Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 28-29 (1960-1961)
Heft: 19

Artikel: Die zerstörungsfreie Betonprüfung
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153397

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: 05.08.2025

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

CEMENTBULLETIN

JULI 1961 JAHRGANG 29 NUMMER 19

Die zerstörungsfreie Betonprüfung

Grundlagen der zerstörungsfreien Festigkeitsprüfung. Resultate, Anwendungsbereich, Vorteile. Meistgebräuchliche Messverfahren.

Bei den herkömmlichen Verfahren der Betonfestigkeitsprüfung werden Probekörper zerstört. Es wird die Bruchfestigkeit durch Druck-, Zug- oder Biegezugbelastung festgestellt. An einem Probewürfel kann nur eine einzige Druckfestigkeitsprüfung durchgeführt werden, an einem gewöhnlichen Prisma höchstens eine Biegezugfestigkeits- und zwei Druckfestigkeitsbestimmungen. Für eine Versuchsreihe für die Feststellung der Festigkeitsentwicklung von Betonmischungen sind beispielsweise für jeden vorgesehenen Prüftermin und für jede zu untersuchende Betonmischung zwei bis drei Probekörper erforderlich. Bei 6 vorgesehenen Prüfterminen und 4 verschiedenen Betonmischungen müssen somit 6 . 4 . 3 = 72 Probekörper vorliegen.

Mit den Methoden der zerstörungsfreien Festigkeitsprüfung kann die Anzahl Probekörper beträchtlich reduziert werden. Jeder Probekörper steht für eine praktisch unbeschränkte Zahl von Messungen zur Verfügung. Der Aufwand für eine Versuchsreihe wird bedeutend kleiner.

