

Hagen, 22. September 2020

**Prüfzeugnis Nr. 0913-2020-05
über die Eignung des Retroreflektometers LTL3000 zur Messung
des Leuchtdichtkoeffizienten bei diffuser Beleuchtung Q_d
und des Leuchtdichtkoeffizienten bei Retroreflexion R_L
von Fahrbahnmarkierungen**

1 Auftraggeber

DELTA – a part of FORCE Technology, Venlighedsvej 4, 2970 Hørsholm, Dänemark.

2 Auftragsumfang

Feststellung der Eignung des tragbaren Retroreflektometers LTL3000 (im folgenden LTL3000 genannt) zur Messung des Leuchtdichtkoeffizienten bei diffuser Beleuchtung Q_d und des Leuchtdichtkoeffizienten bei Retroreflexion R_L von Oberflächen von Fahrbahnmarkierungen entsprechend der „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Markierungen auf Straßen“, Ausgabe 2013, (ZTV M 13) Anhang 7.1 und 7.2.

3 Testverfahren

Die Prüfung erfolgt durch Vergleichsmessungen mit zwei anderen tragbaren Retroreflektometern (s. Abschnitt 6.1), deren Eignung für diesen Verwendungszweck bereits früher anerkannt worden ist. Es sind dies die Retroreflektometer ZRM 6013+ (Hersteller: Fa. Zehntner GmbH Testing Instruments, Schweiz), anerkannt durch Prüfzeugnis StrAus-Zert 0913-2014-01, und Retroreflektometer LTL-XL (Hersteller: Fa. DELTA Light & Optics, Dänemark), anerkannt durch Prüfzeugnis StrAus-Zert 0913-2010-07. Beide Retroreflektometer können sowohl R_L als auch Q_d messen. Zusätzlich wird die Empfindlichkeit gegenüber Neigungen und Verschiebungen gemäß DIN EN 1436:2018-03 geprüft (s. Abschnitt 6.2).

4 Angaben zum zu prüfenden Messgerät

Die technischen Daten des zu prüfenden Messgeräts LTL3000 sind in Tabelle 1 zusammengestellt (nach Angaben des Antragstellers).

1	Simulationsdistanz	30 m
2	Beobachtungswinkel	2,29°
3	Anleuchtungswinkel	1,24°
4	Beobachtungsapertur	± 0,17°
5	Anleuchtungsapertur	0,33° / 0,17° (horizontal / vertikal)
6	Beleuchtungsverfahren	Q _d : Verfahren A nach EN 1436:2018-03, Anhang A.3 R _L : Verfahren A nach EN 1436:2018-03, Anhang B.3
7	Messfläche (B x L)	50 mm x 180 mm
8	Beleuchtungsfläche (B x L)	> 50 mm x 180 mm
9	Beleuchtungssystem für Q _d	LED
10	Messsensor	Silizium Fotodetektor
11	Messbereich	0 - 4.000 mcd·m ⁻² ·lx ⁻¹
12	Messbereich Profilmarkierungen	bis zu einer Höhe von 15 mm
13	Wiederholbarkeit	± 2 %
14	Reproduzierbarkeit	± 5 %
15	Messdauer	< 1 Sekunde
16	Messwertspeicher	eMMC (NAND flash)
17	Speicherkapazität	8 GB
18	Schnittstelle	USB-Memorystick
19	Anzeige	Farb-Touchscreen
20	Fotos (Auflösung/Format)	Keine Fotos
21	Akku	Li-Ion 10,8 V 2,0 Ah
22	Betriebstemperatur	0° C bis +60° C
23	Aufbewahrungstemperatur	-15° C bis +60° C
24	Feuchtigkeit	nicht kondensierend
25	Werkstoff Gehäuse	Aluminium (tragende Teile) und Kunststoff (Gehäuse)
26	Maße (L x B x H)	420 mm x 150 mm x 300 mm
27	Gewicht	4,7 kg
28	Normen	EN 1436

Tabelle 1 Technische Daten des LTL3000 nach Angaben des Antragstellers

5 Messort

Die Messungen wurden auf einem Markierungsprüffeld auf der Bundesstraße B 4 bei Torfhaus (Oberharz) durchgeführt. Auf diesem Prüffeld liegen ca. 100 Markierungs-Prüfmuster; darunter befinden sich Typ I und Typ II-, gelbe und weiße, neue und verschlissene Markierungen. Jedes Prüfmuster besteht aus acht Streifen der Abmessungen 2 m Länge x 0,15 m Breite, appliziert in Fahrtrichtung.

