

Über die Bedeutung und Notwendigkeit systematischer Steinschlaguntersuchungen.

Von **Josef Matznetter**.

Verfasser dieses hatte Gelegenheit, im Rahmen einer in den Jahren 1949—1952 durchgeführten und das ganze Bundesbahnnetz umfassenden Untersuchung über die Gefährdung der Eisenbahntrassen Österreichs durch Naturvorgänge auch rund 300 Steinschlagstellen in den verschiedenen Landschafts- und Gesteinsbereichen zu erfassen (1). Allerdings konnte innerhalb der gegebenen Möglichkeiten diese Untersuchung nicht durchwegs einheitlich durchgeführt werden. Ferner fehlte als Untersuchungsgebiet, mit ganz wenigen Ausnahmen, das eigentlich hochalpine Bereich oberhalb der 2000 m Höhenlinie. Endlich zeigt auch ein gutes Viertel dieser untersuchten Stellen, infolge künstlicher Veränderungen an den anstehenden Gesteinsflächen, wie durch Wandverkleidung, Spaltenverguß, Verpfählung oder Verklammerung, sowie Absprengen, kein getreues Bild der natürlichen Verhältnisse mehr. Wenn nun dennoch über die gestellte Aufgabe hinaus, nämlich die Behandlung der Bedrohung lebenswichtiger Verkehrswege, hier das Wort ergriffen wird, so nur deshalb, da hiebei Fragen auftauchen, deren auch nur annähernde Lösung die Möglichkeiten eines Einzelnen bei weitem übersteigen.

Steinschlag tritt, wengleich im unterschiedlichsten Ausmaß, grundsätzlich überall dort in Erscheinung, wo an Hängen Anstehendes oder Schutthalden, bzw. Blockstreu vorhanden sind. Als einer der wichtigsten Abtragungsvorgänge kommt er dabei dem Menschen durch das mit ihm für Siedlung, Wirtschaft und Verkehr, sowie auch für den einzelnen Bergsteiger verbundene Gefahrenmoment und sein jederzeit mögliches Auftreten besonders deutlich zu Bewußtsein. Die allgemeine Bezeichnung *Steinschlag*, für die gelegentlich auch die Ausdrücke *Steinfall* oder *Steinsturz* u. a. gesetzt werden, bezieht sich eigentlich in besonderem nur auf die unterste Größenordnung innerhalb einer ganzen Vorgangsreihe, deren maximale Vorkommensform der *Bergsturz* und in mittleren Ausmaßen der *Felssturz* ist. Die Grenzen zwischen diesen einzelnen Größenklassen können dabei mitunter nur individuell festgelegt werden. Im allgemeinen kann man die untere Grenze dessen, was speziell als *Felssturz* bezeichnet wird, ungefähr dort gegenüber dem *Steinschlag* ziehen, wo Gesteinsmengen im Ausmaß von mindestens einigen Kubikmetern, sei es nun in einem einzigen oder mehreren größeren Blöcken, gleichzeitig abstürzen. Sehr schwer ist dagegen die Grenze zwischen *Felssturz* und *Bergsturz* zu be-

stimmen. Sie dürfte wohl bei etwa 50.000—100.000 m³ Gesteinsmenge liegen. Ganz große Bergstürze freilich weisen in bezug auf auslösende Ursachen und Vorgang schon derartige Wesensverschiedenheiten gegenüber den allgemeinen Erscheinungen des Steinschlages und Felssturzes auf, daß sie mit diesem nicht in einem behandelt werden können. Ein weiterer nicht selten gebrauchter Ausdruck ist jener der Steinlawine. An sich sehr anschaulich, den Vorgang des gleichzeitigen und in gewissem Zusammenhang bleibenden Abstürzens einer größeren Anzahl von Steinen und Blöcken kennzeichnend, wäre er dennoch im Sinne einer einheitlichen Benennung durch die Bezeichnung Felssturz zu ersetzen. Bei einer speziellen Untersuchung des Steinschlages müßte dagegen noch zwischen einem primären und einem sekundären unterschieden werden. Als primärer Steinschlag wäre hierbei jener unmittelbar aus dem Anstehenden heraus erfolgende, als sekundärer hinwiederum das Abrollen oder Abstürzen bereits lose auf Hängen oder Schutthalden liegender Blöcke zu benennen.

