

## Prüf- und Beurteilungsbericht

**D3421****B4**

Auftraggeber	Bundesamt für Strassen (ASTRA) Filiale Zofingen 4800 Zofingen
Auftrag erteilt durch	dsp Ingenieure & Planer AG SIA/USIC 8610 Uster
Bauwerk/Bauteil	TSH Tunnel Schweizerhalle
Gegenstand/Zweck	Vertiefte materialtechnologische Zustandsuntersuchungen

		Seite
Prüfbericht	1. Auftrag	3
	2. Unterlagen	3
	3. Augenschein	4
	4. Angaben	4
	5. Feststellungen	4
	6. Prüfungen am Bauwerk	5
	7. Probenahme und Proben	9
	8. Prüfungen im Labor	10
Beurteilungsbericht	9. Grundlagen	14
	10. Beurteilungen – Rückwand der Stützmauer	14
	11. Beurteilungen – Mittelwand	15
	12. Beurteilungen – Deckenunterseite/Querträger	16
	13. Beurteilungen – Deckenoberseite	19
Anhang	1 Bauwerksuntersuchungen Rückwand/Mittelwand	1-4
	2 Bauwerksuntersuchungen Deckenunterseite/ Querträger	1-5
	3 Bauwerksuntersuchungen Deckenoberseite	1-3
	4 Statistische Auswertung der Potenzialmessungen	1
	5 Stat. Auswertung der Betondeckungsmessungen	1/2
	6 Laborergebnisse	1-19
	7 Mikroskopische Analyse	1-3
	8 Fotodokumentation der Bohrkerne	1-5
Sachbearbeiter	Matthias Wagner	
Auftrag vom	02.07.2018	
Berichtsdatum	05.11.2018	

Der Bericht enthält 20 Seiten und 42 Seiten Anhang.  
Ohne schriftliche Genehmigung der Tecnotest AG darf der vorliegende Bericht nicht auszugsweise veröffentlicht werden.

---

**Prüfbericht****D3421**

---

Auftraggeber	Bundesamt für Strassen (ASTRA) Filiale Zofingen 4800 Zofingen
Auftrag erteilt durch	dsp Ingenieure & Planer AG SIA/USIC 8610 Uster
Bauwerk/Bauteil	TSH Tunnel Schweizerhalle
Gegenstand/Zweck	Vertiefte materialtechnologische Zustandsuntersuchungen

---

Auftrag vom	02.07.2018
Berichtsdatum	05.11.2018

## 1. AUFTRAG

Herr Meyer vom Bundesamt für Strassen (ASTRA), vertreten durch Herrn Matt von der dsp Ingenieure & Planer AG SIA/USIC, beauftragte schriftlich am 2. Juli 2018 die Tecnotest AG mit vertieften materialtechnologischen Zustandsuntersuchungen und Prüfungen im Tunnel Schweizerhalle in Basel.

Das Untersuchungskonzept wurde von Herrn Matt vorgegeben und vor Ort den Gegebenheiten angepasst. Aus der Rückwand der Stützmauer und Mittelwand in Fahrtrichtung Luzern wurden Bohrkern für diverse Laborprüfungen entnommen. An der Deckenunterseite wurden 4 Deckenfelder materialtechnologisch mittels Potenzialmessungen, Betondeckungsmessungen der Bewehrungen sowie Sondierungen und Probenahmen untersucht. Auf der Deckenoberseite des Tunnels wurden durch einen Baumeister 3 Sondierfenster geöffnet und durch die Tecnotest AG beprobt.

## 2. UNTERLAGEN

Für die Untersuchungen standen die folgenden Unterlagen zur Verfügung:

- N02-160031-8S HAG AUG, Vertiefte Zustandserfassung TSH, Arbeitspapier Bau 14, Stand 24.03.2018
- Prüf- und Beurteilungsbericht D3050, 4.506.1 Tunnel Schweizerhalle, Tecnotest AG, dat. 10.04.2017
- Schadendokumentation, 1.401 Tunnel Schweizerhalle, Fotodokumentation, NSNW AG, Sissach, dat. 11.11.2015
- Übersichtsplan Schäden, 1.401 Tunnel Schweizerhalle, Situation 1:500, NSNW AG, Sissach, Plan-Nr. 740765-1, dat. 03.11.2015
- Untersuchungskonzept, Tunnel Schweizerhalle, A. Aegerter & Dr. O. Bosshard AG, Basel, dat. 09.2016
- Nationalstrasse N2, Galerie Schweizerhalle, Schemaplan III, Armierungsplan, Plan-Nr. 85-444A, Gruner & Jauslin Ingenieure SIA, MuttENZ, dat. 24.2.1962
- Nationalstrasse N2, Galerie Schweizerhalle, Schemaplan IV, Armierungsplan, Plan-Nr. 85-445A, Gruner & Jauslin Ingenieure SIA, MuttENZ, dat. 24.2.1961
- Nationalstrasse N2, Galerie Schweizerhalle, Längsschnitt Träger 1-43, Plan-Nr. 85-240B, Gruner & Jauslin Ingenieure SIA, MuttENZ, dat. 13.02.1963
- Nationalstrasse N2, Galerie Schweizerhalle, Längsschnitt Träger 43-83, Plan-Nr. 85-241B, Gruner & Jauslin Ingenieure SIA, MuttENZ, dat. 13.02.1963
- Nationalstrasse N2, Galerie Schweizerhalle, Längsschnitt Träger 83-119, Plan-Nr. 85-242, Gruner & Jauslin Ingenieure SIA, MuttENZ, dat. 19.04.1961
- Nationalstrasse N2, Galerie Schweizerhalle, Längsschnitt Träger 119-153, Plan-Nr. 85-243A, Gruner & Jauslin Ingenieure SIA, MuttENZ, dat. 16.08.1961
- Nationalstrasse N2, Galerie Schweizerhalle, Längenprofil, Plan-Nr. 85-245C, Gruner & Jauslin Ingenieure SIA, MuttENZ, dat. 31.01.1963
- Nationalstrasse N2, Galerie Schweizerhalle, Tragkonstruktion Draufsicht Untersicht Träger 134-153, Plan-Nr. 85-380A, Gruner & Jauslin Ingenieure SIA, MuttENZ, dat. 16.02.1962
- Nationalstrasse N2, Galerie Schweizerhalle, Tragkonstruktion Draufsicht Untersicht Träger 114-134, Plan-Nr. 85\_381, Gruner & Jauslin Ingenieure SIA, MuttENZ, dat. 20.11.1961

- Nationalstrasse N2, Galerie Schweizerhalle, Tragkonstruktion Draufsicht Untersicht Träger 1-13, Plan-Nr. 85-382, Gruner & Jauslin Ingenieure SIA, MuttENZ, dat. 23.11.1961
- Nationalstrasse N2, Galerie Schweizerhalle, Schemaplan 1, Armierungsplan, Plan-Nr. 85-435B, Gruner & Jauslin Ingenieure SIA, MuttENZ, dat. 17.05.1962
- Nationalstrasse N2, Galerie Schweizerhalle, Schemaplan 2, Armierungsplan, Plan-Nr. 85-443, Gruner & Jauslin Ingenieure SIA, MuttENZ, dat. 19.09.1962
- Nationalstrasse N2, Galerie Schweizerhalle, Planleit – Schema, Plan-Nr. 85-684, Gruner & Jauslin Ingenieure SIA, MuttENZ, dat. 29.11.1962
- Nationalstrasse N2, Galerie Schweizerhalle, Decke Betonierfeld 19 Träger 63-58, Plan-Nr. 85-737, Gruner & Jauslin Ingenieure SIA, MuttENZ, dat. 20.03.1963
- Nationalstrasse N2, Galerie Schweizerhalle, Schemaplan 5, Armierungsplan, Plan-Nr. 85-477A, Gruner & Jauslin Ingenieure SIA, MuttENZ, dat. 17.05.1962
- Nationalstrasse N2, Galerie Schweizerhalle, Schemaplan 6, Armierungsplan, Plan-Nr. 85-478A, Gruner & Jauslin Ingenieure SIA, MuttENZ, dat. 19.09.1962

### **3. AUGENSCH EIN**

Am 2. Juli 2018 fand ein Augenschein mit folgenden Personen statt:

- Herr Matt, dsp Ingenieure & Planer AG SIA/USIC, Uster
- Herr Wagner, Tecnotest AG, Rüschlikon

Der Untersuchungsumfang und das weitere Vorgehen wurden besprochen.

### **4. ANGABEN**

Bis auf die angegebenen Unterlagen lagen keine weiteren Angaben vor.

### **5. FESTSTELLUNGEN**

Die Beschichtung an der Rückwand der Stützmauer weist mehrheitlich Ablösungen auf. Es sind kaum Stellen mit einer intakten Beschichtung von mehreren Quadratmetern sichtbar. Die Betonoberfläche der Rückwand weist teilweise Zementsteinablösungen (vgl. Fotodokumentation Anhang 8, Bild 6) auf, so dass die Gesteinskörner an der Oberfläche sichtbar werden.

Die Beschichtungen an der Mittelwand (Zentrifix F92 und MC Colorflex) sind visuell in einem guten Zustand. Es sind nur wenige Ablösungen sichtbar. Vereinzelt lokale mechanische Beschädigungen der Beschichtungen sind vorhanden.



## 6. PRÜFUNGEN AM BAUWERK

### 6.1. Einsätze

Die Prüfungen am Bauwerk wurden durch Mitarbeiter der Tecnotest AG durchgeführt:

Tätigkeit	Datum	Witterung	Prüfer
Prüfungen und Probenahmen	02./03.07.2018 (Nacht)	überdeckt	E. Baumann, R. Müller, S. Popp, Y. Rancati, z.T. M. Wagner
Prüfungen und Probenahmen	03./04.07.2018 (Nacht)	überdeckt	E. Baumann, R. Müller, S. Popp, Y. Rancati, z.T. M. Wagner
Prüfungen	23.08.2018	schön	E. Baumann, z.T. M. Wagner

### 6.2. Prüfverfahren

#### Potenzialmessung

SIA-Merkblatt 2006, SIA 269/2, Tecnotest Prüfanweisung PD061, akkreditierte Prüfung

##### Allgemeines

Der Messraster der Potenzialmessungen an Deckenunterseite betrug 0,5 m x 0,25 m. Die Messungen wurden mit der 1-Radelektrode durchgeführt. Die russige Betonoberfläche wurde vorgängig der Potenzialmessungen benetzt. Im Tunnel herrschten Temperaturen zwischen 24 und 27 °C. Die relative Luftfeuchtigkeit betrug zwischen 59 und 69%. Vor der Potenzialmessung wurden die im SIA Merkblatt 2006 verlangten Kontrollmessungen durchgeführt. Die Messeinrichtung und die verwendeten Bewehrungsanschlüsse erfüllen die gestellten Anforderungen.

##### Messprinzip

Die Potenzialmessung ist ein zerstörungsfreies Verfahren zur Erfassung der aktiven Bewehrungskorrosion in Stahlbetonbauwerken. Bei der Potenzialmessung wird der Umstand genutzt, dass sich das Potenzial des korrodierten vom nichtkorrodierten Stahl um bis zu mehreren 100 mV unterscheidet. Für die Messung des Potenzials wird eine Bezugselektrode mit einem bekannten, gleichmässigen Potenzial (Kupfer in gesättigter Kupfersulfatlösung) auf die Betonoberfläche gesetzt und an ein hochohmiges, mit der Bewehrung verbundenes Spannungsmessgerät angeschlossen.

Die Messungen werden möglichst in einem gleichmässigen Raster vorgenommen, damit die Resultate statistisch ausgewertet und bewertet werden können. Die Grundlage für die Beurteilung bildet die Summenhäufigkeitskurve: Bei einer Gauss'schen Normalverteilung erscheint wegen des gewählten Abbildungsmassstabes die Summenhäufigkeitskurve als Gerade. Knicke in der Kurve deuten auf Zustandsänderungen ausserhalb der normalen Streuung hin (Korrosion, Feuchtigkeit, erhöhter Chloridgehalt etc.).

Bei den Probenahmestellen wurden wenn möglich die entsprechenden Potenziale angegeben. Aufgrund der Rundungsdifferenzen können die Potenziale maximal um  $\pm 10$  mV gegenüber den im Anhang dargestellten Potenzialmesswerten abweichen.

**Betondeckung der Bewehrung mit dem Profometer**

SIA 269/2, Tecnotest Prüfanweisung PD050, akkreditierte Prüfung

Die Betonüberdeckungen der Bewehrungen werden unter Ausnützung der elektromagnetischen Eigenschaften des Bewehrungsstahles gemessen. Das eingesetzte Betondeckungsmessgerät misst beim Überfahren der Bewehrungsstäbe die Veränderungen der induzierten Spannung. Das Gerät zeigt für die vorgegebenen, kalibrierten Durchmesser der Bewehrungsseisen eine der induzierten Spannung entsprechende Betondeckung auf einer Analog- oder Digitalanzeige an. Wenn das Betondeckungsmessgerät mit Digitalanzeige im Messintervall keine Bewehrung lokalisiert, zeigt es den Wert '99' an. Im Programm für die statistischen Auswertungen wurden diese Messfehler eliminiert. Die Messungen wurden in Form von Linien senkrecht zur äusseren Bewehrungslage durchgeführt, gespeichert und statistisch ausgewertet.

**Karbonatisierungstiefe am Bauwerk**

SN EN 14 630, Tecnotest Prüfanweisung PD058, akkreditierte Prüfung

An der Prüfstelle wurde die Betonoberfläche mit Hilfe eines Elektrohammers so weit und so tief aufgespitzt, dass die gesamte karbonatisierte Zone des Betons durchdrungen war. Danach wurde die frische Bruchstelle von losen Teilen gereinigt und mit Hilfe des Blasebalges vollständig entstaubt. Als Indikatorlösung wurde Phenolphthalein, das im pH-Bereich von 8,4..10,0 von farblos nach rot umschlägt, verwendet. Die Lösung wurde mit Hilfe einer sehr feinen Sprühdüse auf die frische Bruchfläche aufgesprüht. Nach kurzer Einwirkzeit der Lösung wurden mit Hilfe einer Tiefenschiebelehre die minimale und die maximale Umschlagtiefe der Indikatorlösung, entsprechend der minimalen und maximalen Karbonatisierungstiefe, gemessen. Extremalstellen (z.B. Risse mit grösserer Karbonatisierungstiefe) werden gesondert erfasst.

**Korrosionsgrad**

SIA 269/2, Tecnotest Prüfanweisung PD054, akkreditierte Prüfung

Der zu prüfende Stahl wurde freigelegt und der Korrosionsgrad nach folgendem Bewertungsmassstab bestimmt:

- KG 0 Keine Korrosion. Der Stahl ist blank. Auch metallische Hüllrohre von Spanngliedern sind blank.
- KG 1 Geringe Korrosion. Der Stahl weist wenige oberflächliche Rostpunkte auf. Bei metallischen Hüllrohren von Spanngliedern sind wenige oberflächliche Rostpunkte vorhanden.
- KG 2 Mässige Korrosion. Rostflecken; lokal geringer Materialabtrag am Stahl ist möglich. Bei metallischen Hüllrohren von Spanngliedern sind viele Rostflecken sichtbar und lokale Perforationen möglich.

- KG 3 Starke Korrosion. Der Stahl ist vollständig rostig und zeigt geringen Materialabtrag; bei Lochfrass Querschnittsverminderung  $\leq 5\%$ . Metallische Hüllrohre von Spanngliedern sind perforiert.
- KG 4 Sehr starke Korrosion. Der Stahl ist vollständig rostig mit deutlichen Mulden resp. bei Lochfrass mit deutlichen Querschnittsverminderungen. Die Querschnittsverminderung (QV) wird in % des ursprünglichen Gesamtquerschnitts angegeben. Metallische Hüllrohre von Spanngliedern sind vollständig durch- oder wegkorrodiert.

#### **PBD-Abdichtung: Schälzugfestigkeit von Hand**

SIA 281/2, Tecnotest Prüfanweisung PA060, nicht akkreditierte Prüfung

Die Schälzugprüfung von Hand wurde in Längsrichtung der Dichtungsbahn durchgeführt. Mit zwei parallelen Schnitten im Abstand von 100 mm wurde die Dichtungsbahn auf einer Länge von etwa 300 mm durchtrennt. Beim Streifenanfang wurde die Dichtungsbahn mit geeigneten Werkzeugen soweit vom Untergrund gelöst, dass der Streifen mit der Hand gefasst werden konnte. Anschliessend wurde der Prüfstreifen von Hand möglichst gleichmässig vom Untergrund abgeschält. Eine gleichmässige Schälgeschwindigkeit ist bei dieser Prüfung nicht gewährleistet.

Die Interpretation der Abziehprüfung erfolgte über den Kraftaufwand, die Lage der Trennstelle und die Beschaffenheit der Trennstelle aufgrund folgender Bewertungsskala:

- 1 Geringer Kraftaufwand beim Abschälen von Hand (Dichtungsbahn lässt sich praktisch mit einer Hand abziehen). Die Dichtungsbahn lässt sich vollständig abschälen. Trennung zwischen Dichtungsbahn und Untergrund.
- 2 Mittlerer Kraftaufwand beim Abschälen von Hand (beide Hände notwendig). Die Dichtungsbahn lässt sich vollständig abschälen. Trennung zwischen Dichtungsbahn und Untergrund.
- 3 Hoher Kraftaufwand beim Abschälen von Hand, Dichtungsbahn lässt sich nicht vollständig abziehen. Trennung innerhalb der Dichtungsbahn oder im Untergrund.
- 4 Dichtungsbahn lässt sich von Hand nicht abschälen.

### **6.3. Prüfergebnisse**

Die Prüfergebnisse der Bauwerksuntersuchungen befinden sich in den Anhängen 1 bis 5. Im Beurteilungsbericht werden die Ergebnisse bauteilweise interpretiert.

#### **Sondierstellen**

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Sondierstellen (S) aufgeführt. Die Lage der Sondierstellen ist in den Anhängen 1 bis 3 eingezeichnet.

Sondierstelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonatisierungstiefe Beton	Durchmesser Bew.	Korrosionsgrad Bew.	Bem.
Deckenunterseite zwischen den Trägern					
2.D1	31 mm	1-4 mm	24 mm	KG 1	
2.D2	25 mm	6-11 mm	24 mm	KG 1	
43.D1	33 mm	4-12 mm	30 mm	KG 3	
43.D2	35 mm	6-13 mm	30 mm	KG 2	

Sondier- stelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonatisie- rungstiefe Beton	Durchmes- ser Bew.	Korrosions- grad Bew.	Bem.
82.D1	30 mm	3-7 mm	18 mm	KG 1	
82.D2	24 mm	4-8 mm	18 mm	KG 1	
135.D1	35 mm	19-27 mm	20 mm	KG 2	
135.D2	22 mm	15-33 mm	20 mm	KG 3	
Deckenoberseite, Sondierfenster					
S.F1	46 mm	0-1 mm	20 mm	KG 0	Caron-Stahl*
	45 mm		20 mm	KG 0	Caron-Stahl*
	72 mm		14 mm	KG 0	Caron-Stahl*
S.F2	45 mm	0-1 mm	14 mm	KG 0	Caron-Stahl*
	59 mm		14 mm	KG 0	Caron-Stahl*
S.F3	68 mm	1-2 mm	14 mm	KG 0	Caron-Stahl*

\* Beim Caron-Stahl ist beim Durchmesser die Kantenlänge des Rechteckquerschnitts angegeben.

### Betondeckungsmessungen

Es wurden Betondeckungsmessungen in Form von Messlinien durchgeführt. Die Messlinien wurden senkrecht zur äusseren Bewehrungslage angelegt. Die Messwerte sind im Anhang 2 und 3 dargestellt; die statistischen Auswertungen befinden sich im Anhang 5.

