Überwachung von Hangrutschungen mit der Methode der Mikroseismik (acoustic emission)

Autor(en): **Kessler, Erwin / Köppel, Urs**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **99 (1981)**

Heft 17

PDF erstellt am: **04.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74478

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Überwachung von Hangrutschungen mit der Methode der Mikroseismik (Acoustic Emission)

Von Erwin Kessler und Urs Köppel, Zürich

Die Mikroseismik (auch Acoustic Emission oder Schallemission genannt) wird hinsichtlich der neuen Anwendung zur Überwachung von Hangrutschungen beschrieben, und es werden Resultate eines Feldversuches vorgestellt. Die Methode ist sehr empfindlich und ermöglicht die Erkennung von Stabilisierungs- oder Destabilisierungstendenzen, bevor mit anderen Methoden erkennbare Deformationen auftreten.

Allgemeines zur Methode

Das *Prinzip der Methode* ist einfach: die meisten metallischen und mineralischen Baustoffe senden schwache Erschütterungswellen (Körperschall) aus, wenn sie einer starken Belastung ausgesetzt werden. In einzelnen Fällen ist das ohne weiteres hörbar und altbekannt: knarrende Holzböden und Gebälke, kreischendes Zinnblech, knisternder Fels im Stollenbau.

Seit Mitte dieses Jahrhunderts werden solche «Schallemissionen» (oft liegen sie frequenzmässig auch im Ultraschallbereich) mit empfindlichen Messgeräten mehr und mehr in den verschiedensten Baustoffen und technischen Konstruktionen gemessen, wo sie vom menschlichen Gehör längst nicht mehr registriert werden.

Je stärker ein Material beansprucht wird, um so stärker werden im allgemeinen diese Emissionen. Dieser Effekt wird nun dazu benutzt, durch *Messungen der Emissionsintensität* die Annäherung an kritische Bruchzustände oder eine eintretende Stabilisierung und Beruhigung festzustellen, lange bevor sichtbare Risse oder messbare Verformungen auftreten. Es gibt eine umfangreiche Fachliteratur über die verschiedensten Anwendungen zur Überwachung von Druckbehältern, Maschinen, Brücken, Tunnels, Böschungen und vielem anderem.

Mikroseismische Signale werden schon seit längerer Zeit im Felsbau (Bergwerke, *Stollen- und Tunnelbau, Felsböschungen*) messtechnisch genutzt. Relativ jung ist dagegen die Verwendung zur Überwachung der Stabilität von *Böschungen in Lockergestein.* Es ist deshalb noch nicht zu empfehlen, diese Methode in wichtigen und gefährlichen Fällen als einzige Überwachungsmessung anzuwenden. Im Einzelfall muss immer damit gerechnet werden, dass elektrische Störungen, Störgeräusche durch Umgebungserschütterungen oder fliessendes Grundwasser, abnorme Emissionstätigkeit des konkret vorliegenden Bodens und andere Einflüsse eindeutige Schlussfolgerungen aus den Messungen verunmöglichen. Wird jedoch eine zweite, unabhängige Messmethode (die immer auch ihre spezifischen Nachteile und Unsicherheiten hat) eingesetzt, so ermöglicht dies sehr wertvolle - weil unabhängige - gegenseitige Überprüfungen. In vielen Fällen erspart man sich andere, teurere Messungen.

Die *Vorteile* der Mikroseismik-Methode sind vor allem:
- hohe Empfindlichkeit und rasches Ansprechen (kritische Zustände können im allgemeinen früher erkannt werden als bei Deformationsmessungen);
- einfache, kontinuierliche Messung und Registrierung.

Weil mechanische Wellen in Lockergesteinsböden stark gedämpft werden, ist es meist nicht mehr möglich, die schwachen Signale an der Oberfläche zu messen. Deshalb wird eine Stahlstange als sogenannter *Wellenleiter* (wave guide) bis in den Bruchbereich (Scherzone, Gleitkreis) in den Boden gerammt. Dank der geringen Wellendämpfung des Stahls können die Signale dann mit einem Pick-up auf diesem Wellenleiter instrumentell abgehorcht und über Verstärker einem elektronischen Zähler zugeführt werden. Bild 1 zeigt eine typische Anordnung.

