

BRUCHERSCHEINUNGEN IN TAGBAUBÖSCHUNGEN

von

Alfred Weiß

Bundesministerium für Handel, Gewerbe und Industrie;
Grundlagen der Rohstoffversorgung, Heft 6, Geotechnik und
Sicherheit im Bergbau - Referat, Wien 1982.

BRUCHERSCHEINUNGEN IN TAGBAUBÖSCHUNGEN

von Alfred Weiß

An Tagbauböschungen lassen sich immer wieder Brucherscheinungen verschiedener Genese beobachten, die mit dem Sammelbegriff "Rutschungen" bezeichnet werden.

Rutschungen sind Verlagerungen von mehr oder weniger verfestigten Gesteins- und Bodenmassen in einer von der Senkrechten abweichenden Richtung nach den Seiten. Die abrutschenden Massen werden aufgelockert, ihre Haftfestigkeit nimmt ab, der Gefügewiderstand geht verloren, die Massen geraten ins Fließen. Belastete Böschungen reißen nach Überschreiten der Bruchgrenze ab und scheren in den freien Raum aus.

Rutschungen werden stets durch Überlastungen ausgelöst, wobei die Überlastung positiv oder negativ sein kann.

Die Überlastung ist positiv, wenn eine Zusatzkraft - die von außen einwirkt - die Gefügauflockerung bewirkt.

Die Überlastung ist negativ, wenn die Gefügauflockerung durch Schwächung der Gefügefestigkeit erfolgt.

Eine Rutschung entsteht, wenn abwärtswirkender Druck den Gefügewiderstand eines Lockergesteines durch Überschreiten der Bruchfestigkeit (=Scherfestigkeit) ausschaltet. Aus diesem Grund ist zu trennen zwischen:

- Rutschungen infolge einer Veränderung der Auflast bei unveränderter Gefügebeschaffenheit,
- Rutschungen infolge einer Veränderung der Gefügebeschaffenheit bei gleichbleibender Auflast.

Zu den einzelnen Rutschungserscheinungen:

Rutschungen infolge der Zunahme der spezifischen Belastung

Eine Zunahme der Belastung kann durch Erhöhung der statischen Last etwa durch Aufschütten oder Steilstellen einer

Böschung, Schaffung hoher Abbauwände, aber auch durch Erschütterungen - etwa durch Verkehrserschütterungen - erfolgen. Die Erscheinungsformen dieser Art von Rutschungen sind recht verschiedenartig.

Sie äußern sich in:

Böschungsrutschungen (Gleitflächenbrüche),
Grundbrüchen,
Aufpressungen,
Gleitflächenrutschungen,
Rutschungen infolge der Zunahme bzw. Änderung des hydrostatischen Seitendruckes,
Böschungsfußausbrüchen.

Böschungsrutschungen werden auch als Gleitflächenbrüche bezeichnet. Sie stellen sich bei der Überlastung übersteiler Böschungen ein. Die Überlastung kann durch eine Übersteilung, durch Unterwaschung und bei der Aufkippung steiler Halden eintreten. Ein ganz geringer Belastungszuwachs wie etwa eine Erhöhung des Gewichtes durch Niederschlagswasser oder eine Erschütterung durch Befahren kann die Rutschung längs vorgegebener Bruchflächen auslösen.

Eine ähnliche Erscheinung stellen die Grundbrüche dar. Von den Böschungsrutschungen unterscheiden sie sich nur dadurch, daß ihre Bruchfläche nicht in einem Hang sondern im Untergrund verläuft. Grundbrüche entstehen durch Überlastung eines wenig tragfähigen Bodens z.B. durch Haldenschüttung. Durch die Überlastung wird das Gleichgewicht verändert, aufgeschüttete Massen geraten in Bewegung und sinken ein. Die Massen des Untergrundes quellen seitlich hoch und zeigen einen hohen Grad der Verflüssigung, Volumsveränderung und Ortsveränderung.

