

BETON	Prüfung des erhärteten Betons Reindichte, Rohdichte, Porosität	TGL ★ 21094 Blatt 2
	Baulinformation Zentraler Feststellungs- und Prüfamt E K	Gruppe 700

Verbindlich ab 1. 7. 1970

Dieser Standard gilt für erhärteten Beton mit einer Rohdichte im trockenen Zustand (ρ_{2tr}) von mindestens $1,8 \text{ kg/dm}^3$ und einem Größtkorn über 2 mm.

1. REINDICHTE

1.1. Begriff

Reindichte (ρ_1) = Quotient aus der Masse des bei 105°C bis zur Massekonstanz getrockneten Betons und dem Volumen des porenfreien Stoffes

1.2. Kurzbeschreibung des Prüfverfahrens

Eine bestimmte Masse Betonpulver ist in ein Pycnometer zu füllen und mit Tetrachlorkohlenstoff zu mischen. Aus Masse und Volumen der Ausgangsstoffe ist die Reindichte zu berechnen.

1.3. Probenahme

Das Volumen der Einzelproben muß betragen:

Verbindlichkeit aufgehoben ab 1. 7. 88 ohne Ersatz.

Tabelle 1

Beton aus Körnungen mm	Probengröße mm	Anzahl mindestens
bis 12,5	110	1
über 12,5 bis 35,5	150	2
über 35,5	200	4

ersetzt durch TGL 334.33/02, 5.87
1094

Die Einzelproben sind aus dem zu prüfenden Bauwerk oder Bauteil zu entnehmen.

1.4. Anzahl der Prüfungen

Die Reindichte ist an 3 Einzelproben beliebiger Form zu bestimmen. An jeder Einzelprobe müssen zwei Prüfungen ausgeführt werden, wobei die Differenz zwischen den Ergebnissen nicht mehr als $0,005 \text{ g/cm}^3$ betragen darf. Im anderen Falle muß der Prüfungsvorgang wiederholt werden.

1.5. Prüfhilfsmittel

1.5.1. Prüfgeräte

Gaspycnometer 50 oder 100 ml mit Glasstopfen und Kapillaren

Exsikkator, Nennweite 100 bis 300 mm, implosionssicher, nach TGL 8204

Vakuumpumpe für mindestens 20 Torr

Thermostat mit Temperaturgenauigkeit $\pm 0,1 \text{ grad}$

Wärmeschrank für $105^\circ\text{C} \pm 5 \text{ grad}$

Analysenwaage mit einer Genauigkeit von 0,0002 g einschließlich Feinwägestücke

Quecksilbermanometer

1.5.2. Reagenzien

Tetrachlorkohlenstoff als Prüf Flüssigkeit

Fortsetzung Seite 2 bis 5

Bestätigt am 18.12. 1969 VVB Beton, Dresden

FSB zuständiger Fachbereich 110 bis 119

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Nachdruckserlaubnis oder Quellenangabe gestattet

© 19 45 513/26/10/71.0

1.6. Probenvorbereitung

Die Einzelproben sind nach einer Vortrocknung bis auf 2 mm Korngröße zu zerkleinern. Mittels diagonaler Teilung eines ausgebreiteten Kegelstumpfes sind etwa 100 bis 150 g zu entnehmen und diese nochmals so weit zu zerkleinern, bis sich das Betonpulver ohne Rückstand durch ein Sieb mit Prüf sieb Gewebe 0,2 nach TGL 0-4188 Bl. 1 sieben läßt. Das so gewonnene Prüfmaterial ist in zwei Prüfproben zu teilen.

Die zerkleinerten Einzelproben sind bei einer Temperatur von $105^{\circ}\text{C} \pm 5$ grad bis zur Massekonstanz zu trocknen. Die Massekonstanz ist erreicht, wenn die Massedifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Wägungen im Abstand von 2 h Trockenzeit kleiner als 0,1 % der zuletzt festgestellten Masse ist. Zwischen den Wägungen sind die Proben in einem Exsikkator auf $20^{\circ}\text{C} \pm 2$ grad abzukühlen.

