt, doch setzt 3 m vom Haus am Rand eines ca. 2 m hohen Abfalls ein Sprung ein, der eine Absenkung um 50 cm bewirkte.

Das Material des abgesunkenen Geländestückes besteht aus lockeren Lehmen, die einzelne Gerölle enthalten. Die Mächtigkeit muß auf Grund der Verschiebung im Brunnen mit 60 cm angenommen werden. Das Haus Ganster steht auf lehmigen Sanden. Der Hang darüber bis zum Bahndamm zeigte Schotter mit lehmigen Lagen, welche Schichten ebenfalls zuoberst eine aufgelockerte Verwitterungslage bilden (Abb. 2).

Die starken Niederschläge in den letzten Apriltagen verursachten eine starke Durchfeuchtung der Hanglehme. Eine auffallend starke Wasserzufuhr erfolgte jedoch vom Hang über den Häusern Gangl und Handl. Acht Tage nach der Rutschung, die am 22. April 1965 erfolgte, trat noch immer aus der Wiese Wasser aus, das längs eines Feldweges abfloß und dann am Hang unter den Häusern versickerte.

Diese starke Durchfeuchtung hat nicht nur die Grenzschicht zwischen Untergrund und Hanglehm gelockert, sondern auch das

Gewicht erhöht und den Zusammenhang verringert, so daß es zur Zerreißung und Absinkung kam.

Das Haus Handl ist nicht mehr zu retten, Ausbesserungsarbeiten haben keinen Bestand, denn es steht auf derart labilem Boden, daß jederzeit wieder eine Bewegung eintreten kann. Eine Stabilisierung des Bodens, vielleicht durch Tiefdrainage (6 m) kann voraussichtlich keine vollständige Beruhigung erreichen. Das Augenmerk muß daher vor allem auf die Erhaltung des Hauses Ganster gerichtet werden; daher ist eine grundsätzliche Entwässerung des Geländes ober dem Haus und eine entsprechende Ableitung notwendig. Ferner sind die Dachwässer und Abwässer verrohrt bis zum Bach abzuleiten. Längs der Sprünge neben dem Haus ist mit einer Pilotenreihe eine Sicherung des Hauses anzustreben. Sämtliche offenen Spalten sind fest mit Lehm zu verschließen.

Dieser Fall zeigt so recht, daß Gründe gewidmet werden, die für Bauten ungeeignet sind.

3. An der Straße von Gleichenberg nach Trautmannsdorf wurde am 22. April 1965 ein Haus am Hangfuß schwer beschädigt, es erhielt Sprünge, der Fußboden im Keller wurde gehoben und die Kläranlage an der Rückseite wurde eingedrückt.

Der ungefähr 40 m hohe Berghang besteht zuunterst aus Mergeln mit einer 3 bis 4 m mächtigen Auflage von verwitterten Lehmen. In den höheren Hangpartien liegen über den Mergeln Sande, die teilweise in Aufschlüssen erkennbar sind (Abb. 4).

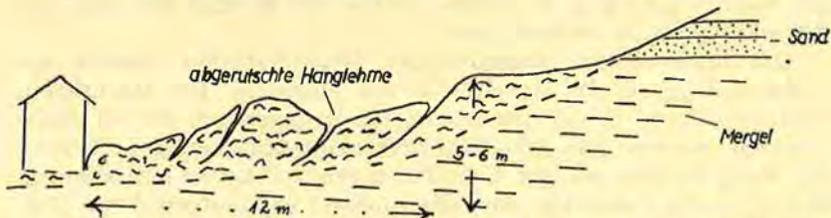


Abb. 4: Rutschung bei Gleichenberg. Die Rutschung wurde durch Entfernung des Hangfußes ausgelöst.

An den Hanglehmen waren vor der Rutschung alte Rutschnarben erkennbar. Zwischen Buckeln bestanden Mulden, die günstige Versickerungsstellen bildeten.

Nach der Rutschung beobachtete man ein staffelfrmiges Absetzen der Hangmassen, wobei das unterste Stück zum Haus hin preßte und vor allem durch den Hangdruck die Schäden verursachte.

Die Ursachen dieser Bodenbewegung liegen klar auf der Hand. Die bereits verrutschten Hanglehme wurden durch die andauernden Niederschläge stark erweicht, die Mulden begünstigten die Versickerung, und es besteht ferner die große Wahrscheinlichkeit, daß die Kläranlage gleichzeitig auch eine Versickerungsstelle war. Es kam daher zur Erweichung, so daß stellenweise der Zusammenhang verloren ging und Zerreißen (Spalten) und Absetzungen eintraten. Die in die Spalten eindringenden Wässer vergrößerten im Inneren die Erweichung, so daß weitere Absetzungen folgten.

Da durch den Bau des Hauses der Hangfuß angeschnitten wurde, fehlte das Widerlager, der Hangdruck konnte sich auswirken und damit das Haus beschädigen.

Stabilisierungsmaßnahmen sind notwendig, doch garantieren sie bei diesem steilen Gelände keine absolute Sicherheit.

Da hier vor allem der Hangdruck die Schäden verursachte, muß getrachtet werden, diesen zu schwächen. Die durch das staffelförmige Abrutschen der Hanglehme entstandenen Unebenheiten, die Beulen, sind abzutragen, so daß ein gleichmäßig abfallendes Gelände entsteht; das Gewicht der beweglichen Hangmassen wird verringert, und Versickerungsstellen verschwinden. Die Spalten sind fest mit Lehm zu verschließen, so daß das Eindringen der Wässer erschwert wird. Die allenfalls austretenden Wässer sind abzuleiten. Außerdem ist in diesem Fall zur Sicherung des Hauses eine starke Stützmauer hinter dem Haus anzubringen. Versickerungsanlagen dürfen nicht gestattet werden.