Neben den beschriebenen Ursachen ist für die Entstehung eines Grundbruches auch das Verhältnis der Menge des Bodenwassers zur Menge der Festsubstanz verantwortlich. Liegt der Wassergehalt eines Sedimentes hoch, ist jederzeit eine Grundbruchgefahr gegeben.

Ähnlich dem Grundbruch verläuft die Aufpressung. Sie unterscheidet sich von ersterem nur dadurch, daß die belastete Schicht wohl verformt aber nicht verflüssigt wird. Aufpressungen sind dort zu beobachten, wo plastische Schichten einer hohen Belastung ausgesetzt werden.

Gleitflächenrutschungen sind tektonisch vorgezeichnete Rutschungen. Die Rutschmassen gleiten entlang einer vorgegebenen Fläche, etwa einer Schichtgrenze oder einem vorgegebenen Kluftsystem ab. Gleitflächenrutschungen treten außerordentlich häufig auf. Nahezu alle Oberflächenrutschungen, bei denen Verwitterungsschichten auf ihrer unveränderten Gesteinsunterlage abgleiten, sind diesem Rutschungstypus zuzuzählen.

Gleitflächenrutschungen sind auch häufig bei der Annäherung von Tagbauböschungen an alte Grubenbruchgebiete zu beobachten. Die Abrutschflächen zeigen besonders in tonigem Material auffallend spiegelnde, in verschiedene Richtungen verlaufende Rutschharnische. Die Böschungen brechen ohne Vorzeichen in Sekundenschnelle. Der Bruch ist meist grobstückig. Zeigen sich in Böschungen Harnischflächen, ist beim weiteren Abbau größte Vorsicht geboten.

Gleitflächenrutschungen werden vor allem durch statische Einwirkungen - Gewichtszunahmen - ausgelöst.

Rutschungen infolge der Zunahme oder Änderung des hydrostatischen Seitendruckes sind nicht an Bewegungsbahnen gebunden. Es herrscht ein hydrostatisches Gleichgewicht, wenn eine Gesteinsschicht oder Schüttung oberirdisch oder unterirdisch Wasser abdämmt. Überschreitet der Wasserspiegel die kritische Druckhöhe - dies kann auch bei Schwächung der abdämmenden Schicht der Fall sein - kommt es zum Bruch.

Rutschungen der genannten Art treten in gewachsenen Böschungen vor allem dann auf, wenn nicht trocken gelegte Grundwasserhorizonte angeschnitten werden. Die Brüche kündigen sich mitunter durch Wasseraustritt und feuchte Flecken an. Halden rutschen ab, wenn wasserspeichernde Materialien zusammen mit wasserdichtenden Materialien - etwa Tonen oder Lehmen - gemeinsam verkippt werden. In den Wasserspeichern ausgebildete

Wassersacke brechen an Schwachstellen durch und lösen hierbei die Rutschungserscheinungen aus.

Böschungsfußausbrüche stellen einen Sonderfall der Rutschungen infolge Änderung des hydrostatischen Seitendruckes dar und treten bei Darm- und Haldenschnitt. Wen auf.

Rutschungen als Folge von Gefügeveränderungen

Diese Art der Rutschungen wird durch Veränderung des Gefüges von Sedimenten ausgelöst. Bevor näher auf diese Art von Brucherscheinungen eingegangen werden soll, noch kurz zur Kohäsion. Zunächst der einfachste Fall:

Trockener Sand oder ein trockenes Sand-Tongemisch hat keine Festigkeit, sie rieseln z.B. zwischen den Fingern durch. Ein geringer Feuchtigkeitsgehalt verändert sein Verhalten von Grund auf. Von Wasserhäutchen umgebene Sandkörner haften aneinander etwa so, als ob sie von Gummifäden zusammengehalten würden. Die Körner werden von Kapillarkräften - den Oberflächenspannungen des Wassers - zusammengehalten. Diese vorübergehende Kohäsion hält nur so lange an, als die Feuchtigkeit nur einen Bruchteil des Porenhohlraumes ausfüllt und Menisken bildet. Werden die Hohlräume vollkommen ausgefüllt, verschwinden die gespannten Wasseroberflächen, der Sand bildet einen kohäsionslosen Brei, der auseinanderfließt.

