

# ANLAGE 4

TIEFGARAGE  
FRIEDRICHSPLATZ  
KASSEL

**U N I K A S S E L**  
**V E R S I T Ä T**

**AMPA** Universität Kassel  
Amtliche Materialprüfanstalt  
für das Bauwesen



### Prüfbericht Nr. 142180-10

**Auftraggeber:** EFG Beratende Ingenieure GmbH  
Ederweg 4  
34277 Fuldabrück

**Auftrag:** Ermittlung von Materialkennwerten,  
hier: Chloridgehalte im Beton  
  
BV: Parkhaus Friedrichsplatz in Kassel

**Probenahme:** Durch den Auftraggeber

Der Prüfbericht umfasst 9 Blatt und 4 Anlagen.

Die Veröffentlichung des Prüfberichtes ist nur mit Zustimmung der AMPA gestattet.

Datum: 04.12.2014  
Zeichen: Ma

Das Probenmaterial steht dem Auftraggeber bis 21 Tage nach Erstellung des Prüfberichtes zur Verfügung.  
Nach Ablauf der Frist wird das Probenmaterial ohne weitere Benachrichtigung entsorgt.



---

**Leitung der AMPA:**

Prof. Dr. B. Middendorf  
Prof. Dr.-Ing. E. Fehling

Prof. Dr.-Ing. W. Seim  
Prof. Dr.-Ing. U. Dorka

**Geschäftsführer:**

Dipl.-Ing. P. Machner

Briefpost: Postfach, 34109 Kassel  
Lieferanschrift: Georg-Forster-Straße 6, 34125 Kassel  
Telefon: 0561 / 804-2601 Telefax: 0561 / 804-2662  
[www.ampa-uni-kassel.de](http://www.ampa-uni-kassel.de)  
E-Mail: [baupruef@uni-kassel.de](mailto:baupruef@uni-kassel.de)

## 1. Allgemeines

Die Amtliche Materialprüfanstalt der Universität Kassel wurde beauftragt, an angelieferten Proben die Chloridgehalte im Beton zu ermitteln. Zusätzlich sollten an mitgelieferten Bohrkernen die Schichtdicke an der Oberfläche der Bohrkern und der Korrosionsgrad der in den Bohrkernen vorhandenen Bewehrung ermittelt werden. Die Proben wurden vom Auftraggeber aus dem BV: Parkhaus Friedrichsplatz in Kassel entnommen.

### 1.1 Veranlassung

Grundlagen für eine Instandsetzung

### 1.2 Proben

Gestalt: 140 Bohrmehlproben, 5 Bohrkern unterschiedlicher Durchmesser,

### 1.3 Bearbeitungszeitraum

Anlieferungsdatum: 26.11.2014, Bearbeitung Labor: 27.11. – 03.12.2014,

### 1.4 Lage und Kennzeichnung der Beprobungsstellen

Angaben über die Lage der Beprobungsstellen liegen der AMPA nicht vor. Die Kennzeichnung der Proben wurde übernommen.

## 2. Durchführung der Untersuchungen

### 2.1 Beschreibung der Bohrkern

Die jeweiligen Bohrkern einschließlich der Bohrkernlängen und  $\varnothing$  sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die stichpunktartige Beschreibung der Probekörper einschließlich der fotografischen Darstellung erfolgt in Anlage 1.

*Tabelle 1: Beschreibung der Bohrkern*

Bohrkern-/ Probe Nr.	Bohrkernlänge [mm]	Bohrkern- durchmesser [mm]	Besonderheiten
BK 1	148	95	0-4 mm – Oberflächenschutzsystem 4-148 mm Beton aus Sand, Kies 0/16 mm, gleichmäßig verteilt, fein- bis grobporig.
BK 2	106	95	0-6 mm – Oberflächenschutzsystem 6-106 mm Beton aus Sand, Kies 0/16 mm, gleichmäßig verteilt, fein- bis grobporig.

Fortsetzung Tabelle 1: Beschreibung der Bohrkern

Bohrkern-/ Probe Nr.	Bohrkernlänge [mm]	Bohrkern- durchmesser [mm]	Besonderheiten
BK 3	88	95	0-1 mm – Oberflächenschutzsystem 1-88 mm Beton aus Sand, Kies 0/16 mm, gleichmäßig verteilt, fein- bis grobporig
BK 4	52	46	0-6 mm – Feinmörtelschicht mit Beschichtung 6-52 mm – Beton aus Sand, Kies 0/16 mm, gleichmäßig verteilt, fein- bis grobporig, in Bohrkernlängsrichtung Betonierfuge,
BK 5	75	46	0-6 mm – Feinmörtelschicht mit Beschichtung 6-75 mm – Beton aus Sand, Kies 0/16 mm, gleichmäßig verteilt, fein- bis grobporig, teilweise leicht haufwerksporig,

## 2.2 Ermittlung der Chloridgehalte im Beton

Die Chloridgehalte im Beton wurden gemäß der „Anleitung zur Bestimmung des Chloridgehaltes von Beton“ vom DAfStb (Heft 401, Ausgabe 1989) photometrisch mit einem Photometer – Merck, Nova 60 – ermittelt.