4. Durch den Aushub einer Baugrube entstand in Gleichenberg auf der Bergseite eine Rutschung auf ca. 20 m Länge. Die bereits ausgehobenen Gräben für die Gründung wurden verschüttet. Das Profil zeigt deutlich, daß über verhältnismäßig harten Mergeln eine 3 m mächtige, aufgelockerte Hanglehmschicht liegt.

Obwohl der Hang über dem 3 m hohen Anschnitt auffallend flach anstieg, rutschten die Hanglehme staffelförmig vor und verschütteten den Graben. An einer Stelle kamen an der Grenzschicht ansehnliche Wassersträhne zum Vorschein.

Die Ursache liegt an der Durchfeuchtung der Hanglehme und in der Wegnahme des Hangfußes, wodurch der Druck in den durchfeuchteten Massen zur Auswirkung kommen konnte. Die Durchfeuchtung wurde noch erhöht durch die Abwässer, die von den oberhalb gelegenen Häusern zur Versickerung kommen.

Die Sanierung besteht vor allem in einer gründlichen und sorgfältigen Drainagierung der Grenzschicht, die durch den Bau teilweise angeschnitten wird. Zur Abschwächung des Hangdruckes

wurde eine Verringerung des Böschungswinkels am Geländeanchnitt empfohlen. Sollte dies nicht ausreichen, müßte eine entsprechende Stützmauer errichtet werden.

5. Ständige Rutschungen treten an der Straße nördlich Ilz nach Riegersburg, am Anstieg zum Kleegraben, auf. Die abgerutschten lehmigen Massen bilden unter der Straße ein wildes Haufenwerk mit Mulden und Buckeln. Kleine, versumpfte Naßstellen gesellen sich dazu. Die Rutschung wird durch das geologische Profil verständlich. Zu unterst stehen blaugraue Mergel an, dann folgen ein schwaches Kohlenflöz, das auf der Höhe (Kleegraben) abgebaut wurde, und Sande und zuoberst wieder Mergel. Diese anstehenden Gesteine sind mit lockerem Hängelehm überdeckt (Abb. 5). Die Schichten fallen flach gegen O ab (WINKLER 1936, 1939).

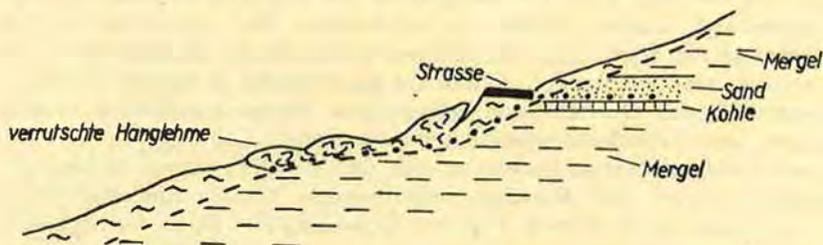


Abb. 5: Rutschung bei Ilz. Die unter den Sandlagen austretenden Quellen erweichten den Hängelehm, der dadurch ins Rutschen kam.

Die Sande sind wasserführend, und das Wasser tritt an mehreren Stellen an der Sohle der Sande aus. Die Quellaustritte sind östlich der Straßenkehre im Wald gut erkennbar. Sie versumpfen den Hangfuß. An der rutschempfindlichen Straße jedoch versickern diese Wässer im Hängelehm und weichen die Trennungsfläche zwischen dem Untergrund und den aufliegenden Hängelehmen auf. Einige Wasserpfützen auf dem ebenen Gelände unter der Straße scheinen von diesem Wasser herzurühren. Kommen dazu noch andauernde Niederschläge, so erfolgt noch eine Erweichung der Verwitterungsschicht, die ein Abreißen und Abrutschen zur Folge hat. Die Belastung durch die Fahrzeuge beschleunigt diesen Vorgang noch mehr.

Die Hauptursache liegt hier sicher in den unter den Sanden austretenden Wässern.

Die Stabilisierung bereitet hier sicher Schwierigkeiten, denn es müßte vor allem eine schlitzförmige Fassung der unter den Sanden

austretenden Wasser erfolgen. Da unter der Straße stark aufgelockertes abgerutschtes Material lagert, besteht die Wahrscheinlichkeit, daß die Straße auf den aufgelockerten Hanglehmen aufsitzt, so daß der Hangdruck trotz der Entwässerung zu Rutschungen führt. Es müßte hier auf Grund weiterer Untersuchungen überlegt werden (Bohrungen, Untergrunduntersuchungen), ob nicht eine Verlegung der Straße in Betracht zu ziehen wäre.

Rutschungen, die durch Quellen entstehen, können in der Oststeiermark ziemlich häufig beobachtet werden. Die aus Sandlagen ausfließenden Quellen erzeugen in den anschließenden Hanglehmen häufig Rutschungen, die jedoch selten beobachtet werden. Ein größeres Ausmaß nehmen die Rutschungen an, wenn die Quellen ständig Sand abführen, so daß Aushöhlungen und Lockerungen in den Sandlagen eintreten, die zu ansehnlichen Rutschungen führen können. A. HAUSER (1955) bringt einige Beispiele.

6. Wieder andere Rutschungen stellen sich in den Mulden um den Kegelberg an den Abfällen des Rückens Kirchbach-Prosendorf ein. Diese Mulden sind mit auffallend mächtigen lockeren Hanglehmen bedeckt, deren Mächtigkeit wegen des langsamen Abgleitens nach unten zunimmt. Die Niederschläge versichern verhältnismäßig rasch und streben von allen Seiten der Muldentiefe zu. Da offene Gräben, die das Wasser ableiten, meist fehlen oder verwachsen sind, erfolgt eine allgemeine Durchfeuchtung der aufgelockerten Hanglehme, und der Zusammenhalt wird verringert, es entstehen Spalten, die im weiteren Verlauf zum Losreißen und Abrutschen eines Geländestückes führen. Meist entstehen die Abrisse am oberen Rand und abgerutschte Massen rutschen fladenförmig übereinander (Abb. 6 a).

