

Prüf- und Beurteilungsbericht

D3050

Auftraggeber	Bundesamt für Strassen (ASTRA) Filiale Zofingen 4800 Zofingen
Auftrag erteilt durch	A. Aegerter & Dr. O. Bosshardt AG 4002 Basel
Bauwerk/Bauteil	4.506.1 Tunnel Schweizerhalle
Gegenstand/Zweck	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	11
	8. Prüfungen im Labor	11
Beurteilungsbericht	9. Grundlagen	15
	10. Beurteilungen - Materialeigenschaften Beton	15
	11. Beurteilungen - Träger	19
	12. Beurteilungen - Deckenunterseite	27
Anhang	1 Plangrundlagen	1-2
	2 Bauwerksuntersuchungen	1-13
	3 Statistische Auswertung der Potenzialmessungen	1-3
	4 Stat. Auswertung der Betondeckungsmessungen	1-2
	5 Fotodokumentation	1-29
	6 Laborergebnisse	1-25
	7 Präsentation	1-21

Sachbearbeiter Matthias Wagner

Auftrag vom 06.10.2016
Berichtsdatum 10.04.2017

Der Bericht enthält 28 Seiten und 95 Seiten Anhang.
Ohne schriftliche Genehmigung der Tecnotest AG darf der vorliegende Bericht nicht auszugsweise veröffentlicht werden.

Prüfbericht**D3050**

Auftraggeber	Bundesamt für Strassen (ASTRA) Filiale Zofingen 4800 Zofingen
Auftrag erteilt durch	A. Aegerter & Dr. O. Bosshardt AG 4002 Basel
Bauwerk/Bauteil	4.506.1 Tunnel Schweizerhalle
Gegenstand/Zweck	Materialtechnologische Zustandsuntersuchungen

Auftrag vom 06.10.2016
Berichtsdatum 10.04.2017

1. AUFTRAG

Herr Vollmer vom Bundesamt für Strassen (ASTRA), vertreten durch Herrn Falzone von der A. Aegerter & Dr. O. Bosshardt AG, Basel, beauftragte am 8. November 2016 die Tecnotest AG mit materialtechnologischen Zustandsuntersuchungen und Prüfungen am Objekt 4.506.1 Tunnel Schweizerhalle in Basel. Gemäss Auftrag und vorgängigen Besprechungen soll der Zustand der Träger und der Deckenunterseite des Tunnels stichprobenartig untersucht werden.

Das Untersuchungskonzept wurde von Herrn Falzone vorgegeben und in einer Sitzung am 26. September 2016 mit den Herren Rancati und Wagner der Tecnotest AG besprochen und modifiziert.

An insgesamt 9 ausgewählten Trägern und 2 Deckenelementen wurden materialtechnologische Zustandsuntersuchungen in Form von Potenzialmessungen, Betondeckungsmessung der Bewehrung, Rückprallhammerprüfungen, Bewehrungs- sowie Vorspannungs Sondierungen und Probenahmen für Laborprüfungen durchgeführt.

2. UNTERLAGEN

Für die Untersuchungen standen die folgenden Unterlagen zur Verfügung:

- 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. Bosshardt 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 / SITZUNG

Am 10. Oktober 2016, zu Beginn der Untersuchungen, fand ein Augenschein mit folgenden Personen statt:

- Herr Vollmer, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Zofingen
- Herr Falzone, A. Aegerter & Dr. O. Bosshardt AG, Basel
- Herren Rancati und Wagner, Tecnotest AG, Rüschlikon

Die Untersuchungsbereiche wurden definitiv festgelegt. Es wurden sowohl Träger mit visuellen Schädigungen, als auch Träger ohne visuelle Schädigungen untersucht.

Am 23. März 2017 wurden der vorliegende Bericht in einer Sitzung mit den Herren Vollmer (ASTRA), Meyer (ASTRA), Falzone (A. Aegerter & Dr. O. Bosshardt AG), Rancati und Wagner (Tecnotest AG) besprochen. Die vorgeführte Präsentation ist im Anhang 7 angefügt.

4. ANGABEN

Bis auf die angegebenen Unterlagen lagen keine weiteren Angaben vor.

5. FESTSTELLUNGEN

An den Trägerunterkanten waren häufig Abplatzungen mit freiliegenden Bewehrungen und Vorspannungen sichtbar. Die Abplatzungen traten gehäuft der in Fahrtrichtung zugewandten Seite der Träger auf. Die Betonoberfläche der Träger und der Deckenunterseite war mit einer Russpartikelschicht bedeckt. Bei der Benetzung der Betonoberfläche für die Potenzialmessung war ein Wasserperleffekt an der Betonoberfläche zu erkennen.

6. PRÜFUNGEN AM BAUWERK

6.1. Einsätze

Die Prüfungen am Bauwerk wurden durch Mitarbeiter der Tecnotest AG in den folgenden Nächten durchgeführt:

Tätigkeit	Datum	Witterung	Prüfer
Prüfungen und Probenahmen	10.10.2016 / 11.10.2016	überdeckt	Wagner, Müller, Baumann und Hess, z.T. Rancati
Prüfungen und Probenahmen	11.10.2016 / 12.10.2016	überdeckt	Wagner, Müller, Baumann und Hess
Prüfungen und Probenahmen	07.11.2016 / 08.11.2016	überdeckt	Wagner, Müller, Baumann und Leitner
Prüfungen und Probenahmen	08.11.2016 / 09.11.2016	überdeckt	Wagner, Müller, Baumann und Leitner

6.2. Prüfverfahren

Potenzialmessung

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

Allgemeines

Der Messraster der Potenzialmessungen in den kleinen Messbereichen an den Trägern betrug 0,25 m x 0,25 m. In den grossen Messbereichen und an den Deckenunterseiten betrug der Messraster 0,50 m x 0,25 m. Die Messungen wurden mit der 1-Radelektrode durchgeführt. 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.

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 Bewehrungsseile 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 Querschnittsvermindernungen. Die Querschnittsverminderung (QV) wird in % des ursprünglichen Gesamtquerschnitts angegeben. Metallische Hüllrohre von Spanngliedern sind vollständig durch- oder wegkorrodiert.

Oberflächendruckfestigkeit Rückprallhammer

SIA 269/2 SN EN 12504-2, Tecnotest Prüfanweisung PD053, akkreditierte Prüfung

Die Prüfstelle soll eine Fläche von etwa 300 x 300 mm und keine Anstriche oder Putze aufweisen. Die Schlagstellen wurden gleichmässig auf die Prüffläche verteilt. Erkennbare grobe Gesteinskörner und Fehlstellen wie Kiesnester, Lunker oder Stahleinlagen sind zu meiden. Die Schläge sollen mindestens 25 mm von Kanten entfernt liegen und einen Mittenabstand von wenigstens 25 mm aufweisen. Pro Prüffläche sind mindestens 9 Einzelwerte zu bestimmen (immer eine ungerade Zahl). Als Ergebnis gilt der Medianwert aller Ablesungen. Wenn mehr als 20 % aller Ablesungen um mehr als 30 % vom Median abweichen, ist die gesamte Ablesungsreihe zu verwerfen.

Die Bestimmung der Druckfestigkeit mit Hilfe des Rückprallhammers wurde entwickelt, um die Festigkeitszunahme von jungem Beton zu ermitteln. Die mit dem Rückprallhammer ermittelten Druckfestigkeiten bei älteren Betonen sind zu interpretieren, da eine Vielzahl von Faktoren das Ergebnis beeinflussen.

Radar-Bilder mit Hilti PS1000 X-Scan

Tecnotest Prüfanweisung PD071, nicht akkreditierte Prüfung

Mit Hilfe dieses Gerätes mit Radartechnologie konnten die Bewehrungslagen mit Liniemessungen bis in eine Tiefe von etwa 200 mm lokalisiert werden.

6.3. Prüfergebnisse

Die Prüfergebnisse der Bauwerksuntersuchungen befinden sich in den Anhängen 2 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 im Anhang 2 eingezeichnet.

Sondierstelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonatisierungstiefe Beton	Durchmesser Bew.	Korrosionsgrad Bew.	Bem.
Träger Nr. 7, FBLU (FBLU = Fahrbahn Richtung Luzern)					
7.1	64 mm	2-5 mm	18 mm	KG 0	Bügel
7.2	49 mm	1-3 mm	18 mm	KG 0	Bügel
7.3	54 mm	3-30 mm	12 mm	KG 0	Bügel, kiesnestartig
7.4	-	5-12 mm	-	-	
7.5	-	4-6 mm	-	-	

Sondier- stelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonatisie- rungstiefe Beton	Durchmes- ser Bew.	Korrosions- grad Bew.	Bem.
Träger Nr. 66, FBLU					
66.1	29 mm	9-42 mm	18 mm	KG 4, QV 6 % (Vorspannung 3 Spanndrähte KG 3)	Hohlstelle
66.2	22 mm 70 mm	66-84 mm	18 mm 24 mm	KG 3 KG 4, QV 6 %	Bügel, Ab- platzung Längsbew.
66.3	60 mm	12-25 mm	18 mm	KG 0	Bügel
66.5	-	12-20 mm	-	-	
Träger Nr. 88, FBLU					
88.1	-	16-23 mm	-	-	
88.2	53 mm	14-24 mm	18 mm	KG 0	
88.3	38 mm	7-22 mm	18 mm	KG 1	Bügel
88.4	38 mm	12-23 mm	18 mm	KG 1	
88.5	-	7-10 mm	-	-	
Träger Nr. 122, FBLU					
122.2	30 mm	7-11 mm	20 mm	KG 4, QV 10 %	Abplatzung
122.3	-	4-9 mm	-	-	
122.4	46 mm	14-18 mm	20 mm	KG 0	
122.5	-	8-16 mm	-	-	
122.6	47 mm	6-11 mm	20 mm	KG 0	
Träger Nr. 63, FBLU					
63.1	42 mm	9-12 mm	22 mm	KG 1	BD der Vor- spannung ca. 100 mm
63.2	46 mm 52 mm 19 mm	8-12 mm	22 mm 22 mm 10 mm	KG 3 KG 3 KG 3	Abplatzung, Nähe Hohl- stelle
63.4	42 mm	12-28 mm	18 mm	KG 0	
63.6	20 mm	> 45 mm	18 mm	KG 4, QV 7 %	Abplatzung
63.7	21 mm	9-30 mm	12 mm	KG 2	
63.8	-	3-6 mm	-	-	
63.9	-	3-4 mm	-	-	
Träger Nr. 26, FBBS (FBBS = Fahrbahn Richtung Basel)					
26.1	39 mm	38-50 mm	18 mm	KG 4, QV 6 %	Abplatzung
26.2	38 mm	12-28 mm	18 mm	KG 3	Abplatzung
26.3	38 mm	20-31 mm	18 mm	KG 1	
26.4	-	19-23 mm	-	-	
26.5	-	12-19 mm	-	-	

Sondier- stelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonatisie- rungstiefe Beton	Durchmes- ser Bew.	Korrosions- grad Bew.	Bem.
Träger Nr. 58, FBBS					
58.2	29 mm 67 mm	12-32 mm	10 mm 22 mm	KG 4, QV 6 % KG 1	Hohlstelle
58.3	36 mm	13-36 mm	10 mm	KG 3	Nähe Hohl- stelle
58.4	51 mm 20 mm (Montageeisen)	6-22 mm	18 mm	KG 0 KG 3	Hüllrohr blank
58.5	70 mm	5-16 mm	-	-	
58.6	-	4-25 mm	-	-	
58.7	-	20-22 mm	-	-	
Träger Nr. 101, FBBS					
101.1	37 mm	34-50 mm	18 mm	KG 3	Gering kies- nestartig
101.2	50 mm	2-19 mm	18 mm	KG 1	Nähe Hohl- stelle
101.3	-	1-14 mm	-	-	
101.4	-	5-16 mm	-	-	
101.5	-	16-26 mm	-	-	
Träger Nr. 125, FBBS					
125.1	39 mm 45 mm 74 mm	7-29 mm	18 mm 30 mm 22 mm	KG 4, QV 20 % - KG 4, QV 10 %	Abplatzung, Vorspan- nung freilie- gend (BD ca. 60 mm)
125.2	-	3-7 mm	-	-	
125.3	52 mm	22-24 mm	10 mm	KG 1	Riss, Vor- spannung BD ca. 100 mm
125.4	-	9-15 mm	-	-	
125.5	45 mm	5-15 mm	18 mm	KG 0	
125.6	-	5-12 mm	-	-	
125.7	50 mm	16-25 mm	18 mm	KG 0	
Deckenunterseite zwischen Träger 62 und 63, FBLU					
63.D1	30 mm	5-13 mm	26 mm	KG 1	
63.D2	30 mm	15-34 mm	26 mm	KG 3	
Deckenunterseite zwischen Träger 125 und 126, FBBS					
125.D1	32 mm	8-23 mm	24 mm	KG 0	
125.D2	3 mm	4-10 mm	24 mm	KG 3	
125.D3	34 mm	4-12 mm	24 mm	KG 0	

Betondeckungsmessungen

Es wurden Betondeckungsmessungen in Form von Messlinien durchgeführt. Die Messlinien wurden senkrecht zur äusseren Bewehrungslage angelegt. Die Messwerte sind im Anhang 2 dargestellt; die statistischen Auswertungen befinden sich im Anhang 4.

Ort/Lage	Anzahl Werte	Mittelwert	Standardabw.	Messwerte ≤ 30 mm	Messwerte ≤ 40 mm
Träger	726	51 mm	15 mm	8 %	48 %
Deckenunterseite	149	39 mm	15 mm	25 %	88 %

Rückprallhammer

Die Resultate der Rückprallhammerprüfungen sind zur besseren Übersicht bei den Beurteilungen der Druckfestigkeit (Kapitel 10.1) aufgeführt. Die Probenahmestellen sind im Anhang 2 eingezeichnet.

Stahltyp Bewehrungsseisen

Anhand des Rippenbildes wurden die Stahltypen bestmöglich bestimmt. Die Resultate sind in der Fotodokumentation im Anhang 5 ersichtlich.

6.4. Bewertung

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. PROBENAHE UND PROBEN

7.1. Probenahme

Bohrmehlentnahme am Bauwerk

SIA 162/2, Tecnotest Prüfanweisung PD052, nicht akkreditierte Prüfung

Für Chloridgehaltsbestimmungen im Labor wurden Bohrmehlentnahmen mit einem Mörserbohrer \varnothing 45..50 mm in den Tiefenstufen 0-10/10-20/20-30/30-40/40-50 mm mit integrierter Absauganlage durchgeführt.

Bohrkernentnahme am Bauwerk

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

Der Durchmesser der entnommenen Bohrkern 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
18 Bohrkern \varnothing ca. 50 mm	offen	12.10.2016	23053
54 Bohrmehlproben, div. Injektionsgutproben, 2 Spitzproben	offen, Beutel	09.11.2016	23184

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 Spitzproben wurden 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 \varnothing 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/mm²s.

Haftzugfestigkeit im Labor

SN EN 1542, Tecnotest Prüfanweisung PC003, akkreditierte Prüfung

Für die Zugprüfungen wurden die Bohrkerne senkrecht zur Mantelfläche abgelängt. Auf die Oberflächen und auf die Unterseiten der Bohrkerne wurden Zugrondellen mit Acrylsäurekleber/Epoxidharzkleber aufgebracht. Die Prüfung erfolgte mit einer Belastungsgeschwindigkeit von 0,05 N/mm²s bis zum Bruch.

Wasseraufnahme

SN EN 1062-3 (Beton), Tecnotest Prüfanweisung PC031, akkreditierte Prüfung

Die Prüfkörper wurden auf 50 mm abgelängt und 24 Stunden bei 50 °C im Ofen getrocknet. Danach folgte für weitere 24 Stunden eine Konditionierung im Laborklima. In dieser Zeit wurden die abgekühlten Prüfkörper seitlich und auf der Rückseite mit Epoxidharz abgedichtet. Nach Ablauf der 24 Stunden Konditionierung im Laborklima erfolgten die Nullwägung und das Tauchen der Prüfkörper mit der Prüffläche nach unten 5-10 mm tief in Wasser. Zur Bestimmung der Wasseraufnahme fanden Wägungen der Prüfkörper nach 10 Min., 30 Min., 1 Std., 2 Std., 3 Std., 6 Std. und 24 Std. statt.

Porosität

SIA 162/1, Prüfung Nr. 7 (ungültige Norm), Tecnotest Prüfanweisung PC004, nicht akkreditierte Prüfung

Die Kapillarporen wurden unter Normalatmosphäre mit Wasser gesättigt und die Prüfkörper über und unter Wasser gewogen. Anschliessend wurde eine Vakuumsättigung zur Ermittlung des Gesamtporengehaltes durchgeführt, die Prüfkörper wurden erneut gewogen. Es folgte die Trocknung bei 110 °C und eine weitere Wägung. Aus diesen Wägungen wurden die Trockenrohdichte (ρ_{R110}), das Kapillarporenvolumen (U_E) und das Gesamtporenvolumen (n) berechnet. Die Frostsicherheit FS kann berechnet werden.

8.2. Prüfergebnisse

Die Prüfergebnisse der Laboruntersuchungen befinden sich im Anhang 6.

8.3. Bewertung

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 Querschnittsver-

minderungen festgestellt. Wechselnd nass und trocken fördert in der Regel die Korrosion. Im Injektionsgut von Hüllrohren kann bereits ein Chloridgehalt ab etwa 0,02..0,04 M% korrosionskritisch für die Spanndrähte sein.

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, 10.04.2017



Sachbearbeiter

Matthias Wagner

Leiter Prüfstelle

Aldo Rancati

Beurteilungsbericht

D3050

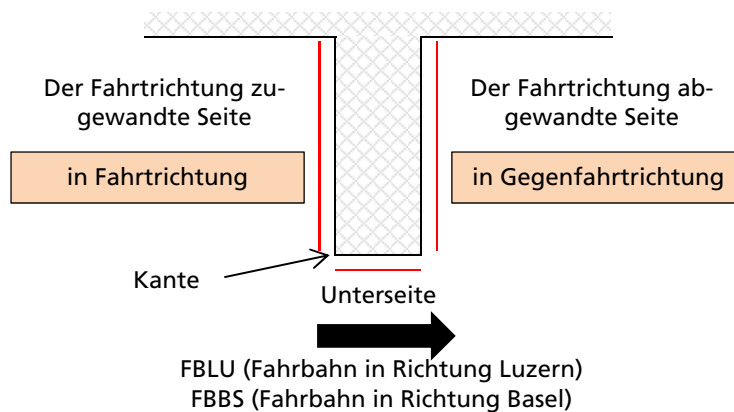
Auftraggeber	Bundesamt für Strassen (ASTRA) Filiale Zofingen 4800 Zofingen
Auftrag erteilt durch	A. Aegerter & Dr. O. Bosshardt AG 4002 Basel
Bauwerk/Bauteil	4.506.1 Tunnel Schweizerhalle
Gegenstand/Zweck	Materialtechnologische Zustandsuntersuchungen

Auftrag vom 06.10.2016
Berichtsdatum 10.04.2017

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.

In der nachfolgenden Grafik sind die im Bericht verwendeten Begriffe zur Bezeichnung der Probenahme- und Untersuchungsstellen erläuternd dargestellt:



10. BEURTEILUNGEN - MATERIALEIGENSCHAFTEN BETON

10.1. Druckfestigkeit

An den Trägern des Tunnels Schweizerhalle wurden zur Ermittlung der Druckfestigkeit des Betons Rückprallhammerprüfungen vor Ort und Druckfestigkeitsprüfungen an Bohrkernen mit Durchmesser 50 mm durchgeführt. Es wurden folgende Betondruckfestigkeiten ermittelt:

Druckfestigkeit aus Rückprallhammerprüfungen (Werte in N/mm²)

Träger	Fahrtr.	Träger Seite Basel	Träger Unterseite	Träger Seite Luzern	Mittelwert	Fahrtrichtung Mittelwert
Träger 26	FBBS	65	71	63	66	
Träger 58	FBBS	47	75	71	64	
Träger 101	FBBS	51	75	73	66	
Träger 125	FBBS	59	79	59	66	66
Träger 7	FBLU	65	82	63	70	
Träger 63	FBLU	55	75	67	66	
Träger 66	FBLU	75	84	59	73	
Träger 88	FBLU	53	75	45	58	
Träger 122	FBLU	77	70	57	68	67
Mittelwert		61	76	62	66	
Standardabw.		11	5	8	11	

Druckfestigkeit von Bohrkernen (Werte in N/mm²)

Träger	Fahrtr.	Träger	Träger	Träger	Mittelwert	Fahrtrichtung
		Seite Basel	Unterseite	Seite Luzern		Mittelwert
Träger 26	FBBS	48	-	86	67	
Träger 58	FBBS	54	-	46	50	
Träger 101	FBBS	70	-	80	75	
Träger 125	FBBS	104	-	79	92	71
Träger 7	FBLU	79	-	105	92	
Träger 63	FBLU	83	-	84	83	
Träger 66	FBLU	76	-	61	69	
Träger 88	FBLU	79	-	71	75	
Träger 122	FBLU	68	-	72	70	78
Mittelwert		73	-	76	75	
Standardabw.		16	-	17	16	

Mittels der Rückprallhammerprüfungen wurde an den Trägern eine mittlere Druckfestigkeit des Betons von 66 N/mm² gemessen. Die aus den Bohrkernen ermittelte mittlere Druckfestigkeit war mit 75 N/mm² rund 15 % höher als die Druckfestigkeit der Rückprallhammermessungen.

Eine Richtungsabhängigkeit der Betondruckfestigkeiten konnten bei beiden Methoden nicht festgestellt werden. Die Mittelwerte der Trägerseiten Basel und Luzern sind mit 61/62 N/mm² resp. 73/76 N/mm² beinahe identisch. Die mittels des Rückprallhammers ermittelten Messwerte an der Unterseite der Träger entsprechen den Messwerten der Druckfestigkeitsprüfungen an den Bohrkernen und sind gegenüber den Messungen an den Trägerseiten geringfügig erhöht. Diese höheren Messwerte sind möglicherweise auf die dichtere Bewehrung an der Unterseite und die geringere Dämpfung des Rückpralls zurückzuführen.

10.2. Oberflächenzugfestigkeit

An den Bohrkernen aus den Trägern wurden Oberflächenzugfestigkeitsprüfungen am Beton durchgeführt. Es wurden Werte zwischen 2,1 und > 5,2 N/mm² gemessen. In der folgenden Tabelle sind die Messwerte in N/mm² aufgelistet und nach Fahrtrichtung / Trägerseite ausgewertet.

Träger	Fahrtr.	Träger			Fahrtrichtung	
		Seite Basel	Unterseite	Seite Luzern	Mittelwert	Mittelwert
Träger 26	FBBS	2.35	-	3.65	3.00	
Träger 58	FBBS	3.35	-	3.00	3.18	
Träger 101	FBBS	4.35	-	2.10	3.23	
Träger 125	FBBS	> 5.20	-	3.50	4.35	
Mittelwert FBBS		3.81	-	3.06		3.44
Träger 7	FBLU	3.55	-	4.90	4.23	
Träger 63	FBLU	4.35	-	3.85	4.10	
Träger 66	FBLU	3.40	-	3.25	3.33	
Träger 88	FBLU	3.35	-	3.85	3.60	
Träger 122	FBLU	4.70	-	2.90	3.80	
Mittelwert FBBS		3.87	-	3.75		3.81
Mittelwert (gesamt)		3.84	-	3.44	3.64	
Standardabw.		0.87	-	0.78	0.83	

Die Messwerte der Oberflächenzugfestigkeit streuen mit einer Standardabweichung von 0,83 N/mm² relativ wenig. Eine Fahrtrichtungsabhängigkeit der Messwerte konnte nicht festgestellt werden.

Gemäss den Normen SN EN 1504-2:2004 und SN EN 1504-3:2005 gelten für die Oberflächenzugfestigkeiten an Aufbauten mit Beschichtungen und Reprofilierungen folgende Anforderungen:

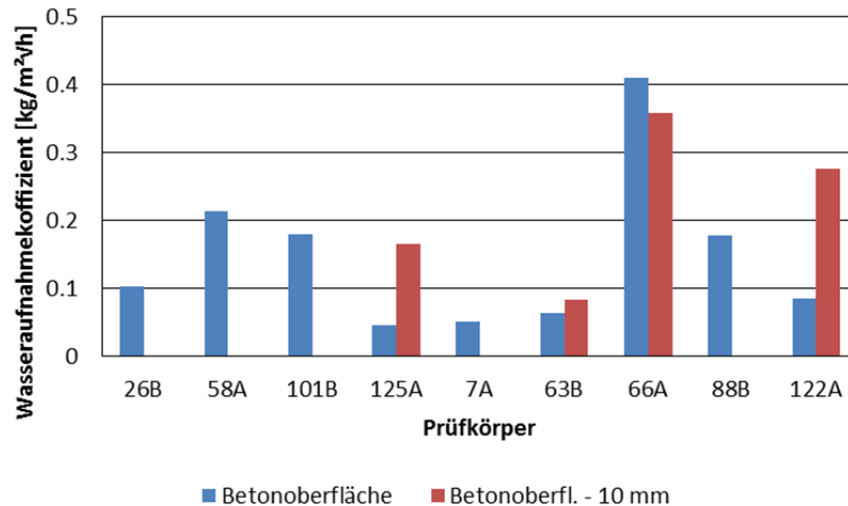
Baustoff		Minimalwert	Mittelwert
Beschichtung flexibel	Bauteil ohne Verkehrslast	≥ 0,5 N/mm ²	≥ 0,8 N/mm ²
Beschichtung starr	Bauteil ohne Verkehrslast	≥ 0,7 N/mm ²	≥ 1,0 N/mm ²
Reprofilierung	Bauteil statisch relevant (Klasse R3)	≥ 1,5 N/mm ²	-
Reprofilierung	Bauteil statisch nicht relevant (Klassen R1 und R2)	≥ 0,8 N/mm ^{2 1)}	-

¹⁾ bei Kohäsionsversagen: ≥ 0,5 N/mm²

Die gemessenen Oberflächenzugfestigkeiten genügen somit den Anforderungen an den Untergrund für Reprofilierungen und Beschichtungen der Bauteile.

10.3. Wasseraufnahme

An 9 Bohrkernen der Träger des Tunnels Schweizerhalle wurden die Wasseraufnahmekoeffizienten mittels Aufsaugversuch bestimmt. Die Einzelwerte der Proben ab Betonoberfläche und in einer Tiefenstufe von -10 mm sind in der nachfolgenden Grafik dargestellt.



Alle Prüfkörper erzielten sowohl an der Betonoberfläche als auch in der Tiefenstufe von -10 mm Wasseraufnahmekoeffizienten kleiner $0,5 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0.5}$, welche bauphysikalisch als wasserabweisend zu bezeichnen sind. Im Mittel wurde ein Wasseraufnahmekoeffizient von $0,17 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0.5}$ gemessen. Vier der fünf Prüfkörper erreichten sogar einen Wasseraufnahmekoeffizienten von kleiner $< 0,1 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0.5}$, welche gemäss der in der Norm SN EN 1504-2 festgelegten Anforderungen für Beschichtungen und Imprägnierungen entspricht.

Gemäss den Prüfergebnissen ist die Wasseraufnahme der Prüfkörper für einen Beton als sehr gering zu bewerten. Ein Konstruktionsbeton für Kunstbauten weist in der Regel ohne Beschichtung oder Hydrophobierung einen Wasseraufnahmekoeffizient von rund $0,5 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0.5}$. Möglicherweise wurde der Beton beim Ausbau von der Galerie zum Tunnel hydrophobiert oder die verminderte Wasseraufnahme ist aufgrund der starken Russablagerungen an der Betonoberfläche erfolgt.

10.4. Porosität

Die Porositätsuntersuchungen der Bohrkerns zeigen ein stark variierendes Betongefüge. Die Gesamtporosität der Betonprüfkörper liegt zwischen 9,1 und 14,5 %, wobei hauptsächlich die Kapillarporosität für die Schwankung verantwortlich ist. Bei der Kapillarporosität wurden Werte zwischen 8,2 und 12,8 % gemessen. Der Luftporengehalt hingegen ist mit Werten zwischen 0,7 und 1,8 % relativ konstant.

Die teils tiefen Werte der Kapillarporosität sind möglicherweise auf lokal geringe Zementgehalte – evtl. durch Kiesnester – zurückzuführen. Ein Beton mit 300 Kg/m^3 Zement weist in der Regel eine Kapillarporosität zwischen 10 und 12 % auf.

11. BEURTEILUNGEN - TRÄGER

11.1. Korrosionsgefährdung der schlaffen Bewehrung

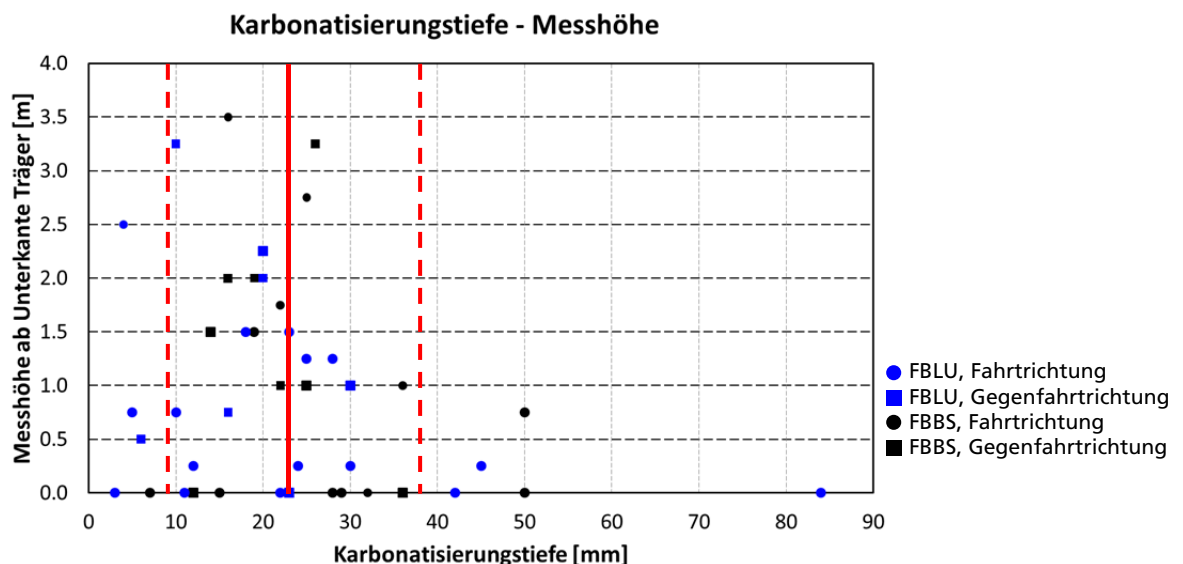
An den Trägern des Tunnels Schweizerhalle wurden in 7 kleinen Messbereichen à 2 m Breite und der gesamten Trägerhöhe und an 2 kompletten Trägern Potenzialmessungen, Betondeckungsmessungen der Bewehrungen und Sondierstellen durchgeführt sowie Bohrmehlproben für Chloridanalysen entnommen. Die Träger weisen im Bereich der Kanten an der Unterseite - meist auf der Seite in Fahrtrichtung gelegen - teilweise grosse Abplatzungen auf. Die Träger wurden gemäss Zustandserfassung der NSNW (siehe Kapitel 2 „Unterlagen“) folgendermassen eingestuft:

- keine Schäden Träger 7 (FBLU), Träger 88 (FBLU), Träger 101 (FBBS)
- kleine bis mittlere Schäden Träger 58 (FBBS), Träger 125 (FBBS)
- grosse Schäden Träger 26 (FBBS), Träger 63 (FBLU), Träger 66 (FBLU),
Träger 122 (FBLU)

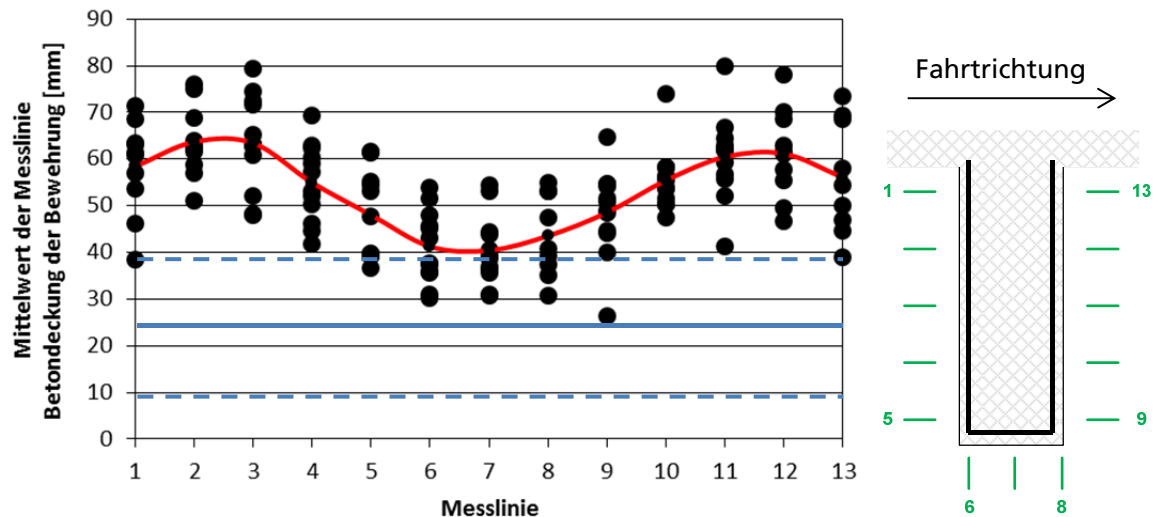
Betondeckung der Bewehrung - Karbonatisierungstiefe - Korrosionsgrad

Die Auswertungen der Betondeckungsmessungen der Bewehrungen ergaben einen Mittelwert von 51 mm mit einer Standardabweichung von 15 mm. Bei ca. 8 % der Messwerte wurden Betondeckungen unter 30 mm ermittelt und bei 25 % unter 40 mm. In den Planunterlagen ist eine Betondeckung der Bewehrung von 40 mm angegeben. An den verschiedenen Messstellen wurden Karbonatisierungstiefen zwischen 3 und 84 mm gemessen. Die mittlere Karbonatisierungstiefe beträgt 15 mm mit einer Standardabweichung von 16 mm.

In der nachfolgenden Grafik ist die Messhöhe der Karbonatisierungstiefe (Messhöhe 0 m = Trägerunterseite oder Trägerkante) der gemessenen Karbonatisierungstiefe gegenüber gestellt. Mit den roten Linien sind der Mittelwert und die Standardabweichungen dargestellt. Einen deutlichen Zusammenhang der Messhöhe und der Karbonatisierung ist nicht zu erkennen. Auffallend ist jedoch die relativ hohe Streuung der Karbonatisierungstiefen auf der Messhöhe 0,0 m. Diese Messwerte dürften stark durch die vorhandenen Abplatzungen und Kiesnester beeinflusst worden sein.

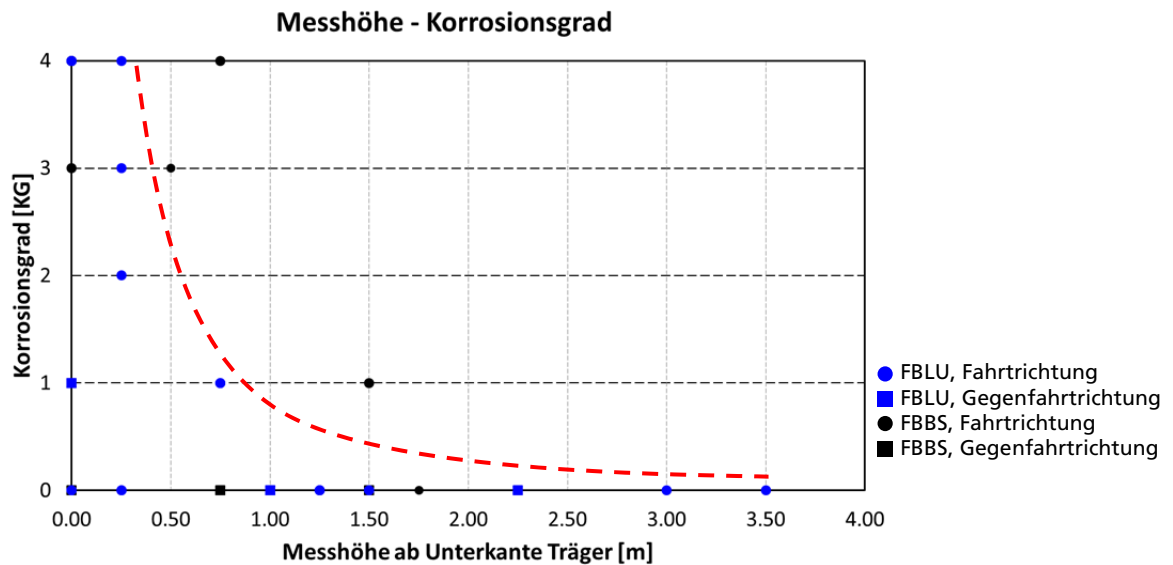


Im nachfolgenden Diagramm sind die Mittelwerte der Betondeckungsmesslinien entsprechend der Bauteilhöhe und der Mittelwert der Betondeckung der Bewehrung der entsprechenden Messlinien (rot) dargestellt. Mit den blauen Linien sind zudem die mittlere Karbonatisierungstiefe sowie die Standardabweichung der gemessenen Karbonatisierungstiefen (gestrichelt) eingetragen.

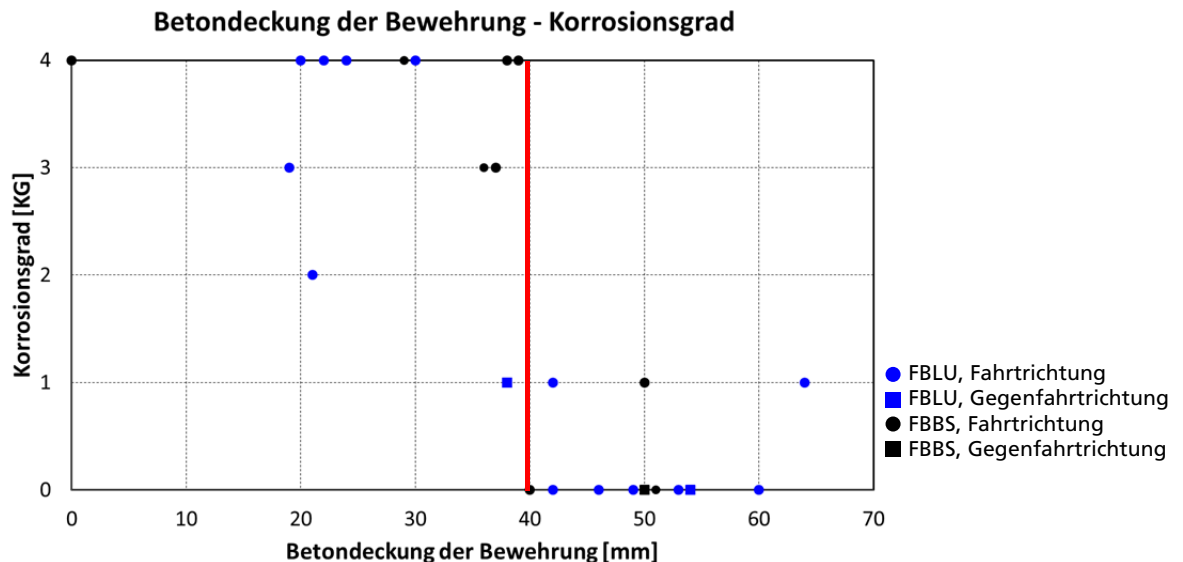


Aus der Grafik wird ersichtlich, dass die Betondeckung der Bewehrung an der Unterseite der Träger resp. in den untersten Messlinien am Träger an geringsten sind. Die mittlere Betondeckung der Bewehrung pro Messlinie nimmt bis zur Mitte der Träger deutlich zu und unterhalb der Deckenplatte wieder geringfügig ab.

