

Bodenphysikalische Untersuchungen mit Hilfe von Bohrversuch-Wattkurven

Autor(en): **Pogány, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht**

Band (Jahr): **2 (1936)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-2885>

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.

VIII 6

Bodenphysikalische Untersuchungen mit Hilfe von Bohrversuch=Wattkurven.

Etude géophysique basée sur les courbes wattmétriques obtenues dans l'essai de forage.

Geophysical Examination by Reference to Curves of Boring Wattage.

A. Pogány,

Ingenieur, Professor an der höheren Staats-Gewerbe-Schule, Kraków, Polen.

Für die praktische Durchführung von Bodenuntersuchungen stehen uns zwei Wege offen:

- I. Die Untersuchung auf der Baustelle,
- II. Die Untersuchung von Bodenproben im Laboratorium.

I. Die Untersuchung auf der Baustelle.

Die naheliegendste Untersuchung des Baugrundes auf der Baustelle ist die Belastungsprobe. Aus ihr erhalten wir jedoch keine verlässlichen Resultate.¹ Gegenüber der Belastung durch den Baukörper wirkt die Probelastung nur ganz kurze Zeit, auf besondere Art und in ganz besonderer geometrischer Form und Größe. Die Resultate sind daher nicht ohne weiteres auf den Baukörper anwendbar,² weil es für obige Einflüsse kein einfaches Ähnlichkeitsgesetz gibt. Außerdem gibt die Belastungsprobe nur eine bodenphysikalische Konstante, die im Allgemeinen nicht genügt, um die Setzungserscheinungen im Baugrund zuverlässig vorzubestimmen. Aus der Arbeit von *Terzaghi*¹ sind Fälle bekannt, wo die Probelastung eine Senkung von 1 cm zeigte, während die tatsächliche Baukörpersenkung 1 m ausgemacht hat. Die Probelastung ist deshalb zur alleinigen Vorausbestimmung der zu erwartenden Setzung des Baukörpers im Dienste des Entwurfes oder der Baukontrolle unzulässig, da sie unzuverlässig ist.

Zu einer richtigen Vorausbestimmung der Setzungen bzw. der zukünftigen Spannungen im Baugrunde ist die Ermittlung mehrerer bodenphysikalischer Konstanten notwendig. Auf der Baustelle ist die Beschaffung ungestörter Bodenproben aus jeder gewünschten Tiefe in einfacher Weise möglich. Die Laboratoriumsversuche sind diesbezüglich im Nachteil, denn nur zu leicht können die Bodenproben auf dem Transport gestört oder verändert werden (Feuchtigkeitsgehalt, Porenziffer usw.).

Die aus der Literatur bisher bekanntesten Bodenuntersuchungen auf der Baustelle sind:

1. Die schwedische Kegelprobe,
2. Das Sondbohr-Verfahren (Sondboreing),
3. Die *Kögler'sche* Untersuchungsmethode,
4. Die dynamische Untersuchungsmethode von *Hertwig*.

1. Die Kegelprobe kann nur zur überschlägigen Kontrolle der Beschaffenheit des Bodens verwendet werden und ist nur brauchbar bei Baugrund von sehr fein verteilter Struktur. Bei groben Körnern sitzt der Kegel sofort auf.³ Bei großen Baustellen wurde der Zylinderdruckversuch probiert. Man verwendet den Zylinderdruckapparat, um den Festigkeits- und Deformationswert von Bodenproben aus verschiedenen Stellen und verschiedenen Schichten zu vergleichen. Diese Methode erspart kostspielige und komplizierte Bodenuntersuchungen, eignet sich jedoch nicht für Untersuchungen auf der Baustelle.

2. Das Sondbohr-Verfahren⁴ besteht darin, einen Spiralbohrer vermittelt einer größeren Anzahl von Stangen in den Boden hineinzudrehen. Das ganze Gestänge wird mit einer konstanten Last, die bis 100 kg messen kann, belastet. Diese Methode verbindet somit den Bohrversuch mit der Belastungsprobe. Gemessen wird die Umdrehungszahl, die Belastungsgröße und die Eindringungstiefe. Durch Knickung und Durchbiegung des Gestänges und durch Schiefstellung des Werkzeugs können leicht Fehler entstehen, weshalb auch diese Methode keine zuverlässigen Resultate ergibt und eigentlich nur ein überschlägiges Abtasten des Baugrundes ermöglicht. Hingegen eignet sich diese Methode gut zur Kontrolle der Bodenschichten in der Tiefe, zur Ermittlung des Feuchtigkeitsgehaltes, der Verwitterung und zur Feststellung des Standes des Grundwasserspiegels.

