

# Untersuchungsbericht

Nr. 0188/22 JR/MI/HW (24.05.2022)

\_\_\_ . Ausfertigung

Auftraggeber: Gemeinde Gnarrenburg  
Bahnhofstraße 1  
**27442 Gnarrenburg**

Projekt: Waldbad Gnarrenburg  
Hermann-Lamprecht-Straße 71C  
**27442 Gnarrenburg**

Inhalt: **Untersuchung der Stahlbetonbauteile**



Der Bericht umfasst 15 Seiten (einschl. Anlagen).

Das Versuchsmaterial ist vernichtet. Veröffentlichungen von Untersuchungsergebnissen, auch auszugsweise, und Hinweise auf Untersuchungen zu Werbezwecken, bedürfen in jedem Einzelfall der widerruflichen schriftlichen Einwilligung des Instituts für Materialprüfung und Bauwerkserhaltung GmbH.

**IfMB GmbH**

Zeughausstraße 15  
26121 Oldenburg  
Amtsgericht Oldenburg  
HRB 214442

**Kontakt**

Tel.: 0441 / 71131  
Fax: 0441 / 76203  
E-Mail: [info@ifmb-ol.de](mailto:info@ifmb-ol.de)  
[www.ifmb-ol.de](http://www.ifmb-ol.de)

**Geschäftsführer**

Prof. Dr.-Ing. Heinrich Wigger  
Sitz: Oldenburg  
St. Nr.: 64/211/05975

**Bankverbindung**

Bank: LZO Oldenburg  
IBAN: DE 22 2805 0100 0093 0091 73  
BIC: SLZODE22XXX

## 1 Veranlassung und Vorgang

Das INSTITUT FÜR MATERIALPRÜFUNG UND BAUWERKSERHALTUNG GMBH wurde von der GEMEINDE GNARRENBURG über JANßEN BÄR PARTNERSCHAFT MBH beauftragt, eine Untersuchung der Stahlbetonbauteile im Waldbad in Gnarrenburg durchzuführen. Hierfür wurden Materialproben aus den Beckenwandungen und der Sohle für die Ermittlung der Chloridgehalte und der Druckfestigkeit entnommen. Zudem wurde die Karbonatisierungsfront und die Betonüberdeckung ermittelt.

## 2 Unterlagen, Normen und Literatur

### 2.1 Unterlagen

- [U 1] E-Mail von Christian Bär an Murat Ince: WG Waldbad Gnarrenburg: DownloadLink zu den Bestandsunterlagen Waldbad Gnarrenburg
- [U 2] Fa. Hilti: Hilti Ferroscan PS 200 MAP, Release 2.0.1.0 (Software), Copyright 2004 - 2008 Hilti AG, FL-9494 Schaan

### 2.2 Normen, Richtlinien, Merkblätter

- [N 1] DIN EN 14630 (2007-01): Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Karbonatisierungstiefe im Festbeton mit der Phenolphthalein-Prüfung
- [N 2] DBV-Merkblatt: Betondeckung und Bewehrung, Fassung Juli 2002, Deutscher Beton und Bautechnik-Verein e.V., Eigenverlag
- [N 3] DIN 1045 (08-2008): Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 2: Beton, Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität (Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1)
- [N 4] DIN 1045-2 (08-2008): Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 2: Beton, Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität (Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1)
- [N 5] DiBt (05-2020): Technische Regel Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung) – Teil 1: Anwendungsbereich und Planung der Instandhaltung, Berlin
- [N 6] DAfStb (10-2015): Anleitung zur Bestimmung des Chloridgehaltes von Beton – Heft 401. Deutscher Ausschuss für Stahlbetonbau, Beuth-Verlag Berlin, Köln
- [N 7] DIN EN 12504 (2021-02): Prüfung von Beton in Bauwerken – Teil 1: Bohrkernproben – Herstellung, Untersuchung und Prüfung der Druckfestigkeit
- [N 8] DIN EN 12390-3 (2009-07): Prüfung von Festbeton, Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern

### 2.3 Literatur

- [L 1] Raupach, M.; Orłowski, J. (2008): Schutz und Instandsetzung von Betontragwerken. Grundlagen, Planung und Instandsetzungsprinzipien nach neuer Norm

## **3 Untersuchungen**

### **3.1 Untersuchungen am Bauwerk**

#### **3.1.1 Überblick**

Die Probeentnahme wurde mit der ersten Begehung des Bauwerkes am 30.03.2022 durchgeführt. Die notwendigen Unterlagen wurden von Herrn Bär zur Verfügung gestellt [U 1].