Die stündliche oder tägliche Anzahl Emissionen gibt Aufschluss darüber, ob die Böschung zunehmend rutschgefährdeter wird, sich im Gleichgewicht befindet oder - z. B. bei Sanierungsmassnahmen - stabiler wird.

Versuch an einer Kies-Sand-Böschung

Um die praktische Anwendbarkeit der Mikroseismik selbst zu erproben, wurde am 24. Oktober 1980 auf der Kieszwischendeponie einer Grossbaustelle ein Versuch durchgeführt (Bild 1 bis 5). Durch das Angraben eines Böschungsfusses provozierte man im Erdreich eine Spannungsumlagerung. Der zeitliche Verlauf der resultierenden Emissionen wurde verfolgt und ausgewertet.

Der Versuch lässt sich in drei Phasen gliedern:
- *Nullmessung*
  Am ungestörten Hang betrug die mittlere Ereigniszählung ungefähr 9 pro Minute.
- *Erste Böschungsfussentlastung*
  Ein Raupentrax entfernte vom Böschungsfuss zwei Schaufeln Material (Bild 4). Ein Böschungsrutsch trat dabei nicht auf. Sprunghaft kletterte die Anzeige auf über 600 und sank dann rasch wieder ab, als sich knapp 10 Minuten später der Trax wieder entfernte (Fahrerschütterung). Erwartungsgemäss pegelten sich die Zählwerte dann in der nachfolgenden Ruhephase auf einen stabilen Mittelwert ein (40 Zählungen pro Minute). Diese Ruhephase dauerte ungefähr 125 Minuten.
- *Zweite Böschungsfussentlastung*
  Nach Abtrag einer weiteren Trax-

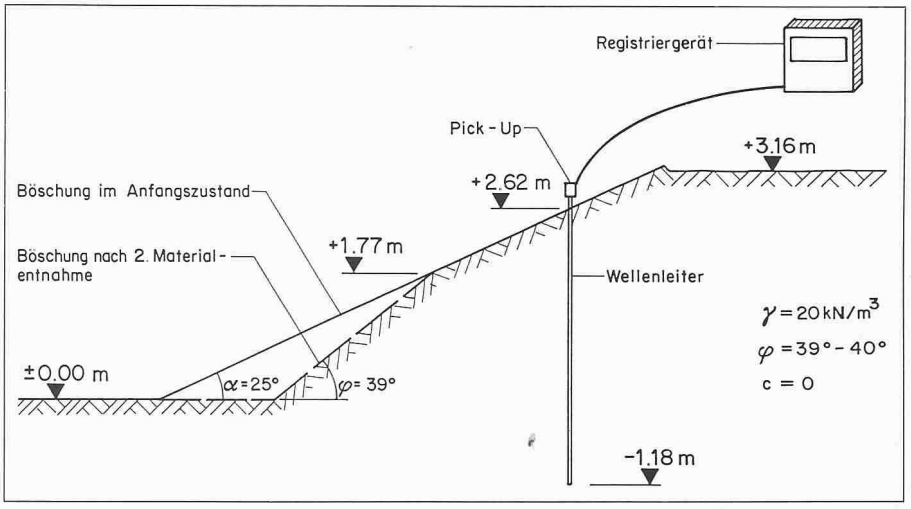

Bild 1. Schematischer Querschnitt durch Messstelle

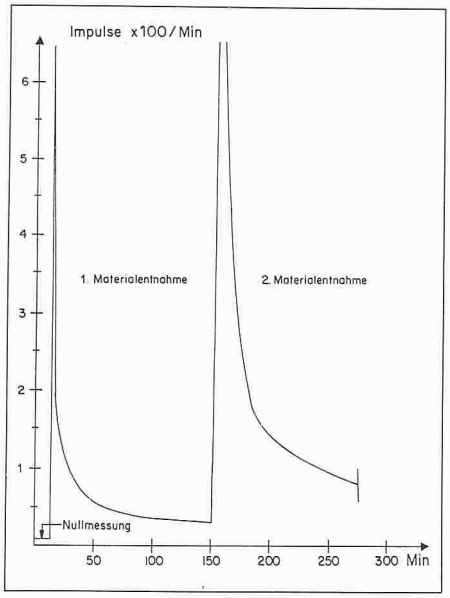

Bild 2. Micro-Seismic-Versuch, Impulszählung pro Minute

Schaufel (kein Böschungsrutsch; Bild 5) sanken die Zählwerte langsam von über 1200 auf ungefähr 80 Zählungen pro Minute.