3. *Kögler* verwendet für seine Versuche zweierlei Apparate, nämlich eine Dreieckspresse mit Füllklötzchen und ein unter pneumatischem Druck stehendes Gummigerät. Bei beiden Apparaten wird der Druck in horizontaler Richtung ausgeübt. Der funktionelle Zusammenhang zwischen vertikalen und horizontalen Komponenten ist indessen bisher noch wenig erforscht.

4. Ein weitaus genaueres Bild der bodenphysikalischen Verhältnisse des Baugrundes ergibt die dynamische Methode von *Hertwig*.⁵ Die vielen dabei auftretenden Kennziffern können bei verschiedener Frequenz und Intensität ermittelt werden. Da man die Untersuchungen in jeder beliebigen Richtung und Tiefe durchführen kann, erfassen sie einen bedeutend größeren Teil des Bodens als die statische Belastungsprobe. Um diese Methode für praktische Untersuchungen verwenden zu können, müßte eine sehr große Anzahl von Versuchsergebnissen vorliegen, was bis jetzt noch nicht der Fall ist. Die Annahme *Hertwigs*, daß zwischen der Federkonstanten und der Einsenkungstiefe (bzw. der Tragfähigkeit) ein einfacher funktionaler Zusammenhang besteht, dürfte zutreffen. Außerdem gibt die dynamische Methode, sobald sie richtig ausgebaut wird, viel genauere Resultate als die statische, weil die Verformungen bedeutend größer werden (beispielsweise bis 80mal so groß).

II. Die Untersuchung von Bodenproben im Laboratorium.

Zur Bodenuntersuchung im Laboratorium sind vor allem ungestörte Bodenproben notwendig. Sie müssen von allen Stellen und Tiefen des Baugrundes, von dem die Bestimmung der bodenphysikalischen Konstanten unbedingt erforderlich ist, erfaßt werden. Die Arbeit auf der Baustelle besteht also nur in einer systematischen vorsichtigen Entnahme von Bodenproben, der Aufnahme von Situationsskizzen, von Längs- und Querprofilen und in der Anlage von Schürf- und Bohrlöchern zur Ermittlung der Schichtenhöhen und des Grundwasserspiegels. Die Ermittlung der bodenphysikalischen Konstanten im Laboratorium entspricht der Untersuchung von Baumaterialien in Prüfungsämtern.

Von den erwähnten Methoden zur Bestimmung der bodenphysikalischen Konstanten wählte ich den Bohrversuch. Es ist bekannt, daß in der Forschung für landwirtschaftliche Maschinen ein Zusammenhang zwischen Werkzeugform und Bodenkonstanten gesucht wurde.⁶ In meinen Untersuchungen wird das Hauptgewicht auf die Feststellung der bodenphysikalischen Konstanten nicht nur in den obersten Erdschichten, sondern in allen in Betracht kommenden Tiefen gelegt. Als Versuchsapparat diente eine Ständerbohrmaschine mit Einzelantrieb, neben welcher ein transportables Meßgerät (Volt- und Ampèremeter mit selbstregistrierendem Wattmeter) montiert ist (Fig. 1). Die Bohrmaschine ist für Metallbearbeitung gebaut worden; sie kann mit den Umdrehungszahlen 40, 46 und 254 bei Vorschubgeschwindigkeiten von $\frac{27,5}{254}$ und $\frac{72}{254}$ in Betrieb gesetzt werden. Es wurden zylindrische Metallbohrer von verschiedenen Durchmessern, Spiralbohrer für die Holzbearbeitung und verschiedene Systeme von Erdbohrern verwendet. Die Bohrversuche wurden teilweise auf der Baustelle, teilweise im Laboratorium durchgeführt. Als Versuchsmaterial dienten die folgenden ungestörten Bodenproben in Holzkisten von $10 \times 10 \times 30$ cm:

- a) natürliche Bodenproben von der Baustelle in verschiedenen Bodensorten: Sand (eingestreut, eingerüttelt, trocken, naß, vorbelastet mit verschiedenem Druck), lehmiger Sand bei verschiedenem prozentigem Anteil von Sand und verschiedener Plastizität und Vorbelastung;
- b) künstlich geschichtete Bodenproben, sandige und lehmige Schichten.

