

Prüf- und Beurteilungsbericht

D3136-01

Auftraggeber	Bundesamt für Strassen (ASTRA) Filiale Winterthur 8404 Winterthur
Auftrag erteilt durch	
Bauwerk/Bauteil	N13 UPlaNS Trübbach - Oberriet
Gegenstand/Zweck	Betondecke Fahrbahn Ergänzende Zustandsuntersuchung 2017: Plattendübel

		Seite
Prüfbericht	1. Auftrag	3
	2. Unterlagen	3
	3. Angaben	3
	4. Prüfungen am Bauwerk	3
	5. Prüfungen im Labor	7
Beurteilungsbericht	6. Grundlagen	10
	7. Beurteilungen	10
	8. Folgerungen	16
Anhang	1 Lage der Untersuchungsbereiche	1
	2 Radarmessungen, Sondierstellen Plattendübel	1-10
	3 Statistische Auswertung der Potenzialmessungen	1
	4 Fotodokumentation	1-4
	5 Laborergebnisse	1

Sachbearbeiter Aldo Rancati

Auftrag vom 27.03.2017
Berichtsdatum 25.09.2017

Der Bericht enthält 17 Seiten und 17 Seiten Anhang.
Ohne schriftliche Genehmigung der Tecnotest AG darf der vorliegende Bericht nicht auszugsweise veröffentlicht werden.

Prüfbericht

D3136-01



Auftraggeber	Bundesamt für Strassen (ASTRA) Filiale Winterthur 8404 Winterthur
Auftrag erteilt durch	
Bauwerk/Bauteil	N13 UPlaNS Trübbach - Oberriet
Gegenstand/Zweck	Betondecke Fahrbahn Ergänzende Zustandsuntersuchung 2017: Plattendübel

Auftrag vom 27.03.2017
Berichtsdatum 25.09.2017

1. AUFTRAG

Das Ziel der ergänzenden Untersuchung ist, den Zustand der Plattendübel bei den Querfugen zu erfassen sowie die Lage der Anker (eingelegte Bewehrungsseisen als Verbindung zwischen den Platten der Normal –und Überholspur) zu bestimmen. Bei der ersten Untersuchungskampagne im Frühjahr 2017 wurden teilweise stark korrodierte Dübel und massiv aussermittig versetzte Anker festgestellt.

Es wurden bei 16 ausgewählten Untersuchungsbereichen à 200 m Länge und etwa 4 m Breite Potenzialmessungen (mit 2 Referenzelektroden und berechneter Potenzialdifferenz) entlang der Querfugen bei den Dübeln durchgeführt, um Informationen zum Korrosionszustand zu erhalten. Für die effektive Bestimmung der Dübelkorrosion wurden etwa 70 Sondieröffnungen erstellt.

Da aussermittig versetzte Anker nur im Abschnitt von 1991 zwischen Haag und Oberriet festgestellt wurden, beschränkten sich die Untersuchungen der Anker auf diesen Abschnitt.

2. UNTERLAGEN

Für die Untersuchungen stand der Prüf- und Beurteilungsbericht D3136, Tecnotest AG, dat. 13.06.2017, zur Verfügung:

3. ANGABEN

Bis auf die angegebenen Unterlagen lagen keine weiteren schriftlichen Angaben vor.

4. PRÜFUNGEN AM BAUWERK

4.1. Einsätze

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

Tätigkeit	Datum	Prüfer
Prüfungen am Bauwerk	16.08.2017	Müller, Casanova, z.T. A. Rancati
Prüfungen am Bauwerk	17.08.2017	Müller, Casanova, J. Rancati
Prüfungen am Bauwerk	18.08.2017	Müller, Casanova, J. Rancati
Prüfungen am Bauwerk	23.08.2017	Müller, Casanova, J. Rancati, Leitner, z.T. A. Rancati

Tätigkeit	Datum	Prüfer
Prüfungen am Bauwerk	24.08.2017	Müller, Casanova, J. Rancati
Prüfungen am Bauwerk	25.08.2017	Müller, Casanova, J. Rancati, Y. Rancati
Prüfungen am Bauwerk	28.08.2017	Müller, Casanova, J. Rancati

4.2. Prüfverfahren

Potenzialmessung mit 2 Referenzelektroden

Tecnotest AG, in Anlehnung SIA Merkblatt 2006 / Tecnotest Prüfanweisung PD061

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 Spannungsmessgerät angeschlossen. Als Referenz dient nicht wie bei der Potenzialmessungen üblich das vorhandene Mischpotenzial der Bewehrung (Bewehrungsanschluss an Bewehrungen), sondern eine lokal auf der Betonoberfläche aufgesetzte Referenzelektrode. Die gemessenen Potenziale entsprechen somit den Potenzialdifferenzen zwischen Potenzial an der Stelle der Bezugselektrode und der Stelle der Referenzelektrode. Die Potenziale können aufgrund von unterschiedlicher Referenzstellen der verschiedenen Platten nicht ohne Weiteres miteinander ausgewertet werden. Wenn eine gemeinsame Auswertung erfolgen soll, müssen die Potenzialdifferenzen zwischen den verschiedenen Platten vorzeichengerecht addiert werden.

Die Messungen werden 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.).

Radarmessungen mit MALA CX10

Tecnotest Prüfanweisung PD071, nicht akkreditierte Prüfung

Mit Hilfe dieses Radargeräts konnten die Anker mit Linienmessungen bis in eine Tiefe von etwa 300 mm lokalisiert werden.

Korrosionsgrad

SIA 269/2, Tecnotest Prüfanweisung PD054, akkreditierte Prüfung

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

- KG 0 Keine Korrosion. Der Stahl ist blank. Auch metallische Hüllrohre von Spanngliedern sind blank.
- KG 1 Geringe Korrosion. Der Stahl weist wenige oberflächliche Rostpunkte auf. Bei metallischen Hüllrohren von Spanngliedern sind wenige oberflächliche Rostpunkte vorhanden.

- KG 2 Mässige Korrosion. Rostflecken; lokal geringer Materialabtrag am Stahl ist möglich. Bei metallischen Hüllrohren von Spanngliedern sind viele Rostflecken sichtbar und lokale Perforationen möglich.
- KG 3 Starke Korrosion. Der Stahl ist vollständig rostig und zeigt geringen Materialabtrag; bei Lochfrass Querschnittsverminderung $\leq 5\%$. Metallische Hüllrohre von Spanngliedern sind perforiert.
- KG 4 Sehr starke Korrosion. Der Stahl ist vollständig rostig mit deutlichen Mulden resp. bei Lochfrass mit deutlichen Querschnittsverminderungen. Die Querschnittsverminderung (QV) wird in % des ursprünglichen Gesamtquerschnitts angegeben. Metallische Hüllrohre von Spanngliedern sind vollständig durch- oder wegkorrodiert.

4.3. Prüfergebnisse: Korrosionszustand der Dübel bei Plattenfugen

Die Prüfergebnisse der Bauwerksuntersuchungen befinden sich im Anhang 2.

Aus dem Tecnotest-Bericht D3136 liegen die folgenden Untersuchungsergebnisse der freigelegten Runddübel vor:

Sondierstelle	Baujahr	Platte	Tiefe	Durchmesser	Korrosionsgrad, Querschnittsverlust
Fahrtrichtung Sargans, Normalspur					
L1.N2	1991	2/3	121 mm	22 mm	KG 4, QV 30 %
L1.N5	1991	30/31	107 mm	22 mm	KG 4, QV 30 %
L1.N11	1991	39/40	123 mm	22 mm	KG 3, QV $\leq 5\%$
L2.N5A/B	1991	12/13	100 mm	22 mm	KG 4, QV 100 %
L3.N5	1991	9/10	112 mm	22 mm	KG 0
L4.N3	1980	18/19	133 mm	22 mm	KG 0
Fahrtrichtung St. Margrethen, Normalspur					
R1.N3	1980	34/45	128 mm	22 mm	KG 0
R2.N3	1980	30/31	123 mm	22 mm	KG 4, QV 10 %
R3.N3	1991	27/28	77 mm	22 mm	KG 4, QV 30 %
R4.N1	1991	1/2	100 mm	22 mm	KG 4, QV 15 %
Fahrtrichtung St. Margrethen, Überholspur					
R5.Ü3	1980	14/15	114 mm	22 mm	KG 1

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der heutigen Sondierstellen aufgeführt:

Sondierstelle	Baujahr	Platte	Tiefe	Durchmesser	Korrosionsgrad, Querschnittsverlust
Fahrtrichtung Sargans, Normalspur					
L1.1	1991	4/5	125 mm	22 mm	KG 4, QV 30 %
L1.2	1991	7/8	129 mm	22 mm	KG 4, QV 30 %
L1.3	1991	33/34	126 mm	22 mm	KG 3, QV $\leq 5\%$
L1.4	1991	39/40	130 mm	22 mm	KG 3, QV $\leq 5\%$
L2.1	1991	2/3	95 mm	22 mm	KG 4, QV 15 %
L2.2	1991	2/3	97 mm	22 mm	KG 4, QV 25 %

Sondierstelle	Baujahr	Platte	Tiefe	Durchmesser	Korrosionsgrad, Querschnittsverlust
L2.3	1991	4/5	133 mm	22 mm	KG 3, QV ≤ 5 %
L2.4	1991	7/8	127 mm	22 mm	KG 4, QV 5 %
L3.1	1980	5/6	128 mm	22 mm	KG 4, QV 5 %
L3.2	1980	9/10	127 mm	22 mm	KG 0
L3.3	1980	1/2	133 mm	22 mm	KG 3, QV ≤ 5 %
L3.4	1980	6/7	120 mm	22 mm	KG 4, QV 5 %
Fahrtrichtung Sargans, Überholspur					
L4.1	1980	6/7	127 mm	22 mm	KG 0
L4.2	1980	9/10	113 mm	22 mm	KG 0
L5.1	1991	1/2	116 mm	22 mm	KG 3, QV ≤ 5 %
L5.2	1991	9/10	131 mm	22 mm	KG 0
L5.3	1991	33/34	130 mm	22 mm	KG 3, QV ≤ 5 %
L5.4	1991	35/36	128 mm	22 mm	KG 0
L6.1	1991	5/6	100 mm	22 mm	KG 3, QV ≤ 5 %
L6.2	1991	8/9	126 mm	22 mm	KG 0
L6.3	1991	21/22	119 mm	22 mm	KG 0
L6.4	1991	23/24	123 mm	22 mm	KG 0
L6.5	1991	34/35	125 mm	22 mm	KG 3, QV ≤ 5 %
L6.6	1991	36/37	120 mm	22 mm	KG 3, QV ≤ 5 %
L7.1	1980	1/2	129 mm	22 mm	KG 0
L7.2	1980	6/7	138 mm	22 mm	KG 0
L7.3	1980	12/13	110 mm	22 mm	KG 0
L7.4	1980	14/15	123 mm	22 mm	KG 0
L8.1	1980	11/12	133 mm	22 mm	KG 0
L8.2	1980	37/38	125 mm	22 mm	KG 0
Fahrtrichtung St. Margrethen, Normalspur					
R1.1	1980	2/3	126 mm	22 mm	KG 4, QV 20 %
R1.2	1980	9/10	124 mm	22 mm	KG 3, QV ≤ 5 %
R1.3	1980	24/25	125 mm	22 mm	KG 0
R1.4	1980	29/30	128 mm	22 mm	KG 4, QV 5 %
R2.1	1980	11/12	117 mm	22 mm	KG 0
R2.2	1980	15/16	101 mm	22 mm	KG 4, QV 20 %
R2.3	1980	33/34	170 mm	22 mm	KG 0
R2.4	1980	34/35	110 mm	22 mm	KG 4, QV 30 %
R3.1	1991	1/2	130 mm	22 mm	KG 0
R3.2	1991	9/10	118 mm	22 mm	KG 4, QV 20 %
R3.3	1991	35/36	145 mm	22 mm	KG 0
R3.4	1991	39/40	122 mm	22 mm	KG 0
R4.1	1991	2/3	136 mm	22 mm	KG 0
R4.2	1991	9/10	126 mm	22 mm	KG 0
R4.3	1991	34/35	124 mm	22 mm	KG 3, QV ≤ 5 %
R4.4	1991	36/37	103 mm	22 mm	KG 4, QV 5 %