Die Berechnung des Chloridgehaltes bezogen auf den Zementgehalt erfolgte unter der Annahme eines Zementgehaltes von 300 kg/m<sup>3</sup> Beton. Die Ergebnisse der Untersuchungen auf Chloride sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Chloridgehalte

Probe	Probeneinwaage [g]	Cl- Beton [M.-%]	Cl- Zement [M.-%]*
BK 1 – 30 mm	2,00	0,00	0,04
BK 2 – 30 mm	2,00	0,00	0,04
1.1 a	0,17	0,05	0,41
1.1 b	0,59	0,02	0,14
1.1 c	0,57	0,02	0,16
1.3 a	1,25	0,31	2,45
1.3 b	0,73	0,24	1,87
1.3 c	0,98	0,31	2,43

Fortsetzung Tabelle 1: Chloridgehalte

Probe	Probeneinwaage [g]	Cl- Beton [M.-%]	Cl- Zement [M.-%]*
1.4 a	1,28	0,06	0,47
1.4 b	0,46	0,06	0,48
1.4 c	0,37	0,04	0,29
1.5 a	1,64	0,02	0,15
1.5 b	0,95	0,02	0,14
1.6 a	1,71	0,01	0,10
1.6 b	1,59	0,02	0,18
1.7 a	1,63	0,08	0,59
1.7 b	1,05	0,01	0,07
1.8 a	2,00	0,02	0,19
1.8 b	0,99	0,01	0,08
1.9 a	1,74	0,03	0,23
1.9 b	1,60	0,02	0,19
1.10 a	1,77	0,03	0,25
1.10 b	1,78	0,02	0,16
1.11 a	1,98	0,02	0,13
1.11 b	1,61	0,03	0,27
1.21 a	1,83	0,01	0,08
1.21 b	0,65	0,02	0,12
1.21 c	0,60	0,01	0,11
1.22 a	1,60	0,02	0,15
1.22 b	0,93	0,02	0,17
1.22 c	0,77	0,03	0,26
1.23 a	1,69	0,04	0,30
1.23 b	0,60	0,01	0,11
1.23 c	0,81	0,02	0,16
1.24 a	1,47	0,19	1,51
1.24 b	0,87	0,06	0,45
1.24 c	1,01	0,03	0,25
1.25 a	1,82	0,09	0,74
1.25 b	0,73	0,02	0,18
1.25 c	0,58	0,02	0,19
1.26 a	1,32	0,27	2,08
1.26 b	0,75	0,04	0,29
1.26 c	0,58	0,06	0,45

Fortsetzung Tabelle 1: Chloridgehalte

Probe	Probeneinwaage [g]	Cl- Beton [M.-%]	Cl- Zement [M.-%]*
1.27 a	1,68	0,24	1,91
1.27 b	0,82	0,09	0,73
1.27 c	0,68	0,05	0,38
1.28 a	1,51	0,51	3,98
1.28 b	0,62	0,31	2,46
1.28 c	0,70	0,25	1,99
1.29 a	1,21	0,06	0,44
1.29 b	1,17	0,02	0,14
1.30 a	2,00	0,24	1,90
1.30 b	1,79	0,02	0,14
1.31 a	2,00	0,02	0,12
1.31 b	1,93	0,02	0,13
1.32 a	2,00	0,02	0,14
1.32 b	1,22	0,03	0,27
1.33 a	2,00	0,02	0,13
1.33 b	1,64	0,01	0,10
1.34 a	2,00	0,02	0,13
1.34 b	1,52	0,02	0,19
1.35 a	2,00	0,01	0,11
1.35 b	2,00	0,01	0,08
2.1 a	1,10	0,01	0,09
2.1 b	0,89	0,03	0,24
2.1 c	1,18	0,01	0,05
2.2 a	1,20	0,01	0,11
2.2 b	1,19	0,00	0,02
2.2 c	1,24	0,00	0,04
2.3 a	1,84	0,01	0,09
2.3 b	1,27	0,01	0,05
2.3 c	0,99	0,02	0,12
2.4 a	1,64	0,01	0,11
2.4 b	1,13	0,02	0,12
2.4 c	0,91	0,02	0,13
2.5 a	1,15	0,04	0,33
2.5 b	0,76	0,02	0,19
2.5 c	0,79	0,02	0,17