Ort/Lage	Anzahl Werte	Mittel- wert	Stan- dardabw.	Messwerte ≤ 10 mm	Messwerte < 20 mm
Deckenunterseite, 4 Untersuchungsbereiche, Fahrtrichtung Luzern	382	39 mm	13 mm	0 %	3 %
Rückwand der Stützmauer, 3 Untersuchungsbereiche, Fahrtrichtung Luzern	368	45 mm	15 mm	0 %	1 %

### Aufbau auf Deckenoberseite

Anhand der drei Sondierfenster auf der Oberseite der Tunneldecke wurde folgender Belagsaufbau festgestellt:

Fenster	Erdüberdeckung	Schutzmörtel mit Drahtnetzeinlage	Bitumen- abdichtung	Ausgleichsmör- telschicht
F1	0,85 bis 0,94 m	57 bis 67 mm Mittelwert 63 mm	ca. 10 mm	ca. 22 mm
F2	ca. 0,90 m	53 bis 59 mm Mittelwert 57 mm	ca. 10 mm	ca. 21 mm
F3	0,80 bis 0,85 m	46 bis 62 mm Mittelwert 53 mm	ca. 10 mm	ca. 6 -10 mm

**Schälzugfestigkeit von Hand**

An der Bitumen-Abdichtung wurde die Schälzugfestigkeit von Hand geprüft. Es wurden folgende Messwerte gemessen:

- Sondierfenster 1                      Bewertung 1 (sehr geringer Kraftaufwand)
- Sondierfenster 2                      Bewertung 1 (sehr geringer Kraftaufwand)
- Sondierfenster 3                      Bewertung 1 (sehr geringer Kraftaufwand)

**6.4. Bewertungsgrundlagen****Karbonatisierung des Betons/Korrosion**

Wenn die Bewehrung im karbonatisierten Beton verläuft und ausreichend Sauerstoff und Feuchtigkeit zur Verfügung stehen, sind die Randbedingungen für Korrosion gegeben. Die 'Karbonatisierungskorrosion' ist meist eine relativ langsam ablaufende, flächige Korrosion, die oft auch nach Jahrzehnten keinen nennenswerten Querschnittsverlust der Bewehrung bewirken kann. Wenn allerdings die Bewehrungen sehr gering überdeckt sind resp. an der Oberfläche oder innerhalb von Kiesnestern verlaufen und zudem direkter Bewitterung ausgesetzt sind oder sich im Bereich von wasserführenden Rissen befinden, ist im Laufe der Zeit erheblicher Querschnittsverlust möglich.

Erfahrungsgemäss kommt die Karbonatisierung des Betons nach einer gewissen Zeit zum Stillstand. Die 'Endkarbonatisierungstiefe' ist unter anderem abhängig von der Dichtigkeit des Betons und der Exposition des Bauteils. In der Regel ist die Karbonatisierung des Betons nach etwa 15 ('dichter' Beton) bis 50 Jahren (sehr hohe Porosität, Kiesnester) mehrheitlich oder vollständig abgeschlossen.

**7. PROBENAHME UND PROBEN****7.1. Probenahme****Bohrkernentnahme am Bauwerk**

SN EN 12390-1, SN EN 12504-1, Tecnotest Prüfanweisung PD051, nicht akkreditierte Prüfung

Der Durchmesser der entnommenen Bohrkerne kann der Tabelle in Kapitel 7.2 entnommen werden. Die jeweilige Bohrkernlänge wurde entsprechend der am Bohrkern vorgesehenen Laborprüfungen gewählt.

## 7.2. Proben

Die Mitarbeiter der Tecnotest AG entnahmen die folgenden Proben:

Probenmaterial	Lieferform	Eingang	Nummer
39 Bohrmehlproben, 3 CM Proben, 34 Bohrkern Ø ca. 50 mm	Offen, Beutel	04.07.2018	25381
2 CM Proben	Offen	03.07.2018	25383
3 Stücke Abdichtung/Mörtel und Beton Pro- ben von F1 bis F3	Offen, Beutel	23.08.2018	25612

Die im vorliegenden Bericht aufgeführten Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die hier erwähnten Proben.

## 8. PRÜFUNGEN IM LABOR

### 8.1. Prüfverfahren

#### Chloridgehalt

SN EN 14629, Tecnotest Prüfanweisung PC001, akkreditierte Prüfung

Die Bohrkern wurden vorab entsprechend der Tiefenstufen geschnitten und gemahlen (bei den Bohrmehlentnahmen entfiel dieser Schritt). Dem Betonmehl wurde 1 g für die Analyse entnommen und mit kalter Salpetersäure aufgeschlossen. Die Chloridgehaltsmessungen erfolgten mit der ionensensitiven Elektrode.

#### Druckfestigkeit

SN EN 12390-3, Tecnotest Prüfanweisung PC002, akkreditierte Prüfung

Die Bohrkern Ø 50 mm wurden auf eine Länge von ca. 52 mm abgesägt und planparallel auf eine Prüfkörperlänge von 50 mm geschliffen. Die Belastungsgeschwindigkeit betrug 0,6 N/mm<sup>2</sup>s.

#### Haftzugfestigkeit im Labor

SN EN 1542, Tecnotest Prüfanweisung PC003, akkreditierte Prüfung

Für die Zugprüfungen wurden die Bohrkern senkrecht zur Mantelfläche abgelängt. Auf die Oberflächen und auf die Unterseiten der Bohrkern wurden Zugrondellen mit Acrylsäurekleber/Epoxidharzkleber aufgebracht. Die Prüfung erfolgte mit einer Belastungsgeschwindigkeit von 0,05 N/mm<sup>2</sup>s bis zum Bruch.

#### Mikroskopische Untersuchung

ASTM C856-95, Tecnotest Prüfanweisung PC014, akkreditierte Prüfung

Aus einem Bohrkern wurde eine 30 mm x 50 mm grosse Probe für die Dünnschliffherstellung entnommen. Die Probe wurde mit fluoreszierendem Epoxidharz imprägniert resp. verfestigt und auf eine Dicke von 20 µm geschliffen. Der Dünnschliff wurde unter ultraviolettem Durchlicht zur Erkennung der Poren, Risse, sowie der Verteilung des Zuschlags und des Bindemittels untersucht. Im polarisierten Durchlicht kann die Bindemittelart und die

Gesteinsart, bei zementhaltigen Bindemitteln die Karbonatisierung und der Hydratationsgrad ermittelt werden.

## **8.2. Prüfergebnisse**

Die Prüfergebnisse der Laboruntersuchungen befinden sich im Anhang 6.

### **Mikroskopische Beschreibung**

Zusammengefasst wurde unter dem Mikroskop folgendes am Dünnschliff aus dem Bohrkern QT130.A (Konstruktionsbeton), welcher aus dem Querträger 130 auf einem Riss entnommen wurde, festgestellt:

- Der Dünnschliff zeigte das Betongefüge des Bohrkerns in einer Tiefe von 0 bis 50 mm ab Oberkante Konstruktionsbeton.
- Es wurden keine Schichten im Beton festgestellt.
- Das Bindemittel war zementös. Die Umhüllung der Gesteinskörner mit Bindemittel war vollständig. Der Hydratationsgrad beträgt etwa 0,95. Es wurde eine Karbonatisierungstiefe von 22 bis 28 mm am Beton festgestellt.
- Die Kapillarporosität des Zementsteins war 'mittel'; die Ungleichmässigkeit der Kapillarporosität 'gering' bis 'mittel', bereichsweise mittel bis hoch.
- Das Gefüge wies wenige kugelige Poren und Lunker auf; Porenagglomerate oder Wasporen sind nicht vorhanden.
- In den Korngrenzschichten waren wenige Bereiche mit erhöhter Kapillarporosität zu erkennen. Es waren sehr wenige Hohlräume vorhanden.
- Das Grösstkorn der Gesteinskörner wurde am Dünnschliff mit 13 mm bestimmt. Von 0,1 bis 13 mm Grösse waren die Gesteinskörner kubisch gerundet. Vereinzelt wurden plattige Gesteinskörner festgestellt. Es ist ein hoher Anteil von Körnungen zwischen 0 und 1 mm vorhanden. Das Verhältnis an karbonatischen und silikatischen Gesteinskörnern betrug 20 % / 80 %.
- Der Bohrkern wurde auf einem Riss entnommen. Der Hauptriss ist kornrundend und senkrecht zur Oberfläche. Es sind zusätzlich wenige nicht orientierte meist kornrunden Risse vorhanden.
- Es ist kein Injektionsmaterial in den Rissen vorhanden.

## **8.3. Bewertungsgrundlagen**

### **Chloridgehalt**

Das Korrosionsrisiko der Bewehrung wird aufgrund des im Labor ermittelten Gesamtchloridgehaltes auf Bewehrungsniveau abgeschätzt. Mögliche Verschiebungen des Chlorids von oberflächennahen Zonen in tiefere Schichten sind zu berücksichtigen. Die Norm SIA 269/2 gibt folgende Grenzen bei einer maximalen relativen Luftfeuchtigkeit von 80 % an:

- Chloridgehalt < 0,4 M% bez. Zement: kaum Korrosionsrisiko vorhanden
- Chloridgehalt 0,4 bis 1,0 M% bez. Zement: Korrosion möglich
- Chloridgehalt > 1,5 M% bez. Zement: hohes Korrosionsrisiko

Bei direkt bewitterten Bauteilen oder bei Unterläufigkeit von Abdichtungen ist die Betonfeuchtigkeit höher und es werden erfahrungsgemäss oft auch bei Chloridgehalten zwischen 0,4 M% und 1,0 M% bez. Zement starke Bewehrungskorrosion mit Querschnittsverminderungen festgestellt. Wechselnd nass und trocken fördert in der Regel die Korrosion.

Wenn Bewehrungen bei erhöhten Chloridgehalten im karbonatisierten Beton verlaufen, findet oft eine beschleunigte 'Karbonatisierungskorrosion' und keine typische Lochfrasskorrosion statt. Selbst Chloridgehalte unter 0,4 M% bez. Zement sind in diesem Fall korrosionsfördernd.

---

Rüschlikon, 05.11.2018



Sachbearbeiter

Matthias Wagner

Leiter Prüfstelle

Aldo Rancati



---

**Beurteilungsbericht****D3421**

---

Auftraggeber	Bundesamt für Strassen (ASTRA) Filiale Zofingen 4800 Zofingen
Auftrag erteilt durch	dsp Ingenieure & Planer AG SIA/USIC 8610 Uster
Bauwerk/Bauteil	TSH Tunnel Schweizerhalle
Gegenstand/Zweck	Vertiefte materialtechnologische Zustandsuntersuchungen

---

Auftrag vom	02.07.2018
Berichtsdatum	05.11.2018

## **9. GRUNDLAGEN**

Der folgende Beurteilungsbericht stützt sich auf die Feststellungen und Untersuchungen im Prüfbericht sowie auf die Erfahrungen des Sachbearbeiters und des Leiters Fachbereich Zustandsuntersuchungen.

## **10. BEURTEILUNGEN – RÜCKWAND DER STÜTZMAUER**

### **10.1. Druckfestigkeit**

An der Rückwand der Stützmauer des Tunnels Schweizerhalle in Fahrtrichtung Luzern wurden zur orientierenden Ermittlung der Druckfestigkeit des Betons Druckfestigkeitsprüfungen an Bohrkernen mit einem Durchmesser von 50 mm durchgeführt. Es wurden Betondruckfestigkeiten zwischen 69 und 119 N/mm<sup>2</sup> gemessen. Der Mittelwert der 5 Prüfkörper beträgt 93,5 N/mm<sup>2</sup>.

### **10.2. Oberflächenzugfestigkeit**

An den Bohrkernen aus der Rückwand der Stützmauer wurden Oberflächenzugfestigkeitsprüfungen am Beton durchgeführt. Die vorhandene Beschichtung, welche grossflächig visuell nicht mehr intakt ist und Ablösungen aufweist, wurde vorgängig entfernt. Es wurden Oberflächenzugfestigkeitswerte des Betons zwischen 2,0 und > 5,1 N/mm<sup>2</sup> gemessen. Im Mittel beträgt die Oberflächenzugfestigkeit aller 10 Prüfkörper > 3,3 N/mm<sup>2</sup>.

Wird bei den Prüfkörpern zwischen lokal intakter und defekter Beschichtung unterschieden so werden folgende Mittelwerte ermittelt:

- Intakte Beschichtung 3,4 N/mm<sup>2</sup> (5 Prüfkörper)
- Defekte Beschichtung 2,9 N/mm<sup>2</sup> (5 Prüfkörper)

*Bei lokal intakter Beschichtung wurden geringfügig höhere Oberflächenzugfestigkeiten gemessen, wobei alle Werte auf einem hohen Niveau sind. Der Beton bietet somit im Allgemeinen eine gute Grundlage für die Aufbringung einer neuer Beschichtung.*

### **10.3. Korrosionsgefährdung der Bewehrungen**

Zur Überprüfung der Korrosionsgefährdung der Bewehrung wurden Betondeckungsmessungen der Bewehrungen sowie Chloridanalysen an den entnommenen Bohrkernen durchgeführt.

Die Betondeckung der Bewehrung der stichprobenartigen Untersuchung ist mit einem Mittelwert von 45 mm im Allgemeinen sehr hoch. Nur rund 15 % der Bewehrungen weisen Betondeckungen von weniger als 30 mm auf. Die Betondeckung der Bewehrungen ist tendenziell jedoch noch höher einzuschätzen, da vor Ort grossflächige Bereiche mit Betondeckungen von mehr als 100 mm (ausserhalb des Messbereichs der Betondeckungsmessgeräte) festgestellt wurden, welche jedoch nicht bei der Auswahl der Untersuchungsbereich berücksichtigt worden sind.

Die Chloridgehaltsuntersuchungen zeigen, dass bei allen untersuchten Bohrkernen, unabhängig ob die Beschichtung bei der Probenahmestelle lokal intakt oder defekt war, sehr hohe Chloridgehalte vorhanden sind. Es wurden Chloridkonzentrationen von bis zu 4,1 M% bez. Zement an der Betonoberfläche gemessen. Der Chloridgehalt ist zudem meist bis in eine Tiefe von 50 mm korrosionskritisch erhöht.

*Ob und wie stark die Bewehrungen der Rückwand der Stützmauer gefährdet sind, ist aufgrund der allgemein sehr hohen Chloridgehalte im Beton stark von der Betondeckung der Bewehrungen abhängig. Bei Bewehrungen mit Betondeckungen von weniger als 50 mm ist Korrosion wahrscheinlich.*

#### **10.4. Wasserfluss bei Querträgern/Rückwand**

Beim Querträger 143 (Seite Luzern) sowie an der Rückwand der Stützmauer beim Querträger 63 wurden in einer Fliessspur Bohrkern für Chloridanalysen entnommen. Für Referenzzwecke wurde bei der Rückwand der Stützmauer beim Querträger 63 direkt neben der Fliessspur ein weiterer Bohrkern entnommen. Mit den durchgeführten Chloridanalysen soll gezeigt werden, ob eine Infiltrierung von Chloriden aus dem Rangierbahnhof in den Tunnel stattgefunden hat.

Die Untersuchungen zeigen, dass in den Fliessspuren tendenziell keine Chloridinfiltrierung aus dem Rangierbahnhof stattgefunden hat. Die Chloridgehalte sind mit Werten bis zu 1,0 M% bez. Zement an der Oberfläche zwar erhöht, stammen jedoch mit grosser Wahrscheinlichkeit aus dem Tunnel. Bei der Prüfstelle R63 wurden neben der Fliessspur (Bohrkern R63.B) höhere Chloridgehalte als in der Fliessspur (Bohrkern R63.A) gemessen, was deutlich gegen eine Infiltration von aussen spricht.

Eine Schädigung des Betongefüges durch die Fliessspuren konnte mittels Haftzugprüfungen nicht festgestellt werden. Die gemessenen Haftzugfestigkeiten sind mit über 3,1 N/mm<sup>2</sup> sehr hoch. Ausserhalb und innerhalb der Fliessspur bei der Stelle 63 wurden zudem ähnlich hohe Werte gemessen.

### **11. BEURTEILUNGEN – MITTELWAND**

#### **11.1. Haftzugfestigkeit der Beschichtung**

An den Bohrkernen aus der Mittelwand wurden die beiden Beschichtungssysteme Zentri-fix F92 (auf der Achse der Querträger) und MC Colorflex (zwischen den Querträgern) Haftzugfestigkeitsprüfungen durchgeführt. Es wurden folgende Messwerte gemessen:

Beschichtung	Anzahl	Mittelwert	Minimalwert
Zentri-fix F92	6	2,3 N/mm <sup>2</sup>	1,1 N/mm <sup>2</sup>
MC Colorflex	4	2,8 N/mm <sup>2</sup>	2,7 N/mm <sup>2</sup>

*Eine vollflächige Instandsetzung der Beschichtungen aufgrund ungenügender Haftung ist nicht notwendig. Die Beschichtungen weisen eine hohe bis sehr hohe Haftzugfestigkeit auf. Die meisten Brüche erfolgten ganz oder teilweise im Konstruktionsbeton.*

## **11.2. Korrosionsgefährdung der Bewehrungen**

Zur Beurteilung der Wirksamkeit der Beschichtung zur Verhinderung des Chlorideintritts in den Konstruktionsbeton wurden Chloridgehaltsmessungen im Konstruktionsbeton durchgeführt. Die Untersuchungen zeigen, dass sowohl bei intakter Zentrifix-Beschichtung (Zentrifix F92, OS 5B) und intakter MC Colorflex-Beschichtung (OS 5A) keine oder nur geringfügige Chloridkonzentration in den Konstruktionsbeton eingedrungen sind. Der maximale Chloridgehalt an der Oberfläche betrug nur 0,19 M% bez. Zement. Mit Berücksichtigung der festgestellten sehr hohen Betondeckung der Bewehrung von über 63 mm bei allen Probenahmestellen ist die Korrosionsgefährdung bei intakter Beschichtung als sehr gering einzustufen.

An den beiden Stellen M10.1Z und M134.3Z mit einer lokal defekten Beschichtung durch mechanische Beanspruchungen wurden sehr hohe Chloridgehalte von bis zu 3,2 M% bez. Zement gemessen. Der Chloridgehalt war bis in eine Tiefe von 40 mm resp. 30 mm sehr stark erhöht. Aufgrund der lokal sehr hohen Betondeckung der Bewehrung ist Korrosion der Bewehrung dennoch eher unwahrscheinlich.

*Aufgrund der Untersuchungen sind die beiden Beschichtungen nur lokal instand zu setzen. Ein Komplettersatz der Beschichtungen aus Sicht der Dauerhaftigkeit ist nicht notwendig, da die Schutzfunktion der Beschichtungen an den intakten Stellen ohne mechanische Beschädigungen gewährleistet ist. Eine Instandsetzung ist aufgrund der Chloridkontamination nur an Stellen mit defekten Beschichtungen durchzuführen.*

## **12. BEURTEILUNGEN – DECKENUNTERSEITE/QUERTRÄGER**

### **12.1. Druckfestigkeit**

An der Deckenunterseite des Tunnels Schweizerhalle in Fahrtrichtung Luzern wurden zur orientierenden Ermittlung der Druckfestigkeit des Betons Druckfestigkeitsprüfungen an Bohrkernen mit einem Durchmesser von 50 mm durchgeführt. Es wurden an 4 Bohrkernen Betondruckfestigkeiten zwischen 71 und 110 N/mm<sup>2</sup> gemessen. Der Mittelwert der 4 Prüfkörper beträgt 90 N/mm<sup>2</sup>.

