

Berlin, 16 May 2014

Translation of

**Test Certificate No. 0913-2014-01
of the suitability of the Retroreflectometer ZRM 6013+
for the measurement of the coefficient of retroreflected luminance with diffuse
illumination Q_d and of the coefficient of retroreflected luminance R_L
of road markings**

(This test certificate consists of eight pages
and an attachment of two additional pages)

1 Employer

The order for the preparation of the report was given by Zehntner GmbH Testing Instruments, Gewerbestrasse 4, CH-4450 Sissach/Switzerland.

2 Order subject

Determination of suitability of the portable Zehntner-Retroreflectometer ZRM 6013+ (hereafter called "ZRM 6013+") for the measurement of the coefficient of retroreflected luminance Q_d with diffuse illumination and of the coefficient of retroreflected luminance R_L for road marking surfaces.

3 Principle of the test

The examination is made by a comparison of another two different portable Retroreflectometers (see Paragraph 6.1), whose applicability for this purpose had been acknowledged beforehand. These are the Retroreflectometer LTL 2000 SQ (manufacturer: Delta Lyngby/Denmark) approved by the BAST-test report V 4 59/2002 and the retroreflectometer ZRM 6014 (manufacturer: Zehntner), approved by StrausZert-test report No. 0913-2010-06. In addition, sensitivity was tested to tilts and shifts according to EN 1436 edition 2008 (see paragraph 6.2).

4 Tested measurement device

The reproduction of the technical data of the measurement device is carried out according to the indications of the requester and one's own inspection.

The technical data of the ZRM 6013+ are represented in table 1.

Simulation distance	30 m, according to EN 1436-geometry
Observation angle	2,29° (EN 1436); 1,05° (ASTM E 1710)
Illumination angle	R _L : 1,24° (EN 1436); 88,76° (ASTM E 1710) Q _d : diffuse
Illumination aperture	0,33° parallel to the plane of reference and 0.17° vertical to the plane of reference
Observation aperture	0,33°
Illumination method	Q _d : method B according to EN 1436 (over-illumination) Measuring area: 218 mm x 52 mm = 113 cm ² Illumination area: 366 mm x 60 mm = 220 cm ² R _L : method A according to EN 1436 (over-observation) Measuring area: 218 mm x 52 mm = 113 cm ² Illumination area: 100 mm x 50 mm = 50 cm ²
Illumination system for Q _d	LED-Array out of 32 LED, under which a diffusor (special acrylic glass) is positioned that homogenises the light
Measuring sensor	adapted to V(λ)-function through optical filter
Measuring range	0 to 4000 mcd · m ⁻² · lx ⁻¹ (R _L) 0 to 400 mcd · m ⁻² · lx ⁻¹ (Q _d) profiled markings -1mm up to 5 mm (-0,04" to 0,20"), up to 12mm (0,47") with instruction
Measuring period	about 2 s (R _L /Q _d), single about 1 s
Memory	1 GB SD Flash memory about 50 000 measurements
Display	VGA 5.7 colour touch-screen
Accumulator	LI-Ion-Mn 14.8 V / 6.3 Ah
Operating temperature	-10°C to + 50°C (14°F to 122°F)
Storage temperature	-20°C to + 60°C (5°F to 140°F)
Humidity	non condensing
Dimensions (LxWxH)	560 mm x 190 mm x 280 mm (22,05" x 7,48" x 11,02")
Weight	6,8 kg (14.99 lbs)

Table 1: Technical Data of the ZRM 6013+

5 Measuring location

The measurements were made on the marking test field on the through road B 4 near Torfhaus (Oberharz): On this test field lie approx. 100 marking test patterns, of type I and type II, applied in the driving direction. Each test pattern consists of eight dashes according to the size of 2 metres of length x 0,15 metres of width.

6 Execution of the measurements

Measuring day: May 5, 2014. Weather: about 10°C (50°F), dry, sunny; Road condition on B4: road and marking surface were dry.

6.1 Comparison of the measurements with three measuring devices

Q_d and R_L were measured on a line consisting of 20 test patterns (type I and type II) immediately one after the other with the ZRM 6013+ as well as with the portable retroreflectometer ZRM 6014 and LTL 2000 SQ respectively. With each line three measured values (in the beginning, in the middle and at the end of the line) were recorded. Thereby it was ensured that all measurements were carried out as close to the same measuring spots as possible. The mean value of the three single measured values of each instrument were calculated and registered. The tables 2 and 3 thus show the calculated Q_d and R_L measuring values for the three used measuring devices, the common mean value M, made out of the measuring values for the three measuring devices, as well as the per cent deviation Diff_{ZRM6013+} of the measuring value of the ZRM 6013+ to the common mean value:

$$\text{Diff}_{\text{ZRM6013+}} = 100 \% \cdot (\text{measuring value ZRM 6013+} - M)/M$$

Type of road marking according to column 1 of table 2, respectively 3:

Markings of type I (smooth markings):

HP:	hot plastic
HSP:	hot spray plastic
KP:	cold plastic
KSP:	cold spray plastic

Type II:

KP A:	cold plastic as agglomerate marking without underlying base line
Foil:	foil, diamond-shaped profiled
DF A:	Dispersion paint on agglomerates

In pictures 1 and 2 the measuring values of the three devices and the common mean value are represented graphically.