An dem Ortstermin nahmen folgende Personen teil:

- BÄR, CHRISTIAN JBP GENERALPLANUNG GMBH
- KAYSER, WOLFGANG KAYSER PLANUNGSGESELLSCHAFT MBH
- N.N. BADEMEISTER GEMEINDE GNARRENBURG
- RULL, TINO IFMB GMBH
- INCE, MURAT IFMB GMBH

#### **3.1.2 Entnahmestellen und Kennzeichnung der Proben**

Eine Übersicht der Entnahmestellen der Proben ist im Bestandsplan dargestellt. Die Kennzeichnung bzw. Reihenfolge der Proben ist im Laufe der Probenentnahme entstanden, s. Bild A 1 und Bild A 2.

#### **3.1.3 Karbonatisierungstiefe**

Vor Ort wurde der Durchmesser und zum Teil die Tiefe der Bohrlöcher, die durch die Bohrmehlprobenentnahme entstanden sind, durch Meißeln vergrößert. An den frischen Bruchflächen erfolgte die Ermittlung der Karbonatisierungstiefen.

Es wird geprüft, ob die Alkalität der Porenlösung im Bereich des Bewehrungsstahls so groß ist, dass die Passivschicht stabil bleibt. Diese bildet sich bei einem hohen pH-Wert auf dem Bewehrungsstahl aus und schützt somit vor Korrosion. Für die Beurteilung der jeweiligen Karbonatisierungstiefe von Beton, z. B. in Abhängigkeit von der Zusammensetzung, den Lagerungsbedingungen und der Zeit, ist ein einfaches Prüfverfahren bekannt. Bei der Ermittlung der Karbonatisierungstiefen werden die frischen Spaltflächen mit 1 %-iger Phenolphthaleinlösung gleichmäßig übersprüht. Ab einem pH-Wert von 9,0 färbt sich die Fläche rötlich-lila, s. Bild A 3 bis Bild A 7. Die Färbung zeigt die Flächen, an denen der Korrosionsschutz gegeben ist. Der Bereich, der farblos bleibt, ist hingegen karbonatisiert. Somit lässt sich die Tiefe ablesen, ab der der Korrosionsschutz gegeben ist [L 1], [N 1].

#### **3.1.4 Bewehrungsüberdeckung**

Die Bewehrungslagen wurden mit dem Gerät FERROSCAN PS 200 der Firma HILTI erfasst. Das Gerät ermöglicht es, die Tiefenlage und die Abstände von Bewehrungsstäben über eine Software zu ermitteln [U 2]. Für eine genaue Ermittlung der Betondeckung ist es jedoch erforderlich, die Durchmesser der Bewehrungslage zu kennen bzw. vorzugeben. Falls die

Durchmesser der Bewehrung nicht bekannt sind, kann das Gerät die Durchmesser der Bewehrung abschätzen. Allerdings sind die abgeschätzten Werte mit einigen Unsicherheiten verbunden.

Bei der Ermittlung der Betondeckung wurde für alle Messungen ein unbekannter Bewehrungsdurchmesser angenommen. Für die Auswertung wurde der Wert  $c_{\min}$  statistisch nach [N 2] ermittelt. Der Wert  $c_{\min}$  entspricht dem 5%-Quantil in der Nevilleverteilung und sollte größer als die erforderliche Überdeckung sein.

## **3.2 Untersuchungen im Labor**

### **3.2.1 Chloridbestimmung an Bohrmehlproben**

Eine Korrosion der Bewehrung durch Chlorideintrag kann nur dann ausgelöst werden, wenn ein kritischer korrosionsauslösender Grenzwert im Bereich des Bewehrungsstahls überschritten wird. Als höchstzulässiger Chloridgehalt gilt für Stahlbeton 0,4 M.-%, bezogen auf den Zementgehalt des Betons [N 4]. Die TR-Instandhaltung [N 5] gibt dagegen einen „Schwellenwert“ von 0,5 M.-% vor.

Es wurden Bohrmehlproben von unterschiedlichen Schichttiefen durch Photometrie (DR. LANGE) nach [N 6] auf ihren Chloridgehalt untersucht. Für die Berechnung wurde ein Zementgehalt des Betons von  $350 \text{ kg/m}^3$  angenommen und eine Betonrohddichte von  $2340 \text{ kg/m}^3$  ermittelt. Alle Ergebnisse des Chloridgehalts in „M.-% bezogen auf den Zementgehalt“ werden im vorliegenden Bericht gekürzt mit „M.-%“ angegeben.

### **3.2.2 Ermittlung der Betondruckfestigkeit**

Nach Rücksprache mit Herrn Bär ist die Betongüte der Stahlbetonbauteile nicht bekannt. Hierfür sollten Probekörper entnommen und anschließend im Labor die Betondruckfestigkeitsklasse ermittelt werden. Zudem wurde an den Probekörpern die Betonmatrix begutachtet.

