



Ingenieurgeologische Erkundung
VERFAHREN DER INGENIEURGEO-
GISCHEM FELDVERSUCHE

TGL
168-2201

Gruppe 216

Инженерно-геологические
исследования
МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Geological-Engineering
Investigation
METHODS OF GEOLOGICAL -
ENGINEERING FIELD - TESTS

Verbindlich ab 1.1.1966

Dieser Standard gilt für ingenieurgeologische Erkundungen im Lockergestein.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Grundsätze	2
2. Aufschlußarbeiten	2
2.1. Sondierungen	2
2.1.1. Peilstangensondierungen	2
2.1.2. Sondierungen mit der Leichten Rammsonde	3
2.1.3. Drucksondierungen	3
2.2. Probenahme mittels Bohrungen	3
2.3. Probenahme mittels Schürfe	4
3. Physikalische Untersuchungen zur Ermittlung ingenieurgeologischer Kennwerte	4
3.1. Feuchtrohdichte	5
3.1.1. Ungestörte Proben zur Ermittlung der Feuchtroh- dichte	5
3.1.2. Bestimmung des Volumens durch Ersatzmethoden	5
3.1.3. Radiometrische Dichtebestimmung	6
3.2. Wassergehalt	6
3.2.1. Luftpyknometermethode	6
3.2.2. Carbid-Methode (CM)	6
3.2.3. Thermometermethode	6
3.2.4. Radiometrische Wassergehaltsbestimmung	7
4. Geophysikalische Untersuchungen für großflä- chige ingenieurgeologische Erkundungen	7
4.1. Seismik	7

Fortsetzung Seite 2 bis 11

Bestätigt: 5.4.1966 VVB Feste Minerale, Berlin

	Seite
4.1.1. Refraktionsseismik	7
4.1.2. Bodenvibrator- und Ultraschallmessungen	8
4.2. Geoelektrik	8
4.3. Erdmagnetik	8
5. Bestimmung von hydrogeologischen Parametern	8

1. G r u n d s ä t z e

Dieser Standard bestimmt die Verfahren und die Anwendungsmöglichkeiten der wichtigsten ingenieurgeologischen Feldversuche in Übereinstimmung mit den Forderungen des Standards TGL 11 495 Ingenieurgeologische Erkundung, Allgemeine Grundsätze und Vorschriften.

2. A u f s c h l u ß a r b e i t e n

2.1. Sondierungen

Sondierungen sind Felduntersuchungen in stein- und geröllfreien Lockergesteinen zur Vorerkundung des Baugrundes für die Festlegung erforderlicher Bohrungen und zur Ergänzung vorhandener Aufschlüsse. Es werden Sondenstäbe unterschiedlicher Ausführung durch Schlagen bzw. Rammen oder Drücken in das Lockergestein eingesetzt, wobei das Eindringen in Abhängigkeit vom Kraftaufwand registriert wird. Bei manchen Sondierverfahren ist auch die Entnahme von Rillenproben möglich. Durch Sondierungen erhält man Angaben über Lagerungsunterschiede, die Lagerungsdichte von nichtbindigen und die Zustandsform von bindigen Lockergesteinen. Sondierungen dienen ferner der Erkundung von Schichtgrenzen, Hohlräumen, der Feststellung der Grundwasseroberfläche sowie der Überprüfung der erreichten Verdichtung von Schüttungen. Außerdem geben sie Aufschluß über die Tragfähigkeit und die notwendige Länge von Pfählen.

Der Einsatz von Sondierungen muß in Übereinstimmung mit TGL 11 457 Umfang und Auswahl von Aufschlüssen, TGL 11 495 und - beim Verkehrsbau - TGL 11 482 Erdarbeiten erfolgen.

2.1.1. Peilstangensondierungen

Peilstangensondierungen werden bei einfachen und mittleren Erkundungsbedingungen gemäß TGL 11 495 zur Überprüfung der ingeni-

eurgeologischen Verhältnisse durchgeführt. Peilstangensondierungen geben nur einen annähernden Überblick über die Lagerungsverhältnisse des Untergrundes. Dieses Verfahren darf als alleiniger Aufschluß nur für leichte setzungsunempfindliche Bauwerke und für einfache Verkehrsanlagen benutzt werden. Für alle anderen Fälle darf es zur Vervollständigung des Gesamtüberblickes über die Untergrundverhältnisse dienen.