With the measuring values of the ZRM 6013+ and the common mean value M, represented in table 2 and 3, a linear regression analysis were made. The determined regression lines are indicated below the tables.

Type of marking	Measuring values Qd (mcd · m ⁻² · lx ⁻¹)				Diff _{ZRM6013+} (%)
	ZRM 6013+	ZRM 6014	LTL 2000 SQ	Common mean value M	
KP A	153	149	147	149,7	2,2
KP	154	155	153	154,0	0,0
KSP	155	152	144	150,3	3,1
KP	159	156	156	157,0	1,3
KP	161	157	151	156,3	3,0
KP	164	162	177	167,7	-2,2
KP	165	153	154	157,3	4,9
HSP	168	166	164	166,0	1,2
DF A	174	172	175	173,7	0,2
Foil	176	175	168	173,0	1,7
KSP	177	176	177	176,7	0,2
KP	182	171	165	172,7	5,4
KSP	184	183	176	181,0	1,7
KP	189	187	176	184,0	2,7
Foil	192	189	179	186,7	2,9
KP A	198	190	180	189,3	4,6
KP	199	196	186	193,7	2,8
HP	201	211	199	203,7	-1,3
HP	211	208	202	207,0	1,9
HP	221	217	208	215,3	2,6
					average absolute deviation
All samples					2,2

Table 2: Measuring results arranged according to the increasing Qd-values of the measuring device ZRM 6013+ (each measuring value consists of three single measuring values of every line)

Regression line:

$$Qd(\text{ZRM 6013+}) = 0,9 + 1,014 \cdot Mr^2 = 0,971$$

Type of marking	Measuring values R_L ($\text{mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$)				Diff _{ZRM6013+} (%)
	ZRM 6013+	ZRM 6014	LTL 2000 SQ	Common mean value M	
KP A	63	61,3	59,5	61,3	2,8
KP	68	71,0	67,0	68,7	-1,0
KSP	93,3	91,5	90,7	91,8	1,6
KP	96,3	95,0	95,7	95,7	0,7
KP	105	104	107	105,3	-0,3
KP	111	114	109	111,3	-0,3
KP	131	130	123	128,0	2,3
HSP	159	156	163	159,3	-0,2
DF A	163	166	168	165,7	-1,6
Foil	190	195	189	191,3	-0,7
KSP	236	236	230	234,0	0,9
KP	262	265	254	260,3	0,6
KSP	264	264	264	264,0	0,0
KP	308	304	294	302,0	2,0
Foil	376	379	365	373,3	0,7
KP A	383	375	372	376,7	1,7
KP	551	561	522	544,7	1,2
HP	661	642	649	650,7	1,6
HP	844	839	838	840,3	0,4
HP	946	933	938	939,0	0,7
					average absolute deviation
All samples					1,1

Table 3: Measuring results, arranged according to the increasing R_L -values of the measuring device ZRM 6013+ (each measuring value consists of three single measuring values of every line)

Regression line:

$$R_L(\text{ZRM 6013+}) = -0,4 + 1,009 \cdot M \quad r^2 = 0,9999$$

6.2 Testing the sensibility to inclinations and displacements

This test was executed in accordance to the requirements of the EN 1436 edition 2008. According to annex A.4, respectively, B.4 of this standard, the sensibility to inclinations and deviations is to be tested by lifting the testing measuring device parallel to the road marking sample as much as height H (H= -1mm; + 1 mm; +2 mm) and at the same time by moving it in horizontal direction so that the measuring field remains in the same position of the road marking surface. This can be obtained by moving the measuring device in method A about $H/\sin 2,29^\circ$. Based on the marking systems available on the test field it is only possible to lift the measuring device about +1 mm and +2mm.

In table 1 method A is applied for the measurement of R_L . By lifting the device about 1 mm, respectively 2 mm, the measuring device has to be moved horizontally about 2,5 cm, respectively 5 cm as a result of $H/\sin 2,29^\circ$.

With method B the device does not have to be moved. In table 1 method B is applied for the measurement of Q_d , the horizontal movement can be omitted.

In table 4, the measuring values for the neutral position (the device is positioned on the marking surface) and the lifting of 1 mm, respectively 2 mm, are absolute and given as a percentage of the value in neutral position.

Height H of the ZRM 6013+ (mm)	Measuring value Q_d		Measuring value R_L	
	($\text{mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$)	%	($\text{mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$)	%
0	190	100	197	100
1	183	96,3	192	97,5
2	183	96,3	191	97,0

Table 4: Change of the measuring value by lifting the measuring device

7 Assessment of the measuring results

7.1 Assessment of the measurements with three measuring devices

The applicability of a device for the measurement of Q_d and R_L of road markings can be confirmed, if the percentage deviation $\text{Diff}_{\text{ZRM6013+}}$ of the measuring value of the device to be measured (ZRM 6013+) does not exceed the mean value of all devices used in more than 95 % of all the cases (i.e. during the test, in 19 out of 20 samples) in $\pm 7,5 \%$ and the testing the sensibility to inclinations and displacements is successful.

