# Herausforderungen beim Nachweis der Betondeckung an Ingenieurbauwerken

Carsten LOHSE [1]
[1] Bewehrungsnachweis & -analyse, Augustusburg
Kontakt E-Mail: carsten.lohse@bewehrungsnachweis.de

**Kurzfassung**

Die Durchführung von Betondeckungsmessungen wird zwar in einigen Normen und Regelwerken erwähnt, aber nicht alle bestehenden Merkblätter und deren Festlegungen haben Einzug in die Praxis gehalten und sind dort allgemein anerkannt. Dies führt in der Praxis regelmäßig zu Unsicherheiten hinsichtlich der zu beachtenden Regelungen.
Einflüsse im Hinblick auf Präzision und Genauigkeit der Messergebnisse ergeben sich zudem durch die zum Einsatz kommenden Messgeräte sowie durch Art und Lage der Bewehrung, so dass in vielen Fällen die Notwendigkeit der Ermittlung eines Korrekturfaktors besteht.
Die konkreten Herausforderungen werden vom Autor anhand von einzelnen Anwendungsbeispielen (Tunnel, Tübbingsteine, Stützwand) anschaulich dargestellt.
Dabei wird aufgezeigt, wo die derzeit bestehenden Regelungen einer Anpassung/Erweiterung bedürfen, um den aktuellen Herausforderungen in der Durchführung von Betondeckungsmessungen Rechnung zu tragen.
Zusammenfassend wird deutlich, dass die Komplexität von Betondeckungsmessungen in der Praxis häufig unterschätzt wird, obwohl die Beurteilung der Messergebnisse tiefe Kenntnisse des Verfahrens und seiner Grenzen voraussetzt.
Bei richtiger Anwendung führen die Betondeckungsmessungen gerade bei Neubauten zu einer erhöhten Ausführungsqualität und niedrigeren Unterhaltungskosten.

Lizenz: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de

# Herausforderungen beim Nachweis der Betondeckung an Ingenieurbauwerken





# Agenda

- **Normen/Regelwerke**
- Einflüsse auf das Messergebnis
- Anwendungsbeispiele
- Regelungsbedarf
- Fazit

# Regelwerk



- **DIN EN 1992-1-1 (Eurocode 2)**

  „Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“, insbesondere mit Abschnitt 4: Dauerhaftigkeit Betondeckung und den Abschnitten 8 und 9: Allgemeine Bewehrungsregeln und Konstruktionsregeln…

- **DIN EN 1992-2 (Eurocode 2)**

  „Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 2: Betonbrücken - Bemessungs- und Konstruktionsregeln



# Regelwerk

BEWEHRUNGSNACHWEIS
und -ANALYSE

- **ZTV-ING**
  - Teil 3 Massivbau – Abschnitt 2 Bauausführung (Verweis auf DIN EN 1992-2)
  - Teil 5 Tunnelbau (Festlegung von $c_{min}$ und $c_{nom}$)

- **Auszug Bahnregelwerke**
  - ELTB (Eisenbahnspezifische Liste der technischen Baubestimmungen)
  - RIL 804, 836 und 853 (teilweise Verweis auf DIN EN 1992-2 und Festlegung von $c_{min}$ und $c_{nom}$)

Bauwerksdiagnose 2018 / 15.02.-16.02.2018

# Regelwerk



- **Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung“ in der Fassung vom Dezember 2015**

  … DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E. V. nimmt Bezug auf das neue europäische Regelwerk des Betonbaus, welches ab 2011 in Deutschland bauaufsichtlich eingeführt ist …

  - Der Anhang (Beurteilung) des DBV-Merkblattes ist bei der DB AG nicht eingeführt, gleichwohl wird die Auswertung gem. 5%-Quantil für angemessen erachtet.