2.1.2. Sondierungen mit der Leichten Rammsonde = dynamische Sondierung

Sondierungen mit der Leichten Rammsonde können bis 10 m Tiefe durchgeführt werden. Brauchbare Kennzahlen lassen sich unter bestimmten Bedingungen bis 6 m Tiefe ermitteln. Durchführung, Anwendung und Auswertung einer Rammsondierung erfolgt nach TGL 11 461, Blatt 2 Baugrundmechanik, Prüfungen im Feld, Sondierungen mit der Leichten Rammsonde (in Bearbeitung).

2.1.3. Drucksondierungen = statische Sondierung

Die Drucksonde kann je nach Festigkeit des Untergrundes und nach Leistungsstärke des Gerätes bis zu Tiefen von maximal 30 m in stein- und geröllfreien Lockergesteinen eingesetzt werden. Die bei der Drucksondierung gemessenen Widerstände lassen eine genauere und sicherere Beurteilung der Untergrundverhältnisse als bei einer Rammsondierung zu. Durchführung und Anwendung der Drucksondierung erfolgt nach TGL 11 461, Blatt 3 Baugrundmechanik, Prüfungen im Feld, Drucksondierungen (in Bearbeitung).

2.2. Probenahme mittels Bohrungen

Bohrungen, aus denen gestörte und ungestörte Proben entnommen und untersucht werden sollen, sind nach TGL 11 456 Baugrunduntersuchungen, Bohr- und Sehtürfarbeiten - Probenahme und nach TGL 11 457 in Verbindung mit TGL 11 495 anzusetzen und durchzuführen. Für die Entnahme ungestörter Proben sind - abweichend von der TGL 11 457, die als Mindestdurchmesser 50 mm vorschreibt, - bei der Durchführung ingenieurgeologischer Untersuchungen Stahlzylinder (Stutzen) von mindestens 80 mm Innendurchmesser zu verwenden. Der Mindestdurchmesser ist erforderlich, um die bei Stahlzylindern geringeren Durchmesser auftretenden zu großen Einflüsse der Reibung zwischen Zylinder und Gesteinsprobe weitestgehend auszuschalten.

2.3. Probenahme mittels Schürfe

Die Ausführung von Schürfen erfolgt nach TGL 11 456 und TGL 11 457. Schürfe geben über Lagerungsverhältnisse, Schichtgrenzen und Wasserführung in den oberen Bereichen einen genaueren Aufschluß als Bohrungen und Sondierungen. Sie ermöglichen eine sichere Entnahme von ungestörten Proben. Schürfe, die voraussichtlich unter das Niveau der Fundament- oder Baugrubensohle reichen, müssen außerhalb der Fundamente, im Verkehrsbau außerhalb des eigentlichen Straßenkörpers, angelegt werden.

3. Physikalische Untersuchungen zur Bestimmung ingenieurgeologischer Kennwerte

Physikalische ingenieurgeologische Felduntersuchungen werden zur Beurteilung der Lagerungsdichte und Bestimmung des Porenraumes von natürlich gelagerten oder geschütteten und verdichteten Lockergesteinen durchgeführt. Es sind Verfahren zur Ermittlung der Beuchtrohdichte ρ_f und der Wasserzahl w , bezogen auf die Trockenmasse m_T . Die Trockenrohdichte ρ_t wird aus der Beziehung

$$\rho_t = \frac{\rho_f}{1 + w}$$

errechnet. Die Größe der Trockenrohdichte ρ_t gibt für Gesteine gleicher Genese und charakteristischer Zusammensetzung einen Anhalt für die Lagerungsdichte. Eine genauere Beurteilung der Lagerungsdichte erfolgt für bindige und schwach bindige Lockergesteine durch das Verhältnis der Trockenroh- zur einfachen Proctordichte ρ_p - Proctordichte gemäß TGL 11 462 Bl. 9 - , also durch