7.1.1 Coefficient of retroreflected luminance Q_d with diffuse illumination

The regression line and the corresponding curves in picture 1 show that the ZRM 6013+ has a tendency to present minimal higher measuring values compared to the common mean value. It is possible to read from the coefficient of determination $r^2 = 0,971$ that the variance of the values is very little. The absolute deviations $\text{Diff}_{\text{ZRM 6013+}}$ of the measuring values of the ZRM 6013+, based on the common mean value of all three devices, come to an average of 2,2 %. The maximum deviations are 5,4 % / -2,2 % and thereby they do not exceed in any single case the value of $\pm 7,5 \%$.

7.1.2 Coefficient of retroreflected luminance R_L

The regression line and the corresponding curves in picture 2 show that ZRM 6013+ measures practically the same R_L measuring values that are measured with the other two devices. Therefore the measuring values of ZRM 6013+ are practically the same as the common mean value of all three devices. From the coefficient of determination $r^2 = 0,9999$ it can be read anew that the variance of the measuring value is very little. The absolute deviations $\text{Diff}_{\text{ZRM 6013+}}$ of the measuring values of the ZRM 6013+, based on the common mean value of all three devices, are in average of 1,1%. The maximum deviations are 2,8 % / -1,6 % and thereby they do not exceed in any single case the value of $\pm 7,5$ %.

7.2 Evaluation of sensibility to inclinations and displacements

According to EN 1436 edition 2008 the measured Q_d and R_L values shall not change by more than $\pm 10\%$, when the height position is shifted to +2 mm. This requirement is fulfilled. The ZRM 6013+ therefore conforms to the requirements of EN 1436-2008 in terms of inclinations and displacements.

8 Overall assessment

The deviations of the measuring values of the comparative measurement and of the test evaluation of sensibility to inclination and displacement – shown in chapter 7 - can be considered as little, especially due to the fact that because of difficult measuring conditions (different measuring surfaces, rough marking surfaces, inhomogeneous structure of the marking surface, inhomogeneous dispersion of glass beads) measuring inaccuracies can be caused, which cannot be ascribed to the accuracy of the device.

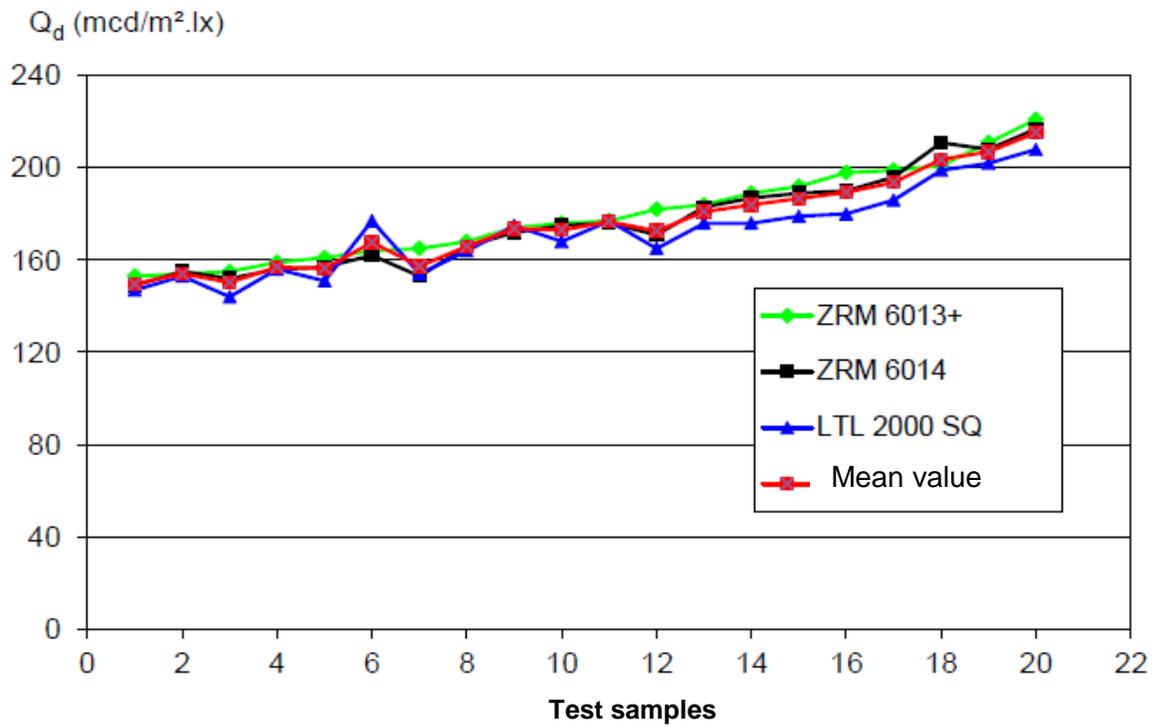
Based on the test results presented in this certificate, it is confirmed that the Retroreflectometer ZRM 6013+ is very suitable for the measurement of the coefficient of retroreflected luminance Q_d with diffuse illumination and of the coefficient of retroreflected luminance R_L for road markings.

