

SONDERDRUCK HEFT 2/78

beton fertigteile **werkstein**

Organ der Bundesfachgruppe
Betonfertigteile und
Betonwerkstein
im Zentralverband des
Deutschen Baugewerbes

Neuartige Erhärtungsprüfung an Bauteilen aus Beton

Dr.-Ing. G. Drinkgern

Neuartige Erhärtungsprüfung an Bauteilen aus Beton*)

Dr.-Ing. G. Drinkgern

Die hier beschriebene Bestimmung der Druckfestigkeit des Betons an Bauwerken, Beton-Bauteilen und Betonstraßen wurde in Dänemark entwickelt. Die entscheidenden Versuche [1], [4] und [9] fanden 1962, 1963 und 1976 statt. Das Prüfverfahren ist in Skandinavien unter dem Namen „Lok-Test“ bekannt.

Beim „Lok-Test“ werden Ankerplatten in den Beton einbetoniert. Die Ankerplatten werden an der Innenseite der Schalung befestigt. Die Ankerplatte hat einen Durchmesser von 25 mm und eine Dicke von 8,5 mm. Sie liegt 25 mm tief im Beton (siehe Abb. 1).

Über die Zugkraft, die erforderlich ist, um die Ankerplatte herauszuziehen, wird auf die Betondruckfestigkeit geschlossen. Um am Zugstab jede Reibung zu vermeiden, wird der Abstandshalter der Ankerplatte herausgeschraubt und durch einen Zugstab mit einem Durchmesser von 7,2 mm ersetzt (s. Abb. 2).

Referat anlässlich einer Arbeitssitzung am 11. 11. 1976 der Regionalgruppe Niedersachsen des Verbandes Deutscher Betoningenieure e. V.

Die Zugvorrichtung wird manuell bedient. Ein Spezial-Ventil sorgt dafür, daß die Zugkraft gleichmäßig steigt. An einem Manometer wird die Zugkraft abgelesen (s. Abb. 3).

Zwischen Zugkraft und Betondruckfestigkeit besteht folgende Beziehung:

$$L = 5 + 0,8 \cdot \beta_c$$

Hierin bedeuten:

L = Zugkraft (abgelesen am Manometer der Zugkraftvorrichtung) in kN

β_c = Zylinderdruckfestigkeit in MN/m^2

Umrechnung auf Würfel mit 20 cm Kantenlänge nach DIN 1045:

$$\beta_n = 1,25 \cdot \beta_c \quad (\text{Bn } 150 \text{ u. geringer})$$

$$\beta_n = 1,18 \cdot \beta_c \quad (\text{Bn } 250 \text{ u. höher})$$

Beispiel:

Betondruckfestigkeit: $\beta_c = 50 \text{ MN/m}^2$

Anzahl der Ankerplatten im Beton-Bauteil: 14

Die erforderliche Zugkraft beträgt dann:

$$L = 5 + 0,8 \cdot 50 = 45,0 \text{ kN}$$

Da jedem Apparat, mit dem die Ankerplatten gezogen werden, eine Eichkurve beigegeben ist, müßte beispielsweise nach dieser Kurve am Manometer 46 kN erreicht werden.

Der „Lok-Test“ kann nun zerstörungsfrei oder durch Herausziehen der Ankerplatten durchgeführt werden.

Der Prüfapparat wird am Beton befestigt und die Belastung bis auf 46 kN gesteigert (s. Abb. 4).

Nach den dänischen Vorschriften darf bei dieser Zugkraft keine der 14 Ankerplatten herausgerissen werden. Werden eine oder mehr herausgerissen, müssen alle Platten gezogen werden. Die Zugkräfte werden aufgeschrieben und statistisch ausgewertet.

Bei der zerstörenden Prüfung werden alle Platten bis zum Bruch des Betons angezogen. Aus den Zugkräften wird der Mittelwert und die Standardabweichung bzw. die 5% Fraktile gebildet. Die Beurteilung des Ergebnisses wird nach den Normen der einzelnen Länder vorgenommen; in der BRD nach DIN 1045 und DIN 1048, Teil 2.

Gewöhnlich ersetzen 2 „Lok-Tests“ die Prüfung eines Zylinders bzw. eines Würfels. Bei 20 „Lok-Tests“ wird die Druckfestigkeit des Betons mit annähernd 5%iger Genauigkeit, bei 10 „Lok-Tests“ mit fast 10%iger Genauigkeit ermittelt.

