

Übersicht über seismische Verfahren

(ingenieurgeophysikalischer Einsatz)

Zweck

Verfahren zur meist linienhaften Bestimmung von **Schichtgrenzen im Untergrund** sowie deren **dynamische Eigenschaften** aufgrund der Ausbreitung von elastischen Wellen.

Stichworte zur Anwendung

Bestimmung der Festgesteinstiefe, Gesteinswechsel und Verwitterungszonen, Erkundung von Störungen, Dolinen und Erdfällen, Ermittlung der Bodentragfähigkeit usw.; mit Mikroseismik auch Bauwerks- und Bauteilprüfungen

Verfahrensgrundlagen

Die Seismik beruht auf der Ausbreitung und Erfassung von Wellen im Untergrund. Es gelten die Ausbreitungsgesetze von elastischen Wellen. Die Signale werden meist durch Impulsquellen (Hammerschlag, Fallgewicht oder seltener kleine Sprengladungen) erzeugt und mit Schwingungsaufnehmern registriert. Die Signale breiten sich mit materialspezifischen Wellengeschwindigkeiten aus. Dabei treten Oberflächen- und Raumwellen auf. Betrachtet bzw. ausgewertet werden meist die Laufzeiten der Raumwellen in Form der Kompressions- und Scherwellen.

typische Ausstattung

<i>Signalerzeugung</i>	Impulshammer für geringe Aufschlußtiefen, beschleunigte Fallgewichte, Kleinsprengungen, spezielle Signalquellen für Bohrlöcher (Sparker, Airgun, Scherwellenhammer)
<i>Signalregistrierung</i>	mit mehreren Empfängern und digitaler Seismikapparatur (ab 12 Kanäle) Die Signalregistrierung wird durch die Signalquelle gestartet.
<i>Auswertung</i>	spezielle Auswertesoftware meist für PC oder Workstations (editieren, filtern, analysieren, auswerten, modellieren)
<i>Personal</i>	Meßtrupp und Auswertepersonal (besonders qualifizierte Fachkräfte)

Kurzbeschreibung

Aus der Seismik lassen sich drei wesentliche Teilverfahren hervorheben. Die genannten Teilverfahren sind ausgereift und werden von geophysikalischen Firmen als Dienstleistung angeboten. Diese Firmen besitzen das notwendige spezialisierte Fachpersonal.

Refraktionsseismik Es werden die Einsatzzeiten der direkten und refraktierten Welle betrachtet, um daraus die Tiefenlage des sog. Refraktors (Schichtgrenze) zu bestimmen. Das Auftreten von Refraktoren ist an die Zunahme der seismischen Impedanz I (Wellengeschwindigkeit mal Dichte) mit der Tiefe gebunden.

Innerhalb der Ingenieurgeophysik ist die Refraktionsseismik das am meisten angewandte seismische Verfahren und wird häufig zur **Bestimmung der Festgesteinstiefe bzw. Deckschichtmächtigkeit** eingesetzt. Auch lassen sich die elastischen **Bodenkennwerte** i.a. einfach bestimmen. Der Aufwand für die Refraktionsseismik ist moderat.

Reflexionsseismik Es wird die Laufzeit der reflektierten Welle ("Echo") mit dem Ziel der Lagebestimmung des Reflektors (Schichtgrenze) betrachtet. Reflektoren sind an Diskontinuitäten der elastischen Eigenschaften bzw. seismischen Impedanz (I) gebunden.

Die Reflexionsseismik besitzt aufgrund der großen Wellenlänge im nahen Untergrundsbereich eine blinde Zone und wird deshalb erst ab einer größeren Zieltiefe eingesetzt (i.d.R. ab einigen 10er Metern). Typische Ziele sind **Bodenschichtungen und Störungszonen**. Der Aufwand für die Reflexionsseismik ist sowohl bei der Messung als auch bei der Auswertung höher als für die Refraktionsseismik.

Transmissionsseismik Es wird die Laufzeit einer Welle durch einen Untergrundsabschnitt mit dem Ziel ermittelt, die elastischen Bodeneigenschaften (Wellengeschwindigkeiten und Moduln) zu bestimmen. Einige Varianten der Sender-Empfänger-Anordnung: von Bohrloch zu Bohrloch (Crosshole), von der Oberfläche zum Bohrloch (Downhole), vom Bohrloch zur Oberfläche (Uphole).