Es kann jedoch auch vorkommen, daß die durchfeuchteten Massen derart nach abwärts drücken, daß der Hangfuß diesem Hangdruck nicht mehr standhalten kann und zerreißt, so daß die Hanglehme aufgepreßt werden, zerreißen und wulstartig austreten (Abb. 6 b).

Führt nun über eine solche Mulde eine Straße oder ein Weg, dann treten nach längeren Niederschlägen fast regelmäßig Schäden auf. Entweder sinken Teile der Straße ab oder die Straßendecke wird schiefgestellt.

Um halbwegs eine Stabilisierung zu erreichen, ist eine gründliche Drainagierung der gesamten Mulde erforderlich. Die Hangwässer sind jedoch bis zum nächsten Bach verrohrt abzuleiten und nicht im unteren Teil des Hanges zur Versickerung zu bringen. Sind

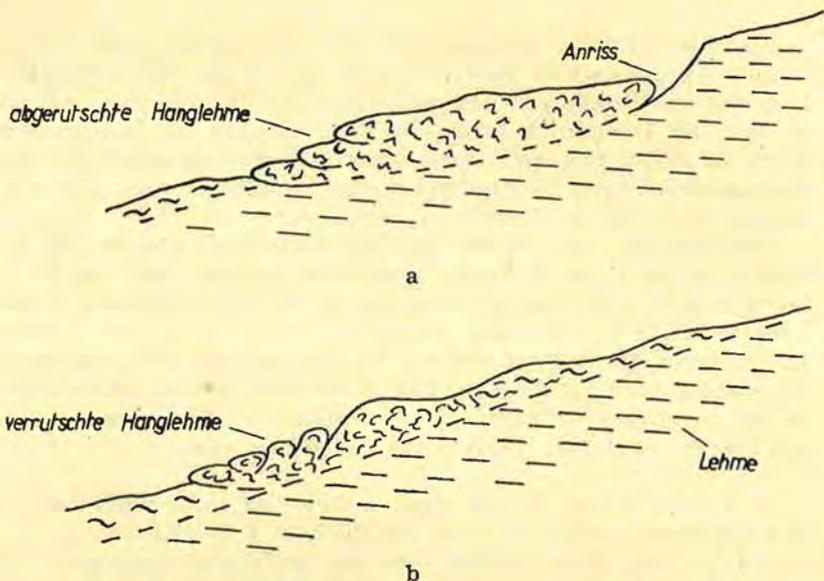


Abb. 6: Rutschungen in Gehängemulden: a) Die durchfeuchteten Hanglehme reißen am oberen Rande ab. b) Die durchfeuchteten Hanglehme gleiten allmählich ohne Spaltenbildung abwärts und quetschen den Hangfuß aus.

Dämme erforderlich, dann ist die Stabilisierung meist schwierig und kostspielig, da die Hanglehme auch bei sorgfältiger Entwässerung selten die Tragfähigkeit für die Dämme besitzen. Oft können Pilotierungen, die bis in den gewachsenen Boden hineinreichen, für einige Zeit eine Beruhigung bewirken. Straßen erster Klasse oder Autobahnen erfordern jedoch in einem solchen Terrain meist besondere Spezialverbauungen.

7. Die Rutschung von Retznei. Unmittelbar anschließend an den Arbeitsplatz der Betonziegelei von Dobai in Aflenz bei Retznei ging am 22. April 1956 eine verhältnismäßig kleine Rutschung nieder, die jedoch eine Betonziegelmauer umstürzte und dabei Maschinen beschädigte. Im Zusammenhang damit wurde durch die Hangbewegung ein Wasserleitungsrohr an den Muffen auseinandergerissen, wodurch ca. 20.000 bis 23.000 Liter Wasser ausflossen und den Schaden vergrößerten.

Das Hangprofil zeigt folgende Zusammensetzung: Das Liegende bilden dunkelgraue bis schwarze Mergel, die von Leithakalk überlagert werden. Die Mergel werden von einer 2 bis 3 m mächtigen,

aufgelockerten, braunen Lehmschicht (= Verwitterungslehme) überdeckt.

Durch die anhaltenden Niederschläge wurde die aufgelockerte Lehmschicht erweicht, der Zusammenhalt wurde geschwächt, so daß einige bogenförmige Spalten entstanden, die zu einer Rutschung führten.

Diese wurde noch dadurch begünstigt, daß der Hangfuß angeschnitten wurde, so daß der Halt verloren ging. Es ist deutlich zu sehen, wie über den harten Mergeln die lehmige Auflage verrutscht ist, und auch die 1 bis 1,5 m mächtige Humusdecke in Mitleidenschaft gezogen wurde.

Kleine Wasseraustritte waren an den Rutschflächen und unter dem Humus erkennbar.

Die Erweichung der Hanglehme wurde sicher vor allem durch die andauernden Niederschläge bewirkt. Es zeigte sich jedoch, daß von einem Haus, das auf der Basis der Leithakalke aufsitzt, ein kleines Rinnsal abrinnt und teilweise ober der Hangwiese versickert. Die Aufgrabung an der Stelle, wo das Wasserleitungsrohr zerrissen wurde, zeigte in 1,2 m Tiefe deutliche Wasseraustritte aus dem aufgelockerten Lehm, die sechs Tage nach der Rutschung noch vorhanden waren.