Fortsetzung Tabelle 1: Chloridgehalte an den Stützen

Probe	Probeneinwaage [g]	Cl- Beton [M.-%]	Cl- Zement [M.-%]*
2.6 a	1,41	0,01	0,11
2.6 b	0,91	0,03	0,25
2.6 c	0,58	0,02	0,14
2.7 a	1,49	0,02	0,20
2.7 b	0,26	0,03	0,25
2.7 c	1,45	0,02	0,13
2.8 a	1,75	0,03	0,20
2.8 b	0,76	0,03	0,20
2.8 c	0,98	0,03	0,20
2.9 a	1,88	0,02	0,14
2.9 b	0,97	0,02	0,16
2.9 c	0,51	0,02	0,14
2.10 a	2,00	0,02	0,17
2.10 b	0,32	0,04	0,29
2.10 c	1,54	0,02	0,18
2.11 a	1,59	0,04	0,28
2.11 b	0,88	0,03	0,25
2.11 c	0,88	0,03	0,20
2.12 a	1,08	0,03	0,24
2.12 b	0,89	0,03	0,20
2.12 c	0,91	0,03	0,22
2.13 a	1,26	0,02	0,12
2.13 c	0,56	0,02	0,13
2.14 b	0,62	0,01	0,07
2.15 b	0,60	0,20	1,56
2.15 c	0,52	0,16	1,27
2.14 a	1,55	0,02	0,19
2.17 a	1,78	0,01	0,11
2.18 a	2,00	0,02	0,13
2.18 b	1,82	0,02	0,17
2.19 a	2,00	0,03	0,20
2.19b	1,68	0,02	0,19
2.21 a	1,87	0,02	0,17
2.21 b	1,61	0,01	0,12
2.22 a	2,00	0,02	0,13
2.22 b	1,87	0,02	0,14

Fortsetzung Tabelle 1: Chloridgehalte an den Stützen

Probe	Probeneinwaage [g]	Cl- Beton [M.-%]	Cl- Zement [M.-%]*
2.23 a	2,00	0,02	0,17
2.23 b	1,79	0,04	0,33
2.30 b	0,65	0,02	0,13
2.33 a	1,68	0,06	0,50
2.33 b	2,00	0,02	0,13
2.34 a	2,00	0,02	0,14
2.35 a	1,86	0,03	0,26
2.36 a	1,67	0,03	0,24
2.36 b	2,00	0,01	0,09
2.37 a	1,71	0,04	0,35
2.37 b	2,00	0,01	0,08

### 2.3 Korrosionsgrad der Bewehrung

Zur Bestimmung des Korrosionsgrades der Bewehrung ist diese aus den jeweiligen Bohrkernen ausgebaut und mittels Mikroskopie untersucht worden. Die festgestellten Korrosionsformen und -grade sind in Tabelle 2 zusammengestellt und beispielhaft in Anlage 2 photographisch dokumentiert.

Tabelle 2 -Korrosionsgrades der Bewehrung

Probe Nr	Korrosionsgrades der Bewehrung*		
	ohne	Oberflächenkorrosion	Lochfraßkorrosion
BK 1 oben	++	0	0
BK 1 unten	+	0	1
BK 2 oben	-	0	2
BK 2 unten	-	1	1
BK 4 ohne Zuordnung	--	2	3

\* – Bewertungsmaßstab 1 – 5 (1: beginnende Korrosion; 5: sehr starke Korrosion mit deutlichem Querschnittsverlust)

### 2.4 Ermittlung der Schichtdicken an den Bohrkerne

Die jeweiligen Bohrkern aus der Beschichtung wurden vor der mikroskopischen Untersuchung gereinigt und in der Probenmitte geteilt. Die an den Proben ermittelten Schichtdicken sind in Tabelle 3 zusammengestellt und in Anlage 3 fotografisch dokumentiert. Bei der Ermittlung der



Schichtdicken wurde eine mittlere Schichtdicke der jeweiligen Schicht an zufällig an den Proben gewählten Stellen gemessen. Bei den jeweiligen Schichten handelt sich um:

- ❶ – Beschichtung
- ❷ – Grundierung
- ❸ – Kratzspachtelung

Tabelle 3: Beschreibung der Bohrkern

Bohrkern-/ Probe Nr.	Schichtdicke [mm]			Besonderheiten
	❶	❷	❸	
Probe 1	1,77	1,89	max. 0,04	Strukturen in den einzelnen Schichten gleichmäßig, Kratzspachtelung teilweise haufwerksporig.
Probe 2	2,07	3,17	max. 0,04	keine Auffälligkeiten
Probe 3	0,97	0,66	~0,04	Grundierung leicht haufwerksporig.
Probe 4	5,33		max. 0,07	❶ + ❷ Feinmörtelschicht.
Probe 5	9,69		max. 0,07	❶ + ❷ Feinmörtelschicht.

## 2.5 Porenraum und Porenradienverteilung

Mit Hilfe der Quecksilberdruckporosimetrie können Porengrößenverteilung und Porenvolumen bestimmt werden. Das Verfahren beruht auf der porengrößenabhängigen aufnehmbaren Quecksilbermenge, die in Abhängigkeit vom jeweiligen Einpressdruck ermittelt wird. Der äußere aufgebrachte Druck verhält sich umgekehrt proportional zum Porenradius. Mit dem Verfahren können Porenradien im Bereich von ca.  $10^1$  nm bis  $10^5$  nm erfasst werden.

Untersucht wurde je eine Probe des Zementsteins (geknipst) aus den Bohrkernen 4 und 5. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Tabelle 4 zusammen gestellt. In Anlage 4 sind die unterschiedlichen Porenräume in einem Diagramm dargestellt.