- **DGZFP-Merkblatt B 02**

  Merkblatt zur zerstörungsfreien Betondeckungsmessung und Bewehrungsortung an Stahl- und Spannbetonbauteilen



# Agenda

BEWEHRUNGSNACHWEIS
und -ANALYSE

- Normen/Regelwerke
- **Einflüsse auf das Messergebnis**
- Anwendungsbeispiele
- Regelungsbedarf
- Fazit

# Einflüsse auf das Messergebnis
## Geräte

BEWEHRUNGSNACHWEIS und -ANALYSE

Magnetisches Wechselfeld

Verfahren (niederfrequent/ hochfrequent)

Bildquelle: www.hilti.com

Bildquelle: www.proceq.ch

Bildquelle: www.wuerth.de

Radar Verfahren/ Multidetektoren

Bildquelle: www.geophysik.com

Bildquelle: www.hilti.com

Bildquelle: www.hilti.com

Bildquelle: www.bosch.de

# Einflüsse auf das Messergebnis
## Präzision/Genauigkeit

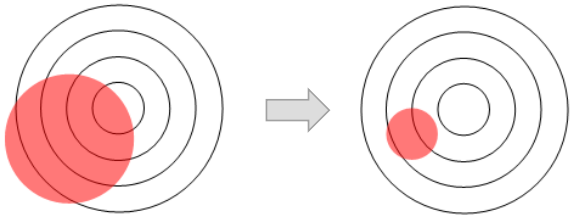
BEWEHRUNGSNACHWEIS und -ANALYSE

- (Wiederhol-)Präzision:

  Anforderungen an Geräte (DBV-Merkblatt)

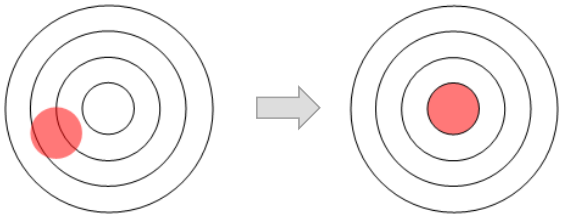
  ≤ ± 1 mm im Messbereich bis 40 mm

  ≤ ± 2 mm im Messbereich bis 40 - 60 mm



- Genauigkeit:

  = Übereinstimmung zwischen Messwert und wahrem Wert

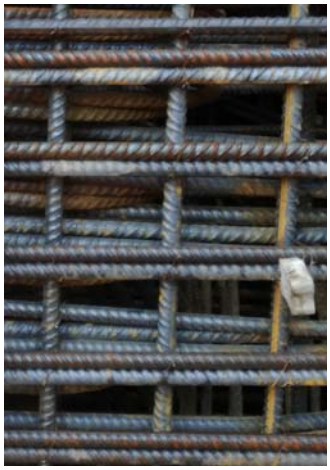


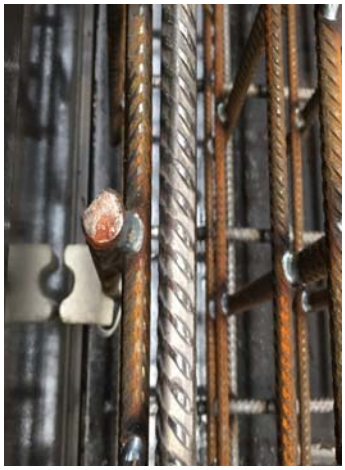
# Einflüsse auf das Messergebnis

## Einflüsse auf Präzision

BEWEHRUNGSNACHWEIS und -ANALYSE

- Art der Bewehrung
- Lage der Bewehrung







# Einflüsse auf das Messergebnis

## Korrekturfaktor

BEWEHRUNGSNACHWEIS und -ANALYSE

- Ermittlung Korrekturfaktor
  - Aufbringen Plexiglasplatte, Kanthölzer oder Klemmvorrichtung
  - Messung der Betondeckung 1.) mit Messgerät und 2.) mittels Gliedermaßstab
  - Gegenüberstellung der zwei Messwerte
  - Ermittlung eines Faktors je Bewehrungssituation