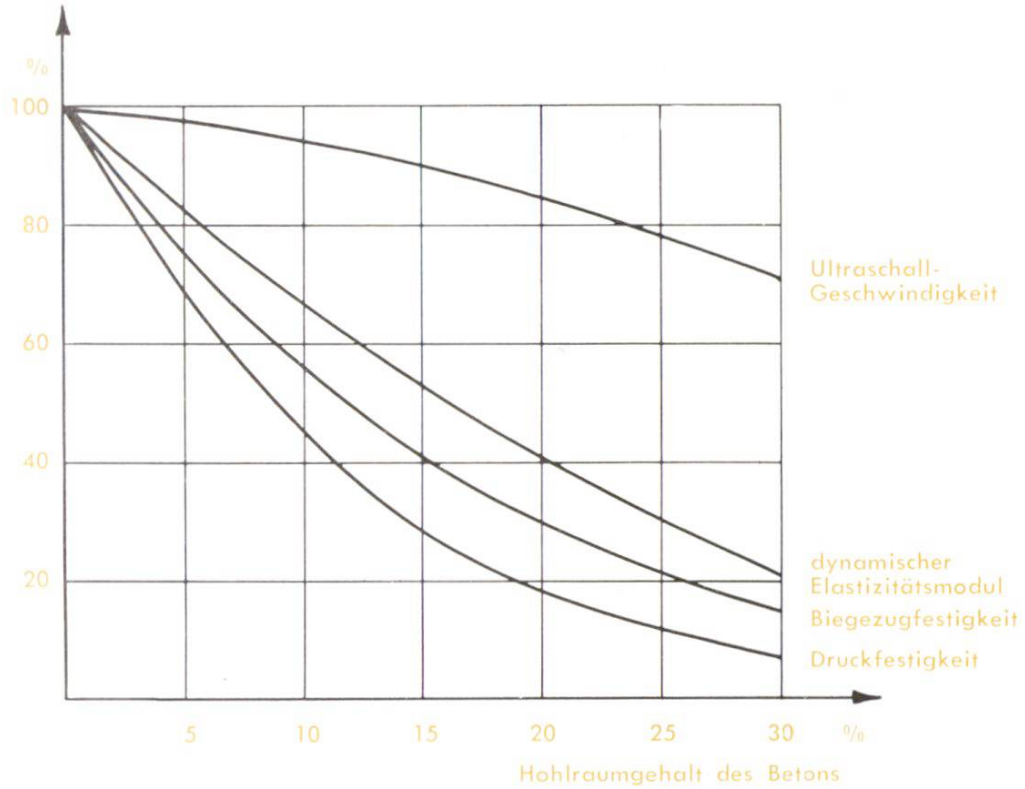
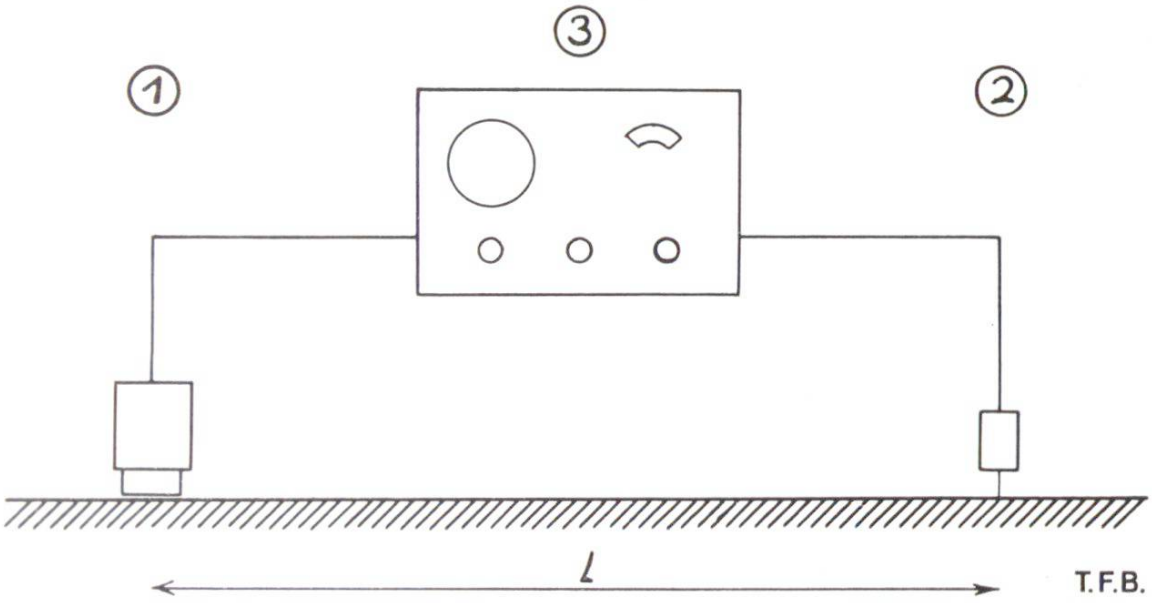


Abb. 1 Änderungen von grundlegenden Grössen der zerstörungsfreien Festigkeitsprüfung mit dem Hohlraumgehalt des Betons (nach M. F. Kaplan)

Abb. 2 Schematische Darstellung der zerstörungsfreien Festigkeitsprüfung von Beton auf Grund der Geschwindigkeitsmessung von Schallimpulsen. (1) Piezoquarz als Impulsgeber (kann auch durch Hammer oder Sprengkapsel ersetzt werden). (2) Pick-up als Impulsempfänger (kann auch durch einen Piezoquarz ersetzt werden. (3) Gerät für Impulsauslösung und Kurzzeitmessung



3 Ein weiterer, sehr wichtiger Vorteil der zerstörungsfreien Betonprüfung ist der, dass mit einzelnen Verfahren am Bauwerk selber beliebig viele Messungen durchgeführt werden können. Mit der zerstörenden Prüfmethode, die das Herausnehmen von Probekörpern bedingt, ist eine derartige umfassende Bauwerkskontrolle nicht durchführbar.