Korrosion der Bewehrungen infolge Karbonatisierung des Betons kann in den oberen Bereichen der Träger (Messlinien 1-4 und 10-13) mehrheitlich ausgeschlossen werden. Die gemessenen Karbonatisierungstiefen liegen deutlich unterhalb der gemessenen Betondeckungen der Bewehrungen. An der Unterseite sowie an den Kanten der Träger ist jedoch Korrosion infolge der Karbonatisierung des Betons bei lokal gering überdeckten Bewehrungen möglich. Die nachfolgende Auswertung der Sondierstellen bezüglich der ermittelten Korrosionsgrade der Bewehrungen bestätigt die Einschätzung der Korrosionsgefährdung infolge Karbonatisierung des Betons, obwohl die Korrosion grundsätzlich massgebend durch die vorhandenen Chloride ausgelöst wurde.



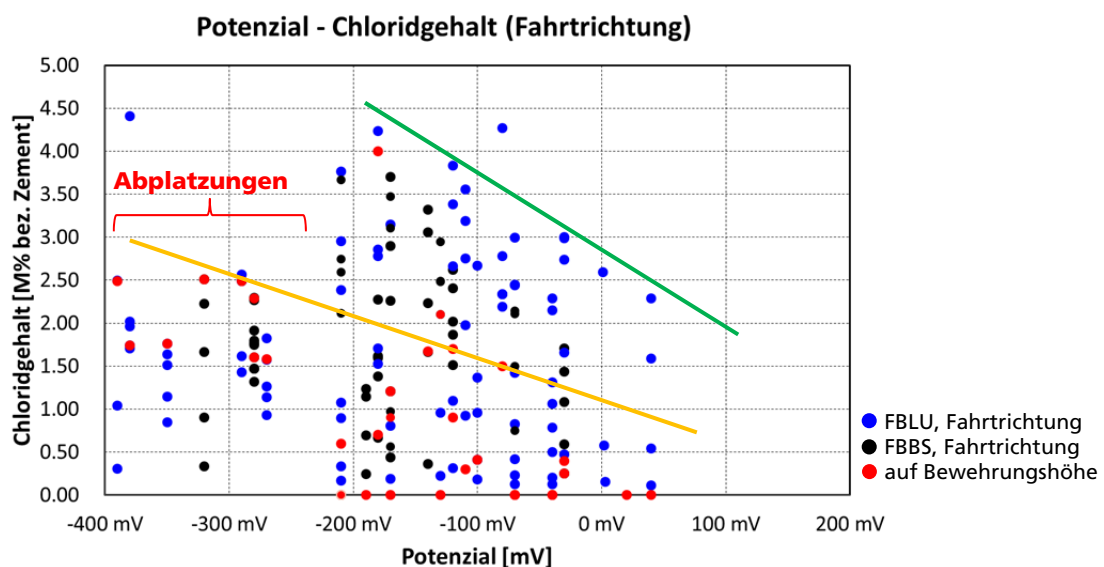
Zwischen den gemessenen Betondeckungen der Bewehrungen und den ermittelten Korrosionsgraden der Bewehrung – vgl. nachfolgendes Diagramm – konnte ein deutlicher Zusammenhang festgestellt werden. Massgebende Korrosion trat ausschliesslich bei Bewehrungen mit Betondeckungen von kleiner 40 mm auf. Bei höheren Betondeckungen der Bewehrungen wurden ausschliesslich blanke oder gering korrodierte Bewehrungen freigelegt. Der maximal gemessene Querschnittsverlust der untersuchten Bewehrungen betrug 20 %. Mehrheitlich wurden bei einem Korrosionsgrad KG 4 jedoch Querschnittsverluste unter 10 % gemessen.



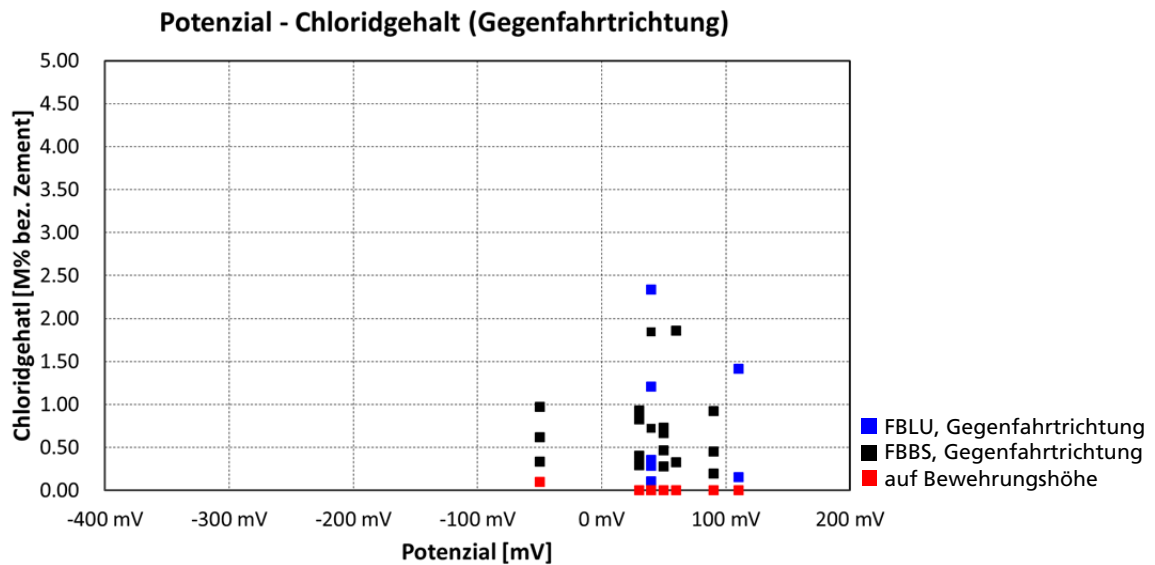
Potenzialmessung - Chloridgehalt - Korrosionsgrad

In den Messbereichen der verschiedenen Träger wurden an den Trägerseiten in Fahrtrichtung und in Gegenfahrtrichtung sowie an der Unterseite Potenzialmessungen durchgeführt. Die statistischen Auswertungen der Potenzialmessungen (vgl. Anhang 3) zeigen deutliche Potenzialunterschiede zwischen der Trägerseite in Fahrtrichtung und der Trägerseite in Gegenfahrtrichtung. An den Trägerseiten in Fahrtrichtung wurden mehrheitlich negative Potenziale von kleiner -100 mV oder sogar stark negative Potenziale kleiner -300 mV gemessen. In Gegenfahrtrichtung hingegen konnten keine stark negativen Bereiche festgestellt werden. Es wurden mehrheitlich Potenziale grösser -100 mV gemessen.

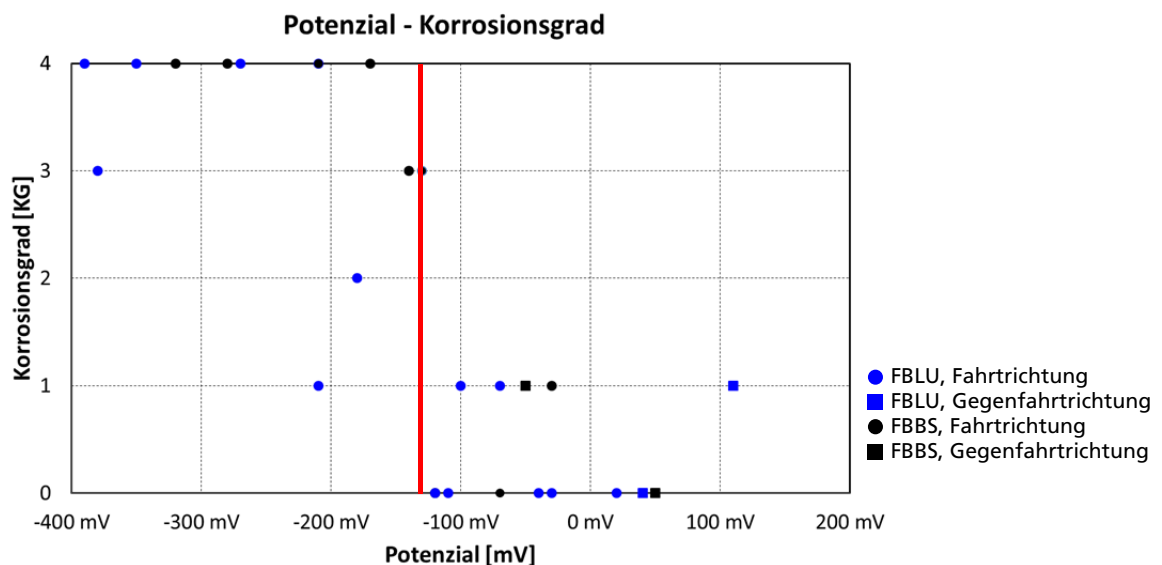
Wie aus dem nachfolgenden Diagramm ersichtlich ist, wurden in Fahrtrichtung sowohl bei stark negativen als auch gering negativen Potenzialen hohe bis sehr hohe Chloridgehalte festgestellt. Der Chloridgehalt an der Betonoberfläche ist bei Potenzialen zwischen -200 mV und 0 mV abnehmend (grüne Linie). Bei stark negativen Potenzialen < -200 mV wurden an der Betonoberfläche geringere Chloridgehalte gemessen. Dies ist auf den Umstand zurückzuführen, dass es bei diesen Potenzialen mehrheitlich zu Abplatzungen gekommen ist und so der Beton mit höheren Chloridgehalten nicht erfasst wurde. Beim Chloridgehalt auf Bewehrungshöhe (rote Punkte) ist eine deutliche Zunahme mit abnehmendem Potenzial (orange Linie) zu erkennen. Bei den meisten Entnahmestellen mit Potenzialen < -80 mV wurden auf Bewehrungshöhe deutlich erhöhte Chloridgehalte über dem Chloridgehalt von 0,4 M% bez. Zement, ab dem Korrosion ausgelöst werden kann, gemessen.



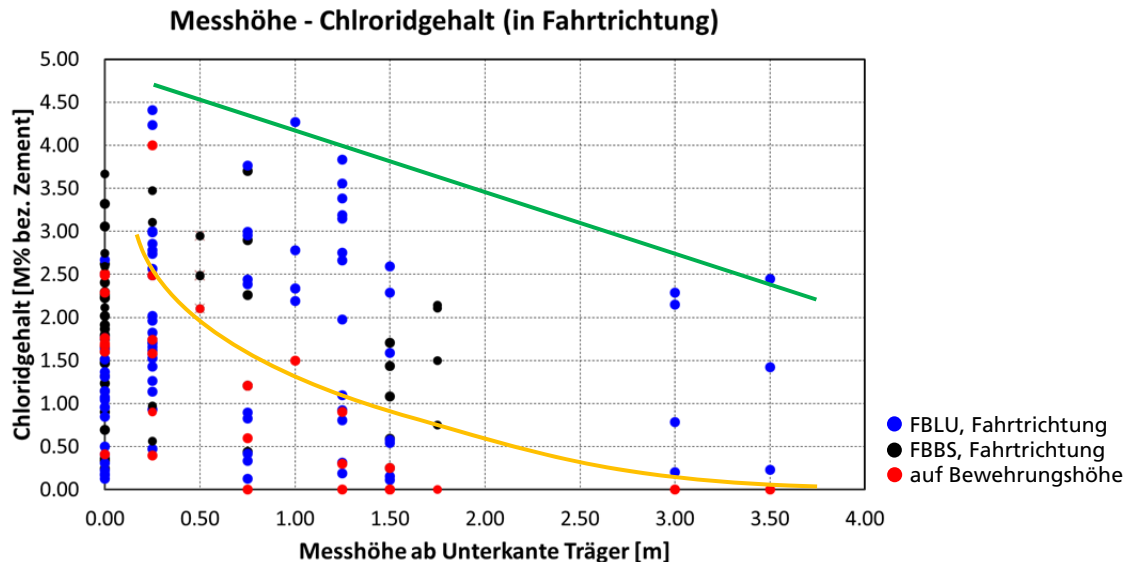
Werden die Chloridanalysen der Proben, welche gegen die Fahrtrichtung an den Trägern entnommen wurden, betrachtet (vgl. nachfolgendes Diagramm), so fällt auf, dass zwischen den ermittelten Potenzialen und den Chloridgehalten im Überdeckungsbeton keine Korrelation vorhanden ist. Sowohl bei gering negativen als auch positiven Potenzialen wurden im Überdeckungsbeton erhöhte Chloridgehalte gemessen. Auf Bewehrungshöhe (rote Punkte) wurden keine Chloridgehalte über dem Grenzwert von 0,4 M% bez. Zement, ab dem Korrosion möglich ist, festgestellt.



Die Auswertung der Potenziale und der ermittelten Korrosionsgrade der Bewehrungen aus den Sondierstellen zeigen, wie im nachfolgenden Diagramm ersichtlich, einen deutlichen Zusammenhang. Bei einem Potenzial von grösser -130 mV, welche hauptsächlich in Gegenfahrtrichtung und in höhergelegenen Bereichen an Trägern in Fahrtrichtung gemessen wurden, traten keine oder nur geringe Korrosionserscheinungen an den Bewehrungen auf. Im Bereich von Potenzialen kleiner -130 mV wurde vorwiegend mässige bis sehr starke Korrosion festgestellt. Diese Potenziale wurden hauptsächlich an den Trägerunterseiten oder im Bereich der Kanten in Fahrtrichtung gemessen. Die Bewehrungen mit einem Korrosionsgrad KG 4 wiesen mehrheitlich Querschnittsverluste unter 10 % auf. Der maximale Querschnittsverlust betrug 20%.



Werden die ermittelten Chloridgehalte den Messhöhen an den Trägern zugeordnet, so wird deutlich, dass der Chloridgehalt im Beton über die gesamte Bauteilhöhe stark erhöht ist. Wie mit der grünen Linie dargestellt, ist im Allgemeinen eine geringfügige Höhenabhängigkeit der Chloridgehalte an der Betonoberfläche zu erkennen.



Eine deutlichere Höhenabhängigkeit der Chloridgehalte ist erkennbar, wenn nur die Chloridgehalte auf Bewehrungshöhe (rote Punkte) betrachtet werden. Der Chloridgehalt auf Bewehrungshöhe liegt an der Trägerunterseite oder den Trägerkanten (Messhöhe = 0,0 m) mehrfach über dem Grenzwert von 0,4 M% bez. Zement, bei dem Korrosion möglich ist. Mit zunehmender Messhöhe nimmt der Chloridgehalt auf Bewehrungshöhe jedoch deutlich ab.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse im Zusammenhang mit der statistischen Auswertung der Potenzialmessungen können die Potenziale auf der Trägerseite **in Fahrtrichtung** und an der Unterseite etwa wie folgt abgegrenzt werden:

Potenzialbereich	Beurteilung	Anteil
> -80 mV	Zone ohne Korrosion mässig bis sehr stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsбетон möglich, auf Bewehrungshöhe nicht korrosionskritisch, keine oder gering Bewehrungskorrosion	55 %
-80 mV bis -250 mV	Übergangszone stark bis sehr stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsбетон, Chloridgehalt >0,4 M%/Zement auf Bewehrungshöhe geringe bis sehr starke Bewehrungskorrosion möglich	38 %
< -250 mV	Kritische Zone mit Korrosionsgefahr stark bis sehr stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsбетон, oft Abplatzungen oder Hohlstellen, Chloridgehalt mehrheitlich >0,4 M%/Zement auf Bewehrungshöhe, sehr starke Bewehrungskorrosion wahrscheinlich	7 %

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse im Zusammenhang mit der statistischen Auswertung der Potenzialmessungen können die Potenziale auf der Trägerseite **in Gegenfahrtrichtung** etwa wie folgt abgegrenzt werden:

Potenzialbereich	Beurteilung	Anteil
> -100 mV	Zone ohne Korrosion mässig bis sehr stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsbeton möglich, auf Bewehrungshöhe nicht korrosionskritisch, keine Bewehrungskorrosion	100 %

11.2. Träger, Korrosionsgefährdung der Vorspannung

Die Vorspannungen der Träger liegen teilweise in Bereichen der Abplatzungen frei. Aufgrund der stark erhöhten Chloridgehalte im Überdeckungsbeton (vgl. Kapitel 11.1) konnte es bei gering überdeckten Hüllrohren zu Korrosion kommen. Mehrheitlich sind die Hüllrohre im Bereich dieser Abplatzungen komplett wegkorrodiert und die äusseren Spanndrähte liegen frei.

Die an der Oberfläche oder nahe der Oberfläche liegenden Spanndrähte sind Mehrheitlich sehr stark korrodiert (KG 4 mit Querschnittsverlust 5-30 %) oder sind teilweise komplett durchkorrodiert. Die Spanndrähte, welche rund mit 15 mm Injektionsgut überdeckt sind, weisen keine Korrosionserscheinungen auf. Die detaillierten Resultate der Sondierungen sind im Anhang 2 dargestellt.

Die Chloridanalysen der Injektionsgutproben zeigen, dass die Chloridgehalte mit Werten zwischen 0,5 und 1,1 M% bez. Einwaage rund 10- bis 50-fach über dem Grenzwert (0,02...0,04 M% bez. Einwaage) liegen.

Im Bereich von freiliegenden Hüllrohren oder gering überdeckten Hüllrohren ist aufgrund der Untersuchungen mit teils sehr stark korrodierenden Spanngliedern der Vorspannung zu rechnen. Ob, wie in den Untersuchungen festgestellt, nur die aussenliegenden Spannglieder stark korrodiert sind oder teils auch innenliegende Spannglieder betroffen sind, konnte mit den stichprobenartigen Untersuchungen nicht abschliessend geklärt werden.

11.3. Schlussfolgerungen - Korrosionsgefährdung der Bewehrungen und der Vorspannungen

An den Trägern des Tunnels Schweizerhalle sind zahlreiche Abplatzungen und freiliegende Hüllrohre resp. Spannglieder sichtbar. Mittels der stichprobenartigen Untersuchungen an den Trägern konnten folgende Erkenntnisse und Ergebnisse gewonnen werden:

- Mit der Potenzialfeldmessung konnten Bereiche mit massgebender Korrosionserscheinung auch ohne visuelle Hinweise lokalisiert werden. Hauptsächlich wurden im unteren Trägerbereich in Fahrtrichtung und an der Unterseite massgebende Korrosionserscheinungen an den Bewehrungen festgestellt. Im oberen Trägerbereich und auf der Trägerseite in Gegenfahrtrichtung wurden keine massgebenden Korrosionserscheinungen gemessen.
- Die Korrosionserscheinungen traten ausschliesslich in Bereichen mit Betondeckungen der Bewehrungen von kleiner 40 mm auf. Da die Betondeckung der Bewehrung im Allgemeinen mit dem Abstand zur Unterseite zunimmt, beschränkt sich die Korrosion auf die unteren Trägerbereiche und die Trägerunterseite.
- Der Chloridgehalt des Betons ist in Fahrtrichtung an allen untersuchten Stellen mit mehr als 2,0 M% bez. Zement - unabhängig von der Entnahmehöhe am Träger - sehr stark erhöht. Die hohen Chloridkonzentrationen auf Bewehrungshöhe im unteren Bereich der Träger konnten als Hauptursache der Korrosionserscheinungen ermittelt werden. An der in Fahrtrichtung entgegengesetzten Trägerseite sind die Chloridgehalte an der Betonoberfläche zwar erhöht, jedoch konnten auf Bewehrungshöhe keine Korrosionsauslösenden Chloridgehalte gemessen werden.
- Als Ursache der Depassivierung der Bewehrung kann die Karbonatisierung des Betons mehrheitlich ausgeschlossen werden. Ausschliesslich in den unteren Trägerbereichen sind aufgrund der geringeren Betondeckungen der Bewehrungen Depassivierungen der Bewehrungen durch den karbonatisierten Beton möglich. Durch den reduzierten pH-Wert des Betons ist eine schnellere Korrosionsinitiierung durch das Chlorid möglich.
- Die Bewehrungen mit starker oder sehr starker Korrosion (Korrosionsgrad KG 3 / KG 4) befanden sich mehrheitlich in Bereichen mit Abplatzungen oder Hohlstellen im unteren Bereich der Träger. Mehrheitlich wurde ein Querschnittsverlust von weniger als 10 % gemessen. Der maximal festgestellte Querschnittsverlust der Bewehrungen betrug 20 %.
- Oftmals waren im Bereich der Abplatzungen freiliegende Hüllrohre resp. Spannglieder sichtbar. Die Hüllrohre waren meist vollständig durchkorrodiert und die aussenliegenden Spannglieder zeigten sehr starke Korrosionserscheinungen (bis 30 %) oder waren sogar durchkorrodiert. Die mit Injektionsgut gut umhüllten Spannglieder waren geringfügig korrodiert oder blank.
- Das Injektionsgut der offenliegenden Hüllrohre weist an der Oberfläche eine 10- bis 50-fach erhöhte Chloridbelastung über dem Grenzwert auf.
- Eine Fahrbahnabhängigkeit bezüglich der Materialeigenschaften des Betons oder der Korrosionsgefährdung der Bewehrung wurde nicht festgestellt. Die Druck- und Zugfestigkeiten des Betons der Träger der Fahrbahn Luzern (FBLU) und der Fahrbahn Basel (FBBS) sind sehr ähnlich. Zudem sind keine Unterschiede in den Chloridbelastungen der beiden Fahrtrichtungen und der Trägernummern (Anfangs oder Ende des Tunnels) erkennbar.
- Die Einstufungen der Schäden an den Trägern gemäss der Zustandserfassung der NSNW (vgl. Kapitel 2 „Unterlagen“) beziehen sich ausschliesslich auf die Ausdehnung der vorhandenen Abplatzungen. Die Chloridgehalte des Betons sowie die Korrosionsgrade der

Bewehrungen sind bei kleinen, mittleren und grossen Schäden in etwa identisch. Es ist anzumerken, dass aufgrund des allgemein deutlich erhöhten Chloridgehalts auch bei Träger ohne „Schädigungen“ gemäss der Zustandserfassung chloridinduzierte Korrosion möglich ist oder bereits aufgetreten (Träger 101, FBBS) ist.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse ist von einer fortschreitenden Korrosion der bereits depassivierten Bewehrungen und Vorspannungen (rund 50 % der Trägerflächen in Fahrtrichtung) auszugehen. Die Chloridgehalte liegen meist ein Mehrfaches über dem Grenzwert, bei dem Korrosion möglich ist. Bei solch hohen Chloridgehalten muss zudem mit einer deutlich erhöhten Korrosionsgeschwindigkeit gerechnet werden. Inwiefern eine Tragsicherheitsgefährdung durch die vorhandenen Querschnittsverluste der Bewehrungen und insbesondere der Vorspannungen besteht, ist durch den Projektingenieur abzuklären. Aufgrund der fortschreitenden Korrosion ist zudem in den nächsten Jahren mit weiteren korrosionsbedingten Abplatzungen, welche die Verkehrssicherheit gefährden können, zu rechnen.

In Bereichen, wo bis anhin aufgrund der höheren Betondeckungen der Bewehrung keine Depassivierung der Bewehrungen stattgefunden hat, ist mittelfristig bis langfristig durch Chloridumlagerungen mit korrosionskritischen Chloridgehalten auf Bewehrungshöhe zu rechnen. Die Chloridumlagerungen werden hauptsächlich durch langsame Diffusionsvorgänge geschehen, da der weitere Chlorideintrag durch Wassertransport durch die geringe Wasseraufnahme des Betons deutlich verhindert ist.

12. BEURTEILUNGEN - DECKENUNTERSEITE

An der Deckenunterseite des Tunnels Schweizerhalle wurden in 2 Feldern Potenzialmessungen, Betondeckungsmessungen der Bewehrungen sowie Bohrmehlproben und Sondierstellen durchgeführt. Die Deckenfelder weisen visuell keine Auffälligkeiten auf. Die komplette Deckenunterseite ist mit Russ bedeckt.

An der Deckenunterseite wurde eine mittlere Betondeckung der Bewehrung von 39 mm gemessen und die Standardabweichung beträgt 15 mm. Die gemessenen Potentiale sind mehrheitlich positiv. Ausschliesslich nahe der Träger, welche der Fahrtrichtung zugewandt sind, wurden negative Potentiale ermittelt.

Korrosion infolge der Karbonatisierung des Betons kann im Allgemeinen ausgeschlossen werden, da ausschliesslich Karbonatisierungstiefen zwischen 10 und 23 mm festgestellt wurden. Bei sehr gering überdeckten Bewehrung von < 20 mm kann die Karbonatisierung die Korrosion der Bewehrung beschleunigen.

Die Chloridanalysen zeigen, dass im Überdeckungsbeton bis in eine Tiefe von 30 mm erhöhte Chloridgehalte im Bereich des kritischen Chloridgehalts von 0,4 M% bez. Zement auftreten. Bei der Entnahmestelle 63.D2 war der Chloridgehalt bis in eine Tiefe von 50 mm mit rund 2,0 M% bez. Zement korrosionskritisch erhöht. Die Bewehrung ist aufgrund der Depassivierung durch die Chloride stark korrodiert.

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
> 10 mV	Zone ohne Korrosion gering bis mässig erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsбетon möglich, auf Bewehrungshöhe nicht korrosionskritisch, keine Bewehrungskorrosion	80 %
10 mV bis -80 mV	Übergangszone mässig bis stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsбетon, auf Bewehrungshöhe mehrheitlich nicht korrosionskritisch, keine bis geringe Bewehrungskorrosion	17 %
< -80 mV	Kritische Zone mit Korrosionsgefahr stark bis sehr stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsбетon, Chloridgehalt mehrheitlich >0,4 M%/Zement auf Bewehrungshöhe, sehr starke Bewehrungskorrosion möglich	3 %

Rüschlikon, 10.04.2017

Sachbearbeiter

Matthias Wagner



Leiter Fachbereich
Zustandsuntersuchungen

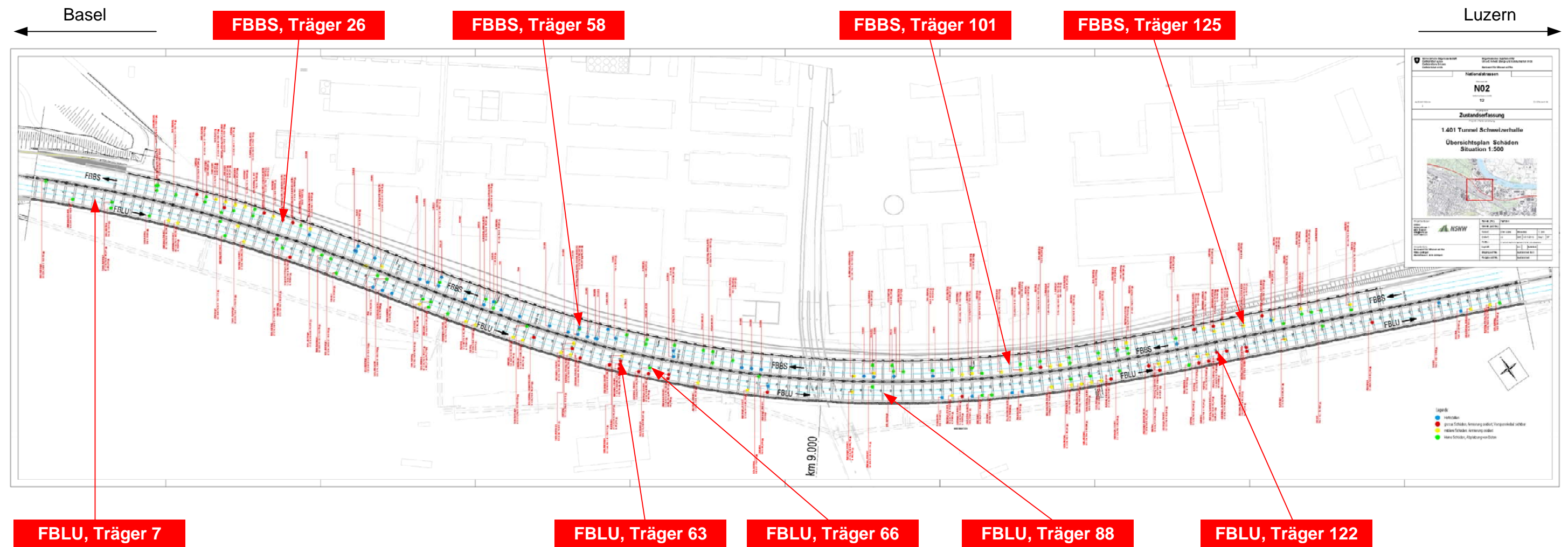
Aldo Rancati



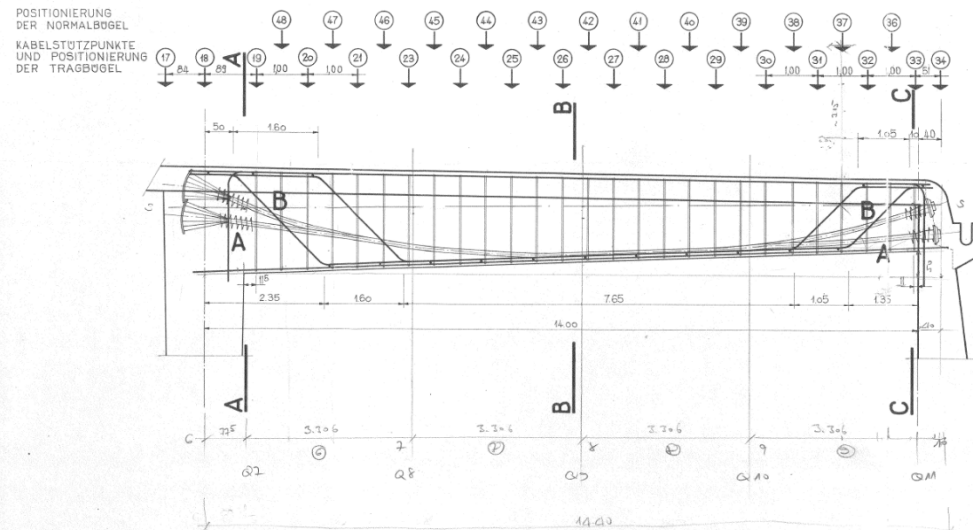
Untersuchungsstellen - Längsprofil

Bundesamt für Strassen ASTRA, Zofingen
4.506.1 Tunnel Schweizerhalle, Basel

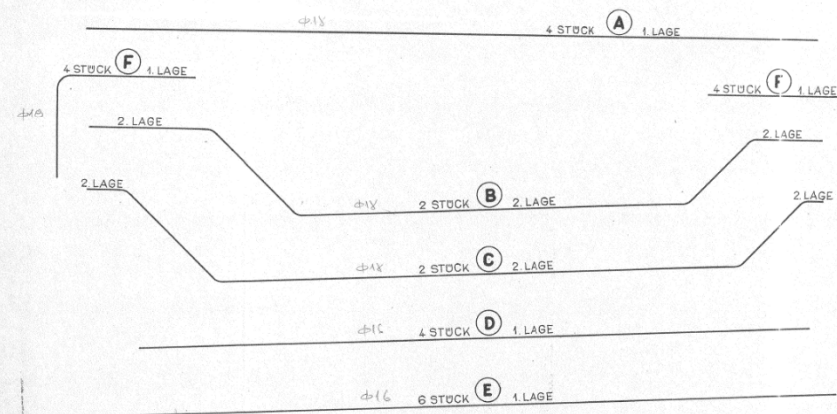
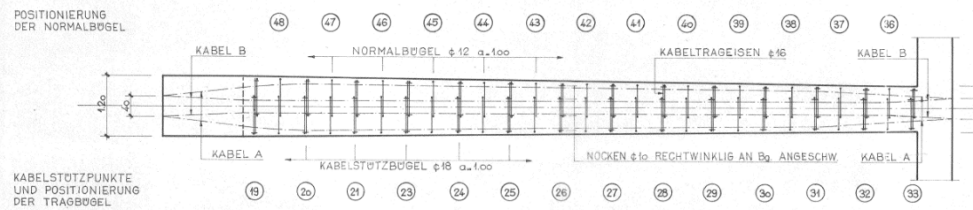
Anhang 1 D3050
Seite 1 von 2



TRÄGERANSICHT



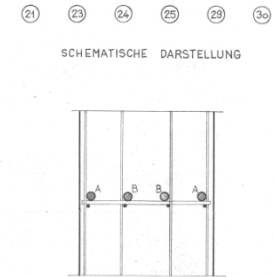
GRUNDRISS



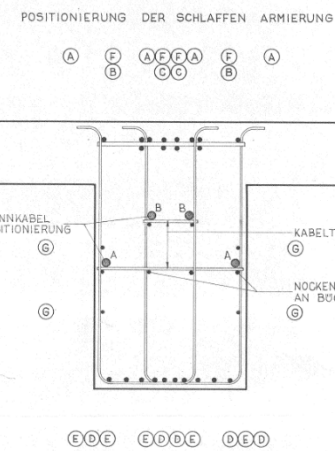
(G) MONTAGEEISEN

(K) SPREIZARMIERUNG, MONTAGE NACH SPEZ.-PLAN

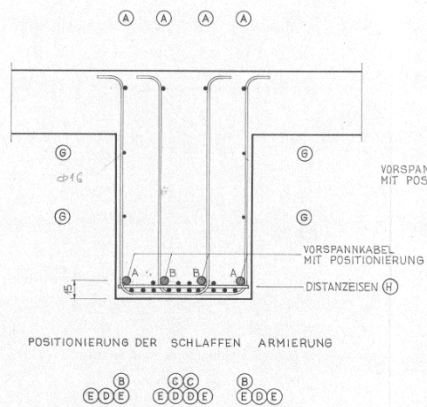
KABELSTÜTZPUNKTE



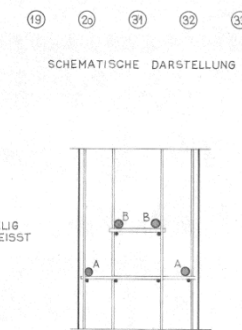
SCHNITT A-A



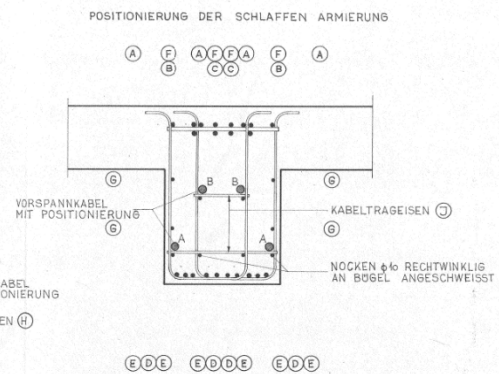
SCHNITT B-B



KABELSTÜTZPUNKTE



SCHNITT C-C



BETONÜBERDECKUNG:

ALLSEITIG 4 cm

BETONMISCHUNG:

BETON P.C. 300 VIBRIERT

KORNGRÖSSE:

MAX. ϕ 30 mm

T_EO

GRÜNER & JAUSLIN INGENIEURE SIA, MUTTENZ		85 - 444 A	
KANTON BASEL-LANDSCHAFT BAUDIREKTION		DATUM	GEZ. KONTE. GEPR.
NATIONALSTRASSE N2 GALERIE SCHWEIZERHALLE		10.02.61	MA
SCHEMAPLAN III		A 74.7.67	R.D. R.D.
ARMIERUNGSPLAN			
M: 1:50, 1:20			

Bauwerksuntersuchungen

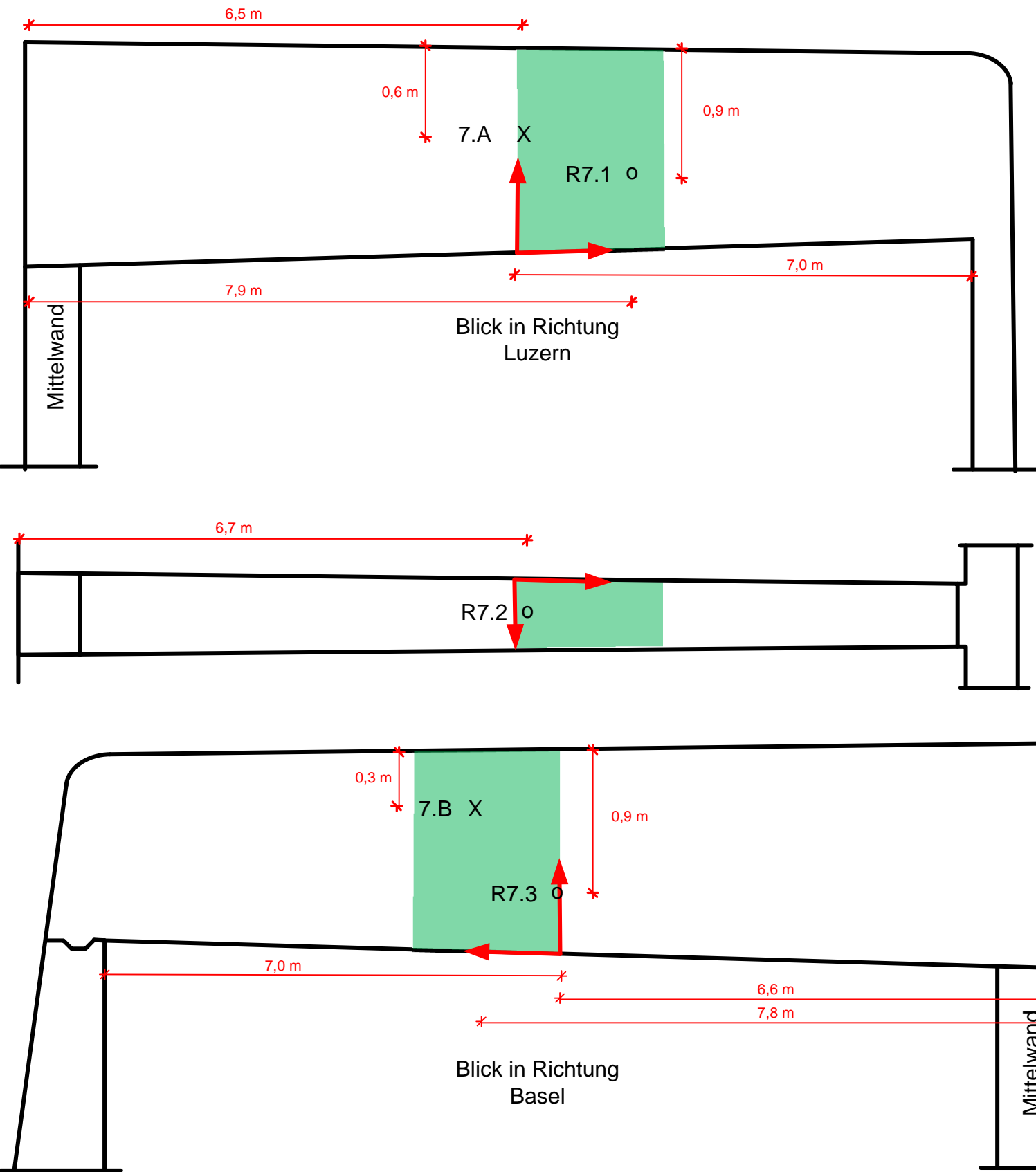
Bauteil: Träger Nr. 7, FBLU
Prüfdatum: 10./11. Oktober 2016, 7./8. November 2016