# Agenda



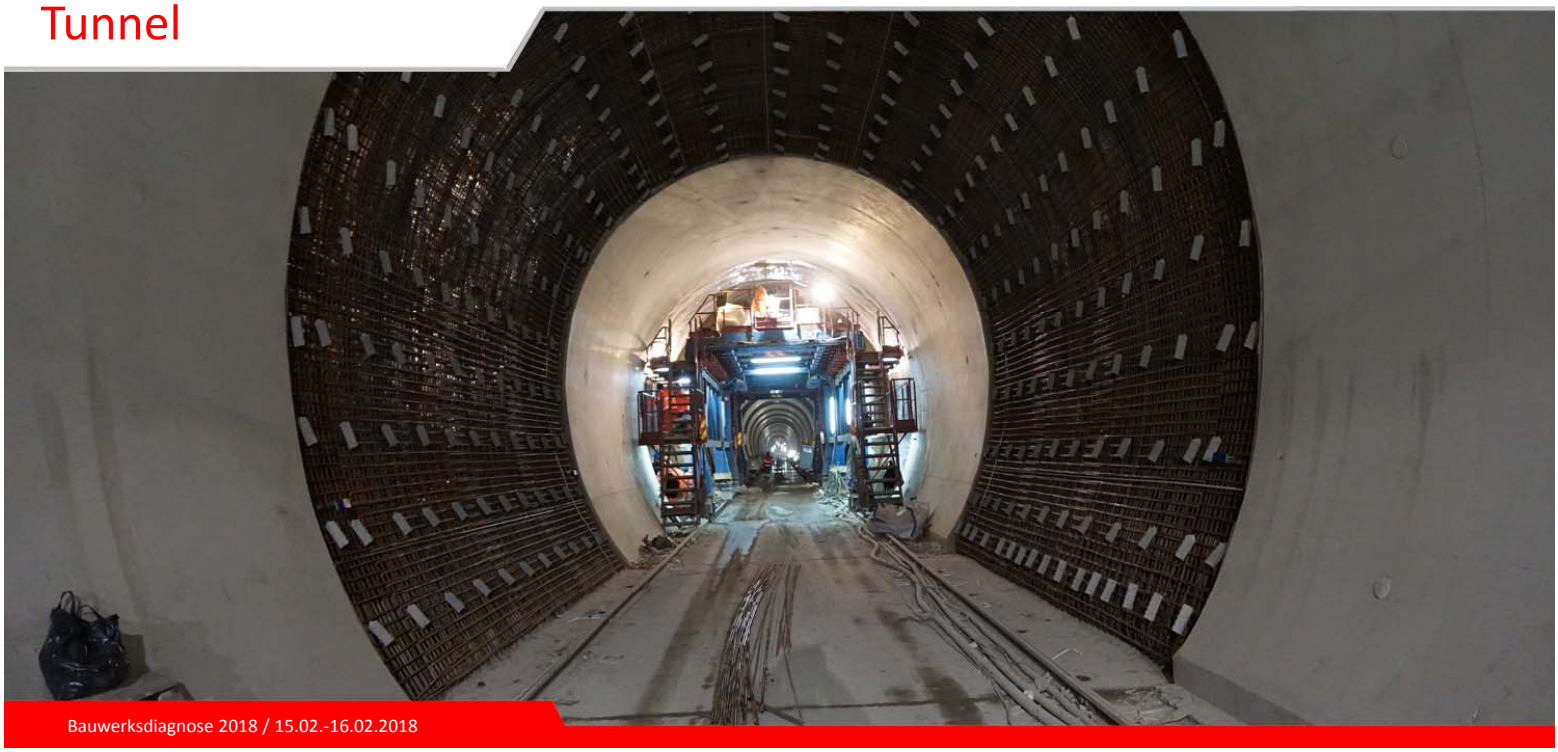
- Normen/Regelwerke
- Einflüsse auf das Messergebnis
- **Anwendungsbeispiele**
- Regelungsbedarf
- Fazit



# Anwendungsbeispiele



## Tunnel



# Anwendungsbeispiele
## Tunnel

**BEWEHRUNGSNACHWEIS und -ANALYSE**

- Betondeckungsmessungen im Zuge der Herstellung der Innenschale
- Messkonzept
  - Messung aller Blöcke, davon der ersten fünf Blöcke mit zehn Messbahnen und aller weiteren mit je drei Messbahnen
  - Messzyklus: ca. alle zwei Wochen
- Anforderungen
  - ZTV-ING
  - $c_{min}$ 50 mm, $c_{nom}$ 60 mm
  - 5 %-Quantil