Die Methoden der zerstörungsfreien Festigkeitsprüfung von Beton beruhen im Prinzip auf der engen Beziehung zwischen den elastischen Eigenschaften des Materials und dessen Festigkeit. Je höher der dynamische Elastizitätsmodul des Betons ist, desto höher erweist sich auch seine Festigkeit.

Die Prüfmethoden gehen darauf aus, den dynamischen Elastizitätsmodul zu bestimmen oder die elastischen Eigenschaften mit Hilfe der Prellhärte in Festigkeitsdaten zu übertragen. Zur Gruppe der erstgenannten Arten gehören die Methoden, welche die Fortpflanzungsgeschwindigkeit oder die Resonanzfrequenzen von Schall- oder Ultraschallwellen messen, zur zweitgenannten die Methoden, welche den Rückprallimpuls eines Hammers festzustellen gestatten. Es sind demnach folgende Bezugsketten massgebend:

Geschwindigkeit von Schallwellen — dynamischer Elastizitätsmodul — Betondruckfestigkeit.

Resonanzfrequenz — dynamischer Elastizitätsmodul — Betondruckfestigkeit.

Elastische Eigenschaften — **Rückprallwert** (Hammerwert) — Betondruckfestigkeit.

Die gemessenen Daten stehen in gewissen Verhältnissen zur Betonfestigkeit. Wenn sich diese Verhältnisse mit einzelnen Betoneigenschaften, die nicht unbedingt bekannt sind, ändern, so ist die Festigkeitsberechnung nicht mehr exakt durchführbar. Dies ist namentlich der Fall, wenn das zerstörungsfreie Prüfverfahren auf der Messung der Fortpflanzung von Schallwellen beruht. Abb. 1 zeigt z. B. die verschieden starke Abhängigkeit von Bezugsgrössen der zerstörungsfreien Festigkeitsprüfung vom Hohlraumgehalt des Betons. Man erkennt, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Schallwellen mit zunehmendem Hohlraumgehalt lange nicht in dem Masse absinkt, wie die Druckfestigkeit. Der dynamische Elastizitätsmodul selber steht den Festigkeitseigenschaften schon näher. Seine Umrechnung mit einem konstanten Faktor in Festigkeitsgrössen erscheint möglich, wenn der Hohlraumgehalt über 5 % beträgt.

 Ähnliche unterschiedlich starke Beeinflussungen von Bezugsgrössen, wenn auch nicht in dem Ausmasse, ergeben sich mit der Änderung der Cementdosierung des Betons oder bei Anwendung verschiedener Gesteinsarten als Zuschlag.
Dies hat zur Folge, dass die Festigkeitswerte, die durch zerstörungsfreie Methoden ermittelt werden, mit einem grösseren absoluten Unsicherheitsgrad behaftet sind als die an Prüfkörpern unter der Presse erhaltenen. Die Festigkeitsangabe eines Betons aus zerstörungsfreien Prüfungen, auch wenn sie als Mittelwert aus vielen Einzelmessungen erhalten worden ist, stimmt nicht unbedingt mit der Wirklichkeit überein. Dies ist, wie gesagt, insbesondere der Fall, wenn als Basis die Schallgeschwindigkeit gemessen wird und die Betoneigenschaften, welche deren Beziehung zur Festigkeit beeinflussen, ungenügend bekannt sind. Demgegenüber ist aber den zerstörungsfrei gewonnenen Festigkeitsangaben eine bessere Übereinstimmung und Vergleichbarkeit unter sich zuzuschreiben. Die relativen Fehler innerhalb einer Messreihe sind kleiner. Es lassen sich somit aus solchen Untersuchungsergebnissen, die ja auch leicht in grosser Zahl erhältlich sind, sehr zutreffende Erhebungen über die Streuungsverhältnisse der Betonqualität anstellen. Bei vielen Versuchsreihen ist die genaue Ermittlung der absoluten Höhe der Festigkeiten nicht notwendig. Man braucht nur die relativen Werte zu kennen, um die Einflüsse z. B. der Zeit, der Temperatur oder von Frostwechseln zu beurteilen.