### **12.2. Korrosionsgefährdung an Deckenunterseite**

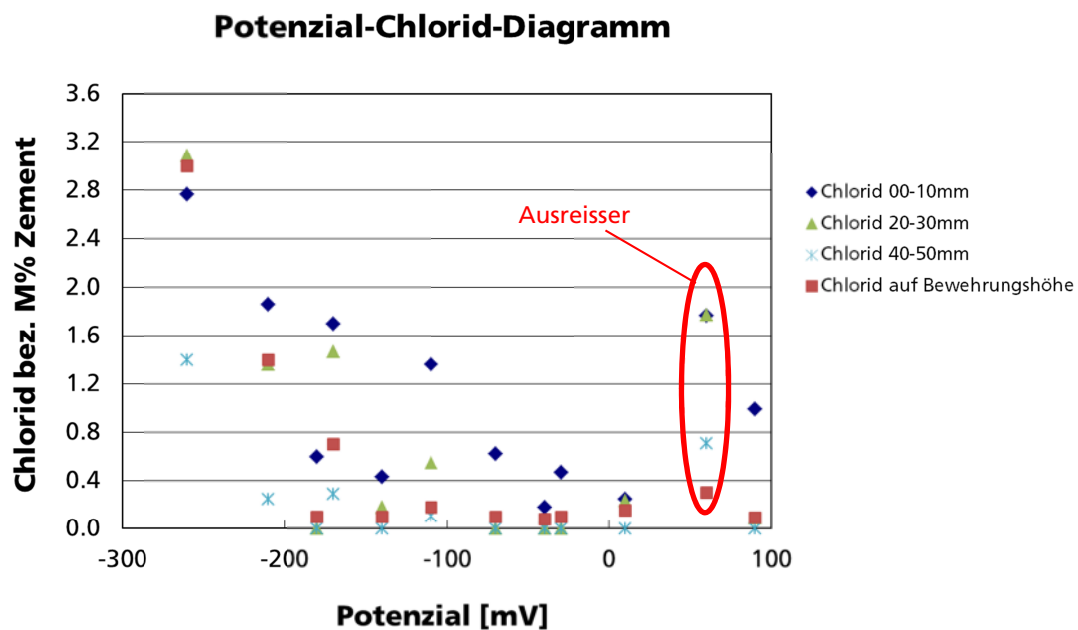
An der Deckenunterseite des Tunnels Schweizerhalle wurden 4 zusätzliche Deckenfelder zu den beiden im Jahre 2017 beprobten Deckenfeldern materialtechnologisch untersucht. Es wurden Potenzialmessungen, Betondeckungsmessungen der Bewehrungen sowie Bohrmehlproben und Sondierstellen durchgeführt. Die Deckenfelder weisen visuell keine Auffälligkeiten auf. Die komplette Deckenunterseite ist mit einer dunklen Schicht bedeckt. Es dürfte sich dabei um Russpartikel, Pneuabrieb und Schmutz handeln.

An der Deckenunterseite wurde eine mittlere Betondeckung der Bewehrung von 39 mm gemessen und die Standardabweichung beträgt 13 mm. Die gemessenen Potentiale sind mehrheitlich positiv. Ausschiesslich nahe der Träger, welche der Fahrtrichtung zugewandt

sind, wurden ähnlich der Untersuchungen aus dem Jahre 2017 negative Potenziale ermittelt.

Korrosion infolge der Karbonatisierung des Betons kann mehrheitlich ausgeschlossen werden, da die festgestellten Karbonatisierungstiefen von 1 bis 13 mm meist deutlich unterhalb der festgestellten Betondeckung der Bewehrungen liegen. Ausschliesslich bei der Deckenunterseite zwischen den Trägern 135 und 136 ist die Karbonatisierungsfront bis zur Bewehrung vorgedrungen. Bei sehr gering überdeckter Bewehrung von kleiner 20 mm kann die Karbonatisierung die Korrosion der Bewehrung infolge Chloride jedoch beschleunigen.

Die Chloridanalysen zeigen ähnlich wie die Untersuchungen aus dem Jahre 2017, dass im Überdeckungsbeton bis in eine Tiefe von 30 mm erhöhte Chloridgehalte über dem kritischen Chloridgehalt von 0,4 M% bez. Zement auftreten können. Im nachfolgenden Diagramm sind die Potenziale den gemessenen Chloridgehalten gegenübergestellt.



Das Potenzial-Chlorid-Diagramm zeigt deutlich, dass der Chloridgehalt bei stark negativen Potenzialen auf Bewehrungshöhe korrosionskritisch erhöht ist. Die Bereiche mit erhöhten Chloridgehalten beschränken sich hauptsächlich auf Bereiche an der Deckenunterseite, welche nahe an der Anprallseite der Träger auf der Normalspurseite liegen. Bei der Entnahmestelle U9 war der Chloridgehalt bis in eine Tiefe von 50 mm mit rund 1,40 M% bez. Zement korrosionskritisch erhöht. Zahlreiche Bewehrungen mit stark negativen Potenzialen waren aufgrund der Depassivierung durch die Chloride mässig bis stark korrodiert.

Bei positiveren Potenzialen wurden mit Ausnahme der Probenahmestelle U7 nur geringe, nicht korrosionskritische Chloridkonzentrationen gemessen. Der erhöhte Chloridgehalt bei einem solch positiven Potenzial kann evtl. auf die hohe lokale Betondeckung der Bewehrung resp. möglicherweise auf den trockenen Beton zurückzuführen sein.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse im Zusammenhang mit der statistischen Auswertung der Potenzialmessungen können die Potenziale an der Deckenunterseite etwa wie folgt abgegrenzt werden:

Potenzialbereich	Beurteilung	Anteil
> -50 mV	<b>Zone ohne Korrosion</b> Gering bis sehr stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsбетon möglich, auf Bewehrungshöhe nicht korrosionskritisch, keine Bewehrungskorrosion	82 %
-50 mV bis -130 mV	<b>Übergangszone</b> Mässig bis sehr stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsбетon, auf Bewehrungshöhe mehrheitlich nicht korrosionskritisch, keine bis mässige Bewehrungskorrosion	13 %
< -130 mV	<b>Kritische Zone mit Korrosionsgefahr</b> Stark bis sehr stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsбетon, Chloridgehalt mehrheitlich > 0,4 M%/Zement auf Bewehrungshöhe, mässig bis sehr starke Bewehrungskorrosion möglich	5 %

### 12.3. Wassergehalt an der Deckenunterseite und der Träger

Ob es bei einem Brand zu explosionsartigen Betonabplatzungen kommt, ist zu einem wesentlichen Teil vom Feuchtigkeitsgehalt des Konstruktionsbetons abhängig. Explosive Betonabplatzungen sind bei einem Wassergehalt  $\leq 3,0$  M% unwahrscheinlich.

An insgesamt fünf Stellen an der Deckenunterseite und der Querträger wurden Betonproben zur Ermittlung des Wassergehalts im Beton entnommen. Der Beton weist bei einer Trocknung bei 50°C (entspricht CM-Feuchte) Wassergehalte zwischen 0,4 M% und 1,0 M% auf. Im Mittel beträgt der freie Wassergehalt der 5 Prüfstellen 0,7 M%.

Die Umrechnung der CM-Feuchte resp. des Wassergehalts bei einer Trocknung bei 50°C erfolgt je nach Literatur mit einer Erhöhung des Messwerts mit einem Summand zwischen 1,5 M % und M 1,8 %. Der totale Wassergehalt dürfte somit unter den 3,0 M % liegen.

*Explosive Betonabplatzungen im Brandfall sind aufgrund der gemessenen Wassergehalte im Beton tendenziell nicht zu erwarten.*

### 12.4. Risse in Querträgern

Gemäss den Bauwerksunterlagen aus den Jahren 1984 und 1988 wurden Risse mit Rissbreiten von bis zu 1,1 mm ausinjiziert. Zur Überprüfung der Rissinjizierung wurden bei den Querträgern 130, 131 und 87 Bohrkern auf den vorhandenen Rissen entnommen.

Die Untersuchungen zeigen, dass bei den untersuchten Rissen kein Injektionsmaterial vorhanden ist. Die durchgeführte mikroskopische Untersuchung am Bohrkern QT130.A aus

dem Querträger (vgl. Kapitel 8.2) zeigt zudem, dass der Riss hauptsächlich kornrundend ist und somit schon früh nach der Erstellung der Querträger entstanden ist.

Der Chloridgehalt in den Rissen ist, ähnlich der meisten Querträgern (vgl. Prüf- und Beurteilungsbericht D3050, 2017), stark erhöht. Mit Chloridgehalten zwischen 0,9 und 1,4 M% bez. Zement an der Betonoberfläche sind die Chloridgehalte jedoch nicht wesentlich höher als in Bereichen ohne Risse einzuschätzen.

### **12.5. Hohlstellenortung mittels Wärmebildkamera**

Beim Querträger 43 wurde mittels Wärmebildkamera versucht eine Hohlstellenortung durchzuführen. Eine Ortung von Hohlstellen war jedoch nicht möglich.

## **13. BEURTEILUNGEN – DECKENOBERVERSEITE**

Auf der Oberseite der Tunneldecke wurden im Bereich des Güterbahnhofes 3 Sondierfenster geöffnet. Dabei wurde durch einen Baumeister die Erdüberdeckung zwischen 0,80 m und 0,96 m Dicke bis auf die Mörtelschicht mit der Drahtnetzeinlage entfernt. Die Oberfläche der Mörtelschicht wies keine Risse auf, war kompakt und fest.

Durch die Tecnotest AG wurde im Anschluss die Abdichtung, eine ca. 10 mm dicke Bitumen-Abdichtung mit einer Trägereinlage aus Jute (Dicke der Isolation wie gemäss Plangrundlagen), freigelegt und mittels Schälzug von Hand geprüft. Die Bitumenabdichtung konnte in allen Fenstern mit sehr geringem Kraftaufwand von der Betonoberfläche resp. der Ausgleichsmörtelschicht abgelöst werden. Risse oder Beschädigungen der Bitumen-Abdichtungen konnten nach der Entfernung der Mörtelschicht mit Drahtnetzeinlage nicht festgestellt werden. Die Bitumen-Abdichtung zeigte leichte Versprödungserscheinungen. Die Beton resp. Ausgleichsmörteloberfläche unter der Bitumenabdichtung war fest und kompakt und visuell in gutem Zustand.

Nach den Schälzugprüfungen der Bitumen-Abdichtung wurden die Bewehrungen durch Freispitzen sondiert. Aufgrund der Drahtnetzeinlage im Mörtel konnten zerstörungsfrei keine Bewehrungsortungen durchgeführt werden. Die freigelegten Bewehrungen wiesen allesamt keine Korrosion auf. Die Karbonatisierungstiefe betrug nur wenige Millimeter. Korrosion infolge Karbonatisierung kann somit ausgeschlossen werden.

*Die Abdichtungsfunktion der Bitumenabdichtung scheint zum Zeitpunkt der Untersuchungen trotz ungenügender Haftung und geringen Versprödungserscheinungen gewährleistet zu sein. Es wurden keine Schädigungen an der Bitumenabdichtung sowie eine Unterläufigkeit festgestellt. Aufgrund der hohen Erdüberdeckung von über 0,8 m und der intakten Schutzmörtelschicht mit Drahtnetzeinlage, ist die Belastungseinwirkung auf die Bitumen-Abdichtung als gering einzuschätzen. Ein unmittelbarer Handlungsbedarf zur Erneuerung der Abdichtung ist somit nicht gegeben.*

Rüschlikon, 05.11.2018

Sachbearbeiter

Matthias Wagner

Leiter Fachbereich  
Zustandsuntersuchungen

Aldo Rancati



Bauwerksuntersuchungen

Bauteil: Rückwand der Stützmauer  
Prüfdatum: 2./3. und 3./4. Juli 2018

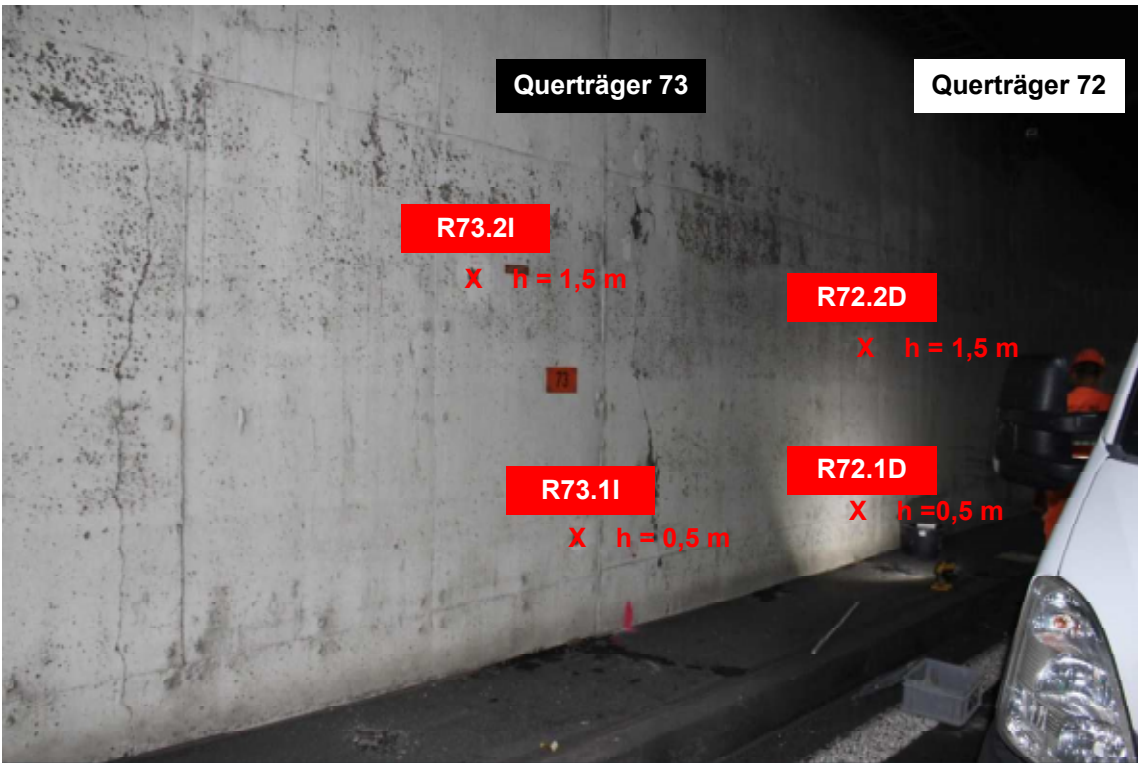
Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Zofingen  
TSH Tunnel Schweizerhalle

Anhang 1 D3421  
Seite 1 von 4

Legende: X Bohrkerne: R9.1D, R9.2D, R9.1I, R9.2I, R72.1D, R72.2D, R73.1I, R73.2I

Bemerkung: D = Beschichtung visuell defekt  
I = Beschichtung visuell intakt



Betondeckung der Bewehrung im Bereich der Bohrkerne ausserhalb der Detektiergrenze des Betondeckungsmessgeräts. → > 70 mm

QT 12	Betondeckung der Bewehrung [mm]																														QT 11											
↓		0.0 m	0.5 m	1.0 m	1.5 m	2.0 m	2.5 m	3.0 m	3.5 m	4.0 m	4.5 m	5.0 m	5.5 m	6.0 m	6.5 m	7.0 m	7.5 m	8.0 m	8.5 m	9.0 m	9.5 m	10.0 m	Mw																			
1.5 m	26	33	30	29	27	21	20	17	18	19	24	25	25	26	29	31	28	28	29	36	35	31	30	31	33	34	34	33	34	35	36	39	38	38	41	48	50	45	42	57	31	32
1.0 m	25	32	38	24	21	21	22	21	21	28	30	31	33	31	31	33	32	33	34	30	36	35	33	32	31	31	31	33	35	36	36	37	39	40	39	40	40	39	36	37	31	32
0.2 m	23	23	35	31	29	29	25	26	20	21	28	27	25	23	26	26	24	27	27	25	21	30	25	30	23	29	40	33	31	36	31	32	32	29	36	30	36	30	26	25	28	28
QT 75 nach Hydrant	Betondeckung der Bewehrung [mm]																														QT 74											
↓		0.0 m	0.5 m	1.0 m	1.5 m	2.0 m	2.5 m	3.0 m	3.5 m	4.0 m	4.5 m	5.0 m	5.5 m	6.0 m	6.5 m	7.0 m	7.5 m	8.0 m	8.5 m	9.0 m	9.5 m	10.0 m	Mw																			
1.5 m	35	36	41	31	38	42	37	36	35	36	38	40	44	45	54	54	62	60	60	54	54	37	28	60	56	58	56	58	52	52	56	50	49	52	58	56	55	51	48	44	42	48
1.0 m	37	38	25	48	47	51	52	51	49	46	51	55	49	40	37	37	35	37	37	39	37	40	48	59	55	52	44	37	35	34	34	36	24	21	56	64	64	68	99	99	67	47
0.2 m	60	60	43	64	65	66	66	99	50	36	65	64	62	58	57	55	54	51	54	52	53	56	50	58	52	57	48	49	39	43	41	44	50	47	65	68	99	99	99	99	99	61

## Bauwerksuntersuchungen

Bauteil: Rückwand der Stützmauer  
Prüfdatum: 2./3. und 3./4. Juli 2018

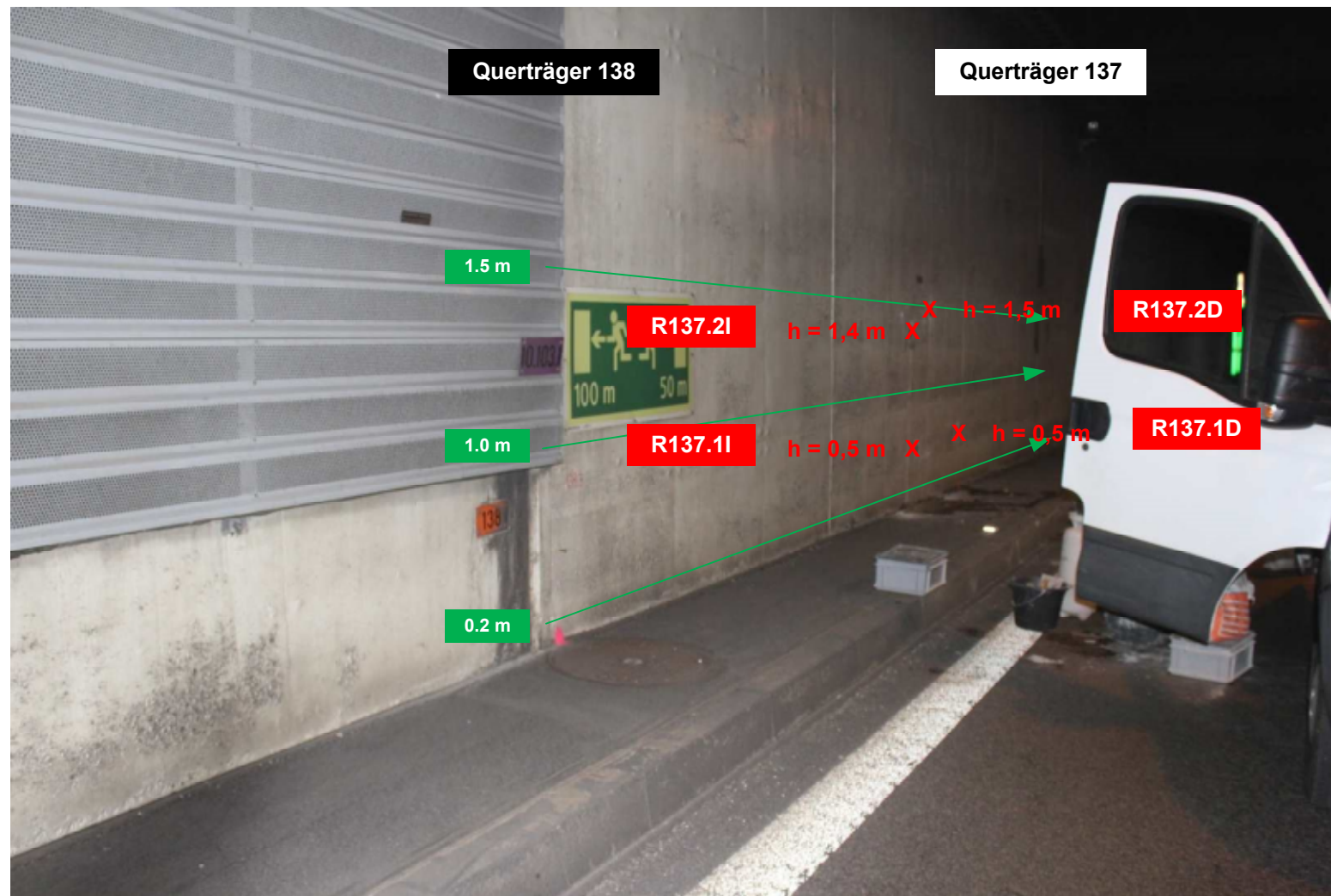
Legende: Bohrkerne: R137.1D, R137.2D, R137.1I, R137.2I

Bemerkung: D = Beschichtung visuell defekt  
I = Beschichtung visuell intakt

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Zofingen  
TSH Tunnel Schweizerhalle

Anhang 1 D3421  
Seite 2 von 4



		Betondeckung der Bewehrung [mm]																																								
QT 138																														QT 137												
		0.0 m	0.5 m	1.0 m	1.5 m	2.0 m	2.5 m	3.0 m	3.5 m	4.0 m	4.5 m	5.0 m	5.5 m	6.0 m	6.5 m	7.0 m	7.5 m	8.0 m	8.5 m	9.0 m	9.5 m	10.0 m	Mw																			
1.5 m	7	57	58	57	55	54	54	54	55	57	63	63	65	56	57	53	52	51	26	25	30	33	35	38	39	38	40	38	39	39	37	44	49	55	56	62	56	53	56	52	44	48
1.0 m	46	47	46	42	42	53	50	44	47	42	41	41	42	40	39	39	39	40	37	32	31	49	50	51	54	54	62	65	63	60	54	59	59	62	64	66	65	66	99	47	48	51
0.2 m	53	48	57	62	65	66	67	67	66	64	61	56	46	47	47	45	55	53	48	53	49	54	54	52	51	44	41	48	49	51	57	57	64	64	64	65	67	65	67	46	36	55

## Bauwerksuntersuchungen

Bauteil: Mittelwand  
Prüfdatum: 2./3. und 3./4. Juli 2018

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Zofingen  
TSH Tunnel Schweizerhalle

Anhang 1 D3421  
Seite 3 von 4

Legende: X Bohrkerne: M9.1Z, M9.2Z, M9.1C, M9.2C, M10.1Z, M72.1Z, M72.1C, M72.2C

Bemerkung: Z = Zentrifix-Beschichtung  
C = MC Colorflex-Beschichtung



Zentrifix-Beschichtung bei Prüfstelle M10.1Z ist bis auf die Betonoberfläche mechanisch beschädigt.