Sondierstelle	Baujahr	Platte	Tiefe	Durchmesser	Korrosionsgrad, Querschnittsverlust
Fahrtrichtung St. Margrethen, Überholspur					
R5.1	1980	2/3	112 mm	22 mm	KG 3, QV ≤ 5 %
R5.2	1980	4/5	98 mm	22 mm	KG 3, QV ≤ 5 %
R5.3	1980	32/33	136 mm	22 mm	KG 0
R5.4	1980	34/35	128 mm	22 mm	KG 0
R6.1	1980	1/2	131 mm	22 mm	KG 0
R6.2	1980	5/6	103 mm	22 mm	KG 4, QV 15 %
R6.3	1980	14/15	123 mm	22 mm	KG 3, QV ≤ 5 %
R6.4	1980	19/20	112 mm	22 mm	KG 4, QV 5 %
R6.5	1980	32/33	118 mm	22 mm	KG 0
R6.6	1980	37/38	124 mm	22 mm	KG 0
R7.1	1991	1/2	114 mm	22 mm	KG 3, QV ≤ 5 %
R7.2	1991	9/10	139 mm	22 mm	KG 0
R7.3	1991	31/32	134 mm	22 mm	KG 0
R7.4	1991	32/33	145 mm	22 mm	KG 0
R8.1	1991	2/3	126 mm	22 mm	KG 3, QV ≤ 5 %
R8.2	1991	9/10	146 mm	22 mm	KG 0
R8.3	1991	29/30	127 mm	22 mm	KG 0
R8.4	1991	39/40	139 mm	22 mm	KG 3, QV ≤ 5 %

Es ist kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Einbettungstiefe und dem Korrosionszustand zu erkennen.

Radarmessungen bei Ankern

In Längsrichtung wurden Radarmessungen auf und neben den Fugen zwischen Normal- und Überholspur durchgeführt. Die Ergebnisse werden im Beurteilungsbericht erläutert.

5. PRÜFUNGEN IM LABOR

5.1. Prüfverfahren

Chloridgehalt

SN EN 14629, Tecnotest Prüfanweisung PC001, akkreditierte Prüfung

Die Bohrkerns wurden vorab entsprechend der Tiefenstufen geschnitten und gemahlen. Dem Betonmehl wurde 1 g für die Analyse entnommen und mit kalter Salpetersäure aufgeschlossen. Die Chloridgehaltsmessungen erfolgten mit der ionensensitiven Elektrode.

5.2. Prüfergebnisse

Die Prüfergebnisse der Laboruntersuchungen befinden sich im Anhang 5.

Rüschlikon, 25.09.2017



Sachbearbeiter

Aldo Rancati

A. Rancati

Leiter Prüfstelle

Aldo Rancati

Beurteilungsbericht

D3136-01

Auftraggeber	Bundesamt für Strassen (ASTRA) Filiale Winterthur 8404 Winterthur
Auftrag erteilt durch	
Bauwerk/Bauteil	N13 UPlaNS Trübbach - Oberriet
Gegenstand/Zweck	Betondecke Fahrbahn Ergänzende Zustandsuntersuchung 2017: Plattendübel

Auftrag vom 27.03.2017
Berichtsdatum 25.09.2017

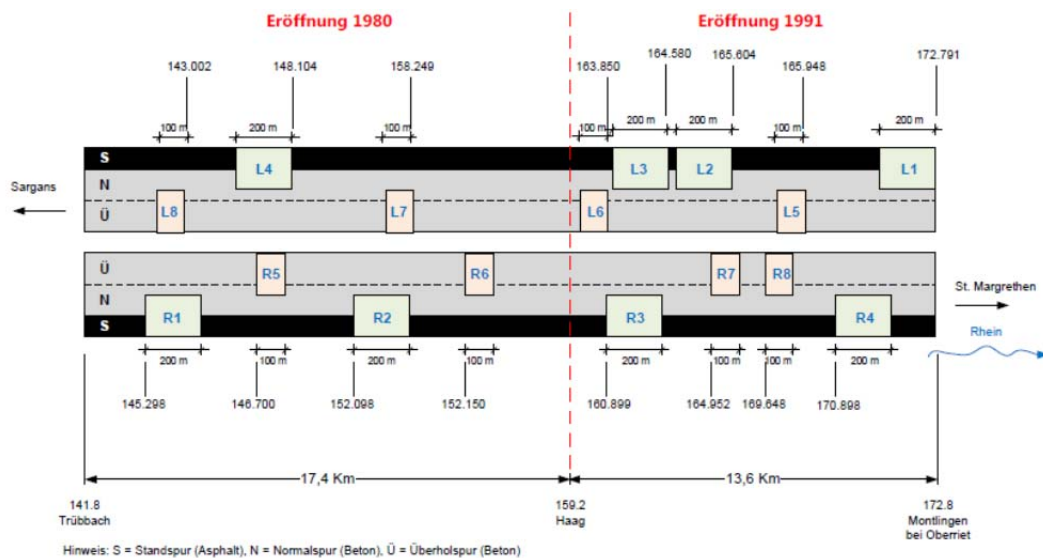
6. GRUNDLAGEN

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

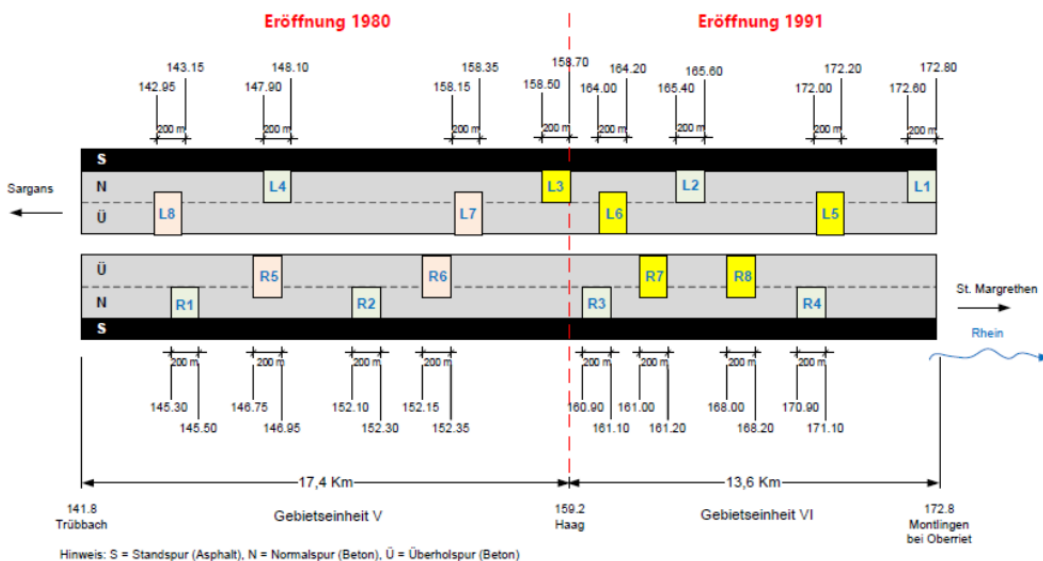
7. BEURTEILUNGEN

7.1. Lage der Untersuchungsbereiche

Bei der ersten Untersuchungskampagne im Frühjahr 2017 wurden folgende Untersuchungsbereiche bestimmt:



Bei den aktuellen Untersuchungen wurden einige Untersuchungsbereiche verschoben (gelb markiert), die übrigen blieben, da Informationen aus diesen Bereichen in die aktuellen Untersuchungsergebnisse einfließen.



Im Abschnitt von 1991 wurden stark aussermittig versetzte Anker zwischen der Normal- und der Überholspur festgestellt. Um weitere Bereiche zu kontrollieren, wurden die Untersuchungsbereiche L5, L6, R7 und R8 verschoben. L3 wurde dem Abschnitt von 1980 zugewiesen, damit in beiden Abschnitten die gleiche Anzahl Untersuchungsbereiche vorhanden sind. Die Lage der übrigen Untersuchungsbereiche blieb praktisch unverändert. Die Länge aller Abschnitte auf der Überholspur wurde auf 200 m vergrössert.

7.2. Ausgangslage

Im Abschnitt Trübbach – Oberriet bestehen die Fahrspuren aus Beton. Für die Betondecke wurden insgesamt in beiden Fahrtrichtungen rund 25'000 unbewehrte Platten mit einer Länge von etwa 5 m, einer Breite von 4 m und einer Dicke von 220 mm verbaut.

Die Querfugen wurden mit kunststoffbeschichteten Runddübeln mit einem Durchmesser von 22 mm versehen. Innerhalb einer Plattenfugenlänge von 4 m wurden 8 Dübel mit einer Länge von 0,5 m in einem Abstand von 0,5 m versetzt.

Die Längsfugen zwischen der Normal- und der Überholspur wurden mit Ankern, die aus 0,5 m langen Bewehrungsstählen mit einem Durchmesser von 14 mm bestehen, überbrückt. Die Anker wurden in einem Abstand von etwa 1 m versetzt. Im Abschnitt von 1991 war bei den Untersuchungen im Frühjahr festgestellt worden, dass die Anker meist stark aussermittig versetzt wurden und deswegen kaum wirksam sind.

7.3. Potenzialmessung entlang der Plattenfugen bei den Dübeln

Im überprüften Abschnitt wurden rund 200'000 Dübel versetzt. Um neben den Sondieröffnungen für die Beurteilung des Korrosionszustandes weitere Informationen zu erhalten, wurde versucht, mit Hilfe von modifizierten Potenzialmessungen den Zustand der Dübel in den 16 Untersuchungsbereichen à 200 m Länge zu ermitteln.

Grundsätzlich sind drei unterschiedliche Varianten bei Potenzialmessungen möglich:

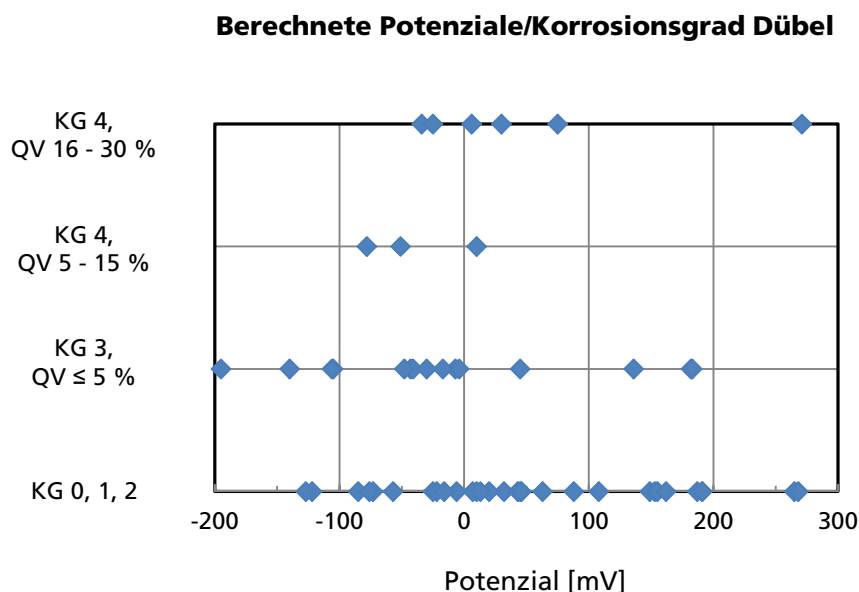
- A Klassische Potenzialmessung: Anschluss an die Bewehrung resp. im vorliegenden Fall an die Dübel.
- B Potenzialmessung mit 2 Elektroden: Eine bewegliche Elektrode (wie bei der klassischen Potenzialmessung) und eine ortsfeste Elektrode anstelle des Bewehrungsanschlusses. Das Ergebnis ist eine Potentialdifferenz, die ortsabhängig ist und nur Gültigkeit für die entsprechende Platte hat. Da die Potenzialmessungen aller Platten zusammen ausgewertet werden sollen, müssen die Potentialdifferenzen der Platten vorzeichen-gerecht addiert werden.
- C Differenzpotenzialmessung mit 2 beweglichen Elektroden mit festem Abstand ohne Bewehrungsanschluss und ohne eine ortsabhängige Elektrode. Die Differenz-potenziale müssen mit Hilfe einer mathematischen Integration in interpretierbare Potenziale umgewandelt werden.