## **4 Untersuchungsergebnisse**

### **4.1 Visuelle Dokumentation**

Bei der Begutachtung der Bohrkerns wurden keine Auffälligkeiten beobachtet. Die Gesteinskörnungen sind gut verteilt (keine Entmischung des Frischbetons beim Einbau). Der Luftporenanteil wird augenscheinlich als normal beurteilt. Die typische blaue Einfärbung der Zementsteinmatrix lässt auf die anteilige Verwendung von Hüttensand schließen, wie Sie z.B. bei CEM II-S (Kompositzemente) und besonders bei CEM III (Hochofenzemente) üblich ist, s. Bild A 2.

### **4.2 Karbonatisierungstiefe**

Die Karbonatisierungsfront wurde an der Beckenrinne und an der Beckenwandung geprüft.

An allen Bohrmehlentnahmestellen konnte eine Karbonatisierungstiefe der Stahlbetonkonstruktion festgestellt werden. Überwiegend war die vorhandene Dickbettmörtelschicht mit dem Fliesenbelag durchgehend karbonatisiert. An den relevanten Stahlbetonbauteilen konnte dann keine Karbonatisierung festgestellt werden, s. Tabelle A 1 und Bild A 3 bis Bild A 7.

#### **4.3 Ermittlung der Betondruckfestigkeit**

Die Probekörper wurden aus den entnommenen Bohrkernen (Bild A 2) gemäß [N 6], [N 7] gesägt und planparallel geschliffen.

Die mittlere Betondruckfestigkeit der Bohrkern BK 1 bis BK 4 beträgt  $71,5 \text{ N/mm}^2$  bei einer durchschnittlichen Rohdichte von  $2340 \text{ kg/m}^3$ , s. Tabelle A 2.

#### **4.4 Chloridbestimmung an Bohrmehlproben**

Die Ergebnisse der Chloriduntersuchungen haben ergeben, dass der Grenzwert für Stahlbetonbauteile im Bestand in mehreren Untersuchungsbereichen überschritten wird, s. Tabelle A 3. Bei BM 7 wird in der zweiten Entnahmetiefe (20-40 mm) der Schwellenwert am deutlichsten überschritten. Der Chloridgehalt der Probe BM 8 aus dem Beckenboden liegt zwischen 0,19 M.-% und 0,29 M.-%.

#### **4.5 Bewehrungsüberdeckung**

Die einzelnen Ergebnisse der Betondeckungsmessung sind in Bild A 9 bis Bild A 11 dargestellt. Bei den Untersuchungen wurden der Beckenboden sowie die Beckenwände oberhalb und unterhalb des Steges berücksichtigt. Dabei wurden horizontale Scans im unteren und oberen Wandbereich erfasst. Mit Hilfe des gewählten Rasters soll die Querbewehrungen erfasst werden.

Die heute erforderliche Betondeckung beträgt im Falle des WALDBADS ca. 40 mm (abhängig vom Bewehrungsdurchmesser). Nach Auswertung der Messdaten des FERROSCAN Ps 200 wurde deutlich, dass in allen untersuchten Bereichen der Mindestwert eingehalten wurde. Dies ist auch am sogenannten 5%-Quantil in Bild A 9 bis Bild A 11 zu erkennen, das jeweils mit 52,4 mm (Beckenboden), 57,7 mm (oberhalb Fußraste) und 53,7 mm (unterhalb Fußraste) über den angenommenen 40 mm liegt.

### **5 Zusammenfassung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse**

Das INSTITUT FÜR MATERIALPRÜFUNG UND BAUWERKSERHALTUNG GMBH wurde von der GEMEINDE GNARRENBURG beauftragt, den Zustand der Stahlbetonbauteile im Waldbad zu ermitteln. Hierfür wurden die Wände und der Beckenboden im Schwimmerbecken untersucht. Es wurden Materialproben für die Ermittlung der Chloridgehalte und der Druckfestigkeit entnommen, sowie die Karbonatisierungsfront bestimmt. Zudem wurde an ausgewählten Wand- und Bodenbereichen im Schwimmerbecken die Betondeckung ermittelt.

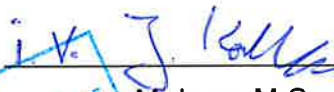
Die Chloridgehalte der Proben überschreiten den „Schwellenwert“ nach [N 3] und [N 4] in mehreren Fällen, s. Tabelle A 3 und Bild A 8.

Die Karbonatisierungsfront konnte überwiegend in der Dickbettmörtelschicht, in der die Fliesen eingelassen waren, festgestellt werden. Die relevanten Stahlbetonbauteile der Beckenwände waren nur teilweise wenige Millimeter tief karbonatisiert.

Die Begutachtung der entnommenen Bohrkern für die Festigkeitsermittlung hat keine Auffälligkeiten ergeben. Die Gesteinskörnung hat eine gute Verteilung und der Luftporenanteil kann augenscheinlich als „üblich“ deklariert werden. Die ermittelte Druckfestigkeit der Bohrkern beträgt 71,5 N/mm<sup>2</sup>.