Aus dem überaus mannigfaltigen Gesamtbild, welches fast jede der zahlreichen erfaßten Stellen als eine Individualität erscheinen läßt, mögen freilich gewisse allgemeine Züge mit einer annähernden Gültigkeit herausgelesen werden. Dies trifft besonders in bezug auf die Örtlichkeit des Steinschlages, wie hochragende Felswände, Steillehnen, Terrassen, Steilränder und anthropogene Aufschlüsse des Anstehenden — Steinbrüche, Felsanschnitte u. dgl. — zu. Hier scheint nämlich vielfach das Maximum des Steinschlages nicht einmal so sehr bei den mehr oder weniger glatten, hochragenden Wänden zu liegen, als vielmehr bei den großen, von einer Vielfalt von Felsbändern, Einzelpartien und kleineren Wänden durchsetzten und mit Bäumen, bzw. Baumgruppen oder Buschwerk untermischten Steillehnen. Zum mindesten aber dürften derartige Lehnen den eigentlichen Wänden im großen und ganzen in bezug auf den Steinschlag nicht nachstehen. Denn obwohl die Fläche des Anstehenden hier im allgemeinen geringer ist, so werden doch gerade durch Bäume oder Gebüsch die den Steinschlag auslösenden Momente vermehrt, und es tritt so neben die sonstigen Auslöser die Wurzelsprengung, erhöhte Sturmwirkung und Waldbrand hinzu. Gerade letzterer konnte an verschiedenen Stellen, so besonders deutlich an der Sonnsteinlehne bei Ebensee, als besonderer Steinschlagereger beobachtet werden. Andererseits wird aber auch der sekundäre Steinschlag, wie z. B. durch das verhältnismäßig leichte Abspülen der den Blöcken unterliegenden Laub- oder Nadelpolster, ganz erheblich gefördert. Wohl wird seit jeher Aufforstung als ein wesentliches Hilfsmittel gegen den Steinschlag betrachtet, doch gilt dies nur dann, wenn es gelingt, einigermaßen geschlossene Waldstücke unter Verwendung solcher Arten hochzuziehen, welche durch ihre Wurzelbildung speziell bindend wirken. Einzelbäume im Felsbereich, und solche sind an derartigen Lehnen ja überwiegend anzutreffen, bedingen jedoch meist das Gegenteil. Wie stark ungeeignete Baumarten geradezu ein Zerreißen des Fels bewirken können, zeigen u. a. jene Fälle, wo in

niedrigeren Lagen, wie etwa im Donautal in der Nähe von Grein, in falscher Anwendung einer für Rutschgelände gültigen Tatsache Robinienarten angepflanzt wurden. Kaum möglich ist es dagegen, bei von Menschenhand geschaffenen Felsflächen bestimmtes in bezug auf den natürlich ausgelösten Steinschlag zu sagen, da hier Art und Weise der Entstehung und der Einsatz verschiedener technischer Mittel weitgehend ausschlaggebend sind.

Wenngleich die beobachteten Stellen recht ungleichmäßig über die einzelnen Gesteinsbereiche verteilt sind — rund die Hälfte entfällt auf Kalke und Dolomite, denen Grauwacke und Diluvium folgen, während der Anteil der verschiedenen Abarten des Kristallins und noch mehr des Sandsteins verhältnismäßig gering ist —, so fällt doch in bezug auf Form und Größe des abgestürzten Materials auf, daß besonders das Kristallin, in erster Linie Granit und Gneis, zum Absturz in großen Blöcken oder Platten neigt. Dies konnte besonders in der Wachau, aber auch an anderen Stellen beobachtet werden. Kalkgestein dagegen zeigt Blöcke und Platten aller Größenordnungen, während beim Dolomit erwartungsgemäß kleine und kleinste Formen überwiegen. Schiefer wiederum bricht entsprechend seiner Blättrigkeit in Platten verschiedensten Ausmaßes ab. Im Sandstein scheinen, soweit dies die verhältnismäßig sehr wenigen Beobachtungen — Tal der Bregenzer Ache u. a. — gestatten, Blöcke verschiedenster Größe vorzukommen. Im Diluvium schließlich handelt es sich, jeweils bedingt durch Alter und Verfestigungsgrad, vorwiegend um sehr kleine Formen.