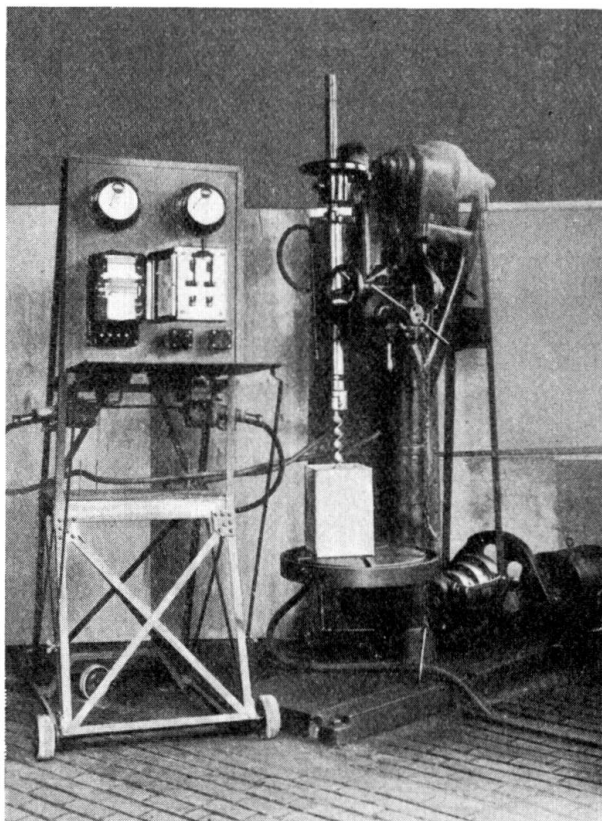


Fig. 1.

Während der Bohrung nahm das registrierende Wattmeter die Wattkurve auf; die Abszisse ist proportional der verbrauchten Leistung, die Ordinate proportional dem Vorschub. Aus einer großen Anzahl von Untersuchungen resultieren folgende Erfahrungen:

1. Jede Bodenart zeigt bei demselben Bohrgerät, derselben Umdrehungszahl und derselben Vorschubgeschwindigkeit eine charakteristische von ihrer Feuchtigkeit bzw. Plastizität abhängigen Wattkurve (Fig. 2).

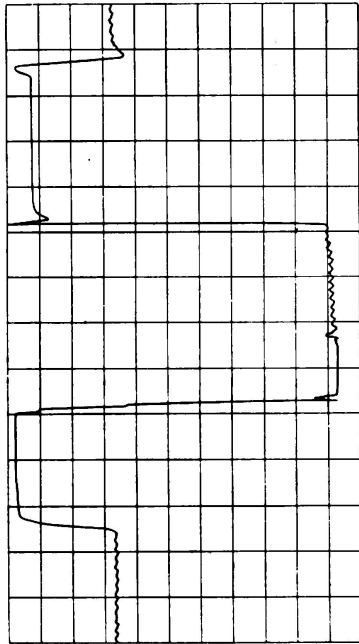


Fig. 2.

Wattkurven von Bohrversuchen in Boden von Schichten verschiedener Dichte und Porosität.

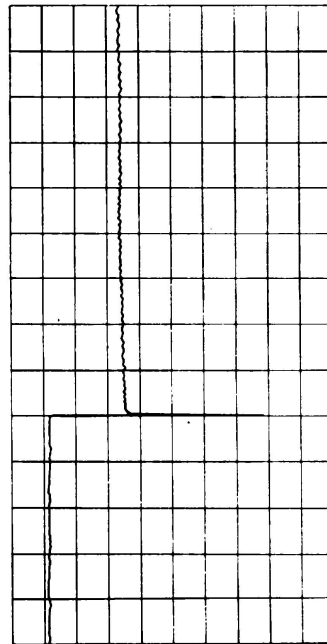


Fig. 3.

Wattkurven von Bohrversuchen in Boden von verschiedener Feuchtigkeit.

2. Bei Änderung der Porosität ändert sich die Wattkurve.
3. Bei kleiner Umdrehungszahl ist der Einfluß der Porosität und Plastizität größer als bei großer Umdrehungsgeschwindigkeit.
4. Die Änderung der Feuchtigkeit ist beim Erdbohrer (Tellerbohrer) von größerem Einfluß als beim Spiral- oder Zylinderbohrer (Fig. 3).
5. Im Sandboden zeigt die Wattkurve beim Tellerbohrer einen gleichmäßigen Verlauf, in plastischem Boden steigt sie stark an, umgekehrt proportional mit der Plastizitätszahl (Fig. 4).
6. Je kürzer das Bohrwerkzeug ist, desto genauer gibt die Wattkurve die lokalen Verhältnisse an. Wir können also das Bohrwerkzeug beliebig klein konstruieren, um die Untersuchung der bodenphysikalischen Verhältnisse beliebig genau zu gestalten.
7. Je einheitlicher und gleichmäßiger der Grund ist, desto bessere Resultate werden erzielt (bei grobem Sand und Schotter entstehen leicht Fehler) (Fig. 5 und 6).

8. Bei Untersuchungen auf der Baustelle muß dem Gestänge, an dem das Bohrwerkzeug aufmontiert ist, besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Zur Erreichung größerer Tiefen bedarf es eines längeren Gestänges, welches der Gefahr des Knickens ausgesetzt ist und dann leicht eine Schiefstellung des Bohrwerkzeuges hervorruft. In diesem Falle zeigt die stark ansteigende Wattkurve ein unrichtiges Bild.