Kurze Beschreibung der am meisten verwendeten Verfahren

a) Die **Fortpflanzungsgeschwindigkeit** von Schallwellen lässt sich durch eine genaue Messung der zeitlichen Verschiebung gesendeter und empfangener Schallimpulsen bestimmen. Als Sender und Empfänger dienen zumeist Piezoquarze, welche an den Beton angelegt werden und mechanische Kräfte (Druck) in elektrische Spannung und umgekehrt wandeln. Der lineare Abstand der Quarze entspricht der Wegstrecke, die bei der Berechnung der Geschwindigkeit massgebend ist. Als Messgerät dient ein Elektrodenstrahloszillograph mit Zeitimpuls (Abb. 2). Die Methode kann sowohl bei Probekörpern als auch bei Konstruktionsbeton angewandt werden. Die mit Spezialgeräten zu bewältigende maximale Weglänge beträgt 6—7 m.

b) Die Bestimmungsmethode nach der **Resonanzfrequenz** (Abb. 3) lässt sich nur an Probekörpern bestimmter Abmessungen anwenden. Die Resonanzfrequenz entspricht derjenigen Schwingungs-

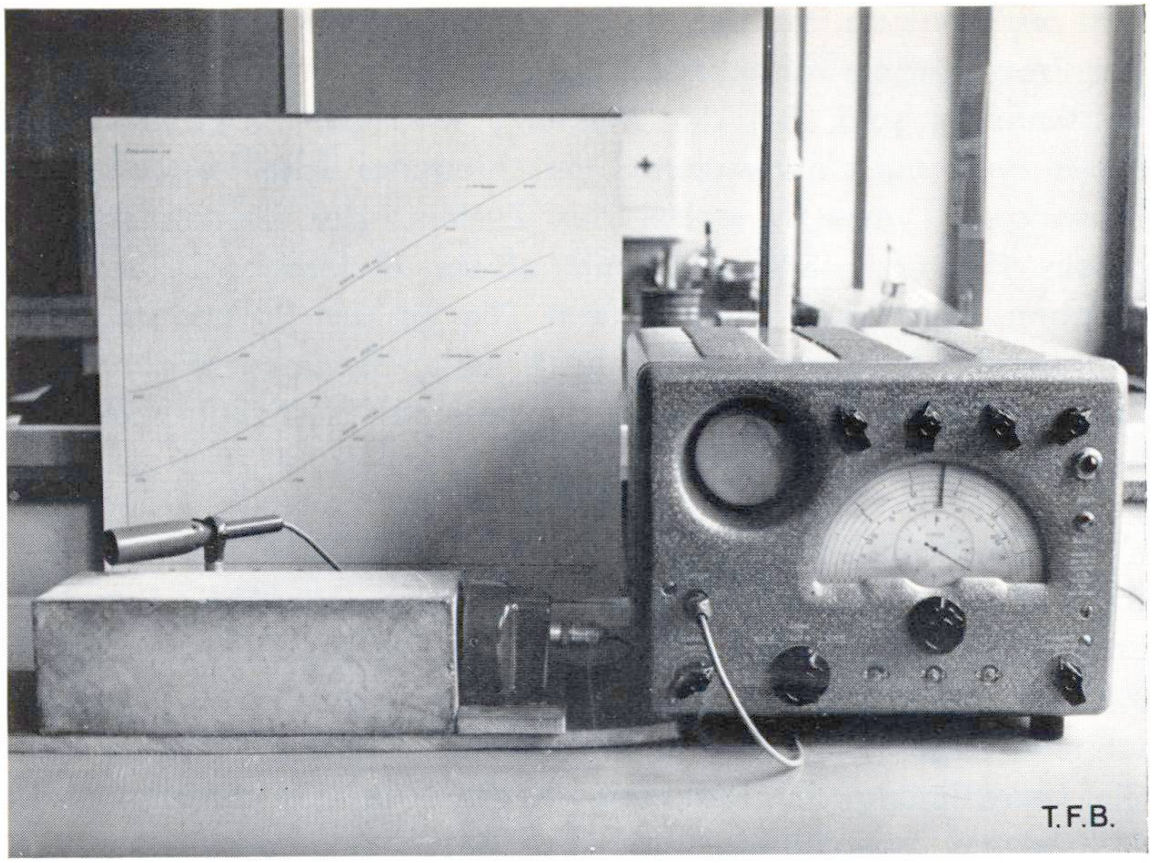
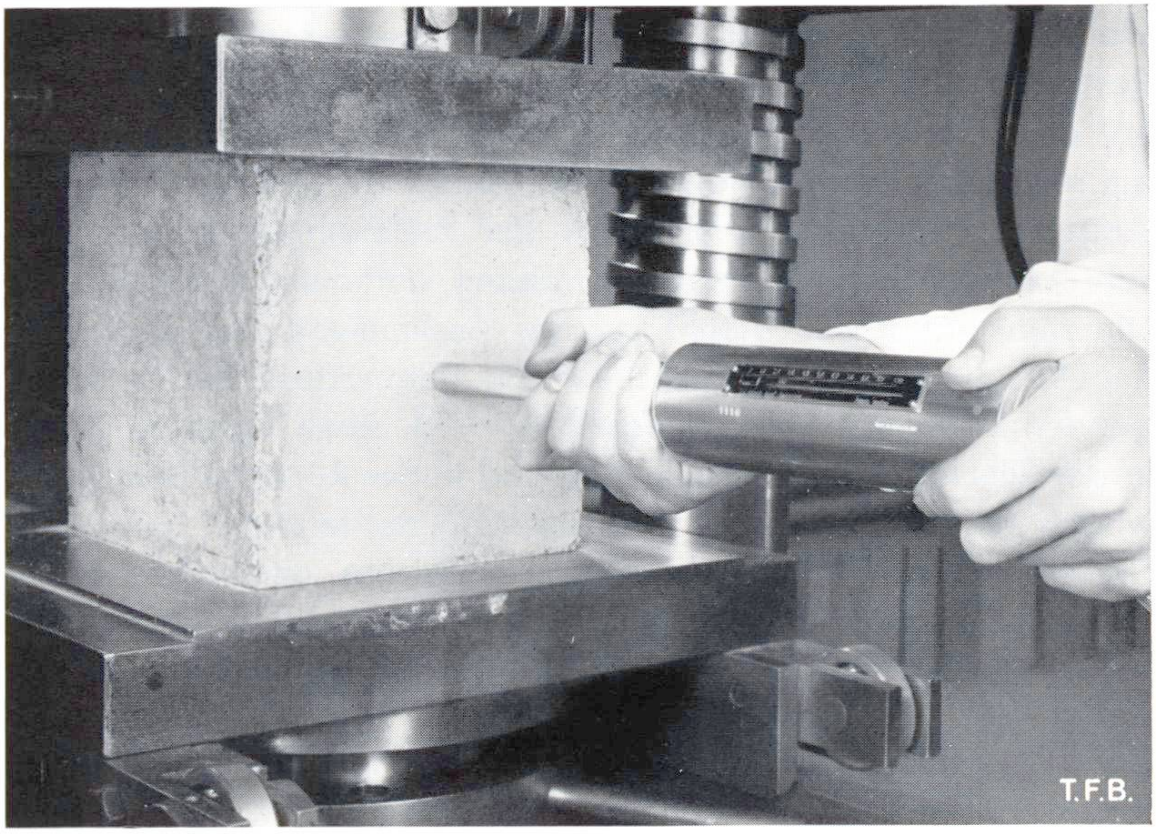