Tabelle 4: Porenraum und Porenradialverteilung

Probe	Porosität [Vol.-%]	Luftporen [Vol.-%]	Kapillarporen [Vol.-%]	Gelporen [Vol.-%]
BK 4	13,31	2,34	5,79	5,18
BK 5	16,18	2,25	7,74	6,20

### 3. Zusammenfassung

Die ermittelten Chloridgehalte der angelieferten Proben liegen teilweise über dem nach DIN 1045 für Stahlbeton angegebenen Grenzwert von 0,4 [M.-%] bezogen auf die Zementeinwaage. Die betreffenden Proben sind farblich markiert. Ein Korrosionsangriff auf die im Beton vorhandene Bewehrung der betreffenden Bauteile ist teilweise gegeben. Bei den Chloridgehalten unter dem Grenzwert ist die Korrosion eher unwahrscheinlich.

Die an den Bohrkernen 4 und 5 zeigen einen für Normalbeton üblichen Porenraum. Auffällig im Vergleich beider Proben ist der um 2,5 höhere Kapillarporenanteil an BK 5.

Der Direktor

Der Sachbearbeiter

(Prof. Dr. rer. nat. B. Middendorf)

(Dipl.-Ing. P. Machner)

Prüfbericht Nr. 142180-10 vom 04.12.2014

Anlage 1, Blatt -1-

**Bohrkernbezeichnung:**

BK 1

Ø: 95 mm, Länge: 148 mm



**Bild 1:** BK 1

Besonderheiten:	0-4 mm – Oberflächenschutzsystem 4-148 mm Beton aus Sand, Kies 0/16 mm, gleichmäßig verteilt, fein- bis grobporig.		
Bewehrung:	Lagen: 2      Ø: 24, 26 mm		
Betondeckung:	Oben	Unten	Bewehrung vollständig umhüllt, keine Korrosionserscheinungen
	36,0 mm	51,0 mm	

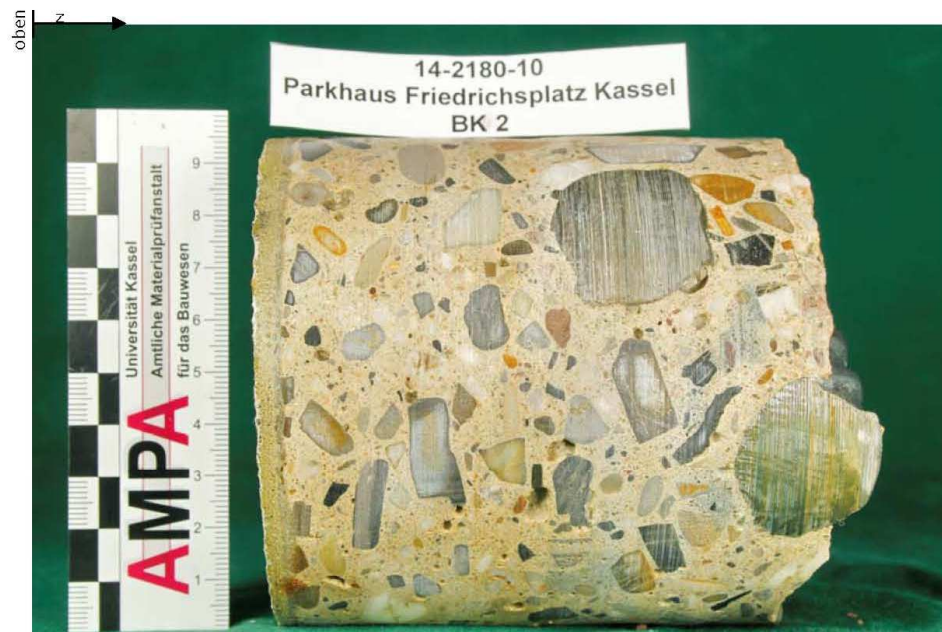
Prüfbericht Nr. 142180-10 vom 04.12.2014

Anlage 1, Blatt -2-

**Bohrkernbezeichnung:**

BK 2

Ø: 95 mm, Länge: 148 mm



**Bild 2:** BK 2

Besonderheiten:	0-6 mm – Oberflächenschutzsystem 6-106 mm Beton aus Sand, Kies 0/16 mm, gleichmäßig verteilt, fein- bis grobporig.		
Bewehrung:	Lagen: 2      Ø: 24, 26 mm		
Betondeckung:	Oben	Unten	Bewehrung vollständig umhüllt, keine Korrosionserscheinungen
	52,0 mm	0 mm	