$$\frac{\rho_t}{\rho_p} \cdot 100 = \text{Prozent der Proctordichte,}$$

oder bei rolligen Lockergesteinen durch das Verhältnis der Differenz der Trockenrohdichte ρ_t und der Trockenrohdichte der lockersten Lagerung ρ_0 zur Differenz der Trockenrohdichte der dichtesten Lagerung ρ_d und der lockersten Lagerung ρ_0 :

$$D = \frac{\rho_t - \rho_0}{\rho_d - \rho_0}$$

3.1. Feuchtrohdichte ρ_f

Die Feuchtrohdichte ρ_f ist das Verhältnis der Feuchtmasse m_f zum Gesamtvolumen V der Probe

$$\rho_f = \frac{m_f}{V}$$

3.1.1. Ungestörte Proben zur Ermittlung der Feuchtrohdichte.

3.1.1.1. Zylindermethode

Die Probenahme mittels Stahlzylinder aus Bohrungen oder Schürfen und die Bestimmung des Volumens V und der Feuchtmasse m_f erfolgt nach TGL 11 456 und TGL 11 462 Blatt 6 Baugrundmechanik, Prüfungen im Laboratorium, Rohdichte - Rohwichte, Porenzahl - Porenanteil.

Die Probenahme ist bei bindigen und rolligen Lockergesteinen ohne groben Kornanteil in Schürfen oder an der Geländeoberfläche und bei bindigen Lockergesteinen ohne gröberen Kieskornanteil sowie bei nicht wassergesättigten Lockergesteinen mit einer gewissen Feuchtigkeit auch in Bohrungen anwendbar.

3.1.1.2. Tauchwägung

Zur Volumenbestimmung wird aus der zu untersuchenden Schicht eine ungestört herausgelöste Probe mit erhitztem Paraffin doppelt überzogen und in einem Tauchzylinder mittels hydrostatischer Waage gewogen. Die Überzugmasse ist rechnerisch zu eliminieren.

Die Feuchtmasse m_f wird durch Wägung bestimmt.

Die Untersuchung erfolgt nach TGL 11 462 Blatt 6.

3.1.2. Bestimmung des Volumens durch Ersatzmethoden

Bei Anwendung von Ersatzmethoden wird die Feuchtmasse einer Gesteinsprobe durch Wägung ermittelt. Das Volumen wird durch Ausfüllen des bei der Probenahme entstandenen Hohlraumes mit einem geeigneten, in Masse und Volumen bekannten Ersatzfüllstoff bestimmt. Als Ersatzfüllstoff verwendet man Sand, Wasser (mit einer dünnen Folie als Unterlage), Gips, Kalth Asphalt, Öl oder thixotrope Flüssigkeiten. Durch Ersatzmethoden kann die Rohdichte auch bei rolligen Lockergesteinen mit gröberem Kornanteilen ermittelt werden, deren Probenahme mit einem Entnahmesylinder erdäherwert oder nicht möglich ist.

Die Anwendung der Ersatzmethoden ist nur an der Geländeoberfläche oder in Schürfen möglich und erfolgt nach TGL 11 462 Blatt 6.

3.1.3. Radiometrische Dichtebestimmung

Durch Absorption und Streuung von Gamma-Strahlen im Lockergestein wird über Eichkurven die Feuchtrohdichte mit $\pm 2\%$ absolut ermittelt.

Radiometrische Verfahren werden für eine rasche Dichtebestimmung oberflächennaher, insbesondere rolliger Lockergesteine mittels Oberflächen- und Gabelsonde und für eine Dichtebestimmung in größeren Tiefen mittels Tiefensonde angewendet.

Sie dienen zur Verdichtungskontrolle des Unterbaus und des Untergrundes bei Verkehrsbauteilen sowie von Schüttungen.

Dichtebestimmungen mit radiometrischen Sonden können unter Berücksichtigung entsprechender Korrekturen auch in verrohrten Bohrungen durchgeführt werden.

3.2. Wassergehalt

Die hier beschriebenen Methoden dienen zur Ermittlung der Wasserrzahl bezogen auf die Trockenmasse.