Oldenburg, den \_\_\_\_\_

  
\_\_\_\_\_  
J. Rosenboom, B.Sc.  
(Sachbearbeiter)

  
\_\_\_\_\_  
M. Ince, M.Sc.  
(Sachbearbeiter)



  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr.-Ing. H. Wigger  
(Institutsleiter)

## 6 Anhang

### 6.1 Pläne

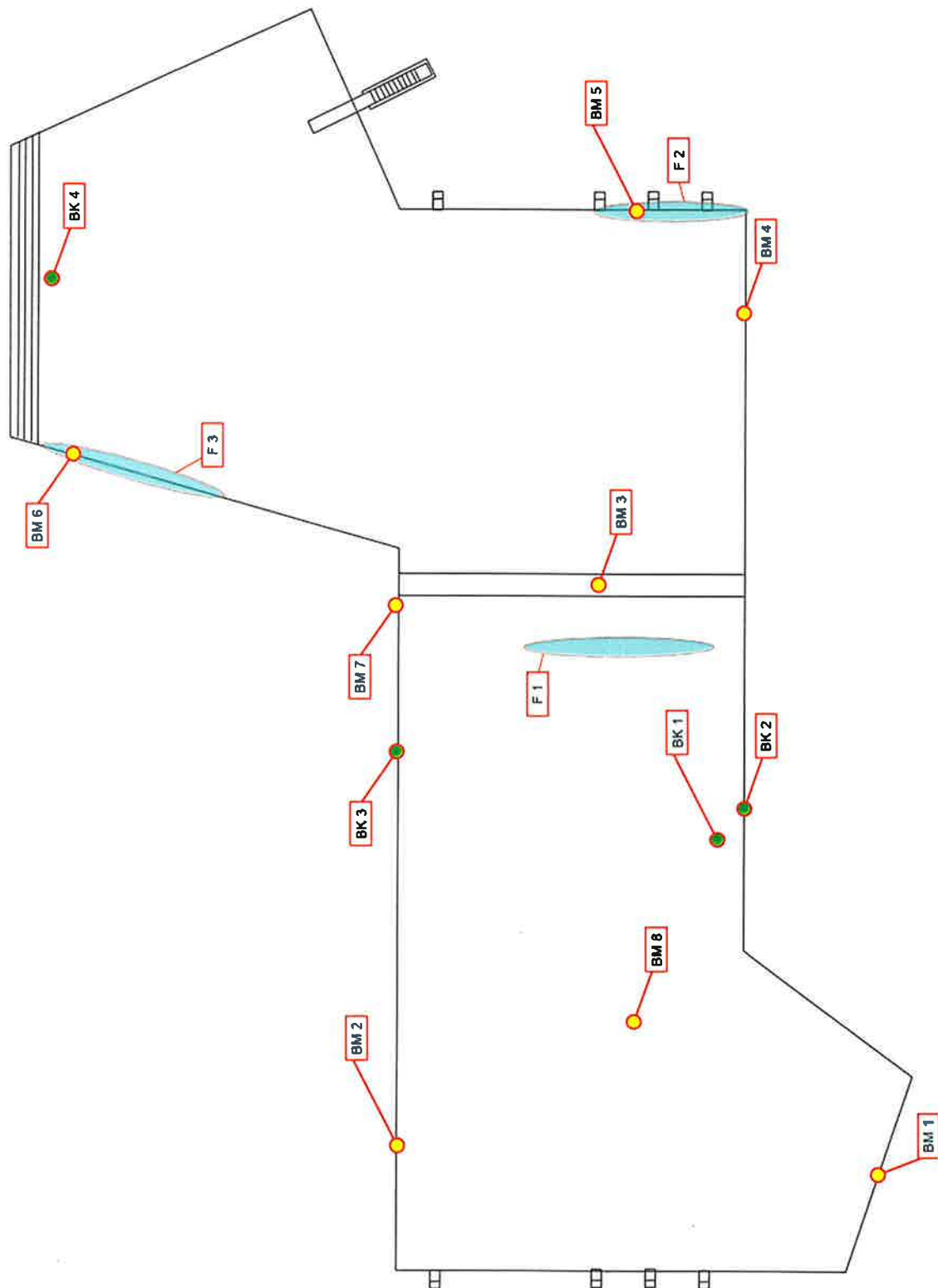


Bild A 1: Bestandsplan mit Entnahmestellen und Probenbezeichnung

Das Versuchsmaterial ist vernichtet. Veröffentlichungen von Untersuchungsergebnissen, auch auszugsweise, und Hinweise auf Untersuchungen zu Werbezwecken, bedürfen in jedem Einzelfall der widerruflichen schriftlichen Einwilligung des Instituts für Materialprüfung und Bauwerkserhaltung GmbH.