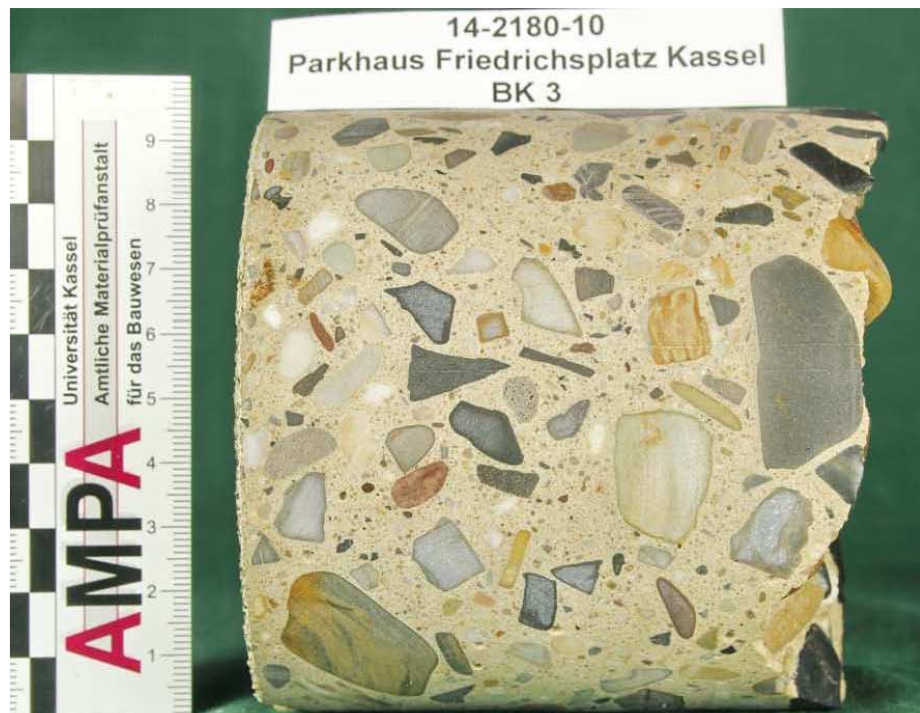
Prüfbericht Nr. 142180-10 vom 04.12.2014

Anlage 1, Blatt –3–

**Bohrkernbezeichnung:**

BK 3

Ø: 95 mm, Länge: 88 mm



**Bild 3:** BK 3

Besonderheiten:	0–1 mm – Oberflächenschutzsystem 1–88 mm Beton aus Sand, Kies 0/16 mm, gleichmäßig verteilt, fein– bis grobporig
Bewehrung:	keine Bewehrung am Bohrkern vorgefunden



Prüfbericht Nr. 142180-10 vom 04.12.2014

Anlage 1, Blatt -4-

**Bohrkernbezeichnung:**

BK 4

Ø: 46 mm, Länge: 52 mm



**Bild 4:** BK 4

Besonderheiten:	0-6 mm – Feinmörtelschicht mit Beschichtung 6-52 mm – Beton aus Sand, Kies 0/16 mm, gleichmäßig verteilt, fein- bis grobporig, in Bohrkernlängsrichtung Betonierfuge,		
Bewehrung:	Lagen: 1      Ø: 12 mm		
Betondeckung:	Oben	Unten	Bewehrung unvollständig umhüllt, teilweise starke Korrosionserscheinungen * Lage nicht zuordenbar
	* mm	* mm	

Prüfbericht Nr. 142180-10 vom 04.12.2014

Anlage 1, Blatt -5-

**Bohrkernbezeichnung:** BK 5

Ø: 46 mm, Länge: 75mm



**Bild 5:** BK 5

Besonderheiten:	0-6 mm – Feinmörtelschicht mit Beschichtung 6-75 mm – Beton aus Sand, Kies 0/16 mm, gleichmäßig verteilt, fein- bis grobporig, teilweise leicht haufwerksporig,
Bewehrung:	keine Bewehrung am Bohrkern vorgefunden

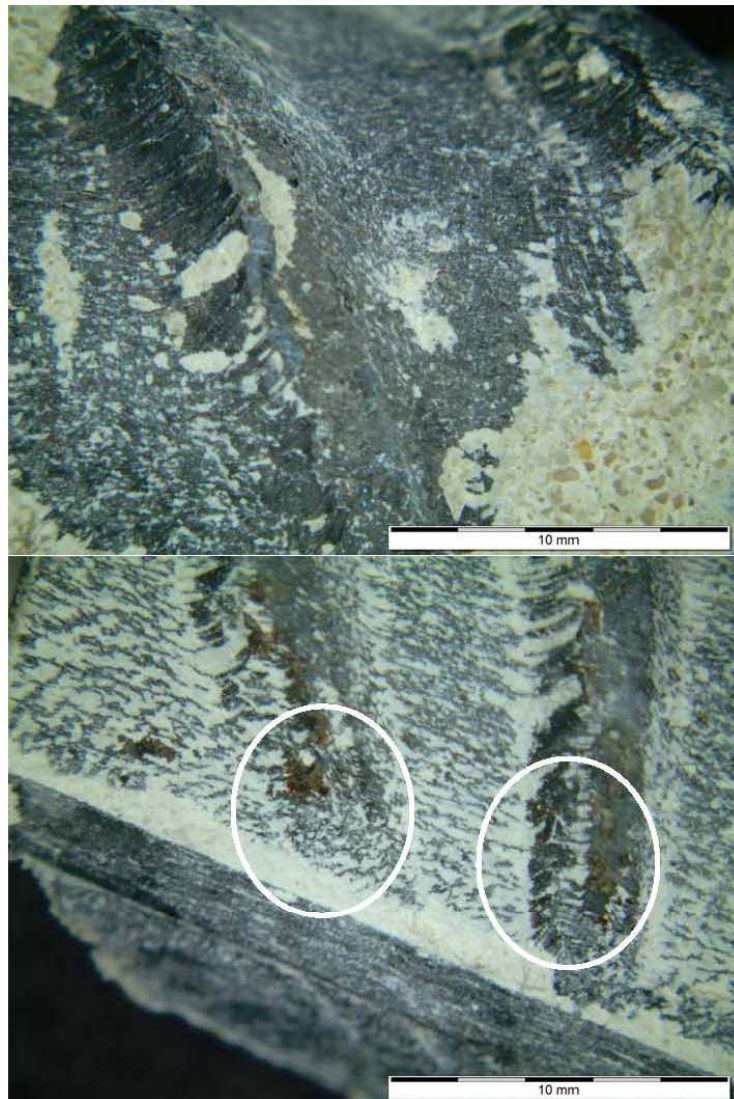
Prüfbericht Nr. 142180-10 vom 04.12.2014

