

# 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<sub>reflected</sub>: Energie nach dem Aufprall, E<sub>forward</sub>: Energie vor dem Aufprall, v<sub>r</sub>: Geschwindigkeit unmittelbar vor dem Aufprall, v<sub>f</sub>: 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<sub>reflected</sub>: Energie nach dem Aufprall, E<sub>forward</sub>: Energie vor dem Aufprall, x<sub>0</sub>: Verschiebung beim Auflösen des Aufpralls, x<sub>R</sub>: 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

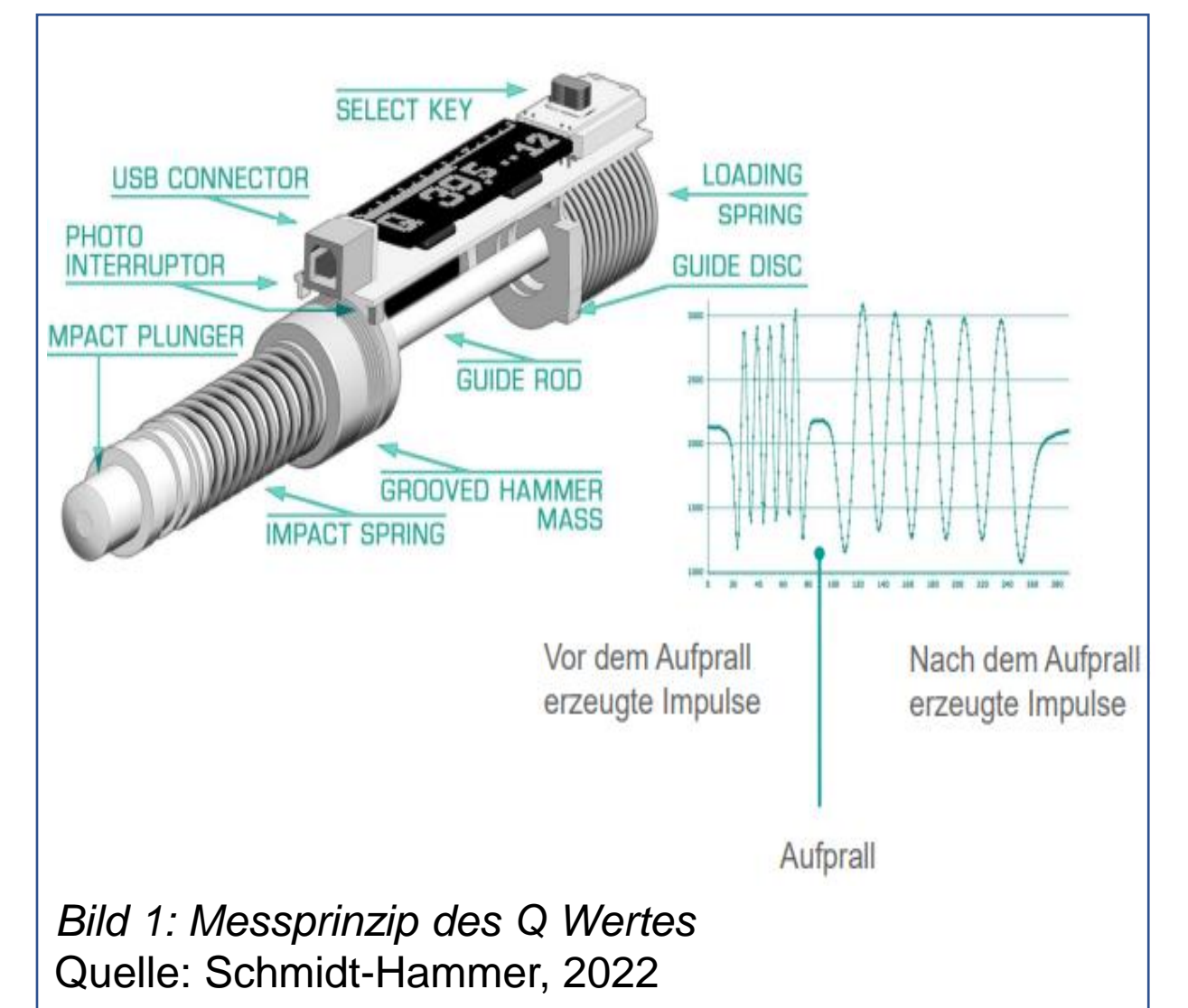


Bild 1: Messprinzip des Q Wertes  
 Quelle: Schmidt-Hammer, 2022

### Versuche

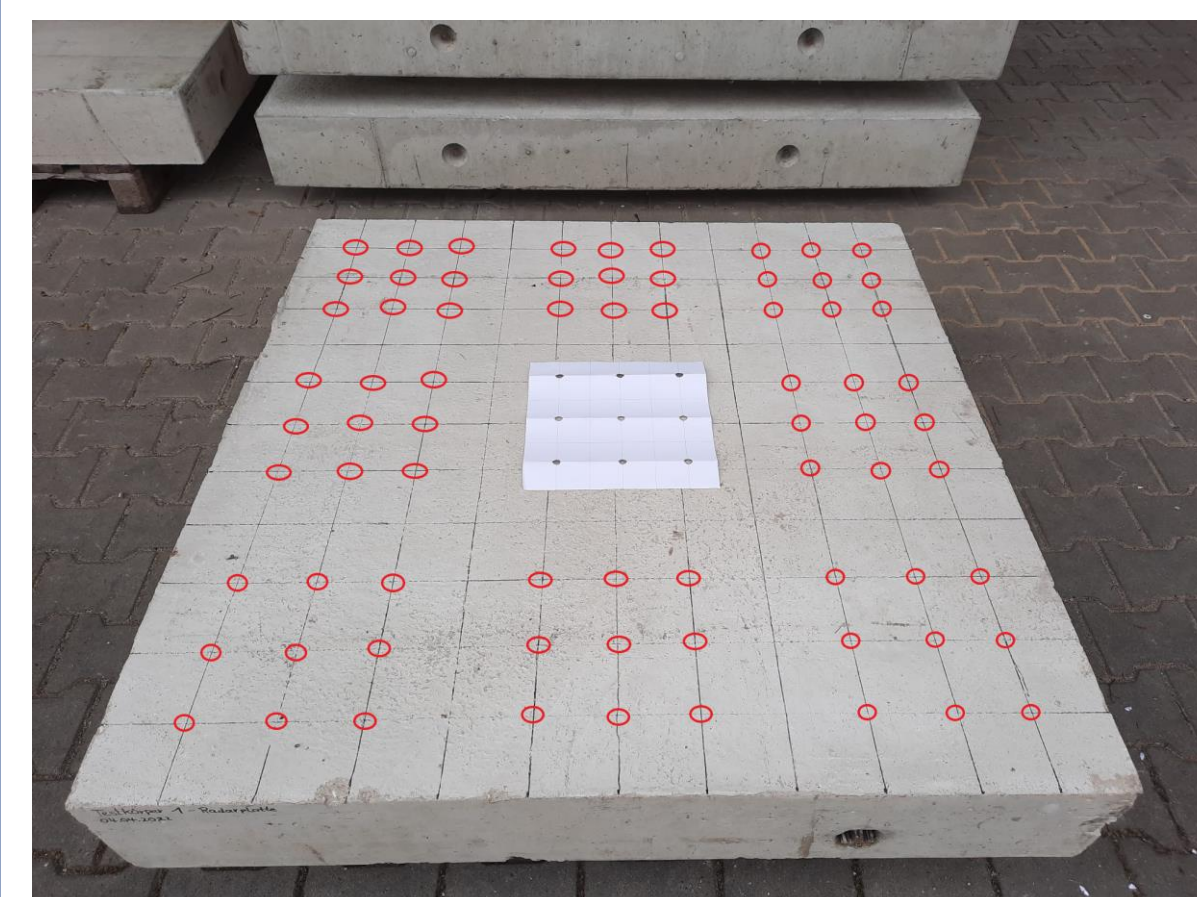


Abbildung 1: Prüfkörper 1 mit Markierungen der Messstellen  
 Quelle: Avramidou, 2022