Es besteht außerdem die Wahrscheinlichkeit, daß unter dem Leithakalk kleine Wassersträhne austreten, die jedoch wegen der Verlehmung nicht an die Oberfläche kommen, sondern im aufgelockerten Lehm versickern.

Wir sehen an dieser Rutschung wieder klar, wie die aufgelockerten Verwitterungslehme durch die Wasserzufuhr zur Rutschung kamen. Der gewachsene Boden wurde nicht betroffen.

8. Mehrere Rutschungen gingen an der Bundesstraße Gleisdorf — P es e n d o r f nieder. Vor der Rutschung zeigte sich folgendes Bild: Der flach abfallende Hang besteht aus aufgelockerten Verwitterungslehmen (Hanglehmen), die von horizontal liegenden Mergeln und Lehmen unterlagert sind. Die Hanglehme zeigen an einigen Stellen Beulen, die auf vernarbte Rutschungen schließen lassen.

Auf diesem Hang wurde ein Damm von 1 bis 2 m (oft auch bis 3 m) aufgebaut. Das Material für die Dammschüttung war nirgends sicher erkennbar. Es ist auch nicht ersichtlich, ob der Damm auf dem gewachsenen Boden oder auf dem Hanglehm aufgesetzt wurde.

Nach der Rutschung beobachtete man einen senkrechten Abbruch und eine Absenkung um ca. 1 m, dann eine Verflachung, die in eine Aufwölbung mit steilerem Abfall übergeht. An einer an-

deren Rutschstelle schließt sich an den Dammeinbruch eine ebene Wiesenfläche an, deren Abfall zersprungen, aufgewühlt und etwas staffelförmig abgerutscht ist (Abb. 7, 8, 9).

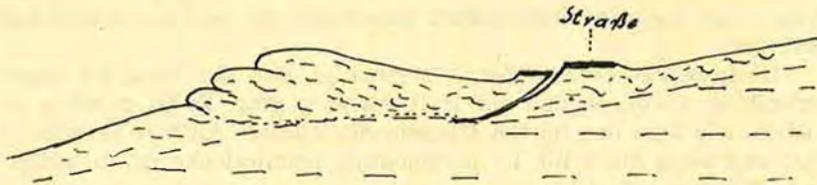


Abb. 7: Ein Damm kommt auf der durchweichten Unterlage zur Setzung und quetscht die anschließenden Hanglehne aus.

Man kann hier zwei Bewegungen erkennen: eine deutliche Absenkung und Setzung von einem Stück des Dammes und eine Ausquetschung.

Der Vorgang ist folgendermaßen zu erklären: Über dem Untergrund liegt eine aufgelockerte, lehmige Verwitterungsschicht, die

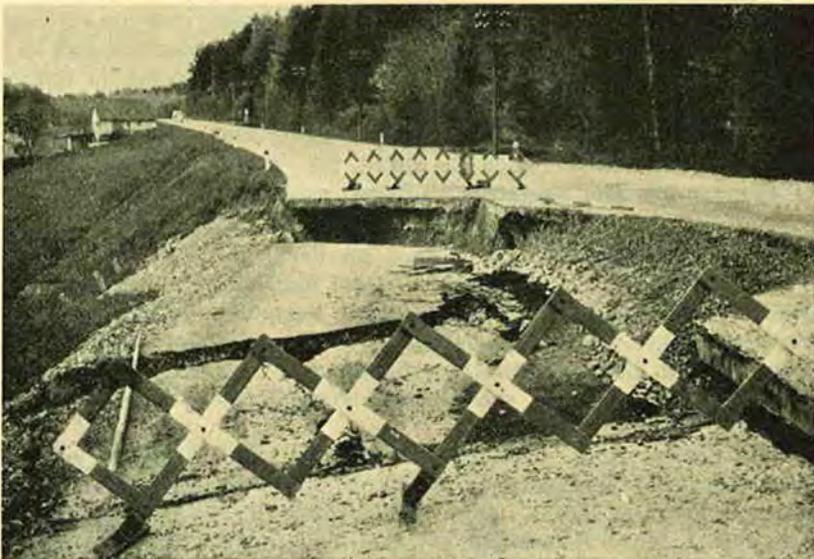


Abb. 8: Rutschung an der Bundesstraße Gleisdorf—Pesendorf. Die Straßendecke setzte sich senkrecht ab und quetschte die Hanglehne aus.



Abb. 9: *Rutschung an der Bundesstraße Gleisdorf—Pesendorf. Die ausgequetschten Hanglehme schieben sich am unteren Ende der Rutschung vor.*

eine große Wasseraufnahmefähigkeit besitzt. Durch die andauernden Niederschläge wurden diese Schichten erweicht, die lehmigen Bestandteile plastisch. Der erweichte Untergrund konnte den schweren Damm und die durch die Fahrzeuge erzeugte stoßförmige Auflast nicht mehr tragen, es kam zur Setzung, wobei die durchweichte Unterlage ausgequetscht und der Druck auf die anschließenden Hanglehme übertragen wurde.

Die Ursachen liegen in der Erweichung der aufgelockerten Hanglehme und in der Auflast. Setzung und Rutschung greifen hier ineinander, denn durch die Setzung des Dammes wurden die anschließenden Hanglehme aufgepreßt.

Genaue Untersuchungen über die Mächtigkeit der Hanglehme (Bohrung), über die Beschaffenheit des Materials und über den Einbau des Dammes auf die Unterlage konnten nicht gemacht werden, doch steht eindeutig fest, daß die andauernden Niederschläge die Katastrophe auslösten.

Die Stabilisierungen bedürfen einer gründlichen Überlegung. Nachdem der erste Vorgang eine Setzung war, muß angenommen werden, daß eine Erweichung der Dammsohle stattgefunden hat.