## Bauwerksuntersuchungen

Bauteil: Mittelwand  
Prüfdatum: 2./3. und 3./4. Juli 2018

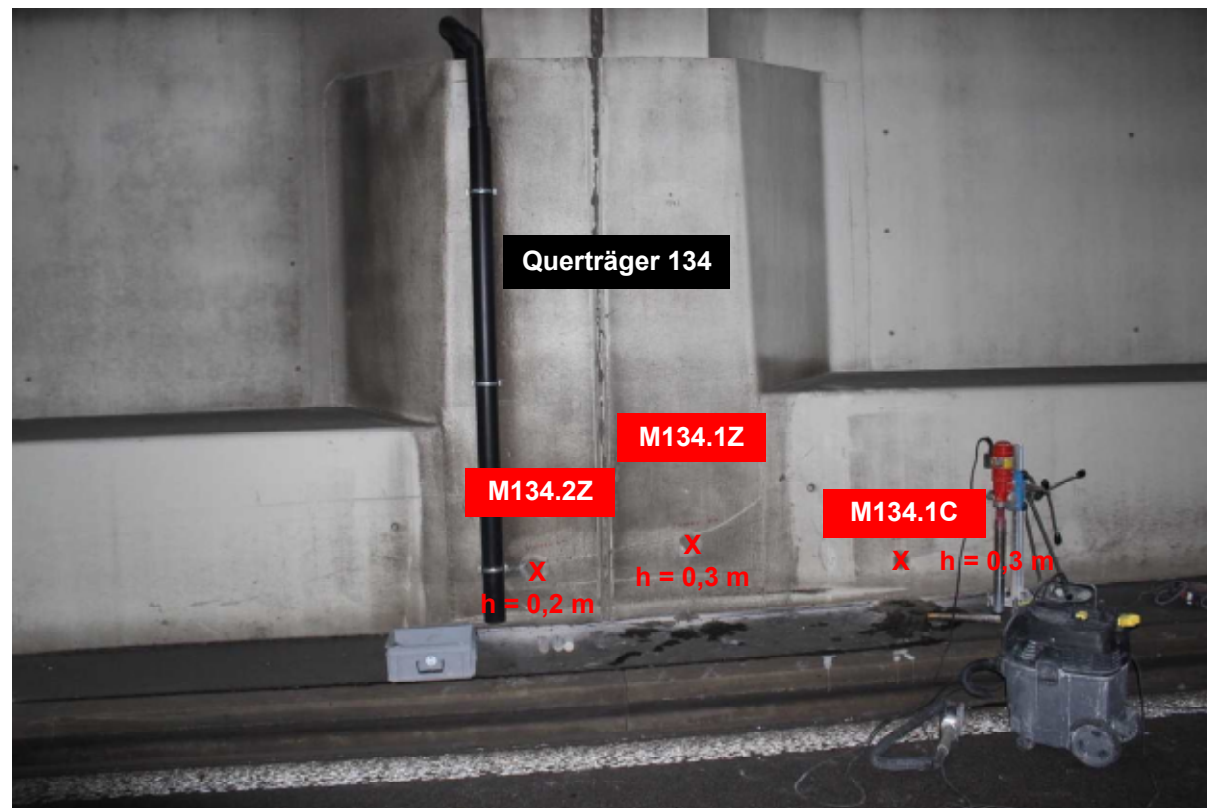
Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Zofingen  
TSH Tunnel Schweizerhalle

Anhang 1 D3421  
Seite 4 von 4

Legende: Bohrkern: M134.1Z, M134.2Z, M134.1C

Bemerkung: Z = Zentrifix-Beschichtung  
C = MC Colorflex-Beschichtung



Zentrifix-Beschichtung bei Prüfstelle M134.2Z ist bis auf die Betonoberfläche mechanisch beschädigt. Bei der Prüfstelle M134.1Z ist nur die Oberfläche der Zentrifix-Beschichtung beschädigt.

Bauwerksuntersuchungen

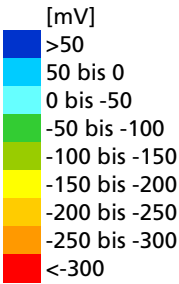
Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Zofingen  
TSH Tunnel Schweizerhalle

Anhang 2 D3421  
Seite 1 von 5

Bauteil: Deckenunterseite zwischen den Querträger Nr. 2 und Nr. 3, FBLU  
Prüfdatum: 2./3. und 3./4. Juli 2018

Legende: ○ Bohrmehlproben: U1, U3  
✕ Bohrkerne: U2  
□ Sondierstellen 2.D1, 2.D2  
⊕ CM-Messung T3

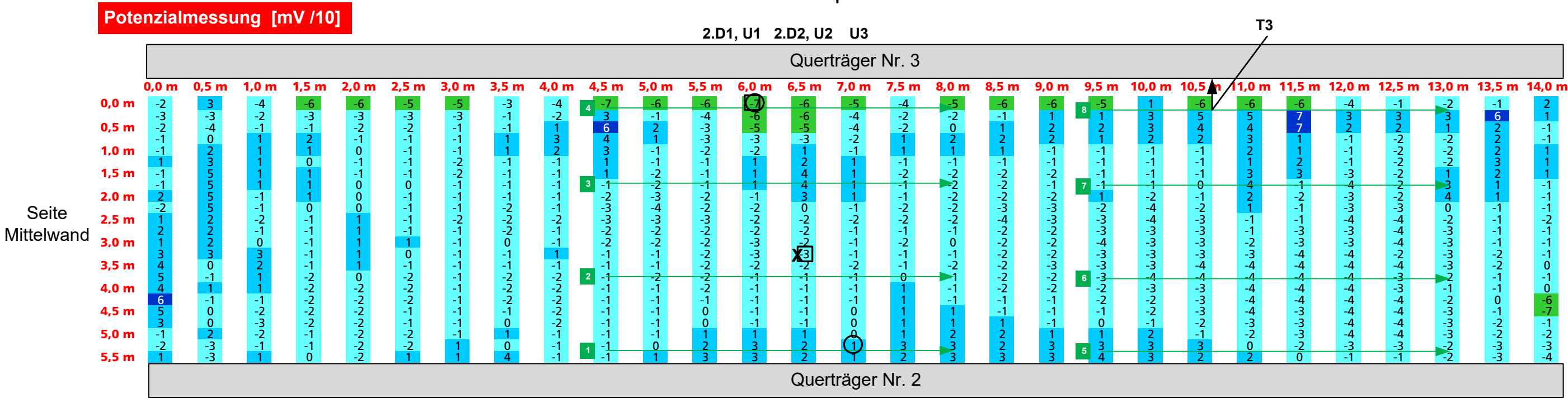


Sondier- stelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonati- sierungstiefe	Durchmes- ser Bew.	Korrosions- grad Bew.	Bemerkungen
--------------------	-------------------------------	-----------------------------	-----------------------	--------------------------	-------------

Deckenunterseite zwischen Querträger 2 und 3, FBLU

2.D1	31 mm	1-4 mm	24 mm	KG 1
2.D2	25 mm	6-11 mm	24 mm	KG 1

Fahrtrichtung ↑ Luzern



Betondeckung der Bewehrung [mm]

	4.5 m	5.0 m	5.5 m	6.0 m	6.5 m	7.0 m	7.5 m	8.0 m	Mw		9.5 m	10.0 m	10.5 m	11.0 m	11.5 m	12.0 m	12.5 m	13.0 m	Mw
4	43	57	40	43	70	42	41	37	71	32	32	37	44	40	58	46			
3	49	48	47	47	46	47	43	46	44	43	34	30	48	48	49	45			
2	36	36	32	38	31	37	43	39	38	27	18	31	34	35	34	34			
1	31	60	42	40	37	57	43	39	65	43	35	42	79	37	67	48			
8	72	46	41	55	43	99	53	70	53	67	69	67	49	72	80	62			
7	49	48	49	44	46	45	47	43	46	43	23	41	49	64	69	47			
6	32	35	30	35	31	36	37	30	30	33	36	33	40	72	38	37			
5	62	38	67	40	40	61	39	72	41	51	41	67	51	69	75	54			

Bauwerksuntersuchungen

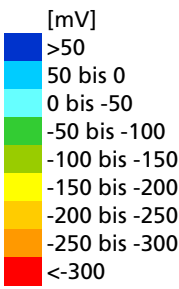
Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Zofingen  
TSH Tunnel Schweizerhalle

Anhang 2 D3421  
Seite 2 von 5

Bauteil: Deckenunterseite zwischen den Querträger Nr. 42 und Nr. 43, FBLU  
Prüfdatum: 2./3. und 3./4. Juli 2018

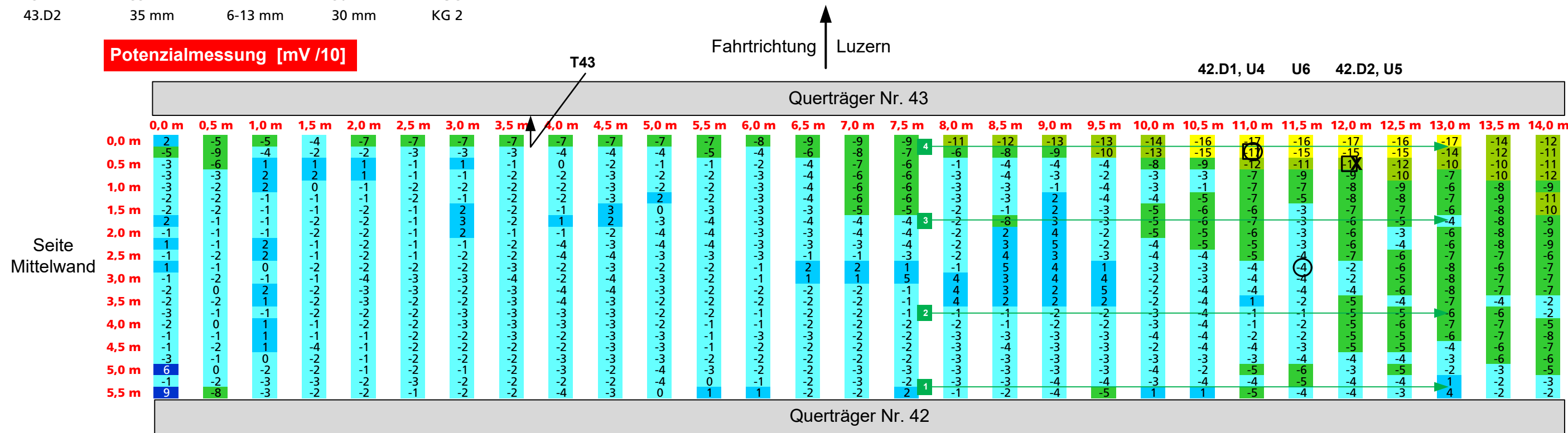
Legende: ○ Bohrmehlproben: U4, U6  
✕ Bohrkerne: U5  
□ Sondierstellen: 42.D1, 42.D2  
⊕ CM-Messung: T43



Sondier- stelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonati- sierungstiefe	Durchmes- ser Bew.	Korrosions- grad Bew.	Bemerkungen
--------------------	-------------------------------	-----------------------------	-----------------------	--------------------------	-------------

Deckenunterseite zwischen Querträger 42 und 43, FBLU

43.D1	33 mm	4-12 mm	30 mm	KG 3	
43.D2	35 mm	6-13 mm	30 mm	KG 2	



Betondeckung der Bewehrung [mm]

	7.75 m	8.25 m	8.75 m	9.25 m	9.75 m	10.25 m	10.75 m	11.25 m	11.75 m	12.25 m	12.75 m	Mw											
4	39	40	37	54	46	45	41	41	36	30	76	31	67	27	32	71	45	48	42	39	65	42	45
3	34	25	31	42	27	25	28	35	61	31	63	31	15	21	28	37	35	80	36	39	37	36	36
2	45	32	42	46	46	39	38	33	26	27	28	27	27	28	30	30	37	26	31	30	35	27	33
1	40	38	39	57	49	48	41	38	60	40	46	43	39	37	62	34	29	34	30	33	28	33	41

# Bauwerksuntersuchungen

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Zofingen  
TSH Tunnel Schweizerhalle

Anhang 2 D3421  
Seite 3 von 5

Bauteil: Deckenunterseite zwischen den Querträger Nr. 82a und Nr. 83, FBLU  
Prüfdatum: 2./3. und 3./4. Juli 2018

Legende: ○ Bohrmehlproben: U7, U8  
✕ Bohrkerne: U9  
□ Sondierstellen: 82.D1, 82.D2  
⊕ CM-Messung: T83

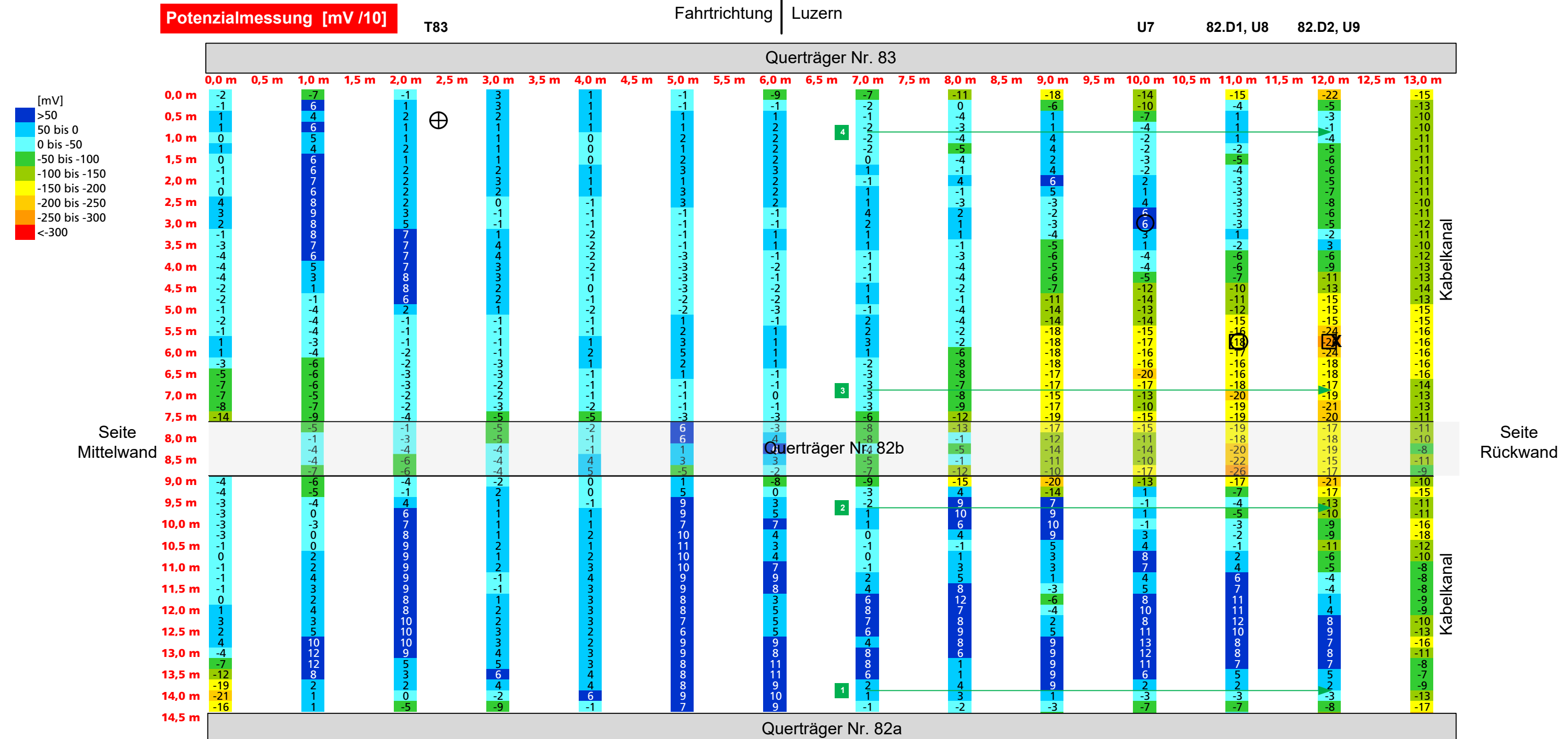
Sondier- stelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonati- sierungstiefe	Durchmes- ser Bew.	Korrosions- grad Bew.	Bemerkungen
--------------------	-------------------------------	-----------------------------	-----------------------	--------------------------	-------------

## Deckenunterseite zwischen Querträger 82a und 83, FBLU

82.D1	30 mm	3-7 mm	18 mm	KG 1	
82.D2	24 mm	4-8 mm	18 mm	KG 1	

## Betondeckung der Bewehrung [mm]

	7.0 m		7.5 m		8.0 m		8.5 m		9.0 m		9.5 m		10.0 m		10.5 m		11.0 m		11.5 m		12.0 m		Mw
4	24	41	23	38	33	31	26	23	31	31	26	37	37	38	37	33	30	30	29	32	17		31
3	33	32	32	30	27	32	28	30	35	32	37	42	43	47	41	46	20	34	39	47	50		36
2	28	16	27	15	30	15	25	30	29	26	29	30	33	31	29	35	34	34	34	36	19		28
1	38	37	38	41	41	25	40	41	39	37	35	37	35	34	34	35	38	42	45	42	17		37



# Bauwerksuntersuchungen

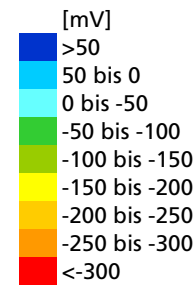
Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Zofingen  
TSH Tunnel Schweizerhalle

Anhang 2 D3421  
Seite 4 von 5

Bauteil: Deckenunterseite zwischen den Querträger Nr. 135 und Nr. 136, FBLU  
Prüfdatum: 2./3. und 3./4. Juli 2018

Legende: ○ Bohrmehlproben: U10, U11  
✕ Bohrkerne: U12  
□ Sondierstellen: 135.D1, 135.D2  
⊕ CM-Messung: T136, T144



Die CM-Probe T144 wurde auf der Anprallseite des Querträgers 144 entnommen.