(Dr. H. Meseberg)
Chairman StrausZert

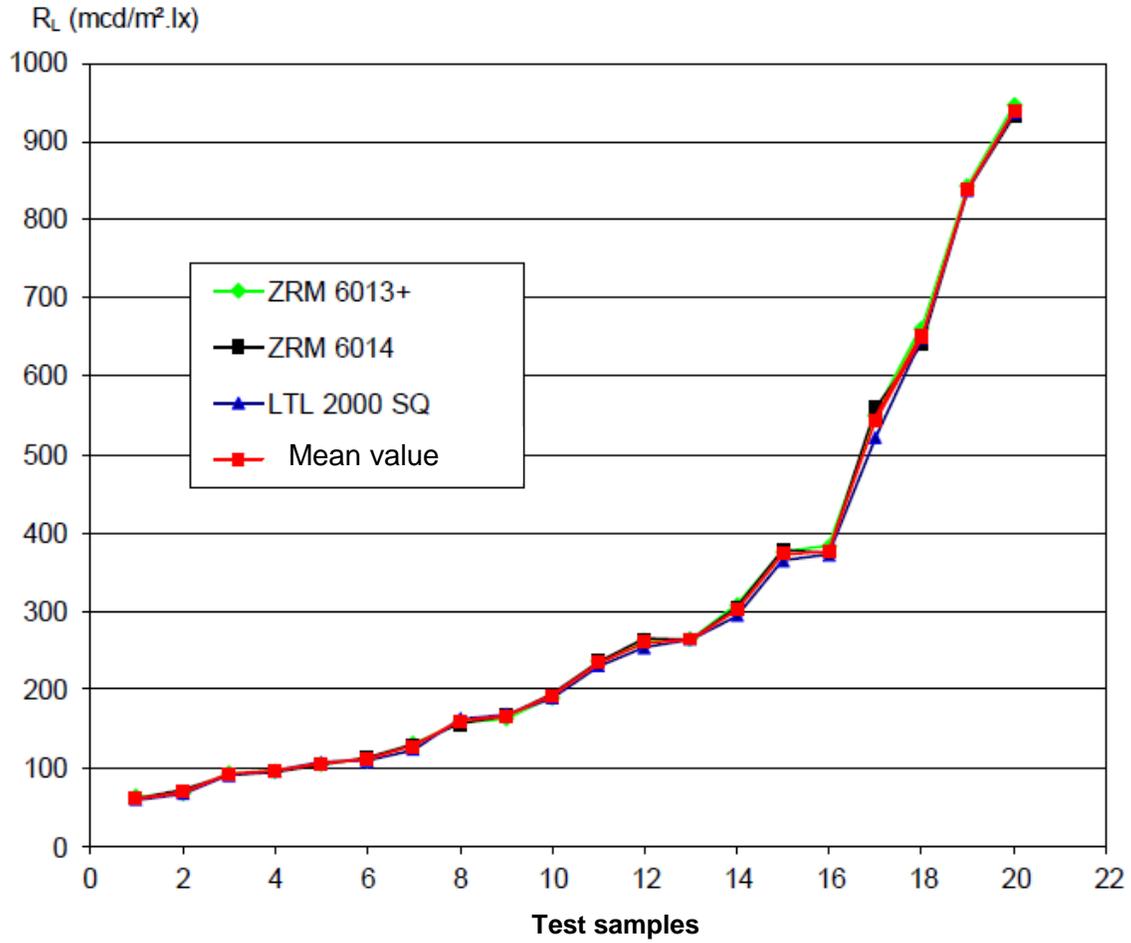
This test certificate has been issued in all conscience.

Steinhausstrasse 79, 58099 Hagen
strauszert@ivst.de
Tel +49 2331 377 95 93, Fax +49 2331 377 95 94

Annex



Picture 1: Q_d measuring values for the three used measuring instruments and the common mean value for the 20 test samples



Picture 2: R_L measuring values for the three used measuring instruments and the common mean value for the 20 test samples

Berlin, den 16. Mai 2014

**P r ü f z e u g n i s Nr. 0913-2014-01
über die Eignung des Retroreflektometers ZRM 6013+ zur Messung
des Leuchtdichtkoeffizienten bei diffuser Beleuchtung Q_d
und des Leuchtdichtkoeffizienten bei Retroreflexion R_L
von Fahrbahnmarkierungen**

(Dieses Prüfzeugnis besteht aus 8 Seiten
und einem Anhang mit 2 weiteren Seiten)

1 Auftraggeber

Den Auftrag zur Erarbeitung des Prüfzeugnisses erteilte die Zehntner GmbH Testing Instruments, Gewerbestrasse 4, CH-4450 Sissach/Schweiz.

2 Auftragsache

Feststellung der Eignung des tragbaren Retroreflektometers ZRM 6013+ (im folgenden ZRM 6013+ genannt) zur Messung des Leuchtdichtkoeffizienten bei diffuser Beleuchtung Q_d und des Leuchtdichtkoeffizienten bei Retroreflexion R_L von Oberflächen von Fahrbahnmarkierungen.

3 Prinzip der Prüfung

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 LTL 2000 SQ (Hersteller: Fa. Delta Lyngby/Dänemark), anerkannt durch BAST-Prüfbericht V 4 59/2002 und Retroreflektometer ZRM 6014 (Hersteller: Fa. Zehntner), anerkannt durch Prüfzeugnis StrausZert 0913-2010-06. Zusätzlich wurde die Empfindlichkeit gegenüber Neigungen und Verschiebungen gemäß EN 1436, Ausgabe 2008 geprüft (s. Abschnitt 6.2).

4 Geprüftes Messgerät

Die Wiedergabe der technischen Daten des Messgeräts erfolgt nach Angaben des Antragstellers und eigenem Augenschein.