1.7. Durchführung der Prüfung

1.7.1. Alle Wägungen sind mit einer Genauigkeit von 0,0002 g durchzuführen.

1.7.2. Das Pyknometer ist mit destilliertem Wasser, danach mit Spiritus und anschließend mit Äther zu reinigen, zu trocknen und seine Masse (m_1) zu bestimmen. Nicht geeichte Glaspyknometer sind vor der Bestimmung der Reindichte mit destilliertem Wasser zu füllen und eine Stunde in den Thermostat bei einer Temperatur von $20^{\circ}\text{C} \pm 0,1$ grad zu stellen. Danach ist das überstehende Wasser mit Filterpapier abzusaugen, das Pyknometer außen sorgfältig zu trocknen und die Masse des gefüllten Pyknometers (m_4) zu ermitteln.

1.7.3. Das geeichte und getrocknete Pyknometer ist bis zur Hälfte mit dem getrockneten Betonpulver nach Abschnitt 1.6. anzufüllen und die Masse (m_2) festzustellen. Dann ist die Prüfflüssigkeit 3 bis 5 mm über die Oberfläche des Pulvers zu gießen. Zur Entfernung feinsten Luft-einschlusses muß das Pyknometer in den Exsikkator eingelegt und dieser etwa 20 bis 30 min an die Vakuumpumpe angeschlossen werden, mit der ein Vakuum von mindestens 20 Torr zu erzeugen ist. Das Vakuum ist mittels Quecksilbermanometer zu prüfen.

Anschließend ist das Pyknometer bis zum Rand vorsichtig so mit der Prüfflüssigkeit aufzufüllen, daß Bläschenbildung vermieden wird. Das Pyknometer ist mit dem Glasstopfen zu verschließen, wobei die Prüfflüssigkeit in der am Pfropfen angebrachten Kapillare hochsteigt. Das vollgefüllte Pyknometer ist eine Stunde in den Thermostat bei $20^{\circ}\text{C} \pm 0,1$ grad zu stellen. Danach ist die überstehende Flüssigkeit mit Filterpapier abzusaugen, das Pyknometer außen sorgfältig abzutrocknen und seine Masse (m_3) zu bestimmen.

Die Reindichte darf auch bei einer anderen Temperatur der Eichflüssigkeit mit einem Pyknometer mit Temperaturanzeige bestimmt werden. Die Ergebnisse sind in diesem Falle auf die Bezugstemperatur von 20°C umzurechnen.

1.8. Auswertung der Prüfung

Die Reindichte des Betons ist zu errechnen aus

$$\rho_1 = \frac{m_2 - m_1}{a(m_4 - m_1) - a(m_3 - m_2)} \quad \left[\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right]$$

Es bedeuten:

- m_1 = Masse des leeren Pyknometers in g
- m_2 = Masse des Pyknometers mit Betonpulver in g
- m_3 = Masse des Pyknometers mit Betonpulver und Prüfflüssigkeit in g
- m_4 = Masse des Pyknometers mit destilliertem Wasser in g
- a = Reziproker Wert der Reindichte von destilliertem Wasser bei $20^{\circ}\text{C} = 1,003 \text{ cm}^3/\text{g}$

Die Reindichte ist als Mittelwert von zwei Prüfergebnissen einer Einzelprobe mit einer Genauigkeit von $0,001 \text{ g}/\text{cm}^3$ anzugeben.

1.9. Prüfprotokoll

Im Prüfprotokoll sind mindestens anzugeben:

- Bezeichnung der Probe
- Alter des Betons
- Reindichte der drei Einzelproben

Wiederholungen der Bestimmung sind im Protokoll unter Angabe der fehlerhaften Werte besonders anzugeben.