Für die Durchführung einer klassischen Potenzialmessung hätte an jedem Dübel separat angeschlossen werden müssen, da in den Platten keine Bewehrung als elektrisch leitende Verbindung zwischen den Dübeln vorhanden ist. Die Variante A ist nicht praktikabel und entfällt.

Die Varianten B und C wurden an einer Musterplatte in der Tecnotest AG durchgeführt und mit der klassischen Potenzialmessung verglichen. Die Ergebnisse waren qualitativ gleichwertig. Der Nachteil der Variante C ist, dass die rechnerische Umwandlung der ermittelten Potenzialdifferenzen aufwändig ist und auch die Fehleranfälligkeit des Messverfahrens grösser erscheint. Mit der Variante B wurden bei anderen Objekten erfolgreich Korrosionsstellen detektiert. Aus diesen Gründen wurde die Variante B gewählt.

Pro Platte wurden beidseitig der Fugen die Potenziale mit einer Radelektrode in einem Messraster von 0,1 m erfasst. Grundsätzlich kann angenommen werden, dass die nur wenige Zentimeter gegenüber liegenden Messpunkte bei den Plattenfugen dieselben Potenziale aufweisen müssen. Die gemittelte Differenz der Potenziale der beiden Messlinien neben den Plattenfugen entspricht etwa der Potenzialdifferenz der nebeneinander liegenden Platten.

Das so berechnete Potenzial wurde dem an Sondierstellen festgestellten Korrosionszustand der Runddübel gegenüber gestellt. Üblicherweise findet eine gute Korrelation zwischen den Potenzialen und der Korrosion an den Dübeln statt. Die Ergebnisse sind im nachfolgenden Diagramm ersichtlich:



Das Korrosionsrisiko wird überschätzt

- Diffusionspotenziale: An im Frühjahr entnommenen Bohrkernen wurde der Chloridgehalt im Beton in der Fläche der Platten nachträglich bestimmt. Dies wurde damals nicht gemacht, da der Chloridgehalt ausserhalb der Plattenfugen nicht relevant ist, da keine Bewehrung in der Betondecke vorhanden ist. Der hohe, aber auch deutlich schwankende Chloridgehalt bis etwa 3 M% bez. Zement an der Oberfläche und zwischen 0,1 und 1,7 M% bez. Zement in 40 bis 50 mm Tiefe hat jedoch einen Einfluss auf die Potenzialmessung: Durch die Konzentrationsgradienten finden Diffusionsprozesse statt. Durch die ungleiche Beweglichkeit von verschiedenen Ionen (z.B. Chlorid und Natrium) entsteht ein elektrisches Feld, das als Potenzial erfasst wird. Dieses Potenzial ist aber nicht überall gleich und beeinflusst die ermittelten Potenziale.
- Die nicht rostfreien Stahldübel wurden mit einer Kunststoffbeschichtung versehen (siehe Bilder 1 und 2 im Anhang 4). Bei einer dichten und unbeschädigten Kunststoffbeschichtung kann keine Korrosion entstehen. Wie die Sondierstellen zeigen, ist bei einem Teil der Dübel aber mässige bis sehr starke Korrosion vorhanden, da wahrscheinlich durch Plattenbewegungen oder beim Einbau die Kunststoffbeschichtung beschädigt wurde. Teilweise wurden bei relativ negativen Potenzialen keine Korrosion im Fugenbereich festgestellt was vermuten lässt, dass der Dübel an einer anderen, nicht relevanten Stelle korrodiert. Dies verschiebt die Potenziale zu negativen Werten, obwohl im Fugenbereich der Dübel nicht korrodiert ist.

Das Korrosionsrisiko wird unterschätzt

- Die während der Potenzialmessungen hohen Lufttemperaturen von 25°C bis 29°C und der mässige Wind führen zu einem Austrocknen des Betons. Obwohl vor der Potenzialmessung die Betonoberfläche gewässert wurde besteht die Möglichkeit, dass die Leitfähigkeit des Betons nicht ausreichend gross war. Wegen des gedrängten Terminprogramms (für einen Untersuchungsbereich standen inkl. Sondierstellen nur 2 bis 2,5 Stunden zur Verfügung) konnte nicht mehrmals gewässert werden.
- Mit der Potenzialmessung wird nur aktive Korrosion erfasst. Wenn die Fugen erneuert wurden und nun dicht sind, kann früher stattgefundene Korrosion, die heute nicht mehr aktiv ist, mit der Potenzialmessung nicht lokalisiert werden.

7.4. Korrosionszustand der Runddübel bei Plattenquerfugen

Der Korrosionszustand der Plattendübel wurde anhand von insgesamt 75 freigelegten Dübeln bestimmt (11 aus den Untersuchungen im Frühjahr). Im Prüfbericht im Kapitel 4.3. sind die Ergebnisse tabellarisch zusammengestellt. Es wurden 4 Kategorien mit Fokus auf den Querschnittsverlust gebildet:

KG 0/1/2

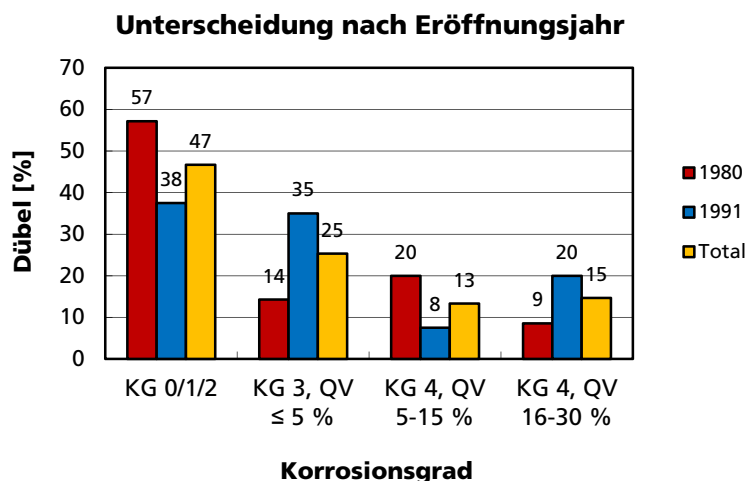
KG 3, QV $\leq 5\%$

KG 4, QV 5-15%

KG 4, QV 16-30 % (1 Mal wurde ein QV von 100 % festgestellt)

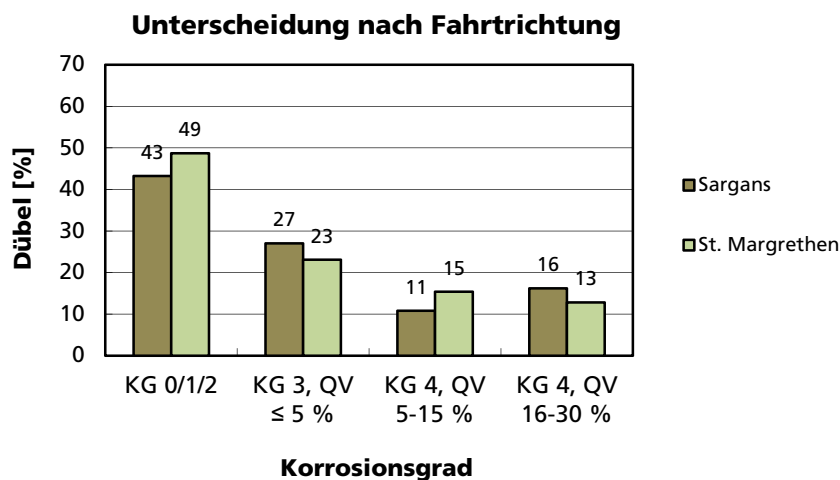
In der letzten Kategorie befindet sich auch ein Dübel, der einen Querschnittsverlust von 100 % aufwies (aus Bericht D3136). Die daneben freigelegten Dübel wiesen eine QV von 15 % und 25 % auf.

Anhand der nachfolgenden Diagramme können kann der ermittelte Zustand der Dübel im gesamten Abschnitt zwischen Trübbach und Oberriet genauer zugeordnet werden:

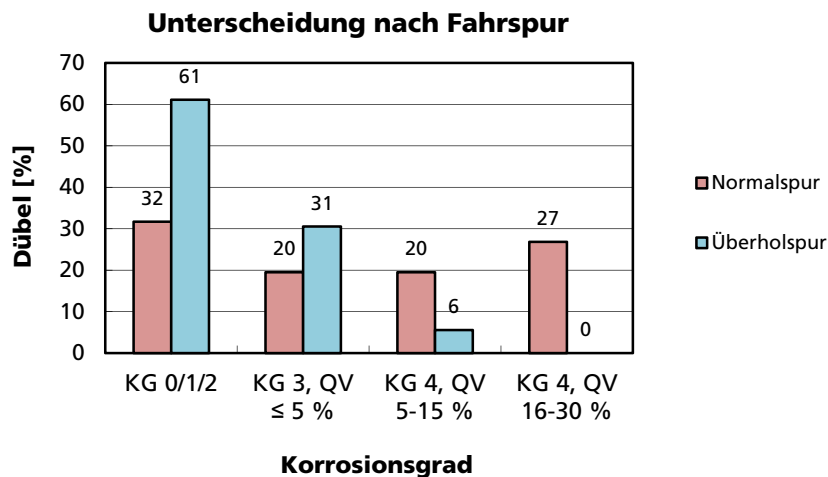


Insgesamt weist rund die Hälfte der Dübel keinen Querschnittsverlust auf. Ein Viertel zeigte beginnende Lochfrasskorrosion mit einem Querschnittsverlust von maximal 5 %. Der restliche Viertel teilt sich etwa Hälftig auf die Klassen QV 5-15 % und QV 16-30 % auf. Ein einziger Dübel (rund 1 %) war vollständig durchkorrodiert.