Abb. 3 Gerät für die zerstörungsfreie Festigkeitsprüfung an Beton-Probekörpern nach dem Prinzip der Messung der Resonanzfrequenz. Man erkennt am Probekörper den Schwingungsgeber und den Pick-up zur Feststellung des Resonanzzustandes in Verbindung mit dem Elektronenstrahloszillographen (kleiner Bildschirm). An der Skala des elektronischen Gerätes wird die eingestellte Frequenz (= Schwingungszahl pro Sekunde) abgelesen

Abb. 4 Beton-Prüfhammer nach E. Schmidt bei einer Kontrollmessung an einem Probewürfel. Der Hammer ist in Bereitschaftsstellung. Zur Prüfung wird der herausstehende Schlagbolzen in das Gerät hineingedrückt, wobei die Schlagfeder gespannt und zuletzt der Schlag ausgelöst wird



zahl pro Sekunde, bei der die erzeugten und an den Stirnwänden des Probekörpers reflektierten Schallwellen in ihren Phasen übereinstimmend sind. Bei der Messung wird der Probekörper an einem Ende mit einer Auswahl verschiedener Schallfrequenzen in Schwingung versetzt, wobei der Zustand der Resonanzen mit einem Pick-up, verbunden mit einem Elektrodenstrahloszillographen, festgestellt werden kann. Die für den Resonanzzustand zutreffende Schwingungszahl lässt unter Berücksichtigung der Probekörperabmessung auf den dynamischen Elastizitätsmodul des Betons schliessen.

c) Zur Festigkeitsbestimmung nach der **Prellhärte** dient zumeist der bekannte Betonprüfhammer nach E. Schmidt (Abb. 4 und 5). Es ist die zerstörungsfreie Prüfmethode, die dank ihrer einfachen Art der Durchführung und ihrer relativen Genauigkeit eine sehr schnelle allgemeine Verbreitung gefunden hat.
Die Umrechnung der Prellhärte in die Würfeldruckfestigkeit ist weitgehend unabhängig von der Betonzusammensetzung. Etwelche diesbezügliche Abweichungen kommen vor bei wenig festem oder stark verunreinigtem Zuschlagsgestein oder solchem mit übermässig glatter Oberfläche. Ferner haben versteckte Kiesnester und hoher Feuchtigkeitsgehalt des Betons einen Einfluss auf die Umrechnung. Auch das Alter des Betons wirkt sich auf die Beziehung Prellhärte — Druckfestigkeit aus, weil die Prellhärte sich nur auf die Eigenschaften der obersten Betonschicht bezieht. Alter trockener Beton hat an der Oberfläche eine zusätzliche Erhärtung durch die Karbonatisierung des freien Kalkes erfahren, wodurch diesem, mit dem Prüfhammer gemessen, eine höhere Festigkeit, als in Wirklichkeit bestehend, zugesprochen wird. Das auf dem Gerät angegebene Umrechnungsdiagramm bezieht sich auf relativ trockenen Beton im Alter von 14 bis 56 Tagen. Weitere Angaben über die Charakteristik der Prüfmethode können der sehr ausführlichen Gebrauchsanweisung entnommen werden.
Die Messung selber beruht auf der Bestimmung des Rückprallimpulses (Hammerwert) eines auf die Betonoberfläche aufschlagenden Hammers. Der Schlagkörper wird durch dieselbe Feder in der Schlagrichtung beschleunigt und in der Rückprallbewegung wieder abgebremst. Dabei wird der Weg der letzteren gemessen. Der Hammerwert eines begrenzten Bereiches einer Betonoberfläche wird durch das arithmetische Mittel aus 10 oder mehr Einzelbestimmungen gebildet. Eine Einzelbestimmung nimmt sehr wenig Zeit in Anspruch.
Vom Prüfhammer sind verschiedene Modelle erhältlich, nämlich speziell für normalen Beton, für leichte Betonteile, für Massen-