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

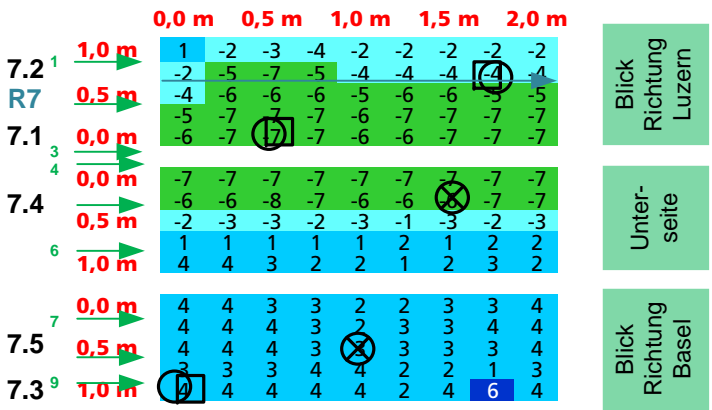
Bundesamt für Strassen ASTRA, Zofingen
4.506.1 Tunnel Schweizerhalle, Basel

Anhang 2 D3050
Seite 1 von 13

Legende: ○ Bohrmehlproben
□ Sondierstellen
⊗ Karbonatisierungstiefenmessungen
X Bohrkerne
○ Rückprallhammer

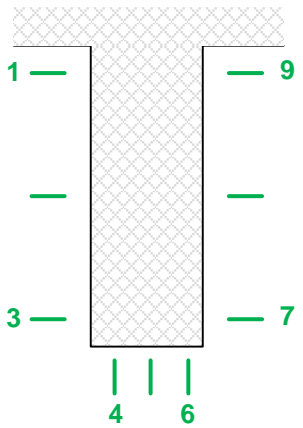


Abwicklung der Potenzialmessung [mV /10]



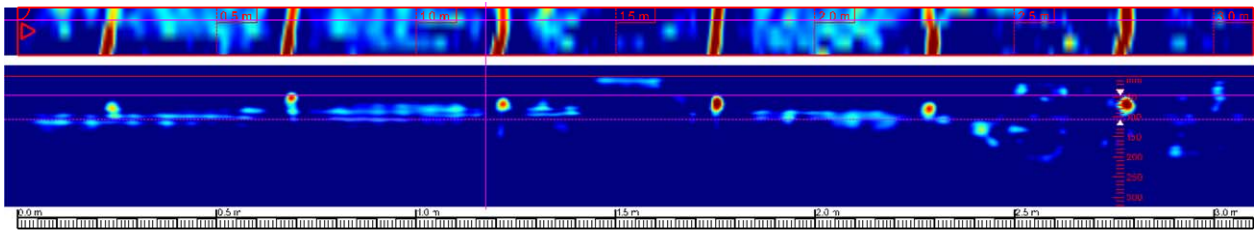
Betondeckung der Bewehrung [mm]

	0.0 m		0.5 m		1.0 m		1.5 m		2.0 m		Mw
1	60	79	53	76	61	72	47	75	58		65
2	63	-	54	78	63	69	44	-	67		63
3	55	63	60	64	67	72	47	60	58		61
4	44	19	38	35	58	38	14	36	48		36
5	45	35	16	27	20	37	36	33	42		31
6	53	45	18	28	21	19	15	60	40		31
7	-	68	34	39	44	48	37	37	50		45
8	60	62	40	65	54	70	51	72	53		58
9	63	-	46	-	56	-	55	-	66		56



Sondier- stelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonati- sierungstiefe	Durchmes- ser Bew.	Korrosions- grad Bew.	Bemerkungen
Träger 7, FBLU					
7.1	64 mm	2-5 mm	18 mm	KG 0	Bügel
7.2	49 mm	1-3 mm	18 mm	KG 0	Bügel
7.3	54 mm	3-30 mm	12 mm	KG 0	Bügel, kiesnestartig
7.4	-	5-12 mm	-	-	
7.5	-	4-6 mm	-	-	

R7 Radarmessungen - Bewehrungsabstände



6 Bewehrungen, 2,5 m → a = 500 mm

Bauwerksuntersuchungen

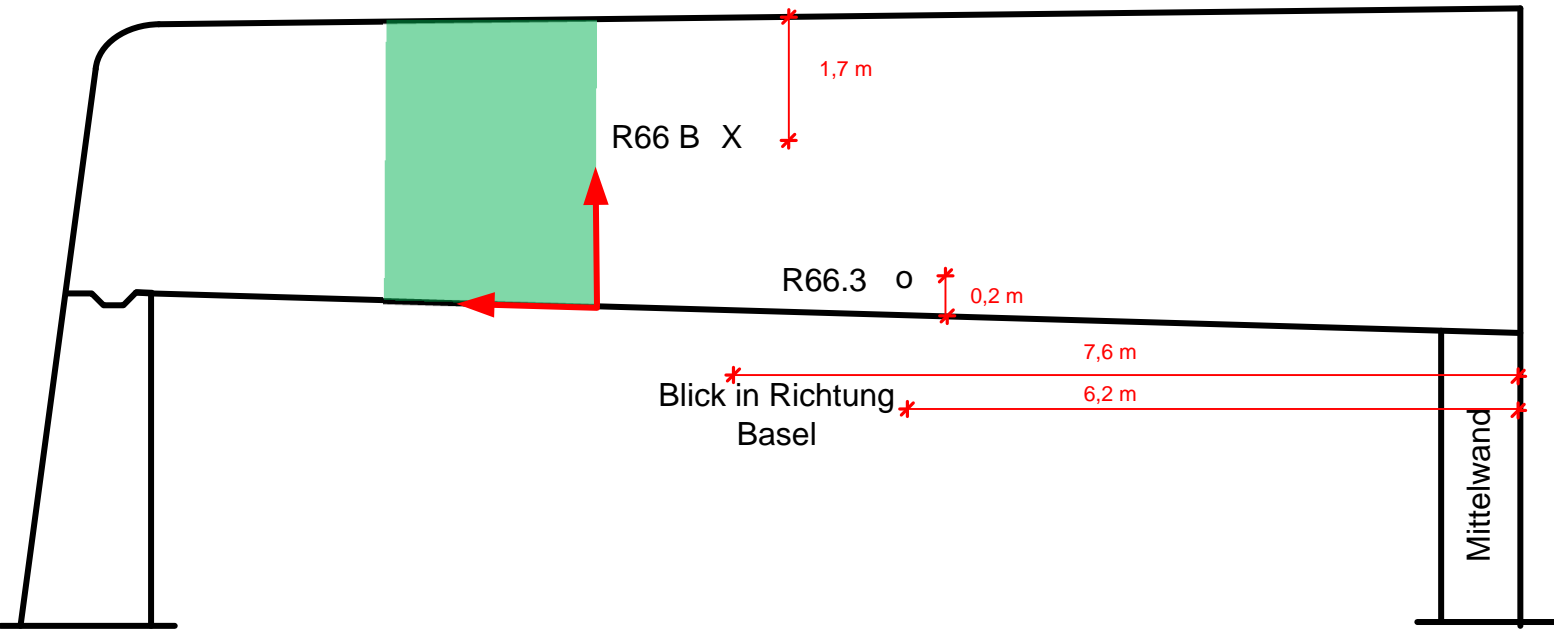
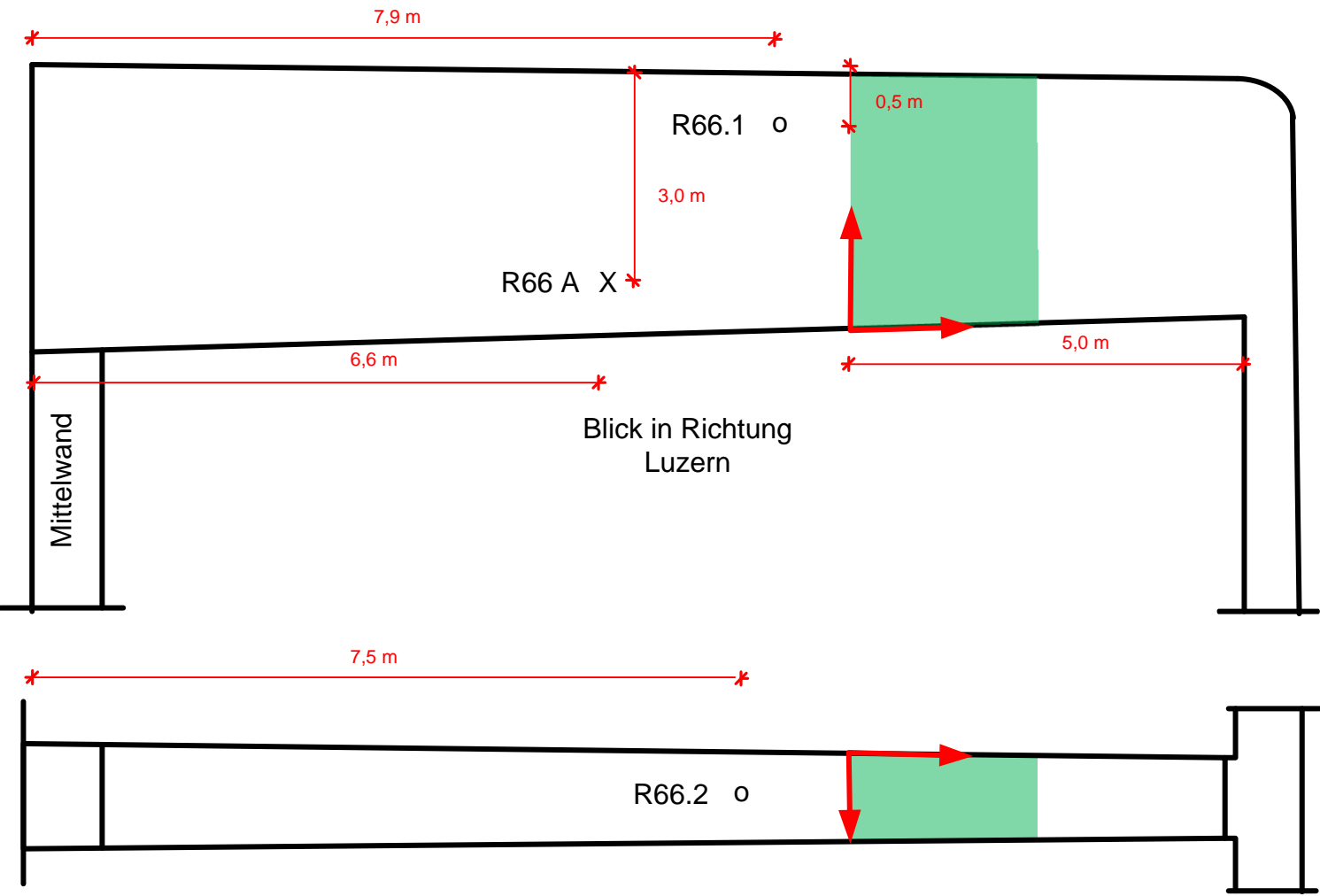
Bauteil: Träger Nr. 66, FBLU
Prüfdatum: 10./11. Oktober 2016, 7./8. November 2016

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

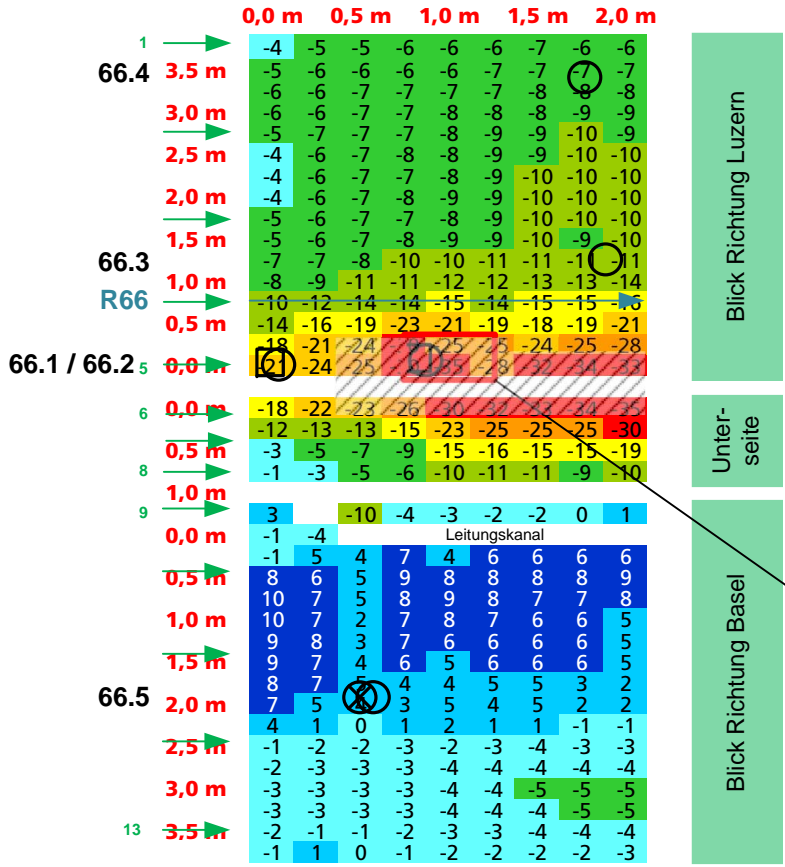
Bundesamt für Strassen ASTRA, Zofingen
4.506.1 Tunnel Schweizerhalle, Basel

Anhang 2 D3050
Seite 2 von 13

- Legende: ○ Bohrmehlproben
□ Sondierstellen
⊗ Karbonatisierungstiefenmessungen
X Bohrkerne
○ Rückprallhammer
/// Abplatzung



Abwicklung der Potenzialmessung [mV /10]



Betondeckung der Bewehrung [mm]

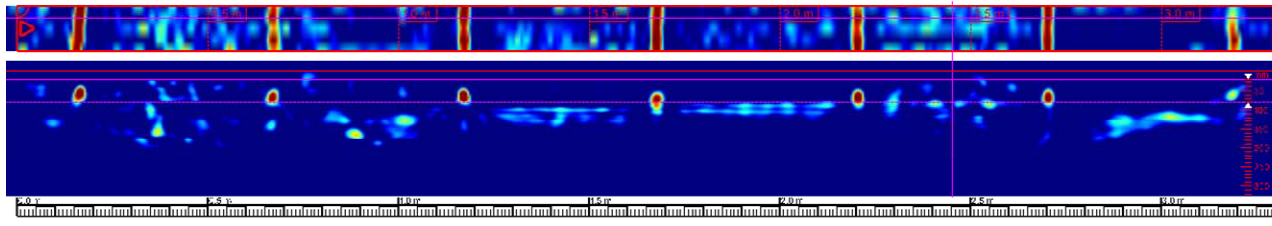
	0.0 m		0.5 m		1.0 m		1.5 m		2.0 m		Mw
1	> 80	-	-	75	76	66	57	-	> 80		69
2	> 80	-	-	76	74	-	> 80	-	> 80		75
3	67	-	-	78	68	-	79	-	70		72
4	50	73	63	73	57	-	69	-	56		63
5	33	45	45	33	31	46	42	54	23		39
6	56	42	17	17	41	42	43	55	26		38
7	53	37	6	9	36	38	31	34	36		31
8	55	30	27	23	59	32	52	15	61		39
9	61	66	61	67	> 80	-	> 80	68	> 80		65
10	74	-	> 80	-	> 80	-	> 80	-	> 80		74
11	> 80	-	> 80	-	> 80	-	> 80	-	> 80		> 80
12	78	-	> 80	-	> 80	-	> 80	-	> 80		78
13	40	-	64	-	40	-	50	-	41		47
14	> 80	-	> 80	76	74	-	> 80	-	> 80		75

Vorspannung neben Sondierstelle 66.2:

- 1 Spanndraht KG 4, QV 100 %
- 1 Spanndraht KG 4, QV 10 %
- 1 Spanndraht KG 4, QV 6 %
- 2 Spanndrähte KG 3
- 1 Spanndraht KG 2
- 1 Spanndraht KG 0
- Hüllrohr durchkorrodiert

Sondier-stelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonatisierungstiefe	Durchmes-ser Bew.	Korrosions-grad Bew.	Bemerkungen
Träger 66, FBLU					
66.1	29 mm	9-42 mm	18 mm	KG 4, QV 6 % (Vorspannung 3 Spanndrähte KG 3)	Hohlstelle
66.2	22 mm 70 mm	66-84 mm	18 mm 24 mm	KG 3 KG 4, QV 6 %	Bügel, Abplatzung Längsbew.
66.3	60 mm	12-25 mm	18 mm	KG 0	Bügel
66.5	-	12-20 mm	-	-	

R66 Radarmessungen - Bewehrungsabstände



7 Bewehrungen, 3,0 m → a = 500 mm

Bauwerksuntersuchungen

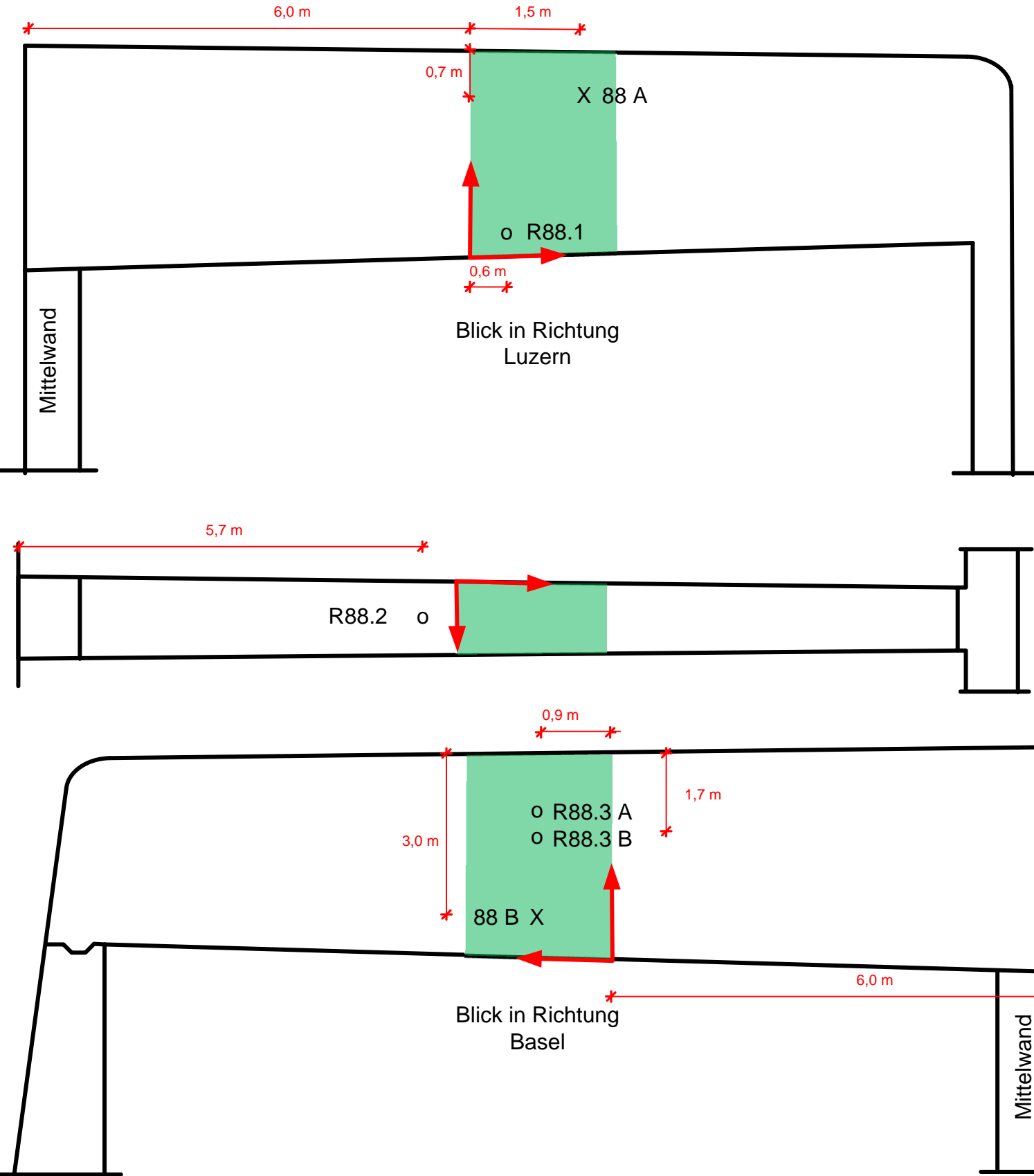
Bauteil: Träger Nr. 88, FBLU
Prüfdatum: 10./11. Oktober 2016, 7./8. November 2016

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

Bundesamt für Strassen ASTRA, Zofingen
4.506.1 Tunnel Schweizerhalle, Basel

Anhang 2 D3050
Seite 3 von 13

- Legende: Bohrmehlproben
 Sondierstellen
 Karbonatisierungstiefenmessungen
 Bohrkerne
 Rückprallhammer



Abwicklung der Potenzialmessung [mV /10]

	0,0 m	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m
3,5 m	1	1	2	2	1
3,0 m	2	5	6	6	5
2,5 m	7	10	11	11	9
2,0 m	12	12	11	12	11
1,5 m	13	14	13	12	11
1,0 m	14	14	13	13	11
0,5 m	13	12	12	11	10
0,0 m	10	9	9	8	8
88.1	6	6	6	4	5
1,5 m	6	6	7	6	5
1,0 m	5	4	4	2	4
0,5 m	3	3	4	3	7
0,0 m	-1	1	1	1	-1
88.2	-5	-3	-3	-3	-4
0,0 m	-5	-4	-4	-4	-4
88.3	-4	-3	-3	-3	-4
0,5 m	-1	1	1	-1	-1
1,0 m	7	8	7	6	6
88.4	11	11	9	7	7
0,0 m	13	12	10	9	8
0,5 m	15	15	15	15	12
1,0 m	17	16	17	16	13
1,5 m	15	14	15	15	14
2,0 m	14	14	13	13	13
2,5 m	15	15	15	15	15
3,0 m	14	14	14	13	13
3,5 m	11	11	13	12	11

Betondeckung der Bewehrung [mm]

	0,0 m	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	Mw
1	55	79	41	83	57	64
2	65	-	54	-	68	57
3	75	-	63	-	71	72
4	57	77	64	50	48	60
5	55	65	67	-	53	62
6	39	59	50	34	38	46
7	45	55	56	53	36	54
8	-	51	-	37	66	54
9	56	61	56	40	52	54
10	62	-	77	-	58	63
11	77	-	57	-	72	62
12	62	-	53	-	49	54

Sondierstelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonatisierungstiefe	Durchmesser Bew.	Korrosionsgrad Bew.	Bemerkungen
Träger 88, FBLU					
88.1	-	16-23 mm	-	-	
88.2	53 mm	14-24 mm	18 mm	KG 0	
88.3	38 mm	7-22 mm	18 mm	KG 1	Bügel
88.4	38 mm	12-23 mm	18 mm	KG 1	
88.5	-	7-10 mm	-	-	

Bauwerksuntersuchungen

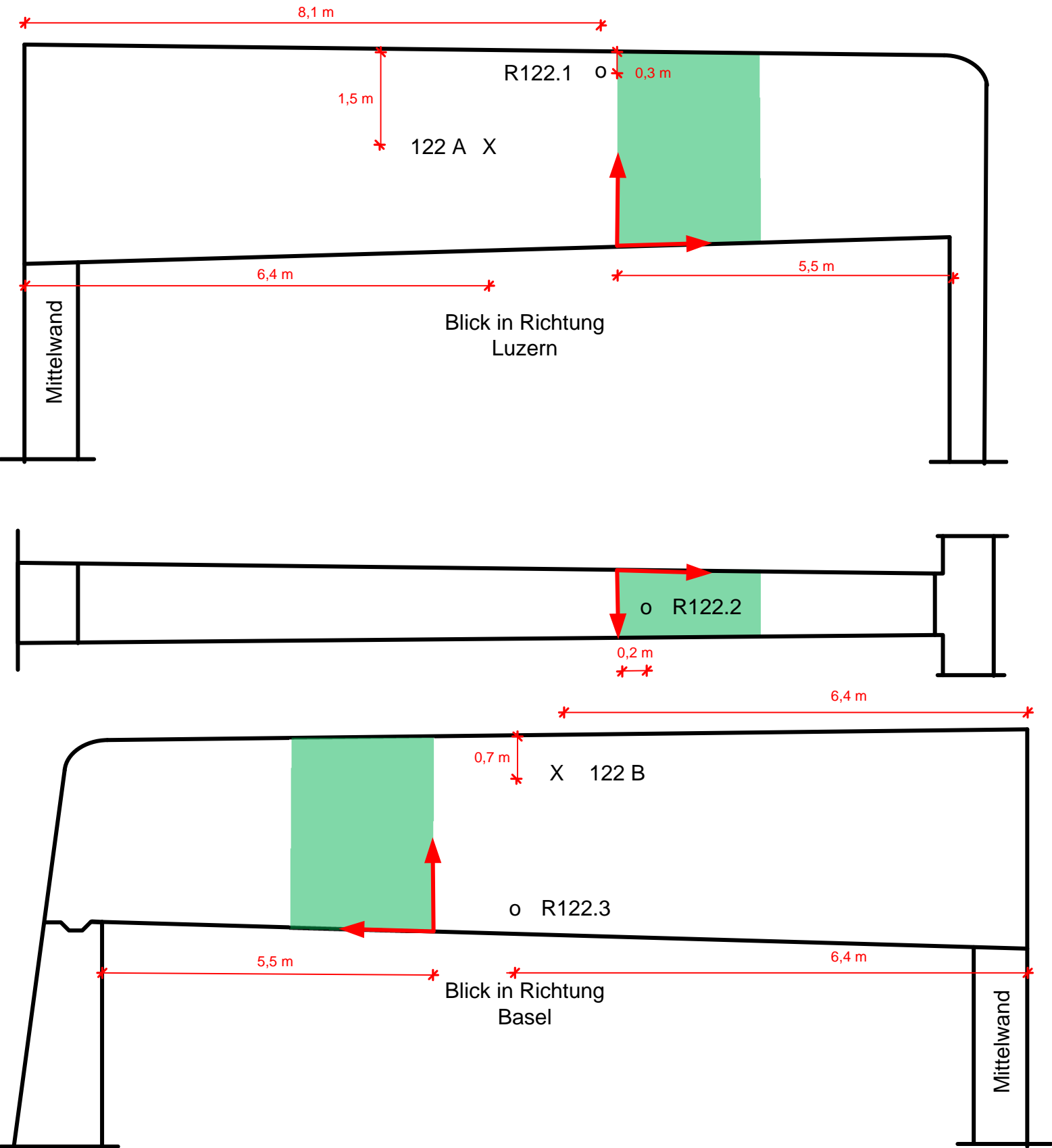
Bauteil: Träger Nr. 122, FBLU
Prüfdatum: 10./11. Oktober 2016, 7./8. November 2016

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

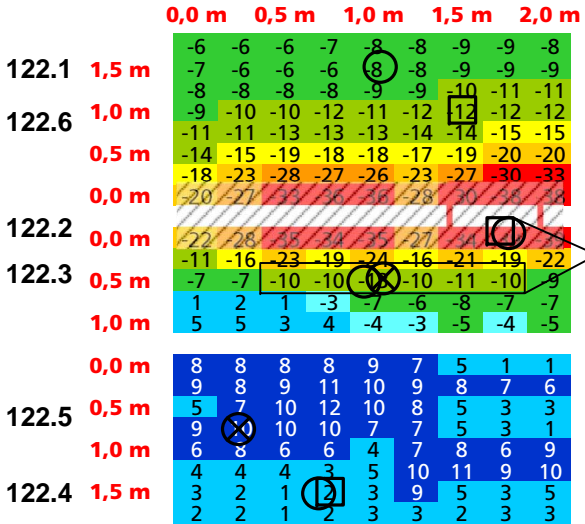
Bundesamt für Strassen ASTRA, Zofingen
4.506.1 Tunnel Schweizerhalle, Basel

Anhang 2 D3050
Seite 4 von 13

- Legende: ○ Bohrmehlproben
□ Sondierstellen
⊗ Karbonatisierungstiefenmessungen
X Bohrkerne
○ Rückprallhammer
/// Abplatzung



Abwicklung der Potenzialmessung [mV /10]



Blick Richtung
Luzern
Unter-
seite
Blick
Richtung
Basel

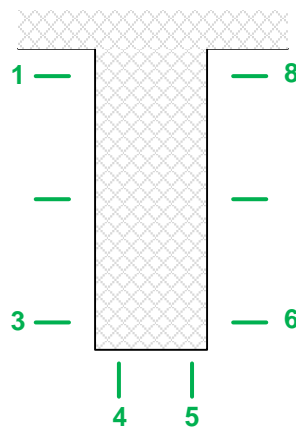
Flickstelle

Vorspannung neben Sondierstelle 122.2:
1 Spanndraht KG 4, QV 20 % BD 0 mm
1 Spanndraht KG 4, QV 5 % BD 4 mm
1 Spanndraht KG 1 BD 5 mm
1 Spanndrähte KG 0 BD 11 mm
→ Hüllrohr durchkorrodiert
→ Spanndrähte Ø 6 mm
→ BD Hüllrohr 50 mm seitlich / 100 mm von unten

Sondier- stelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonati- sierungstiefe	Durchmes- ser Bew.	Korrosions- grad Bew.	Bemerkungen
Träger 122, FBLU					
122.2	30 mm	7-11 mm	20 mm	KG 4, QV 10 %	Abplatzung
122.3	-	4-9 mm	-	-	
122.4	46 mm	14-18 mm	20 mm	KG 0	
122.5	-	8-16 mm	-	-	
122.6	47 mm	6-11 mm	20 mm	KG 0	

Betondeckung der Bewehrung [mm]

	0.0 m	0.5 m	1.0 m	1.5 m	2.0 m	Mw
1	78	-	-	81	-	80
2	73	58	75	67	75	69
3	72	32	77	35	77	55
4	42	41	60	58	64	45
5	60	53	-	41	-	53
6	48	44	-	56	-	55
7	67	43	-	67	38	50
8	41	-	48	48	32	41



Bauwerksuntersuchungen

Bauteil: Träger Nr. 63, FBLU
Prüfdatum: 10./11. Oktober 2016, 7./8. November 2016

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

Bundesamt für Strassen ASTRA, Zofingen
4.506.1 Tunnel Schweizerhalle, Basel

Anhang 2 D3050
Seite 5 von 13

- Legende:
- Bohrmehlproben

□

Sondierstellen

⊗

Karbonatisierungstiefenmessungen
- X

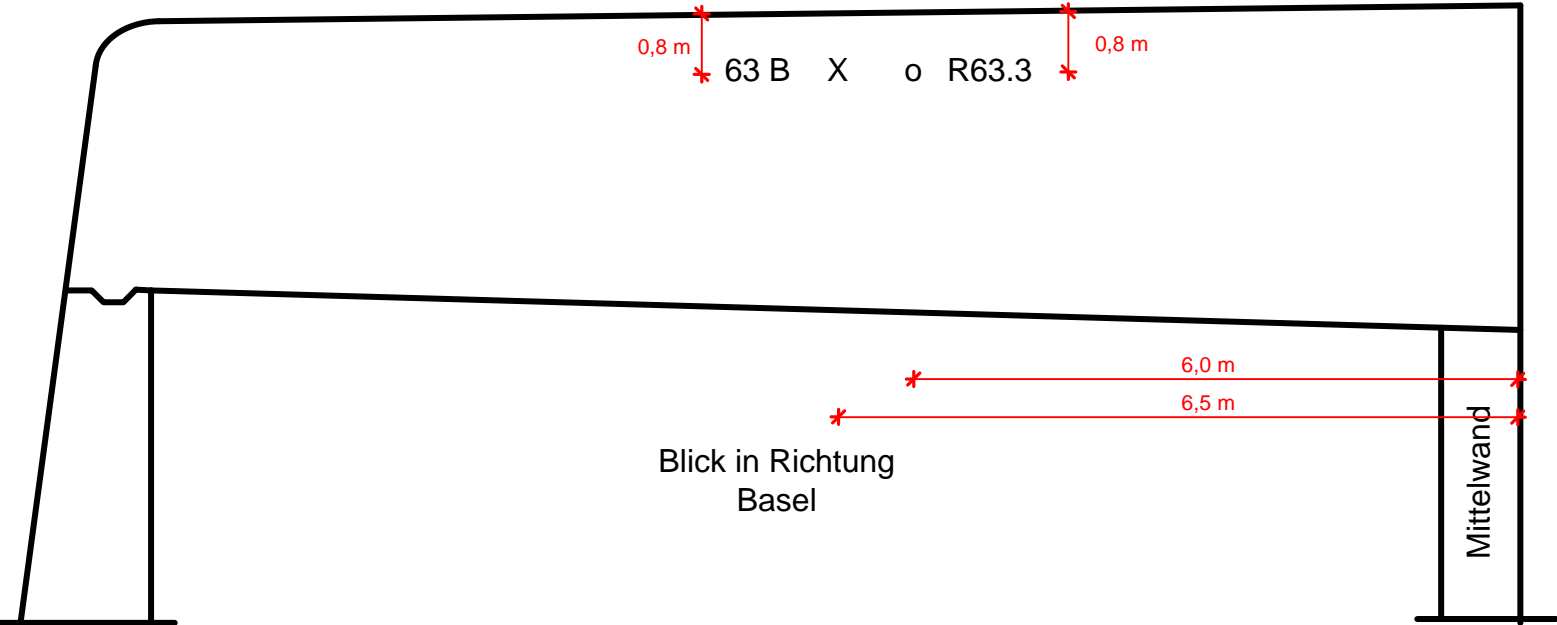
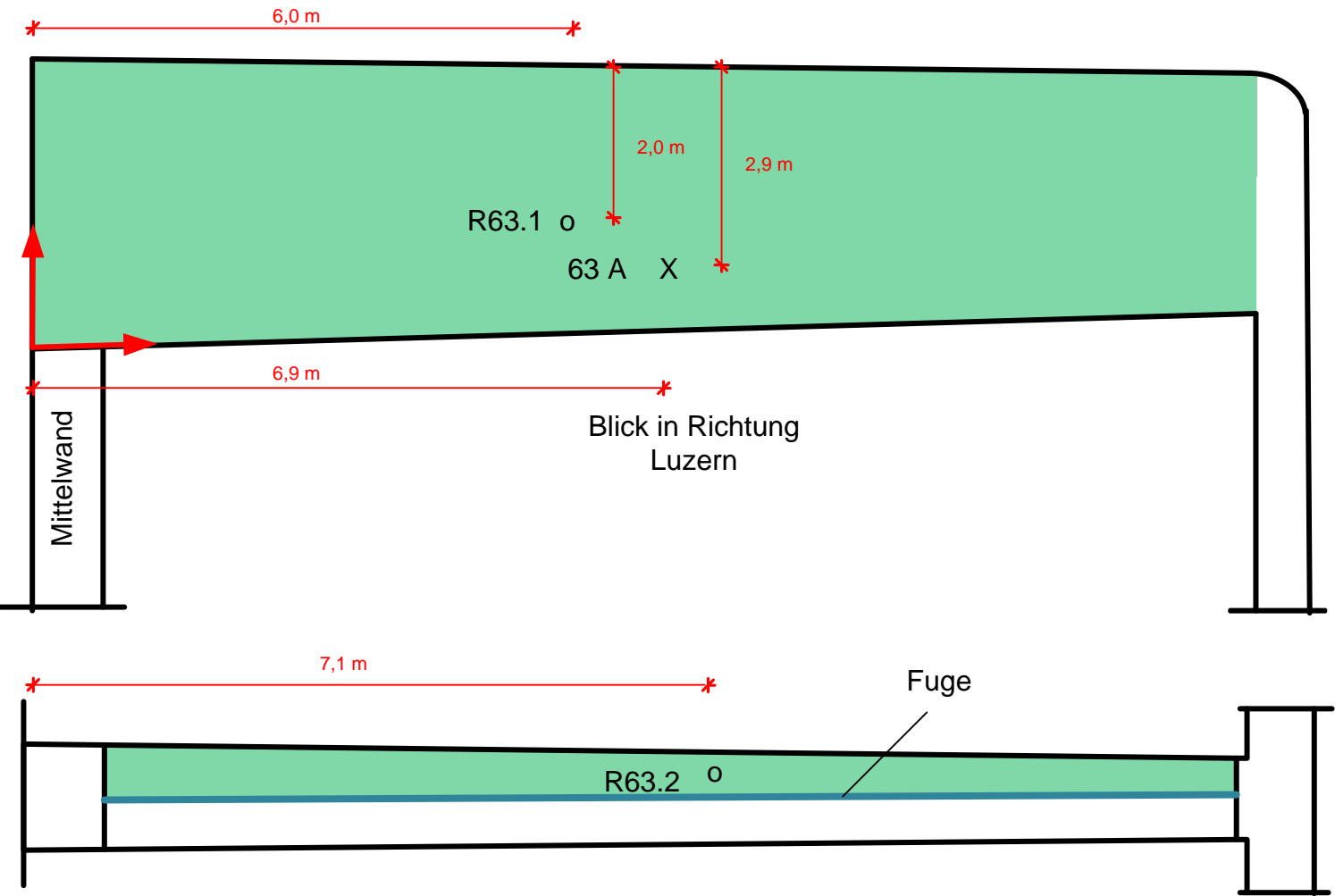
Bohrkerne