Der zweite Vorgang war die Übertragung dieser Setzung auf die durchweichenden Hanglehne.

Wenn man das Übel an der Wurzel beheben will, müßte vor allem eine Stabilisierung der Dammsohle erreicht werden. Es müßte vor allem untersucht werden, ob der Damm auf gewachsenem Boden aufsitzt oder auf den verwitterten Lehmen, die besonders bei Wasseraufnahme plastisch und zusammendrückbar sind. Liegt dieser Untergrund vor, dann kann eine Stabilisierung durch Abgraben der Verwitterungsschicht bis zum gewachsenen Boden oder durch Aufsetzen des Dammes auf Betonpiloten erreicht werden. Das sind umfangreiche und kostspielige Bauten.

Andere Sicherungsarbeiten, die nicht immer einen dauernden Erfolg versprechen, bestehen vor allem in einer gründlichen Entwässerung. Alle Versickerungsmöglichkeiten müssen weitgehend vermieden werden. Die Unebenheiten am Rutschgelände (die kleinen Mulden, Dellen) müssen bodengleich gemacht werden, so daß ein gleichmäßiger Ablauf der Niederschläge möglich ist. Alle Spalten, die durch die Rutschung entstanden sind, müssen mit Lehm verschlossen und fest verstampft werden. Alle Wässer, die vielleicht von der nächsten Umgebung herkommen, sind so abzuleiten, daß sie nicht zur Versickerung gelangen.

Zur Sicherung des Dammes, der eine schwere Auflast auf die Hanglehne darstellt, müßte dieser eigentlich entfernt werden. Da dies in den seltensten Fällen durchführbar ist, kann man durch eine Pilotenreihe eine Stabilisierung wenigstens für einige Zeit erreichen, doch diese Piloten müssen unbedingt in dem gewachsenen Boden 2 bis 3 m tief verankert werden.

Die Errichtung von Stützmauern bedarf einer gewissenhaften Untersuchung, denn es muß vor allem erwogen werden, ob für eine schwere Stützmauer der notwendige tragfähige Untergrund vorliegt.

Auch die Errichtung von liegenden Steinrippen ist nur dann empfehlenswert, wenn die Verankerung des Fußes gesichert ist.

Bekannt sind die Rutschungen am H ü h n e r b e r g (Straße nach K i r c h b a c h). Die auf einen Damm aufgesetzte Straße zeigt gegen den Abfall zu eine Setzung um ca. 1 m und unterhalb Aufwölbungen, die auf Ausquetschungen zurückzuführen sind. Obwohl der Hang mit Gebüsch bewachsen ist, konnten die Bodenbewegungen nicht aufgehalten werden.

Die Bergseite zeigt zwar einen mit Betonschalen ausgelegten Abzugsgraben, trotzdem sind im anschließenden Hang zahlreiche Naßstellen erkennbar. Daraus ist ersichtlich, daß hier noch Wässer

in den Boden versickern und eine Erweichung des Dammuntergrundes bewirken.

Die Stabilisierung kann nur durch gründliche Entwässerung und durch Einschlagen von Piloten bis in den gewachsenen Untergrund erreicht werden.

Es ist auch hier wieder deutlich erkennbar, daß die Bodenbewegungen nur den aufgelockerten Verwitterungsboden erfassen und nicht den gewachsenen Untergrund.

Besprechung der Aufnahmeergebnisse

Die Voraussetzungen für diese Bodenbewegungen liegen im Material und in der Wasserführung. Es handelt sich fast durchwegs um verwitterte, aufgelockerte, tonige Gesteine, die durch Wasseraufnahme weich und plastisch werden. Selten kommt der wirklich gewachsene Boden ins Rutschen. Diese Verwitterungsschicht entwickelt sich infolge langsamer Abwärtsbewegungen zum Hanglehm, so daß die Mächtigkeit nach unten zunimmt. Über die Mächtigkeit dieser Schicht sind keine sicheren Zahlen bekannt; sie ist sehr verschieden, an Wegeeinschnitten ist sie 2 bis 4 m dick, es gibt jedoch Gebiete, besonders in Mulden, wo diese Schichten bis 6 m mächtig werden.

Das Material selbst zeigt je nach der Unterlage sehr verschiedene Beschaffenheit, von sandigen Lehmen bis zum plastischen Ton findet man alle Übergänge. Das Wasseraufnahmevermögen und die Plastizität zeigen daher große Unterschiede. Genaue Untersuchungen fehlen, doch so viel ist sicher, daß dieses verwitterte Material durch das Wasser erweicht, plastisch und beweglich wird.

Die Wasseraufnahme findet nicht nur in den feinsten Poren der tonigen Bestandteile statt, sondern auch in den größeren Poren, die durch die Verwitterung und durch die Hangbewegungen entstehen. Während das Wasser in den feinsten Poren nur geringe Bewegungsmöglichkeit besitzt, es erzeugt die Plastizität, ist das Wasser in den größeren Poren beweglich und kommt bei verrutschten Massen sogar in feinen Strähnen zum Vorschein. Diese Tatsache ist für die Entwässerung im Auge zu behalten.

Außerdem sammelt sich das Wasser oft an der Trennungsfläche vom gewachsenen Boden und dem Hanglehm in feinen Strähnen an und verursacht Erweichungen und eine Lockerung des Zusammenhaltes.

Von Bedeutung ist die Herkunft des Wassers. Sicher verursachen vor allem die direkten Niederschläge die Durchfeuchtung der Hanglehme. Die Versickerung wird oft durch kleine Vertiefungen, Un-

ebenheiten und Mulden begünstigt. Auch die oft schon vor einer Rutschung auftretenden Spalten, die meist 1 bis 3 m in die Tiefe reichen, führen Wasser dem Untergrund zu und verringern durch die Erweichung die innere Reibung, den Zusammenhalt.