6 Durchführung der Messungen

Messtag: 24. August 2020. Messbedingungen: Das Wetter war bewölkt, die Lufttemperatur betrug 17° C bis 21° C. Straßen- und Markierungsoberfläche waren trocken und sauber.

6.1 Vergleichsmessungen mit drei Messgeräten

Auf dem Prüffeld wurden Q_d und R_L auf einem Streifen von 20 Prüfmustern unmittelbar nacheinander sowohl mit dem LTL3000 als auch mit den Retroreflektometern ZRM 6013+ bzw. LTL-XL gemessen. Dabei wurde darauf geachtet, dass alle 3 Geräte jeweils möglichst am selben Ort messen. 17 Prüfmuster waren weiß und 3 Prüfmuster waren gelb. 17 Prüfmuster bestanden aus einer Typ II-Markierung und 3 Prüfmuster aus einer Typ-I-Markierung.

Je Markierungsstreifen wurden drei Messwerte (am Beginn, in der Mitte und am Ende des Streifens) aufgenommen. Aus den je drei Einzelmesswerten wurde der Mittelwert berechnet. Die Tabellen 2 bzw. 3 zeigen die so ermittelten Q_d - bzw. R_L -Messergebnisse für die drei verwendeten Messgeräte, den gemeinsamen Mittelwert M, gebildet aus den Messwerten für die drei Messgeräte, sowie die prozentuale Abweichung $Diff_{LTL3000}$ des Messwertes des LTL3000 vom gemeinsamen Mittelwert:

$$Diff_{LTL3000} = 100 \% \cdot (\text{Messwert LTL3000} - M)/M$$

Abkürzungserklärung zur Markierungsart lt. Spalte 2 der Tabelle 2 bzw. 3:

HP:	Heißplastik
KP:	Kaltplastik
KSP:	Kaltspritzplastik
Agglo:	Markierung, bestehend aus Agglomeraten
reg.	regelmäßig
unreg.	unregelmäßig

Mit den in den Tabellen 2 und 3 wiedergegebenen Messwerten des LTL3000 und dem gemeinsamen Mittelwert M wurde eine lineare Regressionsrechnung durchgeführt. Die ermittelten Regressionsgeraden sind unterhalb der jeweiligen Tabellen wiedergegeben.

In den Bildern 1 und 2 sind die Messwerte der drei Geräte und der gemeinsame Mittelwert grafisch dargestellt.

Nr.	Markierungsart	Messwerte Q_d [$\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$]				Diff _{LTL3000} [%]
		LTL3000	ZRM 6013+	LTL-XL	gemeinsamer Mittelwert M	
1	Folie profiliert gelb	107,7	116,0	100,3	108,0	-0,3
2	KP Agglo unreg. gelb	117,3	118,3	95,7	110,4	6,2
3	KP Agglo unreg.	126,0	119,3	126,7	124,0	1,6
4	KP Agglo unreg.	122,3	124,3	128,0	124,9	-2,0
5	KP Agglo unreg.	132,7	131,0	133,0	132,2	0,3
6	KP Agglo unreg.	139,3	131,0	129,3	133,2	4,6
7	KP Agglo reg.	135,3	133,7	133,3	134,1	0,9
8	Folie Glattstrich gelb	140,7	153,0	123,3	139,0	1,2
9	KP Agglo unreg.	141,7	140,7	138,7	140,3	1,0
10	KP Glattstrich	147,7	146,0	149,7	147,8	-0,1
11	HP Glattstrich	155,7	157,7	150,7	154,7	0,6
12	KP Glattstrich	165,0	155,7	151,0	157,2	4,9
13	Folie profiliert	171,0	167,3	172,3	170,2	0,5
14	KSP	186,3	179,3	171,3	179,0	4,1
15	HP profiliert	182,7	190,7	179,3	184,2	-0,8
16	HP Glattstrich	200,0	186,0	175,7	187,2	6,8
17	Folie profiliert	196,7	191,0	176,3	188,0	4,6
18	HP Glattstrich	190,3	188,0	187,0	188,4	1,0
19	HP Glattstrich	207,0	204,0	192,0	201,0	3,0
20	HP Spray	216,3	217,3	200,3	211,3	2,4
		Mittelwert alle Proben				
		159,1	157,5	150,7	155,8	
		Mittlere absolute Abweichung alle Proben				2,4