Anlage 2, Blatt –I–

**Bohrkernbezeichnung:**

BK 1

Ø: 114,5mm, Länge: 230mm



**Bild 1:** BK 1 – Bewehrung Ø 24 mm

Besonderheiten:

Probe 1 oben – keine ein Korrosion erkennbar

Probe 1 unten – keine Korrosion in der Oberfläche, beginnende Lochfraßkorrosion

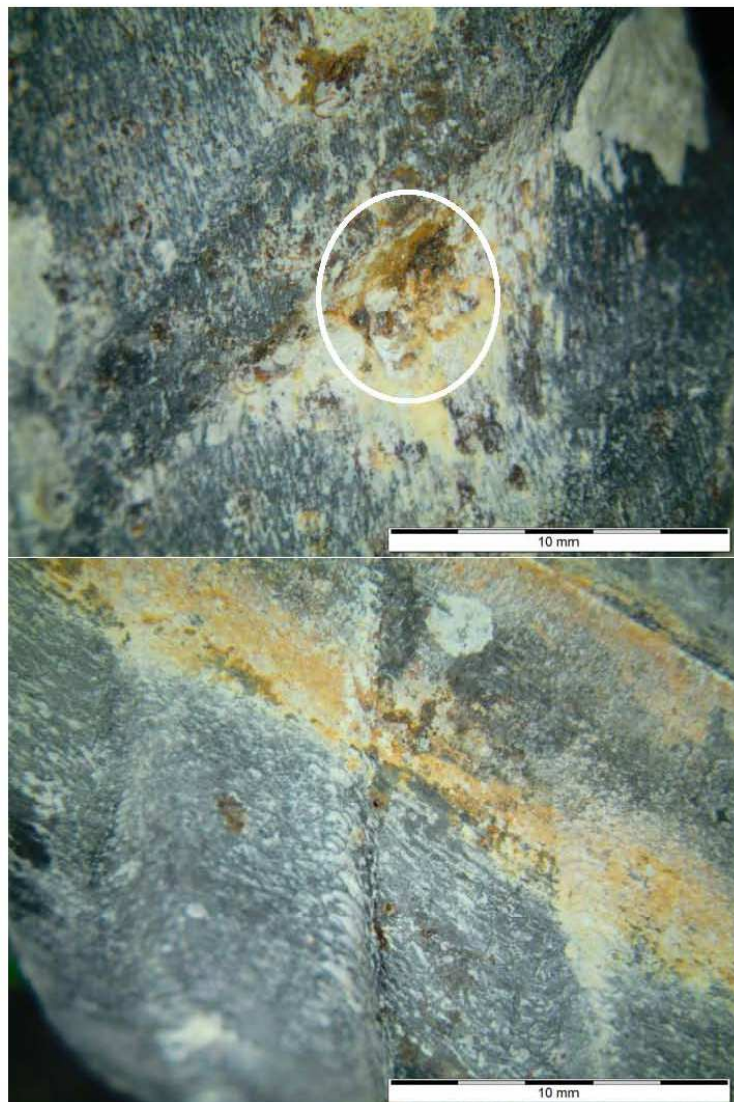


Prüfbericht Nr. 142180-10 vom 04.12.2014

Anlage 2, Blatt -2-

**Bohrkernbezeichnung:** BK 2

Ø: 114,8mm, Länge: 285mm



**Bild 2:** BK 2- Bewehrung Ø 24 mm

Besonderheiten:	Probe 2 oben	- keine Korrosion in der Oberfläche, Lochfraßkorrosion
	Probe 2 unten	- schwache Korrosion in der Oberfläche, beginnende Lochfraßkorrosion