2. ROHDICHTE

2.1. Begriff

Rohdichte im trockenen Zustand ($\rho_{2\ tr}$) = Quotient aus der Masse des bis zur Massekonstanz getrockneten Betons und dem Volumen des Stoffes einschließlich Gesamtporenraum

Rohdichte im luftfeuchten Zustand ($\rho_{2\ f}$) = Quotient aus der Masse des Betons im luftfeuchten Zustand und dem Volumen des Stoffes einschließlich Gesamtporenraum

2.2. Kurzbeschreibung des Prüfverfahrens

Von einer Einzelprobe beliebiger Form ist das Volumen zu bestimmen und die Masse, bezogen auf die Raumeinheit, festzustellen.

2.3. Probenahme

Das Volumen der Einzelproben muß betragen:

Tabelle 2

Beton aus Körnungen mm	Probengröße dm ³ mindestens
bis 12,5	1
bis 35,5	2
über 35,5	4

2.4. Anzahl der Prüfungen

Die Rohdichte ist an 3 Einzelproben beliebiger Form zu bestimmen.

2.5. Prüfhilfsmittel

Feinwaage mit einer Genauigkeit von 1 g

Schublehre mit einer Genauigkeit von 0,1 mm

Wärmeschrank für 105 °C ± 5 grad

Exsikkator nach TGL 8204

Volumenometer oder hydrostatische Waage (Senkwaage). Die Funktionstüchtigkeit der Waage ist vor der Prüfung mit einem geometrisch bestimmten Eichkörper, dessen Wasseraufnahme gleich Null ist und der durch Wasser nicht beeinflusst wird, zu kontrollieren.

Paraffin, Reindichte $\approx 0,93$ g/cm³ oder andere porenschließende Stoffe.

2.6. Probenvorbereitung

Die Einzelproben sind entweder bei der Prüfung der Rohdichte im trockenen Zustand bei 105 °C ± 5 grad bis zur Massekonstanz zu trocknen oder bei der Prüfung der Rohdichte im luftfeuchten Zustand bis zur Prüfung in einem geschlossenen Raum bei 20 °C ± 3 grad und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 65 % ± 10 % mindestens 48 h zu lagern. Getrocknete Proben sind auf 20 °C ± 3 grad so abzukühlen, daß sie keine Feuchtigkeit aufnehmen, beispielsweise durch Lagerung im Exsikkator oder in verschlossenem Plastbeutel.

2.7. Durchführung der Prüfung

2.7.1. Von der Einzelprobe ist die Masse m_{tr} bzw. m_f mit einer Genauigkeit von 0,001 kg festzustellen.

2.7.2. Von einer Einzelprobe mit regelmäßiger Form ist danach das Volumen V aus den mit einer Genauigkeit von 0,5 % ermittelten geometrischen Abmessungen zu berechnen.

2.7.3. Das Volumen von Proben mit unregelmäßiger Form und feinporiger Struktur ist entweder aus der Wasserverdrängung im Volumenometer oder mit der hydrostatischen Waage zu bestimmen. Die Proben müssen vorher nach TGL 21 094 Bl. 3, Abschnitt 7. mit Wasser gesättigt werden. Die Wasserlagerung darf durch mindestens 4-stündiges Kochen und anschließender Abkühlung auf $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ersetzt werden.

2.7.4. Das Volumen von Proben mit unregelmäßiger Form und grobporiger Struktur ist wie folgt zu ermitteln:

Nach der Massebestimmung nach Abschnitt 2.7.1. sind die Vertiefungen und offenen Poren der Probekörperoberfläche so mit Paraffin oder anderen geeigneten Stoffen zu verschließen, daß eine gleichmäßige Oberfläche entsteht. Danach ist die Masse m_1 zu bestimmen. Anschließend sind die Proben in heißes Paraffin zu tauchen, bis die Dicke der Paraffinschicht etwa 1 mm beträgt, oder die Oberfläche ist mit anderen geeigneten Stoffen gegen Wasserdurchtritt zu versiegeln. Die Masse m_2 der so vorbehandelten Einzelproben ist zu ermitteln und das Volumen V_p mit einer Genauigkeit von 0,2 % zu bestimmen. Von dem erhaltenen Volumen ist das Volumen des Paraffins abzuziehen, das die Probekörperoberfläche bedeckt.