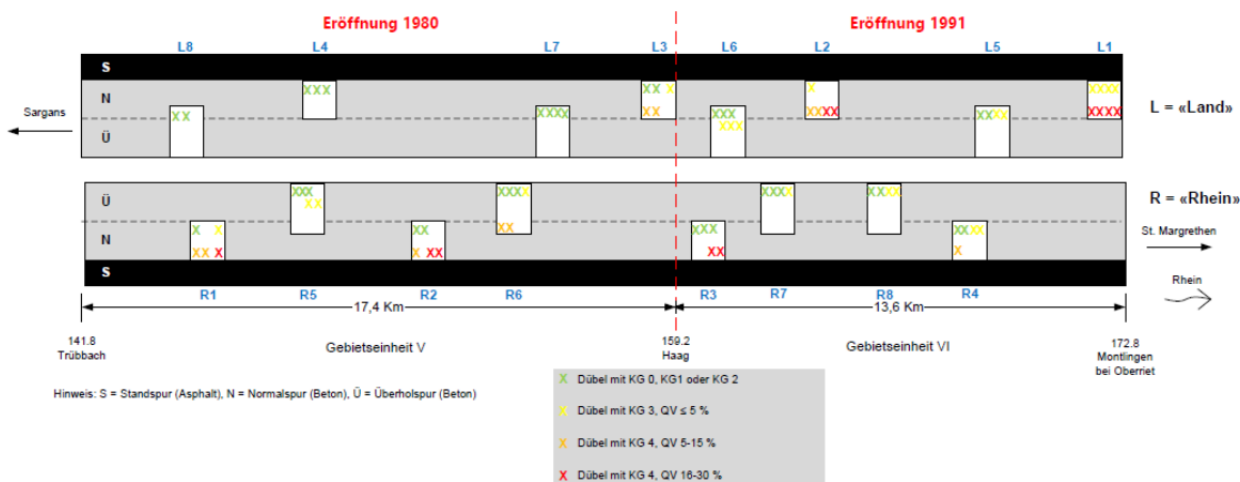
Die weniger alten Dübel aus dem Abschnitt von 1991 befinden sich in etwas schlechterem Zustand.



Beim Kriterium der Fahrtrichtung bestehen keine signifikanten Unterschiede.

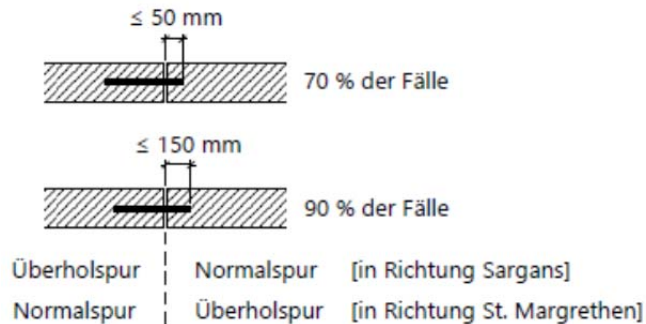


Bei der Unterscheidung in Bezug auf die Fahrspur hingegen sind gravierende Unterschiede vorhanden: Auf der Normalspur ist jeder zweite Dübel sehr stark korrodiert bei einem Querschnittsverlust 5 bis 30 %. Bei der Überholspur hingegen nur etwa jeder zwanzigste Dübel. In der nachstehenden Übersicht (Auszug aus dem Anhang 2, Seite 10) ist zudem zu erkennen, dass die Dübel der Normalspur im Abschnitt von 1980 in besserem Zustand sind wie im Abschnitt 1991.



7.5. Lage der Anker in Längsplattenfuge

Bei den Untersuchungen im Frühjahr wurde festgestellt, dass im Abschnitt von 1991 etwa 70 % der 0,5 m langen Anker zwischen der Normal- und Überholspur derart aussermittig versetzt wurden, dass die Längsfuge nicht oder fast nicht überbrückt wurde. Um das Ergebnis zu erhärten, wurden erneut Radarmessungen an 4 weiteren Untersuchungsbereichen durchgeführt. Da auch Radarmesslinien 150 mm neben der Fuge vorgenommen wurden, kann die Lage der Anker noch etwas genauer angegeben werden:



Etwa 70 % der Anker überlappen die Längsfuge nicht oder um maximal 50 mm und 90 % der Anker überlappen die Längsfuge um höchstens 150 mm. Bei einem Verlegefehler von 50 mm müssten der 500 mm lange Anker 200 bis 300 mm in die Platte ragen.

8. FOLGERUNGEN

8.1. Runddübel bei Plattenquerfugen

Die Runddübel kommen wegen der Beschädigung der Kunststoffbeschichtung bei undichten Fugen mit Wasser und Chloriden in Kontakt und korrodieren. Wenn sich unmittelbar beim Fugenbereich die Kunststoffbeschichtung ablöst, reicht für örtliche Korrosion bereits Feuchtigkeit, da die Stahloberfläche ohne Kontakt mit dem hohen pH des alkalischen Betons nicht passiviert. Chloride verstärken die Korrosion erheblich.

Der Zustand der bituminösen Fugenvergussmassen ist kein Indikator für den Zustand der Dübel, da die Fugen regelmässig unterhalten werden.

Etwa 50 % der Dübel der Normalspur sind von starker bis sehr starker Korrosion (Querschnittsverlust 5 bis 30 %, im Mittel ca. 20 %) betroffen.

Bei der Überholspur beträgt dieser Anteil gerundet etwa 10 %. Der mittlere Querschnittsverlust ist mit etwa 10 % zudem deutlich geringer.

Grundsätzlich steigt bei sehr stark korrodierten Dübeln die Gefahr für das plötzliche Aufbrechen der Platten bei grosser Hitze (Blow-up) infolge der Plattenausdehnung. Die Gefahr ist vor allem bei geraden Strecken vorhanden.

Bei der Normalspur muss wegen der bereits stark fortgeschrittenen Korrosion bereits heute mit einem erhöhten Risiko für Blow-up gerechnet werden. Die 1980 eröffnete Strecke von Haag bis Trübbach scheint etwas weniger gefährdet zu sein. Auch bei einem regelmässigen Fugenunterhalt schreitet die Korrosion an den Runddübeln weiter voran. Allenfalls sind bereits in den nächsten Jahren Massnahmen wie ‚Dehnungstreifen‘ resp. ‚Asphaltplomben‘ (Ersatz von Betonplatten in bestimmtem Abstand durch Asphalt) oder das Verbreitern von Fugen in Betracht zu ziehen.

Bei der Überholspur ist die Gefahr für Blow-up deutlich geringer. Obwohl auch hier das örtlich sehr starke Korrodieren von Dübeln – beispielsweise bei Holzeinlagen in Fugen – nicht ganz ausgeschlossen werden kann, erscheinen Massnahmen in den nächsten 5 bis 10 Jahren nicht verhältnismässig.

8.2. Anker bei Längsfugen

Bereits bei den Untersuchungen im Frühjahr wurde festgestellt, dass die Anker im Abschnitt 1980 korrekt versetzt wurden. Alle überprüften Anker wiesen beginnende Lochfraßkorrosion mit einem Querschnittsverlust von weniger als 5 % auf.

Beim Abschnitt von 1991 sind nur etwa 10 bis 30 % der Anker wirksam verlegt, zudem ist auch teilweise noch Korrosion vorhanden. Aus diesem Grund sind an zahlreichen Stellen Versätze bei den Plattenfugen entstanden.

Die Längsfugen sind insofern weniger problematisch als die Querfugen, da sich kein Blow-up einstellen kann. Auch hat sich bei den Längsfugen trotz der oft nicht wirksamen Anker relativ wenig Versatz gebildet.

Rüschlikon, 25.09.2017

Sachbearbeiter

Aldo Rancati

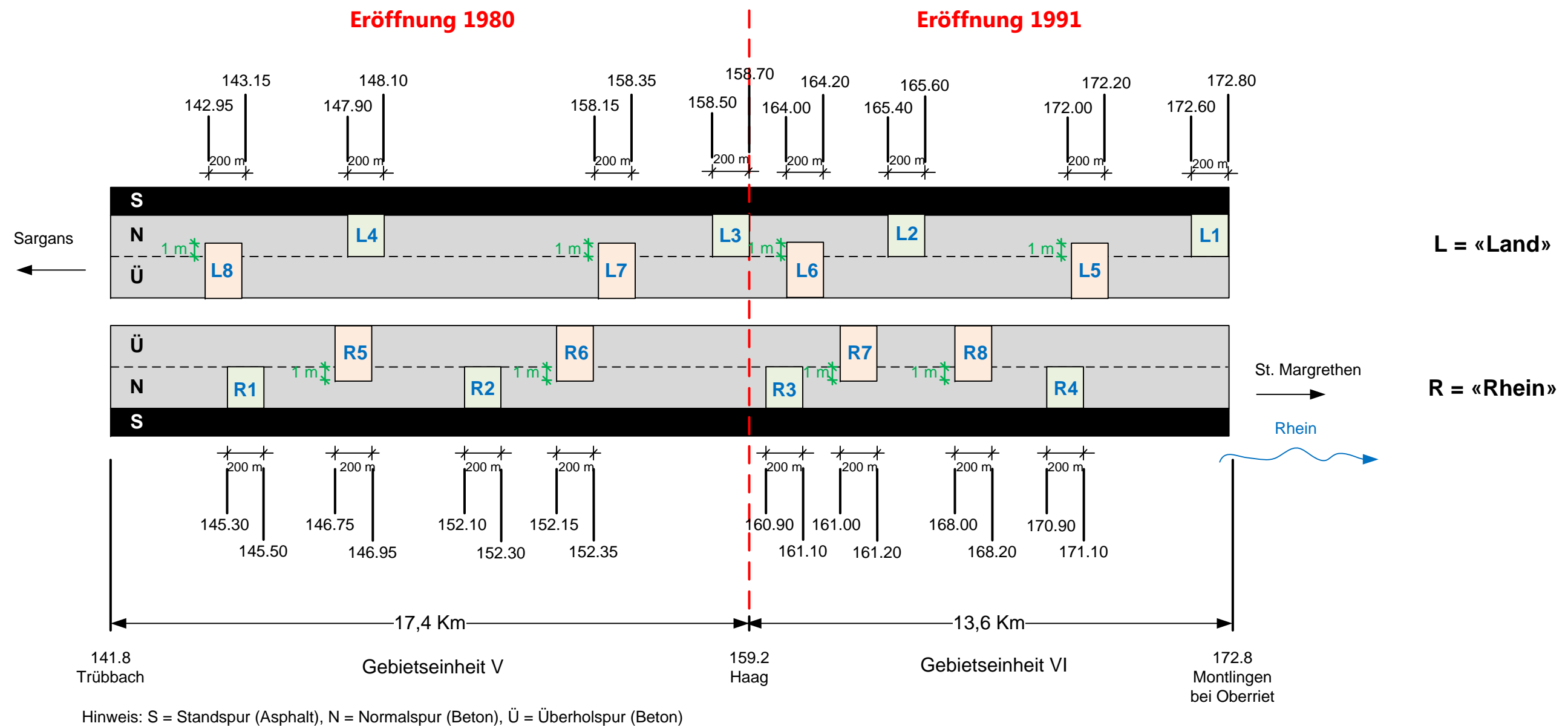
Leiter Fachbereich
Zustandsuntersuchungen

Aldo Rancati



Plangrundlagen

Lage der Untersuchungsbereiche



Radarmessungen

Bauteil: Fahrbahn, Fahrtrichtung Sargans, Seite Land, Überholspur

Untersuchungsbereich L5

Prüfart: Radar Mala CX10

Prüfdatum: 23. August 2017

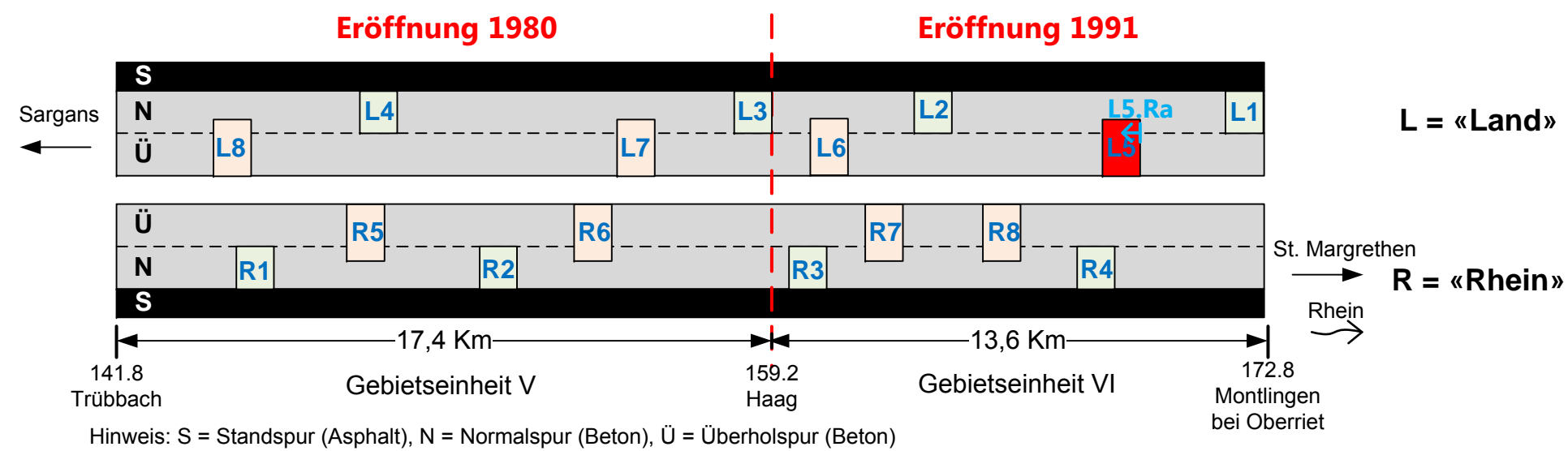
Legende:

➡ Radarmesslinien: L5.Ra

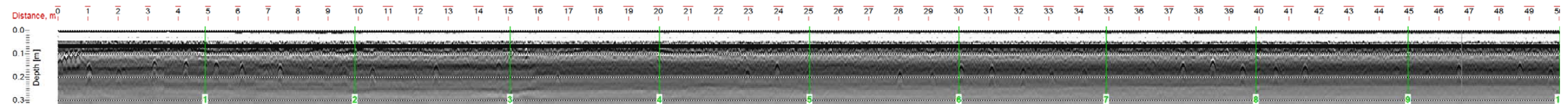
Ergebnisblatt
Auftrag: D3136-01

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Winterthur
N13 UPlaNS Trübbach - Oberriet

Anhang 2 D3136-01
Seite 1 von 10



L5.Ra



0,0 m = ca. Km 172.204

auf der Fuge zwischen Normalspur und Überholspur gemessen

Radarmessungen

Bauteil: Fahrbahn, Fahrtrichtung Sargans, Seite Land, Überholspur
Untersuchungsbereich L6

Prüfart: Radar Mala CX10

Prüfdatum: 23. August 2017

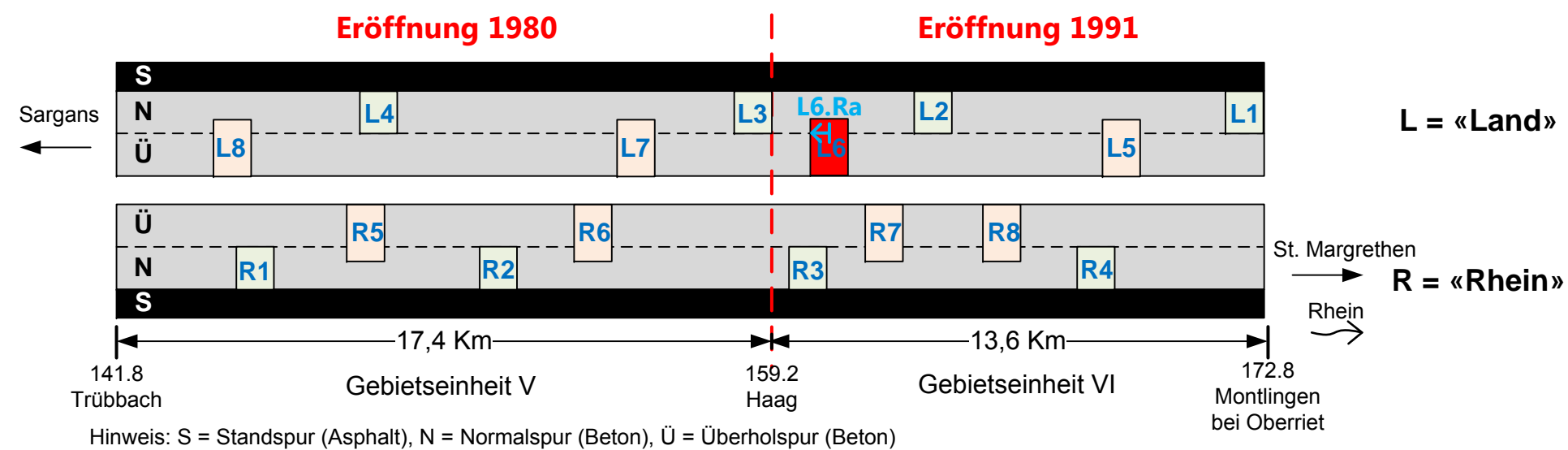
Legende:

➡ Radarmesslinien: L6.Ra

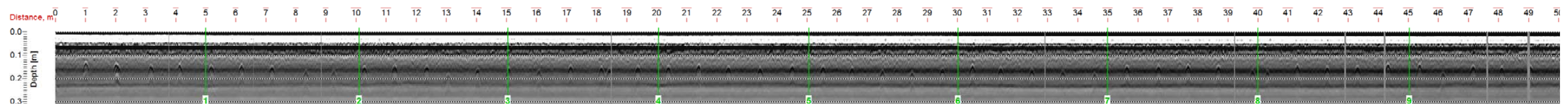
Ergebnisblatt
 Auftrag: D3136-01

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Winterthur
 N13 UPlaNS Trübbach - Oberriet

Anhang 2 D3136-01
 Seite 2 von 10



L6.Ra



0,0 m = ca. Km 163.757

auf der Fuge zwischen Normalspur und Überholspur gemessen

Radarmessungen

Ergebnisblatt
Auftrag: D3136-01

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Winterthur
N13 UPlaNS Trübbach - Oberriet

Anhang 2 D3136-01
Seite 3 von 10

Bauteil: Fahrbahn, Fahrtrichtung St. Margrethen, Seite Rhein, Überholspur

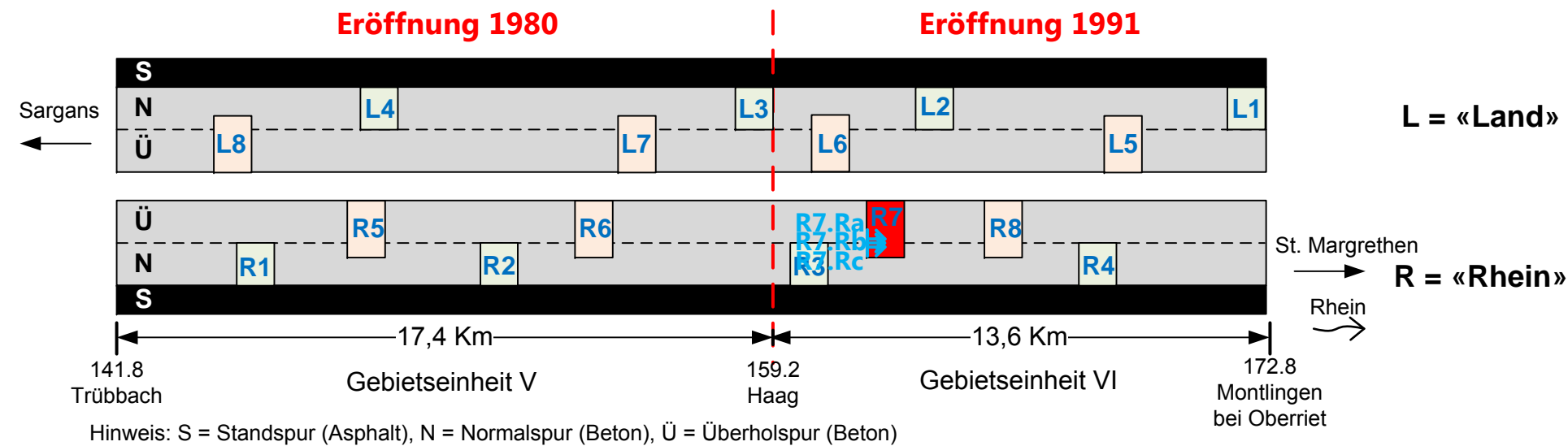
Untersuchungsbereich R7

Prüfart: Radar Mala CX10

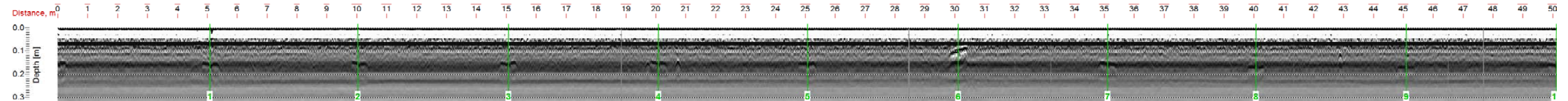
Prüfdatum: 25. August 2017

Legende:

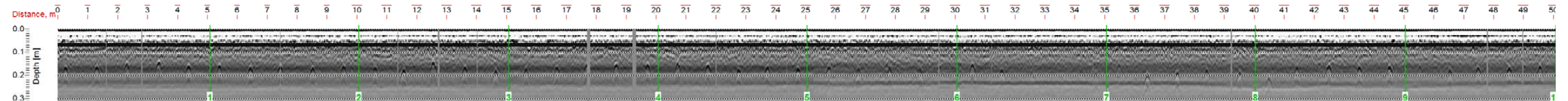
➔ Radarmesslinien: R7.Ra, R7.Rb, R7.Rc



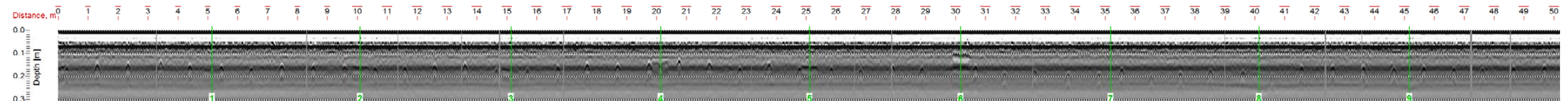
R7.Ra



R7.Rb



R7.Rc



L7.Ra/b/c: 0,0 m = ca. Km 161.000

L7.Ra: ca. 150 mm neben der Fuge auf der Überholspur gemessen

L7.Rb: auf der Fuge zwischen Normalspur und Überholspur gemessen

L7.Rc: ca. 150 mm neben der Fuge auf der Normalspur gemessen

Radarmessungen

Ergebnisblatt
Auftrag: D3136-01

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Winterthur
N13 UPlaNS Trübbach - Oberriet