Die Fallhöhe des Steinschlages, soweit es sich nicht um solchen an sehr hohen Wänden handelt, ist — entgegengesetzt zu weit verbreiteten Vorstellungen — verhältnismäßig nicht sehr groß. Ihr Durchschnitt dürfte an Lehnen rund 80—100 m kaum wesentlich überschreiten. Wohl kommen auch größere Höhen vor, doch sind solche schon an größere und dementsprechend durchschlagskräftigere Blöcke und sehr steile Hänge gebunden. Maxima von etwa 500—600 m sind an Steillehnen bereits ausgesprochene Seltenheiten; es handelt sich in solchen Fällen dann auch schon um ausgesprochene Felsstürze. Grundsätzlich tritt der Steinschlag jederzeit zu allen Jahreszeiten und Wetterlagen auf. Doch so wie er tageszeitlich ein Maximum während der Morgenstunden aufweist, so besitzt er auch jahreszeitlich ein solches im Frühjahr und Herbst. Allerdings überwiegt hiebei eindeutig dasjenige des Frühjahrs und es wurden vielfach Stellen festgestellt, an denen nur dieses vorhanden ist, wie etwa im Paß Lueg, im Schneeberggebiet bei Grünbach u. a. O. Dagegen konnte bisher nirgends ein alleiniges Herbstmaximum verzeichnet werden.

Eine besondere Eigenart des Steinschlages besteht auch darin, daß er nicht selten mit anderen Ereignissen vergesellschaftet ist, wie z. B. mit Eisschlag oder Baumsturz. Hiebei kann es sowohl der Fall sein, daß er dabei das ursprüngliche, den gesamten Vorgang auslösende Ereignis darstellt, als auch, daß diese anderen Momente für ihn selbst erst die Auslösung bedingen. Gelegentlich kann er

sogar im Verein mit Rutschungen auftreten, so besonders im Bereich dünnblättriger Schiefer oder diluvialer Ablagerungen. Bezüglich der auslösenden Ursachen des Steinschlages ist nun am besonderen Anteil der Frostsprengung, wie sowohl tageszeitliches als auch jahreszeitliches Maximum beweisen, nicht zu zweifeln, wenngleich der Anteil anderer Momente wahrscheinlich doch bedeutender sein dürfte, als bisher zumeist angenommen wurde. Auf die Rolle der Wurzelsprengung wurde bereits oben hingewiesen, doch dürfte u. a. auch die Beteiligung bloßer Wärmeschwankungen, also ohne spezielle Frosteinwirkung, wie es bereits Kieslinger (2) nachweisen konnte, selbst im alpinen Gebiet ziemlich bedeutend sein. Allerdings ist es im Einzelfall oft kaum festzustellen, welches die wirklich auslösende Ursache war, da z. B. der zeitliche Abstand des Ereigniseinbruches von einer maßgeblichen klimatischen Einwirkung mitunter recht beträchtlich sein kann. Dies beweist u. a. ein im Arlberggebiet, im Bereich der 1000 m Höhenlinie am südschauenden Hang des Klosteraltales im August vor sich gegangener Felssturz, an dessen Abrißfläche etwa 3—4 m unter der ursprünglichen Oberfläche noch vorhandenes Spalteneis wahrgenommen werden konnte (3).

Will man die ausschlaggebenden Ursachen der Neigung zum Steinschlag an einer bestimmten Stelle oder auch allgemein herausfinden, so sind drei verschiedene Elemente zu unterscheiden, deren wechselseitige Rolle im einzelnen noch weitgehend unbestimmt ist. Es sind dies einmal die rein petrographischen Gegebenheiten des Gesteins, einschließlich Klüftigkeit, Verwitterungs- und Wasseraufnahmefähigkeit, zum anderen Einfallswinkel, Lagerung und Schichtung und endlich die klimatischen und geographischen Verhältnisse, einschließlich der Pflanzenbedeckung. Welches dieser drei Elemente das grundsätzlich Ausschlaggebende ist — sofern es ein solches überhaupt gibt —, kann in Anbetracht der ganz außerordentlichen Differenziertheit der Verhältnisse an den einzelnen Stellen vorderhand überhaupt nicht entschieden werden. Bei der Untersuchung der einzelnen Stellen scheint einmal dem einen, einmal dem anderen das Übergewicht zuzukommen. Und wenn auch weiter oben bereits auf die besondere Steinschlaghäufigkeit der sporadisch mit Bäumen und Sträuchern durchsetzten Steillehnen hingewiesen wurde, so kann damit etwa ein allgemein vorherrschender Ausschlag des geographischen Elements noch lange nicht behauptet werden. Wie sehr andererseits petrographische Verhältnisse bestimmend sein können, zeigt besonders das Kristallin, wo oft schon ganz feine Unterschiede innerhalb der einzelnen Serien den Ausschlag geben können, wie dies etwa mehrfach im Strudengau wahrgenommen wurde. Und wenn, um auf die Bedeutung steiler Einfallswinkel und der Wechselagerung, z. B. besonders Kalk-Schiefer und Phyllit-Glimmerschiefer, hinzuweisen, bei diesen Fällen im allgemeinen eine überaus starke Disposition zum Steinschlag besteht, so kann dieser doch auch in gleicher Stärke bei flach, oder nahezu flach gebankten und dabei durchwegs homogenen Gesteinen in Erscheinung treten, wie es u. a. das Beispiel der Wände im Bereich des Paß Lueg (oder der Steil-