Die technischen Daten des ZRM 6013+ sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Simulationsdistanz	30 m, nach Geometrie EN 1436
Beobachtungswinkel	2,29° (EN 1436) ; 1,05° (ASTM E 1710)
Beleuchtungswinkel	R _L : 1,24° (EN 1436) ; 88,76° (ASTM E 1710) Q _d : diffus
Beleuchtungsapertur	0,33° parallel zur Bezugsebene und 0,17° senkrecht zur Bezugsebene
Beobachtungsapertur	0,33°
Beleuchtungsverfahren	Q _d : Verfahren B nach EN 1436 (Überbeleuchtung); Messfeld: 218 mm x 52 mm = 113 cm ² Beleuchtungsfeld: 366 x 60 mm = 220 cm ² R _L : Verfahren A nach EN 1436 (Überbeobachtung); Messfeld: 218 mm x 52 mm = 113 cm ² Beleuchtungsfeld: 100 mm x 50 mm = 50 cm ²
Beleuchtungssystem für Q _d	LED-Array aus 32 LED, unter dem ein Diffusor (spezielles Plexiglas) angeordnet ist, der das Licht homogenisiert
Messsensor	angepasst an V(λ)-Funktion durch optische Filter
Messbereiche	0 bis 4000 mcd·m ⁻² ·lx ⁻¹ (R _L) 0 bis 400 mcd·m ⁻² ·lx ⁻¹ (Q _d) Profilmarkierungen -1 mm bis 5 mm, bis 12 mm mit Anleitung
Messdauer	≈ 2 s (R _L /Q _d), einzeln ca. 1 s
Messwertspeicher	1 GB SD Flash Speicherkarte für etwa 50 000 Messungen
Anzeige	VGA 5,7" Touchscreen, farbig
Akku	Li-Ion-Mn 14,8 V / 6.3 Ah
Betriebstemperatur	-10°C bis +50°C
Aufbewahrung	-20°C bis +60°C
Feuchtigkeit	nicht kondensierend
Maße (LxBxH)	560 mm x 190 mm x 280 mm
Gewicht	6,8 kg

Tabelle 1 Technische Daten des ZRM 6013+

5 Messort

Die Messungen wurden auf dem Markierungsprüffeld auf der Bundesstraße B 4 bei Torfhaus (Oberharz) durchgeführt. Auf diesem Prüffeld liegen ca. 100 Markierungs-Prüfmuster, Typ I und Typ II, appliziert in Fahrtrichtung. Jedes Prüfmuster besteht aus 8 Streifen der Abmessungen 2 m Länge x 0,15 m Breite.

6 Durchführung der Messungen

Messtag: 5. 5. 2014. Wetter: ca. 10° C, trocken, sonnig; Straßenzustand: Straßen- und Markierungsoberfläche waren trocken.

6.1 Vergleichsmessungen mit drei Messgeräten

Auf dem Prüffeld wurden Q_d und R_L auf einem Streifen von jeweils 20 Prüfmustern des Typs I und des Typs II unmittelbar nacheinander sowohl mit dem ZRM 6013+ als auch mit den tragbaren Retroreflektometern ZRM 6014 bzw. LTL 2000 SQ gemessen. Je Markierungsstreifen wurden drei Messwerte (am Beginn, in der Mitte und am Ende des Streifens) aufgenommen. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Messungen auf jeweils möglichst den gleichen Messpunkten stattfanden. Aus den je drei Einzelmesswerten wurde der Mittelwert ermittelt und registriert. Die Tabellen 2 und 3 zeigen die so ermittelten Q_d - bzw. R_L -Messwerte für die drei verwendeten Messgeräte, den gemeinsamen Mittelwert M , gebildet aus den Messwerten für die drei Messgeräte, sowie die prozentuale Abweichung $\text{Diff}_{\text{ZRM 6013+}}$ des Messwertes des ZRM 6013+ vom gemeinsamen Mittelwert:

$$\text{Diff}_{\text{ZRM 6013+}} = 100 \% \cdot (\text{Messwert ZRM 6013+} - M)/M$$

Markierungsart lt. Spalte 1 der Tabelle 2 bzw. 3:

Markierungen des Typs I (Glattstrichmarkierungen):

HP:	Heißplastik
HSP:	Heißspritzplastik
KP:	Kaltplastik
KSP:	Kaltspritzplastik

Typ II:

KP A:	Kaltplastik als Agglomeratmarkierung ohne Unterstrich
Folie:	Folie rautenförmig profiliert
DF A:	Dispersionsfarbe auf Agglomerat

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

Mit den in den Tabellen 2 und 3 wiedergegebenen Messwerten des ZRM 6013+ und dem gemeinsamen Mittelwert M wurde eine lineare Regressionsrechnung durchgeführt. Die ermittelten Regressionsgeraden sind unterhalb der Tabellen wiedergegeben.