○

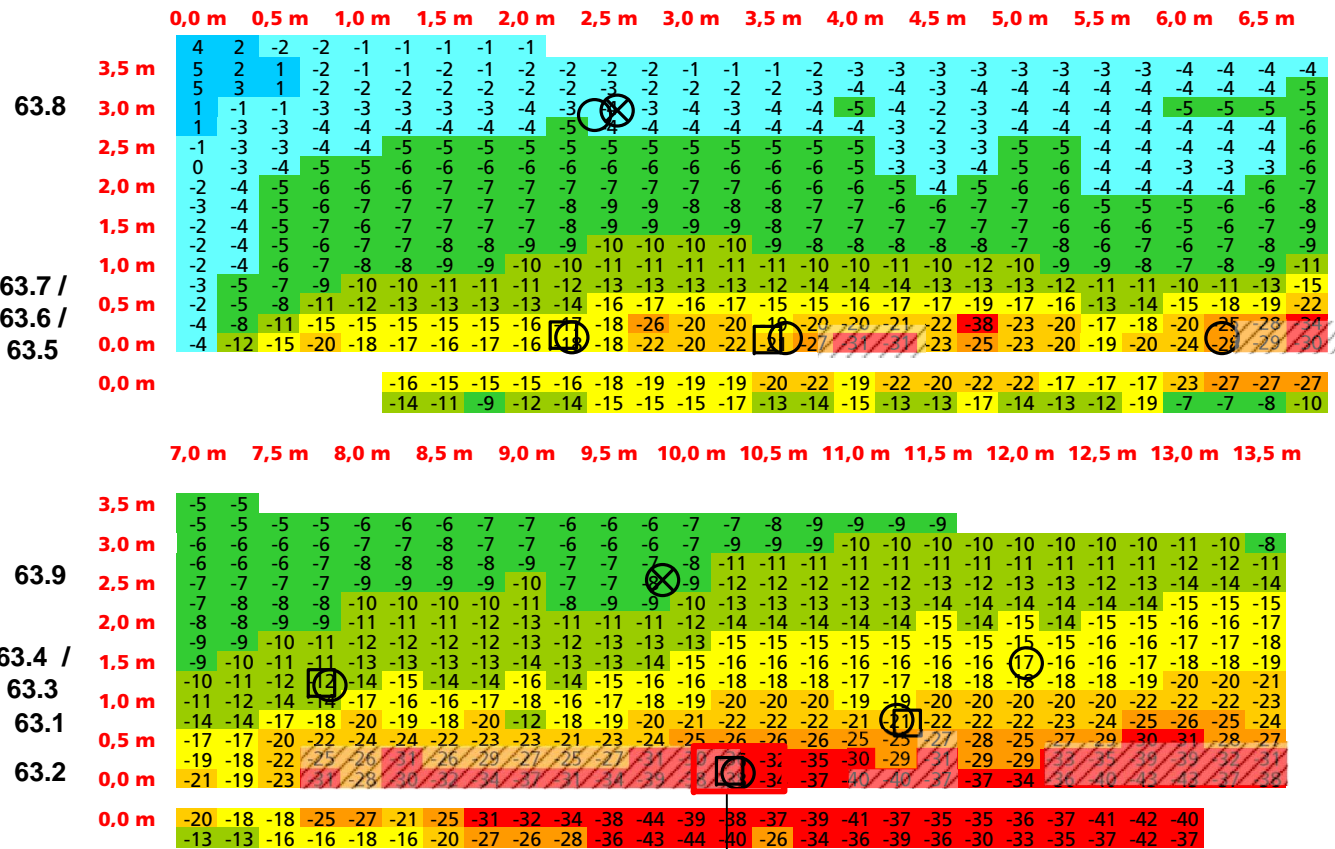
Rückprallhammer

///

Abplatzung



Abwicklung der Potenzialmessung [mV /10]



Vorspannung bei Sondierstelle 63.2:

- 1 Spanndraht KG 4, QV 20-30 %
- 1 Spanndraht KG 2
- 1 Spanndraht KG 1

→ Hüllrohr wegkorrodiert, Spanndrähte Ø 6 mm

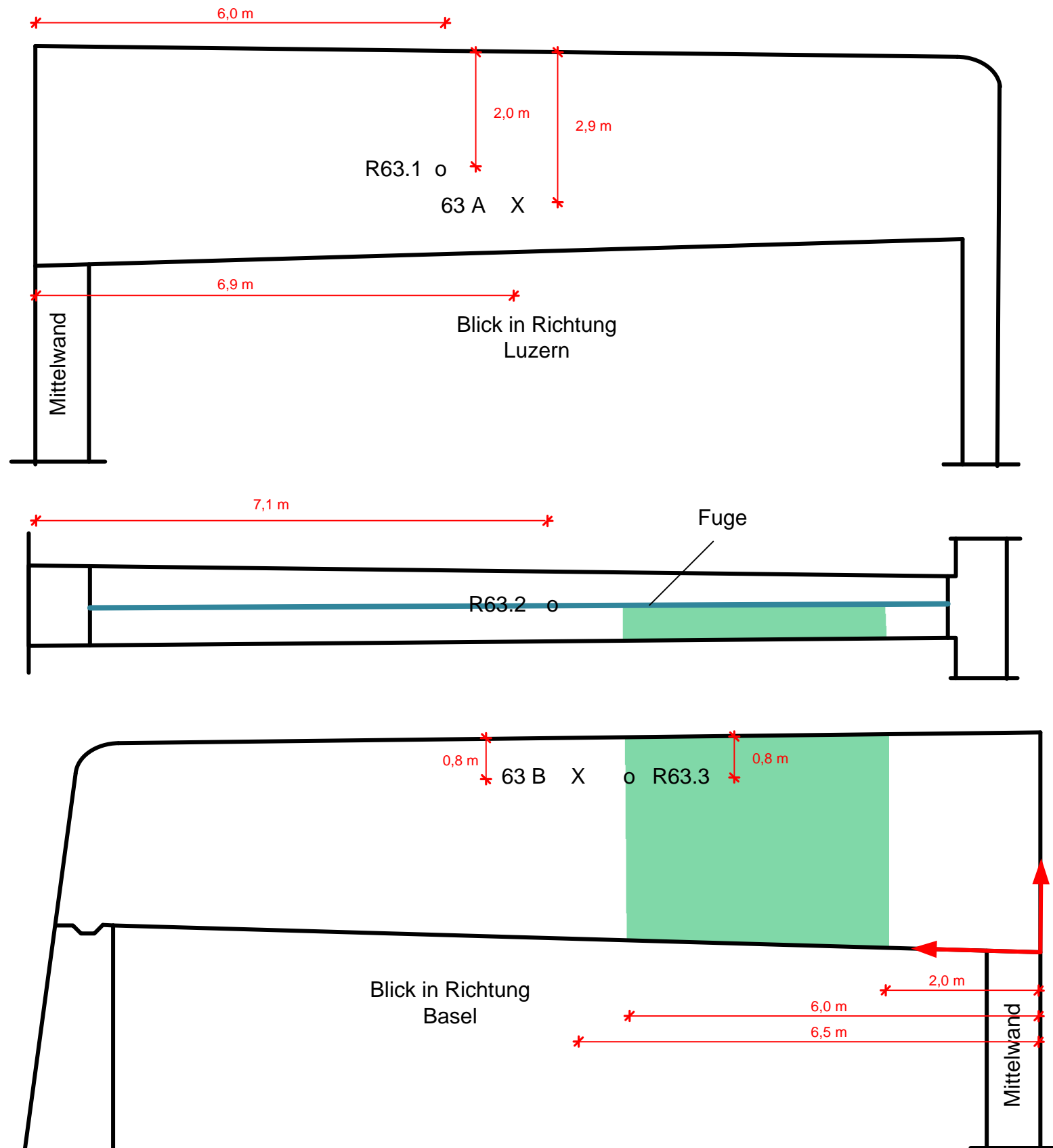
Sondier- stelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonati- sierungstiefe	Durchmes- ser Bew.	Korrosions- grad Bew.	Bemerkungen
Träger 63, FBLU					
63.1	42 mm	9-12 mm	22 mm	KG 1	BD der Vorspannung ca. 100 mm
63.2	46 mm	8-12 mm	22 mm	KG 3	Abplatzung, Nähe Hohlstelle
	52 mm		22 mm	KG 3	
	19 mm		10 mm	KG 3	
63.4	42 mm	12-28 mm	18 mm	KG 0	
63.6	20 mm	> 45 mm	18 mm	KG 4, QV 7 %	Abplatzung
63.7	21 mm	9-30 mm	12 mm	KG 2	
63.8	-	3-6 mm	-	-	
63.9	-	3-4 mm	-	-	

Bauwerksuntersuchungen

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

Bauteil: Träger Nr. 63, FBLU
Prüfdatum: 10./11. Oktober 2016, 7./8. November 2016

Legende: ○ Bohrmehlproben
□ Sondierstellen
⊗ Karbonatisierungstiefenmessungen
X Bohrkerne
○ Rückprallhammer
/// Abplatzung



Bundesamt für Strassen ASTRA, Zofingen
4.506.1 Tunnel Schweizerhalle, Basel

Anhang 2 D3050
Seite 6 von 13

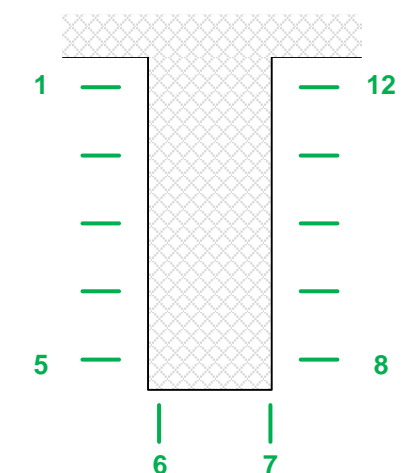
Abwicklung der Potenzialmessung [mV /10]

	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								
0,5 m	-5	-10	-3	1	2	2	-3	-1	-1	-1	-1	-5	-5	-8	-11	-10	-10
1,0 m	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-4	-3	-2	-1	-2	-4	-7	-8	-7	-5
	-1	-3	-2	-2	-2	-3	-5	-7	-4	-2	-1	-2	-4	-9	-9	-9	-3
0,0 m	-4	-3	-2	-2	-3	-3	-6	-11	-5	-4	-2	-2	-4	-18	-11	-14	-5
	-6	-6	-5	-4	-5	-5	-7	-11	-5	-6	-1	-2	-2	-6	-6	-12	-2
0,5 m	-5	-5	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-3	-1	0	-2	-2	-2	-2	1
	-5	-5	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1
1,0 m	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-1
	-3	-2	-2	-2	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	0	1	2	4
1,5 m	1	-2	-2	-1	0	3	5	6	5	4	4	4	4	3	4	5	6
	-1	-2	-2	-1	0	4	5	7	6	5	7	4	5	4	4	5	7
2,0 m	-2	-2	-2	-2	-1	2	4	6	4	3	5	2	2	3	2	2	5
	-3	-2	-2	-1	1	1	2	4	2	0	4	2	1	1	-1	-1	1
2,5 m	-2	-2	-2	-1	1	1	2	2	0	-1	2	1		-1	-2	-2	-2
	1	1	0	1	1	1	1	3	1	1	1	1	-1	-1	-2	-2	-3
3,0 m	1	1	1	1	2	2	2	3	2	1	2	1	-2	-1	-2	-2	-1
	1	1	1	1	2	3	3	4	3	2	3	3	-1	-1	-3	-2	-1
3,5 m	1	1	0	1	2	2	2	7	3	1	1	1	-1	-2	1	-3	-2
	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-2	-2			

Betondeckung der Bewehrung [mm]

	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	Mw								
1	17	31	32	27	23	52	31	42	38	61	51	71	47	59	61	-	66	46
2	42	77	63	-	63	-	78	-	76	-	-	-	77	-	-	-	75	73
3	60	73	70	69	61	77	74	-	77	-	-	-	77	-	-	-	67	72
4	39	-	68	-	42	-	56	-	47	77	61	-	53	-	63	-	47	57
5	-	25	67	17	60	18	74	20	70	11	36	16	52	10	46	18	45	37
6	35	15	51	20	37	16	26	29	39	33	47	35	50	20	42	20	15	31
7	39	47	31	54	38	52	37	36	17	23	38	53	31	54	39	52	26	39
8	43	51	30	23	11	57	18	26	22	-	18	-	6	40	27	14	25	26
9	43	-	58	-	56	-	59	-	46	74	54	64	47	50	-	-	48	56
10	57	-	68	-	27	58	66	-	64	-	69	74	62	63	70	-	63	62
11	74	68	75	49	56	66	-	45	48	53	53	46	46	54	72	41	61	56
12	77	52	63	38	47	37	-	26	38	28	46	24	24	22	-	40	60	39

* Messbereich von 2,0 m bis 6,25 m
(siehe Seite 6)



Bauwerksuntersuchungen

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

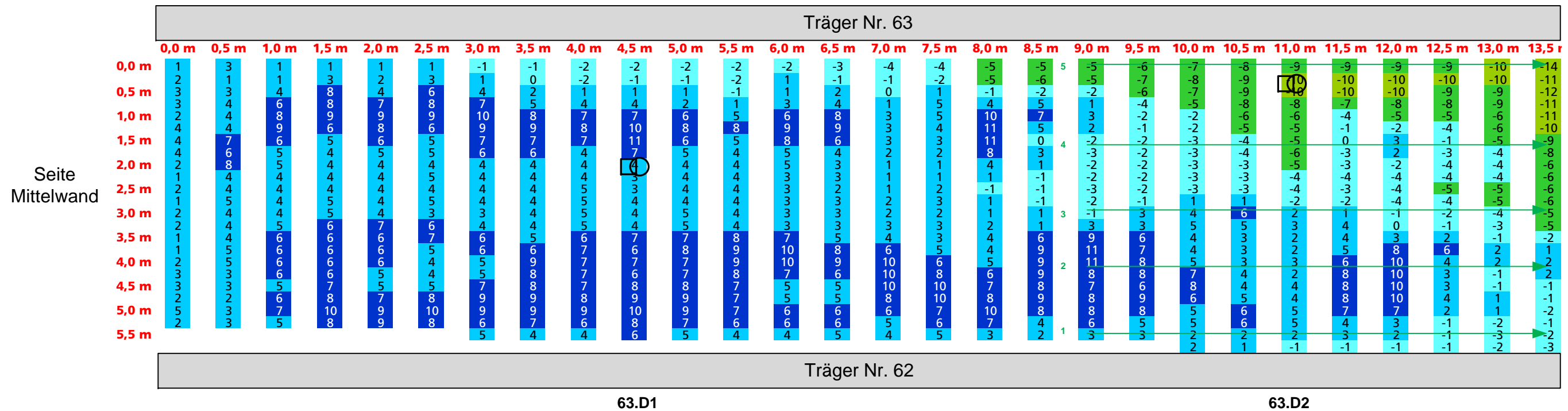
Bundesamt für Strassen ASTRA, Zofingen
4.506.1 Tunnel Schweizerhalle, Basel

Anhang 2 D3050
Seite 7 von 13

Bauteil: Deckenunterseite zwischen den Trägern Nr. 62 und Nr. 63, FBLU
Prüfdatum: 10./11. Oktober 2016, 7./8. November 2016

Legende: ○ Bohrmehlproben
□ Sondierstellen
⊗ Karbonatisierungstiefenmessungen
X Bohrkerne
○ Rückprallhammer

Potenzialmessung [mV /10]



Sondier- stelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonati- sierungstiefe	Durchmes- ser Bew.	Korrosions- grad Bew.	Bemerkungen
Deckenunterseite zwischen Träger 62 und 63, FBLU					
63.D1	30 mm	5-13 mm	26 mm	KG 1	
63.D2	30 mm	15-34 mm	26 mm	KG 3	

Betondeckung der Bewehrung [mm]

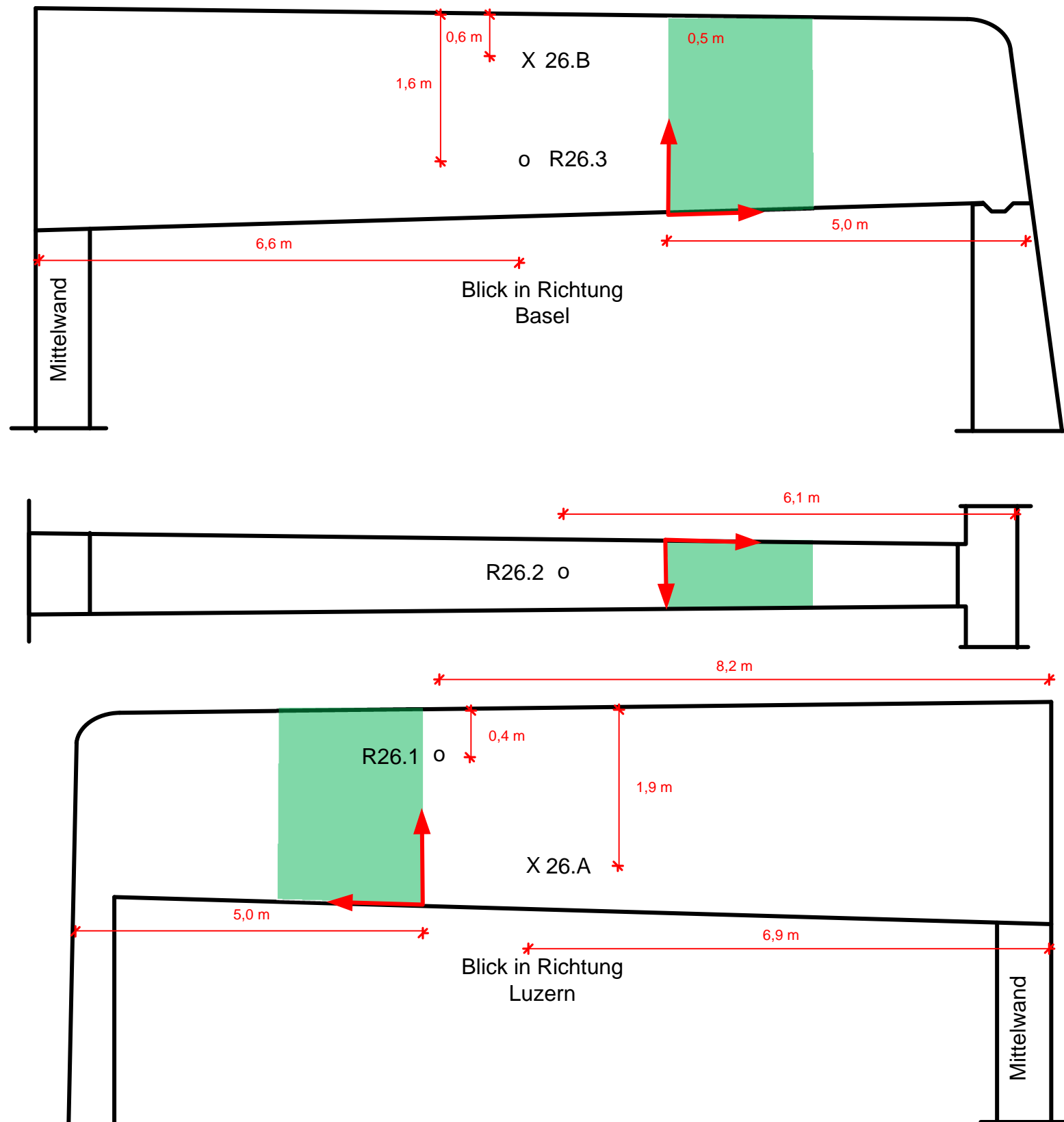
	0.0 m	0.5 m	1.0 m	1.5 m	2.0 m	2.5 m	3.0 m	3.5 m	Mw									
1	73	39	42	79	41	42	44	36	37	39	73	38	62	43	-	70	44	49
2	27	31	29	26	28	21	23	22	21	22	26	28	24	26	39	27	40	27
3	32	37	37	33	30	26	35	31	32	31	30	29	26	34	48	25	35	32
4	39	34	38	44	37	35	43	37	37	37	45	37	46	39	45	50	80	43
5	41	41	40	76	39	35	38	38	61	36	84	42	57	42	-	-	48	48

Bauwerksuntersuchungen

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

Bauteil: Träger Nr. 26, FBBS
Prüfdatum: 11./12 Oktober 2016, 8./9. November 2016

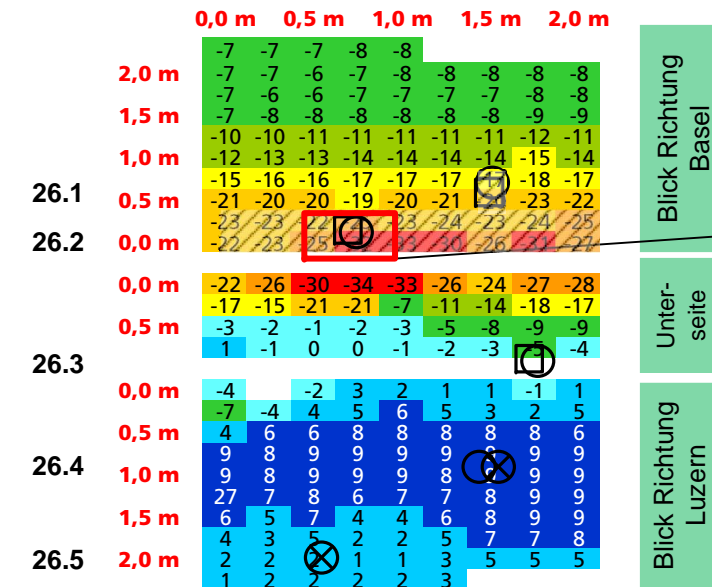
Legende: ○ Bohrmehlproben
□ Sondierstellen
⊗ Karbonatisierungstiefenmessungen
X Bohrkerne
○ Rückprallhammer
/// Abplatzung / Hohlstelle



Bundesamt für Strassen ASTRA, Zofingen
4.506.1 Tunnel Schweizerhalle, Basel

Anhang 2 D3050
Seite 8 von 13

Abwicklung der Potenzialmessung [mV / 10]

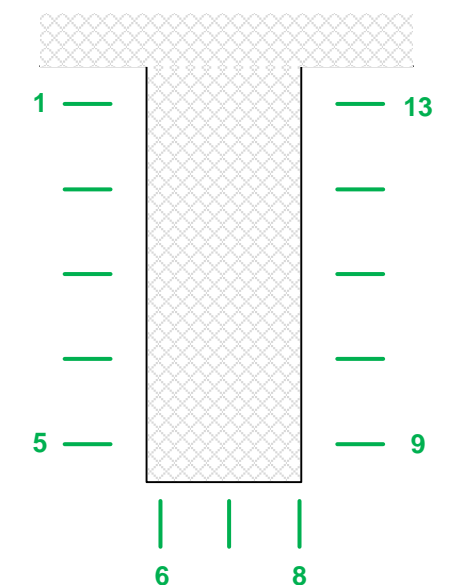


Vorspannung bei Sondierstelle 26.2:

- Hüllrohr durchkorrodiert
- Spanndrähte nahe Oberfläche KG 4, QV 10-20 %
- Spanndrähte mit ca. 15 mm Injektionsgut überdeckt KG 0

Betondeckung der Bewehrung [mm]

	0.0 m	0.5 m	1.0 m	1.5 m	2.0 m	Mw.
1	54	61	61	47	49	56
2	54	73	66	52	58	58
3	46	55	51	45	39	48
4	48	51	54	37	40	54
5	56	21	35	32	44	26
6	38	55	38	54	25	48
7	34	42	36	39	27	44
8	36	62	16	45	11	53
9	-	-	52	52	60	48
10	>80	76	>80	60	>80	62
11	>80	65	>80	53	>80	62
12	>80	60	>80	53	69	57
13	74	62	>80	46	>80	58



Sondier-stelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonati-sierungstiefe	Durchmes-ser Bew.	Korrosions-grad Bew.	Bemerkungen
Träger 26, FBBS					
26.1	39 mm	38-50 mm	18 mm	KG 4, QV 6 %	Abplatzung
26.2	38 mm	12-28 mm	18 mm	KG 3	Abplatzung
26.3	38 mm	20-31 mm	18 mm	KG 1	
26.4	-	19-23 mm	-	-	
26.5	-	12-19 mm	-	-	

Bauwerksuntersuchungen

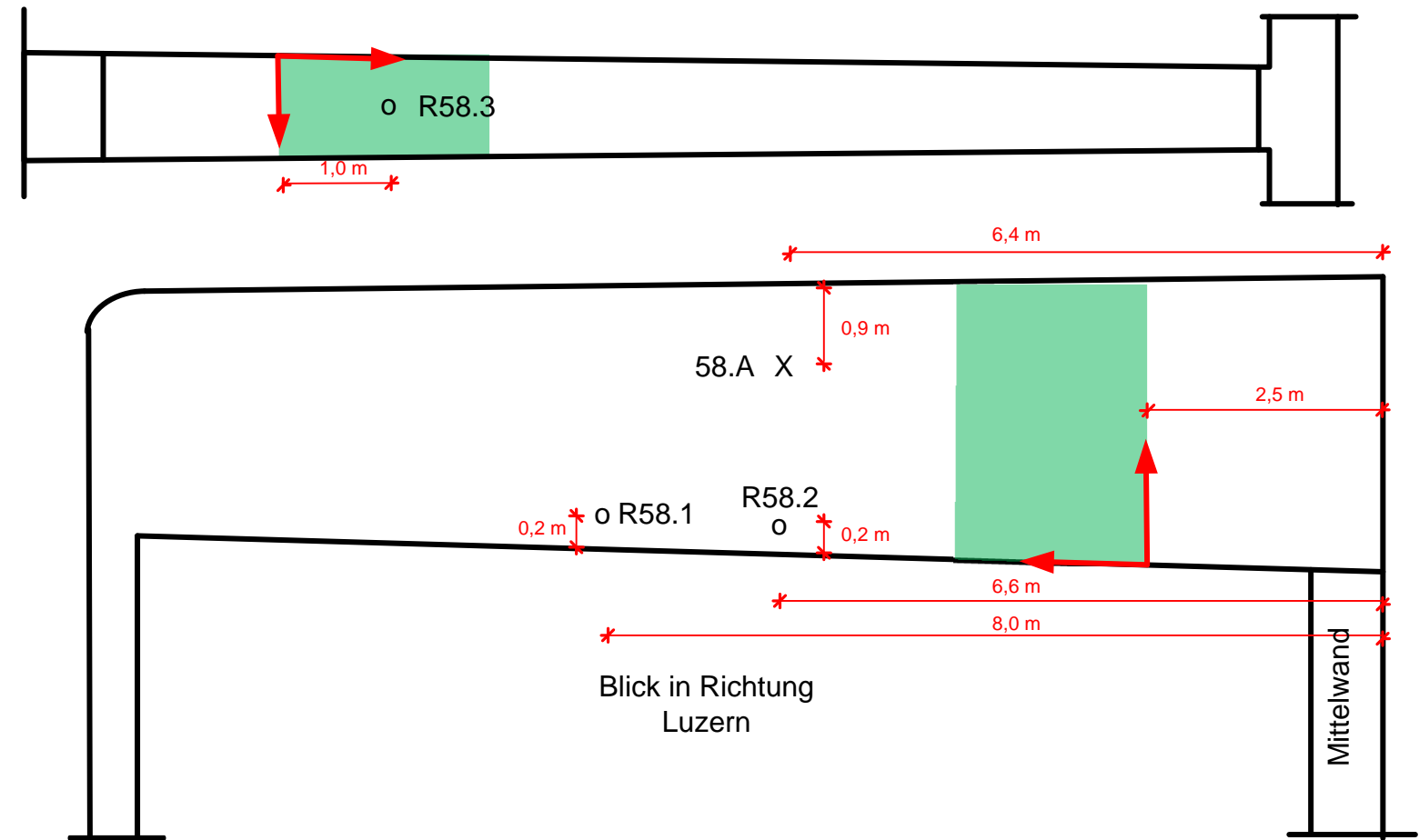
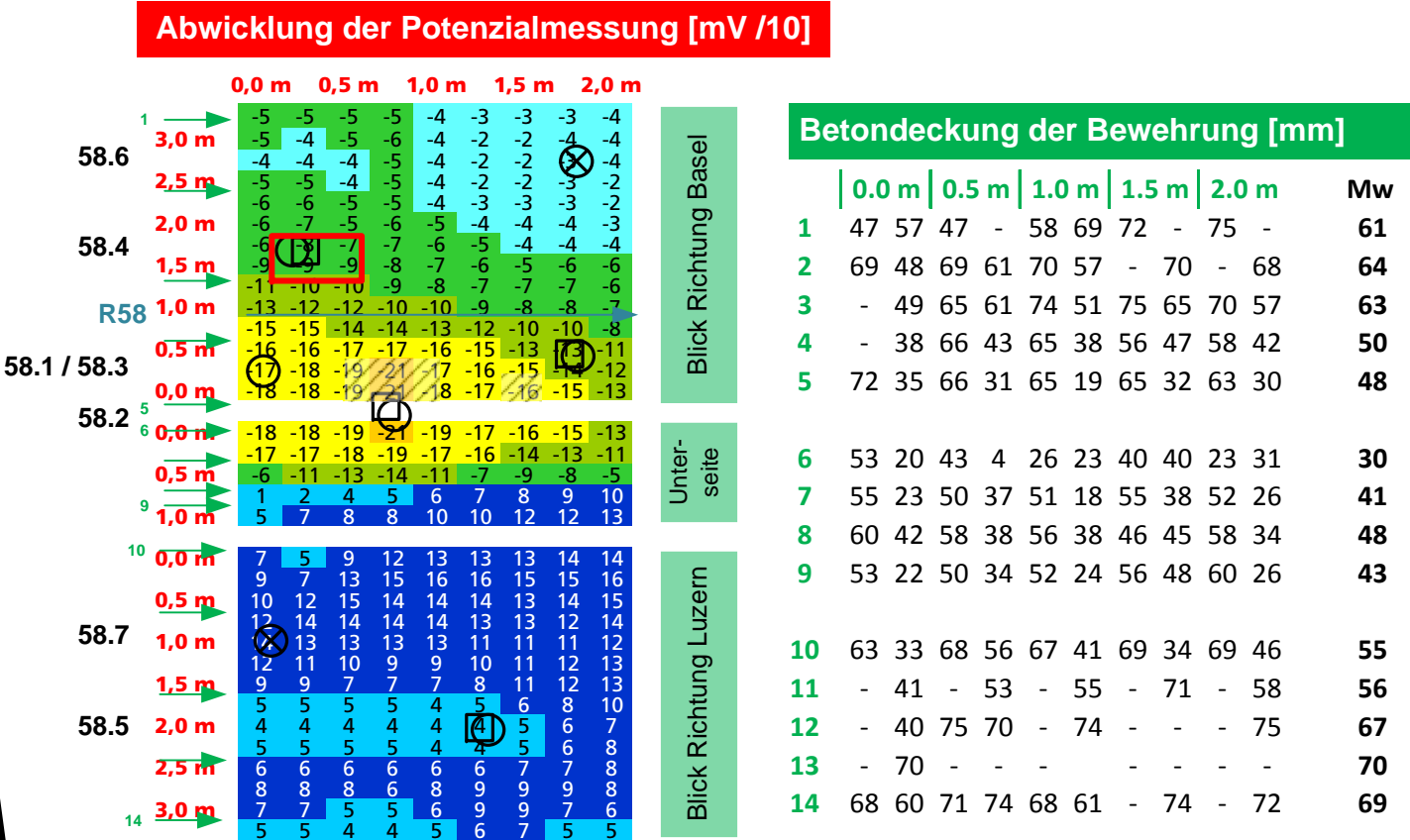
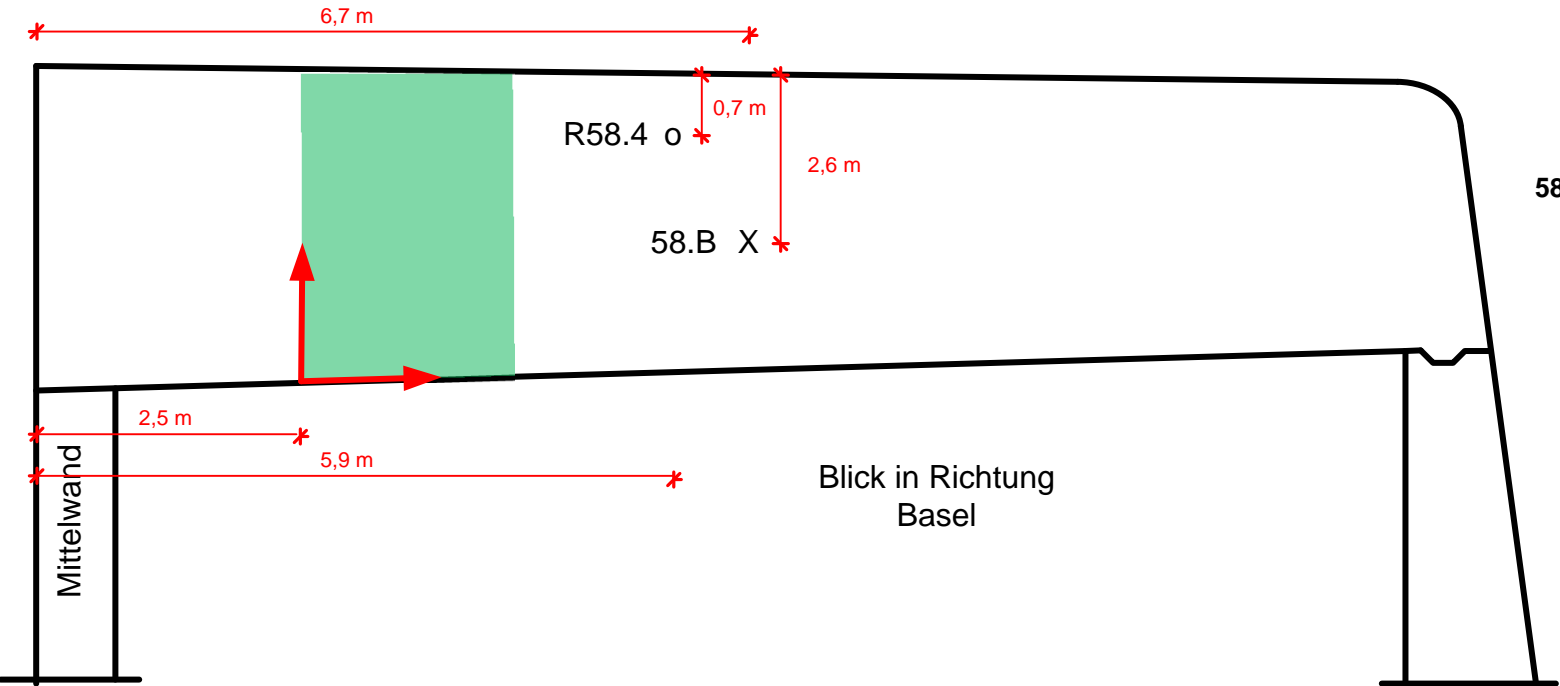
Bauteil: Träger Nr. 58, FBBS
Prüfdatum: 11./12 Oktober 2016, 8./9. November 2016
Legende: ○ Bohrmehlproben
□ Sondierstellen
⊗ Karbonatisierungstiefenmessungen

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

Bundesamt für Strassen ASTRA, Zofingen
4.506.1 Tunnel Schweizerhalle, Basel

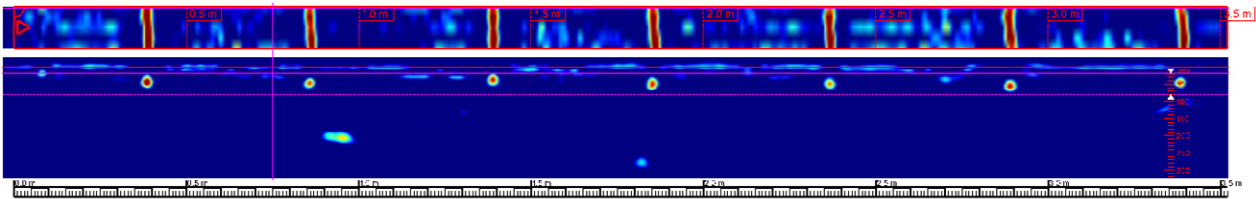
Anhang 2 D3050
Seite 9 von 13

X Bohrkerne
○ Rückprallhammer
/// Hohlstelle



Sondier- stelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonati- sierungstiefe	Durchmes- ser Bew.	Korrosions- grad Bew.	Bemerkungen
Träger 58, FBBS					
58.2	29 mm	12-32 mm	10 mm	KG 4, QV 6 %	Hohlstelle
	67 mm		22 mm	KG 1	
58.3	36 mm	13-36 mm	10 mm	KG 3	Nähe Hohlstelle
58.4	51 mm	6-22 mm	8 mm	KG 0	
	20 mm			KG 3	Hüllrohr blank
	(Montageeisen)				
58.5	70 mm	5-16 mm	-	-	
58.6	-	4-25 mm	-	-	
58.7	-	20-22 mm	-	-	

R58 Radarmessungen - Bewehrungsabstände



7 Bewehrungen, 3,0 m → a = 500 mm

Bauwerksuntersuchungen

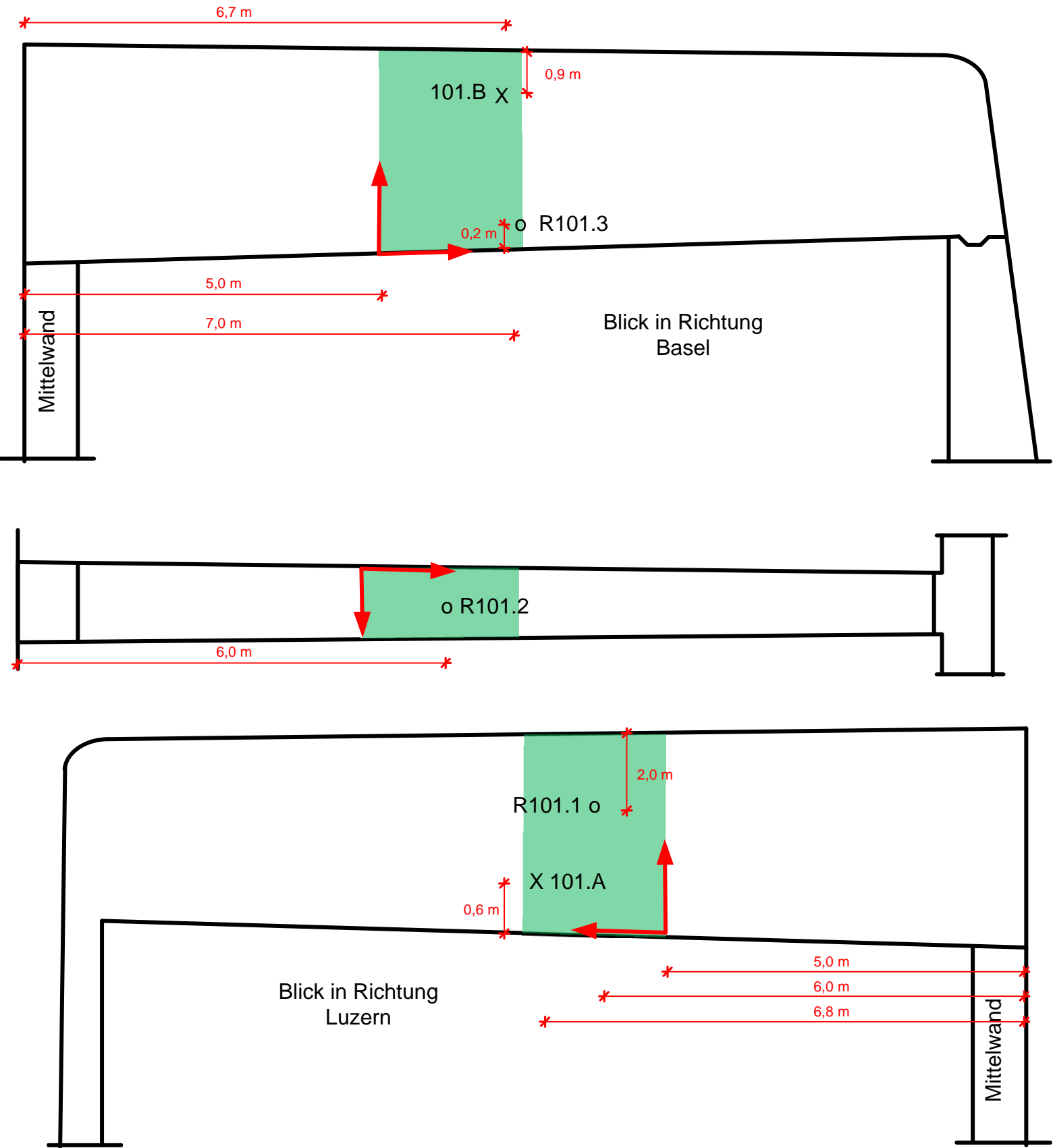
Bauteil: Träger Nr. 101, FBBS
Prüfdatum: 11./12 Oktober 2016, 8./9. November 2016