lehnen und Wände zwischen Kimmelbach und Rotachmündung im Tal der Bregenzer Ache zeigt. Beispiele der obgenannten Art, welche nur die Unmöglichkeit aufzeigen sollen, derartige Fälle schon von vorneherein mit einer ganz bestimmten Annahme erklären zu wollen, könnten hier noch zu vielen Dutzenden angeführt werden, wenn es nicht Raummangel an dieser Stelle verbieten würde.

Angesichts einer derartigen Mannigfaltigkeit der naturgegebenen Verhältnisse ist es bedauerlich, daß den Steinschlag betreffend bisher eigentlich nur wenig an exakt untersuchtem Tatsachenmaterial vorhanden ist. Wohl besitzen wir ein beträchtliches Erfahrungswissen hierüber, vor allem durch Bergsteiger, Gebirgsbewohner und bei Verbauungsarbeiten gesammelt. Wie wenig aber selbst dieses ausgeschöpft wird, zeigt sich deutlich, wenn z. B. in der noch verhältnismäßig neuen zweibändigen „Ingenieurgeologie“ von B e n d e l, in der vergleichsweise Rutschungen, Lawinen und andere derartige Vorkommnisse in langen Kapiteln sehr eingehend behandelt sind, dem Steinschlag ganze 9 Zeilen Kleindruck gewidmet werden (4). In einer vornehmlich auf praktische Zwecke hinielenden Arbeit erscheint eine solche Behandlung doch als zu wenig, da, um aus der eigenen Praxis des Verfassers zu sprechen, etwa im Verkehrswesen des Hochgebirges der Steinschlag unter allen Naturereignissen das im allgemeinen größte und heimtückischste Gefahrenmoment in sich birgt. Wirklich tiefgehend und auf größerer Vergleichsbasis wurden in diesem ganzen Bereich bisher eigentlich nur von morphologischer Seite aus die durch den Steinschlag entscheidend bedingten A b t r a g u n g s- und A k k u m u l a t i o n s f o r m e n, also Wand- bzw. Schuttkegel- und Schutthaldbildung untersucht. Woran es aber wirklich ermangelt, das sind genaue Untersuchungen des V o r g a n g e s selbst und der in bestimmten Zeitabschnitten abgehenden, bzw. aufgehäuften G e s t e i n s m e n g e n. Dieser Mangel macht sich natürlich seinerseits wiederum bei der Untersuchung der Formenbildungen bemerkbar. Dementsprechend konnten z. B. auch die grundlegenden Untersuchungen L e h m a n n s bezüglich der Wandbildung (5), auf denen heute auch im wesentlichen die Untersuchungen der Schule B a k k e r s beruhen, nur theoretisch sein und mußten hauptsächlich auf Grund zeichnerisch-rechnerischen Verfahrens erarbeitet werden.