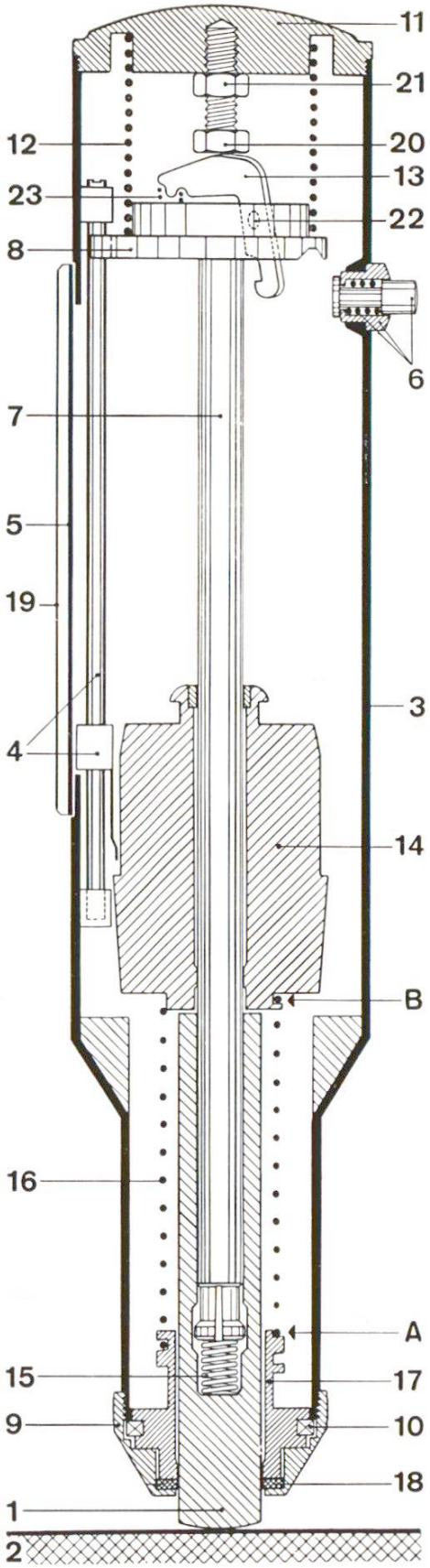


Abb. 5 Längsschnitt des Beton-Prüfhammers nach E. Schmidt, Mod. N im Moment des Hammeraufschlages

1 Schlagbolzen
2 Betonoberfläche
4 Zeiger mit Stange
5 Skala
6 Arretierungsknopf
7 Laufstange
12 Druckfeder
13 Klinke
14 Schlagkörper
15 Rückstossfeder
16 Schlagfeder

beton und für Leichtbaustoffe und Verputze. Das Gerät zum letztgenannten Zweck ist grundsätzlich anders konstruiert, arbeitet aber nach demselben Versuchsprinzip. Der Schlagkörper, der breiter ausgebildet ist, wirkt direkt auf die zu prüfende Oberfläche und nicht über ein ruhendes Zwischenstück (Abb. 6).