Anhang 2 D3136-01
Seite 4 von 10

Bauteil: Fahrbahn, Fahrtrichtung St. Margrethen, Seite Rhein, Überholspur

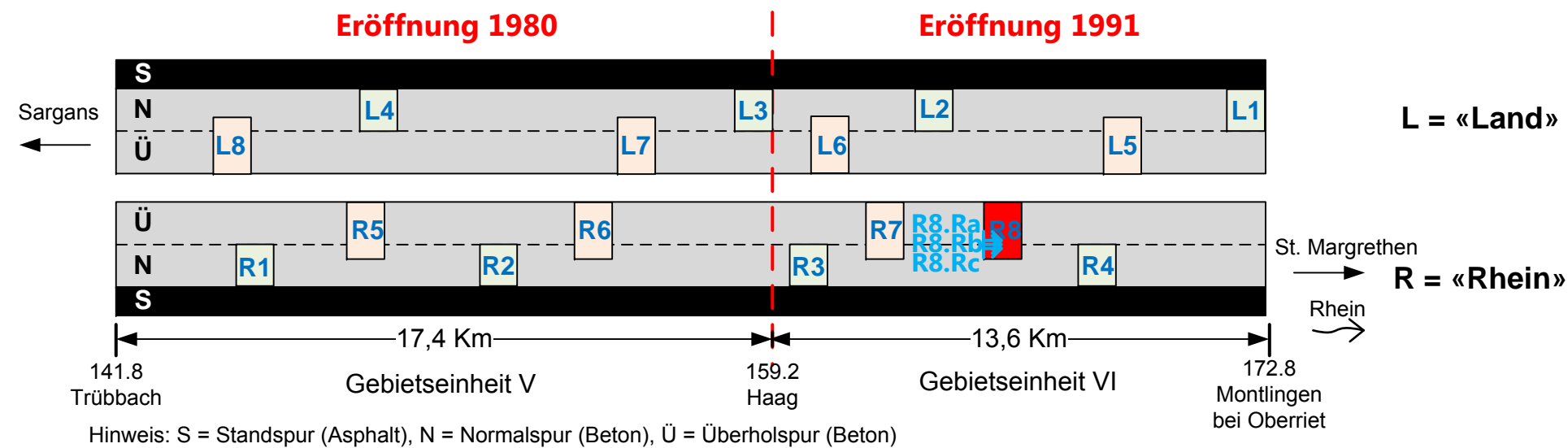
Untersuchungsbereich R8

Prüfart: Radar Mala CX10

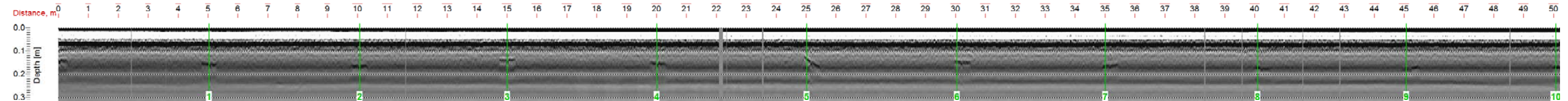
Prüfdatum: 25. August 2017

Legende:

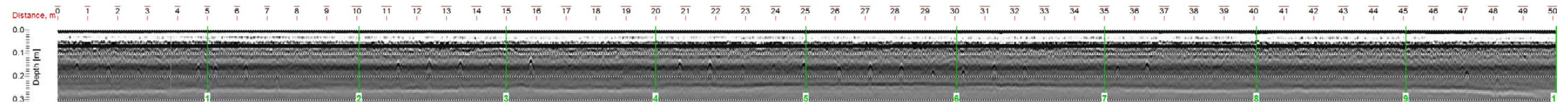
➔ Radarmesslinien: R8.Ra, R8.Rb, R8.Rc



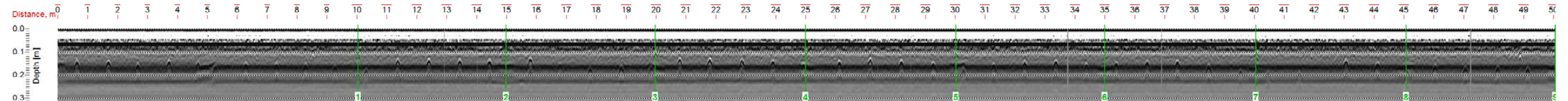
R8.Ra



R8.Rb



R8.Rc



L8.Ra/b/c: 0,0 m = ca. Km 167.989

L8.Ra: ca. 150 mm neben der Fuge auf der Überholspur gemessen

L8.Rb: auf der Fuge zwischen Normalspur und Überholspur gemessen

L8.Rc: ca. 150 mm neben der Fuge auf der Normalspur gemessen

Probenahmen

Ergebnisblatt
Auftrag: D3136-01

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Winterthur
N13 UPlaNS Trübbach - Oberriet

Anhang 2 D3136-01
Seite 5 von 10

Bauteil: Fahrbahn, Fahrtrichtungen Sargans und St. Margrethen, Seiten Land
und Rhein, Normalspur und Überholspur

Untersuchungsbereiche L1, L4, R6 und R7

Entnahmedatum: 4., 5., 10. und 11. April 2017

Legende:

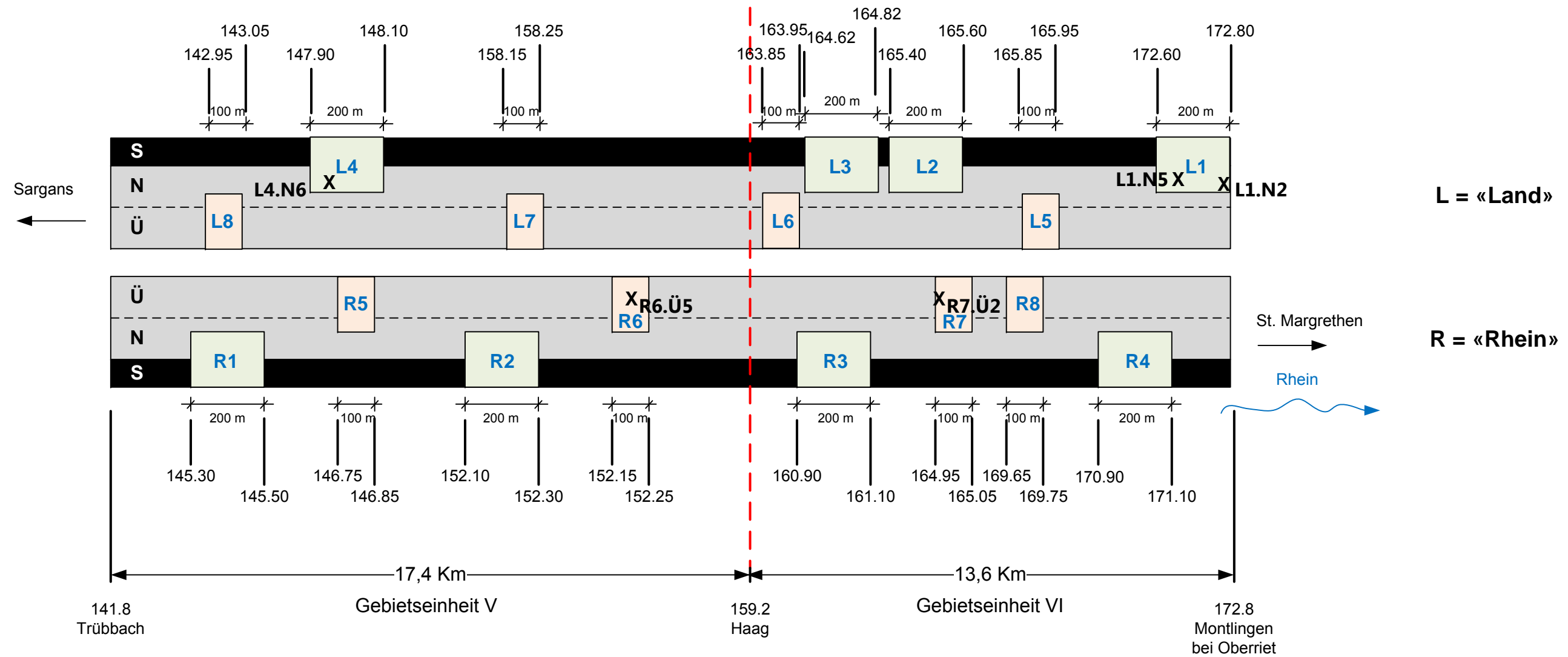
X Bohrkernentnahmen: L1.N2, L1.N5, L4.N6, R6.Ü5, R7.Ü2

L1.N2: ca. Km 172.781
L1.N5: ca. Km 172.642
L4.N6: ca. Km 147.941
R6.Ü5: ca. Km 152.202
R7.Ü2: ca. Km 164.959

Plan aus Tecnotest-Bericht D3136

Eröffnung 1980

Eröffnung 1991



Hinweis: S = Standspur (Asphalt), N = Normalspur (Beton), Ü = Überholspur (Beton)

Sondierstellen Dübel

Ergebnisblatt
Auftrag: D3136-01

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Winterthur
N13 UPlaNS Trübbach - Oberriet

Anhang 2 D3136-01
Seite 6 von 10

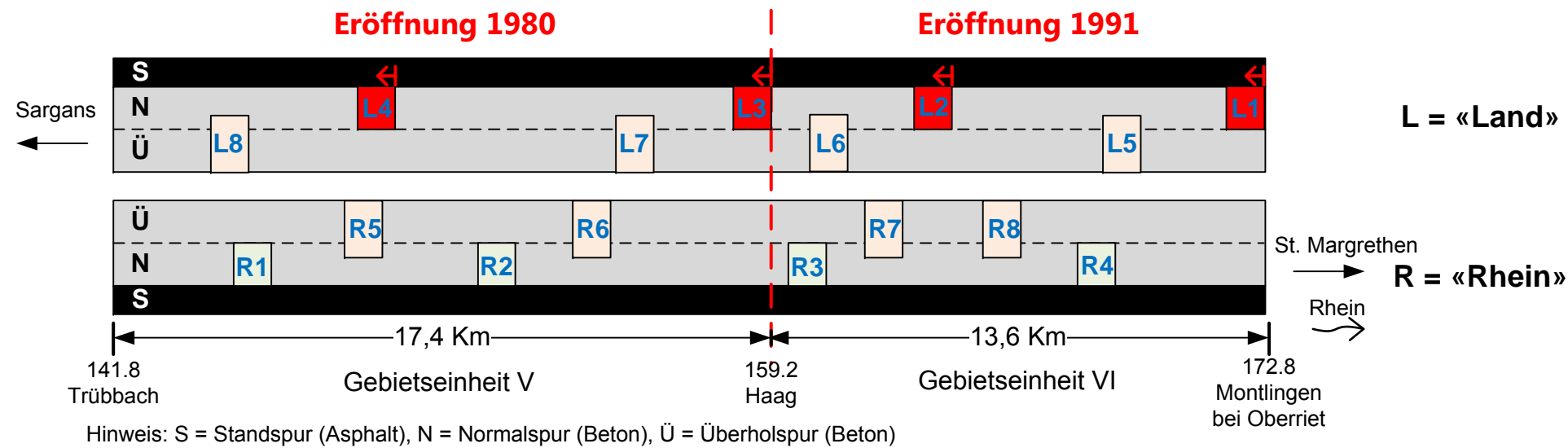
Bauteil: Fahrbahn, Fahrtrichtung Sargans, Seite Land, Normalspur

Untersuchungsbereiche L1, L2, L3, L4

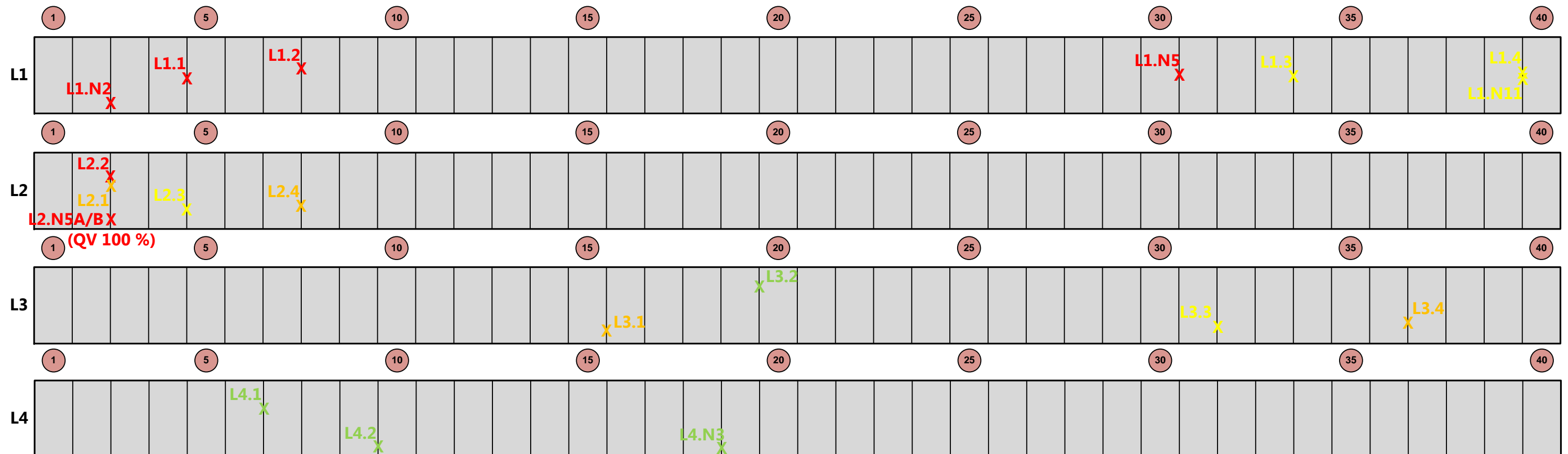
Prüfdatum: 10. bis 12. April und 16. und 17. August 2017