Die meisten Sande bestehen in der Regel aus mehreren Kornfraktionen; im allgemeinen ist Quarz mit Tonmineralien vergesellschaftet. Letztere umhüllen die Körner. Von den Tonteilchen wandern austauschfähige Kationen in das Wasser aus. Liegt wenig Wasser zwischen den Teilchen, so sind die Abstände zwischen den Kationen und den negativen Kornoberflächen gering. Die elektrischen Kräfte zwischen den Kationen und den Oberflächen nehmen zu, es kommt zu einem festen Zusammenhalt. Bei zu großem Wasserzusatz findet eine Verdünnung der Konzentration der Kationen in der Trennschicht statt. Die Abstände der Kationen und Oberflächen werden größer, die ordnenden und anziehenden Kräfte aber verkleinert. Die Festigkeit des Gesteins nimmt ab.

Zu den Rutschungserscheinungen durch Gefügeveränderungen zählen alle Arten der Schwimmsanderscheinungen und vor allem die Fließschlamm-Bildung, die bei fast allen Hangrutschungen in Verwitterungslehmen eine Rolle spielen, des weiteren die Ausbildung von Muren.

Oberflächenrutschungen zufolge Fließschlamm-Bildungen werden durch das Eindringen von Wasser in tonige Gesteine, die durch die Verwitterung aufgelockert wurden, verursacht. Die Wasseraufnahme findet nicht nur durch feine Poren, sondern vor allem durch Risse und entlang der Auflagerungsfläche statt. Das Wasser sammelt sich zwischen dem festen Untergrund und dem Hanglehm in feinen Strähnen und führt zu seiner Erweichung und einer Lockerung des Zusammenhaltes. Die Versickerung des Wassers wird oft durch kleine Vertiefungen, Unebenheiten und Mulden begünstigt. Auch oft schon vor der Rutschung auftretende Risse, die bis an die Auflagerfläche heranreichen, begünstigen das Eindringen des Wassers.

Soweit die allgemeinen Auflösungserscheinungen von Gesteinen nach der Aufnahme von Wasser. Weniger bekannt sind die von A. KIESLINGER behandelten Auflösungserscheinungen nach dem Austrocknen. Wird Sedimenten, vor allem reinen Sanden, das Wasser entzogen, läßt, wie bereits gezeigt wurde, der Zusammenhalt der einzelnen Körner nach. Es kommt in der Folge zu einem Absanden und Absinken der Druckfestigkeit, was wiederum zum Bruch von Tagbauwänden führen kann.

Allgemein bekannt sind Böschungsbrüche im Bereich von dickbankigen Sedimenten, die völlig unerwartet in Trockenperioden auftreten. Diese Brüche werden für gewöhnlich als Rutschungen bezeichnet. Die eine oder andere Kluft wird als Ursache angesehen, der Vorgang läßt sich jedoch nicht in eine der bisher genannten Erscheinungsformen einpassen. Auf diese Art der Brüche soll besonders hingewiesen werden, da durch sie viele schwere Unfälle verursacht wurden.

Als Ursache für derartige Böschungsbrüche sind Entspannungserscheinungen anzusehen. Einigermaßen geschlossene Gesteine, wie etwa Granit, Anhydrit und Kalkstein, aber auch Sand - dies ist wenig bekannt - sind in ungestörter Lagerung ela-

stisch zusammengedrückt und stehen daher unter Spannung. Die Ursachen dieser Zusammenpressung sind mannigfaltig, im einfachsten Falle wird die Spannung durch Überlagerung erzeugt.

Sobald durch einen Denudations- oder Erosionsvorgang oder auch durch einen künstlichen Eingriff, etwa einen Steinbruch oder eine Sandgrube, freie Flächen geschaffen werden, kommt es zu Entspannungsvorgängen, die sich durch die Entstehung von wandparallelen Klüften äußern. Wird die Stabilität einer in solchen Schichten angelegten Böschung etwa durch Steilstellung oder Untergrabung herabgesetzt, platzen Platten ab. In einzelnen Fällen treten auch regelrechte Brüche auf, deren Masse mehrere hundert Kubikmeter umfassen kann.