Sehr oft erfolgt jedoch eine Zufuhr des Wassers aus der nächsten Umgebung. Von den ober dem Rutschgebiet liegenden Hängen fließen nach starken Niederschlägen oft bedeutende Wassermengen ab, die weiter unten zur Versickerung kommen (z. B. Rohrbach). Häufig weisen Abzugsgräben Versickerungsstellen auf, von denen aus Wasser in die Tiefe eindringt. Oft verwildern die Gräben, das Wasser findet keinen rechten Abfluß und erweicht den Boden, oft werden solche Gräben nur ein Stück nach abwärts geführt und dann das Wasser zur Versickerung gebracht.

Auch die Abwässer von Bauernhöfen kommen hangabwärts zur Versickerung und tragen zur Durchnässung und Durchfeuchtung bei.

Da im oststeirischen Tertiärgebiet häufig Sandlagen enthalten sind, treten an der Sohle kleine Quellen aus, die Naßstellen erzeugen, im Hanglehm versickern und zur Auflockerung und Rutschungen beitragen. Es gibt auch Quellen unter Sandlagen, die stets etwas Sand mitführen. Es entsteht dadurch eine Lockerung in den Sandlagen, die ein Nachbrechen und in weiterer Folge Rutschungen auslösen können.

In manchen Gebieten (z. B. südliche Steiermark, Retznei, Wildon) stellen sich auch Kalklagen ein, die durchlässig sind (Klüfte) und Quellaustritte über den undurchlässigen tonigen Lagen erzeugen. Diese Wässer können so wie bei den Sandlagen zu Rutschungen führen.

Die gesamte Wasserführung, die Versickerungsmöglichkeiten, die unterirdischen Wasserwege und deren Austrittsstellen sind daher für die Bodenbewegungen von größter Bedeutung. Die hydrogeologische Untersuchung darf sich daher nicht nur auf das eigentliche Rutschgebiet beschränken, sondern ist auf das weitere Gebiet auszudehnen.

Auch die Oberflächengewässer, die Rinnsale und Bäche, sind in diese Untersuchung einzubeziehen. Es ist z. B. für die oststeirischen Bäche, die von den Hängen herabkommen, auffallend, daß sie große Abflußschwankungen aufweisen. Sie trocknen oft vollständig aus, schwellen aber nach Gewitterregen rasch an. Obwohl stets Gehängelehme vorhanden sind, die Wasser aufnehmen können, ist die Wasserabgabe an Rinnsale sehr gering. Bei Wolkenbrüchen ist die Verweildauer für die Versickerung meist zu kurz, daher findet ein rascher, oberflächlicher Abfluß statt.

Betrachten wir nun die Ursache der Rutschungen, so haben wir sie im Material und in der Wasserführung erkannt. Im einzelnen zeigten jedoch die Beispiele wesentliche Unterschiede.

Es gibt nun Rutschungen, die von oben ausgehen. Wenn die aufgelockerten Hanglehme stark durchfeuchtet sind, verringert sich der Zusammenhalt, es entstehen am oberen Rande bogenförmige Spalten, so daß es zum vollständigen Losreißen und Abrutschen kommen kann. Selten bleibt der Zusammenhalt gewahrt, so daß nur ein Geländestück abgleitet; meist zerbricht das losgetrennte Stück, die Teilstücke überschlagen sich und bilden am Ablagerungsort ein wildes Durcheinander. Solche Rutschungen entstehen am häufigsten in den Mulden, die von den Hängen aus durchfeuchtet werden und einen mangelhaften Abfluß aufweisen.

Erfolgt die Durchfeuchtung hauptsächlich an der Trennungsschichte zwischen gewachsenem Boden und der Verwitterungsschichte, so beginnt das Losreißen ebenfalls am oberen Rande, an langen bogenförmigen Spalten, so daß Absetzungen und deutliche Gleitbewegungen nach abwärts aufscheinen (z. B. Rohrbach).

Auch Quellaustritte unter Sand- und Kalklagen führen meist zu einem Losreißen am oberen Rande. Die austretenden Wässer erweichen die anschließenden Hanglehme, so daß der Zusammenhalt verlorengeht.

Sehr häufig setzen die Bodenbewegungen von oben aus ein, wenn die Hanglehme von Straßen- und Eisenbahndämmen belastet werden. Die Belastung durch den Damm und durch die Fahrzeuge bewirkt Setzungen. Der durchfeuchtete Gehängelehm wird zusammengedrückt und ausgequetscht, so daß die anschließenden Hanglehme ebenfalls in Bewegung geraten und Aufbeulungen und Zerreißen entstehen.

Manchmal wird jedoch die Rutschung auch von unten her ausgelöst. Dies ist meist dann der Fall, wenn der Hangfuß angeschnitten wird (Häuser, Straße), so daß die beweglichen Hanglehme ihr Widerlager verlieren und staffelförmig nachrutschen (z. B. Gleichenberg). Solche Rutschungen können auch an Bächen entstehen, wo an Prallstellen der Hangfuß durch das fließende Wasser weggerissen wird, so daß die anschließenden Lockermassen ins Rutschen kommen.

Bemerkenswert ist, daß die meisten Rutschungen in der Oststeiermark nur die Hanglehme erfassen, aber nicht besonders tief reichen (meist nur 3 bis 6 m). Die Spalten gehen schaufelförmig in die Tiefe und münden in die Trennungsfläche zwischen gewachsenem Boden und Hanglehm ein. Diese Rutschungen nehmen selten ein größeres Ausmaß an.

Nun erhebt sich die Frage, warum die Rutschungen nur verhältnismäßig kleine Geländestücke umfassen und vereinzelt auftreten, obwohl die geologischen Untergrundverhältnisse und die Niederschläge nur geringe Verschiedenheiten aufweisen.