3.2.1. Luftpyknometermethode

Mit dem Luftpyknometer werden die Reindichte ρ_s und die Wasserrzahl an bergfeuchten gestörten Proben mit einem Korndurchmesser < 20 mm auf Grund der Gasgesetze ermittelt.

Die Durchführung und Auswertung erfolgt nach TGL 11 462 Blatt 14 Baugrundmechanik, Prüfung im Labor, Luftpyknometerprüfung.

3.2.2. Carbid-Methode (CM)

Die Methode beruht auf der leichten Zersetzbarkeit von Calciumcarbid bei Feuchtigkeitseinwirkung. Das CM-Gerät besteht aus einer kleinen Druckflasche aus Stahl, die durch ein Manometer gasdicht verschlossen ist. Die zu untersuchende bergfeuchte Probe wird zusammen mit Calciumcarbid in die Druckflasche eingefüllt und vermischt. Die Wasserrzahl ist abhängig von der Höhe des an Manometer abzulesenden Gasdruckes, sie wird nach einer Tabelle bestimmt. Es können nur kleine Probenmengen verwendet werden (etwa 20 g.).

Die Methode eignet sich zur Ermittlung der Wasserrzahl feinkörniger Lockergesteine, die mit Calciumcarbid keine chemischen Reaktionen eingehen.

3.2.3. Thermometermethode

Die Methode beruht auf der von Wassergehalt abhängigen Tempera-

turleitfähigkeit von Lockergesteinen. Der Wassergehalt wird mittels Temperatur- und Zeitmessungen bestimmt. Für die Anwendung sind ein Quecksilberthermometer von 0,2 °C Genauigkeit im Meßbereich 0° bis 40° C und eine Stoppuhr erforderlich. Für jedes verwendete Thermometer ist eine Eichkurve der Abhängigkeit von Zeit und Feuchtigkeit zu konstruieren.

Das Verfahren ist nur zur Ermittlung der Wasserzahl von Sanden und Kiessanden geeignet. Es wird am Anstehenden oder an einer bergfeuchten gestörten Probe angewendet.

3.2.4. Radiometrische Wassergehaltsbestimmung

Das Gestein wird mittels einer Neutronenquelle bestrahlt. Durch Reaktion mit Wasserstoffatomkernen erfolgt eine Streuung und Energieverminderung der ausgestrahlten Neutronen. Mit Hilfe dieses Verfahrens wird der Wassergehalt mit einer Genauigkeit von $\pm 2\%$ absolut ermittelt. Eine Verfälschung der Meßergebnisse tritt bei Vorhandensein chlorhaltiger Salze auf. Radiometrische Wassergehaltsbestimmungen können unter Berücksichtigung entsprechender Korrekturen auch in verrohrten Bohrungen durchgeführt werden.

4. Geophysikalische Untersuchungen für großflächige ingenieurgeologische Erkundungen

Geophysikalische Felduntersuchungsverfahren sind als rasche und großflächige Kartierungsmethode zur Einschätzung der Lagerungsverhältnisse und der physikalischen Eigenschaften von Gesteinskomplexen anwendbar. Sie sind als Vorarbeiten für die Beurteilung eines Geländes als Bebauungsstandort geeignet. Auf Grund der auf diese Weise gewonnenen Erkenntnisse ist es unter bestimmten Bedingungen möglich, die Anzahl der Aufschlußpunkte einzuschränken oder die Ergebnisse einzelner Bohrungen in Korrelation zu setzen. Vor der Anwendung des jeweiligen Verfahrens sind Eignungstests anzusetzen.

4.1. Seismik

4.1.1. Refraktionsseismik

Beim Refraktions-Verfahren wird die Laufzeit, die eine am Spreng- oder Schlagpunkt ausgelöste Erschütterungswelle bis zum Eintreffen am Empfänger (Seismometer) benötigt, gemessen und ausgewertet.