Entspannungsplatten sind besonders heimtückisch, da sie parallel zur Böschungs- oder Wandoberfläche verlaufen und aus diesem Grunde von vorne nicht zu sehen sind. In den bei Spannungsbrüchen entstehenden Schollen treten mitunter Restspannungen auf, die durch die Auslösung zu einem weiteren unkontrollierten Zerfall führen können. Dies ist bei der Aufarbeitung solcher Massen zu beachten.

Nähert sich eine Abbauwand einer hinter ihr parallel verlaufenden Ablösungskluft, dann besteht oft nur mehr eine sehr dünne, aber hohe Platte z.B. aus Sand, die dann bei geringfügigen Eingriffen - oft nicht einmal einer wirklichen Unterhöhlung - einfach ausbricht, umfällt und einen Arbeitsunfall verursacht.

Trocknet eine böschungsparallele Schicht eines dickbankigen Sedimentes aus, so sinkt, wie bereits erwähnt wurde, ihre Festigkeit ab. Sie ist in der Folge nicht mehr in der Lage, die in ihr vorhandenen Spannungen weiter aufzunehmen, wodurch es ebenfalls zu Brucherscheinungen kommt.

In der Natur treten meist Mischformen von Rutschungen durch Belastungszunahme und Rutschungen durch Gefügeveränderung auf. Eine Gleitflächenrutschung kann dadurch ausgelöst werden, daß Wasser in Verwitterungslehme eindringt. Diese werden durch die Durchfeuchtung schwerer, schließlich verflüs-

sigt und gleiten dann auf den darunter liegenden unveränderten Gesteinsschichten ab.

Als Schulbeispiel für den Mischtypus einer Rutschung gilt der Hangbruch in der Klause bei Gleichenberg.

Im Bereich der Klause, einem tiefeingeschnittenen, engen Tal mit steilen Hängen, stehen Trachyandesite an, deren Oberflächenverlauf einer alten Landoberfläche entspricht. Durch schwefelige Säure enthaltendes Wasser wurden die Trachyandesite an ihrer Oberfläche und entlang zahlreicher Klüfte zu Tonmineralien-Kaolinit und Illit zersetzt. Diese Feinsedimente bilden einen Wasserstau-Horizont. Über diesen Tongesteinen der alten Landoberfläche lagerten mehrere Meter mächtige Sedimentmassen - Trachyandesitgerölle, die in stark quellenden Ton eingebettet waren. Der Hang war von einer dünnen Pflanzendecke bedeckt.

Anlässlich des Ausbaues der Bundesstraße 66 wurden die lockeren Oberflächensedimente im Bereiche einer Böschung angeschnitten. Durch die notwendige Versteilung der neuen Straßenböschung gerieten die Sedimente in Bewegung. Durch Risse gelangte Regen und Quellwasser zu den Feinsedimenten der alten Landoberfläche. Die plastischen Tone wurden durch Quellen und Thixotropie verflüssigt. In der Folge gerieten Teile der in den höheren Hangpartien anstehenden Trachyandesite, die entlang von Spalten bereits völlig zersetzt waren, in Bewegung. Die groben Blöcke lasteten auf den zur Verflüssigung neigenden Feinsedimenten, wodurch zusätzlich grundbruchähnliche Erscheinungen auftraten. Durch Rissbildung wurde in höheren Hangpartien die alte Landoberfläche freigelegt. Durch den Zutritt von Niederschlag und Quellwasser wiederholte sich der eingangsbeschriebene Vorgang. Die Rutschung setzte sich schließlich bis in einen hundert Meter über der Straße gelegenen flachen Hangteil fort.