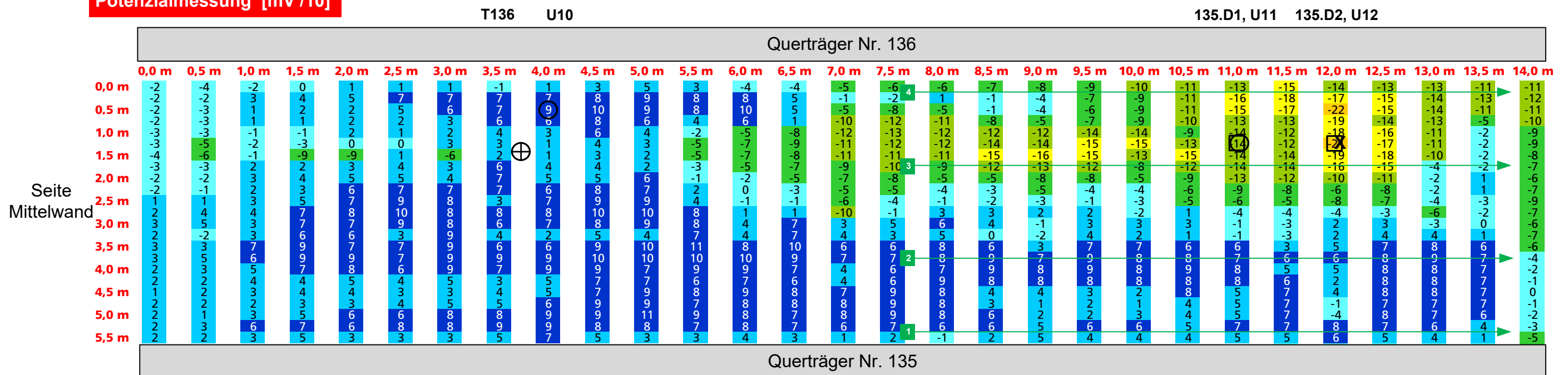
Sondierstelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonatisierungstiefe	Durchmesser Bew.	Korrosionsgrad Bew.	Bemerkungen
---------------	----------------------------	------------------------	------------------	---------------------	-------------

## Deckenunterseite zwischen Querträger 135 und 136, FBLU

135.D1	35 mm	19-27 mm	20 mm	KG 2
135.D2	22 mm	15-33 mm	20 mm	KG 3

Fahrtrichtung ↑ Luzern

## Potenzialmessung [mV /10]



## Betondeckung der Bewehrung [mm]

	8.0 m	8.5 m	9.0 m	9.5 m	10.0 m	10.5 m	11.0 m	11.5 m	12.0 m	12.5 m	13.0 m	13.5 m	Mw											
4	48	44	43	43	67	36	36	69	33	46	40	70	37	35	37	37	32	59	38	42	42	42	38	44
3	24	31	31	36	70	37	35	30	54	24	26	32	30	29	11	29	25	26	28	31	30	24	20	31
2	12	37	30	27	25	30	27	32	37	45	41	43	46	38	36	39	36	36	37	42	34	31	26	34
1	37	35	39	33	33	33	32	27	37	63	99	33	34	73	34	40	40	37	41	39	63	38	33	42



# Bauwerksuntersuchungen

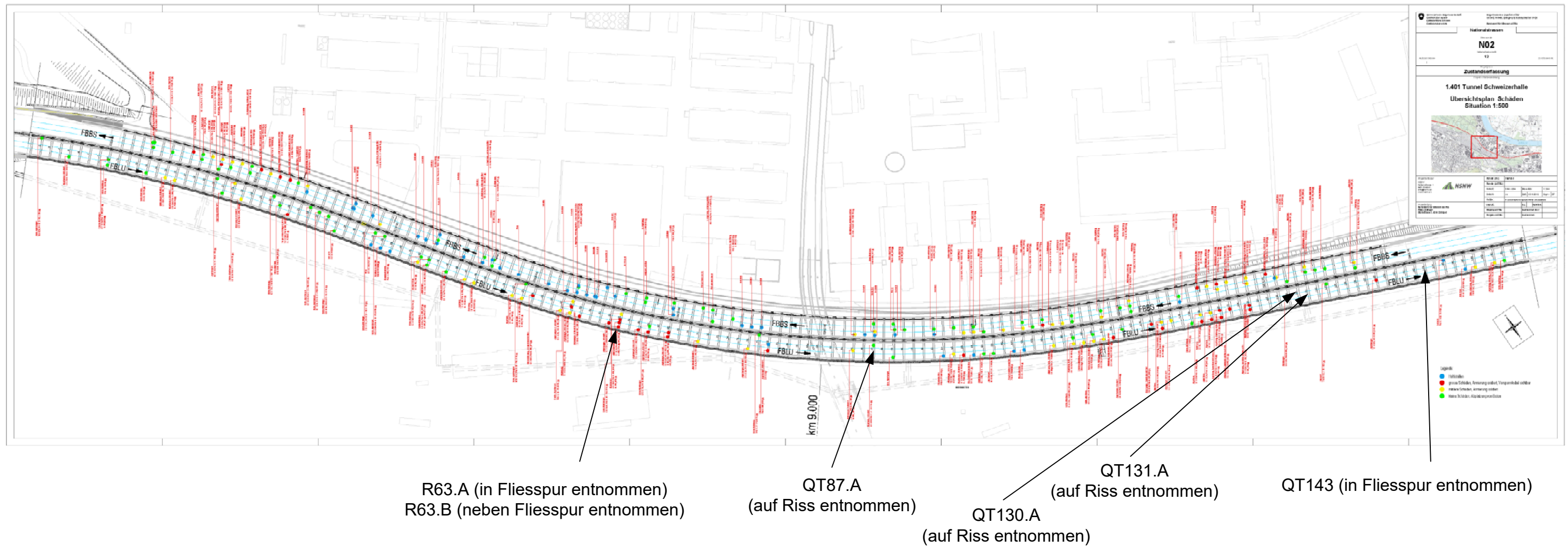
Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Zofingen  
TSH Tunnel Schweizerhalle

Anhang 2 D3421  
Seite 5 von 5

Bauteil: Querträger, Rückwand der Stützmauer, Mittelwand  
Prüfdatum: 2./3. Juli und 3./4. Juli 2018

Legende: X Bohrkerne: R63.A, R63.B, QT87.A, QT130.A, QT131.A, QT143.A



## Bauwerksuntersuchungen

Bauteil: Deckenoberseite, Sondierfenster 1  
Prüfdatum: 23. August 2018

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Zofingen  
TSH Tunnel Schweizerhalle

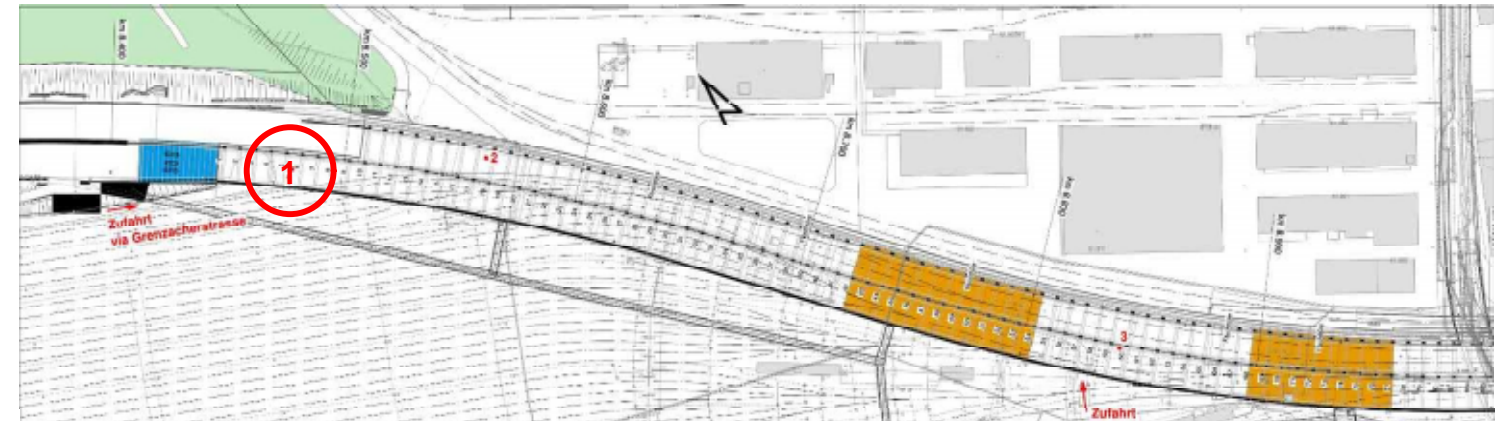
Anhang 3 D3421  
Seite 1 von 3



Sondierfenster 1: Der Schutzmörtel mit Drahtnetzeinlage wurde in einem Bereich von ca. 0,5 m x 0,5 m entfernt.



Die freigelegten Bewehrungen im Sondierfenster 1 waren blank.



### Aufbau im Sondierfenster:

Erdüberdeckung ca. 0,85 m bis 0,94 m

Schutzmörtel mit Drahtnetzeinlage:

- Keine visuellen Schäden, keine Risse
- Gesamtaufbau [mm] 62 / 61 / 67 / 62 / 57 / 62 / 64 / 66 → Mittelwert = 63 mm

Abdichtung:

- Bitumen-Abdichtung ca. 10 mm (wie gemäss Plangrundlagen)
- Trägereinlage aus Juten
- Schälzug von Hand → mit geringem Kraftaufwand abgelöst (Bewertungsstufe 1)
- Bitumen-Abdichtung weist geringfügige Versprödungserscheinungen auf.

Ausgleichsmörtelschicht:

- Dicke 22 mm
- Oberfläche fest und kompakt, visuell in Ordnung

Bewehrung:

- Betondeckung der Bewehrung 4. Lage 46/45 mm, 3. Lage 72 mm
- Durchmesser 4. Lage 20/20 mm, 3. Lage 14 mm (Caron-Stahl\*)
- Karbonatisierungstiefe 0-1 mm
- Korrosionsgrad 4. Lage KG 0/KG 0, 3. Lage KG 0

\* Beim Caron-Stahl ist beim Durchmesser die Kantenlänge des Rechteckquerschnitts angegeben.



## Bauwerksuntersuchungen

Bauteil: Deckenoberseite, Sondierfenster 2  
Prüfdatum: 23. August 2018

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Zofingen  
TSH Tunnel Schweizerhalle

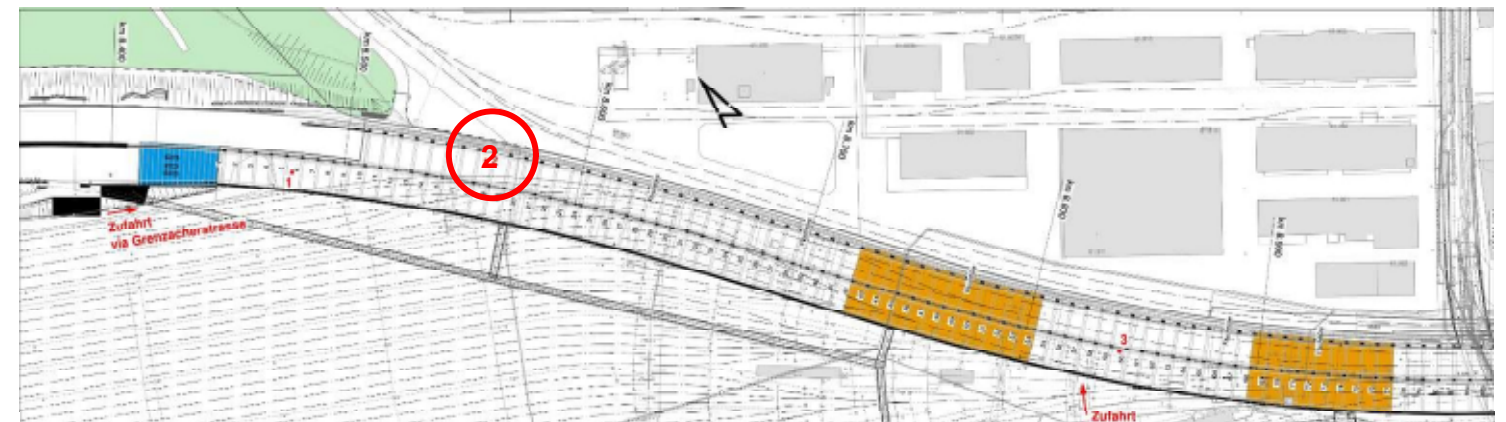
Anhang 3 D3421  
Seite 2 von 3



Sondierfenster 2: Der Schutzmörtel mit Drahtnetzeinlage wurde in einem Bereich von ca. 0,5 m x 0,5 m entfernt.



Die freigelegten Bewehrungen im Sondierfenster 2 waren blank.



### Aufbau im Sondierfenster:

Erdüberdeckung ca. 0,90 m

Schutzmörtel mit Drahtnetzeinlage:

- Keine visuellen Schäden, keine Risse
- Gesamtaufbau [mm] 53 / 56 / 59 / 56 / 58 / 57 / 56 / 57 → Mittelwert = 57 mm

Abdichtung:

- Bitumen-Abdichtung ca. 10 mm (wie gemäss Plangrundlagen)
- Trägereinlage aus Juten
- Schälzug von Hand → mit geringem Kraftaufwand abgelöst (Bewertungsstufe 1)
- Bitumen-Abdichtung weist geringfügige Versprödungserscheinungen auf.

Ausgleichsmörtelschicht:

- Dicke 21 mm
- Oberfläche fest und kompakt, visuell in Ordnung

Bewehrung:

- Betondeckung der Bewehrung 4. Lage 45 mm, 3. Lage 59 mm
- Durchmesser 4. Lage 14 mm, 3. Lage 14 mm (Caron-Stahl\*)
- Karbonatisierungstiefe 0-1 mm
- Korrosionsgrad 4. Lage KG 0, 3. Lage KG 0

\* Beim Caron-Stahl ist beim Durchmesser die Kantenlänge des Rechteckquerschnitts angegeben.



## Bauwerksuntersuchungen

Bauteil: Deckenoberseite, Sondierfenster 3  
Prüfdatum: 23. August 2018

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Zofingen  
TSH Tunnel Schweizerhalle

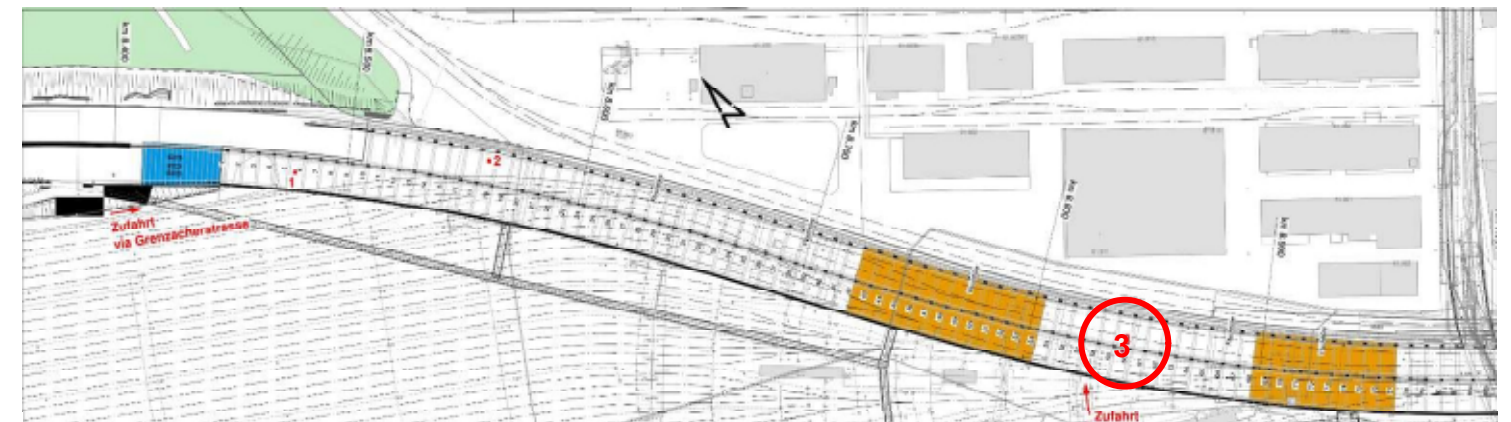
Anhang 3 D3421  
Seite 3 von 3



Sondierfenster 3: Der Schutzmörtel mit Drahtnetzeinlage wurde in einem Bereich von ca. 0,5 m x 0,5 m entfernt. Es wurde nur eine Bewehrung lokalisiert.



Die freigelegte Bewehrung im Sondierfenster war blank.



### Aufbau im Sondierfenster:

Erdüberdeckung ca. 0,80 bis 0,85 m

Schutzmörtel mit Drahtnetzeinlage:

- Keine visuellen Schäden, keine Risse
- Gesamtaufbau [mm] 48 / 62 / 56 / 56 / 56 / 46 / 50 / 50 → Mittelwert = 53 mm

Abdichtung:

- Bitumen-Abdichtung ca. 10 mm (wie gemäss Plangrundlagen)
- Trägereinlage aus Juten
- Schälzug von Hand → mit geringem Kraftaufwand abgelöst (Bewertungsstufe 1)
- Bitumen-Abdichtung weist geringfügige Versprödungserscheinungen auf.

Ausgleichsmörtelschicht:

- 6 bis 10 mm Dicke
- Oberfläche fest und kompakt, visuell in Ordnung

Bewehrung:

- Betondeckung der Bewehrung 68 mm
- Durchmesser 14 mm (Caron-Stahl\*)
- Karbonatisierungstiefe 1-2 mm
- Korrosionsgrad KG 0

\* Beim Caron-Stahl ist beim Durchmesser die Kantenlänge des Rechteckquerschnitts angegeben.