Markierungsart	Messwerte Q_d ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)				Diff _{ZRM 6013+} (%)
	ZRM 6013+	ZRM 6014	LTL 2000 SQ	gemeinsamer Mittelwert M	
KP A	153	149	147	149,7	2,2
KP	154	155	153	154,0	0,0
KSP	155	152	144	150,3	3,1
KP	159	156	156	157,0	1,3
KP	161	157	151	156,3	3,0
KP	164	162	177	167,7	-2,2
KP	165	153	154	157,3	4,9
HSP	168	166	164	166,0	1,2
DF A	174	172	175	173,7	0,2
Folie	176	175	168	173,0	1,7
KSP	177	176	177	176,7	0,2
KP	182	171	165	172,7	5,4
KSP	184	183	176	181,0	1,7
KP	189	187	176	184,0	2,7
Folie	192	189	179	186,7	2,9
KP A	198	190	180	189,3	4,6
KP	199	196	186	193,7	2,8
HP	201	211	199	203,7	-1,3
HP	211	208	202	207,0	1,9
HP	221	217	208	215,3	2,6
					mittlere absolute Abweichung
alle Proben					2,2

Tabelle 2: Messergebnisse, sortiert nach aufsteigenden Q_d -Werten des Messgeräts ZRM 6013+ (jeder Messwert ist aus 3 Einzelmesswerten je Streifen gebildet)

Regressionsgerade:

$$Q_d(\text{ZRM 6013+}) = 0,9 + 1,014 \cdot M \quad r^2 = 0,971$$

Markierungsart	Messwerte R_L ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)				Diff _{ZRM 6013+} (%)
	ZRM 6013+	ZRM 6014	LTL 2000 SQ	gemeinsamer Mittelwert M	
KP A	63,0	61,3	59,5	61,3	2,8
KP	68,0	71,0	67,0	68,7	-1,0
KSP	93,3	91,5	90,7	91,8	1,6
KP	96,3	95,0	95,7	95,7	0,7
KP	105	104	107	105,3	-0,3
KP	111	114	109	111,3	-0,3
KP	131	130	123	128,0	2,3
HSP	159	156	163	159,3	-0,2
DF A	163	166	168	165,7	-1,6
Folie	190	195	189	191,3	-0,7
KSP	236	236	230	234,0	0,9
KP	262	265	254	260,3	0,6
KSP	264	264	264	264,0	0,0
KP	308	304	294	302,0	2,0
Folie	376	379	365	373,3	0,7
KP A	383	375	372	376,7	1,7
KP	551	561	522	544,7	1,2
HP	661	642	649	650,7	1,6
HP	844	839	838	840,3	0,4
HP	946	933	938	939,0	0,7
					mittlere absolute Abweichung
alle Proben					1,1

Tabelle 3: Messergebnisse, sortiert nach aufsteigenden R_L -Werten des Messgeräts ZRM 6013+ (jeder Messwert ist aus 3 Einzelmesswerten je Strich gebildet)

Regressionsgerade:

$$R_L(\text{ZRM 6013+}) = -0,4 + 1,009 \cdot M \quad r^2 = 0,9999$$

6.2 Prüfung der Empfindlichkeit gegenüber Neigungen und Verschiebungen

Diese Prüfung wurde gemäß den in EN 1436, Ausgabe 2008, vorgegebenen Prüfbedingungen durchgeführt. Nach Anhang A.4 bzw. B.4 dieser Norm ist die Empfindlichkeit gegenüber Neigungen und Verschiebungen zu prüfen, indem das zu prüfende Messgerät parallel zur Fahrbahnmarkierungsprobe um die Höhe H ($H = -1 \text{ mm}; +1 \text{ mm}; +2 \text{ mm}$) angehoben und gleichzeitig so in horizontaler Richtung verschoben wird, dass die Messfläche stets an der gleichen Stelle der Markierungsoberfläche bleibt. Dies wird erreicht, indem bei Verfahren A das Messgerät um $H/\sin 2,29^\circ$ verschoben wird. Die Anhebung des Messgerätes ist aufgrund der auf dem Prüffeld vorhandenen Markierungssysteme nur um $+1 \text{ mm}$ und $+2 \text{ mm}$ möglich.

Lt. Tabelle 1 wird Verfahren A bei der Messung von R_L angewendet. Für eine Anhebung um 1 mm bzw. 2 mm ergibt sich aus $H/\sin 2,29^\circ$, dass das Messgerät gleichzeitig um $2,5 \text{ cm}$ bzw. 5 cm horizontal zu verschieben ist.

Bei Verfahren B muss das Messgerät nicht verschoben werden. Lt. Tabelle 1 wird Verfahren B bei der Messung von Q_d angewendet, die horizontale Verschiebung kann entfallen.

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

Höhe H des ZRM 6013+ (mm)	Messwert Q_d		Messwert R_L	
	($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)	%	($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)	%
0	190	100	197	100
1	183	96,3	192	97,5
2	183	96,3	191	97,0

Tabelle 4: Veränderung des Messwertes bei Anhebung des Messgerätes

7 Bewertung der Messergebnisse

7.1 Bewertung der Vergleichsmessungen mit drei Messgeräten

Die Eignung eines Gerätes zur Messung von Q_d und R_L von Fahrbahnmarkierungen kann bestätigt werden, wenn die prozentuale Abweichung $\text{Diff}_{\text{ZRM 6013+}}$ des Messwertes des zu prüfenden Gerätes ZRM 6013+ vom gemeinsamen Mittelwert aller verwendeten Geräte in 95% aller Fälle (d.h. bei vorliegender Prüfung bei 19 von 20 Messproben) den Wert $\pm 7,5 \%$ nicht überschreitet und die Prüfung der Empfindlichkeit gegenüber Neigungen und Verschiebungen erfolgreich ist.