Tabelle 2: Messergebnisse, sortiert nach aufsteigenden Q_d -Werten des Messgeräts LTL3000 (jeder Messwert ist aus 3 Einzelmesswerten je Streifen gebildet)

Regressionsgerade:

$$Q_d(\text{LTL3000}) = -4,7 + 1,051 \cdot M \quad r^2 = 0,987$$

Nr.	Markierungsart	Messwerte R_L [$\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$]				Diff _{LTL3000} [%]
		LTL3000	ZRM 6013+	LTL-XL	gemeinsamer Mittelwert M	
1	KSP	53,0	50,3	55,0	52,8	0,4
2	KP Agglo unreg. gelb	59,3	57,3	59,7	58,8	0,9
3	KP Glattstrich	72,0	67,7	73,3	71,0	1,4
4	KP Agglo unreg.	92,3	83,3	89,7	88,4	4,4
5	KP Agglo unreg.	104,3	98,7	106,0	103,0	1,3
6	KP Agglo unreg.	113,0	100,0	110,3	107,8	4,8
7	HP Spray	109,7	105,0	108,7	107,8	1,8
8	KP Agglo unreg.	125,0	118,0	129,3	124,1	0,7
9	KP Glattstrich	138,7	125,0	135,7	133,1	4,2
10	HP Glattstrich	143,3	131,7	139,3	138,1	3,8
11	Folie Glattstrich gelb	175,0	167,7	177,3	173,3	1,0
12	KP Agglo unreg.	179,3	168,7	184,3	177,4	1,1
13	HP profiliert	189,7	178,3	189,7	185,9	2,0
14	HP Glattstrich	199,0	184,7	195,0	192,9	3,2
15	HP Glattstrich	225,0	205,0	222,3	217,4	3,5
16	HP Glattstrich	243,7	217,7	237,0	232,8	4,7
17	KP Agglo reg.	255,0	224,3	250,3	243,2	4,8
18	Folie profiliert gelb	362,3	341,0	345,3	349,6	3,7
19	Folie profiliert	519,0	479,3	494,0	497,4	4,3
20	Folie profiliert	966,3	872,7	925,3	921,4	4,9
		Mittelwert alle Proben				
		216,3	198,8	211,4	208,8	
		Mittlere absolute Abweichung alle Proben				2,8

Tabelle 3: Messergebnisse, sortiert nach aufsteigenden R_L -Werten des Messgeräts LTL3000 (jeder Messwert ist aus 3 Einzelmesswerten je Streifen gebildet)

Regressionsgerade:

$$R_L(\text{LTL3000}) = -3,2 + 1,051 \cdot M \quad r^2 = 1,000$$

6.2 Prüfung der Empfindlichkeit gegenüber Neigungen und Verschiebungen

Diese Prüfung wurde gemäß der in EN 1436:2018-03 vorgegebenen Prüfbedingungen durchgeführt. Nach Anhang A.4 (Q_d) bzw. B.4.2.3 (R_L) dieser Norm ist die Empfindlichkeit gegenüber Neigungen und Verschiebungen zu prüfen, indem das zu prüfende Messgerät parallel zur Fahrbahnmarkierungsprobe um die Höhe H ($H = -1$ mm; $+1$ mm; $+2$ mm) angehoben und gleichzeitig so in horizontaler Richtung verschoben wird, dass die Messfläche stets an der gleichen Stelle der Markierungsoberfläche bleibt. Prüfbar sind in der Praxis nur positive Höhenverstellungen, daher wird nur bei $+1$ mm und bei $+2$ mm geprüft.

