

Translation of

**Test Certificate No. 0913-2010-06
of the suitability of the Retroreflectometer ZRM 6014
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 seven pages and an attachment of one additional page)

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 6014 (hereafter called "ZRM 6014") 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 by method of 2 different comparative measurements.

3 Principle of the test

The examination is made by a comparison of 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 6013 (manufacturer: Zehntner), approved by BAST-test report V 4 22 /2006. In addition, sensitivity was checked for inclining and displacement according to EN 1436 (see paragraph 6.2).

4 Tested measurement device

The reproduction of the 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 6014 are represented in table 1 below

Simulation distance	30 m, according to CEN-geometry
Observation angle ϵ	EN 1436: 2,29°; ASTM E 1710: 1,05°
Illumination angle α	R _L : EN 1436: 1.24°; ASTM E 1710: 88,76° 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 (the measured field contains the illuminated field) 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 (the illuminated field contains the measured field) Measuring area: 218 mm x 52 mm = 113 cm ² Illumination area: 100mm x 50mm = 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)
Measuring range	0 to 4,000 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 0.02), up to 12mm (0.5) with instruction
Measuring period	less than 2,5 s (R _L /Q _d), single about 1 s
Memory	1 GB SD Flash memory about 50 000 measurements (without pictures)
Display	VGA 5.7 colour touch-screen
Accumulator	LI-Ion-Mn 14.8 V / 6.3 Ah
Operating	-10° C to + 50° C (14° F to 122° F)
Storage	-20°C to + 60°C (5°F to 140°F)
Humidity	non condensing
Dimensions (LxWxH)	658.5 mm x 190 mm 408.5 mm (25.9 x 7.5 x 16.1)
Weight	7.5 kg (16.5 lbs)

Table 1: Technical Data of the ZRM 6014

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 labelling test patterns, of type I and type II, applied to the direction of travel. 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: February 12, 2010. Road condition on B4: road and marking surface are slightly humid.

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 6014 as well as with the portable retroreflector ZRM 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 important to remain, if possible, on the same measuring points with the measurements. By using the mean value function of the measuring devices, the mean value of the three single measured values could immediately be calculated and registered. The tables 2 and 3 thus show the calculated Q_d and R_L measurements 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 percental deviation Diff_{ZRM6014} of the measuring value of the ZRM 6014 of the common mean value:

$$\text{Diff}_{\text{ZRM6014}} = 100 \% \cdot (\text{measuring value ZRM 6014} - M)/M$$

Type of road marking: Column 1 of table 2, respectively 3:

Type I:

G: smooth marking with (drop on material)

G oN: smooth marking without (drop on material)

Type II: A1: large, erratical agglomerates (s. Appendix, Picture A.1)

A2: small erratical agglomerates (s. Appendix, Picture A.2)

A3: large regular agglomerates (s. Appendix, Picture A.3)

A4: small regular agglomerates (s. Appendix, Picture A.4)

F: Foil, diamond-shaped embossing

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 6014 and the common mean value M, represented in table 2 and 3, a linear regression analysis could be made. The determined regression lines are indicated below the tables.

Type of identification	Measuring values Qd (mcd · m ⁻² · lx ⁻¹)				Diff _{ZRM6014} (%)
	ZRM 6014	ZRM 6013	LTL 2000 SQ	Common mean value M	
Au	150	136	144,4	143,5	4,6
Au	154	142	144,9	147,0	4,8
Au + U	155,7	145	143,4	148,0	5,2
Ar	158	151	143	150,7	4,9
G	162,3	152	149	154,4	5,1
Ar	168,3	160	154,1	160,8	4,7
G	170,3	158	150	159,4	6,8
Au + U	181	170	176,4	175,8	3,0
Au	185,3	173	173,1	177,1	4,6
Au + U	188,3	176	186,2	183,5	2,6
F	198,6	185	180,6	188,1	5,6
Au + U	214,4	202	190,1	202,2	6,1
G	224	210	214,4	216,1	3,6
G	226,3	214	202	214,1	5,7
F	253,3	241	235,3	243,2	4,2
G	254	242	225,6	240,5	5,6
G	269,3	254	249	257,4	4,6
G	271	255	246,7	257,6	5,2
G oN	311	295	273,2	293,1	6,1
G oN	317	305	281	301,0	5,3
					average absolute deviation
All samples					4,9

Table 2: Measuring results arranged according to the increasing Qd-values of the measuring device ZRM 6014 (each measuring value consists of three single measuring values as separated by column)

Regression line:

$$Qd (\text{ZRM 6014}) = -1,9 + 1,059 \cdot M \quad r^2 = 0,999$$

Type of identification	Measuring values R_L ($\text{mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$)				Diff _{ZRM6014} (%)
	ZRM 6014	ZRM 6013	LTL 2000 SQ	Common mean value M	
G oN	34	37	33,4	34,8	-2,3
G oN	36	37	34,3	35,8	0,7
Au + U	47	49	46,9	47,6	-1,3
Ar	54	54	49,6	52,5	2,8
Au	61,3	61	60,5	60,9	0,6
G	66,3	69	65	66,8	-0,7
Au	69,3	67	70,8	69,0	0,4
Ar	73,3	76	72	73,8	-0,6
F	77,7	80	75,5	77,7	0,0
F	79,2	76	77,5	77,6	2,1
G	79,3	80	79	79,4	-0,2
G	95	98	89	94,0	1,1
Au	95,7	95	97,2	96,0	-0,3
Au + U	109	105	101,5	105,2	3,6
G	130,7	138	127	131,9	-0,9
G	139,7	140	137	138,9	0,6
G	159	159	150	156,0	1,9
AU + U	166,7	178	166,8	170,5	-2,2
G	168	163	152,3	161,1	4,3
Au + U	219	225	209,7	217,9	0,5
					average absolute deviation
All samples					1,4