Nach der dänischen Norm DS 411 ist es erlaubt, wenn am Bauwerk oder am Bauteil der „Lok-Test“ durchgeführt wird, die geforderte Festigkeit um 10% zu reduzieren. Neuere Untersuchungen haben ergeben, daß es eher 20% als 10% sind.

Die DIN 1048, Teil 2, verlangt, daß die Ergebnisse von zerstörenden Prüfungen am Bauwerk oder am Bauteil mindestens 85% der geforderten Serien- und Nennfestigkeit betragen müssen.

Das „Lok-Test“-Verfahren ist ein durch umfangreiche Untersuchungen [1] bis [12] abgesichertes Verfahren. Um zu verhindern, daß nach „deutscher Gründlichkeit“ wieder beim Stande „Null“ bei der Beurteilung dieses Verfahrens begonnen wird, sind

Abb. 1: Einbetonierte Ankerplatte.

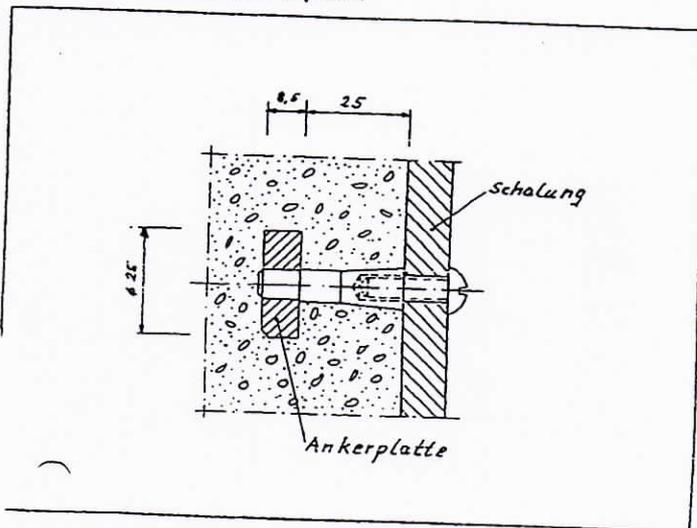
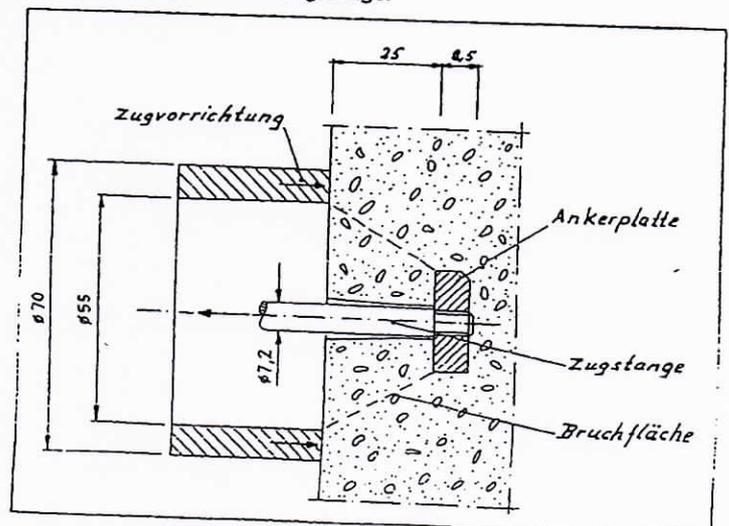


Abb. 2: Ankerplatte mit Zugstange.



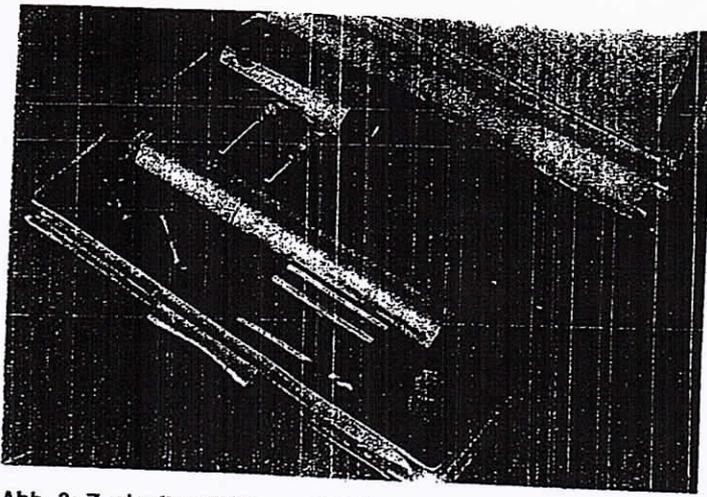


Abb. 3: Zugkraftvorrichtung mit Zubehör).