## 6.2 Bilderdokumentation



Bild A 2: Bohrkerndokumentation im IFMB



Bild A 3: Karbonatisierung bei BM 2



Bild A 4: Karbonatisierung bei BM 3





Bild A 5: Karbonatisierung bei BM 4



Bild A 6: Karbonatisierung bei BM 5

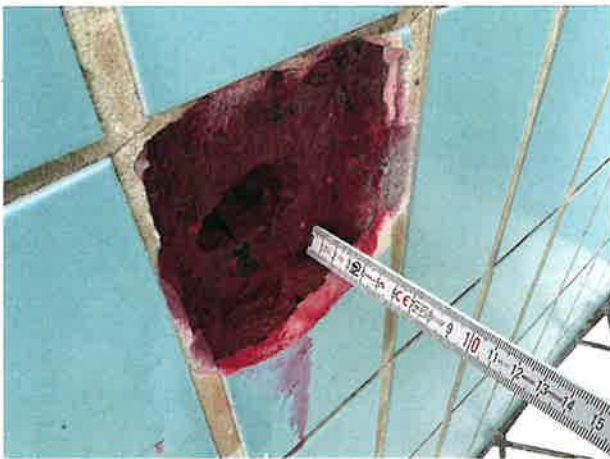


Bild A 7: Karbonatisierung bei BM 6

### 6.3 Tabellen

Tabelle A 1: Prüfergebnis Karbonatisierungstiefen nach [N 1]

Probenbezeichnung	BM 1	BM 2	BM 3	BM 4	BM 5	BM 6	BM 7
Karbonatisierungstiefe in mm	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1

Tabelle A 2: Prüfergebnis Druckfestigkeit

Probe	Durchmesser	Prüfhöhe	Masse <sup>1)</sup>	Rohdichte <sup>1)</sup>	Druckfestigkeit
Bez.:	mm	mm	kg	kg/m <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup>
BK 1	94,9	93,5	1,54	2330	81,6
BK 2	94,7	93,4	1,54	2340	60,5
BK 3	94,6	93,3	1,58	2400	73,2
BK 4	94,6	93,1	1,50	2290	70,7
<sup>1)</sup> lufttrocken			Mittelwert:	2340	71,5

Tabelle A 3: Chloridgehalte der Bohrmehlproben bezogen auf Zement

Probenbezeichnung	Entnahmetiefe in mm	Chloridgehalt bezogen auf Beton	Chloridgehalt bezogen auf Zement
		in M.-%	in M.-%
BM 1	0-20	0,05	0,33
	20-40	0,06	0,42
BM 2	20-40	0,10	0,66
	20-40	0,08	0,53
BM 3	0-20	0,07	0,47
	20-40	0,04	0,29
BM 4	0-20	0,10	0,67
	20-40	0,09	0,58
BM 5	0-20	0,10	0,64
	20-40	0,09	0,59
BM 6	0-20	0,07	0,47
	20-40	0,07	0,47
BM 7	0-20	0,09	0,60
	20-40	0,12	0,80
BM 8	0-20	0,029	0,19
	20-40	0,044	0,29