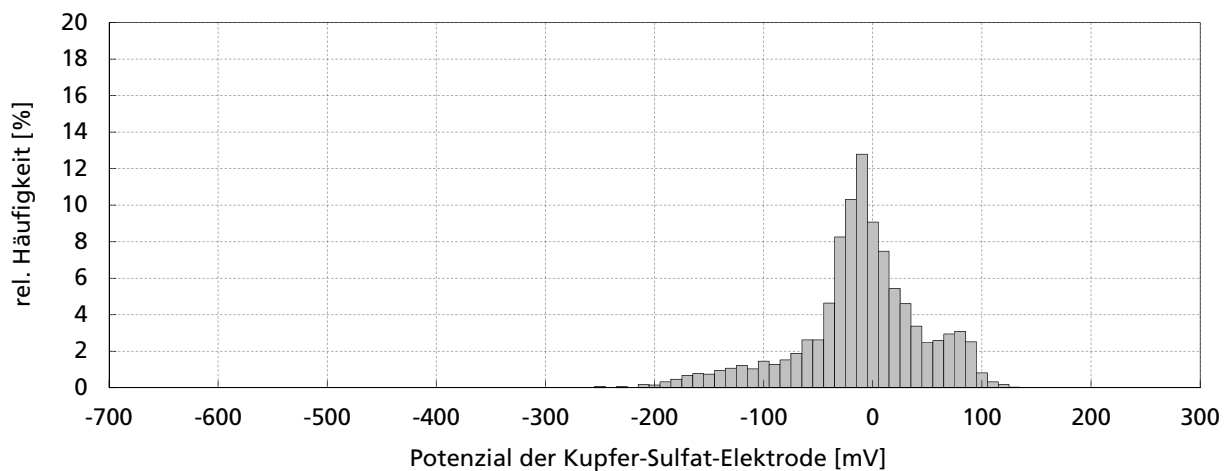
## Potenzialmessungen, Häufigkeiten

Grundlage: SIA Merkblatt 2006:2013  
Tecnotest Prüfanweisung PD061

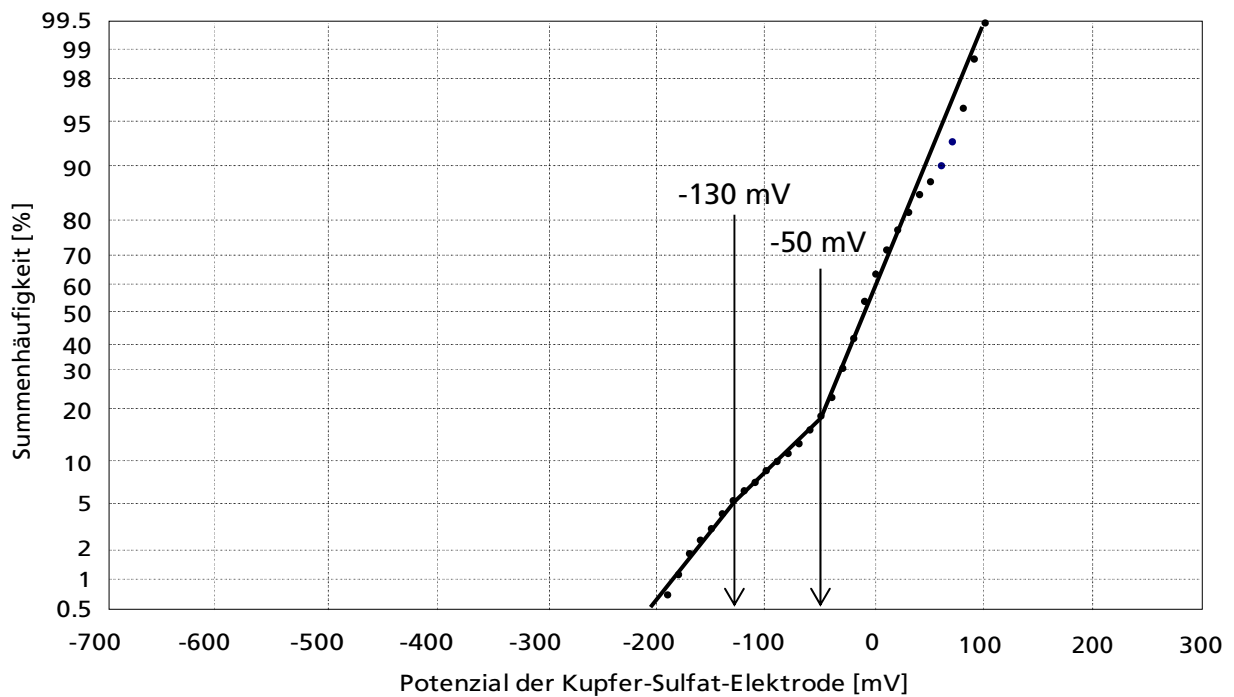
Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421

Bauteil: Deckenunterseite, 4 Untersuchungsbereiche, Fahrtrichtung Luzern  
Anzahl Werte: 2821

**Relative Häufigkeiten [%] (Histogramm)**



**Summenhäufigkeit der Messwerte [%]**



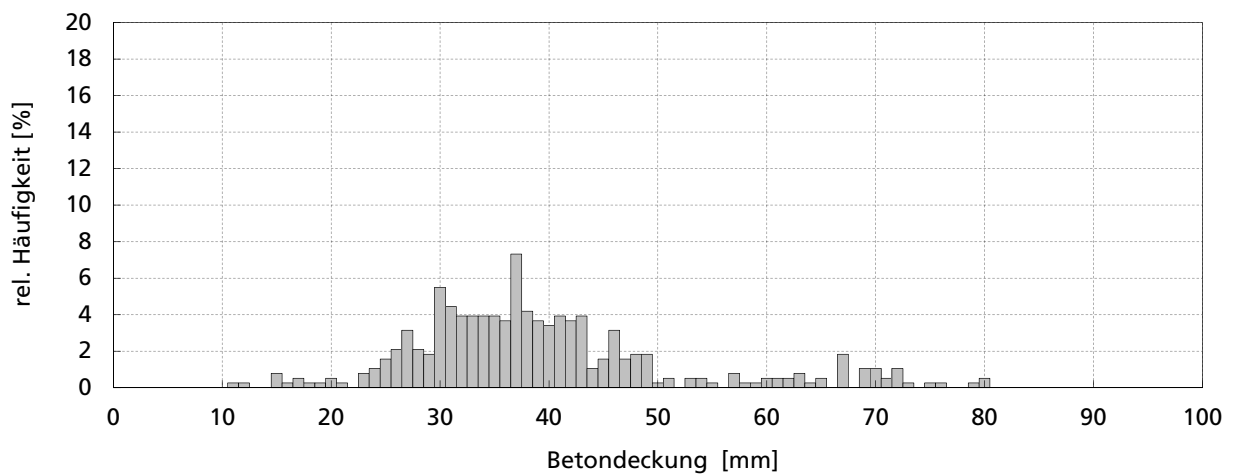
## Betondeckung, Statistik

Grundlage: SIA 269/2:2011  
Tecnotest Prüfanweisung PD050

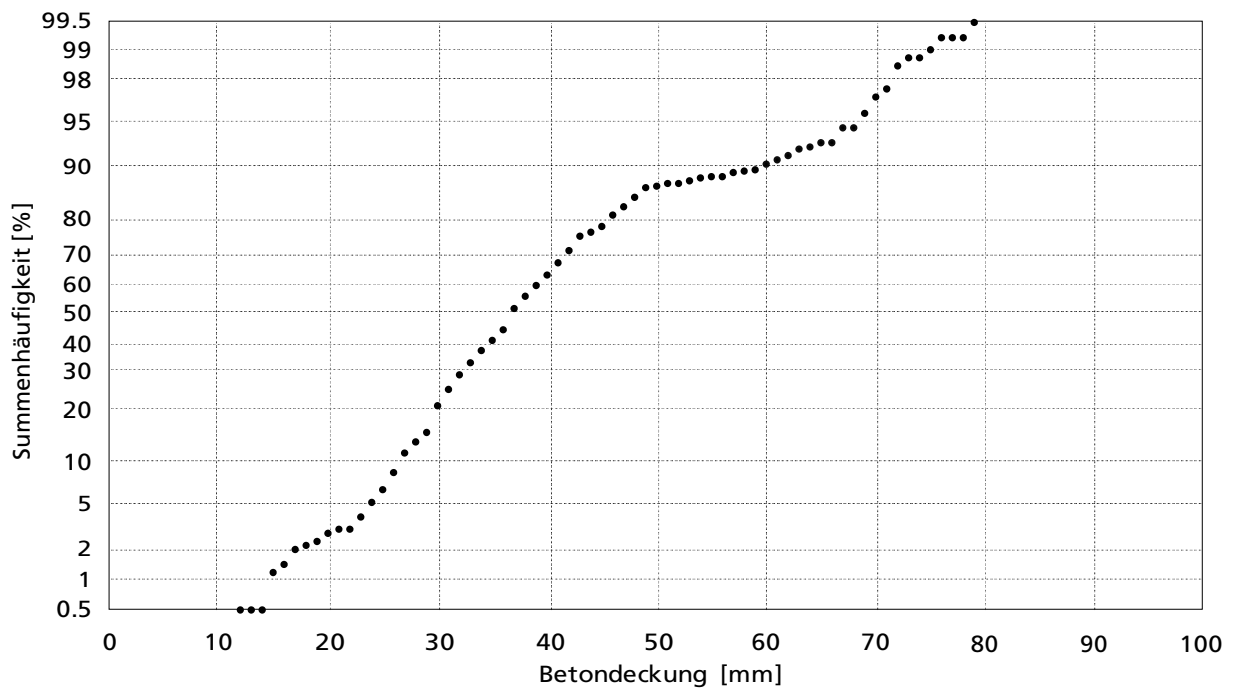
Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421

Bauteil: Deckenunterseite, 4 Untersuchungsbereiche, Fahrtrichtung Luzern  
Anzahl Werte: 382  
Mittelwert: 39 mm  
Standardabw.: 13 mm

**Relative Häufigkeiten [%] (Histogramm)**



**Summenhäufigkeit der Messwerte [%]**



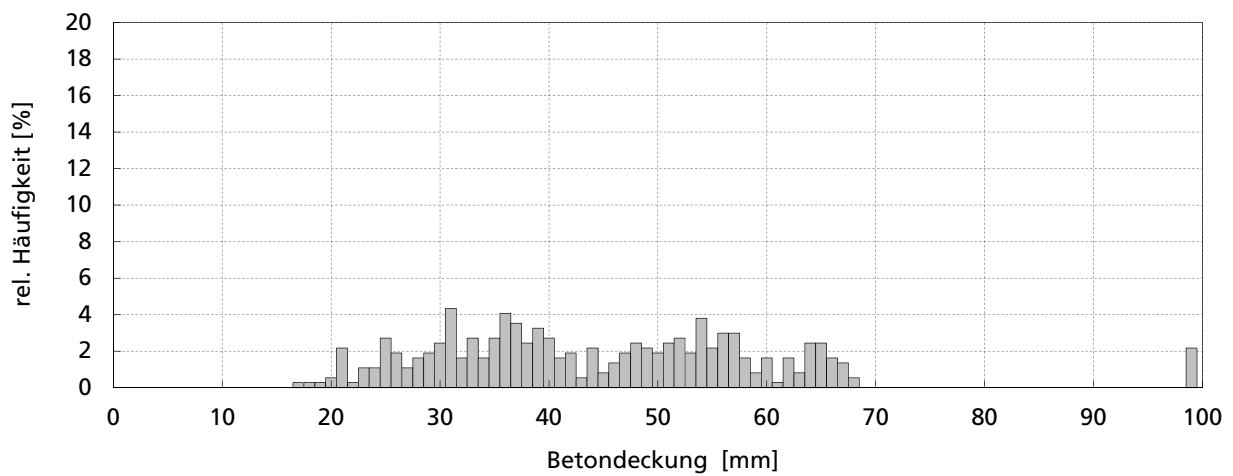
## Betondeckung, Statistik

Grundlage: SIA 269/2:2011  
Tecnotest Prüfanweisung PD050

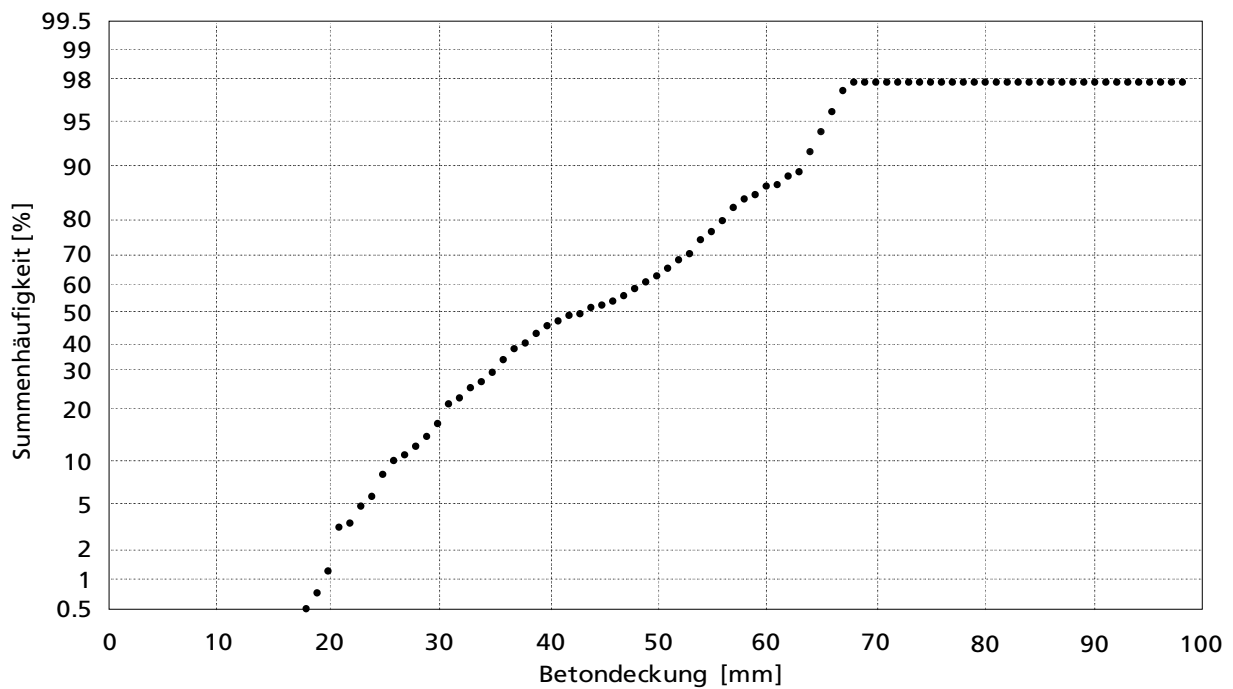
Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421

Bauteil: Rückwand, 3 Untersuchungsbereiche, Fahrtrichtung Luzern  
Anzahl Werte: 368  
Mittelwert: 45 mm  
Standardabw.: 15 mm

**Relative Häufigkeiten [%] (Histogramm)**



**Summenhäufigkeit der Messwerte [%]**






























## Chloridgehalt

Grundlage: SN EN 14629:2007 (validiertes Alternativverfahren)  
Tecnotest Prüfanweisung PC001  
Aufschluss: Salpetersäure kalt  
Analyse: ionensensitive Elektrode

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25381

Bauteil: Deckenunterseite zwischen den Trägern, Fahrtrichtung Luzern  
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bauwerk  
Prüfdatum: 06.07.2018  
Bindemittel: 300 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Rohdichte: 2400 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Bemerkungen: Keine

Bezeichnung (Potenzial)	BD [mm]	KG [-]	KT [mm]	Chloridgehalt			KG: Korrosionsgrad BD: Betonüberdeckung KT: Karbonatisierungstiefe	KG0: blank KG1: wenig Rostpunkte KG2: Rostflecken KG3: vollständig rostig KG4: Lochfrass, Abtrag
				Tiefe [mm]	Beton [M-%]	Zement [M-%]		
U1 -70 mV	31	1	1-4	00-10	0.078	0.62		
				10-20	0.024	0.19		
U3 10 mV	35	-	-	00-10	0.031	0.25		
				10-20	0.053	0.42		
				20-30	0.029	0.23		
U4 -170 mV	33	3	4-12	00-10	0.212	1.70		
				10-20	0.223	1.78		
				20-30	0.183	1.46		
				30-40	0.069	0.55		
				40-50	0.036	0.29		
U6 -40 mV	31	-	-	00-10	0.022	0.18		
				10-20	0.017	0.14		
U7 60 mV	52	-	-	00-10	0.221	1.77		
				10-20	0.255	2.04		
				20-30	0.221	1.77		
				30-40	0.161	1.29		
				40-50	0.088	0.70		
U8 -180 mV	30	1	3-7	00-10	0.075	0.60		
				10-20	0.036	0.29		
U10 90 mV	26	-	-	00-10	0.124	0.99		
				10-20	0.064	0.51		
				20-30	0.011	0.09		
U11 -140 mV	35	2	15-33	00-10	0.054	0.43		
				10-20	0.137	1.09		
				20-30	0.022	0.18		



## Chloridgehalt

Grundlage: SN EN 14629:2007 (validiertes Alternativverfahren)  
Tecnotest Prüfanweisung PC001  
Aufschluss: Salpetersäure kalt  
Analyse: ionensensitive Elektrode

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25381

Bauteil: Deckenunterseite zwischen den Trägern, Fahrtrichtung Luzern  
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bohrkern  
Prüfdatum: 26.07.2018  
Bindemittel: 300 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Rohdichte: 2400 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Bemerkungen: Keine

Bezeichnung (Potenzial)	BD [mm]	KG [-]	KT [mm]	Chloridgehalt			KG: Korrosionsgrad	
				Tiefe [mm]	Beton [M-%]	Zement [M-%]	BD: Betonüberdeckung KT: Karbonatisierungstiefe	KG0: blank KG1: wenig Rostpunkte KG2: Rostflecken KG3: vollständig rostig KG4: Lochfrass, Abtrag
U2 -30 mV	25	1	6-11	00-10	0.059	0.47		
				10-20	0.022	0.18		
U5 -110 mV	35	2	6-13	00-10	0.170	1.36		
				10-20	0.103	0.83		
				20-30	0.069	0.55		
				30-40	0.023	0.18		
				40-50	0.013	0.10		
U9 -260 mV	24	1	4-8	00-10	0.346	2.76		
				10-20	0.228	1.82		
				20-30	0.386	3.09		
				30-40	0.189	1.51		
				40-50	0.175	1.40		
U12 -210 mV	22	3	15-33	00-10	0.232	1.86		
				10-20	0.178	1.42		
				20-30	0.170	1.36		
				30-40	0.107	0.86		
				40-50	0.031	0.24		

## Chloridgehalt

Grundlage: SN EN 14629:2007 (validiertes Alternativverfahren)  
Tecnotest Prüfanweisung PC001  
Aufschluss: Salpetersäure kalt  
Analyse: ionensensitive Elektrode

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25381

Bauteil: Rückwand, Fahrtrichtung Luzern  
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bohrkern  
Prüfdatum: 26.07.2018  
Bindemittel: 300 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Rohdichte: 2400 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Bemerkungen: I = Beschichtung intakt; D = Beschichtung defekt

Bezeichnung (Potenzial)	BD [mm]	KG [-]	KT [mm]	Chloridgehalt			KG: Korrosionsgrad	
				Tiefe [mm]	Beton [M-%]	Zement [M-%]	BD: Betonüberdeckung KT: Karbonatisierungstiefe	KG0: blank KG1: wenig Rostpunkte KG2: Rostflecken KG3: vollständig rostig KG4: Lochfrass, Abtrag
R9.1D	>100			00-10	0.152	1.22		
				10-20	0.251	2.01		
				20-30	0.235	1.88		
				30-40	0.135	1.08		
				40-50	0.145	1.16		
R9.2D	>100			00-10	0.146	1.17		
				10-20	0.190	1.52		
				20-30	0.240	1.92		
				30-40	0.245	1.96		
				40-50	0.090	0.72		
R9.1I	>100			00-10	0.202	1.62		
				10-20	0.309	2.48		
				20-30	0.199	1.59		
				30-40	0.134	1.07		
				40-50	0.110	0.88		
R9.2I	>100			00-10	0.272	2.17		
				10-20	0.186	1.49		
				20-30	0.172	1.37		
				30-40	0.120	0.96		
				40-50	0.045	0.36		

## Chloridgehalt

Grundlage: SN EN 14629:2007 (validiertes Alternativverfahren)  
Tecnotest Prüfanweisung PC001  
Aufschluss: Salpetersäure kalt  
Analyse: ionensensitive Elektrode

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25381

Bauteil: Rückwand, Fahrtrichtung Luzern  
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bohrkern  
Prüfdatum: 26.07.2018  
Bindemittel: 300 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Rohdichte: 2400 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Bemerkungen: I = Beschichtung intakt; D = Beschichtung defekt

Bezeichnung (Potenzial)	BD [mm]	KG [-]	KT [mm]	Chloridgehalt			KG: Korrosionsgrad BD: Betonüberdeckung KT: Karbonatisierungstiefe	KG0: blank KG1: wenig Rostpunkte KG2: Rostflecken KG3: vollständig rostig KG4: Lochfrass, Abtrag
				Tiefe [mm]	Beton [M-%]	Zement [M-%]		
R72.1D	>100			00-10	0.172	1.38		
				10-20	0.220	1.76		
				20-30	0.190	1.52		
				30-40	0.174	1.39		
				40-50	0.112	0.90		
R72.2D	84			00-10	0.480	3.84		
				10-20	0.462	3.69		
				20-30	0.388	3.11		
				30-40	0.271	2.16		
				40-50	0.169	1.35		
R73.1I	>100			00-10	0.253	2.02		
				10-20	0.147	1.18		
				20-30	0.066	0.53		
				30-40	0.023	0.18		
				40-50	0.014	0.11		
R73.2I	63			00-10	0.508	4.07		
				10-20	0.484	3.87		
				20-30	0.345	2.76		
				30-40	0.164	1.31		
				40-50	0.082	0.65		