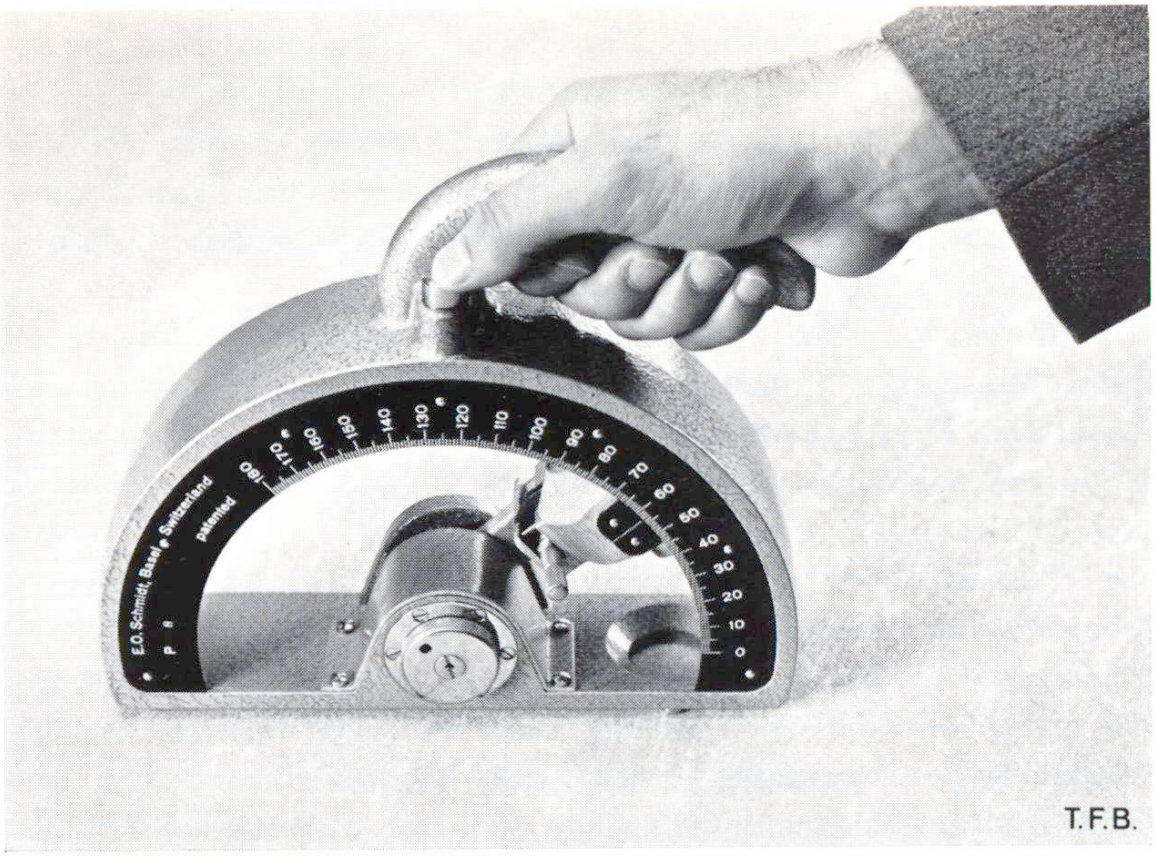


Abb. 6 Prüfhammer nach E. Schmidt, Mod. P für Baumaterialien geringerer Härte und Festigkeit

Literaturangaben:

L'Hermite, La résistance du béton et sa mesure, Ann. Inst. Techn. N° 5 (Paris, février 1949).

J. R. Leslie, W. J. Cheesman, An Ultrasonic Method of Studing Deterioration and Cracking in Concrete Structures, J. Am. Concr. Inst., **Proc. 46,** 17 (Sept. 1949).

G. Dawance, J. Chefdeville, Schallmessungen an Beton, RILEM-Bulletin Nr. 15 (Paris, août 1953).
Übersetzt und bearbeitet von **E. Beusch,** Schw. Archiv, **21,** 233 und 313 (1955).

M. F. Kaplan, Mag. Concr. Res. **11** (32), 85 (July 1959), Mag.Concr. Res. **12** (34), 3 (March 1960), J. Am. Concr. Inst., **Proc. 56,** 853 (March 1960).

J. Kolek, An Appreciation of the Schmidt Rebound Hammer, Mag. Concr. Res. **10** (28), 27 (March 1958).

Zu jeder weitern Auskunft steht zur Verfügung die
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE DER SCHWEIZERISCHEN ZEMENTINDUSTRIE WILDEGG, Telephon (064) 8 43 71