**Bohrkernbezeichnung:**

BK 4

Ø: 114,8mm, Länge: 285mm



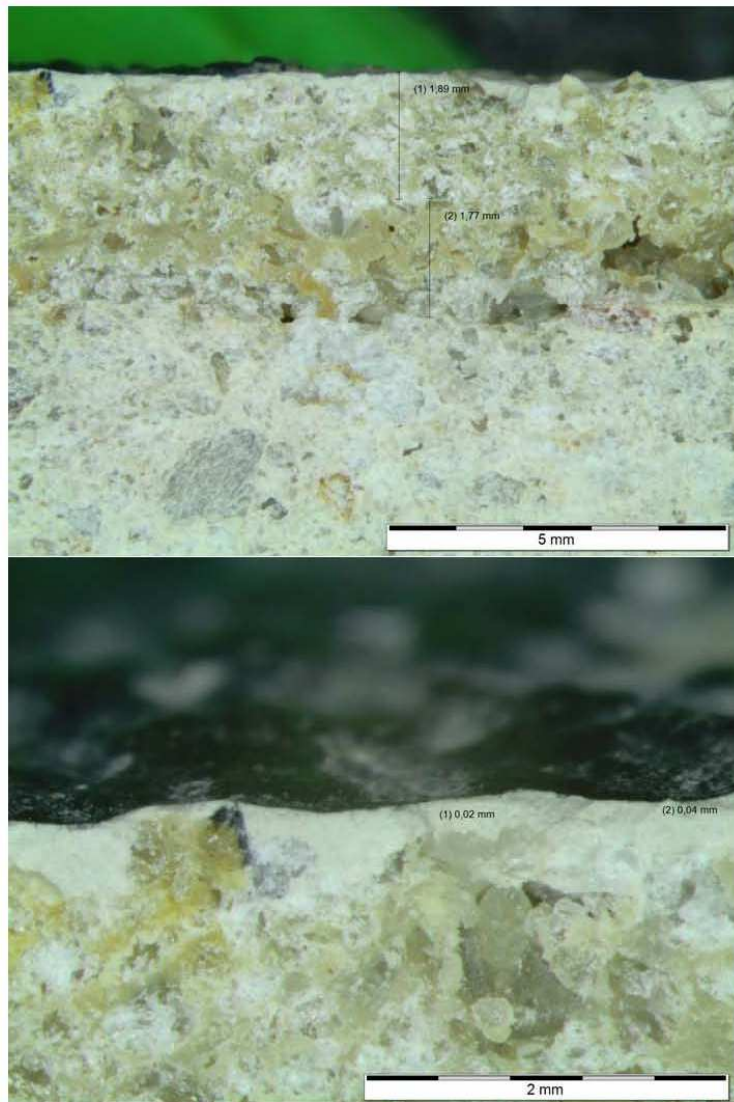
**Bild 2:** BK 4 – Bewehrung Ø 12 mm

Besonderheiten:

Probe 4 – beginnende Korrosion in der Oberfläche,  
deutlich erkennbare Lochfraßkorrosion

Bohrkernbezeichnung:

BK 1

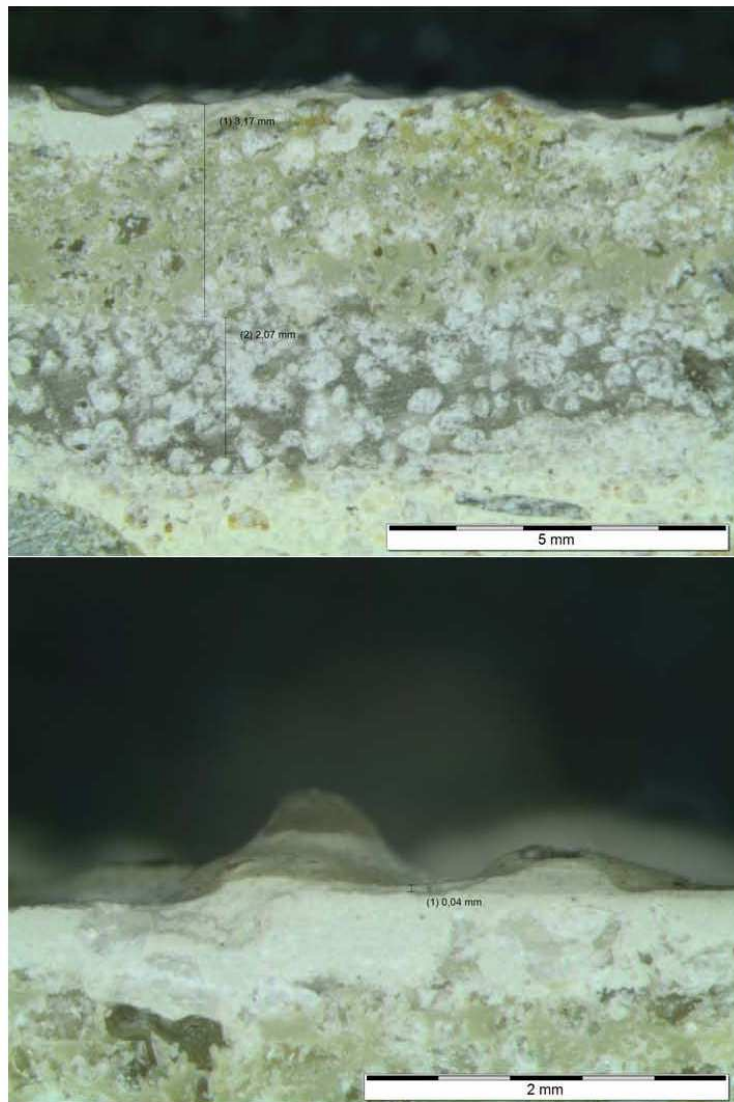


**Bild 1:** BK 1



Bohrkernbezeichnung:

BK 2



**Bild 2:** BK 2

Prüfbericht Nr. 142180-10 vom 04.12.2014

Anlage 3, Blatt -3-

Bohrkernbezeichnung:

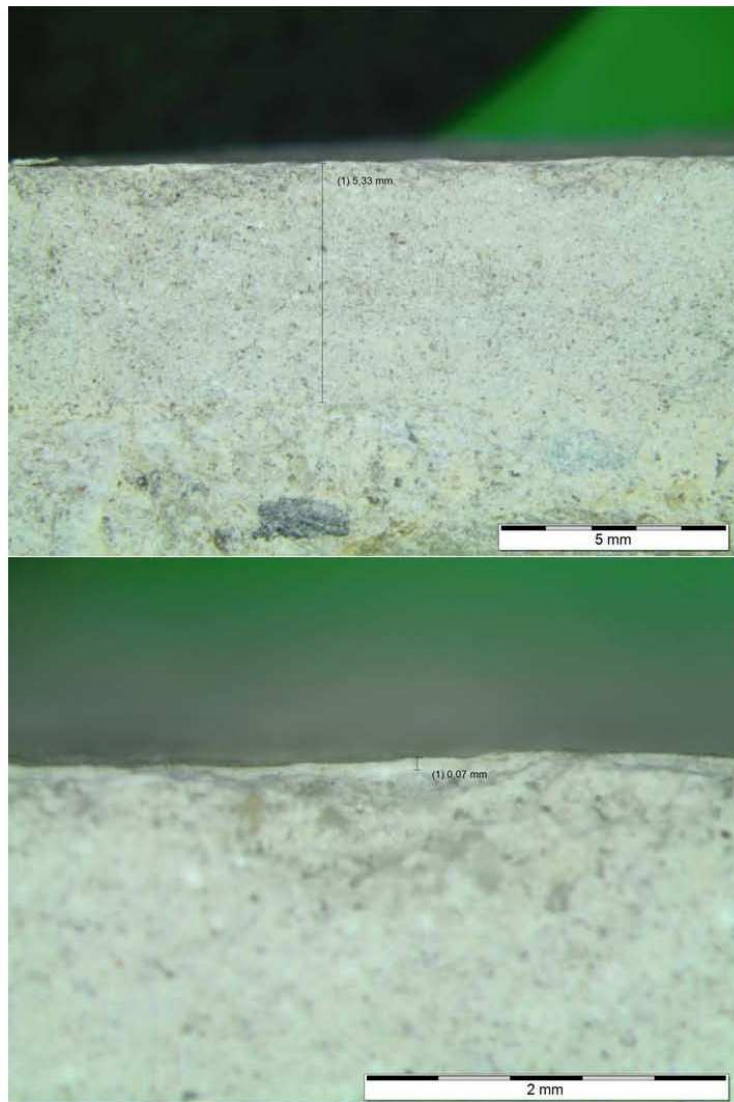
BK 3



**Bild 3:** BK 3

Bohrkernbezeichnung:

BK 4



**Bild 4:** BK 4

Bohrkernbezeichnung:

BK 5



**Bild 5:** BK 5

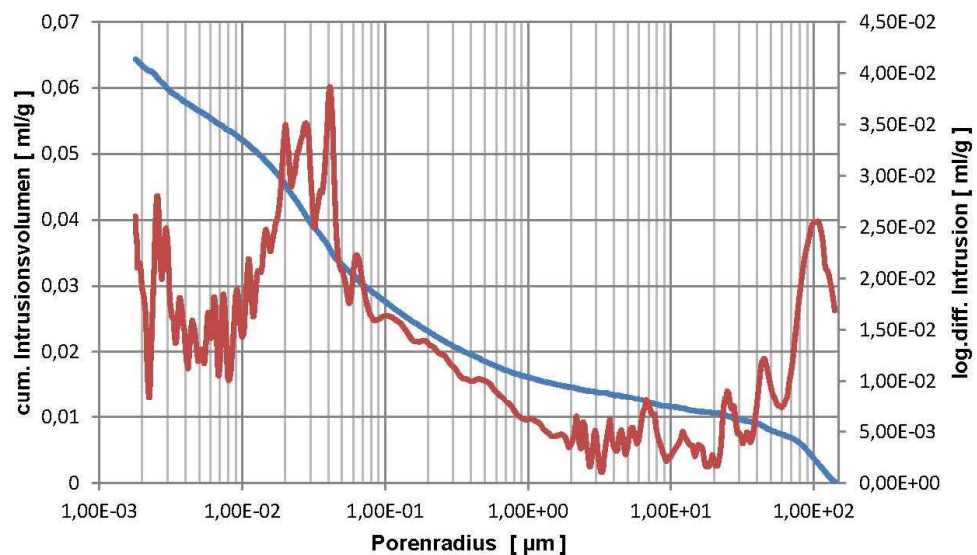
Prüfbericht Nr. 142180-10 vom 04.12.2014

Anlage 4, Blatt -1-

**Bohrkernbezeichnung:**

BK 4

### Bohrkern 4



**Bild 1:** BK 4 – Porenräume und Porenradienverteilung



Prüfbericht Nr. 142180-10 vom 04.12.2014

Anlage 4, Blatt -2-

**Bohrkernbezeichnung:**

BK 5