## Chloridgehalt

Grundlage: SN EN 14629:2007 (validiertes Alternativverfahren)  
Tecnotest Prüfanweisung PC001  
Aufschluss: Salpetersäure kalt  
Analyse: ionensensitive Elektrode

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25381

Bauteil: Rückwand, Fahrtrichtung Luzern  
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bohrkern  
Prüfdatum: 26.07.2018  
Bindemittel: 300 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Rohdichte: 2400 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Bemerkungen: I = Beschichtung intakt; D = Beschichtung defekt

Bezeichnung (Potenzial)	BD [mm]	KG [-]	KT [mm]	Chloridgehalt			KG: Korrosionsgrad BD: Betonüberdeckung KT: Karbonatisierungstiefe	KG0: blank KG1: wenig Rostpunkte KG2: Rostflecken KG3: vollständig rostig KG4: Lochfrass, Abtrag
				Tiefe [mm]	Beton [M-%]	Zement [M-%]		
R137.1D	88			00-10	0.272	2.18		
				10-20	0.281	2.25		
				20-30	0.416	3.33		
				30-40	0.271	2.17		
				40-50	0.148	1.19		
R137.2D	35			00-10	0.347	2.77		
				10-20	0.474	3.79		
				20-30	0.374	2.99		
				30-40	0.124	0.99		
				40-50	0.036	0.29		
R137.1I	72			00-10	0.318	2.55		
				10-20	0.294	2.35		
				20-30	0.155	1.24		
				30-40	0.116	0.93		
				40-50	0.041	0.33		
R137.2I	68			00-10	0.381	3.05		
				10-20	0.206	1.65		
				20-30	0.151	1.21		
				30-40	0.047	0.38		
				40-50	0.012	0.09		

## Chloridgehalt

Grundlage: SN EN 14629:2007 (validiertes Alternativverfahren)  
Tecnotest Prüfanweisung PC001  
Aufschluss: Salpetersäure kalt  
Analyse: ionensensitive Elektrode

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25381

Bauteil: Mittelwand, Bereiche mit MC Colorflex-Beschichtung, Fahrtrichtung Luzern  
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bohrkern  
Prüfdatum: 26.07.2018  
Bindemittel: 300 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Rohdichte: 2400 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Bemerkungen: Keine


















Bezeichnung (Potenzial)	BD [mm]	KG [-]	KT [mm]	Chloridgehalt			KG: Korrosionsgrad BD: Betonüberdeckung KT: Karbonatisierungstiefe	KG0: blank KG1: wenig Rostpunkte KG2: Rostflecken KG3: vollständig rostig KG4: Lochfrass, Abtrag
				Tiefe [mm]	Beton [M-%]	Zement [M-%]		
M9.2C	>100			00-10	0.013	0.10	■	
				10-20	0.013	0.10	■	
				20-30	0.012	0.10	■	
M72.1C	68			00-10	0.011	0.09	■	
				10-20	0.009	0.07	■	
M72.2C	63			00-10	0.010	0.08	■	
				10-20	0.009	0.08	■	
M134.1C	65			00-10	0.020	0.16	■	
				10-20	0.013	0.10	■	

## Chloridgehalt

Grundlage: SN EN 14629:2007 (validiertes Alternativverfahren)  
Tecnotest Prüfanweisung PC001  
Aufschluss: Salpetersäure kalt  
Analyse: ionensensitive Elektrode

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25381

Bauteil: Mittelwand, Bereiche mit Zentrifixbeschichtung; Fahrtrichtung Luzern  
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bohrkern  
Prüfdatum: 26.07.2018  
Bindemittel: 300 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Rohdichte: 2400 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Bemerkungen: M10.1Z & M134.2Z: Beschichtung bis auf Betonoberfläche mechanisch beschädigt

Bezeichnung (Potenzial)	BD [mm]	KG [-]	KT [mm]	Chloridgehalt			KG: Korrosionsgrad BD: Betonüberdeckung KT: Karbonatisierungstiefe	KG0: blank KG1: wenig Rostpunkte KG2: Rostflecken KG3: vollständig rostig KG4: Lochfrass, Abtrag
				Tiefe [mm]	Beton [M-%]	Zement [M-%]		
M9.1Z	>100			00-10	0.024	0.19		
				10-20	0.019	0.15		
M9.2Z	>100			00-10	0.009	0.07		
				10-20	0.008	0.06		
M10.1Z	>100			00-10	0.279	2.23		
				10-20	0.268	2.14		
				20-30	0.148	1.18		
				30-40	0.077	0.62		
				40-50	0.024	0.19		
M72.1Z	>100			00-10	0.009	0.08		
				10-20	0.008	0.07		
M134.1Z	93			00-10	0.008	0.07		
				10-20	0.008	0.06		
M134.2Z	85			00-10	0.406	3.24		
				10-20	0.170	1.36		
				20-30	0.061	0.49		
				30-40	0.018	0.14		

## Chloridgehalt

Ergebnisblatt

Grundlage: SN EN 14629:2007 (validiertes Alternativverfahren)  
Tecnotest Prüfanweisung PC001  
Aufschluss: Salpetersäure kalt  
Analyse: ionensensitive Elektrode

Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25381

Bauteil: Fliessspurbereiche, Querträger/Rückwand der Stützmauer, Fahrtrichtung Luzern  
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bohrkern  
Prüfdatum: 26.07.2018  
Bindemittel: 300 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Rohdichte: 2400 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Bemerkungen: "QT63": Rückwand der Stützmauer bei Querträger

Bezeichnung (Potenzial)	BD [mm]	KG [-]	KT [mm]	Chloridgehalt			KG: Korrosionsgrad BD: Betonüberdeckung KT: Karbonatisierungstiefe	KG0: blank KG1: wenig Rostpunkte KG2: Rostflecken KG3: vollständig rostig KG4: Lochfrass, Abtrag
				Tiefe [mm]	Beton [M-%]	Zement [M-%]		
"QT63".A				00-10	0.044	0.35		
				10-20	0.030	0.24		
"QT63".B				00-10	0.128	1.02		
				10-20	0.059	0.47		
				20-30	0.031	0.25		
QT143.A				00-10	0.115	0.92		
				10-20	0.057	0.46		
				20-30	0.031	0.25		

## Chloridgehalt

Grundlage: SN EN 14629:2007 (validiertes Alternativverfahren)  
Tecnotest Prüfanweisung PC001  
Aufschluss: Salpetersäure kalt  
Analyse: ionensensitive Elektrode

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25381

Bauteil: Prüfstellen mit Rissen, Mittelwand/Rückwand der Stützmauer  
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bohrkern  
Prüfdatum: 26.07.2018  
Bindemittel: 300 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Rohdichte: 2400 kg/m<sup>3</sup> (angenommen)  
Bemerkungen: Keine

Bezeichnung (Potenzial)	BD [mm]	KG [-]	KT [mm]	Chloridgehalt			KG: Korrosionsgrad BD: Betonüberdeckung KT: Karbonatisierungstiefe	KG0: blank KG1: wenig Rostpunkte KG2: Rostflecken KG3: vollständig rostig KG4: Lochfrass, Abtrag
				Tiefe [mm]	Beton [M-%]	Zement [M-%]		
M130.A				00-10	0.149	1.19		
				10-20	0.167	1.33		
				20-30	0.049	0.39		
M131.A				00-10	0.044	0.36		
				10-20	0.069	0.55		
				20-30	0.033	0.27		
R87.A				00-10	0.175	1.40		
				10-20	0.042	0.33		



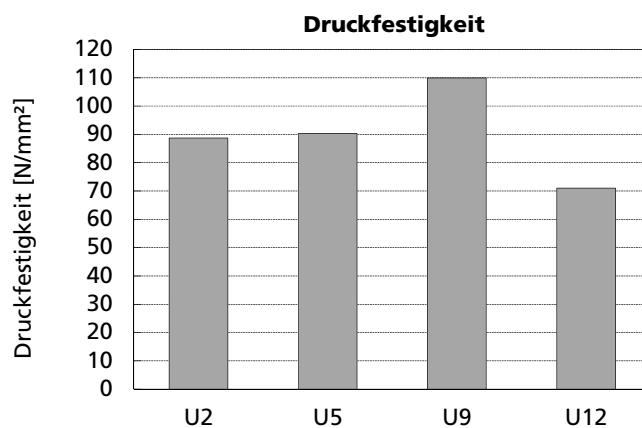
## Druckfestigkeit, Bohrkern

Grundlage: SN EN 12504-1:2009  
Tecnotest Prüfanweisung PC002

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25381

Bauteil: Deckenunterseite, Fahrtrichtung Luzern  
Prüfkörper: Bohrkern aus Bauwerk  
Herstelldatum: Keine Angabe  
Prüfdatum: 20.07.2018  
Alter: Keine Angabe  
Belastung: Geschwindigkeit: 0,6 N/mm<sup>2</sup>s  
Bemerkungen: Keine

Bezeichnung	Tiefe [mm]	Ø [mm]	Höhe [mm]	Fläche [mm <sup>2</sup> ]	Höchst- kraft [kN]	Druck- festigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Bemerkungen
U2		49.6	49.8	1932	171.4	88.7	2450	
U5		49.6	49.8	1932	174.4	90.3	2390	
U9		49.9	49.7	1956	215.0	109.9	2400	
U12		49.7	49.8	1940	137.8	71.0	2440	



	Druckfestigkeit	Rohdichte
Anzahl Werte n	4	4
Mittelwert x	90.0 N/mm <sup>2</sup>	2420 kg/m <sup>3</sup>

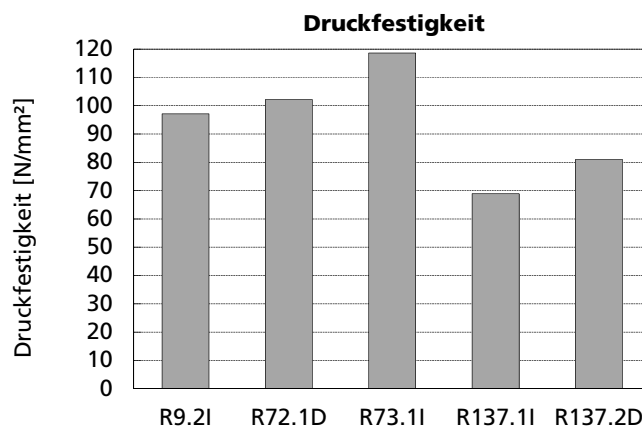
## Druckfestigkeit, Bohrkern

Grundlage: SN EN 12504-1:2009  
Tecnotest Prüfanweisung PC002

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25381

Bauteil: Rückwand, Fahrtrichtung Luzern  
Prüfkörper: Bohrkern aus Bauwerk  
Herstelldatum: Keine Angabe  
Prüfdatum: 20.07.2018  
Alter: Keine Angabe  
Belastung: Geschwindigkeit: 0,6 N/mm<sup>2</sup>s  
Bemerkungen: I = Beschichtung intakt; D = Beschichtung defekt

Bezeichnung	Tiefe [mm]	Ø [mm]	Höhe [mm]	Fläche [mm <sup>2</sup> ]	Höchst- kraft [kN]	Druck- festigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Bemerkungen
R9.2I		49.1	49.8	1893	183.8	97.1	2480	
R72.1D		49.9	49.9	1956	199.8	102.2	2420	
R73.1I		50.0	49.9	1963	232.8	118.6	2450	
R137.1I		50.2	49.7	1979	136.5	68.9	2470	
R137.2D		50.1	49.8	1971	159.5	80.9	2480	



	Druckfestigkeit	Rohdichte
Anzahl Werte n	5	5
Mittelwert x	93.5 N/mm <sup>2</sup>	2460 kg/m <sup>3</sup>
Standardabw. s	19.3 N/mm <sup>2</sup>	25 kg/m <sup>3</sup>
Variationskoeffizient	20.6 %	1.0 %

## Haftzugfestigkeit im Labor

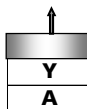
Grundlage: SN EN 1542:1999  
Tecnotest Prüfanweisung PA037/PC003

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25381

Bauteil:	Rückwand, Fahrtrichtung Luzern		
Prüfschicht:	Konstruktionsbeton		
Prüfkörper:	Bohrkern Ø ca. 50 mm aus Bauwerk		
Prüfdatum:	23.07.2018	Prüfstempel:	Ø 50 mm
Prüfvorbereitung:	Ablängen	Prüffläche:	Siehe unten
Klebstoff:	Epoxidharzkleber	Kraftsteigerung:	0,05 N/(mm² s)
Bemerkungen:	Keine		

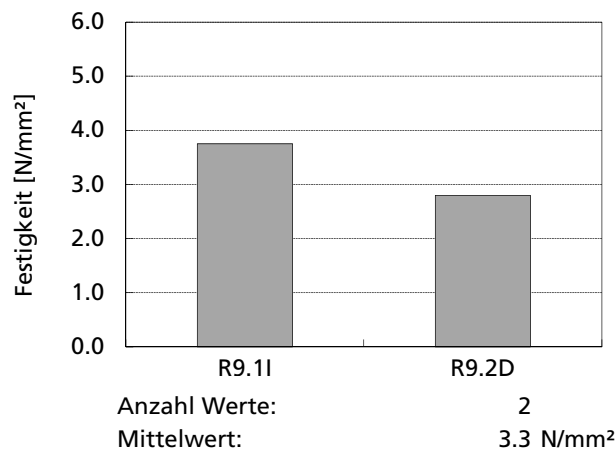
Prüfstelle	Fläche [mm²]	Bruchlast [kN]	Festigkeit [N/mm²]	Bruchtiefe [mm]	Schichtdicke [mm]	Bruchart/Bemerkungen
R9.1I	1917	7.22	3.75	5-30		100 % A
R9.2D	1917	5.40	2.80	36-57		100 % A

**Prüfkörper**  
Prüfkleber  
Prüfschicht



**Schichten**  
Y Epoxidharzkleber  
A Konstruktionsbeton

**Brucharten**  
y/A Adhäsionsbruch Klebstoff/Schicht A  
A Kohäsionsbruch Schicht A  
A/B Adhäsionsbruch zwischen Schicht A und B  
B Kohäsionsbruch Schicht B  
B/C Adhäsionsbruch zwischen Schicht B und C



## Haftzugfestigkeit im Labor

Grundlage: SN EN 1542:1999  
Tecnotest Prüfanweisung PA037/PC003

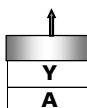
Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25381

Bauteil: Rückwand, Fahrtrichtung Luzern  
Prüfschicht: Konstruktionsbeton  
Prüfkörper: Bohrkern Ø ca. 50 mm aus Bauwerk  
Prüfdatum: 23.07.2018  
Prüfvorbereitung: Ablängen  
Klebstoff: Epoxidharzkleber  
Bemerkungen: Keine

Prüfstempel: Ø 50 mm  
Prüffläche: Siehe unten  
Kraftsteigerung: 0,05 N/(mm² s)

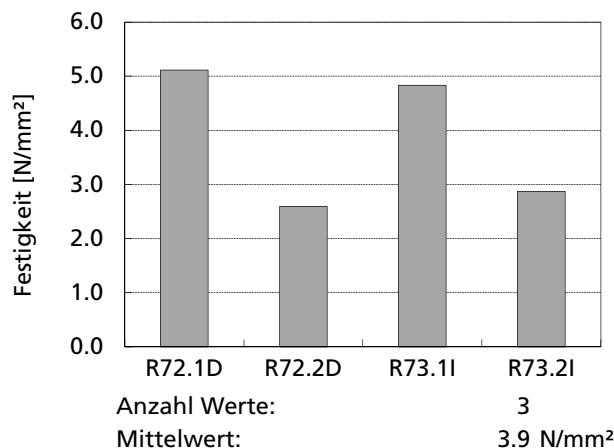
Prüfstelle	Fläche [mm²]	Bruchlast [kN]	Festigkeit [N/mm²]	Bruchtiefe [mm]	Schichtdicke [mm]	Bruchart/Bemerkungen
R72.1D	1956	> 10.00	> 5.10	-		Kein Bruch
R72.2D	1956	5.07	2.60	109-137		100 % A
R73.1I	1963	9.49	4.85	0-5		40 % y/A, 60 % A
R73.2I	1971	5.66	2.85	64-84		100 % A

**Prüfkörper**  
Prüfkleber  
Prüfschicht



**Schichten**  
Y Epoxidharzkleber  
A Konstruktionsbeton

**Brucharten**  
y/A Adhäsionsbruch Klebstoff/Schicht A  
A Kohäsionsbruch Schicht A  
A/B Adhäsionsbruch zwischen Schicht A und B  
B Kohäsionsbruch Schicht B  
B/C Adhäsionsbruch zwischen Schicht B und C



## Haftzugfestigkeit im Labor

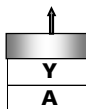
Grundlage: SN EN 1542:1999  
Tecnotest Prüfanweisung PA037/PC003

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25381

Bauteil:	Rückwand, Fahrtrichtung Luzern		
Prüfschicht:	Konstruktionsbeton		
Prüfkörper:	Bohrkern Ø ca. 50 mm aus Bauwerk		
Prüfdatum:	23.07.2018	Prüfstempel:	Ø 50 mm
Prüfvorbereitung:	Ablängen	Prüffläche:	Siehe unten
Klebstoff:	Epoxidharzkleber	Kraftsteigerung:	0,05 N/(mm² s)
Bemerkungen:	Keine		

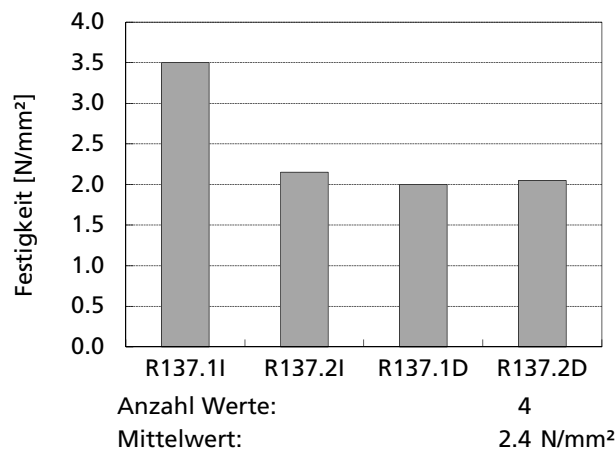
Prüfstelle	Fläche [mm²]	Bruchlast [kN]	Festigkeit [N/mm²]	Bruchtiefe [mm]	Schichtdicke [mm]	Bruchart/Bemerkungen
R137.1I	1971	6.86	3.50	74-78		100 % A
R137.2I	1963	4.22	2.15	25-33		100 % A
R137.1D	1971	3.95	2.00	83-92		100 % A
R137.2D	1979	4.07	2.05	25-54		100 % A

**Prüfkörper**  
Prüfkleber  
Prüfschicht



**Schichten**  
Epoxidharzkleber  
Konstruktionsbeton

**Brucharten**  
y/A Adhäsionsbruch Klebstoff/Schicht A  
A Kohäsionsbruch Schicht A  
A/B Adhäsionsbruch zwischen Schicht A und B  
B Kohäsionsbruch Schicht B  
B/C Adhäsionsbruch zwischen Schicht B und C



## Haftzugfestigkeit im Labor

Grundlage: SN EN 1542:1999  
Tecnotest Prüfanweisung PA037/PC003

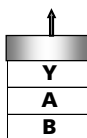
Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25381

Bauteil: Mittelwand, Fahrtrichtung Luzern  
Prüfschicht: MC Colorflex-Beschichtung und Konstruktionsbeton  
Prüfkörper: Bohrkern Ø ca. 50 mm aus Bauwerk  
Prüfdatum: 23.07.2018  
Prüfvorbereitung: Ablängen  
Klebstoff: Epoxidharzkleber  
Bemerkungen: Keine

Prüfstempel: Ø 50 mm  
Prüffläche: Siehe unten  
Kraftsteigerung: 0,05 N/(mm² s)

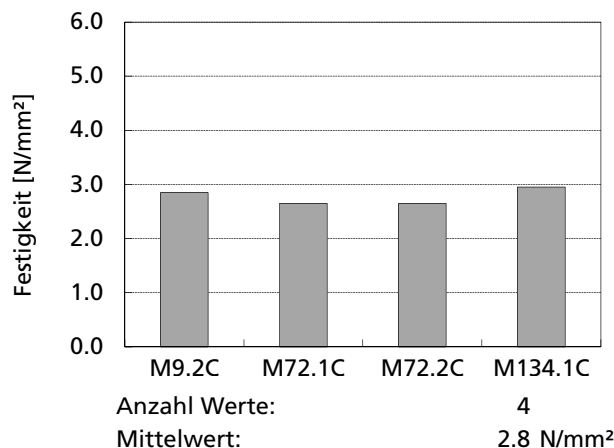
Prüfstelle	Fläche [mm²]	Bruchlast [kN]	Festigkeit [N/mm²]	Bruchtiefe [mm]	Schichtdicke [mm]	Bruchart/Bemerkungen
M9.2C	1956	5.61	2.85	68-75	3	100 % B
M72.1C	1956	5.16	2.65	4-7	2	100 % B
M72.2C	1963	5.23	2.65	3-8	2	100 % B
M134.1C	1995	5.87	2.95	42-51	3	100 % B

**Prüfkörper**  
Prüfkleber  
Prüfschicht  
Prüfschicht



**Schichten**  
Y Epoxidharzkleber  
A MC Colorflex-Beschichtung  
B Konstruktionsbeton

**Brucharten**  
y/A Adhäsionsbruch Klebstoff/Schicht A  
A Kohäsionsbruch Schicht A  
A/B Adhäsionsbruch zwischen Schicht A und B  
B Kohäsionsbruch Schicht B  
B/C Adhäsionsbruch zwischen Schicht B und C



## Haftzugfestigkeit im Labor

Grundlage: SN EN 1542:1999  
Tecnotest Prüfanweisung PA037/PC003

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25381

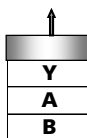
Bauteil: Mittelwand, Fahrtrichtung Luzern  
Prüfschicht: Zentrifix-Beschichtung und Konstruktionsbeton  
Prüfkörper: Bohrkern Ø ca. 50 mm aus Bauwerk  
Prüfdatum: 23.07.2018  
Prüfvorbereitung: Ablängen  
Klebstoff: Epoxidharzkleber  
Bemerkungen: Bohrkern M134.2Z: Ohne Zentrifix-Beschichtung geprüft.