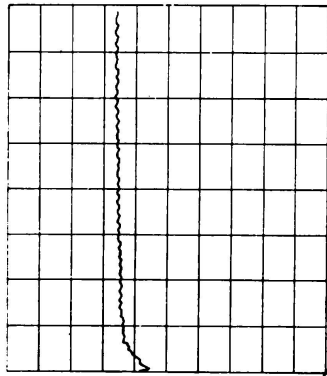


Fig. 4.
Wattkurven von Bohrversuchen
in Lehm Boden mit Tellerbohrer.

9. Zur Ermittlung jeder bodenphysikalischen Konstanten ist jenes Bohrwerkzeug zu verwenden, das für diese bodenphysikalische Eigenschaft am empfindlichsten ist. Ebenso ist eine spezielle Umdrehungszahl und eine besondere Vorschubgeschwindigkeit am entsprechendsten. Welches Bohrwerkzeug, welche Umdrehungszahl und welche Vorschubgeschwindigkeit im gegebenen Falle das günstigste Resultat ergibt, läßt sich erst auf Grund

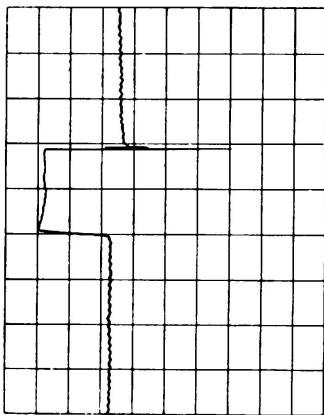


Fig. 5.

Wattkurven von Bohrversuchen in Boden
von Lehm-, Torf- und Sandschichten.

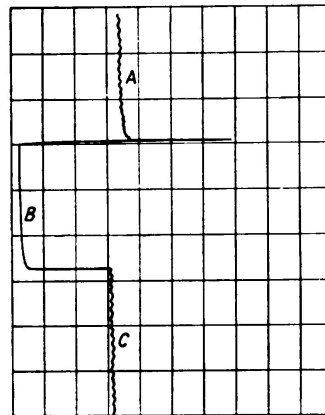


Fig. 6.

Wattversuche A: künstlich verdichtete Sandschicht
B: künstlich gelockerte Sandschicht
C: ungestörte Sandschicht.

von zahlreichen Versuchen feststellen. Jedenfalls kann aus den bisher von mir durchgeführten Untersuchungen schon erkannt werden, daß auf gewisse bodenphysikalische Eigenschaften gewisse Arten von Bohrwerkzeugen besonders reagieren, dagegen andere Bohrwerkzeugformen fast unempfindlich sind.

10. Um aus dem Versuchsergebnis den Fehler, der durch den Reibungswiderstand der Bohrgestänge entsteht, zu eliminieren, sollte man nach jedem Bohrversuch das Bohrwerkzeug abmontieren, die Bohrstange ohne Werkzeug laufen lassen, die Lehrlaufwattkurve messen und diese Werte bei der Auswertung der Wattkurve des Bohrversuches berücksichtigen.

Meine Untersuchungen zeigen eindeutig und klar, daß diese Methode zur Erfassung der bodenphysikalischen Konstanten auf der Baustelle geeignet ist. Um eine gewisse Grundlage für eine genügende Sicherheit bei der Auswertung der Wattkurve des Bohrversuches zu erhalten, sind eine größere Anzahl von Parallelversuchen im Laboratorium durchzuführen und zwar sind die Bodenproben außer durch den Bohrversuch auch nach anderen bekannten bodenphysikalischen Methoden zu überprüfen.

Literaturnachweis

- ¹ Dr. Ing. *Karl von Terzaghi*: „Die Setzung der Fundamente und ihre Wirkung auf den Oberbau“. *De Ingenieur* 1935 nos. 50 en 51, *Bouw-en Waterbouwkunde* 22 en 23.
- ² *Aichhorn*: „Über die Zusammendrückung des Bodens infolge örtlicher Belastung“.
- ³ Dr. Ing. *W. Loos*: „Praktische Anwendung der Baugrundforschung“, S. 33.
- ⁴ Bericht der geotechnischen Kommission der schwedischen Staatsbahnen 1914—1922, S. 26—29.
- ⁵ *A. Hertwig*: „Die dynamische Bodenuntersuchung“, *Bauingenieur* 1931, Heft 25—26.
- ⁶ *E. Wollny*: „Forschgn. Geb. Agrikult Phys. 20.50 1897/98, *E. Blank*: „Handbuch der Bodenlehre“ und Dr. Ing. *T. N. Gologurski*: „Die technolog. Prozesse bei der Bodenbearbeitung“ 1913.