Schlussfolgerungen

Mikroseismische Messungen sind geeignet, Stabilitätsänderungen von Böschungen rasch und mit hoher Empfindlichkeit festzustellen. Quantitative Aussagen zur Standsicherheit sind *nur relativ* möglich. Hingegen ist aus dem Versuch ersichtlich, dass mikroseismische Messungen eine wertvolle Ergänzung eines anderen, unabhängigen Messsystemes bedeuten können. Es lässt sich damit mit hoher Empfindlichkeit Aufschluss darüber gewinnen, ob eine Böschung zunehmend rutschgefährdeter wird, sich im Gleichgewicht befindet oder - z. B. bei Sanierungsmassnahmen - stabiler wird. Bei dauernder Objektbeobachtung und sofortiger automatischer Auswertung ist es bei gefährlichen Verhältnissen möglich, eine Alarmanlage anzuschliessen.

Eine *Hauptanwendung* sehen wir vor allem bei der *Überwachung von Rutschhängen*, wo es mit Hilfe mikroseismischer Messungen möglich wird, andere, teure Messungen seltener durchzuführen oder deren punktuelle Aussagen zu überprüfen. Gegenüber allen Arten von Deformationsmessungen hat die Mikroseismik in heiklen Situationen den Vorteil, Standsicherheitsänderungen anzuzeigen, bevor messbare Verformungen entstanden sind. Das ermöglicht, geeignete Massnahmen rascher zu treffen und auf diese Weise Zeit, Geld und Sicherheit zu gewinnen.

Adresse der Verfasser: *E. Kessler*, Bauing. SIA, und *U. Köppel*, dipl. Bauing. ETH, Ingenieurbüro Heierli AG, Culmannstr. 56, 8033 Zürich

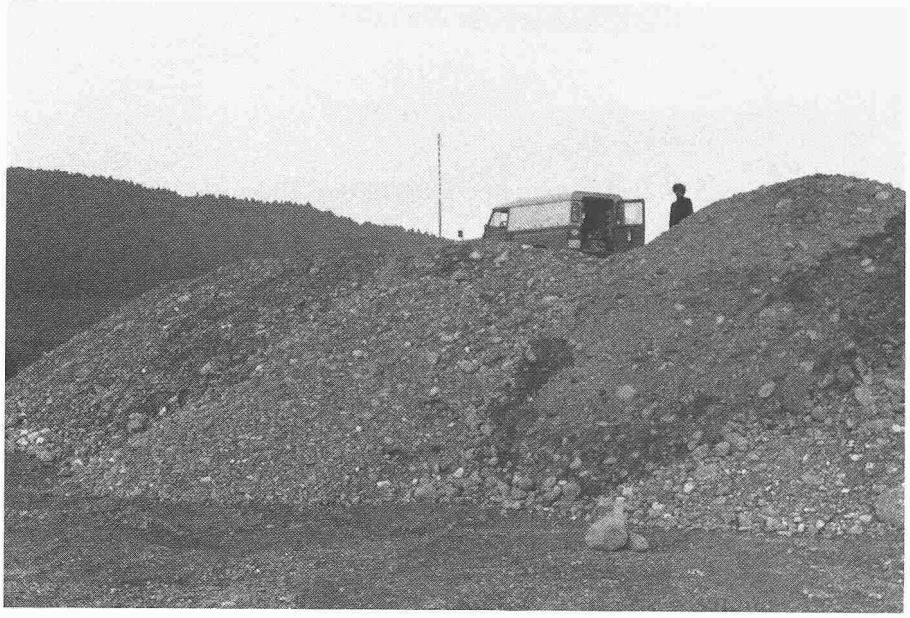

Bild 3. Hang vor dem Eingriff

Bild 4. Hang nach Entnahme der ersten zwei Trax-Schaufeln

Bild 5. Hang nach der zweiten Hangfussentlastung