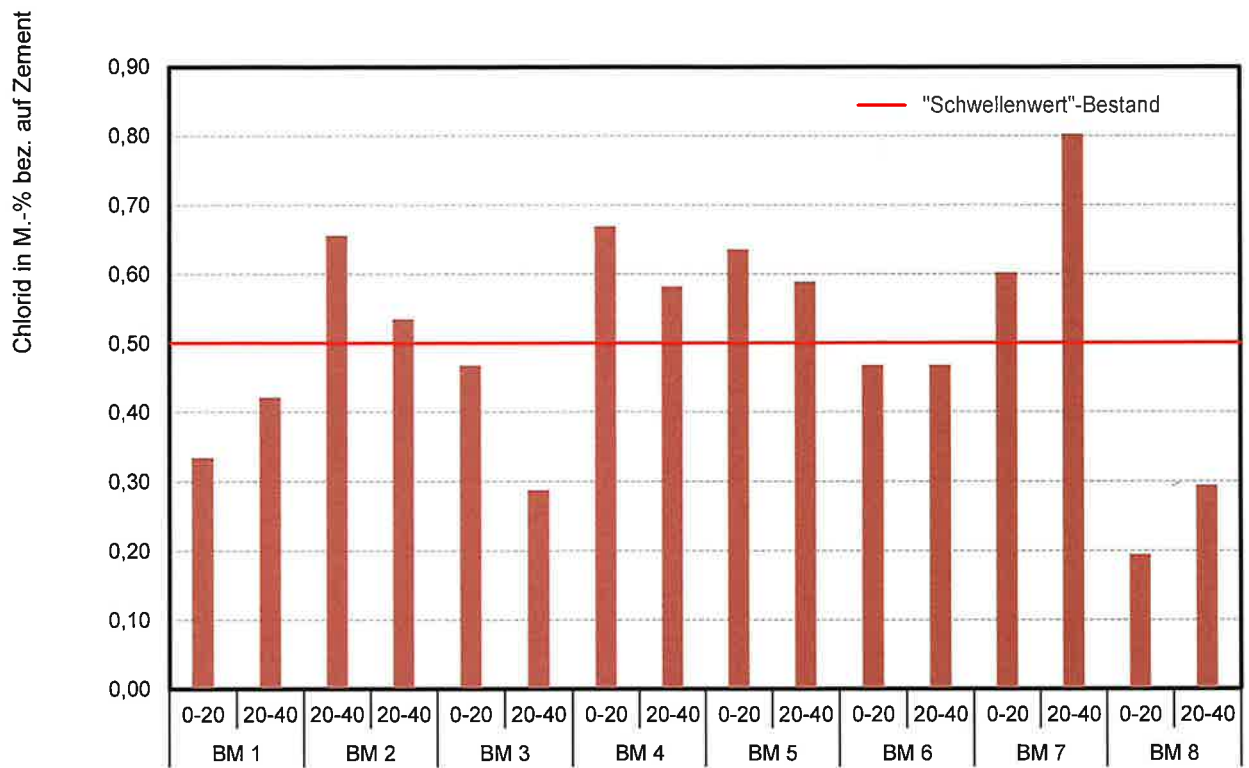


Bild A 8: Grafische Darstellung der Chloridgehalte bezogen auf Zement

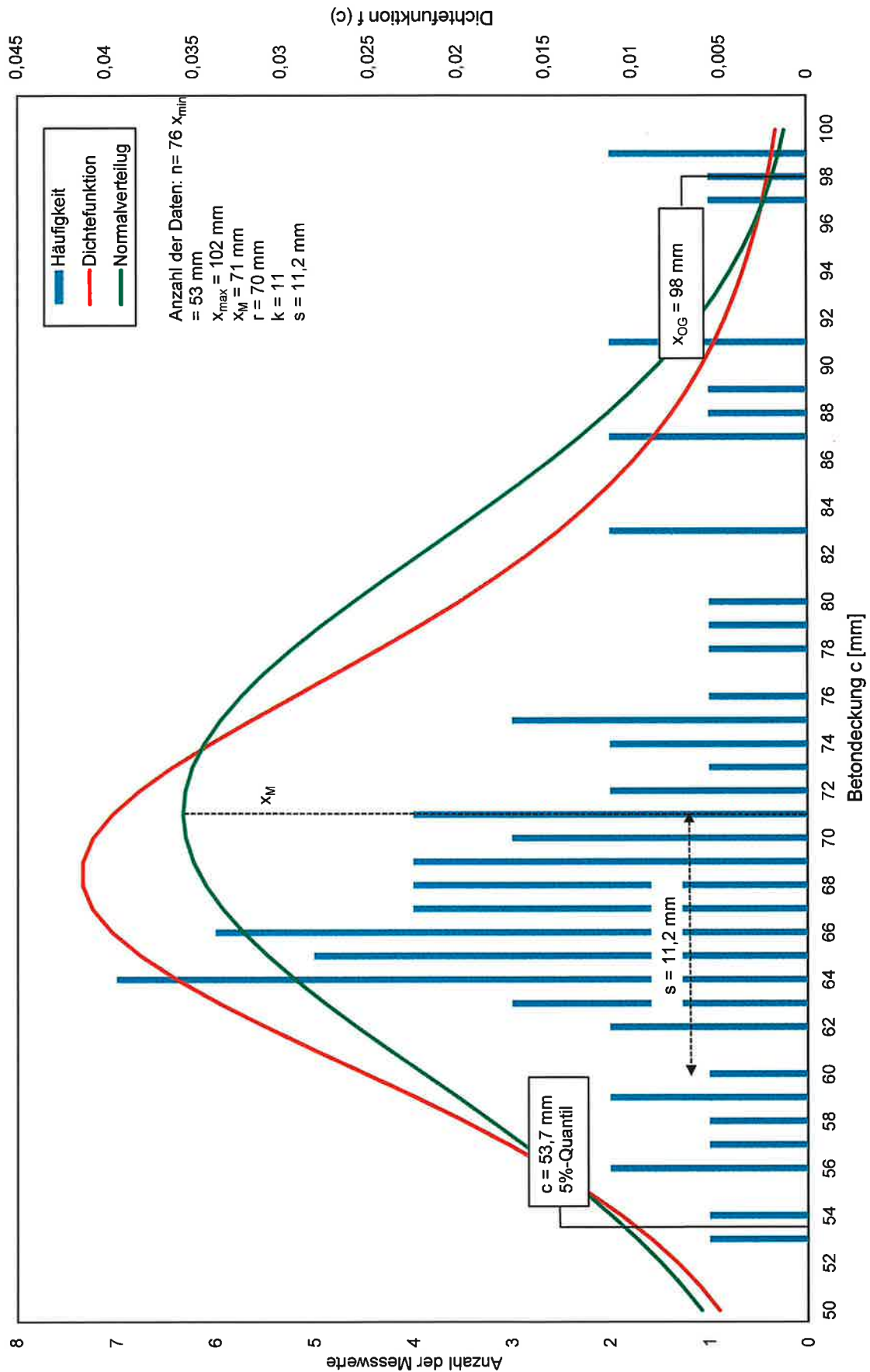


Bild A 9: Statistische Auswertung der Betondeckung nach [N 2] – unterhalb Fußraste