Eine genaue Beobachtung und Untersuchung des Steinschlages selbst stößt allerdings auf erheblich größere Schwierigkeiten als jene bei manchen anderen Naturvorgängen. Dies dürfte wohl auch die eigentliche Ursache der bisher so verhältnismäßig geringen Beachtung dieses Phänomens sein. Als unmöglich darf sie jedoch nicht angesehen werden, wenngleich sie freilich auf breiterer Basis, also jenseits der einem einzelnen gegebenen Möglichkeiten, erfolgen müßte. So könnte z. B., um nur einige Vorschläge zu machen, mittels Markierung absturzbereiter einzelner Blöcke oder auch spezieller Wandpartien bzw. Felsbänder, sowie Abschnitten kleinerer Halden mit schwer verwischbarer Farbe manches erreicht werden. Natürlich müßte es sich hierbei um sehr sorgfältig ausgewählte, wenig ausgedehnte und räumlich klar abgegrenzte Stellen handeln. Wesentlich wäre es nur

jeweils innerhalb der verschiedenen Hauptgesteinsarten, die wichtigsten Lagerungs- und Expositionsverhältnisse mit einzubeziehen. Eine laufende Beobachtung durch Organe der Wildbachverbauung, Forstverwaltung, der Bahn und Straße, Wetterwarten oder Hüttenpächtern und anderen regelmäßig im Hochgebirge beschäftigten Personen, müßte dabei eigentlich durchaus im Bereiche des Möglichen liegen. Mit Hilfe einer solchen Methode dürfte es immerhin erreichbar sein, wenigstens einigermaßen annähernde Werte bezüglich der in einer bestimmten Zeit abgehenden Gesteinsmengen, des Einflusses verschiedener Witterungsverhältnisse, der Fallhöhe, und des Verhältnisses zwischen primärem und sekundärem Steinschlag zu erhalten. Ein gewisser Ansatz zu einer derartigen Methode wurde übrigens auch schon von Stini, Kieslinger u. a. mittels mehrfacher Untersuchungen über die Begrünung von Halden gegeben. Eine andere Methode würde darin bestehen, künstlich erzeugten Steinschlag zu filmen und dann mittels der Zeitlupe die einzelnen Phasen des Vorganges zu untersuchen. Das Stürzen und die gesamte sonstige Bewegung während des freien Falles, das Springen, Rollen und Gleiten auf verschiedenen Unterlagen, das Zerspringen und Absplittern, wie schließlich auch die von einem ursprünglich einheitlichen Steinschlag ausgehende Streuung auf der Halde und das Inbewegungsetzen ruhender Steine könnte dabei bei den verschiedenen Gesteinsarten im einzelnen erforscht werden.

Wesentlich wäre es nun, mittels solcher oder ähnlicher Methoden einen Anbeginn einer systematischen Steinschlaguntersuchung zu machen, die allerdings von irgend einer Organisation aus durchgeführt werden müßte. Eine Verfeinerung der Methode selbst würde sich dabei allmählich aus sich heraus ergeben. Bei längeren Beobachtungsreihen müßten sich dann auch mit der Zeit greifbare und für Theorie und Praxis gleich wertvolle und die bisherigen Vorstellungen wohl teilweise korrigierende Ergebnisse einstellen.

Literatur.

1. Matznetter, J., Die Trasse der ÖBB und ihre Beziehungen zu den physisch-geographischen Elementen der durchmessenen Landschaften. Abgeschlossenes Manuskript, Wien 1952.
Teil I: Text (derzeit in Druckvorbereitung).
Teil II: Verzeichnis und Beschreibung der elementargefährdeten Stellen an den Strecken der ÖBB, 2 Bände (nur für den Dienstgebrauch der ÖBB).
Karte der Elementarereignisse an den Strecken der ÖBB, 1 : 500.000 (nur für den Dienstgebrauch der ÖBB).
Ferner vom gleichen Verfasser: Der Einfluß der Elementarereignisse auf den Eisenbahnbetrieb. GOF — Verkehrsschriftenreihe Nr. 19, Wien 1952.
2. Kieslinger, Alois, Verwitterungsstudien im Sonnblickgebiet. XLVI. Jahresbericht des Sonnblick-Vereines, S. 29, 1937.
3. Mündliche Mitteilung von Herrn Lehnenbahnmeister W. Purtscher in Dalaas.
4. B e n d e l, Ludwig, Ingenieurgeologie. II. Hälfte, S. 303, Wien 1948.
5. L e h m a n n, Otto, Morphologische Theorie der Verwitterung von Steinschlagwänden. Vierteljahresschrift Naturf. Ges. Zürich, Bd. 78, Zürich 1933.
Über die morph. Folgen der Wandverwitterung. Z. f. Geomorph., Bd. 8, S. 93, Leipzig 1933/35.