

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Article, Published Version

**Buca, B.; Dudycz, D.**

## **Baugrunduntersuchungen durch Sonden und das Pressiometerverfahren im Betrieb Geoprojekt / Volksrepublik Polen**

Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe  
Wasser- und Grundbau

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106166>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Buca, B.; Dudycz, D. (1979): Baugrunduntersuchungen durch Sonden und das Pressiometerverfahren im Betrieb Geoprojekt / Volksrepublik Polen. In: Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau 40. Berlin: Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau. S. 70-78.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Baugrunduntersuchungen durch Sonden und das Pressiometer-  
verfahren im Betrieb "Geoprojekt" / Volksrepublik Polen

---

mgr inz. B. BUCA und inz. D. DUDYCZ, Geoprojekt Warschau

"Geoprojekt" hat in den letzten Jahren in zunehmendem Maße Sonden zur Erkundung der Bodeneigenschaften in die Praxis eingeführt, da ihr Einsatz und ihre Arbeitsweise einfach und wirtschaftlich sind.

Die polnische Norm PN-74/B-04452 unterscheidet folgende Sonden:

- die Drucksonde /SW/
- die leichte Rammsonde /SL/
- die schwere Rammsonde /SC/
- die Standardsonde /SPT/
- die Drehsonde - Sondenbohrer der Schwedischen Staatsbahn  
- /ST/
- die Flügelsonde /TV/

Außer diesen Sonden ist in Polen die ITB-ZW-Sonde von Prof. WILUN sehr populär. Das ist eine Rammsonde, die gleichzeitig auch als Flügelsonde eingesetzt werden kann.

#### Die Drucksonde /SW/

Im Einsatz haben wir augenblicklich Geräte mit verschiedener Kapazität, und zwar die polnische RSH-Sonde /12 t/ sowie die Sonde von der Goudschen Maschinenfabrik Gouda /Holland /20 t Sonde/.

Der Spitzenwiderstand und die Mantelreibung längs der Hülse werden mit dem Gerät von BEGEMANN /PN-74/B-04452/ gemessen. Für die Auswertung der Sondierergebnisse benutzen wir für Sand folgende Tabellen:

Tabelle 1 /nach BORRO/

Spitzendruck $q_c$ [kp/ cm <sup>2</sup> ]	Dichteindex $I_D$	Winkel der inneren Reibung
25	0 - 0,15 sehr locker	30°
25 - 50	0,15 - 0,35 locker	30 - 35°
50 - 100	0,35 - 0,65 mitteldicht	35 - 40°
100 - 200	0,65 - 0,85 dicht	40 - 45°
200	0,85 - 1,0 sehr dicht	45°

Tabelle 2 /nach MEYERHOF/

Spitzendruck $q_c$ [kp/ cm <sup>2</sup> ]	SPT $N_{30}$	Dichteindex $I_D$	Winkel der inneren Reibung	Bezeich- nung
20	4	0,2	30°	sehr locker
20 - 40	4 - 10	0,2 - 0,4	30 - 35°	locker
40 - 120	10 - 30	0,4 - 0,6	35 - 40°	mitteldicht
120 - 200	30 - 50	0,6 - 0,8	40 - 45°	dicht
200	50	0,8 - 1,0	45°	sehr dicht

Für ungleichförmige Böden, Sandgemische und Kies, benutzen wir Tabelle 3.

Tabelle 3 / nach E. FRANKE/

Spitzendruck $q_c$ [kp/ cm <sup>2</sup> ]	Festigkeit	Winkel der inneren Reibung	Steifemodul $M_o$ [kp/ cm <sup>2</sup> ]
50	sehr gering	30° $\bar{x}$	150 - 300
50 - 100	gering	30°	300 - 500
100 - 150	mittel	32,5°	500 - 800
150 - 200	fest	35°	800 - 1000
200	sehr fest	37,5°	1000 - 1200

x Bei Wassersättigung tritt u. U. ein Zusammenbruch des lockeren Korngerüstes, Porenwasserüberdruck und Verflüssigung des Wasser-Sand-Gemisches, auf.

Die Korrelationen zwischen Spitzendruck und Bodenkennwerten bei bindigem Baugrund müssen für lithologisch und genetisch einheitliche Böden festgestellt werden. Sie werden bei uns regional bearbeitet. In geringem Maße, weil es unsere Normen nicht berücksichtigen, wird die direkte Ermittlung der Pfahltragfähigkeit oder die zulässige Bodenpressung für Flachgründungen, also die Methode von MEYERHOF, FUGRO oder WILUN, angewandt.