# Anwendungsbeispiele
## Tunnel

**BEWEHRUNGSNACHWEIS und -ANALYSE**

- Systematischer Fehler in den ersten 15 Blöcken

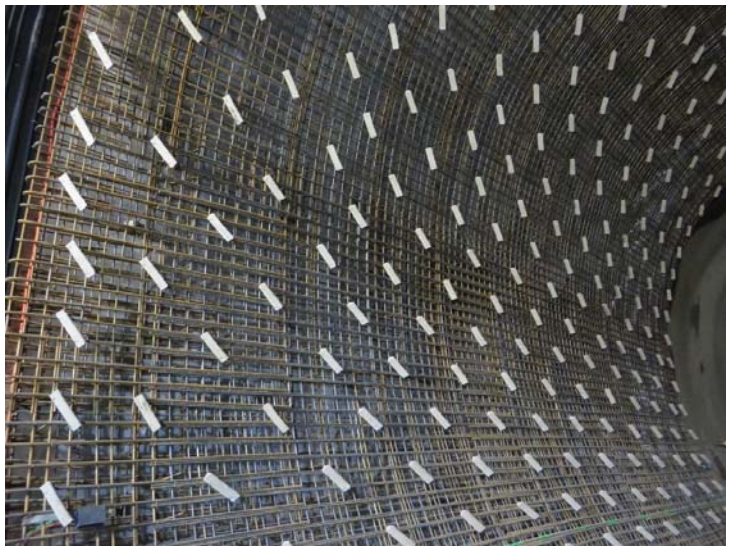
  →zu geringe Betondeckung

Bauwerksdiagnose 2018 / 15.02.-16.02.2018

# Anwendungsbeispiele
## Tunnel

**BEWEHRUNGSNACHWEIS und -ANALYSE**

- Abstandhaltertyp prüfen
- Überprüfung Verlegemaß
- Überprüfung Maßhaltigkeit und Steifigkeit des Bewehrungskorbes

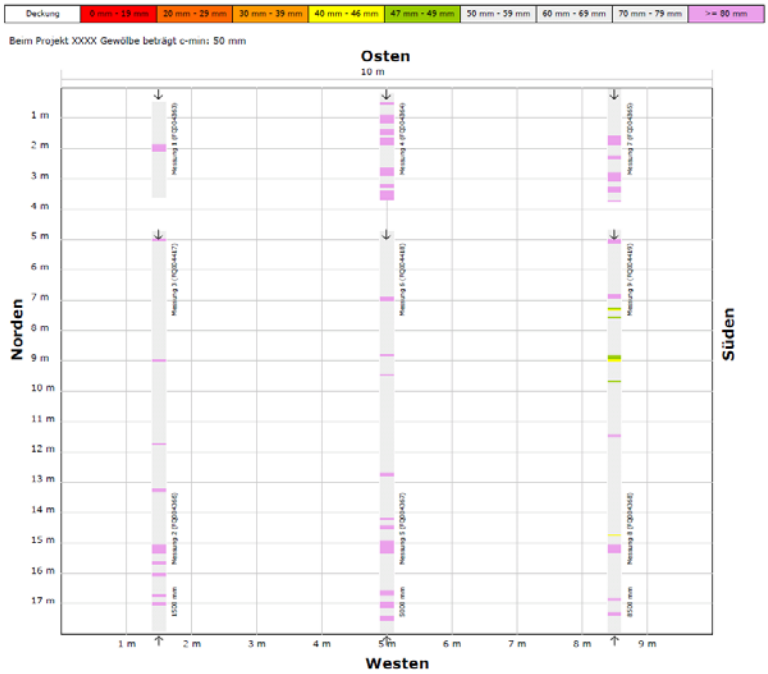




# Anwendungsbeispiele
## Tunnel

**BEWEHRUNGSNACHWEIS und -ANALYSE**

- Was wurde geändert?
  - Vorhaltemaß auf 15 mm
  - Mehr Abstandhalter je m²
- Was für eine Quantil zählt?
  - Vorhaltemaß gem. ZTV-ING 10 mm → 10 %
  - Geändertes Vorhaltemaß 15 mm → 5 %