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

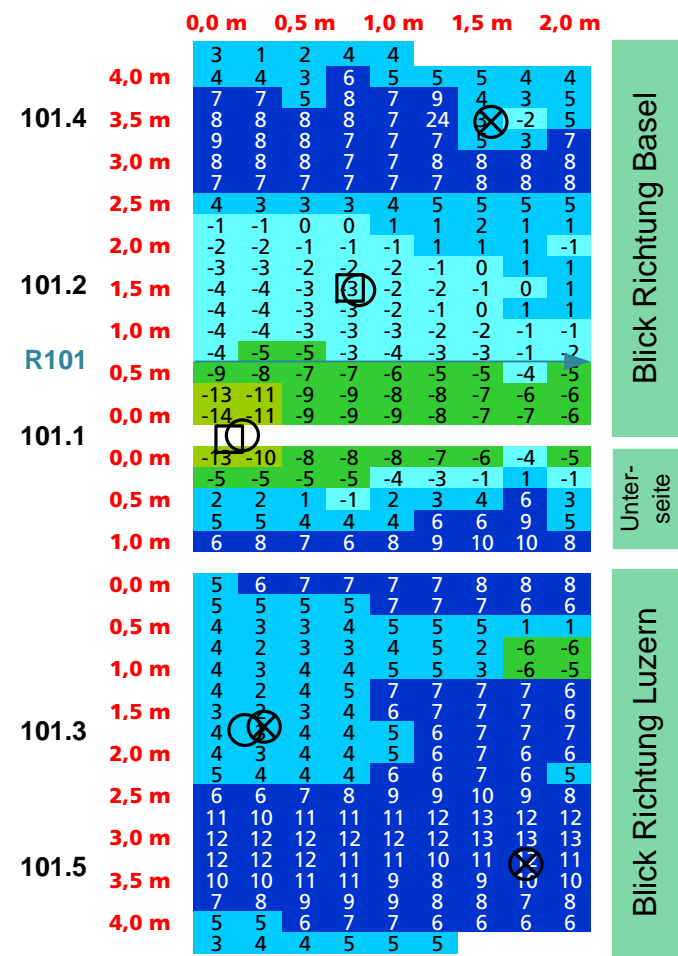
Bundesamt für Strassen ASTRA, Zofingen
4.506.1 Tunnel Schweizerhalle, Basel

Anhang 2 D3050
Seite 10 von 13

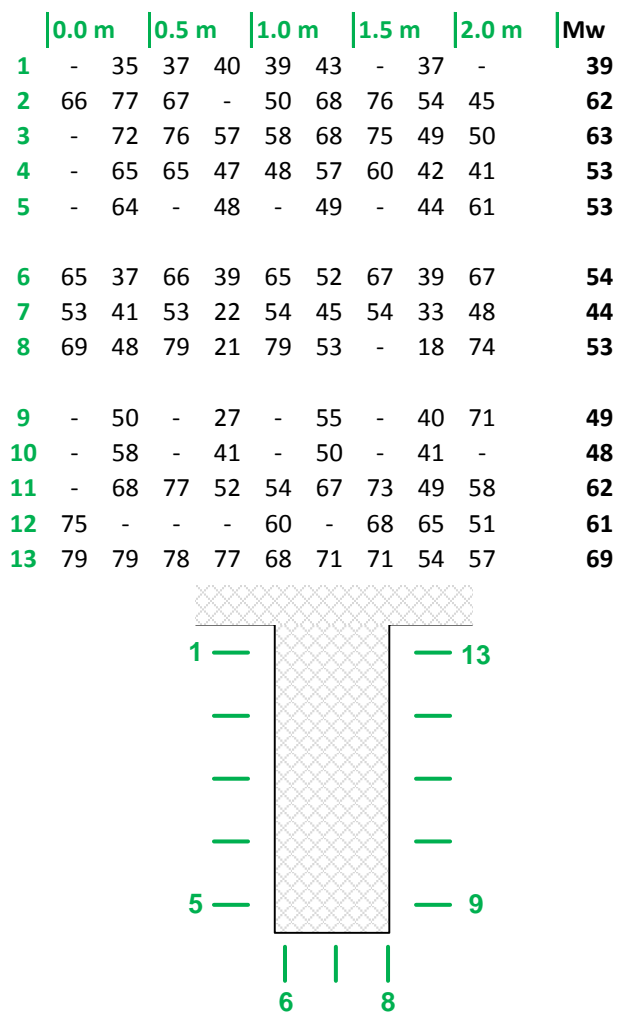
- Legende: ○ Bohrmehlproben
□ Sondierstellen
⊗ Karbonatisierungstiefenmessungen
X Bohrkerne
○ Rückprallhammer



Abwicklung der Potenzialmessung [mV / 10]

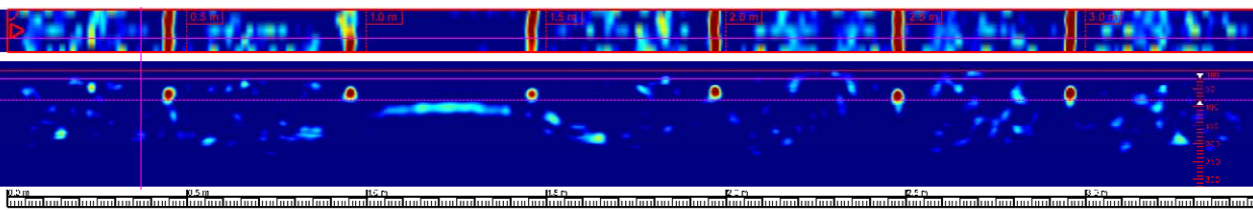


Betondeckung der Bewehrung [mm]



Sondier- stelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonati- sierungstiefe	Durchmes- ser Bew.	Korrosions- grad Bew.	Bemerkungen
Träger 101, FBBS					
101.1	37 mm	34-50 mm	18 mm	KG 3	Gering kiesnestartig
101.2	50 mm	2-19 mm	18 mm	KG 1	Nähe Hohlstelle
101.3	-	1-14 mm	-	-	
101.4	-	5-16 mm	-	-	
101.5	-	16-26 mm	-	-	

R101 Radarmessungen - Bewehrungsabstände



6 Bewehrungen, 2,6 m → a = 520 mm

Bauwerksuntersuchungen

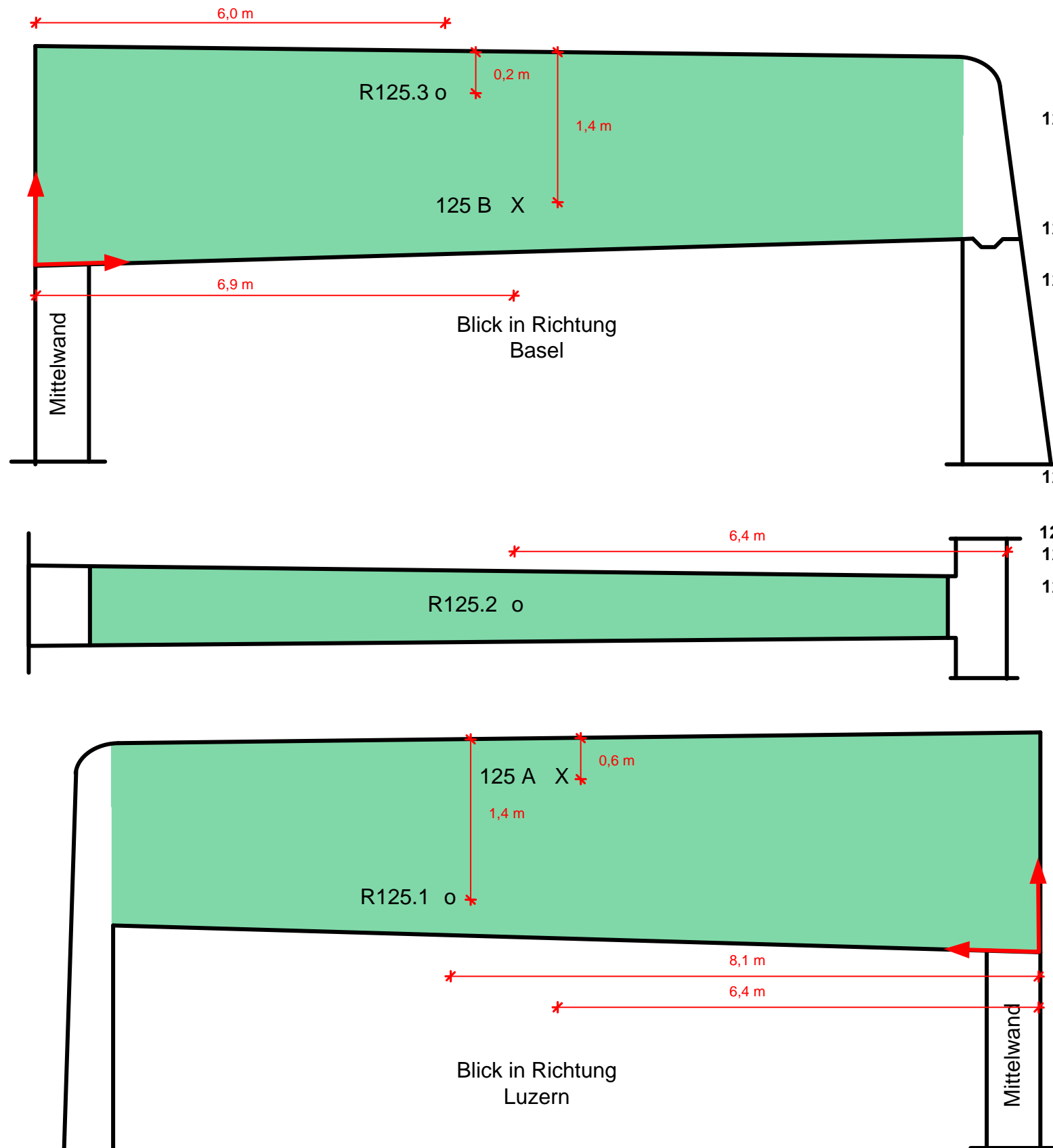
Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

Bundesamt für Strassen ASTRA, Zofingen
4.506.1 Tunnel Schweizerhalle, Basel

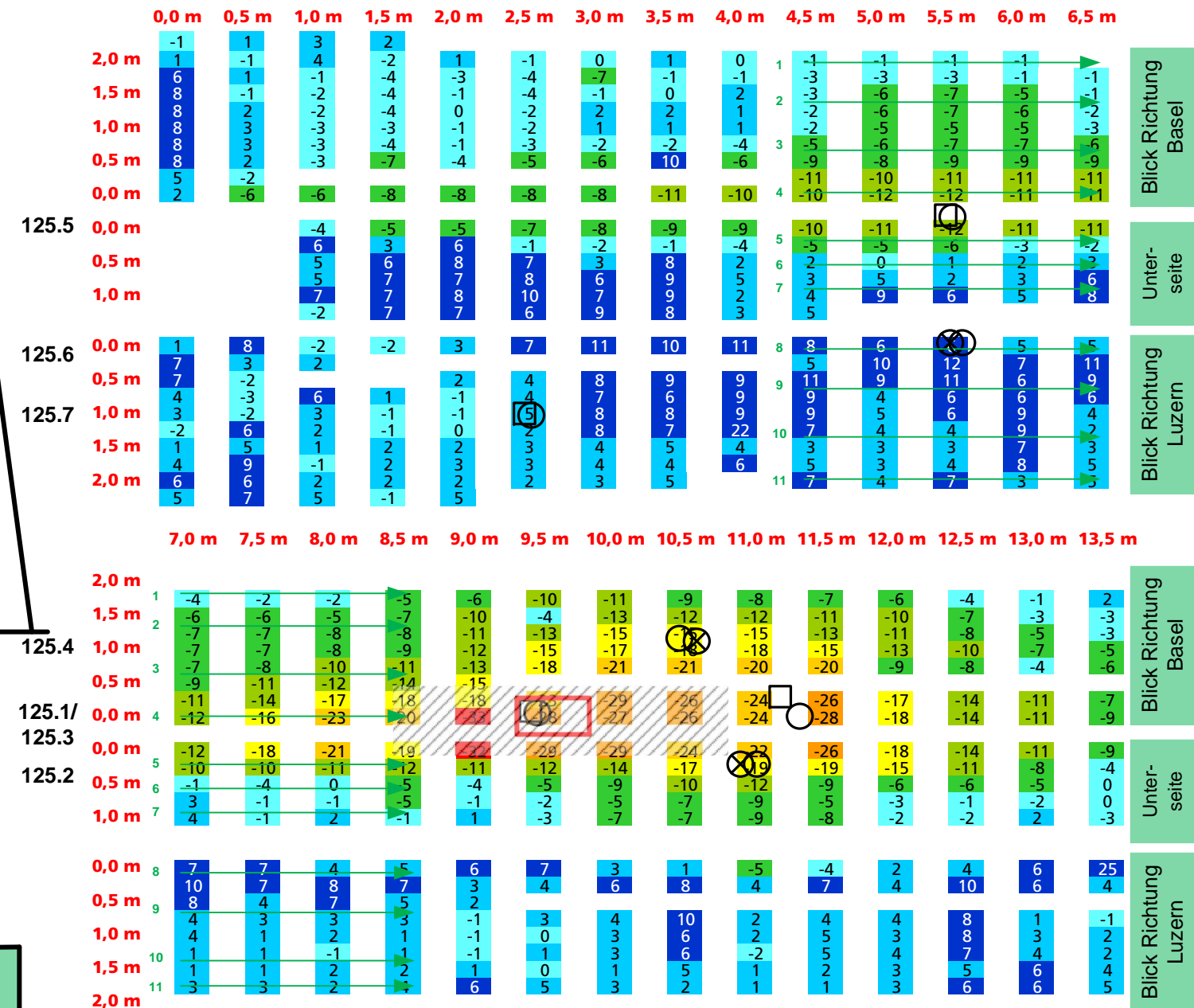
Anhang 2 D3050
Seite 11 von 13

Bauteil: Träger Nr. 125, FBBS
Prüfdatum: 11./12 Oktober 2016, 8./9. November 2016

- Legende: ○ Bohrmehlproben
□ Sondierstellen
⊗ Karbonatisierungstiefenmessungen
X Bohrkerne
○ Rückprallhammer
/// Abplatzungen



Abwicklung der Potenzialmessung [mV /10]



Sondier- stelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonati- sierungstiefe	Durchmes- ser Bew.	Korrosions- grad Bew.	Bemerkungen
Träger 125, FBBS					
125.1	39 mm 45 mm 74 mm	7-29 mm	18 mm 30 mm 22 mm	KG 4, QV 20 % - KG 4, QV 10 %	Abplatzung, Vorspannung freiliegend (BD ca. 60 mm)
125.2	-	3-7 mm	-	-	
125.3	52 mm	22-24 mm	10 mm	KG 1	Riss, Vorspannung BD ca. 100 mm
125.4	-	9-15 mm	-	-	
125.5	45 mm	5-15 mm	18 mm	KG 0	
125.6	-	5-12 mm	-	-	
125.7	50 mm	16-25 mm	18 mm	KG 0	

Bauwerksuntersuchungen

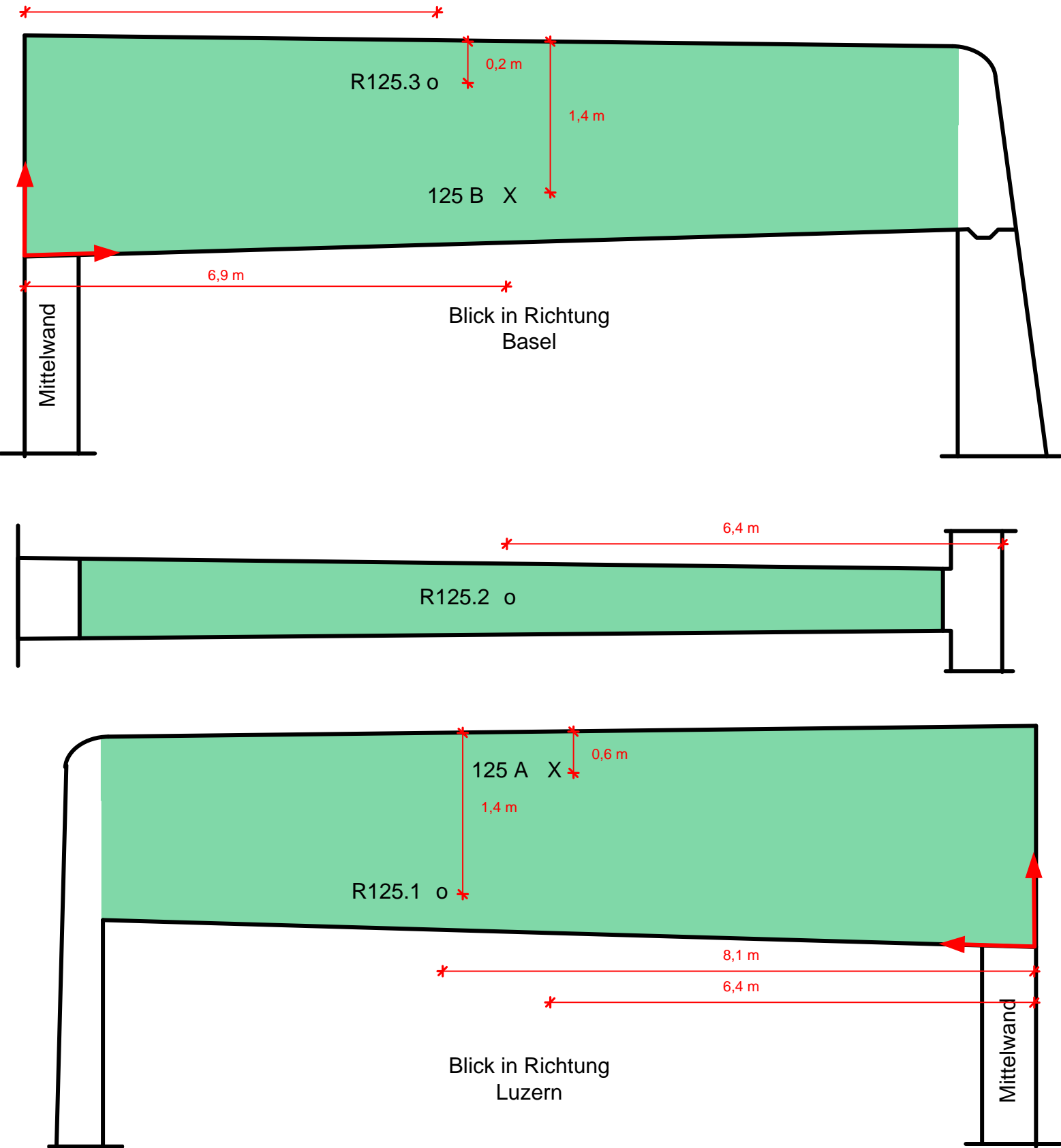
Bauteil: Träger Nr. 125, FBBS
Prüfdatum: 11./12 Oktober 2016, 8./9. November 2016

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

Bundesamt für Strassen ASTRA, Zofingen
4.506.1 Tunnel Schweizerhalle, Basel

Anhang 2 D3050
Seite 12 von 13

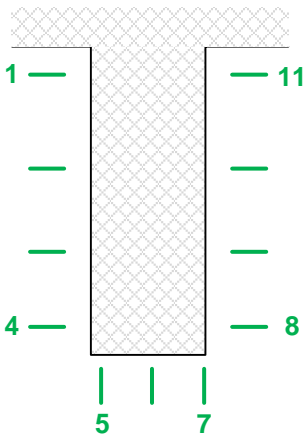
- Legende: ○ Bohrmehlproben
□ Sondierstellen
⊗ Karbonatisierungstiefenmessungen
- X Bohrkerne
○ Rückprallhammer



Betondeckung der Bewehrung [mm]

	4.5 m	5.5 m	6.5 m	7.5 m	Mw			
1	48	53	55	62	55	63	57	
2	45	51	52	57	46	53	46	58
3	40	47	48	55	44	51	43	56
4	41	39	45	45	41	47	36	40
5	21	48	27	43	35	36	29	45
6	33	42	34	41	26	34	33	42
7	34	52	46	47	39	42	18	48
8	58	51	53	40	39	33	41	38
9	57	66	53	64	45	52	45	48
10	51	57	46	58	52	60	63	66
11	62	60	62	52	61	63	71	72

* Messbereich von 4,5 m bis 8,5 m (siehe Seite 11)



Bauwerksuntersuchungen

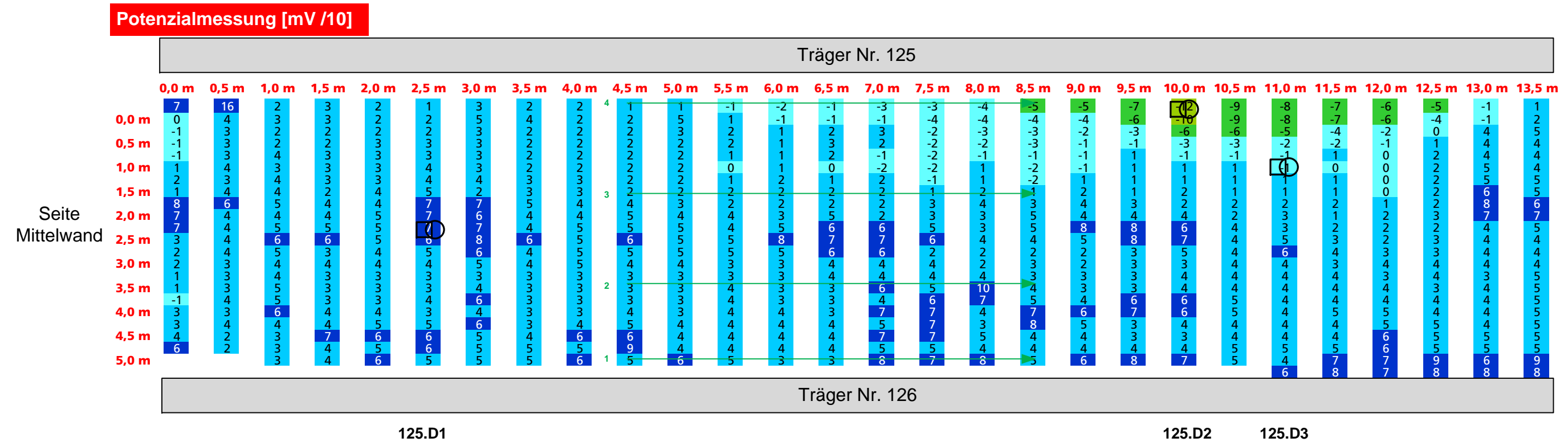
Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

Bundesamt für Strassen ASTRA, Zofingen
4.506.1 Tunnel Schweizerhalle, Basel

Anhang 2 D3050
Seite 13 von 13

Bauteil: Deckenunterseite zwischen Träger Nr. 125 und Nr. 126, FBBS
Prüfdatum: 11./12 Oktober 2016, 8./9. November 2016

Legende: ○ Bohrmehlproben
□ Sondierstellen
⊗ Karbonatisierungstiefenmessungen
X Bohrkerne
○ Rückprallhammer



Sondier- stelle	Betondeckung der Bewehrung	Karbonati- sierungstiefe	Durchmes- ser Bew.	Korrosions- grad Bew.	Bemerkungen
Deckenunterseite zwischen Träger 125 und 126, FBBS					
125.D1	32 mm	8-23 mm	24 mm	KG 0	
125.D2	3 mm	4-10 mm	24 mm	KG 3	
125.D3	34 mm	4-12 mm	24 mm	KG 0	

Betondeckung der Bewehrung [mm]

	0.0 m		0.5 m		1.0 m		1.5 m		2.0 m		2.5 m		3.0 m		3.5 m		Mw
1	52	27	28	35	58	28	27	59	27	38	40	42	35	29	22	20	35
2	40	36	37	27	29	23	27	31	32	30	30	43	37	40	17	38	32
3	37	33	33	32	32	32	30	37	43	39	28	32	31	33	34	30	34
4	66	32	33	37	34	30	53	33	39	41	34	37	38	38	37	37	39

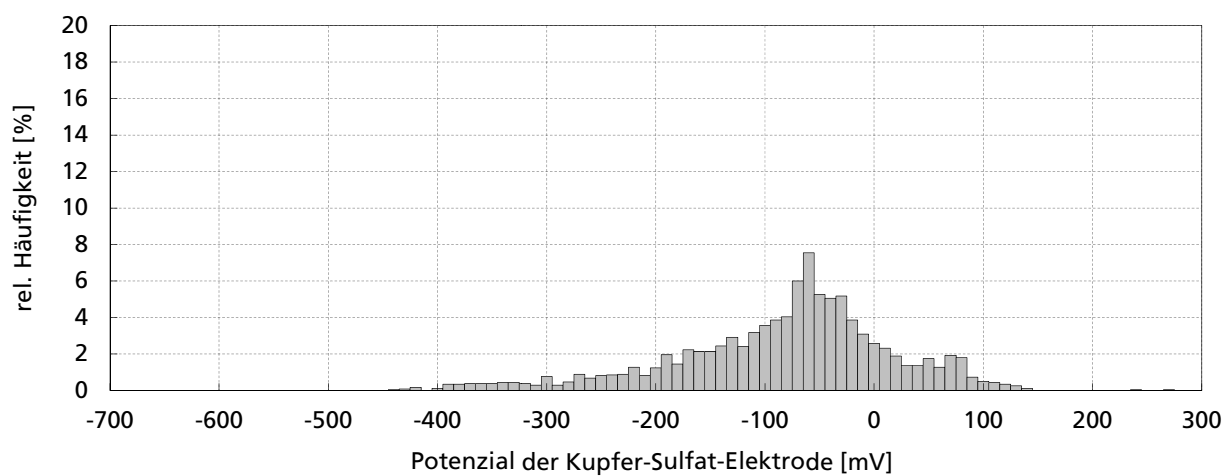
Potenzialmessungen, Häufigkeiten

Grundlage: SIA Merkblatt 2006
Tecnotest Prüfanweisung PD061

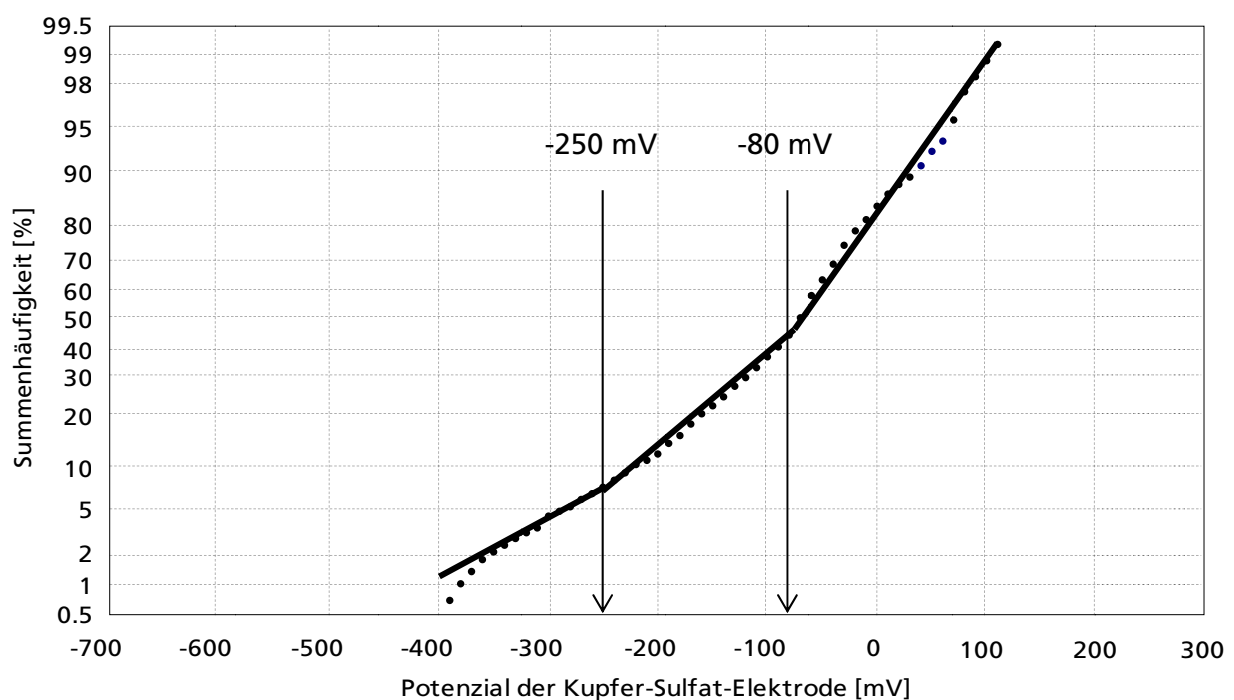
Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

Bauteil: Träger, Fahrtrichtung + Unterseite
Anzahl Werte: 2332

Relative Häufigkeiten [%] (Histogramm)



Summenhäufigkeit der Messwerte [%]



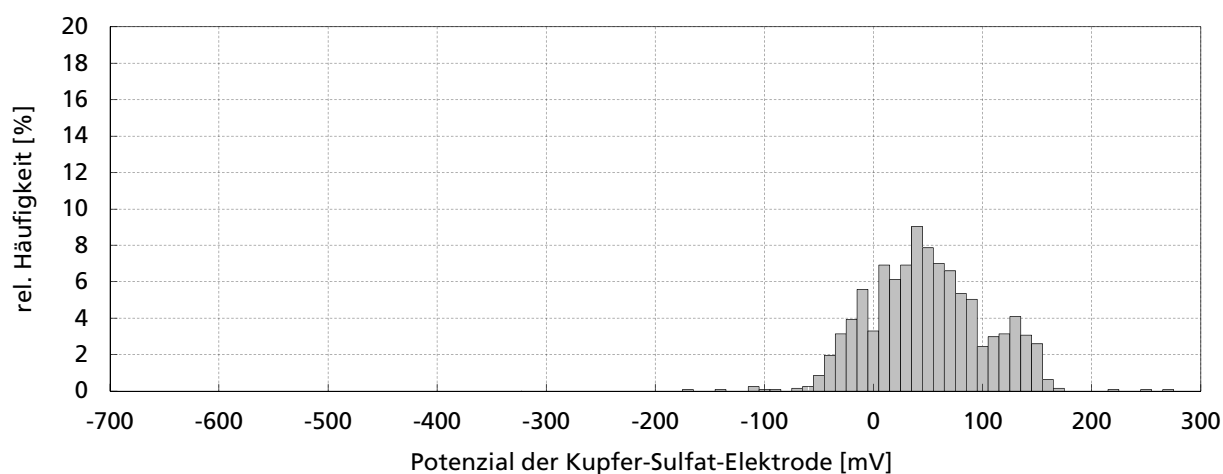
Potenzialmessungen, Häufigkeiten

Grundlage: SIA Merkblatt 2006
Tecnotest Prüfanweisung PD061

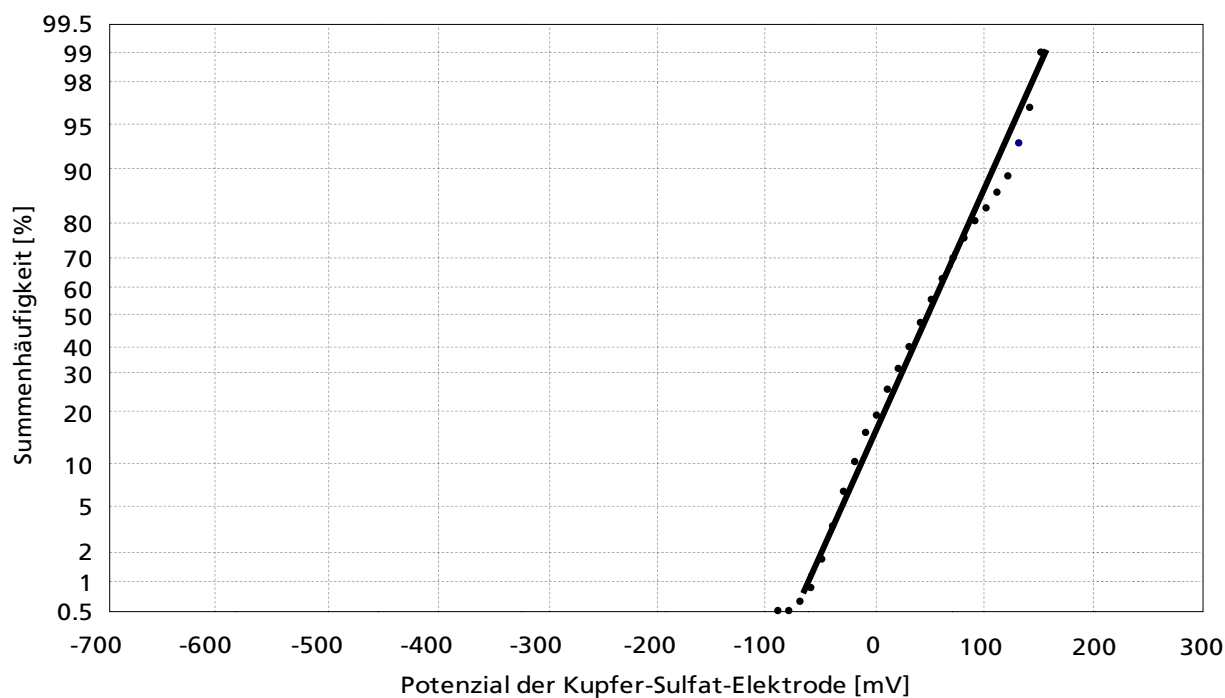
Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

Bauteil: Träger, Gegenfahrtrichtung
Anzahl Werte: 1271

Relative Häufigkeiten [%] (Histogramm)



Summenhäufigkeit der Messwerte [%]



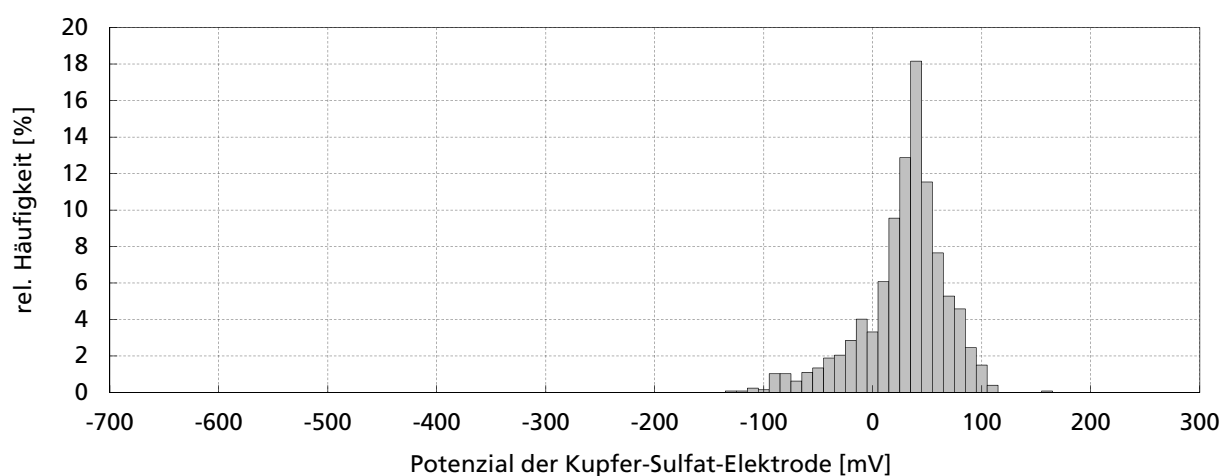
Potenzialmessungen, Häufigkeiten

Grundlage: SIA Merkblatt 2006
Tecnotest Prüfanweisung PD061

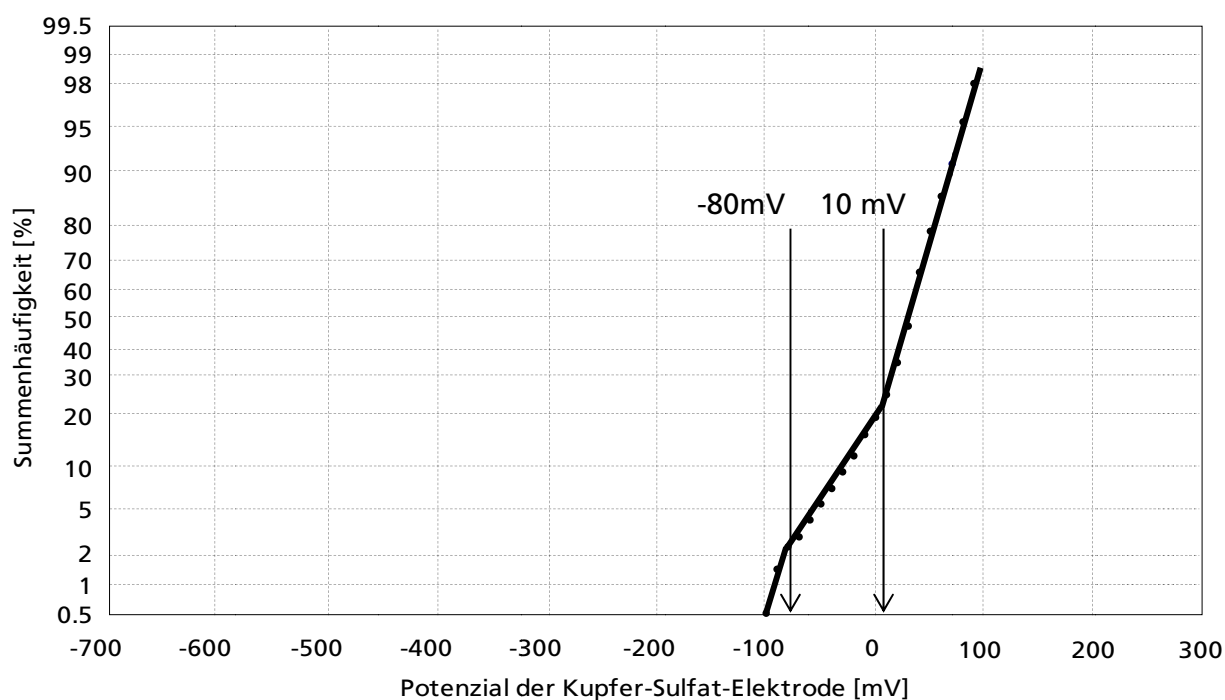
Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

Bauteil: Deckenunterseite, FBBS und FBLU
Anzahl Werte: 1266

Relative Häufigkeiten [%] (Histogramm)



Summenhäufigkeit der Messwerte [%]



