

Zerstörungsfreie Bauwerksdiagnostik

studentische Bauwerksprüfung durch optischen Rückprallhammer

Allgemeines
 Was ist ein Rückprallhammer?
 - Instrument zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung/ punktuelle Messung Druckfestigkeit
 - schneller & einfacher Überblick vom Zustand eines Bestands
 - Gleichmäßigkeitsprüfung der Druckfestigkeit, in Kombination mit Betonkernuntersuchung
 -> Eingrenzung & Reduzierung der zerstörungsarme Entnahmebereiche

Versuchsvorbereitung
 - Rückprallhammer (hier: Schmidt, optisch Q Wert)
 - vorbereitete Schablone für Anzeichnen der Prüffelder (30 x 30 cm), Abstand Messstellen 10 cm
 - Stift zum markieren
 - Ggf. Schleifstein zum Angleichen von unebenen Flächen
 - Ggf. Referenzamboss (zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Rückprallhammers)
 -> hier: Kalibrierung automatisch

Durchführung
 - Oberfläche von losen Staub & Wasser reinigen
 - Mindestdicke Bauteile > 10 cm
 - Prüfflächen mit 9 Messstellen (30 x 30 cm) mit je 9 Messpunkte durch Schablone markieren
 -> insg. 81 Anschlagpunkte
 -> Messpunkte voneinander mind. 25 mm Abstand
 - Schlagbolzen mit Bewegung zur Prüffläche möglichst rechtwinklig auf Messpunkte ansetzen
 - Hammer langsam stetig gegen Beton drücken bis Schlag ausgelöst wird
 - angezeigte Messwerte pro Schlag notieren
 - Median pro Prüffläche ermitteln
 - Messpunktwert aus Median aus jeweils 9 Werten errechnen

Unterscheidung Q und R Wert
 Rückprallzahl aus :
 - Rückprallstrecke (R Wert)
 -> Verhältnis von Verschiebungsstrecke vor & nach dem Aufprall
 -> starker Einfluss durch Reibung, Aufprallwinkel (Erdanziehung), Relativgeschwindigkeit zwischen Gerät & Testobjekt
 - oder als Basis der Geschwindigkeit (Q Wert)
 -> Verhältnis zwischen Rückprallgeschwindigkeit & Aufprallgeschwindigkeit
 -> genauere Abschätzung, keine Korrekturwerte nötig
 -> Einfluss von Karbonatisierung jedoch kritischer, Überschätzung schon bei Karbonatisierungstiefen < 5mm

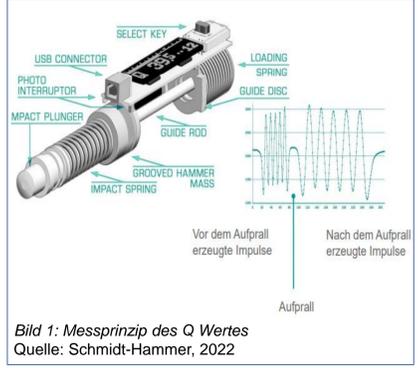
$$Q = 100 \cdot \sqrt{\frac{E_{reflected}}{E_{forward}}} = 100 \cdot \sqrt{\frac{\frac{1}{2}mv_R^2}{\frac{1}{2}mv_F^2}} = 100 \cdot \frac{v_R}{v_F}$$

Abbildung 5: Rückprallquotient Q Wert mit m: Hammer Masse, E_{reflected}: Energie nach dem Aufprall, E_{forward}: Energie vor dem Aufprall, v_r: Geschwindigkeit unmittelbar vor dem Aufprall, v_f: Geschwindigkeit unmittelbar nach dem Aufprall

$$R = 100 \cdot \sqrt{\frac{E_{reflected}}{E_{forward}}} = 100 \cdot \sqrt{\frac{\frac{1}{2}Dx_R^2}{\frac{1}{2}Dx_0^2}} = 100 \cdot \frac{x_R}{x_0}$$

Abbildung 6: Rückprallwert R Wert mit D: Federkonstante, E_{reflected}: Energie nach dem Aufprall, E_{forward}: Energie vor dem Aufprall, x₀: Verschiebung beim Auflösen des Aufpralls, x_R: Verschiebung nach dem Aufprall

Funktion eines Rückprallhammers
 - Schlagbolzen schlägt mit bestimmter Kraft – durch gespannte Feder ausgelöst – auf Oberfläche der zu prüfende Fläche, von dem die Schlagmasse zurückprallt
 - Messung des Verhältnis von Aufschlag- und Rückprallenergie
 -> Rückprallzahl nur von oberflächennaher Schicht (max. 10 mm) beeinflusst
 -> Je härter der Werkstoff, desto weniger Energie wird vom Hammer aufgenommen
 - Unterscheidung mechanisch (R Wert) und optisch (Q Wert)
 - Entstandene Rückprallzahl in Skalenteile messen, Kennwert für elastische Verhalten des Betons in oberflächennahe Schichten
 - Um Homogenität zu erzielen, mehrere Messstellen nötig



Versuche

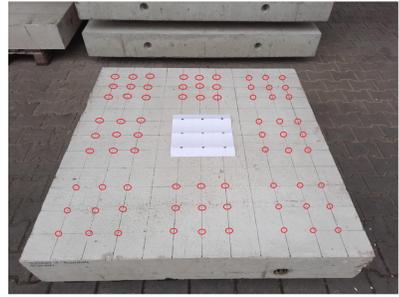


Abbildung 1: Prüfkörper 1 mit Markierungen der Messstellen
 Quelle: Avramidou, 2022