Legende:

X Sondierstellen: L1.N2, L1.N5, L1.N11, L2.N5A/B, L3.N5, L4.N3 (April, Bericht D3136)
L1.1 bis 4, L2.1 bis 4, L3.1 bis 4, L4.1 und 2 (August)



- X Dübel mit KG 0, KG1 oder KG 2
- X Dübel mit KG 3, QV ≤ 5 %
- X Dübel mit KG 4, QV 5-15 %
- X Dübel mit KG 4, QV 16-30 % und QV 100 % (1x)



Sondierstellen Dübel

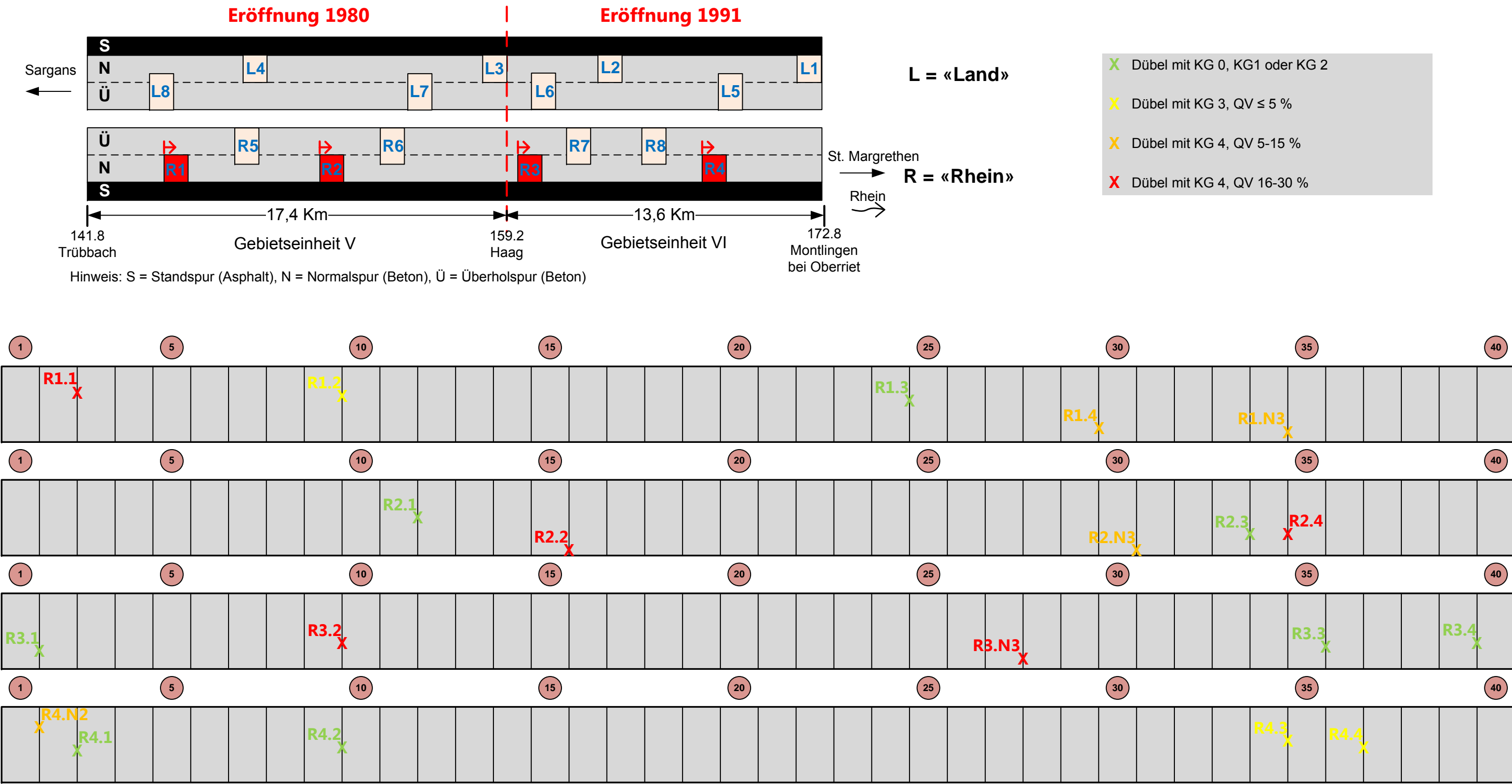
Bauteil: Fahrbahn, Fahrtrichtung St. Margrethen, Seite Rhein, Normalspur
Untersuchungsbereiche R1, R2, R3, R4
Prüfdatum: 10. bis 12. April und 17. und 18. August 2017

Ergebnisblatt
Auftrag: D3136-01

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Winterthur
N13 UPlaNS Trübbach - Oberriet

Anhang 2 D3136-01
Seite 8 von 10

Legende:
X Sondierstellen: R1.N3, R2.N3, R3.N3, R4.N2 (April, Bericht D3136)
R1.1 bis 4, R2.1 bis 4, R3.1 bis 4, R4.1 bis 4 (August)



Sondierstellen Dübel

Ergebnisblatt
Auftrag: D3136-01

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Winterthur
N13 UPlaNS Trübbach - Oberriet

Anhang 2 D3136-01
Seite 9 von 10

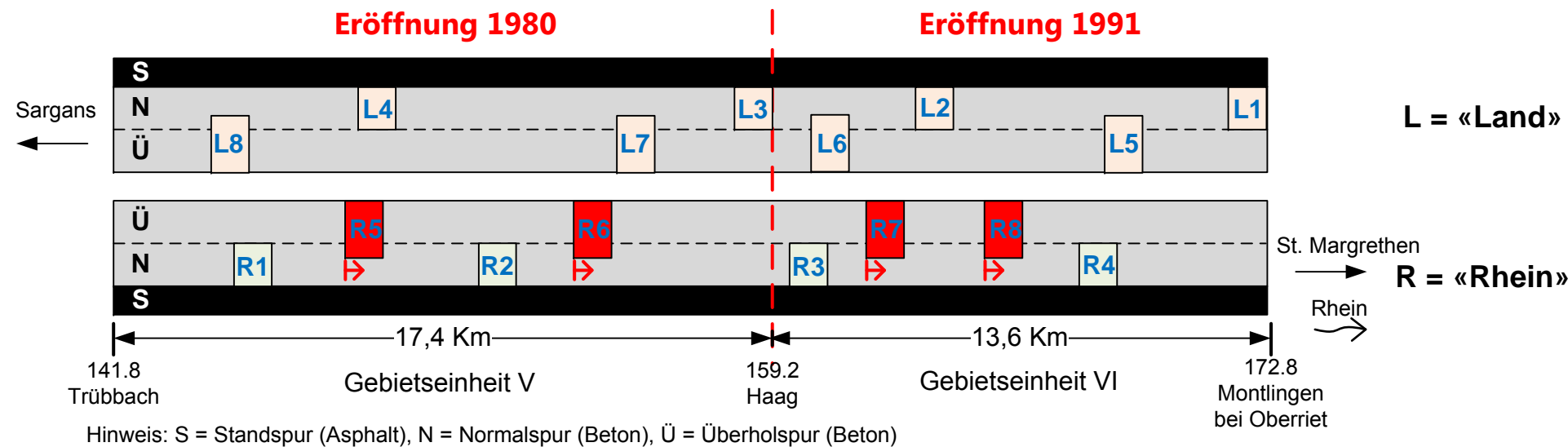
Bauteil: Fahrbahn, Fahrtrichtung St. Margrethen, Seite Rhein, Überholspur

Untersuchungsbereiche R5, R6, R7, R8

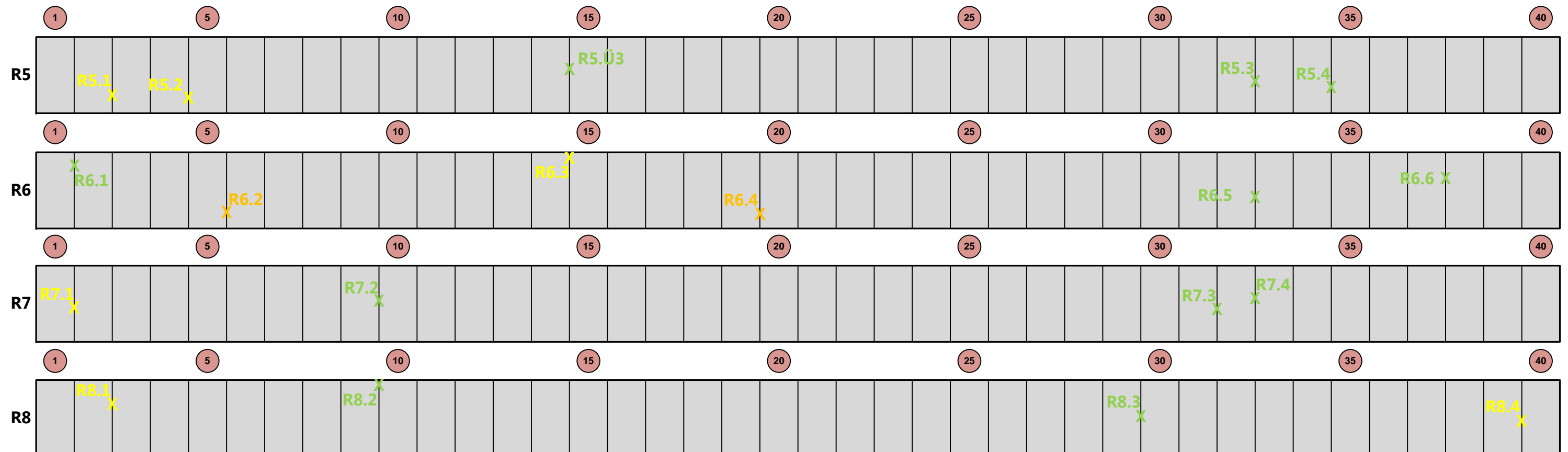
Prüfdatum: 4. April und 23., 24. und 25. August 2017

Legende:

X Sondierstellen: R5.Ü3 (April, Bericht D3136)
R5.1 bis 4, R6.1 bis 6, R7.1 bis 4, R8.1 bis 4 (August)



- X Dübel mit KG 0, KG1 oder KG 2
- X Dübel mit KG 3, QV ≤ 5 %
- X Dübel mit KG 4, QV 5-15 %
- X Dübel mit KG 4, QV 16-30 %



Sondierstellen alle Dübel

Ergebnisblatt
Auftrag: D3136-01

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Winterthur
N13 UPlaNS Trübbach - Oberriet