Bauwerksdiagnose 2018 / 15.02.-16.02.2018

# Anwendungsbeispiel
## Tübbingsteine

BEWEHRUNGSNACHWEIS
und -ANALYSE

# Anwendungsbeispiele
## Tübbingsteine

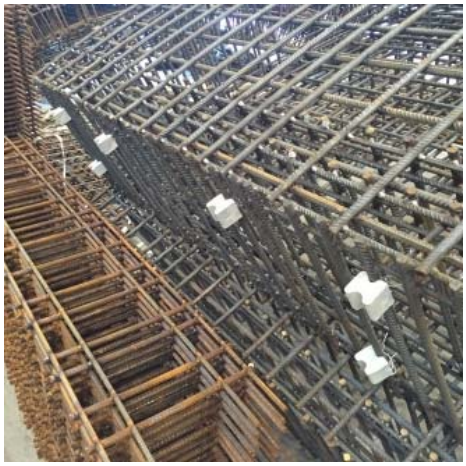
BEWEHRUNGSNACHWEIS
und -ANALYSE

- Betondeckungsmessungen während der Herstellungsphase
- Messkonzept
  - zwei bis drei Messbahnen luft- und erdseitig
  - Abwicklung  umlaufend
  - ca. 10-15 % aller Steine
  - Messzyklus: alle zwei Wochen
- Anforderungen
  - luft- und erdseitig $c_{min}$ 40 mm/$c_{nom}$ 45 mm
  - Abwicklung $c_{min}$ 20 mm/$c_{nom}$ 25 mm

# Anwendungsbeispiele
## Tübbingsteine

BEWEHRUNGSNACHWEIS
und -ANALYSE

- Wahl und Anordnung Abstandhalter





# Anwendungsbeispiele
## Tübbingsteine

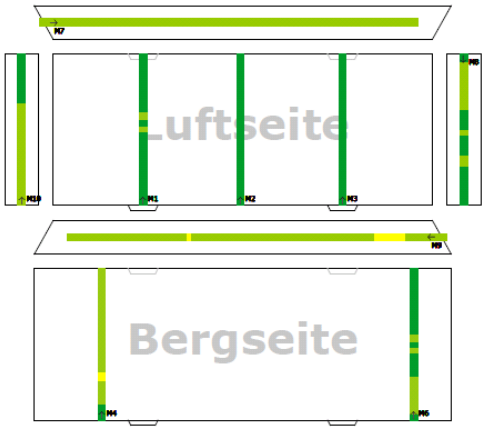
BEWEHRUNGSNACHWEIS
und -ANALYSE

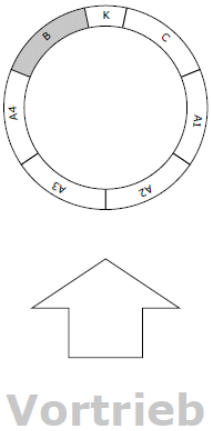
- Ermittlung Korrekturfaktor

# Anwendungsbeispiele
## Tübbingsteine

**BEWEHRUNGSNACHWEIS und -ANALYSE**

**1. Betonüberdeckungsmessung Tübbing-Stein 14108 (65er)**




**Übersicht / Zusammenfassung**

**Mindestbetondeckung**

| Messung | c-min | Scan Nr. | Länge Messung | quant. Nachweis | 5% Quantil |
|---|---|---|---|---|---|
| M1 | 40 mm | FQ_07114002_004146 | 1.854 m | *qualitativ* | Annahme |
| M2 | 40 mm | FQ_07114002_004147 | 1.867 m | *qualitativ* | Annahme |
| M3 | 40 mm | FQ_07114002_004148 | 1.869 m | *qualitativ* | Annahme |
| | 40 mm | | | 2% | Annahme |
| Die Betondeckung des Tübbing-Steins Nr. 14108 gilt für das 5%-Quantil als angenommen. Grundlage bilden das DBV-Merkblatt (Betondeckung und Bewehrung Fassung 2011) und die Anzahl der ausgeführten Messflächen. | | | | | |
| M4 | 40 mm | FQ_07114002_004149 | 1.878 m | *qualitativ* | Annahme |
| M6 | 40 mm | FQ_07114002_004150 | 1.879 m | *qualitativ* | Annahme |
| | 40 mm | | | 0% | Annahme |
| Die Betondeckung des Tübbing-Steins Nr. 14108 gilt für das 5%-Quantil als angenommen. Grundlage bilden das DBV-Merkblatt (Betondeckung und Bewehrung Fassung 2011) und die Anzahl der ausgeführten Messflächen. | | | | | |
| M7 | 20 mm | FQ_07114002_004142 | 4.941 m | 0% | Annahme |
| M8 | 20 mm | FQ_07114002_004143 | 1.914 m | *qualitativ* | Annahme |
| M9 | 20 mm | FQ_07114002_004144 | 4.476 m | 0% | Annahme |
| M10 | 20 mm | FQ_07114002_004145 | 1.825 m | *qualitativ* | Annahme |
| | 20 mm | | | 0% | Annahme |
| Die Betondeckung des Tübbing-Steins Nr. 14108 gilt für das 5%-Quantil als angenommen. Grundlage bilden das DBV-Merkblatt (Betondeckung und Bewehrung Fassung 2011) und die Anzahl der ausgeführten Messflächen. | | | | | |
| | 20 mm | | | 0% | Annahme |
| Die Betondeckung des Tübbing-Steins Nr. 14108 gilt für das 5%-Quantil als angenommen. Grundlage bilden das DBV-Merkblatt (Betondeckung und Bewehrung Fassung 2011) und die Anzahl der ausgeführten Messflächen. | | | | | |