Lt. Tabelle 1 wird Verfahren A sowohl bei der Messung von Q_d und als auch bei der Messung von R_L angewendet. Die Verschiebung der Probe wird für Verfahren A mit $H/\sin 2,29^\circ = 25 \times H$ angegeben. Für eine Anhebung um 1 mm bzw. 2 mm ergibt sich aus $H/\sin 2,29^\circ$, dass das Messgerät gleichzeitig um 25 mm bzw. 50 mm horizontal nach hinten zu verschieben ist.

In Tabelle 4 sind die Messwerte für die Nullstellung (das Gerät steht auf der Markierungsoberfläche) und bei Anhebung um 1 mm und 2 mm absolut und als Prozentsatz des Wertes bei Nullstellung wiedergegeben.

Höhe H des LTL3000 [mm]	Messwert Q_d		Messwert R_L	
	[mcd·m ⁻² ·lx ⁻¹]	[%]	[mcd·m ⁻² ·lx ⁻¹]	[%]
0	163	100,0	86	100,0
1	148	90,8	86	100,0
2	150	92,0	86	100,0

Tabelle 4: Veränderung des Messwertes bei Anhebung des Messgerätes

7 Bewertung der Messergebnisse

Die Eignung eines tragbaren Gerätes zur Messung von Q_d und R_L von Fahrbahnmarkierungen kann bestätigt werden, wenn die in den Abschnitten 7.1 und 7.2 der ZTV M 13 genannten Bedingungen erfüllt sind. Insbesondere ist folgendes zu überprüfen:

- a. Die prozentuale Abweichung $\text{Diff}_{\text{LTL3000}}$ der Messwerte des geprüften Gerätes LTL3000 vom gemeinsamen Mittelwert der drei verwendeten Geräte darf laut ZTV M 13, Anhang 7.2.1 in 95 % aller Fälle (d.h. bei vorliegender Prüfung bei 19 von 20 Prüfmuster) den Wert $\pm 7,5 \%$ nicht überschreiten. Die Bewertung wird getrennt für Q_d und für R_L vorgenommen.
- b. Gemäß ZTV M 13, Anhang 7.2.2 bzw. EN 1436:2018-03, Anhang A.4 (Q_d) bzw. B.4.2.3 (R_L) dürfen sich die gemessenen Q_d -Werte um nicht mehr als $\pm 15 \%$ und die R_L -Werte um nicht mehr als $\pm 10 \%$ ändern, wenn die Höheneinstellung von 0 mm auf bis zu +2 mm verschoben wird.

7.1 Bewertung der Vergleichsmessungen mit drei Messgeräten

7.1.1 Leuchtdichtekoeffizient bei diffuser Reflexion Q_d

Die absoluten Abweichungen $\text{Diff}_{\text{LTL3000}}$ der Messwerte für das Gerät LTL3000, bezogen auf den gemeinsamen Mittelwert M aller die Geräte, betragen im Mittel 2,4 %. Die Abweichungen unterschreiten für alle 20 Prüfmuster den Grenzwert $\pm 7,5 \%$; die maximale Abweichung beträgt 6,8 %. Damit ist Bedingung a. (s. Abschnitt 7) erfüllt.

Die Regressionsgerade und die entsprechenden Graphen in Bild 1 zeigen eine gute Übereinstimmung der Messergebnisse des Gerätes LTL3000 mit den beiden anderen Retroreflektometern. Aus dem Bestimmtheitsmaß $r^2 = 0,987$ ist abzulesen, dass die Streuung der Messwerte sehr gering ist.

7.1.2 Leuchtdichtekoeffizient bei Retroreflexion R_L

Die absoluten Abweichungen $\text{Diff}_{\text{LTL3000}}$ der Messwerte für das Gerät LTL3000, bezogen auf den gemeinsamen Mittelwert M aller die Geräte, betragen im Mittel 2,8 %. Die Abweichungen unterschreiten für alle 20 Prüfmuster den Grenzwert $\pm 7,5 \%$; die maximale Abweichung beträgt 4,9 %. Damit ist Bedingung a. (s. Abschnitt 7) erfüllt.