Das Versuchsmaterial ist vernichtet. Veröffentlichungen von Untersuchungsergebnissen, auch auszugsweise, und Hinweise auf Untersuchungen zu Werbezwecken, bedürfen in jedem Einzelfall der widerruflichen schriftlichen Einwilligung des Instituts für Materialprüfung und Bauwerkserhaltung GmbH.



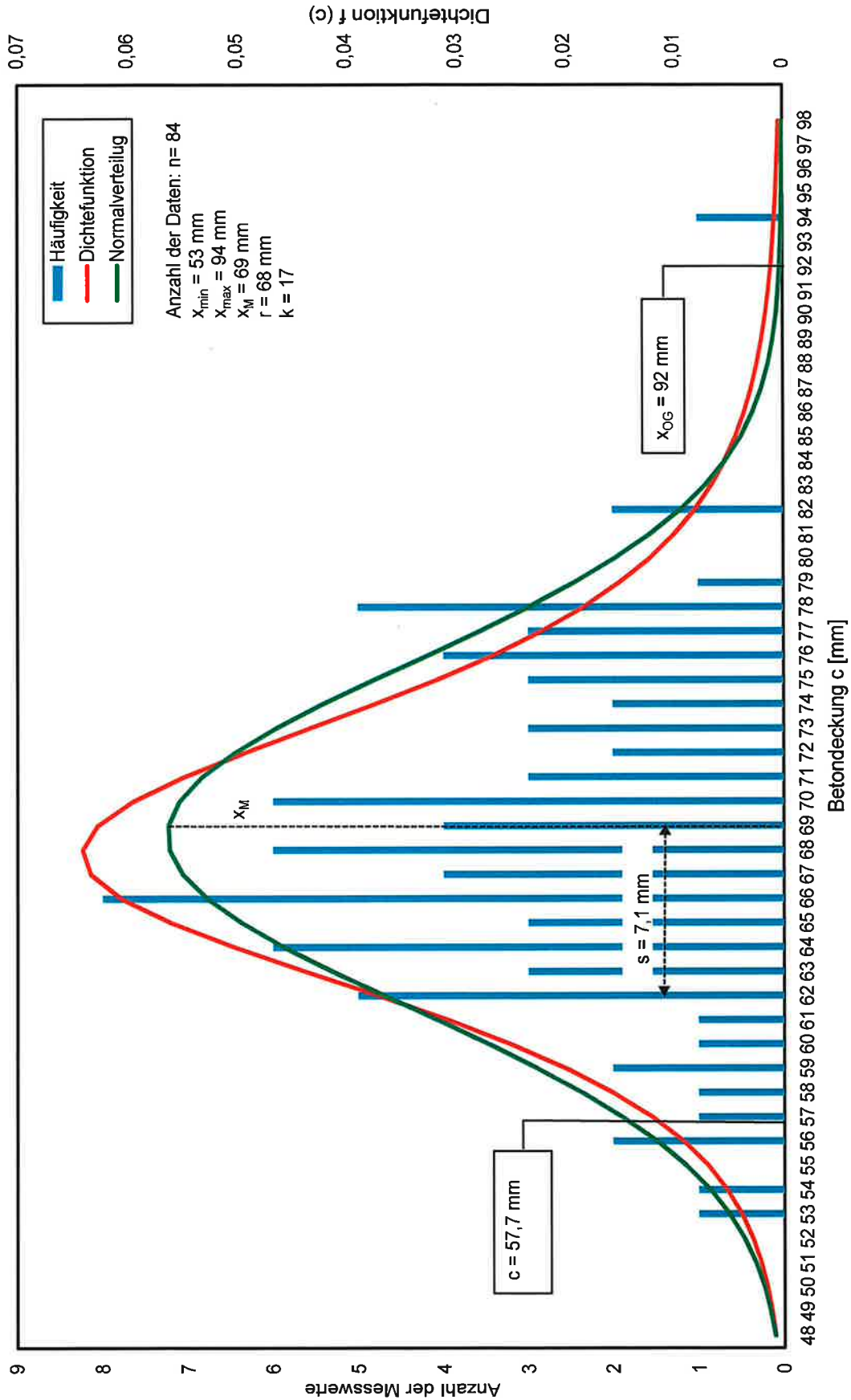


Bild A 10: Statistische Auswertung der Betondeckung nach [N 2] – oberhalb Fußraste

Das Versuchsmaterial ist vernichtet. Veröffentlichungen von Untersuchungsergebnissen, auch auszugsweise, und Hinweise auf Untersuchungen zu Werbezwecken, bedürfen in jedem Einzelfall der widerruflichen schriftlichen Einwilligung des Instituts für Materialprüfung und Bauwerkserhaltung GmbH.