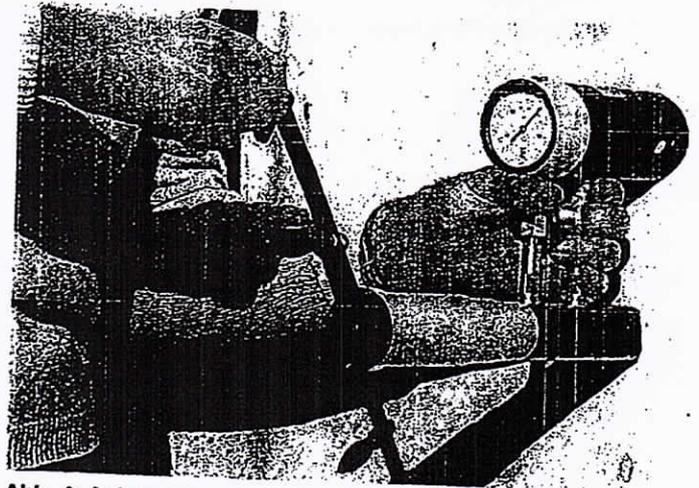


Abb. 4: Aufgesetzte Zugkraftvorrichtung.

den Literaturhinweisen kurze Zusammenfassungen beigefügt. Außerdem sind die Adressen der Forschungsinstitute angegeben, bei denen die Forschungsberichte abgerufen werden können. Einige zusätzliche Bestätigungsprüfungen müßten genügen, daß dieses Verfahren in der Bundesrepublik Eingang findet. Da es leicht zu handhaben und wirtschaftlich ist, könnte das „Lok-Test“-Verfahren dazu beitragen, daß die im Betonbau ständig steigenden Kosten der Güteüberwachung reduziert werden. Von diesem Verfahren könnte ein Rationalisierungseffekt ausgehen, der unserer „Würfelinflation“ den Garaus macht.

Literaturhinweise

[1] Lok-Strength Testing of Concrete.

Report no. S/69 - 1970

May 22., 1970

Author: Herbert Krenchel, Dr. techn. Structural Research Laboratory Technical University of Denmark

Der Bericht (21 Seiten in dänischer Sprache) enthält Prüfergebnisse von Betonsorten. Für jede Betonsorte werden 5 Standard-Zylinder (150 mm Durchmesser, 300 mm Höhe) zur Bestimmung der Druckzylinderfestigkeit hergestellt. Für jede Sorte wurden außerdem 5 Würfel (200 x 200 x 200 mm) mit zwei „Lok-Test“-Bolzen, einbetoniert an zwei gegenüberliegenden Seiten, hergestellt. Dadurch konnte an jedem Würfel die „Lok“-Kraft zweimal geprüft werden.

Die folgenden Einflüsse werden beschrieben: Zementsorte, Lagerungsbedingungen, Alter des Betons und Zuschläge. Es wurde eine lineare Regressionsgerade zwischen der „Lok“-Kraft und der Druckfestigkeit für das Größtkorn der Zuschläge von 16 mm und 32 mm gefunden.

Gerät ist zu beziehen von der Lok-Test ApS Gulkloevervej 2, 2400 Copenhagen (Dänemark).

[2] Lok-Testing, A Non-Destructive Concrete Compression Test.

May 19., 1973

Author: Hans Chr. Sørensen, Ph.D. Structural Research Laboratory Technical University of Denmark

Der Bericht (10 Seiten in englischer Sprache) wurde vorgetragen auf der Internationalen Konferenz für Stahlbeton in Lissabon, Juni 1973. Er enthält eine Beschreibung der „Lok-Test“-Methode, des Untersuchungsmodells und der wesentlichen in [1] erwähnten Versuchsergebnisse, eine Analyse der Ergebnisse und Vorschläge für weitere Untersuchungen.

[3] Lok-Strength Testing of Concrete.

Report no. S/69 - 1974

June 30., 1974

Authors: T. Brøndum Nielsen, Prof. Dr. techn. and Herbert Krenchel, Dr. techn.

Structural Research Laboratory Technical University of Denmark

Der Bericht (6 Seiten in dänischer Sprache) beschreibt mit wenigen Worten die „Lok-Test“-Methode und die Entwicklung zur „Lok“-Prüfung. Er faßt die Untersuchungen dieser Methode, die am Structural Research Laboratory bis 1974 durchgeführt wurden, zusammen.