# Anwendungsbeispiele
## Stützwand

**BEWEHRUNGSNACHWEIS und -ANALYSE**

# Anwendungsbeispiele
## Stützwand

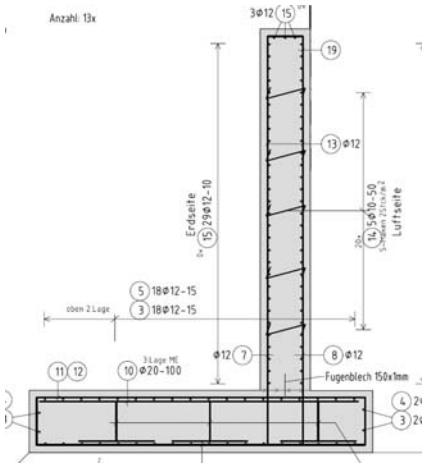
**BEWEHRUNGSNACHWEIS und -ANALYSE**

- Betondeckungsmessungen im Zuge der Abnahme nach Fertigstellung
- Messkonzept
  - Je 50 cm eine Messbahn
  - Wasser- und Landseite sowie Kappe
  - Sämtliche Blöcke
- Anforderungen
  - ZTV-ING Wasserbau
  - $c_{min}$ 50 mm, $c_{nom}$ 60 mm
  - 5 %-Quantil (Expositionsklasse XC4)



# Anwendungsbeispiele
## Stützwand

**BEWEHRUNGSNACHWEIS und -ANALYSE**



# Anwendungsbeispiele
## Stützwand

BEWEHRUNGSNACHWEIS und -ANALYSE

- Häufige Ursachen für Abweichungen
  - Fehlerhafter Einbau wegen mangelndem Fachwissen (z. B. Rastermaß, Abstandhalter zu groß)
  - Verwendung ungeeigneter Materialien (z. B. falsche Abstandhalter)
  - fehlende Überprüfung im Zuge der Baumaßnahme
- Daraus abgeleitete Schritte für Nachfolgeprojekte
  - Baubegleitende Durchführung der Messungen
  - Verwendung geeigneter Materialien (z. B. Abstandhalter)
  - Schaffung eines einheitlichen Messkonzeptes für Stützwände
  - Sensibilisierung aller Beteiligten



# Agenda

BEWEHRUNGSNACHWEIS und -ANALYSE

- Normen/Regelwerke
- Einflüsse auf das Messergebnis
- Anwendungsbeispiele
- **Regelungsbedarf**
- Fazit

# Regelungsbedarf



- Konsistente Festlegungen im Regelwerk z.B. bei $\Delta_{c_{dev.}}$
- Festlegungen zum Nachweis der Betondeckung am fertigen Bauteil (Art und Umfang)
- Fortschreibung der RI-ZFP-TU
- Verbindliche Leistungspositionen in Ausschreibungsunterlagen

# Agenda



- Normen/Regelwerke
- Einflüsse auf das Messergebnis
- Anwendungsbeispiele
- Regelungsbedarf
- **Fazit**

# Fazit

- Die **Komplexität** des ZFP-Prüfverfahrens „Betondeckungsmessung“ wird von den Anwendern oft **unterschätzt**.
- Die von den Messgeräten ausgegebenen Ergebnisse bedürfen einer **fachlichen Prüfung und Beurteilung**.
- Hierzu bedarf es **guter Kenntnisse des Verfahrens und dessen Grenzen**.
- **Ermittlung von Korrekturfaktoren** gem. DGZFP-Merkblatt B02
- Betondeckungsmessungen im Neubau **erhöhen die Ausführungs-qualitä**t und **reduzieren die Unterhaltungskosten.**



BEWEHRUNGSNACHWEIS
und -ANALYSE

Bauwerksdiagnose 2018 / 15.02.-16.02.2018