| 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

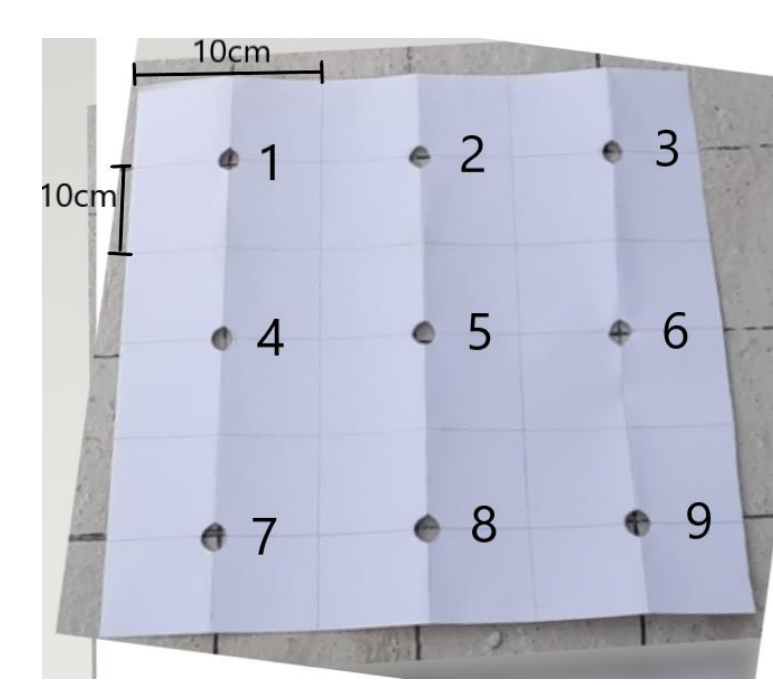


Abbildung 2: Schablone mit 9 Messstellen  
 Quelle: Avramidou, 2022

| 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

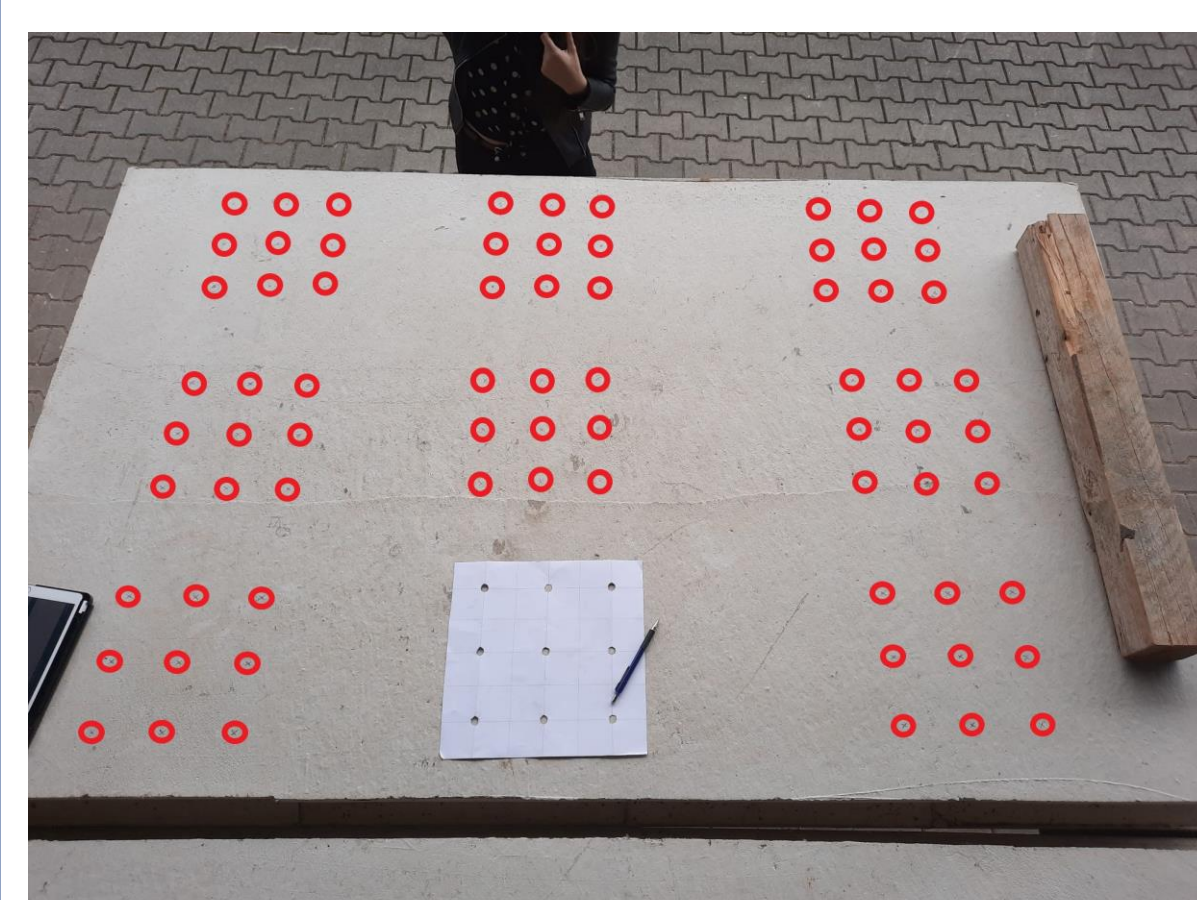


Abbildung 4: Prüfkörper 3 mit Markierungen der Messstellen  
 Quelle: Avramidou, 2022

| 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)