Die Rammsonden /SL, SC und SPT/

Gerät	Masse des Rambären [kg]	Fall- höhe [cm]	Durchmesser der Spitze [cm]	Spitzenöff- nungswinkel
Leichte Rammsonde	10	50	3,56	60°
Schwere Rammsonde	65	75	5,05	60°

Außer leichten Rammsonden befinden sich gegenwärtig zwei Arten von schweren Rammsonden, die polnische SUC-ZL-Sonde und die schwedische Sonde Borro Motor Tripod - Rammer Drill im Einsatz.

Beziehungen zwischen der Schlagzahl und dem Dichteindex sind aus Tabelle 4 ersichtlich.

Tabelle 4

Dichteindex $I_D$	0,33	0,66	0,85
Schlagzahl			
a) leichte Rammsonde /SL/ Schläge /10 cm Eindringtiefe - $N_{10}$	5	20	60
b) schwere Rammsonde /SC/ Schläge /20 cm Eindringtiefe - $N_{20}$	8	25	45
c) Standardsonde /SPT/ Schläge /30 cm Eindringtiefe - $N_{30}$	10	30	50
Fließindex $I_L$	0,00	0,25	0,50
Standardsonde /SPT/ Schläge /30 cm Eindringtiefe	15	8	4

Bei mitteldichten bis dichten ( $N_{30} > 15$ ), wassergesättigten, sehr feinen oder schluffigen Sanden kann die Anwendung obiger Werte für den SPT wegen des Einflusses des Wassers zu einer Überschätzung des Dichteindex führen. Aus diesem Grunde verwenden wir in diesen Fällen die Formel von TERZAGHI und PECK

$$N_{30}^* = 15 + \frac{1}{2} (N_{30} - 15)$$

Für die schwere Rammsonde der Firma Borros/Motor Tripod - Rammer Drill / haben wir eine regionale Korrelation gefunden, die für den Sand des Wechsel-Deltas /Tabelle 5/ gültig ist. Bei der Durchführung der Sondierung wurde das Sondiergestänge gedreht, so wie es die schwedischen Vorschriften verlangen.

Tabelle 5

Schlagzahl $N_{20}$	Dichteindex $I_D$	Bezeichnung
3	0,0 - 0,15	sehr locker
3 - 7	0,15 - 0,35	locker
7 - 16	0,35 - 0,65	mitteldicht
16 - 34	0,65 - 0,85	dicht
34	0,85 - 1,0	sehr dicht

Korrelationen zwischen der Schlagzahl und einigen bodenmechanischen Kennzahlen fanden BOROWCZYK und FRANKOWSKI für die leichte Rammsonde:

$$\lg P_L = 1,102 \lg N_{10} - 0,335$$

$$\lg E_p = 0,943 \lg N_{10} + 0,739$$

$P_L$  - Grenzdruk /Pressiometerverfahren/

$E_p$  - Pressiometermodul.

Die Drehsonde /Sondenbohrer - ST/

Dieser Sondenbohrer wird meistens mit einem Power-unit-Gerät in den Boden gedreht. Für alluvialen Sand wurde folgende Beziehung zwischen der Anzahl der halben Umdrehungen je 10 cm Eindringung bei 100 kp Belastung und dem Dichteindex festgestellt:

Tabelle 6 /nach DUDZIKOWSKI und FABIANOWSKI/

Anzahl der halben Umdrehungen/10 cm	Dichteindex $I_D$	Bezeichnung
3	0,33	locker
3 - 15	0,33 - 0,67	mitteldicht
15 - 30	0,67 - 0,85	dicht

### Die Flügelsonde /TV/ und ITB-ZW-Sonde

Die TV-Sonden versieht man im allgemeinen mit einem Schutzrohr, das Gestänge und Flügel beim Eintreiben schützt. Auf diese Weise wird auch die Reibung des Bodens am Gestänge vermieden. Im Falle der ITB-ZW-Sonde wird die Mantelreibung durch einen getrennten Versuch ermittelt, indem man die Sonde nochmals ohne Flügel in den Boden hineintreibt und das Gestänge dreht.

Beide Arten von Sonden verwenden wir auch bei einer Versuchsdurchführung ungefähr 0,5 m unter der Bohrlochsohle. In diesem Falle kann man annehmen, daß die Mantelreibung gleich Null ist. Die Abmessungen der Flügel, die in der Volksrepublik Polen verwendet werden, sind in der Tabelle 7 zusammengestellt /PN-74/B-04452/.

Tabelle 7

Symbol	Höhe h [cm]	Durchmesser d [cm]	Dicke [mm]	$K_{VT}^{-3}$ [cm <sup>-3</sup> ]
VT 20/10	20	10	4,6	$2,7 \times 10^{-4}$
VT 16/8	16	8	3,2	$5,3 \times 10^{-4}$
VT 12/6	12	6	2,4	$1,3 \times 10^{-3}$
VT 8/4	8	4	1,6	$4,3 \times 10^{-3}$

Die Scherfestigkeit ergibt sich aus

$$\tau_{fmax} = K_{VT} (M_{fmax} - M_{fo})$$

$$K_{VT} = \frac{6}{\pi} \cdot \frac{1}{d^2 (3h + d)}$$

$M_{fmax}$  - maximales Drehmoment

$M_{fo}$  - das Moment, das durch die Reibung des Gestänges entstand.