Die Sanierung erfolgte durch Abflachung des Hanges, durch Flächendrainagen und Quellfassungen. Die gefaßten Wässer werden nunmehr über Sammelleitungen am Rande der Rutschung

der Vorflut zugeführt. Am Hangfuß wurde eine Stützmauer errichtet. Durch geeignete Bepflanzung konnte die Oberfläche gefestigt und für eine rasche Verdunstung der zusitzenden Niederschlagswässer gesorgt werden.

Zur Bekämpfung von Rutschungserscheinungen ist es zunächst unbedingt erforderlich, sich Klarheit über die Ursachen der Rutschung und den Verlauf der Rutschungsbahn zu verschaffen. Vielfach führten Sanierungs- und Bekämpfungsversuche nicht zum gewünschten Erfolg, da die Ursachen der Rutschung nicht richtig gedeutet wurden.

Die beiden Grundregeln bei der Bekämpfung einer Rutschung lauten:

- Entlastung der betroffenen Böschung durch Verflachung,
- Ausschaltung der Wassereinwirkung.

Der Einfluß des Wassers kann sowohl durch chemische Verfahren als auch durch technische Maßnahmen eingeschränkt werden. Chemische Verfahren werden im Bergbau zur Sanierung von Tagbauböschungen nur selten zur Anwendung kommen. Erwähnt seien hier nur die elektrolytischen Verfahren. Die Entwässerung und Ausflockung von Tonen kann durch das Einrammen von Elektroden aus Aluminium und Kupfer in Abständen von 0,6 bis 1,5 Metern bis zur Gleitfläche erfolgen. Zur Entwässerung wird an die Elektroden eine Gleichspannung angelegt.

Ebenfalls eine elektrolytische Verbesserung wird durch die sogenannten VEDER'schen Pfähle bewirkt. Bei diesen Verfahren werden durch Bohrlöcher etwa 1 Meter lange Aluminiumdrahtstücke in den Bereich der Gleitschicht gebracht und auf diese Weise ein Ausgleich vorhandener Potentialdifferenzen erzielt. Die beiden Verfahren sind nur beim Vorhandensein einer wasserführenden, tonigen Gleitschicht anwendbar. Der Erfolg zeigt sich in einem verstärkten Wasseraustritt aus dieser, und einer folgenden Austrocknung.

Schüttungen von tonigem Material können durch die Zumischung von Hydratkalk vermergelt und damit stabilisiert werden.

Häufiger werden an Stelle der chemischen Verfahren technische Maßnahmen angewandt. Das wichtigste unter diesen ist die Drainagierung von Rutschgebieten. Im Einfallen der Böschungen werden bis zu 1,5 Meter breite Schlitz - Rigolen - bis unter die Frostgrenze in den rutschsicheren Untergrund eingeschnitten. Anschließend werden Steinpackungen eingebracht, die den ungehinderten Ablauf des aus der Gleit-schicht austretenden Wassers ermöglichen. Wichtig ist es, die Drainagen wieder mit Rasenziegeln abzudecken, um eine Verschlämmung mit Feinmaterial zu verhindern. Bei der Anlage von Drainagen ist streng darauf zu achten, daß das Wasser ohne Stauung bis in die Vorflut abgeleitet wird. Mitunter werden aufwendige Drainagen hergestellt, die am Fuße des Hanges enden und dort eine Durchfeuchtung und Durchnässung des anstehenden Materials und weiterhin zu einer Schwächung des Hangwiderlagers führen.

Ein besonderes Problem stellen an Tagbaurändern zur Fassung der Niederschlagswässer angelegte Fluderanlagen dar. Oft werden aufwendige Konstruktionen aus Holz, Betonschalen, ja sogar mit Steinpflasterung hergestellt, ein geeigneter Einlauf jedoch übersehen. Das Regenwasser dringt dann von außen unter den Fluder ein und unterwäscht diesen. Es bilden sich Wassersäcke, das Wasser dringt bevorzugt in den zu schützenden Hang ein. Schließlich kommt es zu ausgedehnten Rutschungen, die durch den Auffanggraben hätten verhindert werden sollen.