Messstellen	Prüfflächen								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	53	47	42	43	34	44	53	44	41
2	42	52	41	53	48	43	48	39	43
3	54	49	48	47	41	40	35	42	41
4	60	41	43	46	55	41	43	38	47
5	51	40	42	45	43	43	36	45	44
6	59	41	45	40	42	43	45	45	44
7	62	39	44	41	44	44	44	42	41
8	54	34	42	38	43	43	43	46	44
9	57	41	40	46	43	41	43	44	42
Mediane d. Messstellen	54	41	42	45	43	43	43	44	43
Median d. Prüfflächen	43								

Tabelle 1: Messergebnisse an Prüfkörper 1



Abbildung 3: Prüfkörper 2 mit Markierungen der Messstellen
 Quelle: Avramidou, 2022

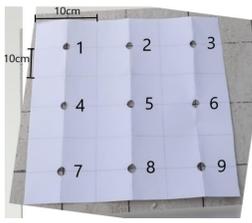


Abbildung 2: Schablone mit 9 Messstellen
 Quelle: Avramidou, 2022

Messstellen	Prüfflächen								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	54	43	48	54	65	62	49	54	55
2	51	48	47	44	45	49	58	53	53
3	50	46	47	55	50	53	48	50	55
4	43	55	52	52	69	47	58	49	46
5	50	46	41	44	43	44	51	45	56
6	52	44	62	50	54	58	52	49	54
7	52	50	52	56	44	57	54	52	49
8	53	46	43	42	57	54	49	48	54
9	54	47	52	47	49	59	57	51	51
Mediane d. Messstellen	52	46	48	50	50	54	52	50	54
Median d. Prüfflächen	50								

Tabelle 2: Messergebnisse an Prüfkörper 2

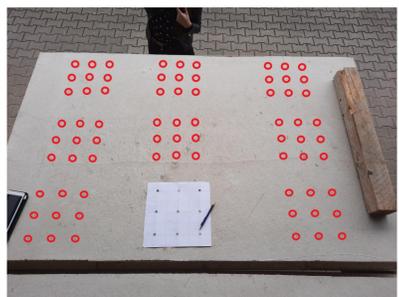


Abbildung 4: Prüfkörper 3 mit Markierungen der Messstellen
 Quelle: Avramidou, 2022

Messstellen	Prüfflächen								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	58	58	59	47	53	56	56	49	56
2	53	56	56	55	60	52	54	53	51
3	56	52	55	57	63	53	60	57	51
4	53	58	53	53	58	55	57	58	55
5	56	56	55	53	53	56	53	59	55
6	54	55	57	55	55	54	62	51	55
7	52	53	56	54	58	58	64	52	52
8	58	56	65	54	54	55	57	54	57
9	59	56	55	52	57	48	57	58	46
Mediane d. Messstellen	56	56	56	54	57	55	57	54	55
Median d. Prüfflächen	56								

Tabelle 3: Messergebnisse an Prüfkörper 3

Auswertung

Tabelle NA.7 – Energie- oder Geschwindigkeitsdifferenz Q und vergleichbare Druckfestigkeiten nach DIN EN 206-1:2001-07 und DIN 1045-2:2008-08

Druckfestigkeitsklasse	Mindestmedian Q	Mindestmedian Q
	für jede Messstelle	für jeden Prüfbereich
C8/10	25	34
C12/15	29	40
C16/20	36	45
C20/25	42	49
C25/30	46	52
C30/37	51	56
C35/45	56	60
C40/50	58	62
C45/55	60	64
C50/60	62	66
C55/67	64	68

Tabelle 4: Tabelle NA.7 Energie- oder Geschwindigkeitsdifferenz Q (DIN EN 13791/A20)

Prüfkörper	Rückprallzahl Q		Festigkeit des zu prüfenden Betons	
	für Messstellen (kleinster Wert)	für Prüfbereich (Median)	für Messstellen (kleinster Wert)	für Prüfbereich (Median)
1. Radarplatte	41	43	C16/20	C12/15
2. Plattenbalken	46	50	C25/30	C20/25
3. Platte auf Träger	54	56	C30/37	C30/37

Tabelle 5: Auswertung der Messergebnisse nach DIN EN 13791/A20

- 1. Prüfkörper:**
 - C12/15
 - geringe Druckfestigkeit untypisch/auffällig
 - hohe Schwankungen zwischen Prüfflächen
 - erkennbare Oberflächenbeschädigung
 - Probleme bei Messungen (nicht erkannte Messwerte)
- 2. Prüfkörper:**
 - C20/25
 - leichte Beschädigungen an Oberfläche
- 3. Prüfkörper:**
 - C30/37
 - einheitliche Messergebnisse

Quellenangabe:

- [1] Schmidt, optische Messung des Rückprallwertes. (2022)
- [2] Beurteilung der Betonqualität und des Konstruktionsaufbaus.(2022)
- [3] Podcampus, HCU Abschätzung der Betondruckfestigkeit (Rückprallhammer, zfp).(2014)
- [4] Proceq, SilverSchmidt Flyer.(2017)
- [5] DIN EN 13791/A20 Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken und in Bauwerksteilen.(April 2022)