Das Verfahren ist für eine oberflächennahe Baugrunduntersuchung

bis etwa 30 m Tiefe geeignet und kann bei Vorhandensein von Grenzflächen mit ausgeprägten Unterschieden der elastischen Eigenschaften oder der Dichte eingesetzt werden. Voraussetzung für die Anwendbarkeit ist, daß die unterlagernde Schicht eine größere Schallhärte aufweist als die überlagernde Schicht. Mit dem Meßverfahren ist u.ä. die Erkundung des Reliefs der Felsoberkante unter Lockergesteinsbedeckung sowie die Feststellung der oberen Grundwasseroberfläche in nichtbindigen Lockergesteinen möglich.

4.1.2. Bodenvibrator- und Ultraschallmessungen

Dieses Verfahren ist für die Untersuchung sehr schallharter Medien (Fels, Beton) besser geeignet als die Refraktionsseismik. Die Wirkungstiefe ist, apparativ bedingt, zur Zeit noch gering (3 - 5 m).

4.2. Geoelektrik

Geoelektrische Messungen sind erfolgversprechend einsetzbar, wenn ein genügend großer Leitfähigkeitsunterschied zwischen den geoelektrisch zu trennenden geologischen Komplexen vorhanden ist.

Die geoelektrischen Meßverfahren sind unter günstigen Bedingungen anwendbar zur Abgrenzung von rolligen und bindigen Schichten, bei der Erkundung natürlicher Rohstoffe, zur Feststellung der Grundwasseroberfläche in Sanden, zur Bestimmung der Tiefe und des Reliefs des Felsuntergrundes, zur Lokalisierung von tektonischen Störungszonen und Erosionsrinnen sowie für spezielle Fragen der Bauwerksüberwachung, wie Unterflurigkeitsbeurteilung von Stauanlagen.

4.3. Erdmagnetik

Das Verfahren kann in speziellen Fällen zur Untersuchung des Baugrundes auf basische Gesteinskörper sowie zur Ortung verborgener Eisenteile, wie Bombenblindgänger, angewendet werden.

5. B e s t i m m u n g v o n h y d r o g e o l o g i s c h e n P a r a m e t e r n

5.1. In nichtbindigen Lockergesteinen erfolgt die Bestimmung der Durchlässigkeit durch Pumpversuche oder durch Auswertung von Korngrößenanalysen. In bindigen Lockergesteinen erfolgt die Bestimmung der Durchlässigkeit durch Laboratoriumversuche.

5.2. Im Grundwasserleitern mit freiem Spiegel kann die Bestimmung des Wasserabgabevermögens durch Pumpversuche erfolgen.

5.3. Zur Klärung weiterer hydrogeologischer Fragen finden Schluck-, Färb- und Tracerversuche Anwendung.

5.4. Zur Beurteilung des Wasseraufnahmevermögens und der Unterläufigkeit des Baugrundes von Talsperren und Staubaauwerken werden Untersuchungen nach den "Richtlinien des Zentralen Geologischen Dienstes zur Durchführung geologischer Untersuchungsarbeiten für den Bau von Talsperren" durchgeführt.

Hinweise

Am 31.12.1965 lag beim Amt für Standardisierung noch kein vergleichbarer GOST oder Fachbereichsstandard der UdSSR vor. Zu gegebener Zeit wird bekanntgegeben, daß ein vergleichbarer GOST oder Fachbereichsstandard der UdSSR vorliegt.

Dieser Standard ist entstanden unter Berücksichtigung von:

Ingenieurgeologische Erkundung

Allgemeine Grundsätze und Vorschriften für die Durchführung

Baugrunduntersuchungen

TGL 11 495

Bohr- und Schürfarbeiten - Probenahme

TGL 11 456

Umfang und Auswahl von Aufschlüssen

TGL 11 457

Baugrundmechanik

Begriffe und Formelzeichen

Fachausdrücke, Formelzeichen (in Bearbeitung)

TGL 11 459

Prüfungen im Feld

Sondierungen mit der Leichten Rammsonde (in

TGL 11 461 Bl. 2

Bearbeitung)

Drucksondierungen (in Bearbeitung)

TGL 11 461 Bl. 3

Radioaktive Sondierungen (in Vorbereitung)