7.1.1 Leuchtdichtekoeffizient bei diffuser Reflexion Q_d

Die Regressionsgerade und die entsprechenden Kurven in Bild 1 zeigen, dass die Messwerte des ZRM 6013+ tendenziell minimal oberhalb der gemeinsamen Mittelwerte liegen. Aus dem Wert des Bestimmtheitsmaßes $r^2 = 0,971$ ist abzulesen, dass die Streuung der Messwerte sehr gering ist. Die absoluten Abweichungen $\text{Diff}_{\text{ZRM 6013+}}$ der Messwerte des ZRM 6013+, bezogen auf den gemeinsamen Mittelwert aller drei Geräte, betragen im Mittel 2,2 %. Die maximalen Abweichungen liegen bei + 5,4 % / - 2,2 % und überschreiten damit in keinem Einzelfall den Wert von $\pm 7,5$ %.

7.1.2 Leuchtdichtekoeffizient bei Retroreflexion R_L

Die Regressionsgerade und die entsprechenden Kurven in Bild 2 zeigen, dass das ZRM 6013+ bei der Bestimmung von R_L Messwerte ergibt, die zu den Messwerten der beiden anderen Geräte praktisch identisch sind. Damit sind die Messwerte des ZRM 6013+ auch praktisch die gleichen wie die gemeinsamen Mittelwerte aller drei Geräte. Aus dem Wert des Bestimmtheitsmaßes $r^2 = 0,9999$ ist wieder abzulesen, dass die Streuung der Messwerte sehr gering ist. Die absoluten Abweichungen $\text{Diff}_{\text{ZRM 6013+}}$ der Messwerte des ZRM 6013+, bezogen auf den gemeinsamen Mittelwert aller drei Geräte, betragen im Mittel 1,1 %. Die maximalen Abweichungen liegen bei + 2,8 % / - 1,6 % und überschreiten damit in keinem Einzelfall den Wert von $\pm 7,5$ %.

7.2 Bewertung der Empfindlichkeit gegenüber Neigungen und Verschiebungen

Gemäß EN 1436, Ausgabe 2008 dürfen sich die gemessenen Q_d - und R_L -Werte um nicht mehr als ± 10 % ändern, wenn die Höheneinstellung auf + 2 mm verändert wird. Diese Forderung wird erfüllt. Das ZRM 6013+ erfüllt damit auch hinsichtlich der Empfindlichkeit gegenüber Neigungen und Verschiebungen die Forderung der EN 1436-2008.

8 Gesamtbeurteilung

Die in Abschnitt 7 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 schwierigen Messbedingungen (unterschiedliche Messflächen, unebene Markierungsoberfläche, inhomogene Struktur der Markierungsoberfläche, inhomogene Perlenverteilung) Messungenauigkeiten auftreten, die nicht der Gerätegenauigkeit anzulasten sind.

Aufgrund der in diesem Prüfzeugnis wiedergegebenen Prüfergebnisse wird bestätigt, dass das Retroreflektometer ZRM 6013+ zur Messung des Leuchtdichtekoeffizienten bei diffuser Reflexion Q_d und des Leuchtdichtekoeffizienten bei Retroreflexion R_L von Fahrbahnmarkierungen gut geeignet ist.



(Dr. H. Meseberg)
Vorsitzender StrausZert

Dieses Prüfzeugnis wurde nach bestem Wissen und Gewissen angefertigt.