Die ITB-ZW-Sonde ist so konstruiert, daß man gleichzeitig die Scherfestigkeit und den Dichteindex feststellen kann /Tabelle 9/.

Tabelle 8

Eintreibvorrichtung bei ITB-ZW-Sonden

Masse des Rambhären	Fallhöhe	Flügel	
		d [mm]	h [mm]
[kg]	[cm]		
20	25	100	64
		90	64

Tabelle 9

Anzahl der Schläge für 10 cm Eindringung	Dichteindex $I_D$	Bezeichnung
1 - 3	0 - 0,15	sehr locker
4 - 6	0,15 - 0,33	locker
7 - 18	0,33 - 0,67	mitte dicht
19 - 30	0,67 - 0,85	dicht
30	0,85 - 1,0	sehr dicht

Das Pressiometer

Der Pressiometerversuch stellt einen "in situ" Belastungsversuch des Bodens dar, bei dem auf eine Bohrlochwandung mit einem relativ kleinen Durchmesser eine stufenweise gesteigerte Druckspannung aufgebracht und die dadurch hervorgerufene Deformation des Bodens gemessen wird.

Das Pressiometer setzt sich aus zwei Hauptteilen zusammen: der Sonde und dem Volumeter.

Die Sonde besteht aus einem zylinderförmigen Metallkörper, der mit Gummimembranen überzogen ist, so daß sich drei unabhängige Zellen ergeben. Die mittlere Meßzelle enthält eine unter Gasdruck stehende Flüssigkeit, die obere und untere Zelle ist jeweils nur mit Gas gefüllt.

Das Volumeter ist mit der Sonde durch ein flexibles doppeltes Plastikrohr verbunden, wobei ein Rohr in das andere geschoben ist. Das innere Rohr bringt das Wasser zur Zentralzelle; der Raum zwischen den beiden Rohren ermöglicht dem Gas, in die

Prüfzelle einzudringen. Der Druck wird von einer Gasflasche bewerkstelligt. Ein Pressiometerversuch dauert 15 - 20 Minuten. Zur Ausführung einer Bohrung von 60 mm Durchmesser werden leichte Geräte, am besten das Bohrgerät D-9000, mit Bentonit-Injektion verwendet, um die Bohrlochwand möglichst ungestört zu erhalten.

Die Sonde wird in die gewünschte Tiefe eingeführt und der Druck stufenweise /0,2 bis 1 kp/cm<sup>2</sup>/ aufgebracht. Die entsprechende Änderung des Volumens wird nach 60 Sekunden abgelesen. So entsteht eine Druckverformungskurve, aus der man den Grenzdruck, den Kriechdruck und den Pressiometermodul /Verformungsmodul/ feststellen kann.

Der  $E_p$ -Modul wird zur Setzungsberechnung verwendet.

$$W = \frac{1,33}{3 E_{pB}} p 30 \left( \lambda_2 \frac{R}{30} \right)^\alpha + \frac{\alpha}{4,5 E_{pA}} \cdot p \lambda_3 \cdot R \quad [\text{cm}]$$

- p = - Flächenlast
- R - die Hälfte der Fundamentbreite
- $E_{pA}$ ,  $E_{pB}$  - Deformationsmodul unter der Gründungssohle
- $\alpha$  - rheologischer Faktor
- $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  - Formkoeffizienten

Die zulässige Bodenpressung errechnet man aus der Formel

$$\sigma_{\text{zul}} = \frac{k}{3} (P_{gr} - P_o) + q_o$$

- $P_o$  - horizontaler Ruhedruck
- $q_o$  - lotrechter Ruhedruck
- k - Tragfähigkeitswert /0,8 ≤ k ≤ 1,8/  
(für Flächengründungen abhängig von der Gründungstiefe und von der Form des Gründungskörpers)

Der Pressiometermodul kann nach der Formel von "Geoprojekt" in die Steifezahl  $M_o$  umgerechnet werden:

$$M_o = E_p \cdot \left( 0,5 + \frac{1}{1 - 2 \mu} \right)$$

- $\mu$  - Poisson'sche Zahl

Die Pressiometertechnik kann man bei Baugrunduntersuchungen für fast alle Arten von Bauten anwenden. Das Pressiometerverfahren ist zur Berechnung der Setzung eines Gründungskörpers auf bindigem Baugrund und auf Schüttungen besonders geeignet und wird daher bei Geoprojekt sehr oft angewandt. Der Pressiometertest wird bei uns durch einige Bohrungen, Sondierungen und Laboruntersuchungen begleitet.