Anhang 2 D3136-01
Seite 10 von 10

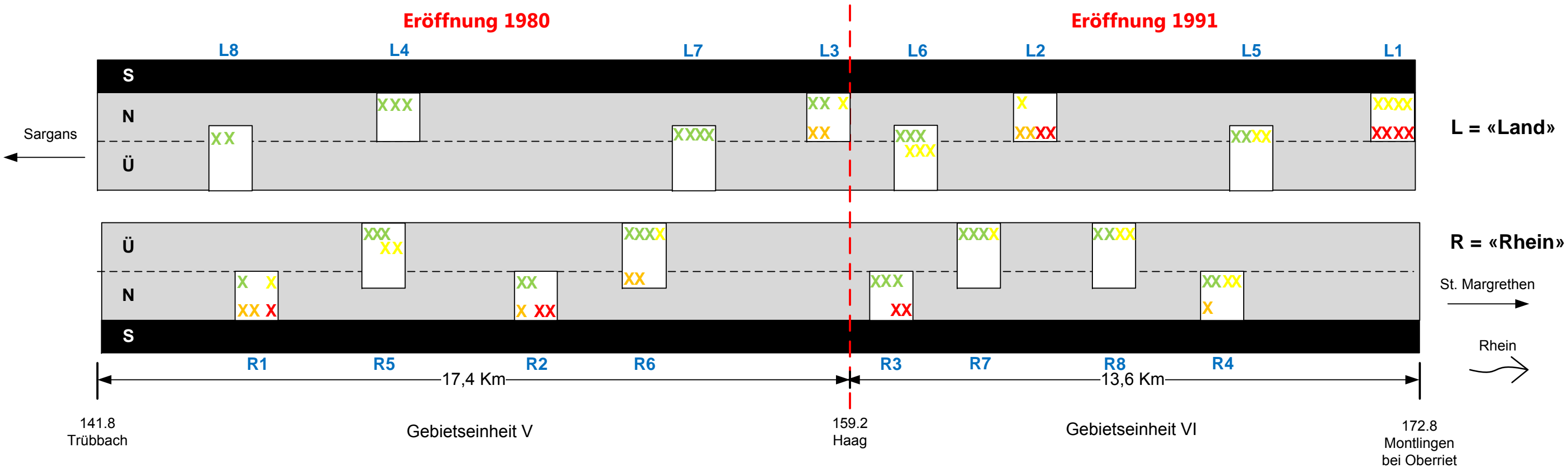
Bauteil: Fahrbahn, Fahrtrichtungen Sargans und St. Margrethen, Seiten Land und Rhein,
Normalspuren und Überholspuren
Untersuchungsbereiche L1 bis L8 und R1 bis R8

Prüfdatum: 4. und 10. bis 12. April und 16. bis 18. und 23. bis 25. August 2017

Legende:

X Sondierstellen: L1.N2, L1.N3, L1.N5, L1.N11, L2.N5A/B, L3.N5, L4.N3, R1.N3, R2.N3,
R3.N3, R4.N2, R5.Ü3 (April, Bericht D3136)
L1.1 bis 4, L2.1 bis 4, L3.1 bis 4, L4.1 und 2, L5.1 bis 4, L6.1 bis 6,
L7.1 bis 4, L8.1 und 2, R1.1 bis 4, R2.1 bis 4, R3.1 bis 4, R4.1 bis 4,
R5.1 bis 4, R6.1 bis 6, R7.1 bis 4, R8.1 bis 4 (August)

- X Dübel mit KG 0, KG1 oder KG 2
- X Dübel mit KG 3, QV ≤ 5 %
- X Dübel mit KG 4, QV 5-15 %
- X Dübel mit KG 4, QV 16-30 %



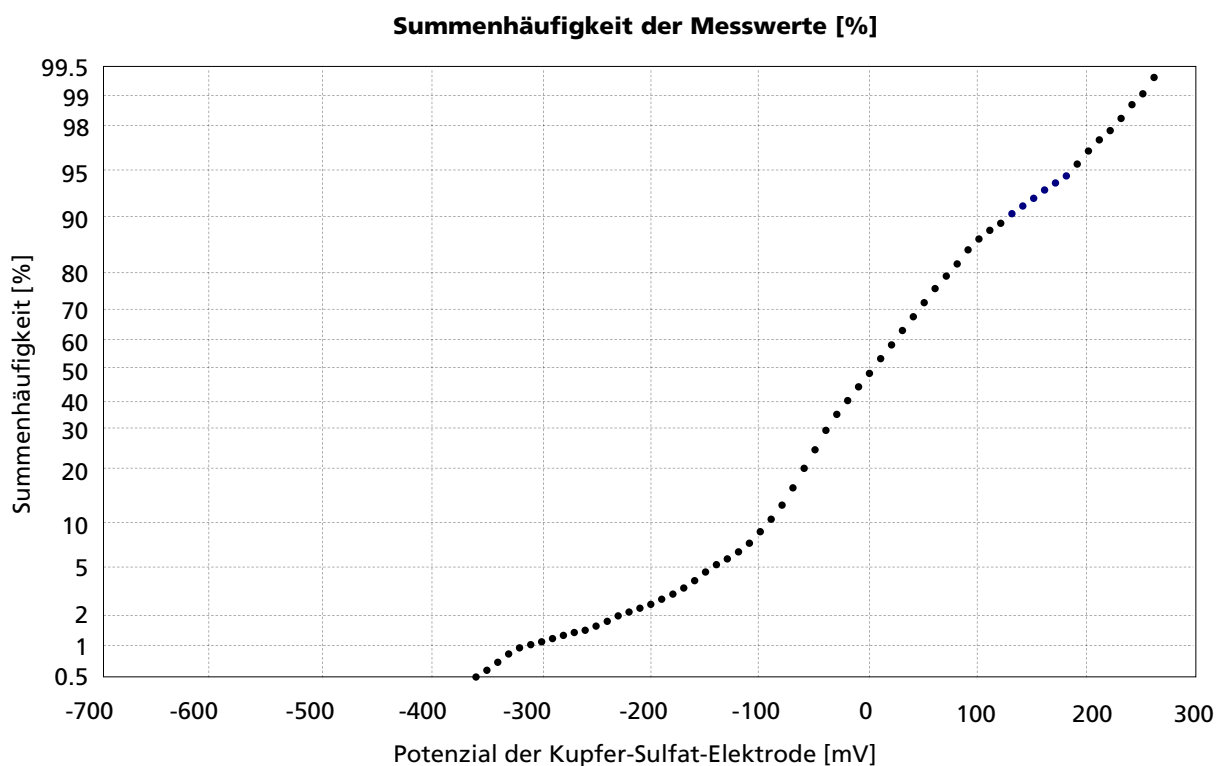
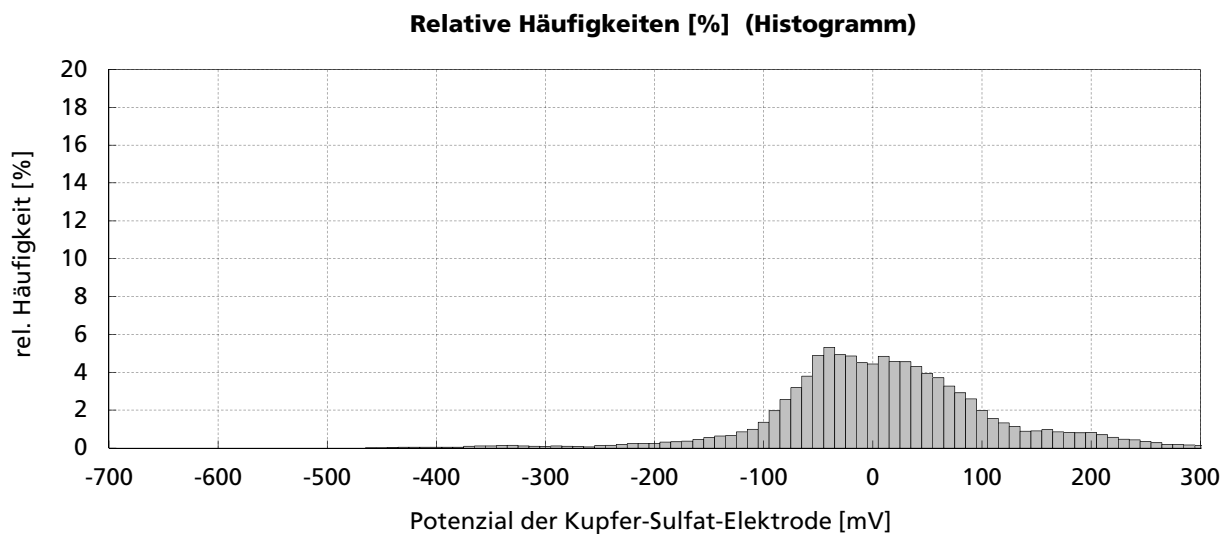
Hinweis: S = Standspur (Asphalt), N = Normalspur (Beton), Ü = Überholspur (Beton)

Potenzialmessungen, Häufigkeiten

Grundlage: SIA Merkblatt 2006
Tecnotest Prüfanweisung PD061

Ergebnisblatt
Auftrag: D3136

Bauteil: Berechnete Werte
Anzahl Werte: 45831



Fotodokumentation



Bild 1 Dübel mit KG 0, keine Korrosion: Sondierstelle L7.1. Die Kunststoffbeschichtung wurde entfernt.



Bild 2 Dübel mit KG 0, keine Korrosion: Sondierstelle R7.4. Die Kunststoffbeschichtung wurde entfernt.

Fotodokumentation



Bild 3 Dübel mit KG 3, QV 3 %, starke Korrosion: Sondierstelle R5.2.
Die Kunststoffbeschichtung war teilweise abgelöst.



Bild 4 Dübel mit KG 4, QV 15 %, sehr starke Korrosion: Sondierstelle L2.1, Fuge mit Holzeinlage. Die Kunststoffbeschichtung war nicht sichtbar.

Fotodokumentation



Bild 5 Dübel mit KG 4, QV 15 %, sehr starke Korrosion: Sondierstelle R6.2. Die Kunststoffbeschichtung war teilweise abgelöst.



Bild 6 Dübel mit KG 4, QV 20 %, sehr starke Korrosion: Sondierstelle R1.1. Die Kunststoffbeschichtung war teilweise abgelöst.

Fotodokumentation



Bild 7 Dübel mit KG 4, QV 30 %, sehr starke Korrosion: Sondierstelle L1.2. Die Kunststoffbeschichtung war teilweise abgelöst.



Bild 8 Dübel mit KG 4, QV 100 %, sehr starke Korrosion: Sondierstelle L2.N5A/B (aus Tecnotest-Bericht D3136). Das Bewehrungsse war vollständig wegkorrodiert, keine Kunststoffbeschichtung sichtbar.

Chloridgehalt

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

Ergebnisblatt
Auftrag: D3136
Wareneingang: 24240

Bauteil: Betonfahrbahn, Untersuchungsbereiche L2, L4, R6 und R7
Prüfkörper: Bohrmehl aus Bohrkern
Prüfdatum: 06.09.2017
Bindemittel: 300 kg/m³ (angenommen)
Rohdichte: 2400 kg/m³ (angenommen)
Bemerkungen: Die Bohrkernstämme stammen aus Bericht D3136

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-%]		
L2.N1				00-10	0.405	3.24		
				10-20	0.163	1.30		
				20-30	0.112	0.90		
				30-40	0.038	0.31		
				40-50	0.008	0.06		
L4.N6				00-10	0.296	2.37		
				10-20	0.364	2.91		
				20-30	0.300	2.40		
				30-40	0.219	1.75		
				40-50	0.216	1.73		
R6.Ü5				00-10	0.397	3.18		
				10-20	0.211	1.69		
				20-30	0.172	1.38		
				30-40	0.115	0.92		
				40-50	0.039	0.32		
R7.Ü2				00-10	0.462	3.70		
				10-20	0.228	1.83		
				20-30	0.144	1.15		
				30-40	0.061	0.49		
				40-50	0.025	0.20		