Anhang

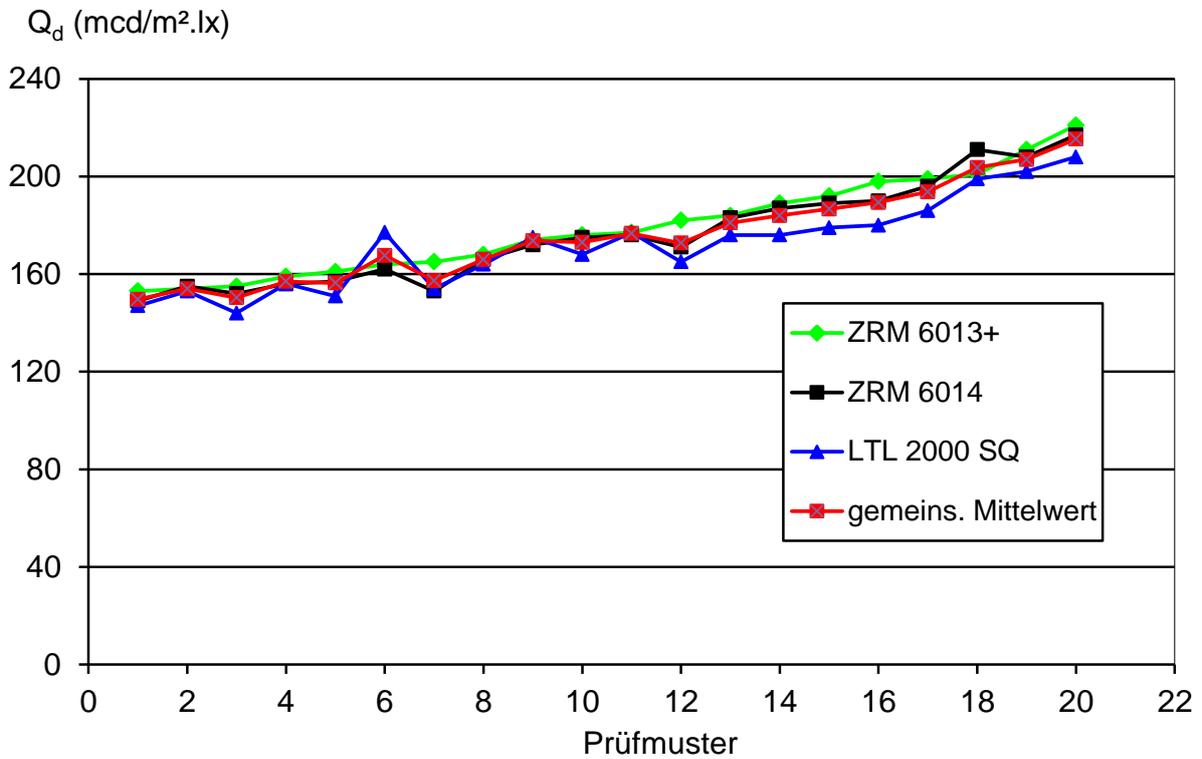


Bild 1: Q_d -Messwerte für die drei verwendeten Messgeräte und gemeinsamer Mittelwert für 20 Prüfmuster

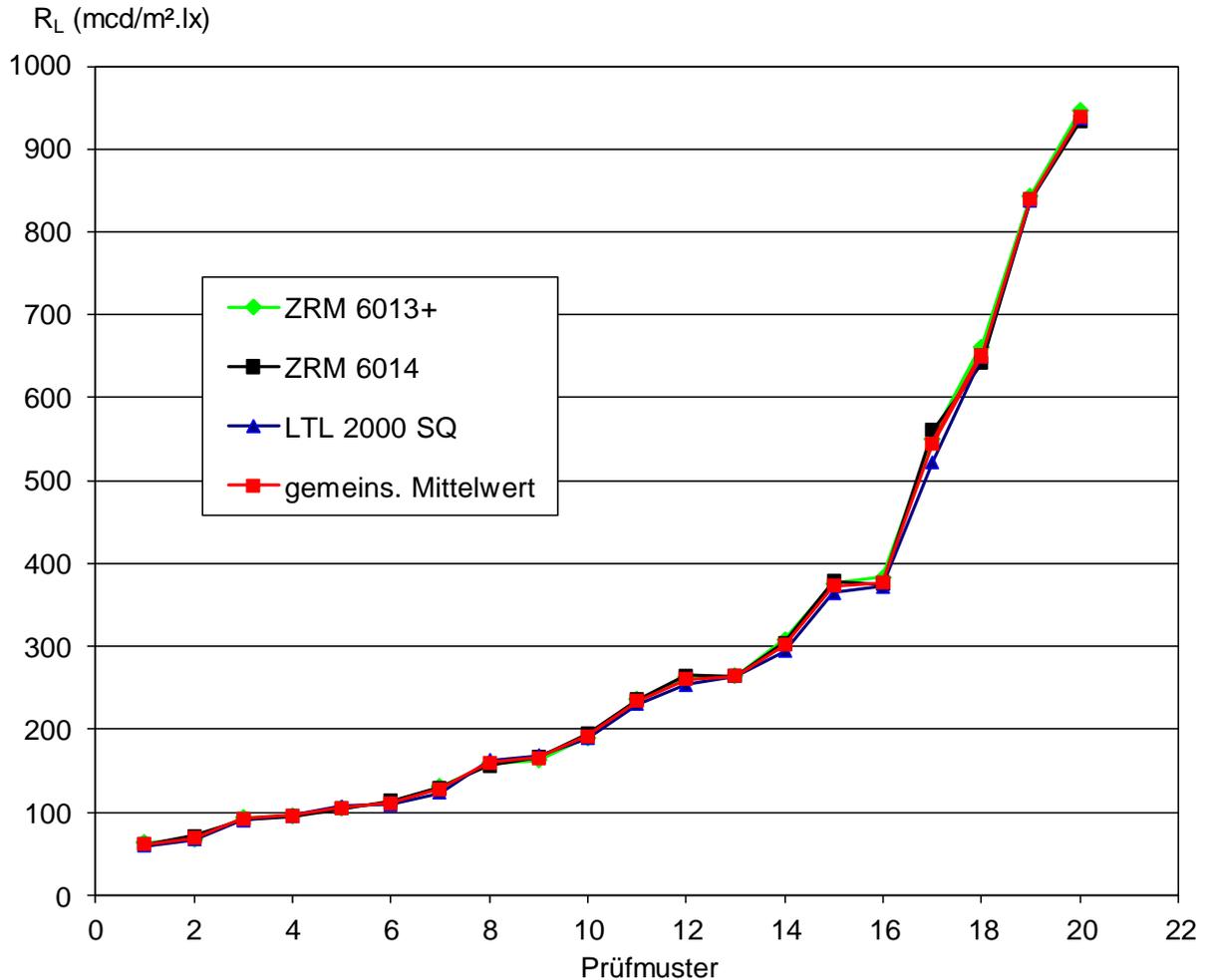


Bild 2: R_L -Messwerte für die drei verwendeten Messgeräte und gemeinsamer Mittelwert für 20 Prüfmuster