Zusammenfassend werden nachdrücklich die lineare Beziehung zwischen der „Lok“-Kraft und der Druckfestigkeit des Betons, die Genauigkeit dieser Beziehung und außerdem eine Bewertung der „Lok-Test“-Methode für praktische Zwecke, verglichen mit anderen Prüfverfahren, herausgestellt.

[4] Lok-Strength

June 1., 1975

Author: P. Kierkegaard-Hansen, Ass. Professor, Civilingeniør, Cand. Stat.

Nordisk Betong, issue 3, 1975

Die Veröffentlichung (10 Seiten in englischer Sprache) bringt eine vollständige Beschreibung der „Lok-Test“-Methode und der Prüfungen, die seit 1962 an der „Building Division of Danmarks Ingeniørakademi“, am „Danish National Institute of Building Research“, am „Structural Research Laboratory of the Technical University of Denmark“ und an verschiedenen Baustellen durchgeführt wurden. Die Hauptuntersuchungen der wesentlichen Beziehung zwischen der „Lok“-Kraft und der Druckfestigkeit des Betons wurden vom Verfasser in den Jahren 1962 und 1963 durchgeführt. Insgesamt wurden 100 Standard-Zylinder aus Beton (Durchmesser 150 mm, Höhe 300 mm), an deren Unterseite ein „Lok-Test“-Bolzen einbetoniert war, in einer 10er Serie verschiedener Sorten hergestellt. Die Zylinder wurden 1 Woche in Wasser normal gelagert. Unmittelbar vor der Prüfung wurden wahllos 5 Zylinder einer Serie für die Zylinder-Druckfestigkeitsprüfung und 5 Zylinder für die „Lok-Test“-Prüfung entnommen. Nach dem Messen der „Lok“-Kraft an 50 Zylindern wurden diese Zylinder zusätzlich noch abgedrückt, um die Zylinder-Druckfestigkeit zu bestimmen. Von den 50 Zylindern, die für die Druckfestigkeitsbestimmung benötigt wurden, wurden hinterher noch an 31 Stück, bei denen die Druckfläche nach der Zylinder-Druckprüfung noch intakt war, der „Lok-Test“-Bolzen herausgezogen. Es wurde eine lineare Beziehung zwischen der „Lok“-Kraft und der Zylinder-Druckfestigkeit gefunden. Diese Beziehung wurde später durch verschiedene andere Versuche an Universitäts-Instituten in Dänemark und Schweden überprüft.

[5] Evaluation of the Strength of Concrete.

November 1., 1975

Author: Poul Erik Poulsen, Civilingeniør

Report No. 75: 64, part one and part two
The Building Division
Danmarks Ingeniørakademi

Der Bericht (145 Seiten in dänischer Sprache) beschreibt Druckfestigkeitsversuche, die an der „Danmarks Ingeniørakademi“ durchgeführt wurden, um nachzuweisen, daß die Druckfestigkeit an Zylindern, die aus einwandfrei hergestellten Betonkonstruktionen gebohrt wurden, 10 ÷ 30 % niedriger ist, als die Druckfestigkeit an parallel hergestellten Standard-Zylindern. Die Druckfestigkeit von 36 verschiedenen Konstruktionen wurde außerdem nach dem Verfahren des „Lok-Tests“ (288 Versuche), des Ultraschalls und des Schmidt-Hammers gemessen.

[6] Lok-Tests determine the Compressive Strength of Concrete.
Juni 1., 1976

Authors: B. Chr. Jensen, Akademiingeniør and M. W. Braestrup, Lic. techn.

Nordisk Betong, issue 2, 1975

Die Veröffentlichung (3 Seiten in englischer Sprache) weist mit Hilfe des Coulomb'schen Bruchkriteriums nach, daß die „Lok“-Kraft proportional der Druckfestigkeit des Betons ist.

[7] Documentation of the Strength of Concrete in Finished Products.
March 11., 1976

Author: Ulf Bellander, Civilingeniør
Swedish Research Institute for Cement and Concrete
Technical University of Sweden

Der Bericht (36 Seiten in schwedischer Sprache) beschreibt umfassend Vergleichsversuche nach folgenden Methoden zur Messung der Betonruckfestigkeit an Betonkonstruktionen: „Lok-Test“, Ultraschall und gearte Prüfkörper. Die Regressionskurve zwischen der „Lok“-Kraft und der Druckfestigkeit wird überprüft und herausgefunden, daß sie unabhängig von den unterschiedlichen Lagerungsbedingungen ist.