Die Transmissionsseismik ist apparativ und auswertetechnisch i.a. zwar weniger aufwendig als die Reflexions- und Refraktionsseismik, bedarf aber Bohrungen zur Signalerzeugung und/oder -registrierung. Untersuchungsziele sind weniger die Schichtgrenzen als vielmehr **Materialeigenschaften** (dynamische Bodenkenwerte).

Mikroseismik

Das wesentliche Kennzeichen der Mikroseismik ist die Anwendung seismischer Verfahren im kleinen Maßstab meist an Gebäuden oder Bauteilen. Ein zweites Kennzeichen ist die Frequenz bzw. die Wellenlänge der mikroseismischen Signale. Sie liegt zwischen den tieffrequenteren Signalen der normalen Seismik und den hochfrequenten Signalen des Ultraschalls. Damit verbunden ist eine spezielle Anregung des Signals meist mit Impulshämmern u.ä. sowie die Verwendung von geeigneten Aufzeichnungsapparaturen.

Am häufigsten wird die Mikroseismik in Form der Transmissionsseismik eingesetzt, um die materialcharakteristische Wellengeschwindigkeiten zu bestimmen. Andere Anwendungen betreffen die Strukturerkundung, wobei hier die Wellenlaufzeiten analysiert werden (z.B. Rißtiefenabschätzung). Im Vergleich zum Ultraschall besitzt die Mikroseismik eine wesentlich größere Reichweite, weswegen z.B. auch Mauerwerksuntersuchungen möglich sind.

In der Reflexionsanordnung kann die Mikroseismik zur Bestimmung von Bauteildicken herangezogen werden, in dem das Signalspektrum der sich bildenden stehenden Wellen untersucht wird.

häufig verwendete Begriffe

<i>seismische Quelle</i>	Gerät zur Erzeugung von elastischen Wellen (Signalsender), i.a. Impulse
<i>Schußpunktabstand</i>	Abstand der Signalanregungspunkte (Sendepunkte)
<i>Geophon</i>	Empfänger der seismischen Wellen (Eigenfrequenz i.a. zwischen 10 und 40 Hz)
<i>Stapeln</i>	Summierung von Mehrfachmessungen zur Verbesserung des Nutzsignal-zu-Störsignal-Verhältn.
<i>Mehrfachüberdeckung</i>	mehrfache Erfassung von Untergrundsabschnitten zur Genauigkeitserhöhung
<i>Oberflächenwellen</i>	Wellen, deren Auftreten an eine Materialgrenze bzw. -oberfläche gebunden ist
<i>Raumwellen</i>	Wellen, deren Auftreten an einen im Vergleich zur Wellenlänge großen Raum gebunden ist (Man unterscheidet die schnellere Kompressionswelle und die langsamere Scherwelle.)
<i>Kompressionswelle</i>	Raumwelle mit longitudinaler Schwingungsrichtung der Partikel (tritt in festen, flüssigen und gasförmigen Materialien auf)
<i>Scherwelle</i>	Raumwelle mit transversaler Schwingungsrichtung der Partikel (tritt nur in festem Material auf)
<i>refraktierte Welle</i>	bei der Refraktionsseismik: unter kritischem Winkel gebrochene Welle, welche beim Anstieg der seismischen Impedanz (z.B. Lockermaterial/Festgestein) auftritt

Ergebnisse

Die Meßwerte bedürfen einer mehr oder weniger intensiven Auswertung, die üblicherweise nach Abschluß der Meßkampagne im Büro durchgeführt wird.

Das wesentliche Ergebnis von seismischen Untersuchungen sind i.d.R. Schichtgrenzen im Untergrund. Sie werden üblicherweise als Tiefenschnitte dargestellt. Die zur Schichtung gehörenden unterschiedlichen elastischen Eigenschaften werden in Form von Wellengeschwindigkeiten angegeben. Teilweise können die elastischen Eigenschaften eigentliches Ziel (Bodentragfähigkeit usw.) der seismischen Untersuchungen sein. In diesem Falle werden sie meist in Form von Moduln (Schermodul, Elastizitätsmodul, Kompressionsmodul, Poissonverhältnis) dokumentiert.

Bohrergebnisse können mit Vorteil zur Vorplanung der Seismik, als Auswertehilfe und zur Kontrolle einbezogen werden. Umgekehrt liefern vorab linienhaft durchgeführte seismische Untersuchungen Ansatzpunkte für Bohrungen.

Die Genauigkeit der Angaben liegt i.a. zwischen $\pm 5\%$ bis $\pm 10\%$, abhängig im wesentlichen von der Beschaffenheit des Untergrundes, der verwendeten Meßtechnik sowie dem Untersuchungsaufwand.