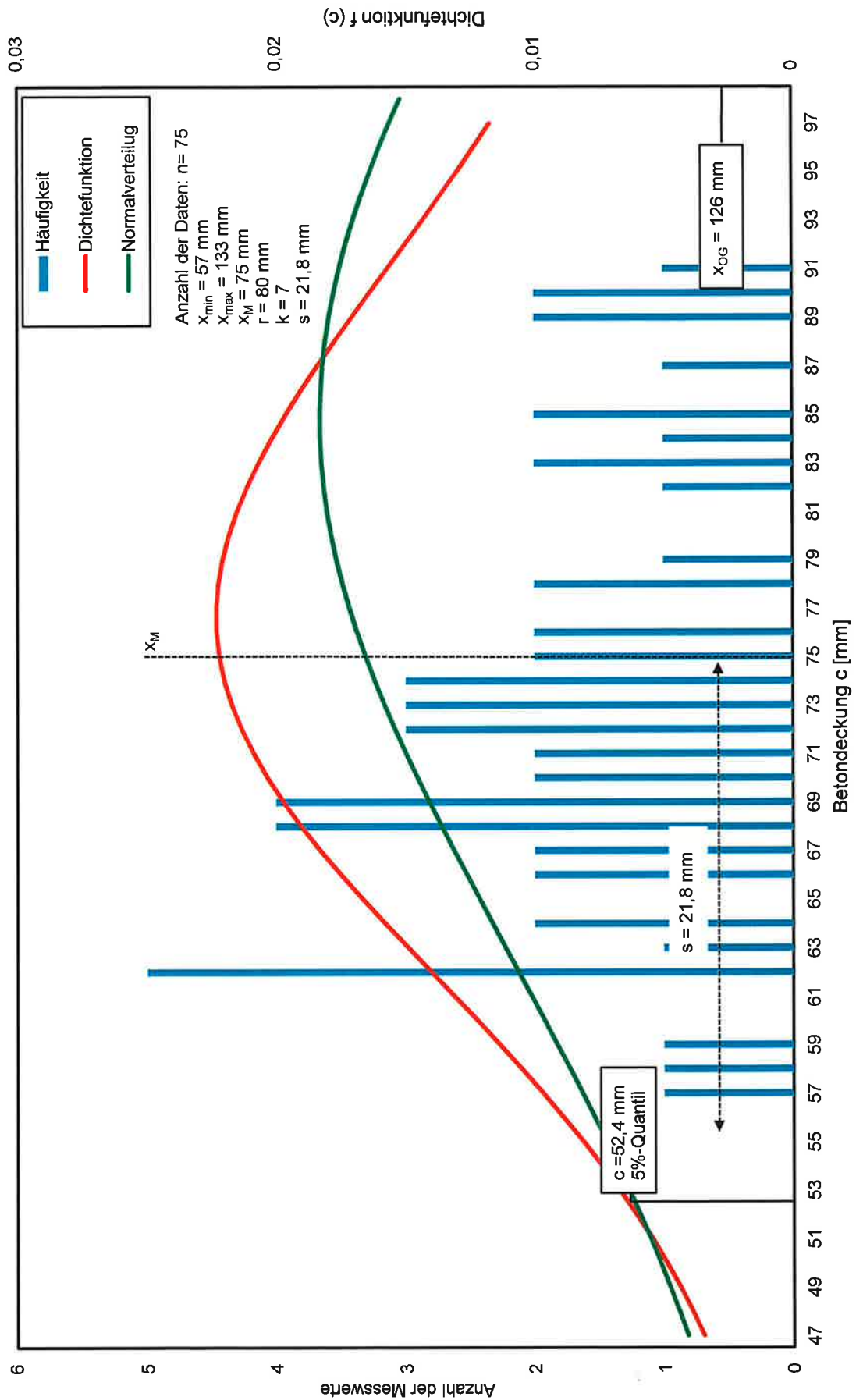


Bild A 11: Statistische Auswertung der Betondeckung nach [N 2] – Beckenboden

Das Versuchsmaterial ist vernichtet. Veröffentlichungen von Untersuchungsergebnissen, auch auszugsweise, und Hinweise auf Untersuchungen zu Werbezwecken, bedürfen in jedem Einzelfall der widerruflichen schriftlichen Einwilligung des Instituts für Materialprüfung und Bauwerkserhaltung GmbH.