Darauf kann man vor allem antworten, daß kein Geländestück mit dem lehmig-tonigen Aufbau vor einer Rutschung sicher ist. Die Auslösung einer Rutschung hängt jedoch von vielen, oft anscheinend kleinen Ursachen ab; so von den Hangformen und deren Kleinformen (Unebenheiten, Änderung des Böschungswinkels usw.).

Die Bewachsung (Gras, Bäume, Gebüsch) beeinflusst oft wesentlich die Rutschgefahr. Die Versickerungsmöglichkeiten, die Hangneigungen, die oberflächlichen Rinnsale, die Wasserableitungen u. a. können die Rutschgefahr wesentlich erhöhen. Die verschiedene Mächtigkeit der Hanglehne, die Sandeinlagerungen u. a. beeinflussen ebenfalls weitgehend die Rutschbereitschaft.

Die Materialunterschiede, der Gehalt an Ton sind gleichfalls ausschlaggebend für das Auslösen von Bodenbewegungen. Hierüber geben Untersuchungen über Ausrollgrenze, Fließgrenze und Plastizitätszahl entsprechende Auskunft. Es bestehen jedoch in der Plastizität wesentliche Unterschiede, die nicht nur vom Ausgangsmaterial abhängen, sondern oft auch vom Durchbewegungsgrad, der durch bereits erfolgte Rutschungen beeinflusst wird.

Es ist daher verständlich, daß die Rutschungen nur verhältnismäßig kleine Geländestücke erfassen und vereinzelt auftreten.

Stabilisierungsmaßnahmen dürfen auf keinen Fall schematisch angewandt werden, sie richten sich nach den jeweiligen geologischen Verhältnissen, wobei das geologische Profil, das Material, die Oberflächengestaltung und die gesamte Wasserführung in Betracht zu ziehen sind. Vielfach handelt es sich um folgende Arbeiten: Verschließen der Spalten mit Lehm und festes Verstampfen, so daß die Versickerung in die Tiefe verhindert wird. Oft werden Abgrabungen der durch die Rutschung aufgeworfenen Buckel notwendig sein, auch Mulden in Bodensenkungen, welche Wasseransammlungen begünstigen, sind hanggleich zu machen, so daß der oberflächliche Abfluß gefördert wird. Wenn durch staffelförmige Abbrüche Häuser und Straßen gefährdet sind, erweist sich oft die Errichtung von Stützmauern als notwendig. Eine besondere Sorgfalt erfordert die Entwässerung. Da außer dem direkten Niederschlag auf das Gelände auch unterirdische Wässer, die in der nächsten Umgebung versickerten, für die Rutschung in Betracht zu ziehen sind, sind entsprechende Entwässerungsanlagen (Gräben, Drainagierungen usw.) erforderlich.

Die Stabilisierung von Straßen, die auf Dämmen aufrufen, verlangt eine gründliche Voruntersuchung. Gelingt der Nachweis, daß der Damm auf den Verwitterungslehmen aufsitzt, und besteht die Möglichkeit, diese vollständig zu entfernen, so daß ein neuer Damm auf dem gewachsenen Boden aufgebaut werden kann, bestehen für die Stabilisierung günstige Aussichten. Gelingt dies nicht, kann die Setzung bzw. die Abrutschung allenfalls durch Pilotenreihen verhindert werden; diese müssen jedoch in den gewachsenen Boden hineingetrieben werden. Spielt das Geld eine geringe Rolle, dann können bei nicht tragfähigen Böden ähnliche Stabilisierungsmethoden wie bei Hochhäusern angewendet werden.

Viel schwieriger sind die Stabilisierungsmaßnahmen, wenn die Rutschung auf austretende Reihenquellen (z. B. Ilz) zurückzuführen ist. Es ist in diesem Fall nicht immer leicht, um und längs einer Sandlage die Wasseraustritte an der Basis abzufangen.

All diese Stabilisierungsarbeiten erfordern Anpassung an die geologischen und hydrogeologischen Untersuchungsergebnisse und eine verständnisvolle Zusammenarbeit mit den Technikern.

Wenn auch nicht immer eine dauernde Stabilisierung erreicht werden kann, so können doch in den meisten Fällen Erfolge erzielt werden.

Verhütungsmaßnahmen

Es ist unmöglich, jedes rutschgefährliche Gelände durch entsprechende Verbauungen vor Rutschungen zu schützen, wie es ebenso unmöglich ist, alle Gebiete vor Lawinen, Muren und Hochwasser zu sichern. Naturkatastrophen sind unvermeidlich. Allfällige Verhütungsmaßnahmen können sich daher nur auf besonders gefährdete Hänge beschränken, und da können ohne vorherige Untersuchung auch nur einige allgemeine Richtlinien angegeben werden.

1. Das Hauptaugenmerk ist auf die Wasserführung zu richten. Alle besonders auffallenden Versickerungsstellen, wie Spalten, Bodenunebenheiten (kleine Bodenvertiefungen) sind zu verschließen und hanggleich zu machen, so daß möglichst wenig Verweilstellen für die Niederschläge vorliegen. Gleichmäßige Hangformung und Grasbewuchs vermindern die Versickerung.

Besonders ist darauf zu achten, daß das Wasser nicht bis zur Grenzfläche gewachsener Böden und Hanglehne gelangt, denn gerade die Erweichung dieser Horizonte führt oft zu bedeutenden Bodenbewegungen. Man beachte daher besonders die auftretenden Spalten und die Straßengräben, von denen aus häufig Versickerungen in den Untergrund ausgehen.