[8] Lok-Strength of OT-Beams.
November 1., 1976

Authors: P. Kierkegaard-Hansen, Ass. Professor, Civilingeniør, Cand. Stat. and
Steen Leksø, Civilingeniør

Report No. 67
The National Road Laboratory

Der Bericht (8 Seiten in dänischer Sprache) beschreibt Versuche am „National Road Laboratory“ mit dem Ziel, die praktische Anwendung der „Lok-Test“-Prüfungen bei der Bestimmung der Druckfestigkeit an Spannbetonschwellen aufzuzeigen. Es zeigt sich, daß die Methode sehr wohl geeignet ist, den Zeitpunkt der Spann-

kraft-Übertragung oder der Entspannung zu bestimmen.

[9] Testing of the Strength of Concrete Constructions with Lok-Test Equipment.
March 1., 1977

Authors: Steen Leksø, Civilingeniør and
O. Westermann Jensen, Akademiingeniør

Tekniske Meddelelser fra Baneafdelingen, issue 7, Aarg. No. 1977
The Danish State Railways

Der Bericht (14 Seiten in dänischer Sprache) beschreibt aktuelle Baustellen-Versuche, die von den „Danish State Railways“ und dem „National Road Laboratory“ 1976 durchgeführt wurden. Auf der Grundlage von 720 „Lok-Test“-Prüfungen und 240 Zylinderprüfungen ist zu folgern, daß die „Lok-Test“-Methode völlig gleichwertig ist mit den herkömmlichen Prüfungen an Zylinderproben, die auf Baustellen verwendet werden. Hinzugefügt werden muß, daß mit der „Lok-Test“-Methode die tatsächliche Druckfestigkeit im Bauwerk ermittelt wird. Die lineare Beziehung zwischen der „Lok“-Kraft und der Druckfestigkeit wird auch von diesen Versuchen erhärtet.

[10] Testing of the Strength of Concrete Constructions with Lok-Test Equipment.
December 1., 1976

Authors: Steen Leksø, Civilingeniør and
O. Westermann Jensen, Akademiingeniør

Report No. 30
The National Road Laboratory

Der Bericht (14 Seiten in dänischer Sprache) ist identisch mit dem Bericht [9]. Er enthält aber zusätzlich eine Zusammenfassung in englischer Sprache.

[11] Instruction for Performing Strength Measurement and Control of In-Situ Concrete.
April 30., 1977

Standard for Lok-Testing.
Leveringsbetingelser og prøvningsmetoder no. 10
The National Road Laboratory

Die Anleitung (10 Seiten in dänischer Sprache) beschreibt ausführlich, wie die „Lok-Test“-Methode auf Baustellen gemäß den dänischen Normen anzuwenden ist. Es wird sowohl über zerstörungsfreie als auch teilweise über nicht zerstörungsfreie Versuche berichtet.

[12] The Influence of the individual Persons on the Result of Casting Concrete Specimens.
October 1., 1976

Author: Steen Leksø, Civilingeniør
Report No. 28
The National Road Laboratory

Diese Veröffentlichung beschreibt einige weitere Versuche in Ergänzung zu den Versuchen nach [9] und [10], um den Einfluß des Laboranten auf die Qualität der Standard-Zylinder zu untersuchen. Diese Versuche wurden vom „National Road Laboratory“ und von den „Danish State Railways“ durchgeführt und weisen einen beachtenswerten Einfluß nach.

**Adressen der Forschungs-
institute und der
zuständigen Behörden**

The Technical University
of Denmark
Structural Research Laboratory
Building 118
2800 Lyngby
Denmark

Danmarks Ingeniørakademi
The Building Division
Building 373
2800 Lyngby
Denmark

Technical University of Sweden
Swedish Research Institute
for Cement and Concrete
Fack
1044 Stockholm 70
Sweden

Nordisk Betong
The Nordic Concrete Federation
Fack
1044 Stockholm 70
Sweden

The National Road Laboratory
(Statens Vejlaboratorium)
Elisagårdsvej 5-7
4000 Roskilde
Denmark

The Danish State Railways
(DSB), Brokontor I
Linnesgade 18
1361 K Copenhagen
Denmark

The Danish Department of Rouds
(Vejdirektoratet)
Havnegade 23-25
1058 K Copenhagen
Denmark