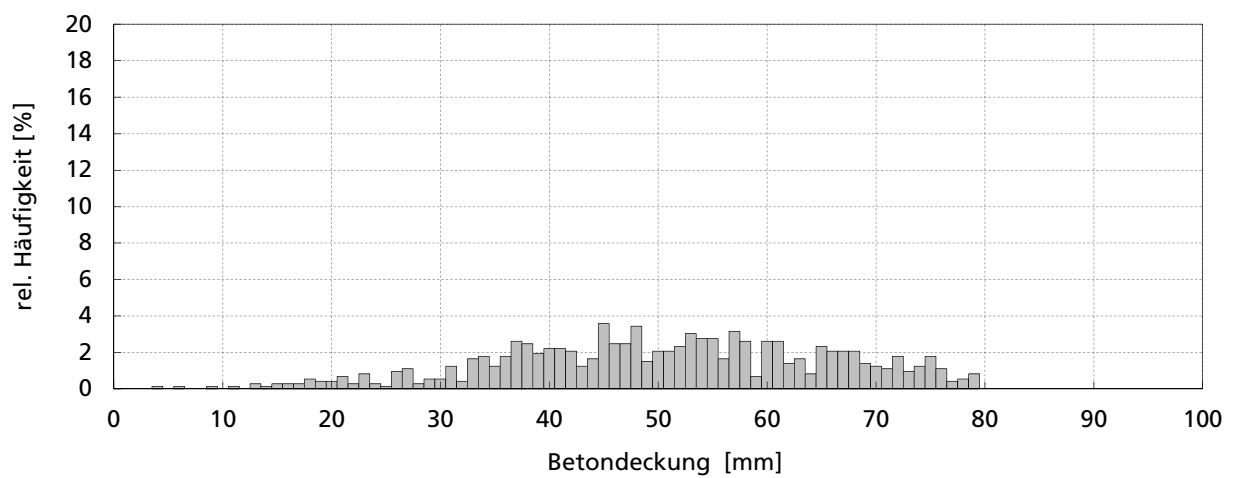
Betondeckung, Statistik

Grundlage: SIA 269/2
Tecnotest Prüfanweisung PD050

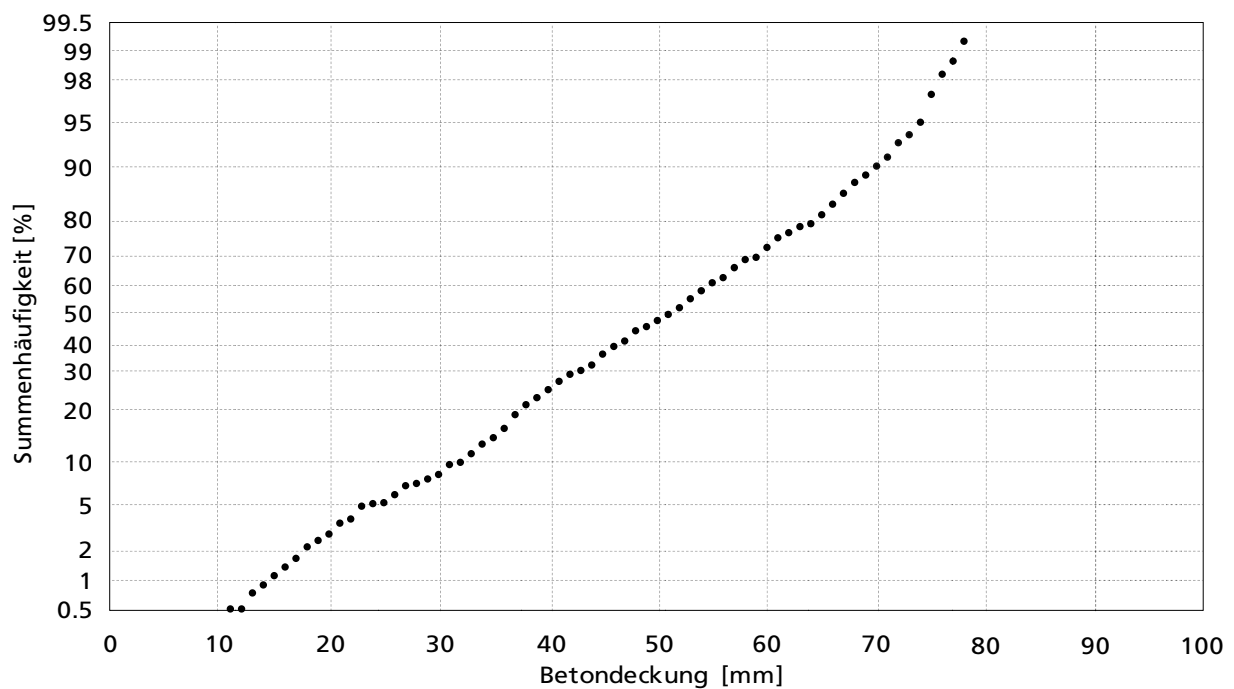
Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

Bauteil: Träger
Anzahl Werte: 726
Mittelwert: 51 mm
Standardabw.: 15 mm

Relative Häufigkeiten [%] (Histogramm)



Summenhäufigkeit der Messwerte [%]



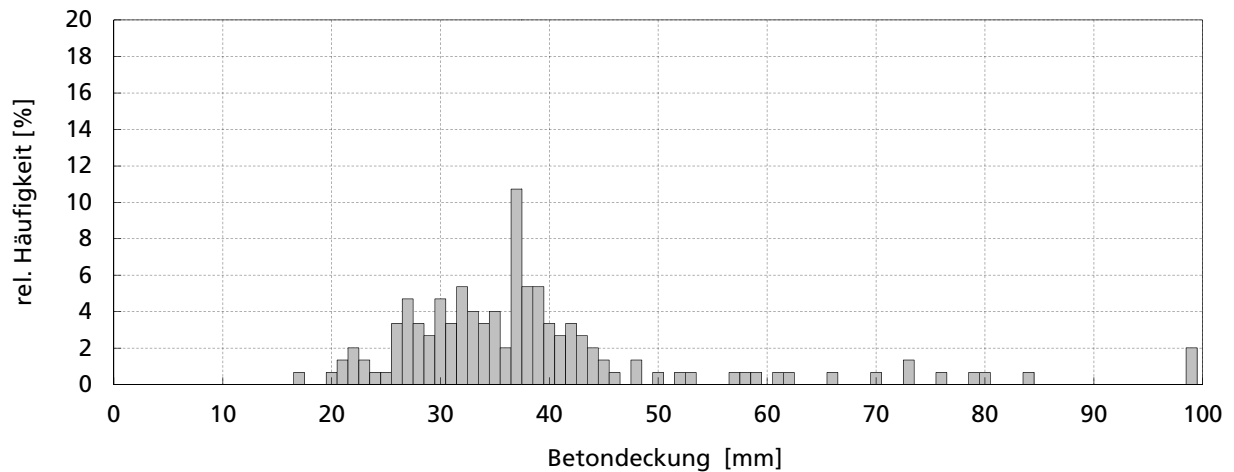
Betondeckung, Statistik

Grundlage: SIA 269/2
Tecnotest Prüfanweisung PD050

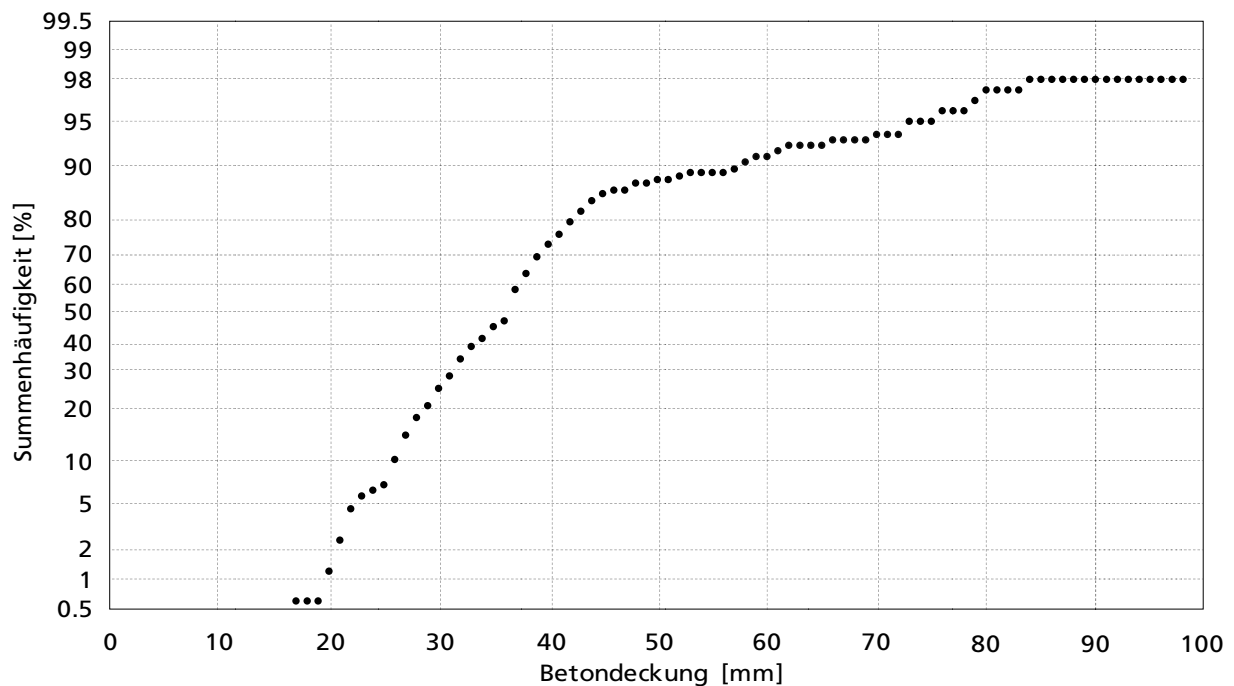
Ergebnisblatt
Auftrag: D3050

Bauteil: Deckenunterseite
Anzahl Werte: 149
Mittelwert: 39 mm
Standardabw.: 15 mm

Relative Häufigkeiten [%] (Histogramm)



Summenhäufigkeit der Messwerte [%]



Übersichtsfotos



Bild 1 An den Trägern und den Deckenunterseiten des Tunnels Schweizerhalle wurden materialtechnologische Zustandsuntersuchungen in Form von Potenzialfeldmessungen, Betondeckungsmessungen der Bewehrung, Probenahmen und Sondierungen durchgeführt.



Bild 2 Im unteren Bereich der Träger sind zahlreiche Betonabplatzungen mit freiliegenden Bewehrungen und Vorspannungen sichtbar.

Übersichtsfotos



Bild 3 Bei den meisten sichtbaren Vorspannungen ist das metallische Hüllrohr wegkorrodiert und das Injektionsgut resp. die Spannglieder sind sichtbar.



Bild 4 An zwei an die Träger angrenzenden Deckenfeldern wurden ebenfalls materialtechnologische Zustandsuntersuchungen durchgeführt. Visuell sind an den Deckenunterseiten keine Schädigungen sichtbar.

Fotodokumentation Träger 7, FBLU (Fahrbahn in Richtung Luzern)



Bild 5
Sondierstelle 7.1
BD 64 mm, Ø 18 mm, KG 0
Stahltyp Box-Stahl



Bild 6
Sondierstelle 7.2
BD 49 mm, Ø 18 mm, KG 0
Stahltyp Box-Stahl

Fotodokumentation Träger 7, FBLU



Bild 7 Sondierstelle 7.3
BD 54 mm, Ø 12 mm, KG 0
Stahltyp Tor 42-Stahl

Fotodokumentation Träger 26, FBBS (Fahrbahn in Richtung Basel)



Bild 8 Abplatzung bei Sondierstelle 26.1 (Bildmitte) und Sondierstelle 26.2 (links im Bild).



Bild 9 Sondierstelle 26.1
BD 39 mm, Ø 18 mm, KG 4, QV 6 %
Stahltyp Box-Stahl

Fotodokumentation Träger 26, FBBS



Bild 10
Sondierstelle 26.2
BD 38 mm, Ø 18 mm, KG 3
Stahltyp Box-Stahl



Bild 11
Freiliegende und freigelegte Spanndrähte bei der Sondier-
stelle 26.2, BD ca. 60 mm, Ø 6 mm, Korrosionsgrad KG 4
QV 10 bis 20 % der aussenliegenden Spanndrähte.

Fotodokumentation Träger 26, FBBS



Bild 12 Sondierstelle 26.3
BD 38 mm, Ø 18 mm, KG 1
Stahltyp Box-Stahl

Fotodokumentation Träger 58, FBBS



Bild 13 Sondierstelle 58.2
BD 29 mm (Bügel) / 67 mm (Längsbew.), Ø 10 mm / 22 mm,
Korrosionsgrad KG 4 QV 6 % / KG 1
Stahltyp Caron-Stahl



Bild 14 Sondierstelle 58.3
BD 36 mm, Ø 10 mm, Korrosionsgrad KG 3
Stahltyp Caron-Stahl

Fotodokumentation Träger 58, FBBS



Bild 15 Sondierstelle 58.4
BD 51 mm (Bügel) / 20 mm (Montageeisen), Ø 18 mm, Korro-
sionsgrad KG 0 / KG 3
Stahltyp Box-Stahl

Fotodokumentation Träger 63, FBLU



Bild 16 Sondierstelle 63.1
BD 42 mm, Ø 22 mm, Korrosionsgrad KG 1
Stahltyp Caron-Stahl



Bild 17 Sondierstelle 63.2
BD 19 mm (Bügel) / 46 mm (Längsbew.), Ø 10 mm / 22 mm,
Korrosionsgrad KG 3 / KG 3
Stahltyp Caron-Stahl / Caron-Stahl

Fotodokumentation Träger 63, FBLU



Bild 18 Freiliegende und freigelegte Spanndrähte bei der Sondierstelle 63.2, BD 35 mm, Ø 6mm, 1 aussenliegender Spanndraht KG 4 QV 20-30 %



Bild 19 Sondierstelle 63.4
BD 42 mm, Ø 18 mm, Korrosionsgrad KG 0
Stahltyp Box-Stahl

Fotodokumentation Träger 63, FBLU



Bild 20 Sondierstelle 63.6
BD 20 mm, Ø 18 mm, Korrosionsgrad KG 4, QV 7 %
Stahltyp Box-Stahl



Bild 21 Sondierstelle 63.7
BD 21 mm, Ø 12 mm, Korrosionsgrad KG 2
Stahltyp Caron-Stahl

Fotodokumentation Träger 66, FBLU



Bild 22 Übersicht der Abplatzungen bei der Sondierstelle 66.1.



Bild 23 Sondierstelle 66.1
BD 29 mm, Ø 18 mm, Korrosionsgrad KG 4, QV 6 %
Stahltyp Box-Stahl

Fotodokumentation Träger 66, FBLU



Bild 24 Freigelegte korrodierte Spanndrähte bei der Sondierstelle 66.1, 3 Spanndrähte mit Korrosionsgrad KG 3.



Bild 25 Abplatzungen bei der Sondierstelle 66.2.

Fotodokumentation Träger 66, FBLU



Bild 26 Sondierstelle 66.2
BD 22 mm (Bügel) / 70 mm (Längsbew.), Ø 18 mm / 24 mm,
Korrosionsgrad KG 3 / KG 4 QV 6 %
Stahltyp Box-Stahl / Tor 42-Stahl



Bild 27 Freigelegte Spanndrähte bei der Sondierstelle 66.2. Ein Spanndraht weist einen Querschnittsverlust von 100 % auf.

Fotodokumentation Träger 66, FBLU



Bild 28 Sondierstelle 66.3
BD 60 mm, Ø 18 mm, Korrosionsgrad KG 0
Stahltyp nicht erkennbar

Fotodokumentation Träger 88, FBLU



Bild 29 Sondierstelle 88.2
BD 53 mm, Ø 18 mm, Korrosionsgrad KG 0
Stahltyp Box-Stahl



Bild 30 Sondierstelle 88.3
BD 38 mm, Ø 18 mm, Korrosionsgrad KG 1
Stahltyp Box-Stahl

Fotodokumentation Träger 88, FBLU



Bild 31 Sondierstelle 88.3
BD 38 mm, Ø 18 mm, Korrosionsgrad KG 1
Stahltyp Box-Stahl

Fotodokumentation Träger 101, FBBS



Bild 32 Sondierstelle 101.1
BD 37 mm, Ø 18 mm, Korrosionsgrad KG 3
Stahltyp Box-Stahl



Bild 33 Sondierstelle 101.2
BD 50 mm, Ø 18 mm, Korrosionsgrad KG 1
Stahltyp Box-Stahl

Fotodokumentation Träger 122, FBBS



Bild 34 Sondierstelle 122.1
BD 47 mm, Ø 20 mm, Korrosionsgrad KG 0
Stahltyp Box-Stahl

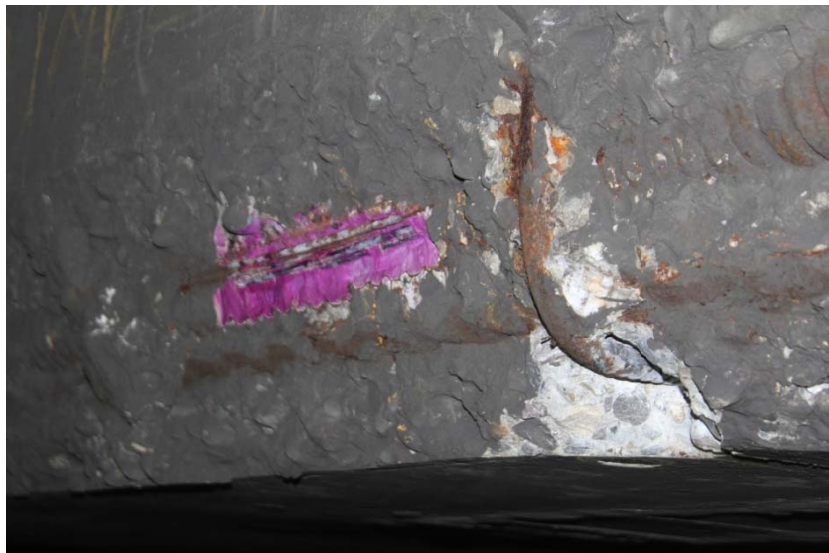


Bild 35 Sondierstelle 122.2
BD 30 mm, Ø 20 mm, Korrosionsgrad KG 4, QV 10 %,
Stahltyp Box-Stahl (Längsbewehrung Caron-Stahl)

Fotodokumentation Träger 122, FBBS



Bild 36 Freigelegte und freiliegende Spanndrähte bei der Sondierstelle 122.2, BD 50 mm, Ø 6 mm, 2 aussenliegende Spanndrähte mit KG 4, QV 5% / 20 %, freigelegte Spanndrähte KG 1 und KG 0.



Bild 37 Sondierstelle 122.3
BD 46 mm, Ø 20 mm, Korrosionsgrad KG 0
Stahltyp Box-Stahl

Fotodokumentation Träger 125, FBBS



Bild 38 Abplatzung bei der Sondierstelle 125.1.



Bild 39 Sondierstelle 125.1
BD 39 mm (Bügel) / 74 mm (Längsbew.), Ø 18 mm / 22 mm,
Korrosionsgrad KG 4, QV 20 %, / KG 4, QV 10%
Stahltyp Box-Stahl / Caron-Stahl

Fotodokumentation Träger 125, FBBS



Bild 40 Freigelegte und freiliegende Spanndrähte bei der Sondierstelle 125.1, BD 60 mm, Ø 6 mm, 3 aussenliegende Spanndrähte mit KG 4 QV 30 %, freigelegte Spanndrähte KG 0.

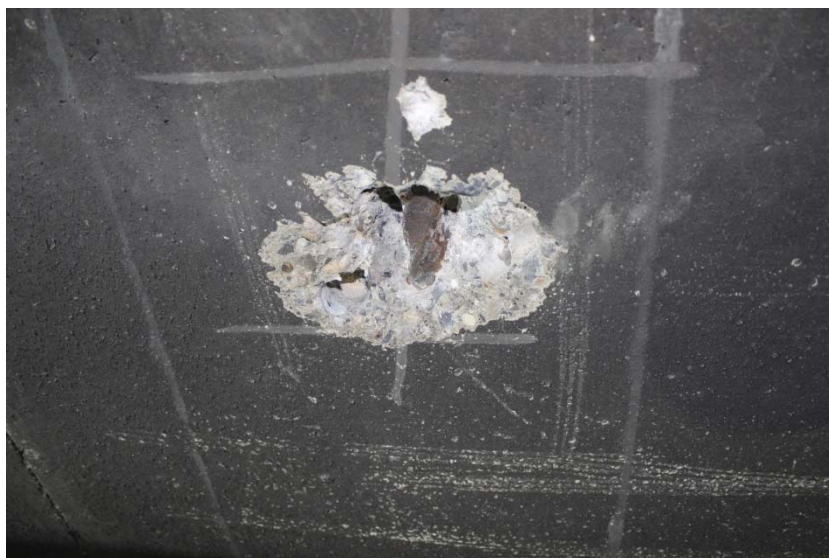


Bild 41 Sondierstelle 125.3
BD 52 mm, Ø 10 mm, Korrosionsgrad KG 1
Stahltyp Caron-Stahl
→ Vorspannung in ca. 100 mm Tiefe

Fotodokumentation Träger 125, FBBS



Bild 42 Sondierstelle 125.5
BD 45 mm, Ø 18 mm, Korrosionsgrad KG 0
Stahltyp Caron-Stahl



Bild 43 Sondierstelle 125.7
BD 50 mm, Ø 18 mm, Korrosionsgrad KG 0
Stahltyp nicht erkennbar
→ Vorspannung in ca. 80 mm Tiefe

Fotodokumentation Bohrkerne



Bild 44 Bohrkerne des Trägers 7, FBLU (Fahrbahn in Richtung Luzern)



Bild 45 Bohrkerne des Trägers 26, FBBS (Fahrbahn in Richtung Basel)

Fotodokumentation Bohrkerne



Bild 46 Bohrkerne des Trägers 58, FBBS



Bild 47 Bohrkerne des Trägers 63, FBLU

Fotodokumentation Bohrkerne



Bild 48 Bohrkerne des Trägers 66, FBLU



Bild 49 Bohrkerne des Trägers 88, FBLU

Fotodokumentation Bohrkerne



Bild 50 Bohrkerne des Trägers 101, FBBS



Bild 51 Bohrkerne des Trägers 122, FBLU

Fotodokumentation Bohrkerne



Bild 52 Bohrkerne des Trägers 125, FBBS

Chloridgehalt

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

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23184

Bauteil: Träger Nr. 7, FBLU
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bauwerk
Prüfdatum: 10.11.2016
Bindemittel: 300 kg/m³ (angenommen)
Rohdichte: 2400 kg/m³ (angenommen)
Bemerkungen: Keine

Bezeichnung (Potenzial)	BD [mm]	KG [-]	KT [mm]	Chloridgehalt			KG: Korrosionsgrad	KG0: blank KG1: wenig Rostpunkte KG2: Rostflecken KG3: vollständig rostig KG4: Lochfrass, Abtrag
				Tiefe [mm]	Beton [M-%]	Zement [M-%]	BD: Betonüberdeckung KT: Karbonatisierungstiefe	
7.1 -70 mV	64	1	2-5	00-10	0.375	3.00	<div></div>	
				10-20	0.305	2.44	<div></div>	
				20-30	0.103	0.83	<div></div>	
				30-40	0.052	0.42	<div></div>	
				40-50	0.016	0.13	<div></div>	
7.2 -40 mV	49	0	1-3	00-10	0.164	1.31	<div></div>	
				10-20	0.133	1.06	<div></div>	
				20-30	0.063	0.50	<div></div>	
				30-40	0.016	0.12	<div></div>	
7.3 40 mV	54	0	3-30	00-10	0.040	0.32	<div></div>	
				10-20	0.036	0.29	<div></div>	

Chloridgehalt

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

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23184

Bauteil: Träger Nr. 26, FBBS
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bauwerk
Prüfdatum: 10.11.2016
Bindemittel: 300 kg/m³ (angenommen)
Rohdichte: 2400 kg/m³ (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-%]		
26.1 -170 mV	39	4	38-50	00-10	0.462	3.70		
				10-20	0.362	2.90		
				20-30	0.283	2.26		
				30-40	0.151	1.21		
				40-50	0.055	0.44		
26.2 -320 mV	38	3	12-28	00-10	0.314	2.51		
				10-20	0.208	1.67		
				20-30	0.279	2.23		
				30-40	0.113	0.91		
				40-50	0.042	0.33		
26.3 -50 mV	38	1	20-31	00-10	0.122	0.97		
				10-20	0.077	0.62		
				20-30	0.042	0.33		
26.4 90 mV	48	-	-	00-10	0.115	0.92		
				10-20	0.056	0.45		
				20-30	0.025	0.20		

Chloridgehalt

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

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23184

Bauteil: Träger Nr. 58, FBBS
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bauwerk
Prüfdatum: 11.11.2016
Bindemittel: 300 kg/m³ (angenommen)
Rohdichte: 2400 kg/m³ (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]	[M-%]	Zement [M-%]		
58.1 -170 mV	32	-	-	00-10	0.434	3.47		
				10-20	0.389	3.11		
				20-30	0.121	0.97		
				30-40	0.071	0.56		
				40-50	0.012	0.10		
58.2 -210 mV	29	4	12-32	00-10	0.324	2.59		
				10-20	0.459	3.67		
				20-30	0.343	2.75		
				30-40	0.265	2.12		
				40-50	0.150	1.20		
58.3 -130 mV	36	3	13-36	00-10	0.368	2.95		
				10-20	0.310	2.48		
				20-30	0.312	2.49		
				30-40	0.263	2.10		
58.4 -70 mV	51	0	6-22	00-10	0.263	2.11		
				10-20	0.268	2.14		
				20-30	0.187	1.50		
				30-40	0.094	0.75		
58.5 40 mV	70	-	5-16	00-10	0.230	1.84		
				10-20	0.091	0.73		

Chloridgehalt

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

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23184

Bauteil: Träger Nr. 63, FBLU
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bauwerk
Prüfdatum: 09./10.11.2016
Bindemittel: 300 kg/m³ (angenommen)
Rohdichte: 2400 kg/m³ (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-%]		
63.1 -210 mV	42	1	9-10	00-10	0.369	2.95		
				10-20	0.471	3.77		
				20-30	0.298	2.38		
				30-40	0.112	0.90		
				40-50	0.042	0.33		
63.2 -380 mV	19	3	8-12	00-10	0.551	4.41		
				10-20	0.218	1.74		
				20-30	0.252	2.02		
				30-40	0.245	1.96		
				40-50	0.213	1.71		
63.3 -170 mV	53	-	-	00-10	0.393	3.15		
				10-20	0.100	0.80		
				20-30	0.024	0.19		
63.4 -120 mV	42	0	12-28	00-10	0.479	3.83		
				10-20	0.423	3.38		
				20-30	0.333	2.66		
				30-40	0.138	1.10		
				40-50	0.040	0.32		

Chloridgehalt

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

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23184

Bauteil: Träger Nr. 63, FBLU
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bauwerk
Prüfdatum: 09./10.11.2016
Bindemittel: 300 kg/m³ (angenommen)
Rohdichte: 2400 kg/m³ (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-%]		
63.5 -290 mV	6	-	-	00-10	0.311	2.49		
				10-20	0.321	2.57		
				20-30	0.179	1.43		
				30-40	0.202	1.62		
63.6 -270 mV	20	4	>45	00-10	0.197	1.58		
				10-20	0.142	1.14		
				20-30	0.158	1.26		
				30-40	0.228	1.83		
				40-50	0.117	0.93		
63.7 -180 mV	21	2	9-30	00-10	0.357	2.85		
				10-20	0.530	4.24		
				20-30	0.348	2.78		
				30-40	0.213	1.71		
				40-50	0.191	1.52		
63.8 -40 mV	56	-	-	00-10	0.286	2.29		
				10-20	0.269	2.15		
				20-30	0.098	0.78		
				30-40	0.026	0.21		

Chloridgehalt

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

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23184

Bauteil: Träger Nr. 66, FBLU
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bauwerk
Prüfdatum: 09./10.11.2016
Bindemittel: 300 kg/m³ (angenommen)
Rohdichte: 2400 kg/m³ (angenommen)
Bemerkungen: Keine

Bezeichnung (Potenzial)	BD [mm]	KG [-]	KT [mm]	Chloridgehalt			KG: Korrosionsgrad	KG0: blank KG1: wenig Rostpunkte KG2: Rostflecken KG3: vollständig rostig KG4: Lochfrass, Abtrag
				Tiefe [mm]	Beton [M-%]	Zement [M-%]	BD: Betonüberdeckung KT: Karbonatisierungstiefe	
66.1 -210 mV	24	4	9-42	00-10	0.135	1.08	<div></div>	
				10-20	0.021	0.17	<div></div>	
66.2 -350 mV	22	4	66-84	00-10	0.220	1.76	<div></div>	
				10-20	0.205	1.64	<div></div>	
				20-30	0.189	1.51	<div></div>	
				30-40	0.143	1.14	<div></div>	
				40-50	0.106	0.85	<div></div>	
66.3 -110 mV	60	0	12-25	00-10	0.399	3.19	<div></div>	
				10-20	0.445	3.56	<div></div>	
				20-30	0.344	2.75	<div></div>	
				30-40	0.247	1.98	<div></div>	
				40-50	0.115	0.92	<div></div>	
66.4 -70 mV	>80	-	-	00-10	0.306	2.45	<div></div>	
				10-20	0.178	1.42	<div></div>	
				20-30	0.029	0.23	<div></div>	
66.5 40 mV	>80	-	12-20	00-10	0.292	2.34	<div></div>	
				10-20	0.151	1.21	<div></div>	
				20-30	0.045	0.36	<div></div>	
				30-40	0.013	0.10	<div></div>	

Chloridgehalt

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

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23184

Bauteil: Träger Nr. 88, FBLU
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bauwerk
Prüfdatum: 09.11.2016
Bindemittel: 300 kg/m³ (angenommen)
Rohdichte: 2400 kg/m³ (angenommen)
Bemerkungen: Keine

Bezeichnung (Potenzial)	BD [mm]	KG [-]	KT [mm]	Chloridgehalt			KG: Korrosionsgrad	KG0: blank
				Tiefe [mm]	Beton [M-%]	Zement [M-%]	BD: Betonüberdeckung KT: Karbonatisierungstiefe	KG1: wenig Rostpunkte KG2: Rostflecken KG3: vollständig rostig KG4: Lochfrass, Abtrag
88.1 40 mV	55	-	16-23	00-10	0.286	2.29	<div></div>	
				10-20	0.198	1.59	<div></div>	
				20-30	0.068	0.54	<div></div>	
				30-40	0.014	0.11	<div></div>	
88.2 -30 mV	53	0	14-24	00-10	0.373	2.98	<div></div>	
				10-20	0.342	2.74	<div></div>	
				20-30	0.375	3.00	<div></div>	
				30-40	0.207	1.66	<div></div>	
				40-50	0.059	0.47	<div></div>	
88.3 -100 mV	38	1	7-22	00-10	0.334	2.67	<div></div>	
				10-20	0.171	1.37	<div></div>	
				20-30	0.120	0.96	<div></div>	
				30-40	0.052	0.41	<div></div>	
				40-50	0.023	0.18	<div></div>	
88.4 110 mV	38	1	12-23	00-10	0.177	1.41	<div></div>	
				10-20	0.019	0.15	<div></div>	

Chloridgehalt

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

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23184

Bauteil: Träger Nr. 101, FBBS
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bauwerk
Prüfdatum: 14.11.2016
Bindemittel: 300 kg/m³ (angenommen)
Rohdichte: 2400 kg/m³ (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
101.1 -140 mV	37	3	34-50	00-10	0.279	2.23		
				10-20	0.383	3.06		
				20-30	0.415	3.32		
				30-40	0.208	1.67		
				40-50	0.045	0.36		
101.2 -30 mV	50	1	2-19	00-10	0.214	1.71		
				10-20	0.180	1.44		
				20-30	0.135	1.08		
				30-40	0.074	0.59		
				40-50	0.031	0.25		
101.3 30 mV	55	-	1-14	00-10	0.116	0.93		
				10-20	0.103	0.82		
				20-30	0.050	0.40		
				30-40	0.036	0.29		

Chloridgehalt

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

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23184

Bauteil: Träger Nr. 122, FBLU
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bauwerk
Prüfdatum: 09./10.11.2016
Bindemittel: 300 kg/m³ (angenommen)
Rohdichte: 2400 kg/m³ (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-%]		
122.1 -80 mV	69	-	-	00-10	0.534	4.27		
				10-20	0.348	2.78		
				20-30	0.274	2.19		
				30-40	0.292	2.33		
				40-50	0.292	2.34		
122.2 -390 mV	30	4	7-11	00-10	0.312	2.49		
				10-20	0.131	1.04		
				20-30	0.038	0.30		
122.3 -130 mV	44	-	-	00-10	0.120	0.96		
				10-20	0.028	0.22		
122.4 20 mV	46	0	14-18	00-10	0.324	2.59		
				10-20	0.072	0.57		
				20-30	0.020	0.16		

Chloridgehalt

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

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23184

Bauteil: Träger Nr. 125, FBBS
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bauwerk
Prüfdatum: 10.11.2016
Bindemittel: 300 kg/m³ (angenommen)
Rohdichte: 2400 kg/m³ (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-%]		
125.1 -280 mV	0	4	7-29	00-10	0.287	2.29		
				10-20	0.240	1.92		
				20-30	0.284	2.27		
				30-40	0.184	1.47		
				40-50	0.164	1.32		
125.2 -190 mV	44	-	3-7	00-10	0.155	1.24		
				10-20	0.143	1.15		
				20-30	0.087	0.70		
				30-40	0.030	0.24		
125.3 -280 mV	41	-	-	00-10	0.184	1.47		
				10-20	0.218	1.75		
				20-30	0.221	1.77		
				30-40	0.200	1.60		
				40-50	0.225	1.80		
125.4 -180 mV	46	-	9-15	00-10	0.199	1.59		
				10-20	0.284	2.27		
				20-30	0.202	1.62		
				30-40	0.173	1.38		
				40-50	0.083	0.67		

Chloridgehalt

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

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23184

Bauteil: Träger Nr. 125, FBBS
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bauwerk
Prüfdatum: 10./14.11.2016
Bindemittel: 300 kg/m³ (angenommen)
Rohdichte: 2400 kg/m³ (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-%]		
125.5 -120 mV	40	0	5-15	00-10	0.301	2.41		
				10-20	0.233	1.86		
				20-30	0.328	2.62		
				30-40	0.253	2.02		
				40-50	0.189	1.51		
125.6 60 mV	48	-	5-12	00-10	0.232	1.86		
				10-20	0.041	0.33		
125.7 50 mV	50	0	16-25	00-10	0.083	0.66		
				10-20	0.091	0.73		
				20-30	0.058	0.46		
				30-40	0.035	0.28		

Chloridgehalt

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

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23184

Bauteil: Injektionsgut Vorspannung
Prüfkörper: Bohrmehl aus Spitzprobe
Prüfdatum: 14.11.2016
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]	Inj.gut [M-%]		
Träger Nr. 122				00-10	0.569		
Träger Nr. 26				00-10	0.467		
Träger Nr. 63				00-10	0.735		
Träger Nr. 125				00-10	1.110		

Chloridgehalt

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

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23184

Bauteil: Deckenunterseite zum Träger 63, FBLU
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bauwerk
Prüfdatum: 09.11.2016
Bindemittel: 300 kg/m³ (angenommen)
Rohdichte: 2400 kg/m³ (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-%]		
63.D1 40 mV	30	1	5-13	00-10	0.071	0.57		
				10-20	0.055	0.44		
				20-30	0.049	0.39		
63.D2 -100 mV	30	3	15-34	00-10	0.258	2.07		
				10-20	0.093	0.74		
				20-30	0.345	2.76		
				30-40	0.247	1.97		
				40-50	0.232	1.86		

Chloridgehalt

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

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23184

Bauteil: Deckenunterseite zum Träger 125, FBBS
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bauwerk
Prüfdatum: 10.11.2016
Bindemittel: 300 kg/m³ (angenommen)
Rohdichte: 2400 kg/m³ (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-%]		
125.D1 70 mV	32	0	8-23	00-10	0.059	0.47	<div></div>	
				10-20	0.053	0.42	<div></div>	
				20-30	0.026	0.21	<div></div>	
125.D2 -120 mV	3	3	4-10	00-10	0.190	1.52	<div></div>	
				10-20	0.031	0.25	<div></div>	
125.D3 -10 mV	34	0	4-12	00-10	0.067	0.54	<div></div>	
				10-20	0.040	0.32	<div></div>	

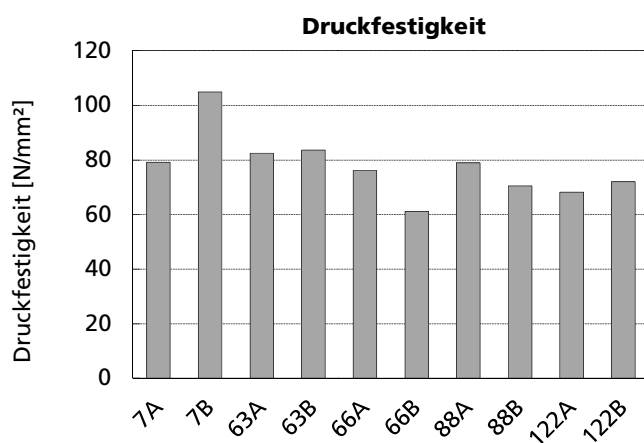
Druckfestigkeit, Bohrkern

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

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23053

Bauteil: Träger, FBLU
Prüfkörper: Bohrkern aus Bauwerk
Herstelldatum: Keine Angabe
Prüfdatum: 20.10.2016
Alter: Keine Angabe
Belastung: Geschwindigkeit: 0,6 N/mm²s
Bemerkungen: Keine

Bezeichnung	Tiefe	Ø	Höhe	Fläche	Höchst- kraft	Druck- festigkeit	Rohdichte	Bemerkungen
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[kg/m ³]	
7A	50-100	49.4	48.2	1914	151.4	79.1	2450	
7B	50-100	49.5	48.7	1925	201.9	104.9	2460	
63A	50-100	49.5	48.7	1927	158.9	82.5	2450	
63B	50-100	49.5	48.9	1924	160.9	83.6	2510	
66A	50-100	49.5	48.7	1926	146.7	76.2	2410	
66B	50-100	49.6	49.1	1931	118.2	61.2	2430	
88A	50-100	49.5	49.2	1926	151.9	78.9	2450	
88B	50-100	49.7	48.8	1938	136.7	70.5	2420	
122A	50-100	49.7	48.9	1938	132.2	68.2	2390	
122B	50-100	49.6	48.7	1935	139.4	72.0	2450	



	Druckfestigkeit	Rohdichte
Anzahl Werte n	10	10
Mittelwert x	77.7 N/mm ²	2440 kg/m ³
Standardabw. s	11.8 N/mm ²	33 kg/m ³
Variationskoeffizient	15.2 %	1.3 %

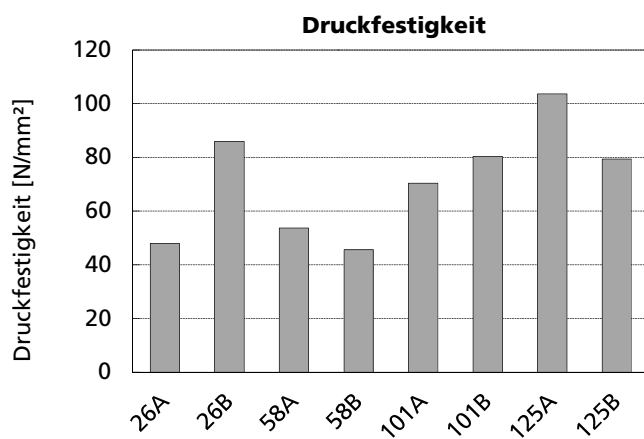
Druckfestigkeit, Bohrkern

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

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23053

Bauteil: Träger, FBBS
Prüfkörper: Bohrkern aus Bauwerk
Herstelldatum: Keine Angabe
Prüfdatum: 20.10.2016
Alter: Keine Angabe
Belastung: Geschwindigkeit: 0,6 N/mm²s
Bemerkungen: Keine