Für die Ableitung der unterirdischen Wässer ist Sorge zu tragen. Verwilderte, offene Gräben sind frei zu machen und die Ableitung hat bis zum nächsten Bach zu erfolgen (keine Versickerung). Breite Muldenflächen können durch Drainagierungen dauernd entwässert werden, so daß eine Erweichung der Hanglehme gemildert wird.

Die Zusammenhänge von Einzugsgebiet, unterirdischen Wasserwegen und Austrittstellen sind zu erkunden und eventuell durch Färbversuche zu klären. Die Versickerung von Abwässern (Häuser, Bauernhöfe) bedarf besonderer Beachtung.

2. Eine wesentliche Rolle spielt bei allen Rutschungen das Material und die Lagerung. Bei den besprochenen Fällen handelt es sich um tonige Gesteine, die aufgelockert den gewachsenen mehr oder minder ebenfalls tonigen Untergrund bedecken.

Das tonige Material wird durch Wasseraufnahme plastisch und beweglich. Die Plastizität wird erhöht mit der Zunahme toniger Bestandteile und durch Wasseraufnahme. Das sind naturgegebene Tatsachen, an denen man nicht viel ändern kann. Wohl sind zahlreiche Versuche im Gange, durch Beimengungen verschiedener Stoffe die Plastizität zu verringern, doch die Durchführung im Großen, im Gelände, zeigte noch keine dauernden Ergebnisse.

Nun sehen wir gerade in der Oststeiermark, daß die Rutschgefahr erhöht wird durch Überlastung (Dämme, alte verrutschte Massen) und durch Abgraben des Hangfußes (Entfernen des Widerlagers).

Daraus ergeben sich einige Anhaltspunkte für die Verhütung der Rutschung: das Aufsetzen von Dämmen auf die aufgelockerte Verwitterungsschicht soll womöglich vermieden werden. Wenn das Abheben dieser Schicht wegen zu großer Mächtigkeit nicht möglich ist, dann sind meist Stabilisierungen des Untergrundes (Pilotierungen) erforderlich. Liegen alte Rutschspuren vor, die am Hang deutliche Beulen und Senken erzeugen, vermindern Hangangleichungen die Rutschgefahr.

Sind Anschnitte am Hang oder am Hangfuß unbedingt notwendig, dann besteht stets Gefahr, daß der Hangdruck in dem aufgelockerten Hanglehm besonders bei starker Durchfeuchtung Rutschungen auslöst. In diesem Falle sind Stützmauern und Pilotierungen, die den Hangdruck aufhalten, unerlässlich.

Es wird nie gelingen, alle Bodenbewegungen zu verhindern, sie liegen in der Natur des geologischen Aufbaues, auch verschiedene Verhütungsmaßnahmen ergeben kein sicheres Heilmittel, doch kann bei Berücksichtigung der Hauptursachen immerhin eine Verringerung der Katastrophe erreicht werden.

Wenn auch in den letzten Jahren besonders durch den Straßenbau die Rutschungen eingehend studiert und untersucht wurden

und die Hauptursachen bekannt sind, so halte ich es doch für wichtig, daß diese Bodenbewegungen auch geologisch untersucht werden. Immer gibt es etwas Besonderes, und das reiche Erfahrungsmaterial kann neue Erkenntnisse bringen, die zum Erfolg von Stabilisierungsmaßnahmen beitragen können.

Zusammenfassung

1. Die Rutschungen im Tertiär der Oststeiermark erfassen vor allem die aufgelockerten verwitterten tonigen Schichten, die als Hanglehme in Erscheinung treten.

2. Sie werden durch starke Durchfeuchtung ausgelöst. Die versickernden Niederschläge verursachen eine Auflockerung und Erweichung der Hanglehme oder der Grenzschichte zwischen dem gewachsenen Boden und den Hanglehmen.

3. Das Wasser versickert nicht nur auf der Oberfläche des Rutschgebietes, sondern kann auch von der nächsten Umgebung stammen.

4. Die Rutschung kann vom oberen Rande (Durchfeuchtung verringert den Zusammenhalt) oder von unten ausgehen (Entfernung des Hangfußes, Hangdruck).

Sehr häufig entstehen Rutschungen durch Dämme, die im erweichten Untergrund eine Setzung und anschließende Ausquetschung hervorrufen.

5. Es werden die wichtigsten Stabilisierungs- und Verhütungsarbeiten besprochen.

Literatur

- FLÜGEL, H.: Die Geologie des Grazer Berglandes. Mitt. Mus. Bergbau, Geologie u. Technik am Landesmuseum „Joanneum“, Graz 1961.
- HAUSER, A. & J. ZÖTL: Die Bodenbewegungen am Murberg bei Enzelsdorf südlich von Graz. Mitt. Natw. Ver. Steierm., 85, S. 108—112, Graz 1955.
- HAUSER, A. & J. ZÖTL: Die morphologische Bedeutung der unterirdischen Erosion durch Gesteinsausspülung. Peterm. Mitt., S. 18—21, Gotha 1955.
- KOPETZKY, G.: Das Miozän zwischen Kainach und Laßnitz in der Südweststeiermark. Mitt. Mus. Bergbau, Geologie u. Technik, Landesmuseum „Joanneum“, 18, Graz 1957.

WINKLER-HERMADEN, A.: Technischgeologische-bodenwirtschaftliche Forschungen im Gau Steiermark. Der Kulturtechniker, 46, S. 95—123, Berlin 1943.

WINKLER-HERMADEN, A.: Geologische Mitarbeit an bodenwirtschaftlichen Planungen im Gau Steiermark. Mitt. Geol. Ges., 35, S. 289—292, Wien 1944.

Anschrift des Verfassers:

Professor Dr. ANDREAS THURNER,

Geologisches Institut der Universität Graz,
8010 Graz, Universitätsplatz (Österreich).