Die Regressionsgerade und die entsprechenden Graphen in Bild 2 zeigen eine gute Übereinstimmung der Messergebnisse des Gerätes LTL3000 mit den beiden anderen Retroreflektometern. Aus dem Bestimmtheitsmaß $r^2 = 1,000$ ist abzulesen, dass die Streuung der Messwerte sehr gering ist.

7.2 Bewertung der Empfindlichkeit gegenüber Neigungen und Verschiebungen

Wenn das Gerät um +1 mm oder +2 mm angehoben wird, ändert sich der Q_d -Wert um maximal 9,2 %. Bei R_L bleibt nach der Höhenverstellung der ursprüngliche Messwert von $86 \text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ bei $H = 0 \text{ mm}$ erhalten; die Änderung beträgt also 0 %. Das Gerät LTL3000 erfüllt somit die Anforderung der Bedingung b. (s. Abschnitt 7) hinsichtlich der Empfindlichkeit gegenüber Neigungen und Verschiebungen.

8 Gesamtbeurteilung

Die in Abschnitt 6 festgestellten Abweichungen der Messergebnisse bei den Vergleichsmessungen und bei der Prüfung der Empfindlichkeit gegenüber Neigungen und Verschiebungen sind insgesamt als niedrig zu bezeichnen, insbesondere vor dem Hintergrund, dass wegen der Messbedingungen (unterschiedliche Messflächen, unebene Markierungsoberfläche, inhomogene Struktur der Markierungsoberfläche, inhomogene Perlenverteilung) Messungenauigkeiten auftreten, die nicht der Gerätegenauigkeit anzulasten sind. Die Anforderungen der ZTV M 13, Anhang 7.1 und 7.2 wurden erfüllt.

Hiermit wird daher bestätigt, dass das Retroreflektometer LTL3000 zur Messung des Leuchtdichtekoeffizienten bei diffuser Beleuchtung Q_d und des Leuchtdichtekoeffizienten bei Retroreflexion R_L von Fahrbahnmarkierungen geeignet ist.

i. A.



Dr. Claudia Drewes
stellv. Leiterin Straus-Zert

Dieses Prüfzeugnis umfasst 8 Textseiten und einen Anhang mit 2 weiteren Seiten und darf nur ungekürzt weitergegeben oder veröffentlicht werden.