Bezeichnung	Tiefe	Ø	Höhe	Fläche	Höchst- kraft	Druck- festigkeit	Rohdichte	Bemerkungen
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[kg/m ³]	
26A	50-100	49.6	49.0	1929	92.5	48.0	2380	
26B	50-100	49.5	48.2	1927	165.7	86.0	2460	
58A	50-100	49.6	48.9	1932	103.8	53.7	2410	
58B	50-100	49.6	48.7	1932	88.0	45.6	2440	
101A	50-100	49.6	48.4	1932	135.9	70.4	2440	
101B	50-100	49.6	49.0	1933	155.3	80.4	2450	
125A	50-100	49.7	48.7	1939	200.9	103.6	2420	
125B	50-100	49.8	49.0	1948	154.6	79.4	2390	



	Druckfestigkeit	Rohdichte
Anzahl Werte n	8	8
Mittelwert x	70.9 N/mm ²	2420 kg/m ³
Standardabw. s	20.4 N/mm ²	29 kg/m ³
Variationskoeffizient	28.8 %	1.2 %

Haftzugfestigkeit im Labor

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

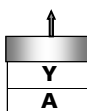
Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23053

Bauteil: Träger, FBLU
Prüfschicht: Beton
Prüfkörper: Bohrkern Ø ca. 50 mm aus Bauwerk
Prüfdatum: 31.10.2016
Prüfvorbereitung: Ablängen
Klebstoff: Epoxidharzkleber
Bemerkungen: Keine

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

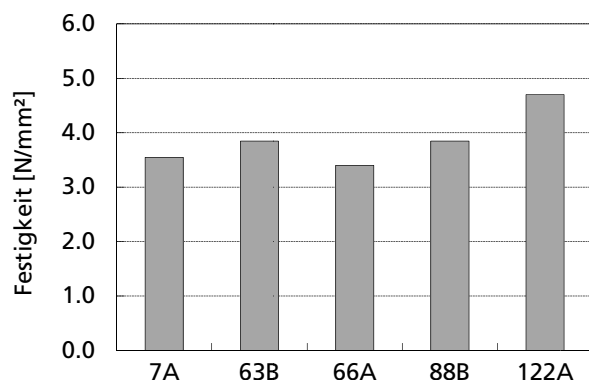
Prüfstelle	Fläche [mm²]	Bruchlast [kN]	Festigkeit [N/mm²]	Bruchtiefe [mm]	Schichtdicke [mm]	Bruchart/Bemerkungen
7A	1901	6.78	3.55	20-32		100 % A
63B	1909	7.35	3.85	1-2		100 % A
66A	1917	6.52	3.40	1-7		100 % A
88B	1932	7.43	3.85	20-28		100 % A
122A	1924	9.05	4.70	41-43		100 % A

Prüfkörper
Prüfkleber
Prüfschicht



Schichten
Epoxidharzkleber
Beton

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: 5
Mittelwert: 3.9 N/mm²
Standardabweichung: 0.50 N/mm²
Standardabw. in %: 12.9 %

Haftzugfestigkeit im Labor

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

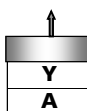
Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23053

Bauteil: Träger, FBLU
Prüfschicht: Beton
Prüfkörper: Bohrkern Ø ca. 50 mm aus Bauwerk
Prüfdatum: 21.10.2016
Prüfvorbereitung: Ablängen
Klebstoff: Epoxidharzkleber
Bemerkungen: Keine

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

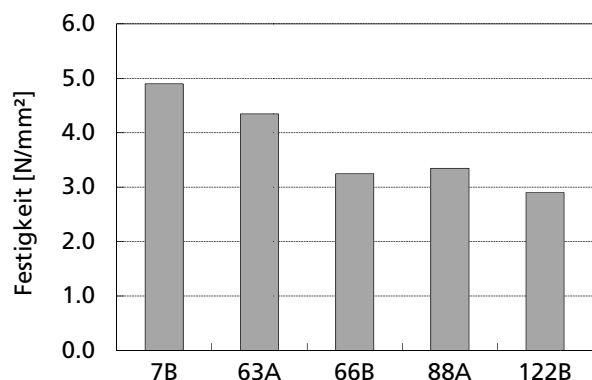
Prüfstelle	Fläche [mm ²]	Bruchlast [kN]	Festigkeit [N/mm ²]	Bruchtiefe [mm]	Schichtdicke [mm]	Bruchart/Bemerkungen
7B	1924	9.44	4.90	27-43		100 % A
63A	1924	8.39	4.35	18-28		100 % A
66B	1924	6.30	3.25	0-9		10 % y/A, 90 % A
88A	1924	6.42	3.35	27-44		100 % A
122B	1928	5.60	2.90	0.5-27		100 % A

Prüfkörper
Prüfkleber
Prüfschicht



Schichten
Epoxidharzkleber
Beton

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: 5
Mittelwert: 3.8 N/mm²
Standardabweichung: 0.84 N/mm²
Standardabw. in %: 22.4 %

Haftzugfestigkeit im Labor

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

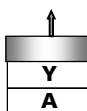
Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23053

Bauteil: Träger, FBBS
Prüfschicht: Beton
Prüfkörper: Bohrkern Ø ca. 50 mm aus Bauwerk
Prüfdatum: 21.10.2016
Prüfvorbereitung: Ablängen
Klebstoff: Epoxidharzkleber
Bemerkungen: Keine

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

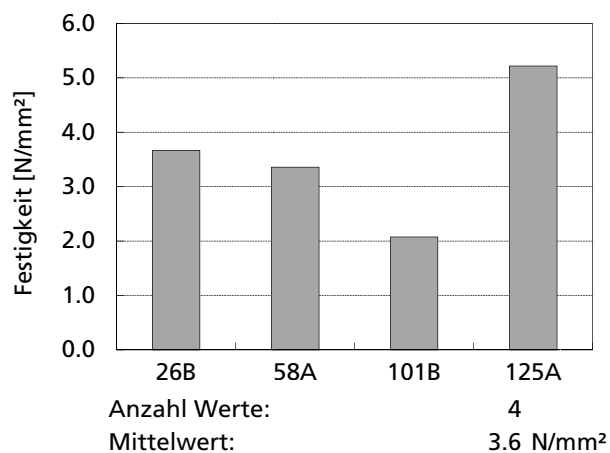
Prüfstelle	Fläche [mm ²]	Bruchlast [kN]	Festigkeit [N/mm ²]	Bruchtiefe [mm]	Schichtdicke [mm]	Bruchart/Bemerkungen
26B	1917	7.02	3.65	6-22		100 % A
58A	1917	6.44	3.35	1-11		20 % y/A, 80 % B
101B	1924	4.00	2.10	22-35		100 % A
125A	1917	> 10.0	> 5.20	-		Kein Bruch

Prüfkörper
Prüfkleber
Prüfschicht



Schichten
Epoxidharzkleber
Beton

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

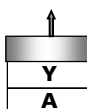
Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23053

Bauteil: Träger, FBBS
Prüfschicht: Beton
Prüfkörper: Bohrkern Ø ca. 50 mm aus Bauwerk
Prüfdatum: 21.10.2016
Prüfvorbereitung: Ablängen
Klebstoff: Epoxidharzkleber
Bemerkungen: Keine

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

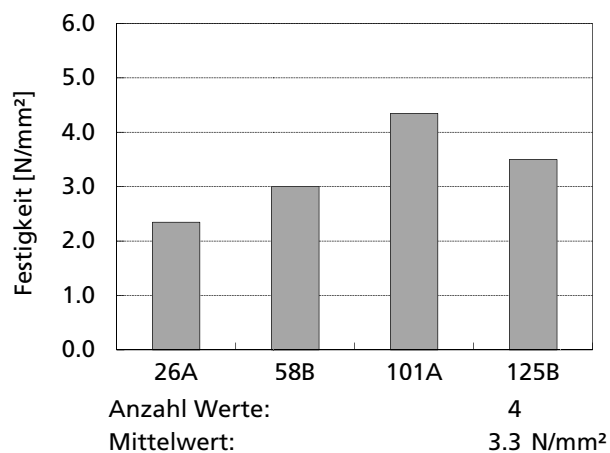
Prüfstelle	Fläche [mm ²]	Bruchlast [kN]	Festigkeit [N/mm ²]	Bruchtiefe [mm]	Schichtdicke [mm]	Bruchart/Bemerkungen
26A	1921	4.52	2.35	20-42		100 % A
58B	1921	5.73	3.00	24-44		100 % A
101A	1924	8.42	4.35	0.5-1		100 % A
125B	1924	6.78	3.50	27-40		100 % A

Prüfkörper
Prüfkleber
Prüfschicht



Schichten
Epoxidharzkleber
Beton

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



Wasseraufnahme

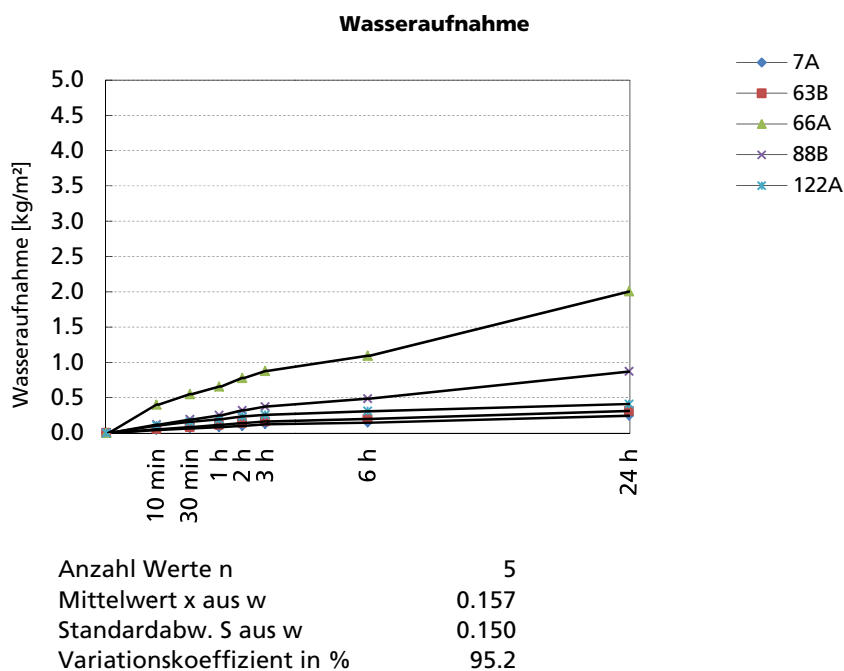
Grundlage: SN EN 1062-3:2008
Tecnotest Prüfanweisung PC031

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050-01
Wareneingang: 23053

Bauteil: Träger, FBLU
Prüfkörper: Bohrkern aus Bauwerk ca.Ø 50 mm
Prüfschicht: Betonoberfläche
Herstelldatum: Keine Angabe
Prüfbeginn: 17.10.2016
Alter: Keine Angabe
Bemerkungen: Keine

Bezeichnung	Fläche [mm ²]	W _{10min}	W _{30min}	W _{1h}	W _{2h}	W _{3h}	W _{6h}	W _{24h}	w
7A	1909	0.045	0.068	0.083	0.102	0.125	0.148	0.247	0.050
63B	1940	0.054	0.084	0.114	0.142	0.164	0.200	0.312	0.064
66A	1924	0.403	0.550	0.657	0.780	0.879	1.095	2.005	0.409
88B	1932	0.122	0.194	0.250	0.320	0.375	0.487	0.872	0.178
122A	1924	0.108	0.158	0.195	0.235	0.258	0.309	0.412	0.084

W_t: Flächenbezogene Wasseraufnahme [kg/m²] während der Zeit t
w: Wasseraufnahmekoeffizient [kg/m²√h] (Verhältnis der flächenbezogenen Wasseraufnahme W_t zur Wurzel der Zeit)



Wasseraufnahme

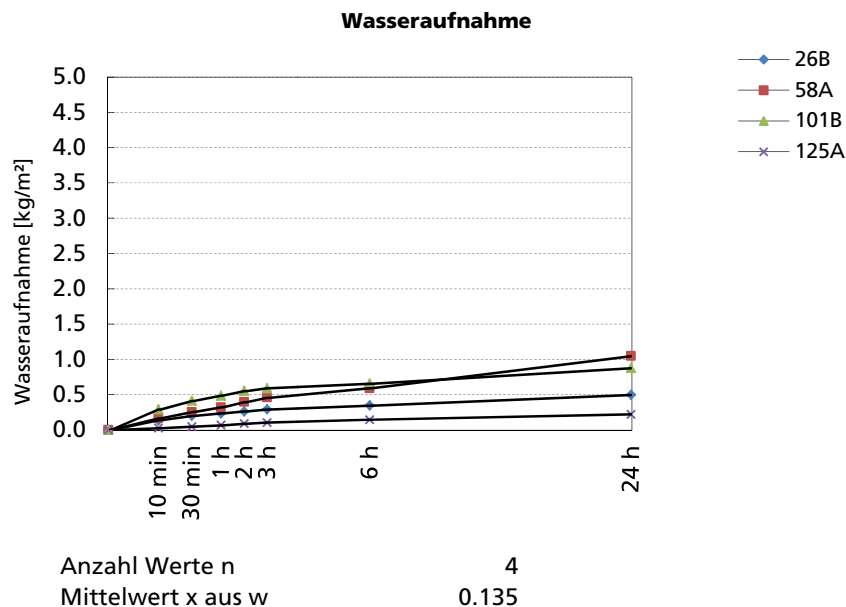
Grundlage: SN EN 1062-3:2008
Tecnotest Prüfanweisung PC031

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050-01
Wareneingang: 23053

Bauteil: Träger, FBBS
Prüfkörper: Bohrkern aus Bauwerk ca.Ø 50 mm
Prüfschicht: Betonoberfläche
Herstelldatum: Keine Angabe
Prüfbeginn: 17.10.2016
Alter: Keine Angabe
Bemerkungen: Keine

Bezeichnung	Fläche [mm ²]	W _{10min}	W _{30min}	W _{1h}	W _{2h}	W _{3h}	W _{6h}	W _{24h}	w
26B	1924	0.137	0.202	0.236	0.263	0.293	0.346	0.500	0.102
58A	1924	0.166	0.254	0.321	0.396	0.458	0.591	1.048	0.214
101B	1924	0.293	0.414	0.488	0.553	0.591	0.656	0.877	0.179
125A	1940	0.028	0.048	0.068	0.090	0.106	0.145	0.222	0.045

W_t: Flächenbezogene Wasseraufnahme [kg/m²] während der Zeit t
w: Wasseraufnahmekoeffizient [kg/m²√h] (Verhältnis der flächenbezogenen Wasseraufnahme W_t zur Wurzel der Zeit)



Wasseraufnahme

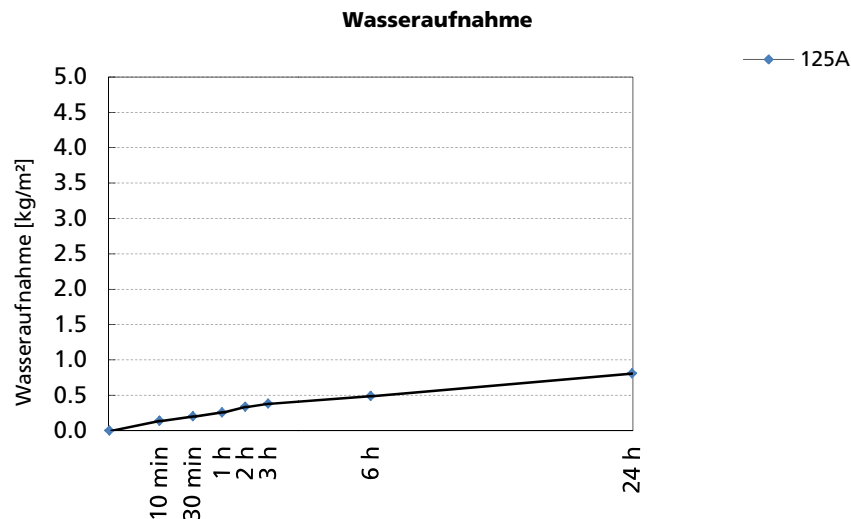
Grundlage: SN EN 1062-3:2008
Tecnotest Prüfanweisung PC031

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23053

Bauteil: Träger, FBBS
Prüfkörper: Bohrkern aus Bauwerk ca. Ø 50 mm
Prüfschicht: Betonoberfläche
Herstelldatum: Keine Angabe
Prüfbeginn: 01.12.2016
Alter: Keine Angabe
Bemerkungen: Messtiefe im Profil: -10 mm

Bezeichnung	Fläche [mm ²]	W _{10min}	W _{30min}	W _{1h}	W _{2h}	W _{3h}	W _{6h}	W _{24h}	w
125A	1940	0.139	0.203	0.259	0.336	0.382	0.490	0.808	0.165

W_t: Flächenbezogene Wasseraufnahme [kg/m²] während der Zeit t
w: Wasseraufnahmekoeffizient [kg/m²√h] (Verhältnis der flächenbezogenen Wasseraufnahme W_t zur Wurzel der Zeit)



Wasseraufnahme

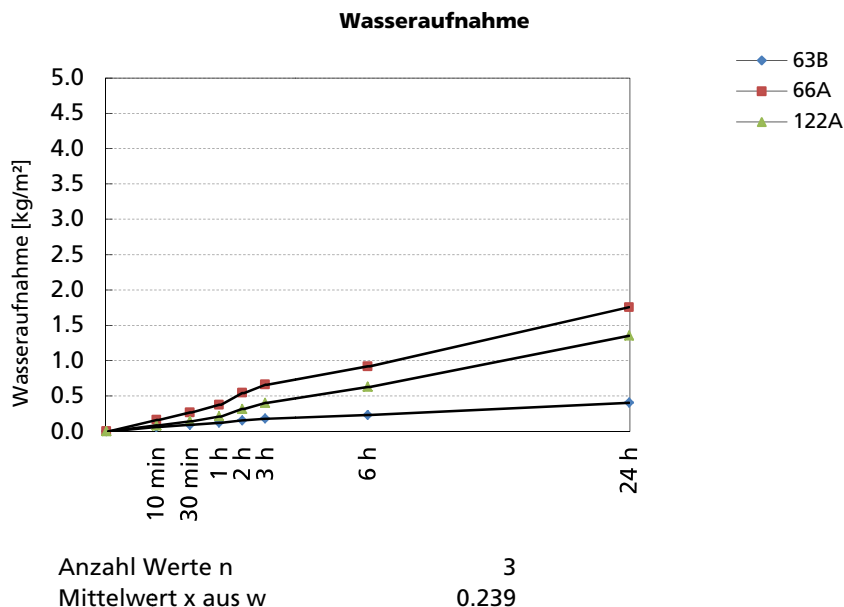
Grundlage: SN EN 1062-3:2008
Tecnotest Prüfanweisung PC031

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23053

Bauteil: Träger, FBLU
Prüfkörper: Bohrkern aus Bauwerk ca.Ø 50 mm
Prüfschicht: Betonoberfläche
Herstelldatum: Keine Angabe
Prüfbeginn: 01.12.2016
Alter: Keine Angabe
Bemerkungen: Messtiefe im Profil : -10 mm

Bezeichnung	Fläche [mm ²]	W _{10min}	W _{30min}	W _{1h}	W _{2h}	W _{3h}	W _{6h}	W _{24h}	w
63B	1909	0.061	0.093	0.120	0.156	0.179	0.232	0.404	0.082
66A	1917	0.161	0.267	0.376	0.544	0.661	0.920	1.756	0.358
122A	1924	0.083	0.144	0.210	0.316	0.403	0.630	1.353	0.276

W_t: Flächenbezogene Wasseraufnahme [kg/m²] während der Zeit t
w: Wasseraufnahmekoeffizient [kg/m²√h] (Verhältnis der flächenbezogenen Wasseraufnahme W_t zur Wurzel der Zeit)



Porosität

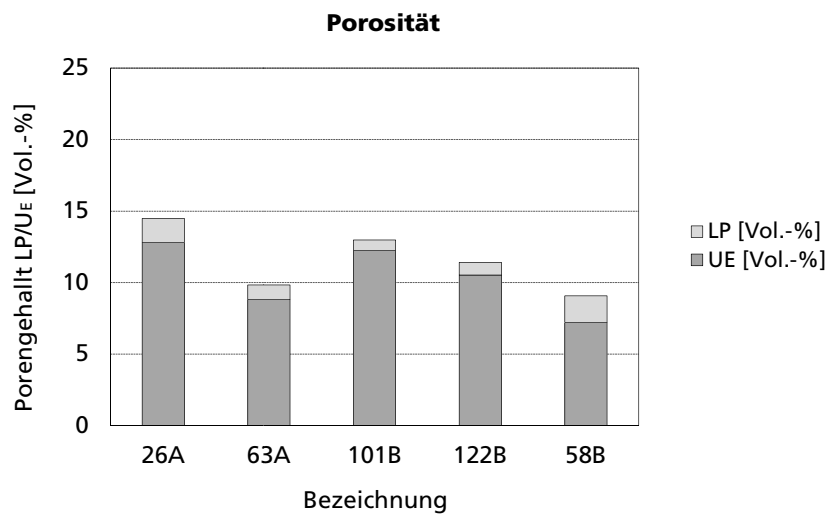
Grundlage: SIA 162/1:1989, Prüfung Nr. 7 (ungültige Norm)
Tecnotest Prüfanweisung PC004

Ergebnisblatt
Auftrag: D3050
Wareneingang: 23184

Bauteil: Träger
Prüfkörper: Bohrkern aus Bauwerk
Prüfbeginn: 18.11.2016
Alter: Keine Angabe
Bemerkungen: Keine

Bezeichnung	U_B [Vol%]	U_E [Vol%]	n [Vol%]	LP [Vol%]	ρ_{R110} [kg/m³]	ρ_{110} [kg/m³]	FS [-]
26A	8.70	12.80	14.47	1.67	2309	2700	1.41
63A	6.79	8.81	9.82	1.02	2429	2694	1.53
101B	9.15	12.23	12.97	0.74	2343	2693	0.98
122B	7.64	10.53	11.41	0.88	2381	2687	1.24
58B	4.09	7.21	9.08	1.87	2454	2699	2.00
Mittelwert	7.27	10.32	11.55	1.23	2383	2695	1.43
Standardabw. s	2.00	2.33	2.22	0.50	59.5	5	0.38
Variationskoeff. in %	27.5	22.6	19.2	40.8	2.5	0.2	26.4

Legende: U_B : Wassergehalt zu Beginn ρ_{R110} : Trockenrohddichte
 U_E : Kapillarporen ρ_{110} : Dichte des Betons
n: Gesamtporosität FS: Frostbeständigkeit
LP: Luftporengehalt

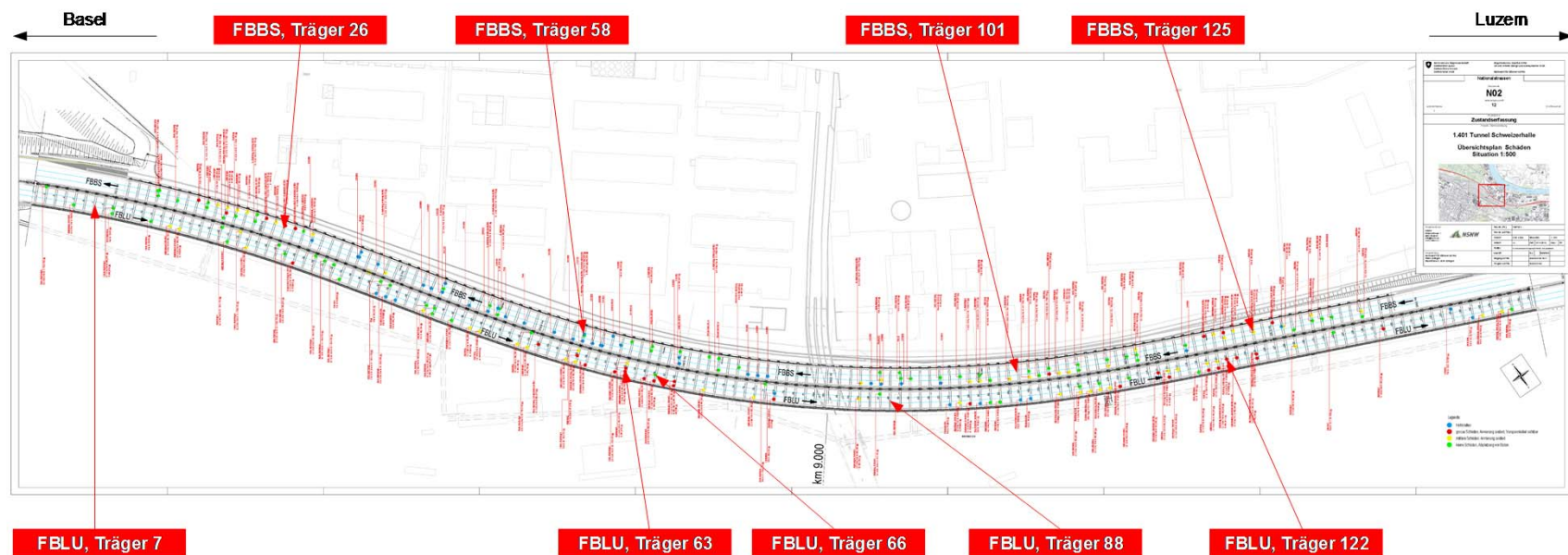


N02, Tunnel Schweizerhalle

Besprechung der Ergebnisse der Zustandsuntersuchungen

Zustandsuntersuchungen

- Potenzialmessungen an Trägern und Deckenunterseiten
- Betondeckungsmessungen der Bewehrungen
- Rückprallhammerprüfungen
- Sondierungen
- Probenahmen für Laborprüfungen



Betonqualität «Träger»

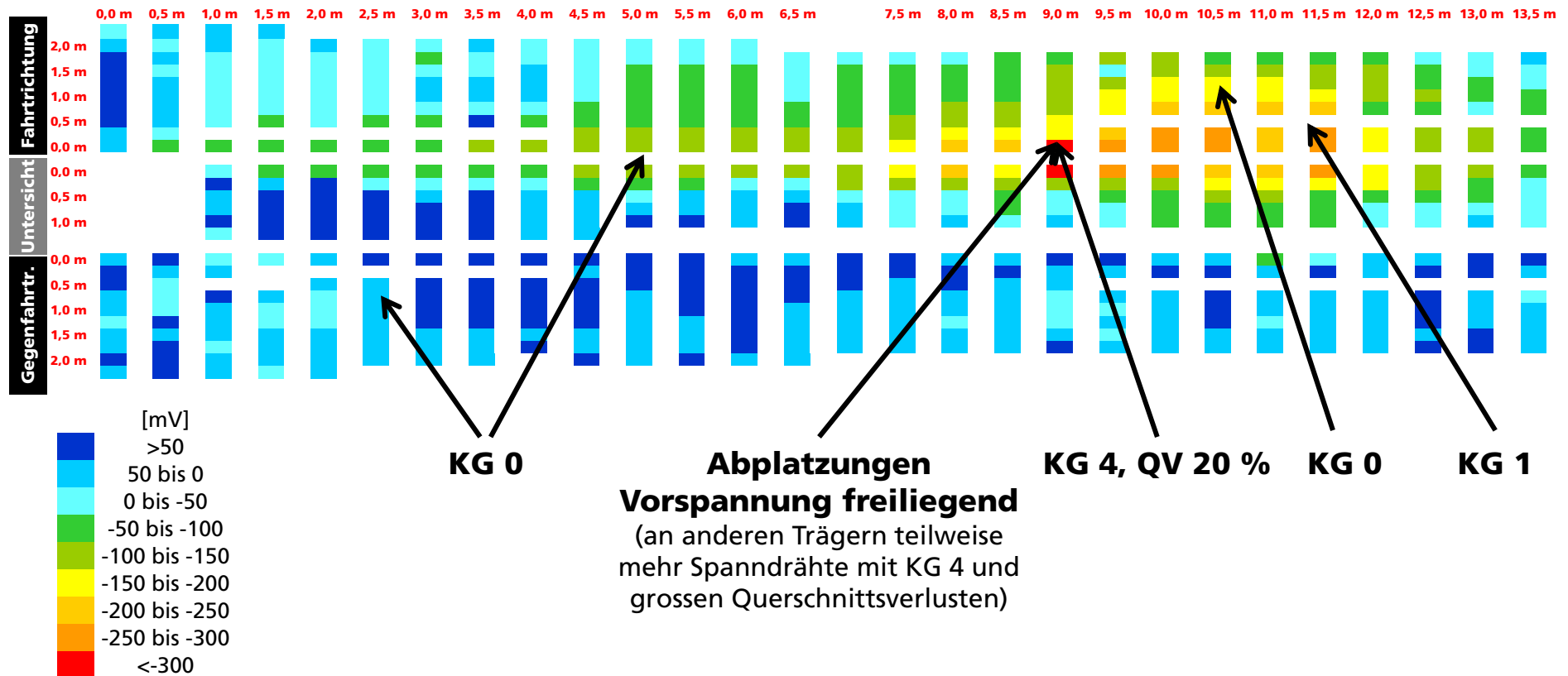
Druckfestigkeit:	MW 75 N/mm ² (Bohrkerne) MW 66 N/mm ² (Rückprallhammer)
Zugfestigkeit:	MW 3,6 N/mm ²
Wasseraufnahme:	MW 0,17 kg/m ² √h → Beton 0,5 kg/m ² √h → hydrophobierter Beton <0,1 kg/m ² √h
Porosität:	grosse Schwankungen in der Kapillarporosität

Korrosionsgefährdung «Träger»

Träger Nr. 125, FBBS

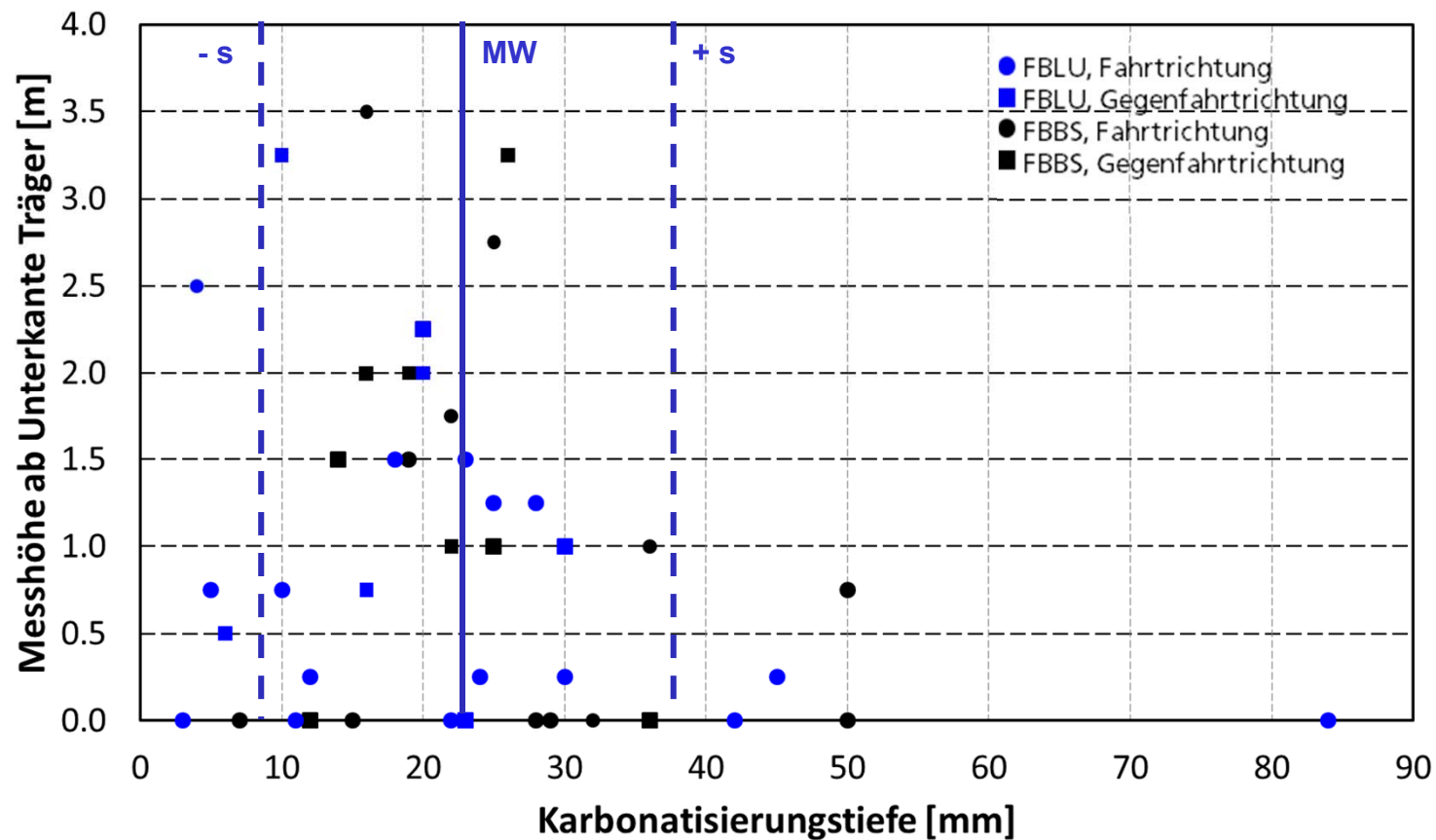


Fahrtrichtung Basel

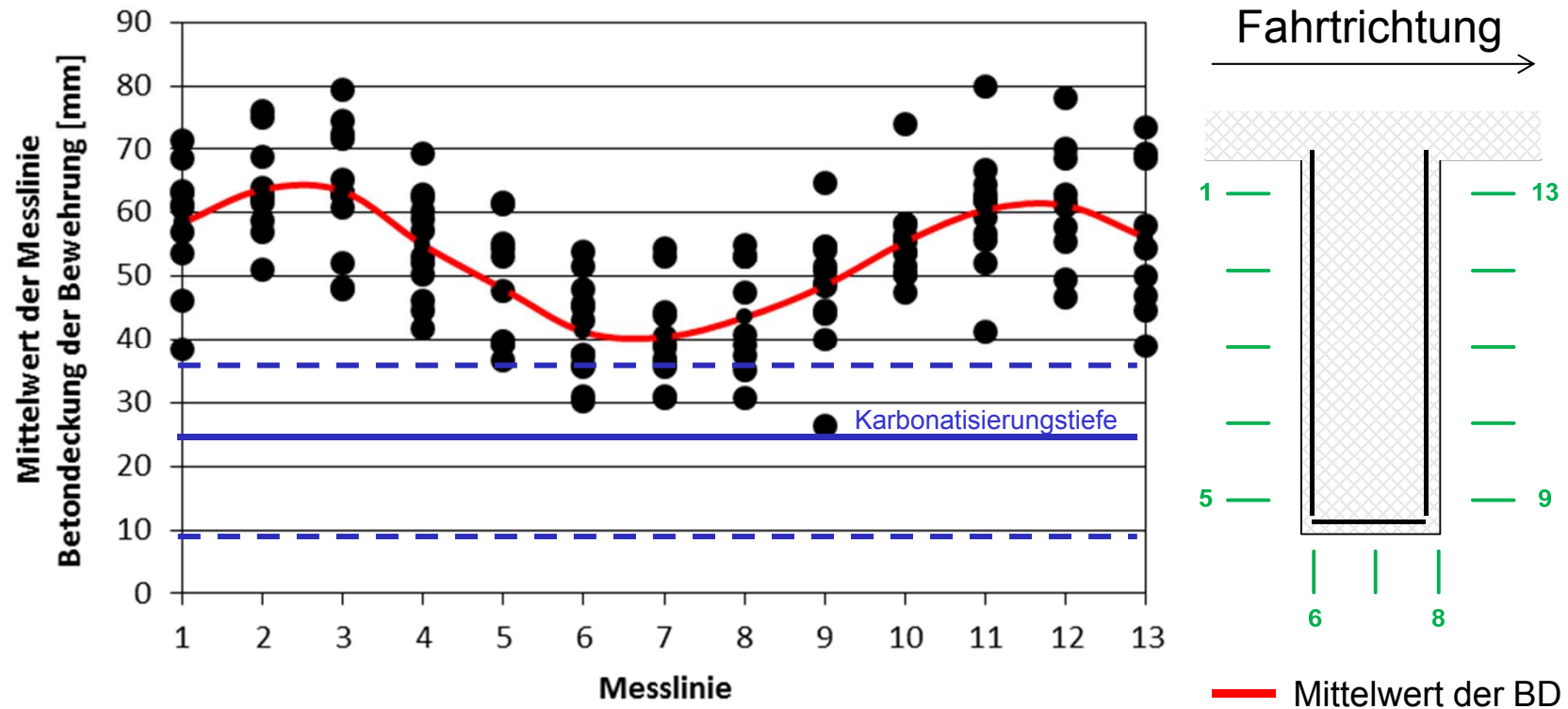


Korrosionsgefährdung «Träger»

Karbonatisierungstiefe - Messhöhe



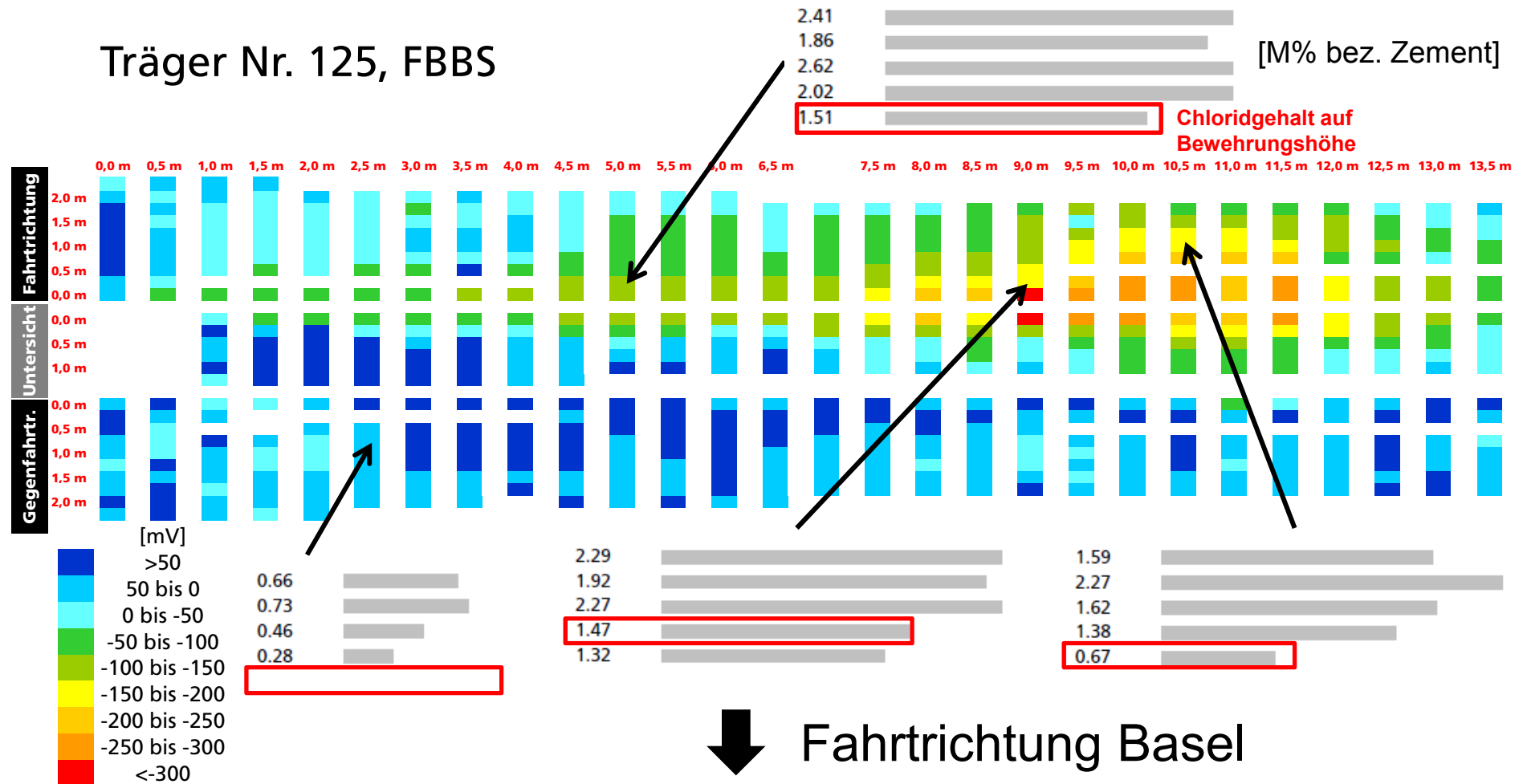
Korrosionsgefährdung «Träger»



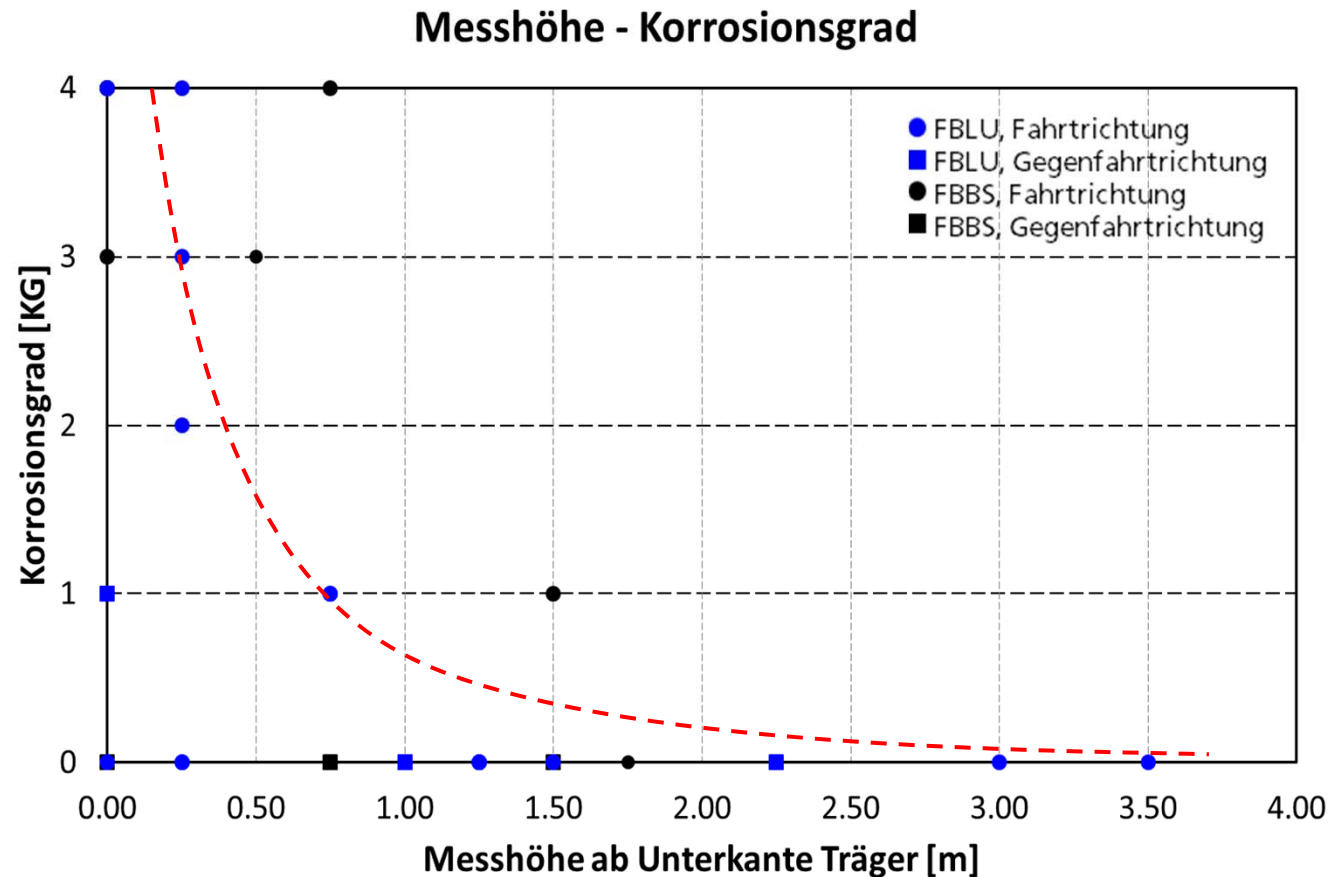
→ Karbonatisierung des Betons nur im unteren Bereich der Träger «relevant».