Prüfstempel: Ø 50 mm  
Prüffläche: Siehe unten  
Kraftsteigerung: 0,05 N/(mm² s)

Prüfstelle	Fläche [mm²]	Bruchlast [kN]	Festigkeit [N/mm²]	Bruchtiefe [mm]	Schichtdicke [mm]	Bruchart/Bemerkungen
M9.1Z	1924	6.09	3.15	3-4	3	80 % A/B, 20 % B
M9.2Z	1940	3.62	1.85	3-5	3	80 % A/B, 20 % B
M10.1Z	1956	2.16	1.10	1-2	2	80 % A, 20 % A/B
M72.1Z	1963	3.47	1.75	3-7	3	70 % A/B, 30 % B
M134.1Z	1979	4.50	2.25	3	3	100 % A/B
M134.2Z	1979	7.41	3.75	80-85	-	100 % B

### Prüfkörper

Prüfkleber  
Prüfschicht  
Prüfschicht

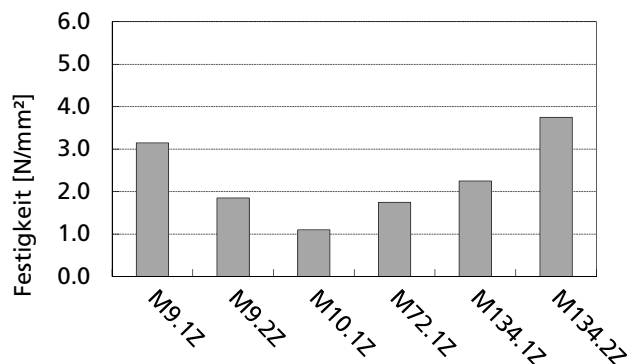


### Schichten

Epoxidharzkleber  
Zentrifix-Beschichtung  
Konstruktionsbeton

### Brucharten

y/A Adhäsionsbruch Klebstoff/Schicht A  
A Kohäsionsbruch Schicht A  
A/B Adhäsionsbruch zwischen Schicht A und B  
B Kohäsionsbruch Schicht B  
B/C Adhäsionsbruch zwischen Schicht B und C



Anzahl Werte: 6  
Mittelwert: 2.3 N/mm²  
Standardabweichung: 0.97 N/mm²  
Standardabw. in %: 41.9 %

## Haftzugfestigkeit im Labor

Grundlage: SN EN 1542:1999  
Tecnotest Prüfanweisung PA037/PC003

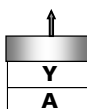
Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25381

Bauteil: Fliessspurbereiche, Querträger/Rückwand der Stützmauer, Fahrtricht. Luzern  
Prüfschicht: Konstruktionsbeton  
Prüfkörper: Bohrkern Ø ca. 50 mm aus Bauwerk  
Prüfdatum: 23.07.2018  
Prüfvorbereitung: Ablängen  
Klebstoff: Epoxidharzkleber  
Bemerkungen: "QT63": Rückwand der Stützmauer bei Querträger

Prüfstempel: Ø 50 mm  
Prüffläche: Siehe unten  
Kraftsteigerung: 0,05 N/(mm<sup>2</sup> s)

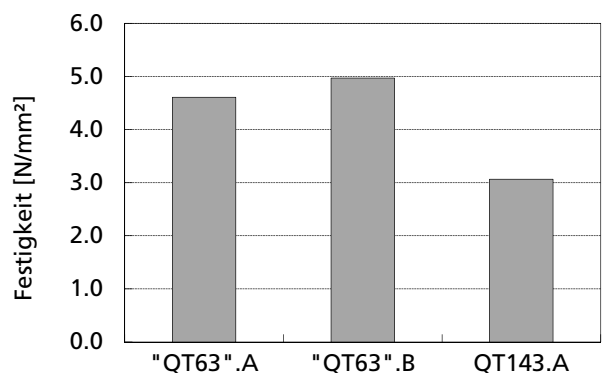
Prüfstelle	Fläche [mm <sup>2</sup> ]	Bruchlast [kN]	Festigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	Bruchtiefe [mm]	Schichtdicke [mm]	Bruchart/Bemerkungen
"QT63".A	2003	9.24	4.60	6-28		100 % A
"QT63".B	2011	> 10.00	> 4.95	-		Kein Bruch
QT143.A	1924	5.90	3.05	60-83		100 % A

**Prüfkörper**  
Prüfkleber  
Prüfschicht



**Schichten**  
Epoxidharzkleber  
Konstruktionsbeton

**Brucharten**  
y/A Adhäsionsbruch Klebstoff/Schicht A  
A Kohäsionsbruch Schicht A  
A/B Adhäsionsbruch zwischen Schicht A und B  
B Kohäsionsbruch Schicht B  
B/C Adhäsionsbruch zwischen Schicht B und C



Anzahl Werte:  
Mittelwert:

2  
4.2 N/mm<sup>2</sup>



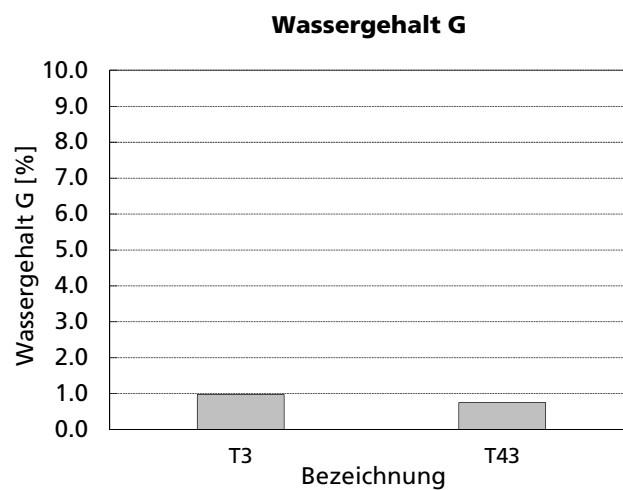
## Wassergehalt

Grundlage: SN EN ISO 12570:2000  
Tecnotest Prüfanweisung PC033

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25383

Bauteil: Träger, Anprallseite  
Entnahme Bauwerk: 03.07.2018  
Trocknungsbeding.: 50 °C bis zur Massenkonzanz  
Prüfkörper: Handstücke aus Bauwerk  
Verpackung Anlief.: PE-Beutel  
Prüfbeginn: 03.07.2018  
Wassergehalt G: Gehalt in Masse-%  
Wassergehalt V: Gehalt in Volumen-%  
Bemerkungen: Keine

Bezeichnung	Tiefe [mm]	Rohdichte [kg/m³]	Wassergehalt G [%]	Wassergehalt V [%]	Bemerkungen
T3			0.98		
T43			0.75		



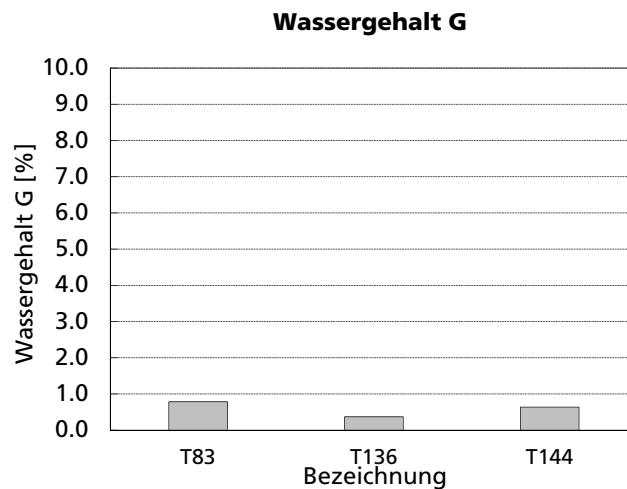
## Wassergehalt

Grundlage: SN EN ISO 12570:2000  
Tecnotest Prüfanweisung PC033

Ergebnisblatt  
Auftrag: D3421  
Wareneingang: 25383

Bauteil: Träger, Anprallseite; Deckenunterseite; Fahrtrichtung Luzern  
Entnahme Bauwerk: 04.07.2018  
Trocknungsbeding.: 50 °C bis zur Massenkonzanz  
Prüfkörper: Handstücke aus Bauwerk  
Verpackung Anlief.: PE-Beutel  
Prüfbeginn: 03.07.2018  
Wassergehalt G: Gehalt in Masse-%  
Wassergehalt V: Gehalt in Volumen-%  
Bemerkungen: T83 und T136: Deckenunterseite; T144: Träger

Bezeichnung	Tiefe [mm]	Rohdichte [kg/m³]	Wassergehalt G [%]	Wassergehalt V [%]	Bemerkungen
T83			0.78		
T136			0.37		
T144			0.64		



## Mikroskopische Untersuchung

Grundlage: Tecnotest Prüfanweisung PC014

Ergebnisblatt  
Auftrag D3421

Bauteil: Querträger auf Riss  
Prüfdatum: 03.09.2018

Bezeichnung	QT130.A
<b>Lage</b>	0 bis 50 mm Tiefe
<b>Aufbau/Gefüge</b>	Keine
<b>Bindemittel</b>	Zementös
a) Umhüllung	Vollständig
b) Hydratationsgrad	Hoch (ca. 0,95)
c) Karbonatisierungstiefe	22 bis 28 mm
<b>Kapillarporosität</b>	Mittel
Ungleichmässigkeit	Generell gering bis mittel, bereichsweise mittel bis hoch
<b>Poren</b>	
a) Kugelporen	Wenige
b) Lunker	Wenige
c) Porenagglomerate	Keine
d) Wasserporen	Keine
<b>Störungen im Verbund Gestein und Bindemittel</b>	
a) erhöhte Kapillarporosität	Wenige Bereiche mit erhöhter Kapillarporosität
b) Hohlräume	Wenige
<b>Gestein</b>	Grösstkorn im Dünnschliff 13 mm
a) Kornformen	Kubisch gerundet von 0,1 bis 13 mm Grösse, vereinzelt plattige Gesteinskörner
b) Sieblinie	Hoher Anteil 0 bis 1 mm
c) Gesteinsart	20 % karbonatisch, 80 % silikatisch, wenig Glimmer
<b>Risse</b>	Kornrundender Hauptriss senkrecht zur Oberfläche, wenige nicht orientierte meist korn-rundende Risse

Bemerkungen: Keine

## Fotodokumentation Mikroskopie

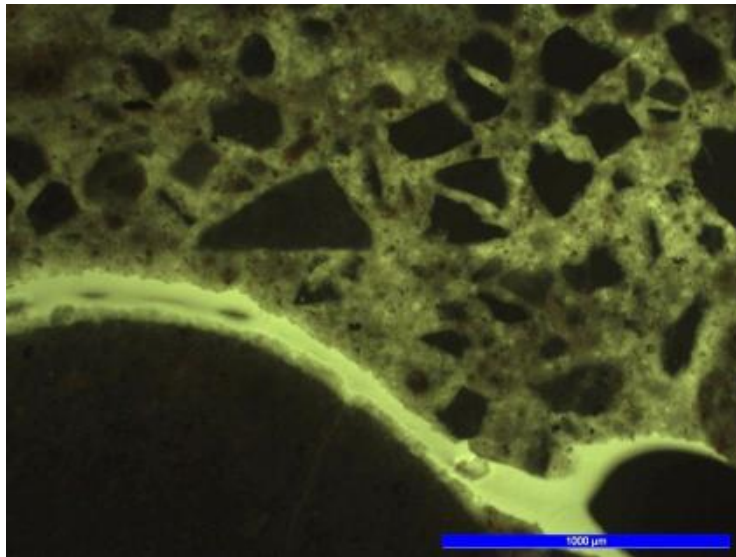


Bild 1

Dünnschliff vom Bohrkern M130.A im ultravioletten Durchlicht: Der Hauptriss in der Zementsteinmatrix verläuft vorwiegend kornrundend.

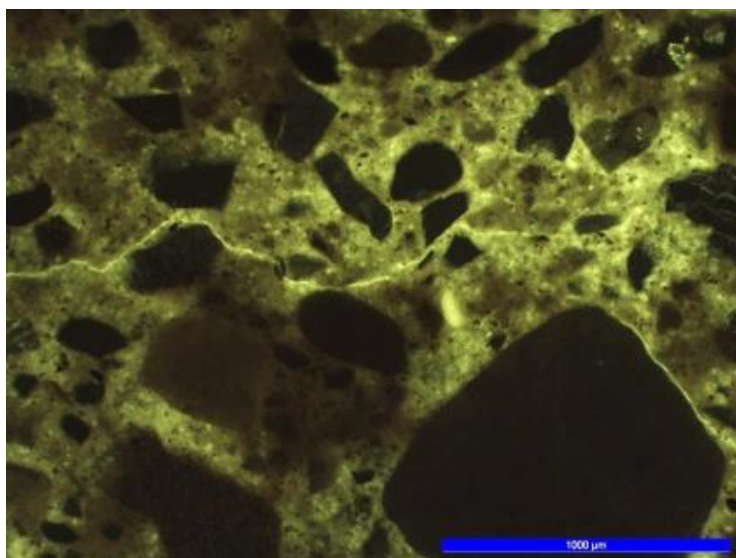


Bild 2

Dünnschliff vom Bohrkern M130.A im ultravioletten Durchlicht: Nicht orientierte kornrundende Risse in der Zementsteinmatrix.

## Fotodokumentation Mikroskopie

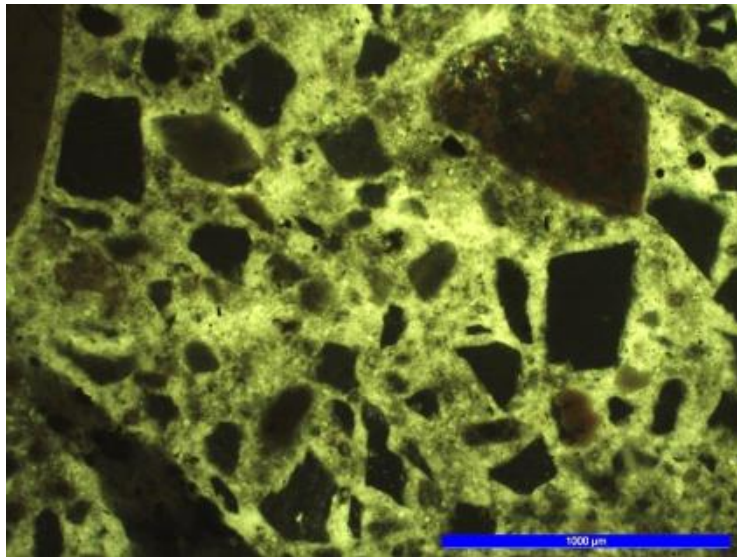


Bild 3

Dünnschliff vom Bohrkern M130.A im ultravioletten Durchlicht: Mittlere Kapillarporosität mit wenigen Unregelmässigkeiten.

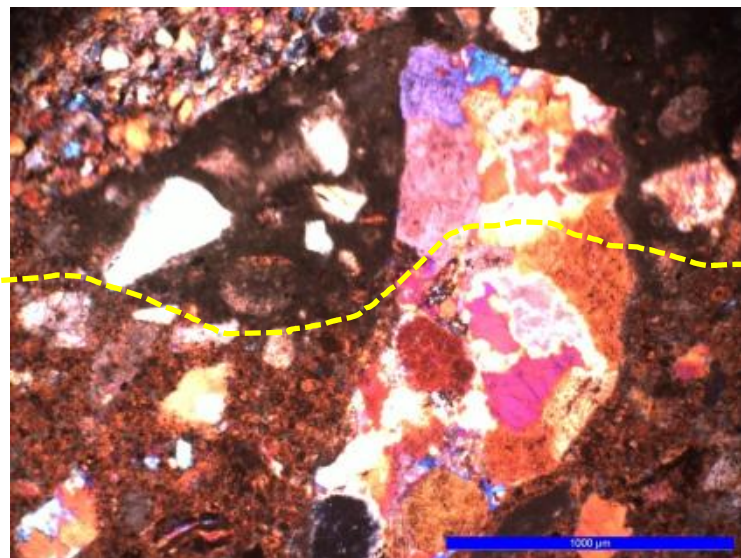


Bild 4

Dünnschliff vom Bohrkern M130.A im polarisierten Durchlicht: Karbonatisierungsfront in der Zementsteinmatrix.

## Fotodokumentation



Bild 1 Bohrkerne aus der Mittelwand mit MC Colorflex-Beschichtung.



Bild 2 Bohrkerne aus der Mittelwand mit Zentrifix-Beschichtung.



## Fotodokumentation



Bild 3 Bohrkerne aus der Rückwand der Stützmauer mit intakter (I) und defekter (D) Beschichtung.



Bild 4 Bohrkerne aus der Rückwand der Stützmauer mit intakter (I) und defekter (D) Beschichtung.



## Fotodokumentation



Bild 5 Bohrkerne aus der Rückwand der Stützmauer mit intakter (I) und defekter (D) Beschichtung.



Bild 6 Ansicht der Oberfläche der lokal intakten (I) und defekten (D) Beschichtungen.

## Fotodokumentation



Bild 7 Bohrkerne aus der Deckenunterseite.



Bild 8 Bohrkerne QT130.A und QT131.A welche aus den Querträgern in Rissbereichen entnommen wurden.

## Fotodokumentation



Bild 9 Die Bohrkern R63.A und R63.B wurden in resp. direkt neben einer Fliessspur für Chloridanalysen entnommen.