TGL 11 461 Bl. 6

Prüfung im Laboratorium

Rohdichte - Rohwichte, Porenzahl -

Porenanteil (in Bear-

TGL 11 462 Bl. 6

beitung)

Proctorprüfung

TGL 11 462 Bl. 9

Luftpyknometerprüfung

TGL 11 462 Bl.14

Erdarbeiten (in Bearbeitung)

TGL 11 482 Bl.1-5

Richtlinie des Zentralen Geologischen Dienstes zur Durchführung geologischer Untersuchungsarbeiten für den Bau von Talsperren. -

S.angw.Geol., 9, S.418-421, Berlin 1960.

- BENTZ, A.: Lehrbuch der Angewandten Geologie.- Bd.I, Ferd.Enke Verl. Stuttgart 1961.
- KADO, H. & R. KÖHLER: Baugrunderkundung durch Drucksondierungen.- Z. angew. Geol. 8, 10, S. 537-542 Berlin 1962.
- KLENGEL, K.J. & H. FRITZSCHE: Ein fahrbares Bohrgerät für Untergrund- und Betondeckenuntersuchungen im Straßenwesen. - Z. Bauplanung - Bautechnik, 7, 10, Beilage Straßentechnik, S. 107 - 110, Berlin 1959.
- LEHNERT, K. & K. ROTHE: Geophysikalische Bohrlochmessungen. - Schriftenreihe Prakt. Geol. 4, Berlin 1962.
- MILITZER, H.: Geophysik und Baugrund. - Im Keil: "Geotechnik", S. 739-777, VEB Knapp Verl. Halle 1959.
- Ein Beitrag zur Kennwertbestimmung von Erdstoffen in natürlicher Lagerung mit Hilfe geophysikalischer Methoden unter Einsatz von Hammerschlag - Refraktionsseismik und der Schlauchwaage. - Freib. Forsch.H. C 42, Leipzig 1958
 - Entwicklung und Erprobung eines amplituden- und frequenzvariablen Bodenvibrators für nahseismische Untersuchungen. - Freib. Forsch.H. C 160, Leipzig 1963.
- PAUL, O.: Eine Methode zur Raungewichtsbestimmung des Untergrundes. - Z. Bauplanung Bautechnik, 8, 9, Beilage Straßentechnik, S. 98 - 101, Berlin 1960
- PRISCHTSCHER, L.G.: Zur Bestimmung der Feuchtigkeit von Sand. - Z. Bauindustrie 34, 3, S. 31 - 32, Moskau 1956.
- SCHNEIDER, H. & C. TRUELSEN: Die Wassererschließung. - Teil I, Vulkan Verl. Essen 1952.
- SIEDECK, P. & VOSS, R.: Die Bodenprüfverfahren bei Straßenbauten.- Werner Verl. Düsseldorf 1960.
- STEIN, G.: Ein Meßgerät zur schnellen Bestimmung des Wassergehaltes und des spezifischen Gewichtes auf der Baustelle und im Laboratorium. - Z. Bauplanung - Bautechnik 8, 7, Beilage Straßentechnik, S. 78 - 79, Berlin 1960
- Radiometrische Verfahren zur Bestimmung von Dichte und Wassergehalt des Baugrundes.- Wiss. Z. Hochsch. Bauw. Leipzig, Sonderdruck. S. 131 - 137, Leipzig 1961.
- STRUBCK, K.: Die Bodenverdichtung im Straßenbau und ihre Prüfverfahren. - Deutsch.Bauenzyklopädie, KB.460 343, Verl.f.Bauwesen Berlin 1961.

WENZEL: Die Bestimmung elastischer Eigenschaften von anstehendem Fels durch Ultraschallsondierungen. - Z. Schweizerische Bauzeitung, 77, 30, S. 479 (1959)

WOLF, D.: Die Anwendung radioaktiver Isotope im Straßenbau. - Z. Die Straße 2, 1/2 Berlin 1962.

ZIESCHANG, J.: Die Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Lockergesteinsgrundwasserleitern. - Z. angew. Geol. 10, 7, S. 364 - 370, Berlin 1964.