Korrosionsgefährdung «Träger»

Träger Nr. 125, FBBS

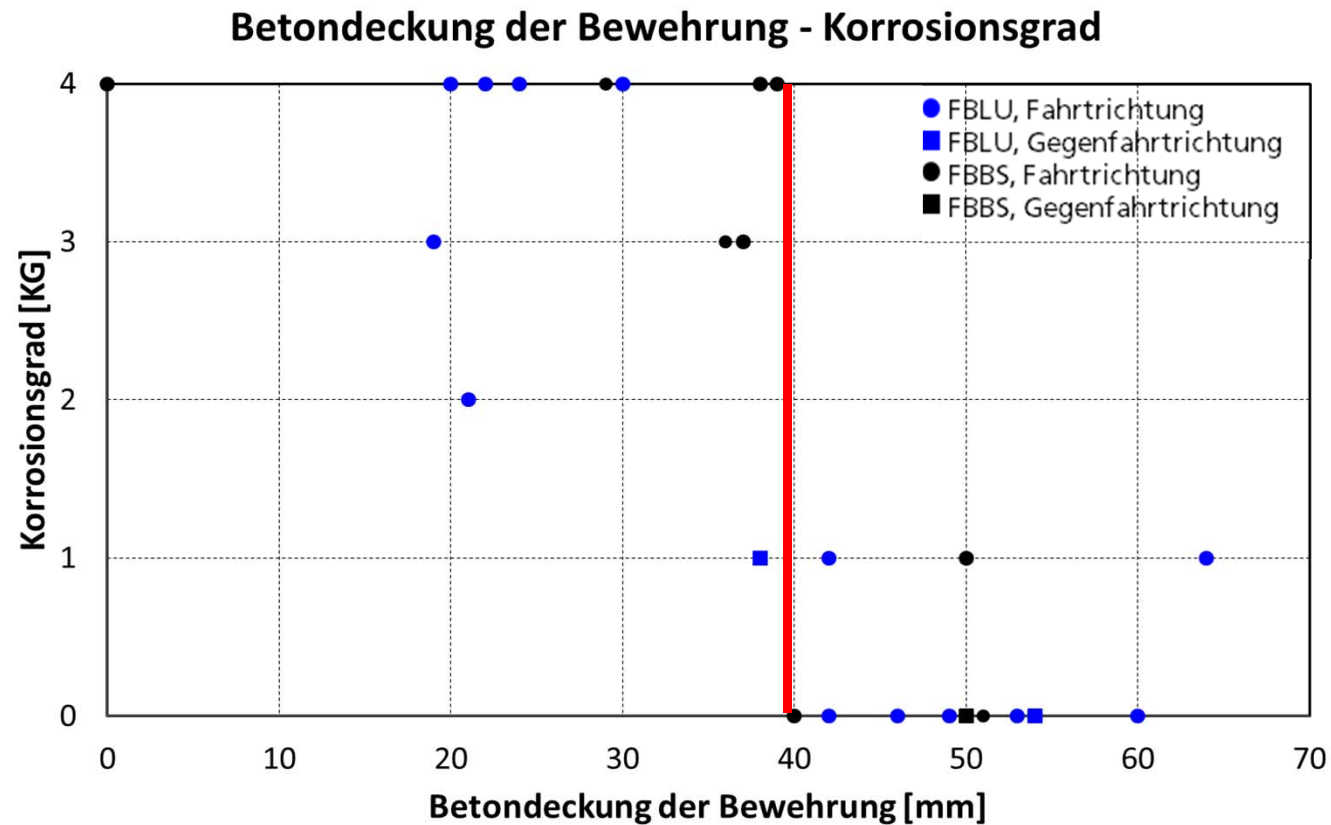


Korrosionsgefährdung «Träger»



→ Korrosion hauptsächlich im unteren Trägerbereich

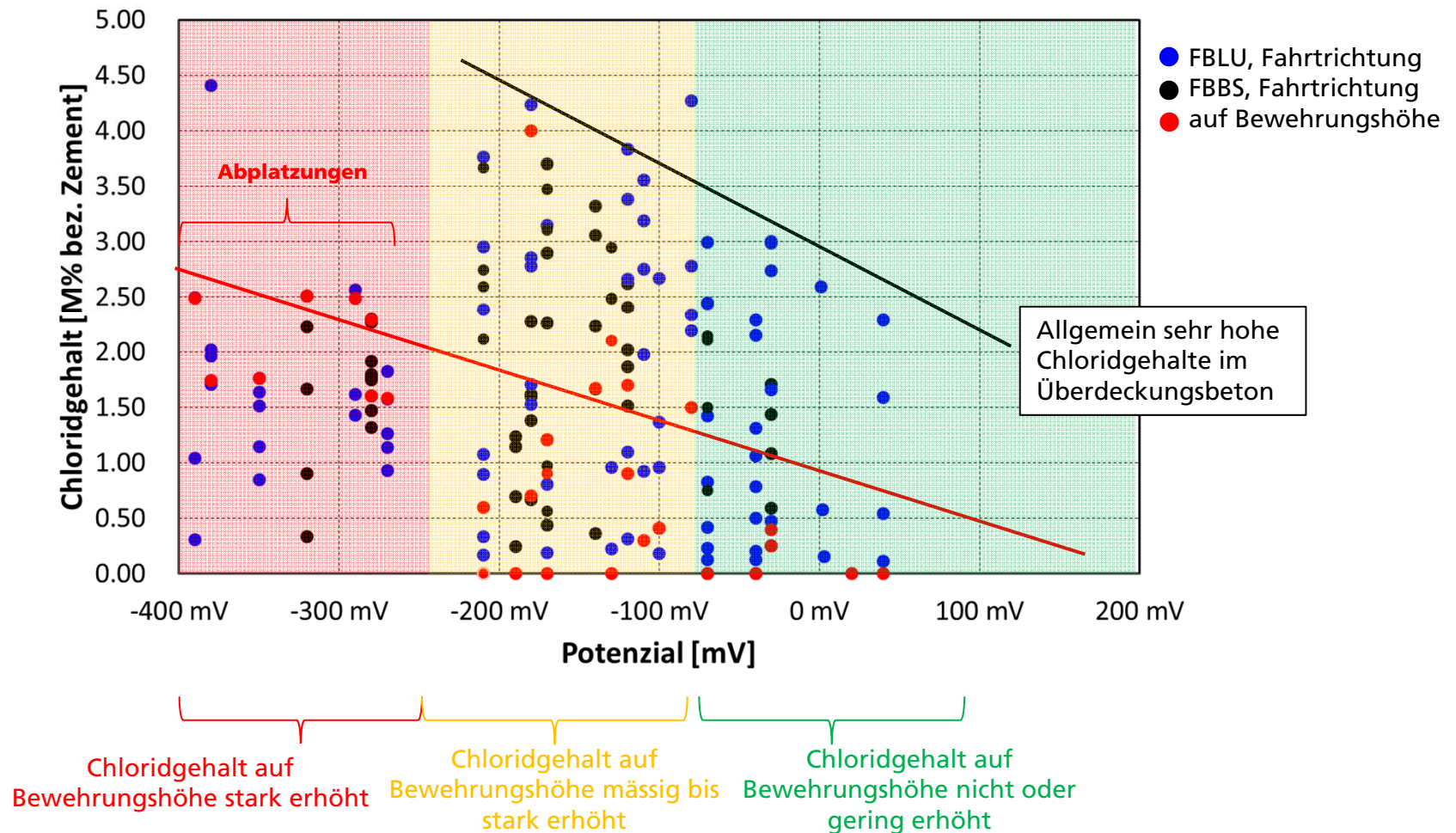
Korrosionsgefährdung «Träger»



→ starke bis sehr starke Korrosion nur bei BD < 40 mm

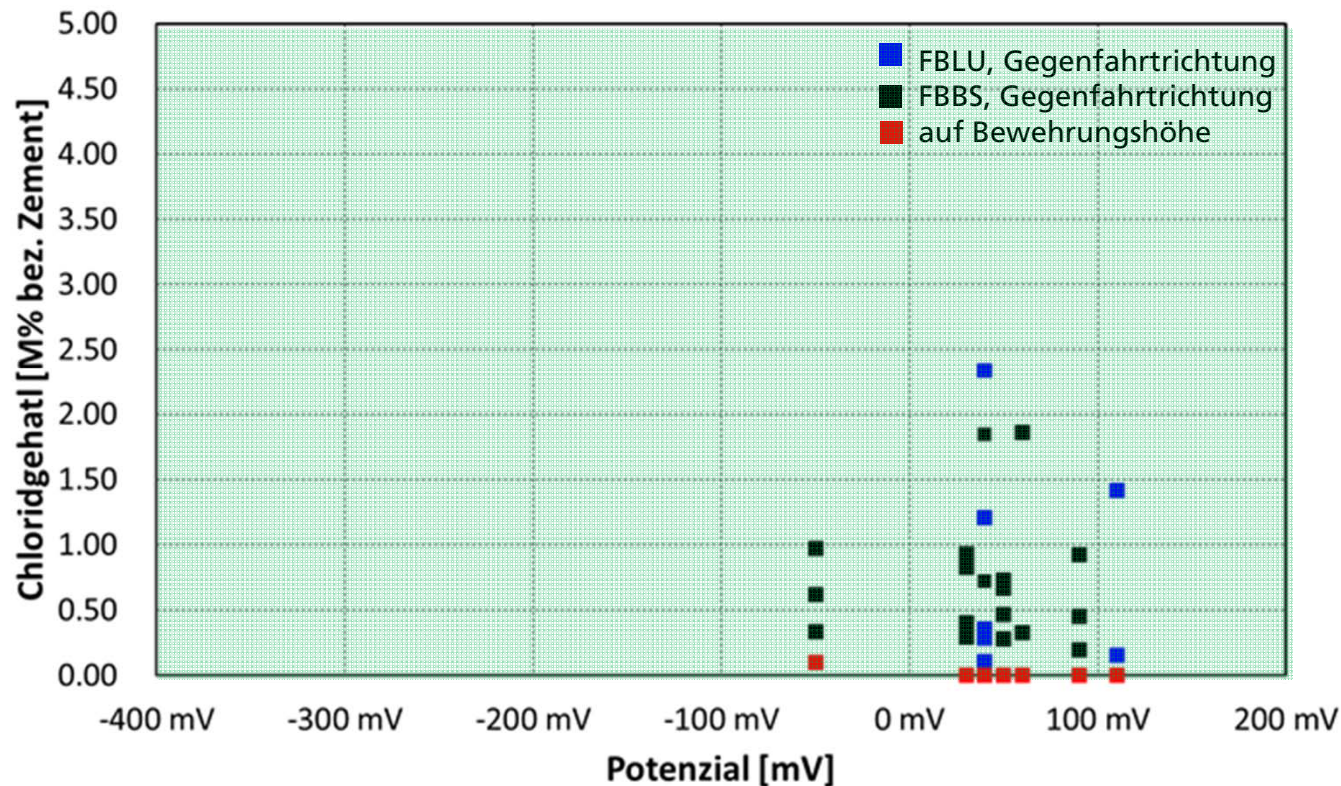
Korrosionsgefährdung «Träger»

Potenzial - Chloridgehalt (Fahrtrichtung)



Korrosionsgefährdung «Träger»

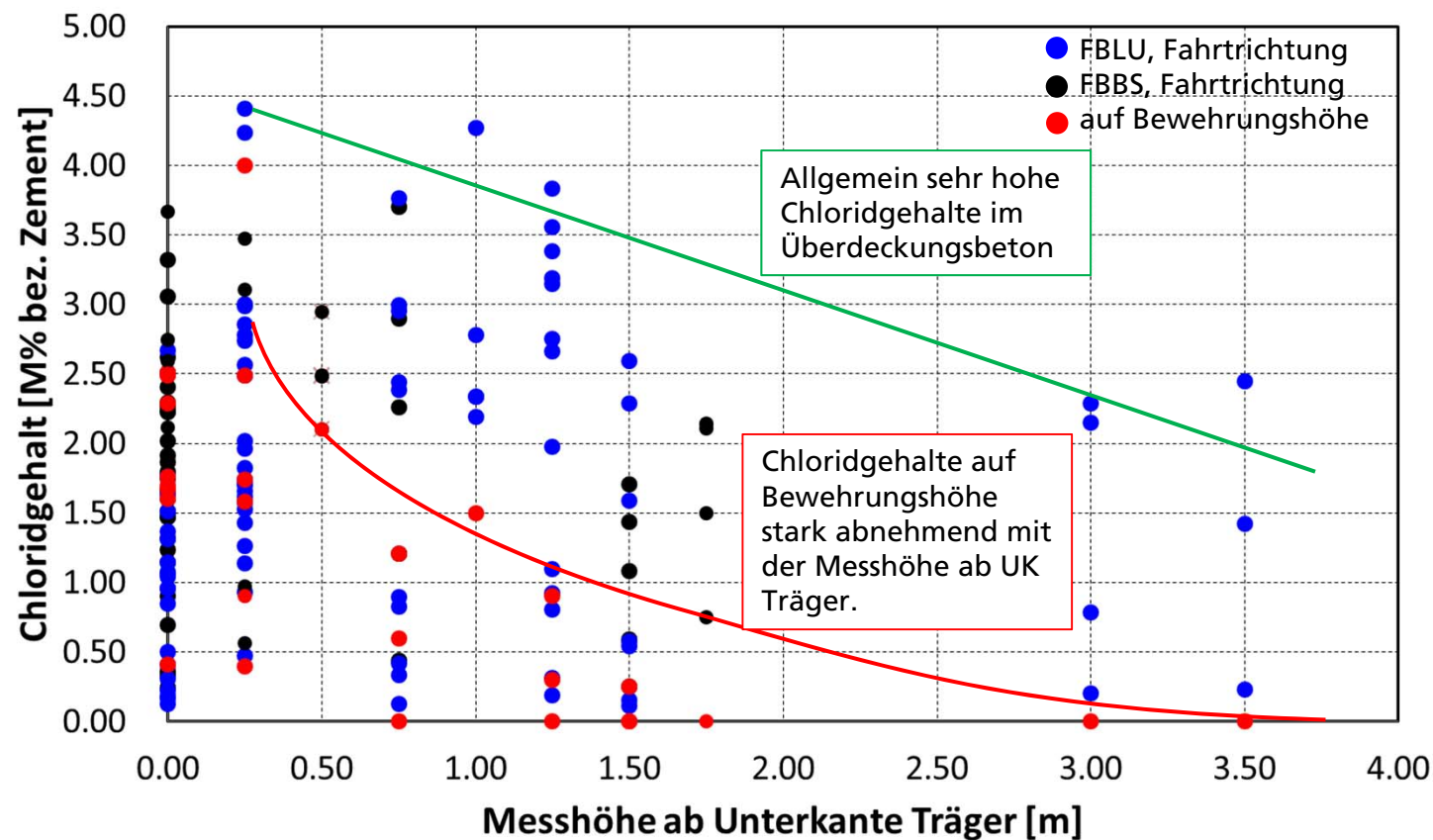
Potenzial - Chloridgehalt (Gegenfahrtrichtung)



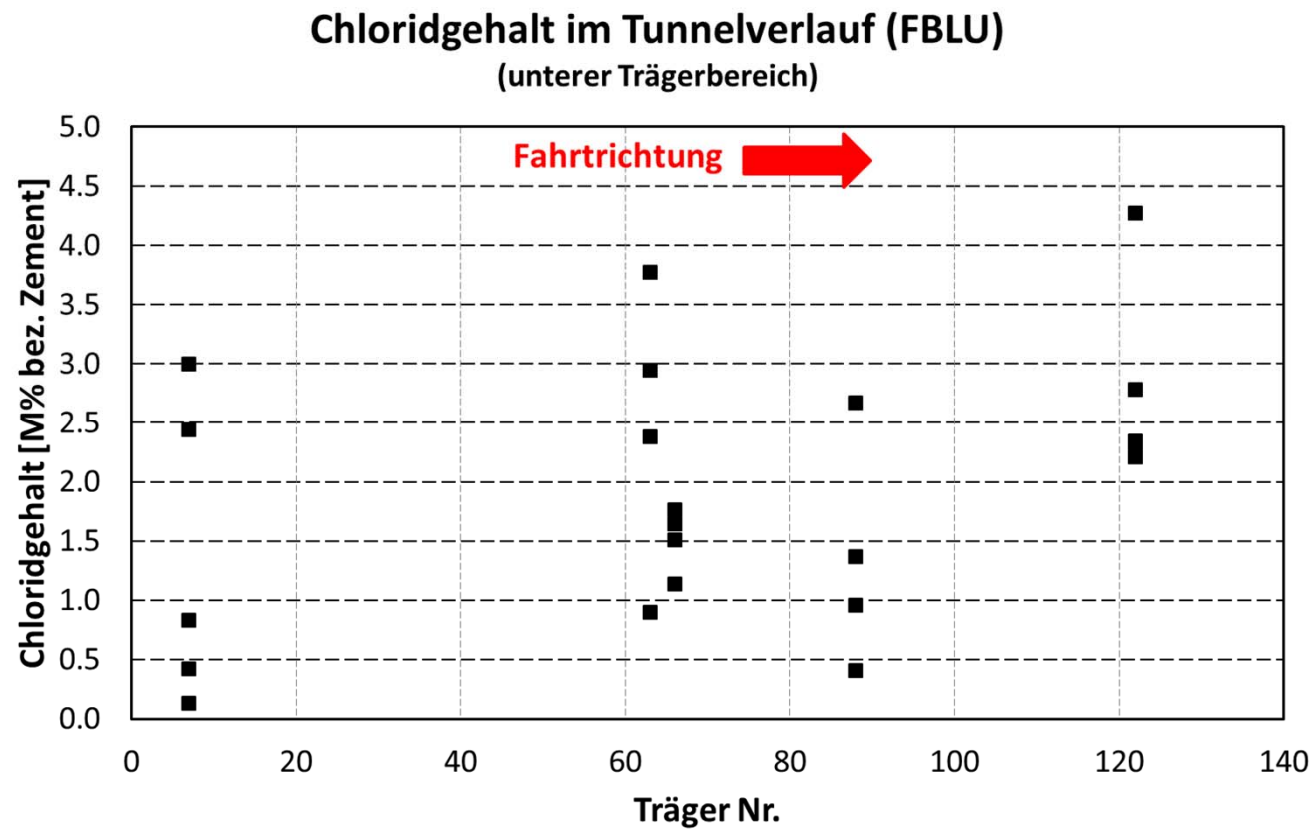
- erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsbeton
- auf Bewehrungshöhe nicht korrosionskritisch

Korrosionsgefährdung «Träger»

Messhöhe - Chloridgehalt (in Fahrtrichtung)

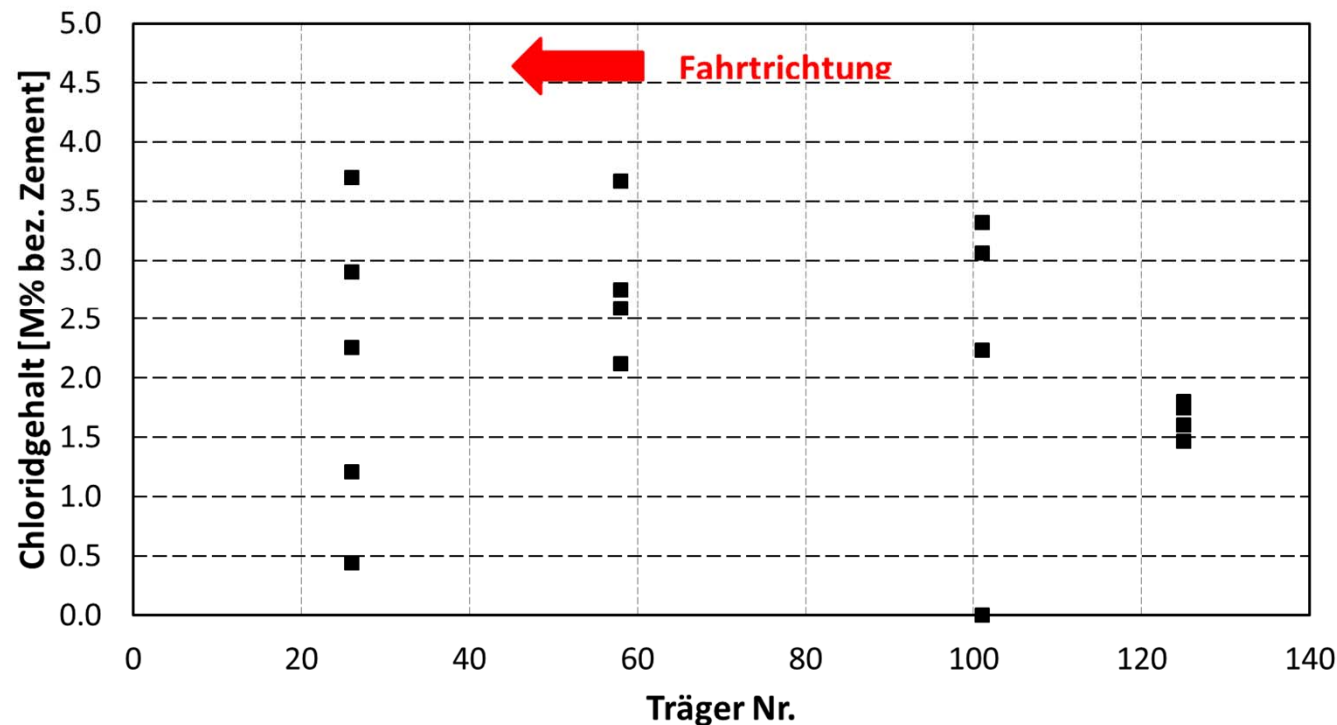


Korrosionsgefährdung «Träger»



Korrosionsgefährdung «Träger»

Chloridgehalt im Tunnelverlauf (FBBS)
(unterer Trägerbereich)

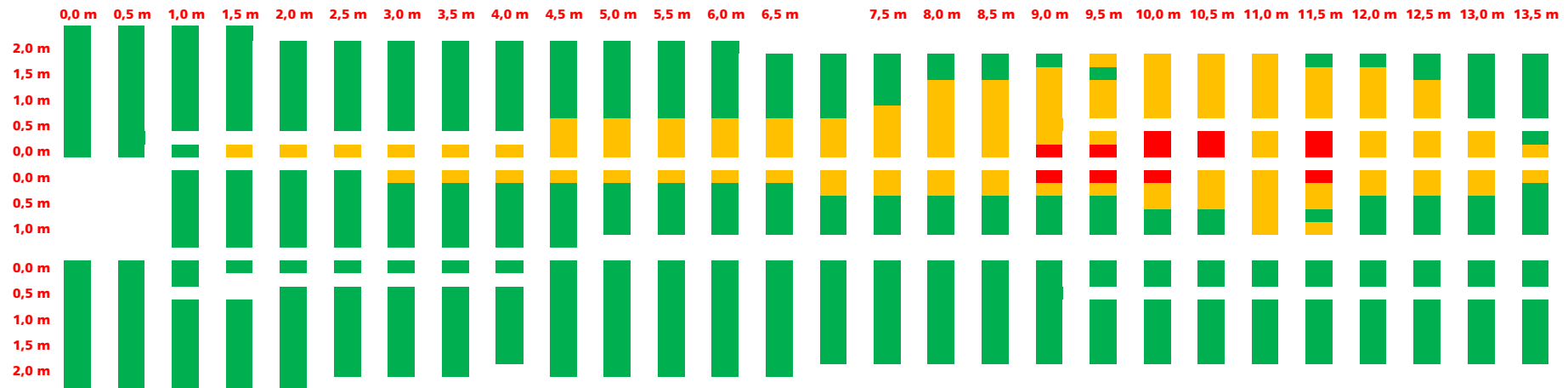


- keine Abhängigkeiten der Fahrtrichtungen
- keine Abhängigkeiten vom Tunnelverlauf

Korrosionsgefährdung «Träger»

Potenzialbereich	Beurteilung	Anteil
> -80 mV	Zone ohne Korrosion mässig bis sehr stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsbeton möglich, auf Bewehrungshöhe nicht korrosionskritisch, keine oder gering Bewehrungskorrosion	55 %
-80 mV bis -250 mV	Übergangszone stark bis sehr stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsbeton, Chloridgehalt >0,4 M%/Zement auf Bewehrungshöhe, geringe bis sehr starke Bewehrungskorrosion möglich	38 %
< -250 mV	Kritische Zone mit Korrosionsgefahr stark bis sehr stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsbeton, oft Abplatzungen oder Hohlstellen, Chloridgehalt mehrheitlich >0,4 M%/Zement auf Bewehrungshöhe, sehr starke Bewehrungskorrosion wahrscheinlich	7 %

Korrosionsgefährdung «Träger»



Potenzialbereich	Beurteilung	Anteil
> -80 mV	Zone ohne Korrosion mässig bis sehr stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsbeton möglich, auf Bewehrungshöhe nicht korrosionskritisch, keine oder gering Bewehrungskorrosion	55 %
-80 mV bis -250 mV	Übergangszone stark bis sehr stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsbeton, Chloridgehalt >0,4 M%/Zement auf Bewehrungshöhe, geringe bis sehr starke Bewehrungskorrosion möglich	38 %
< -250 mV	Kritische Zone mit Korrosionsgefahr stark bis sehr stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsbeton, oft Abplatzungen oder Hohlstellen, Chloridgehalt mehrheitlich >0,4 M%/Zement auf Bewehrungshöhe, sehr starke Bewehrungskorrosion wahrscheinlich	7 %

Zone ohne Korrosion

≠

**keine Massnahmen
notwendig**

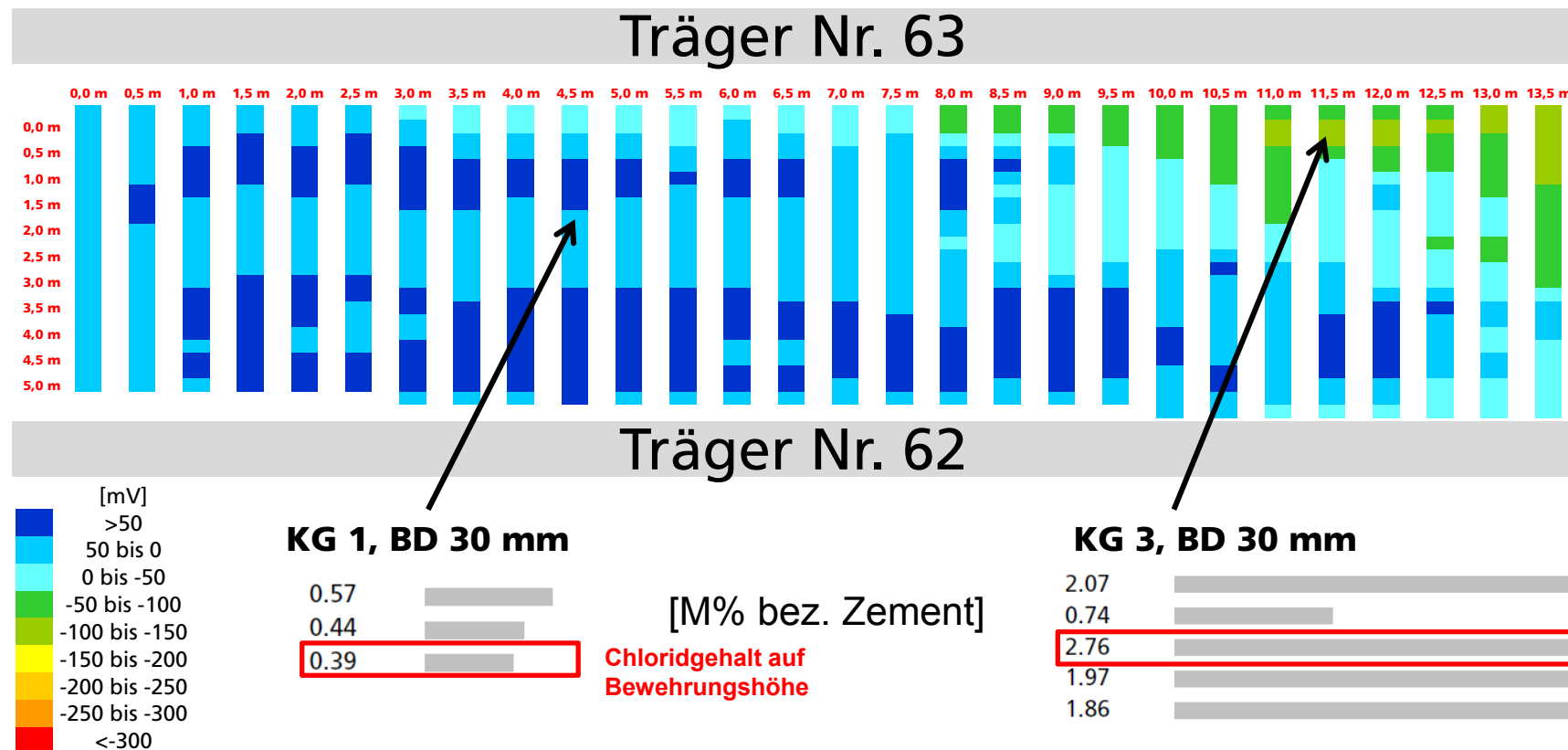
Korrosionsgefährdung «Träger»

Ergebnisse zu den Vorspannungen:

- Hüllrohre im Bereich der Abplatzung mehrheitlich durchkorrodiert.
- Vorspannungen weisen im Bereich der Abplatzungen sehr starke Korrosionserscheinungen auf.
- Die vollständig mit Injektionsgut umhüllten Spanndrähte weisen keine Korrosion auf.
- Das Injektionsgut weist an der Oberfläche eine 10- bis 50-fach erhöhte Chloridbelastung über dem Grenzwert auf.

Korrosionsgefährdung «Decken»

↑ Fahrtrichtung Luzern



→ Betondeckung der Bewehrungen deutlich geringer als bei den Trägern

Korrosionsgefährdung «Decken»

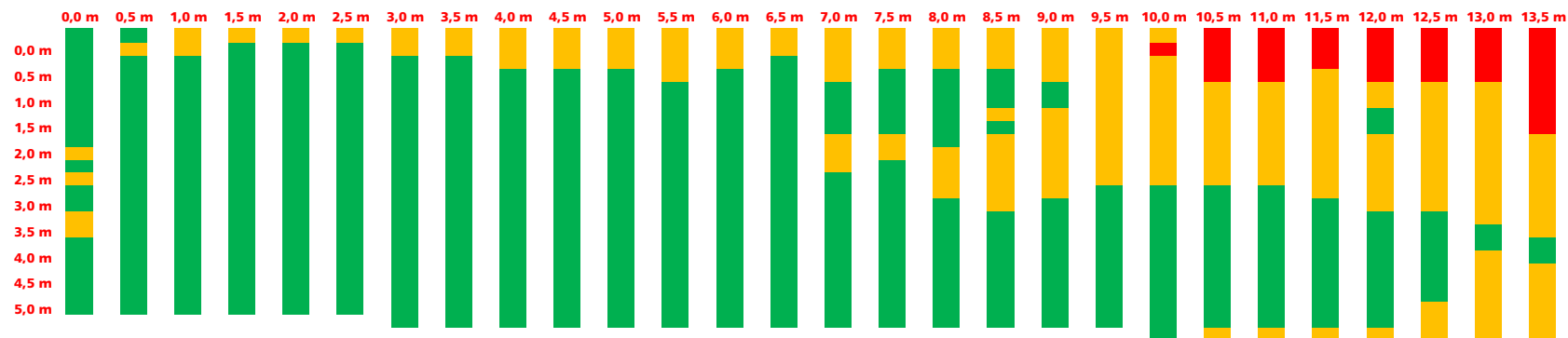
Potenzialbereich	Beurteilung	Anteil
> 10 mV	Zone ohne Korrosion gering bis mässig erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungs- beton möglich, auf Bewehrungshöhe nicht korrosionskritisch, keine Bewehrungskorrosion	80 %
10 mV bis -80 mV	Übergangszone mässig bis stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungs- beton, auf Bewehrungshöhe mehrheitlich nicht korrosionskritisch, keine bis geringe Bewehrungskorrosion	17 %
< -80 mV	Kritische Zone mit Korrosionsgefahr stark bis sehr stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungs- beton, Chloridgehalt mehrheitlich >0,4 M%/Zement auf Bewehrungshöhe, sehr starke Bewehrungskorrosion möglich	3 %

Hinweis: Es wurden nur 2 Deckenfelder untersucht.
Zusätzliche Untersuchungen empfehlenswert.

Korrosionsgefährdung «Decken»

↑ Fahrtrichtung Luzern

Träger Nr. 63



Träger Nr. 62

Potenzialbereich	Beurteilung	Anteil
> 10 mV	Zone ohne Korrosion gering bis mässig erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsbeton möglich, auf Bewehrungshöhe nicht korrosionskritisch, keine Bewehrungskorrosion	80 %
10 mV bis -80 mV	Übergangszone mässig bis stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsbeton, auf Bewehrungshöhe mehrheitlich nicht korrosionskritisch, keine bis geringe Bewehrungskorrosion	17 %
< -80 mV	Kritische Zone mit Korrosionsgefahr stark bis sehr stark erhöhter Chloridgehalt im Überdeckungsbeton, Chloridgehalt mehrheitlich >0,4 M%/Zement auf Bewehrungshöhe, sehr starke Bewehrungskorrosion möglich	3 %

Mögliche Massnahmen

Die Massnahmen zur Instandsetzung der Träger und Deckenunterseiten sind stark abhängig von den statischen Reserven. Es sind folgende Varianten denkbar:

- Konventioneller Betonabtrag der korrosionskritischen sowie auch der chloridbelasteten Bereiche
+ Aufbringen eines Oberflächenschutzsystems
- Konventioneller Betonabtrag der Bereiche mit Korrosionserscheinungen mit anschliessender Reprofilierung
+ Aufbringen eines kathodischen Korrosionsschutzes (KKS)
- Abplatzungsgefährdete Bereiche instand stellen + regelmässige Überwachung der Zustandsentwicklung.
→ falls sehr hohe statische Reserven vorhanden