Anhang

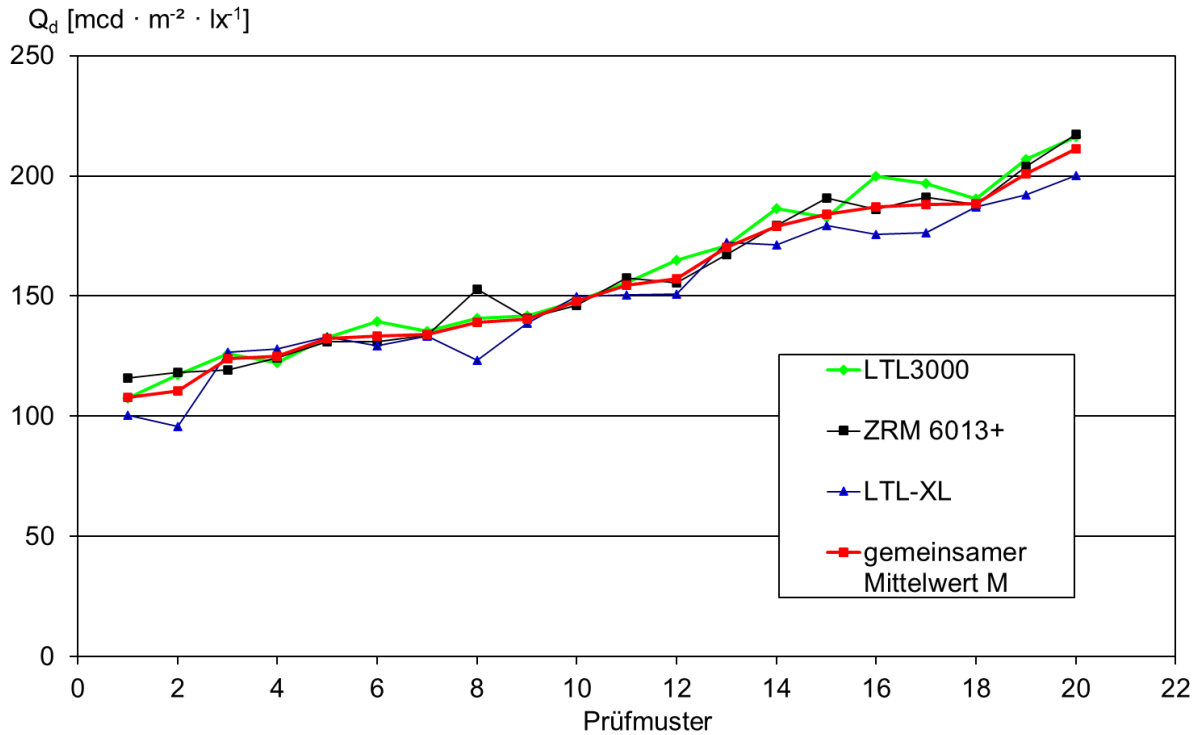


Bild 1: Q_d -Messwerte für die drei verwendeten Messgeräte und gemeinsamer Mittelwert M für 20 Prüfmuster

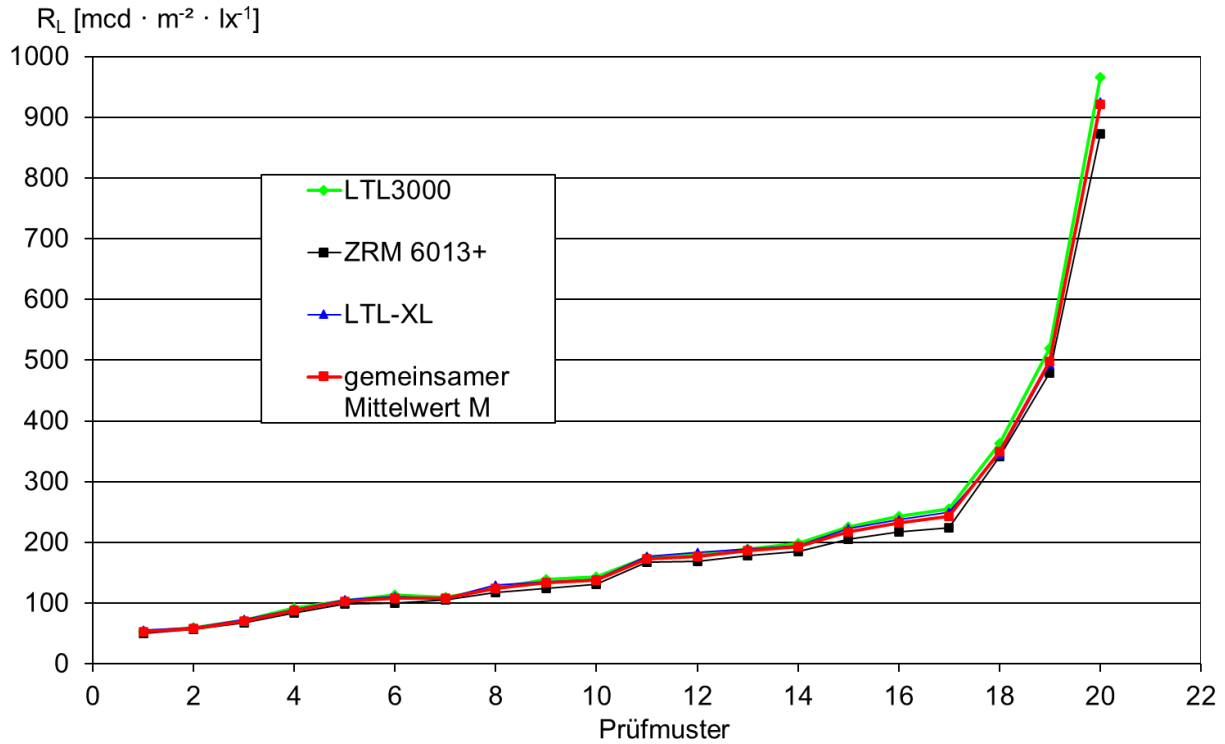


Bild 2: R_L -Messwerte für die drei verwendeten Messgeräte und gemeinsamer Mittelwert M für 20 Prüfmuster