Treten Rutschungen auf, sind Sanierungsmaßnahmen erforderlich. Das Hauptaugenmerk ist auf die Wasserführung zu richten. Alle besonders auffallenden Sicherungsstellen, wie Spalten, Bodenunebenheiten (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 zwischen Lockermaterial und festem Untergrund gelangt. Das Erweichen dieser Bereiche führt oft zu bedeutenden Rutschungen. Zu beachten sind Spalten und Gräben, von denen häufig Versickerungen in den Untergrund ausgehen.

Für die Ableitung der unterirdischen Wässer ist Sorge zu tragen. Bestehende, offene Gräben sind frei zu machen und die Ableitung bis zur Vorflut herzustellen.

Mitunter wird auch versucht, ins Rutschen geratene Hänge durch Pilotierungen oder Steinschüttungen zu sichern. Solche Arbeiten sind nur dann zielführend, wenn es gelingt, die Piloten in den ungestörten Untergrund einzutreiben bzw. die Steinschüttung auf diesen aufzubringen. Fehlerhaft aufgebrauchte Steinschüttungen belasten lediglich die Rutschmasse und haben weitere Rutschungen zur Folge. Beim Einrammen von Piloten ist zu bedenken, daß hiedurch der Untergrund stark erschüttert wird, in tonigen Gesteinen Gefügeänderungen und Fließerscheinungen hervorgerufen werden können.

Als Rutschungsschutz haben sich Bepflanzungen bewährt. Besonders geeignete Hölzer sind die Weide, Erle und Akazie. Aus Weiden- und Erlenstecklingen hergestellte Faschinen wachsen rasch an, die Wurzeln verfestigen ähnlich Piloten den Boden. Die heranwachsenden Bäume entziehen dem Boden erhebliche Wassermengen.

Zuletzt noch einige Worte zu den Entspannungserscheinungen. Zur Verhütung von Unfällen ist es notwendig, Böschungen in dickbankigen, sandigen Sedimenten nicht zu steil und hoch anzulegen. Während des Abbaues ist auf die Ausbildung von böschungsp parallelen Klüften zu achten. Spannungserscheinungen künden sich auch durch die Ausbildung von Rissen in härteren Lagen an. Sind Kluffbildungen zu beobachten, ist beim weiteren Abbau größte Vorsicht geboten bzw. sind Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

Es wird nie gelingen, alle Bodenbewegungen zu verhindern. Sie liegen in der Natur des geologischen Aufbaues. Die erwähnten Maßnahmen ergeben kein sicheres Heilmittel, doch kann bei der Berücksichtigung der Hauptursachen immerhin ein gewisses Ausmaß an Schutz und Sicherheit erreicht werden.

Ausgewählte Literatur

Alker, A., Haas, H. und Hofmann, O.: Hangbewegungen in der Steiermark. - Mitt.Museum für Bergbau, Geologie und Technik am Landesmuseum "Joanneum" Graz 30, 1-35, Graz 1969.

Kahler, F.: Anzeichen von Einsturzgefahren in Kies- und Sandgruben. - Geologie und Bauwesen 25, 256-258, Wien 1960.

Kieslinger, A.: Restspannung und Entspannung im Gestein. - Geologie und Bauwesen 24, 95-112, Wien 1958.

Kieslinger, A.: Gesteinsspannungen und ihre technischen Auswirkungen. - Z.deutsch.geol.Ges. 112, 165-170, Hannover 1960.

Kieslinger, A.: Zur Kohäsion des Sandes. Unfälle und Unfallverhütung in Sandgruben. - Geologie und Bauwesen 28, 1-30, Wien 1962.

Kieslinger, A.: Spannungen und Entspannungen im Steinbruchbetrieb. - Berg- und Hüttenmännische Mh. 113, 298-304, Wien 1968.

Kopetzky, G.: Über die Ursachen der Hangbewegungen bei km 33,6 der Gleichenberger Bundesstraße Nr.66 und die Möglichkeiten ihrer Beruhigung. - Berg- und Hüttenmännische Mh. 116, 54-60, Wien 1971.