

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

Band: 2 (1936)

Artikel: Bodenphysikalische Untersuchungen mit Hilfe von Bohrversuch-Wattkurven

Autor: Pogány, A.

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

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

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 Probebelastung 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 vorauszubestimmen. Aus der Arbeit von *Terzaghi*¹ sind Fälle bekannt, wo die Probebelastung eine Senkung von 1 cm zeigte, während die tatsächliche Baukörpersenkung 1 m ausgemacht hat. Die Probebelastung 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 vermittelst 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 Dreiecks presse 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 80 mal 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 Versuchsassapparat 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:

- 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;
- künstlich geschichtete Bodenproben, sandige und lehmige Schichten.

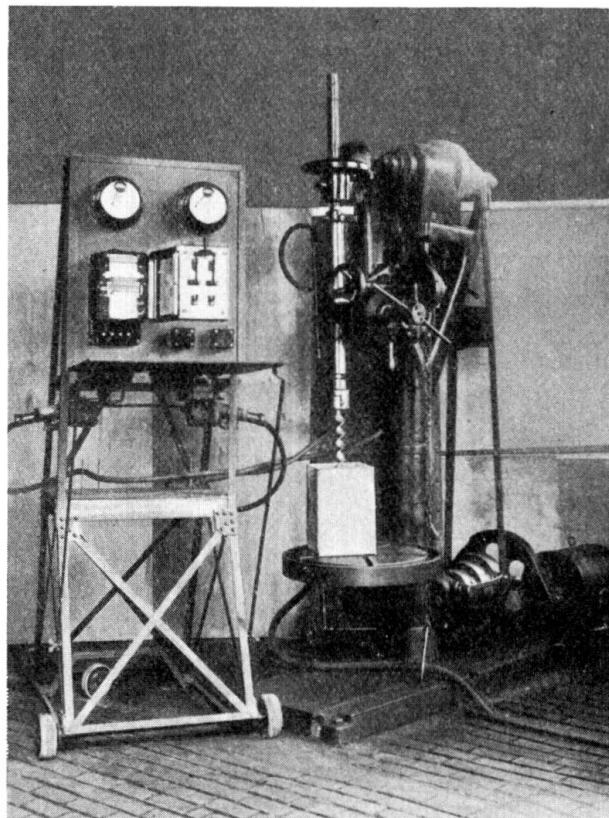


Fig. 1.

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).

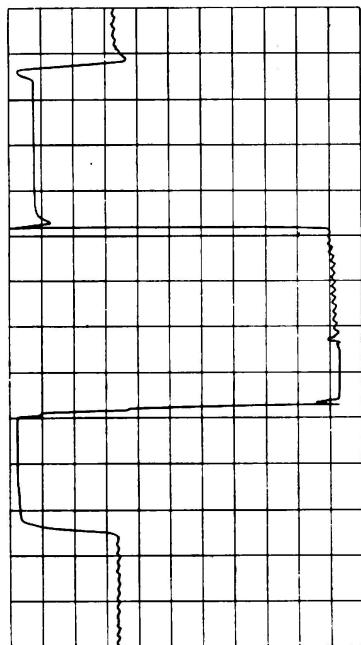


Fig. 2.

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

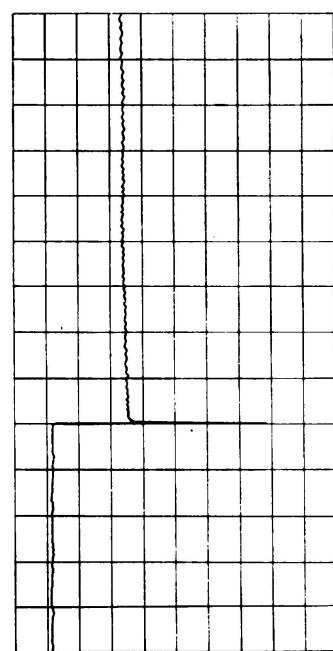


Fig. 3.

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 Schieflage des Bohrwerkzeuges hervorruft. In diesem Falle zeigt die stark ansteigende Wattkurve ein unrichtiges Bild.

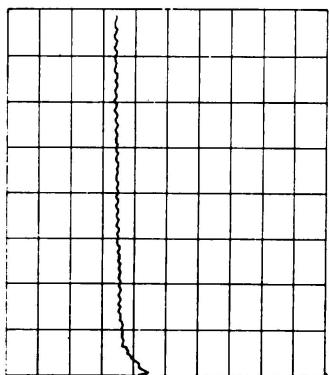


Fig. 4.
Wattkurven von Bohrversuchen
in Lehmboden mit Tellerbohrer.

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

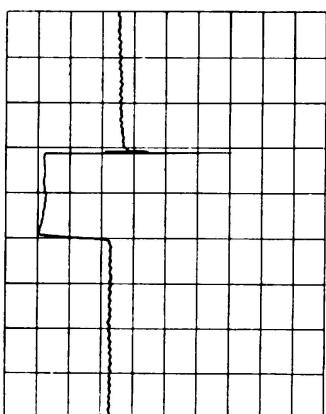


Fig. 5.
Wattkurven von Bohrversuchen in Boden
von Lehm-, Torf- und Sandschichten.

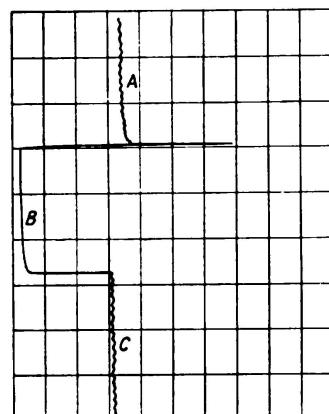


Fig. 6.
Wattversuche A: künstlich verdichtete Sandschicht
B: künstlich gelockerte Sandschicht
C: ungestörte Sandschicht.

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 Bohrwerkzeugsformen fast unempfindlich sind.

10. Um aus dem Versuchsresultat 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.

Literurnachweis

- 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.