$$V = V_p - \frac{m_2 - m_1}{\rho_p} \quad \left[\text{dm}^3 \right]$$

Es bedeuten:

V_p = Volumen der vorbehandelten Probe in dm^3

m_1 = Masse der Probe, deren Vertiefungen und offenen Poren gefüllt sind, in kg

m_2 = Masse der Probe mit gefüllten Vertiefungen und Poren und versiegelter Oberfläche in kg

ρ_p = Reindichte des Stoffes für die Oberflächenversiegelung (Paraffin $\approx 0,93\text{ g/cm}^3$) in g/cm^3

2.8. Auswertung der Prüfung

Die Rohdichte des Betons ist zu berechnen aus:

$$\rho_{2tr} = \frac{m_{tr}}{V} \quad \left[\text{kg/dm}^3 \right]$$

Es bedeuten:

m_{tr} = Masse der getrockneten Einzelprobe in kg

V = Volumen der Einzelprobe in dm^3

$$\rho_{2f} = \frac{m_f}{V} \quad \left[\text{kg/dm}^3 \right]$$

Es bedeuten:

m_f = Masse der luftfeuchten Einzelprobe in kg/dm^3

V = Volumen der Einzelprobe in dm^3

Die Rohdichte der Einzelprobe und der Mittelwert aus 3 Einzelproben sind mit einer Genauigkeit von $0,01\text{ kg/dm}^3$ anzugeben.

2.8. Prüfprotokoll

Im Prüfprotokoll sind mindestens anzugeben:

Bezeichnung der Probe
 Alter des Betons
 Prüfmethode
 Rohdichte der Einzelprobe und
 Mittelwert der Rohdichte aus 3 Einzelproben
 Feuchtigkeit des Probekörpers bei der Prüfung

3. POROSITÄT

3.1. Begriff

Porosität (P_w) = Aus der Differenz zwischen Gesamtraum und Dichtraum errechneter Gesamtporenraum des Betons in Volumenprozent

Dichtigkeitsgrad (d) = Der aus dem Verhältnis der Rohdichte des Betons im trockenen Zustand zu dessen Reindichte berechnete Anteil des Dichtraumes am Gesamtraum des Betons

3.2. Kurzbeschreibung des Prüfverfahrens

Reindichte ρ_1 nach Abschnitt 1.

Rohdichte im trockenen Zustand ρ_{2tr} nach Abschnitt 2.

3.3. Berechnung der Porosität

Der Dichtigkeitsgrad d ist zu berechnen aus

$$d = \frac{\rho_{2tr}}{\rho_1} \quad [-]$$

Es bedeuten:

ρ_{2tr} = Rohdichte im trockenen Zustand in kg/dm^3

ρ_1 = Reindichte in g/cm^3

Die Porosität P_w des Betons ist mit einer Genauigkeit von 0,1 Vol.-% nach folgender Formel anzugeben:

$$P_w = (1-d) 100 \quad [\text{Vol.-%}]$$

3.4. Prüfprotokoll

Im Prüfprotokoll sind mindestens anzugeben:

Bezeichnung der Probe
 Alter des Betons
 Dichtigkeitsgrad der Einzelproben und Mittelwert der 3 Einzelproben,
 an denen die Rohdichte und Reindichte bestimmt wurde
 Absolute Porosität der Einzelprobe und Mittelwert aus 3 Einzelproben

Hinweise

Überarbeitete und erweiterte Fassung der RGW-Empfehlung RS 279-63 "Prüfmethoden für Schwerbeton" der Ständigen Kommission Bauwesen des RGW, einschließlich 1. Änderung vom Oktober 1965

Prüfung des erhärteten Betons; Grundsätze

siehe TGL 21 094 Blatt 1

-; Wasseraufnahme

siehe TGL 21 094 Blatt 3