Table 3: Measuring results, arranged according to the increasing R_L -values of the measuring device ZRM 6014 (each measuring value consists of three single measuring values as separated by column)

Regression line:

$$R_L (\text{ZRM 6014}) = -0,3 + 1,010 \cdot M \quad r^2 = 0,998$$

6.2 Testing the sensibility to inclinations and displacements

This test was made in accordance to the requirements provided by the EN 1436. 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 $H/\sin 2,29^\circ$. 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 2mm, are absolute and given as a percentage of the value in neutral position.

Height H of the ZRM 6014 (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	193,5	100	110	100
1	191,2	98,8	118,5	107,7
2	186,3	96,3	113	102,7

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 percental deviation $\text{Diff}_{\text{ZRM6014}}$ of the measuring value of the device to be measured (ZRM 6014) 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 $\pm 7,5\%$.

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 6014 has a tendency to present higher measuring values compared to the two other devices. It is possible to read from the coefficient of determination $r^2 = 0,999$ that the variance of the values is little. The absolute deviations ZRM_{6014} of the measuring values of the ZRM 6014, based on the common mean value of all three devices, come to an average of 4,9%. These deviations 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 with the ZRM 6014 practically the same measuring values are measured as with the other two devices. From the coefficient of determination $r^2 = 0,998$ it can be read anew that the variance of the measuring value is little. The absolute deviations $\text{Diff}_{\text{ZRM 6014}}$ of the measuring values of the ZRM 6014, based on the common mean value of all three devices, come to an average of 1,4%. These deviations do not exceed in any single case the value of $\pm 7,5\%$.

7.2 Evaluation of sensibility to inclinations and displacements

The measured Q_d and R_L values should not change more than 10%, if the elevating adjustment is increased about +2mm. This requirement is fulfilled. The ZRM 6014 therefore conforms to the requirements of EN 1436 in terms of inclination and displacement.

8 Overall assessment

The deviations of the measuring values of the comparative measurement and of the test evaluation of sensibility to inclination and displacement 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.

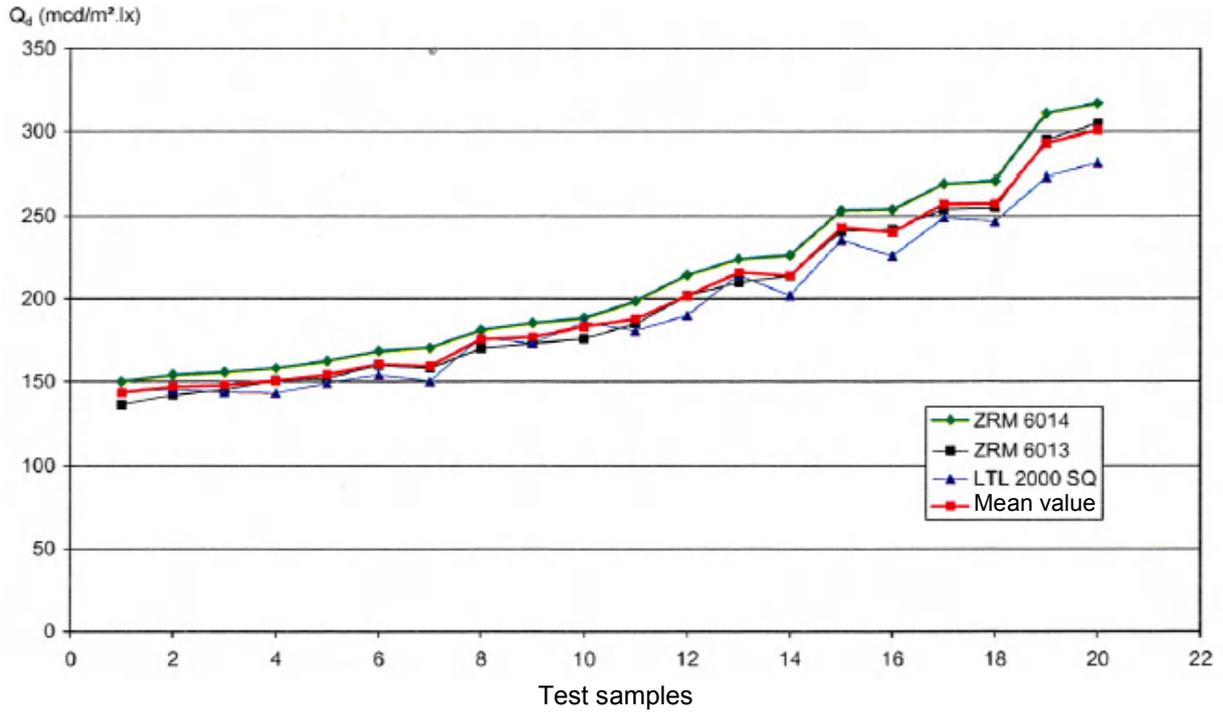
Based on the test results presented in this certificate, it is confirmed that the ZRM 6014 is very suitable for the measurement of the coefficient of retroreflected luminance Q_d with diffuse illumination and of the coefficient of retroreflected luminance R_L for road markings.

(Dr. H. Meseberg)
Chairman StrausZert

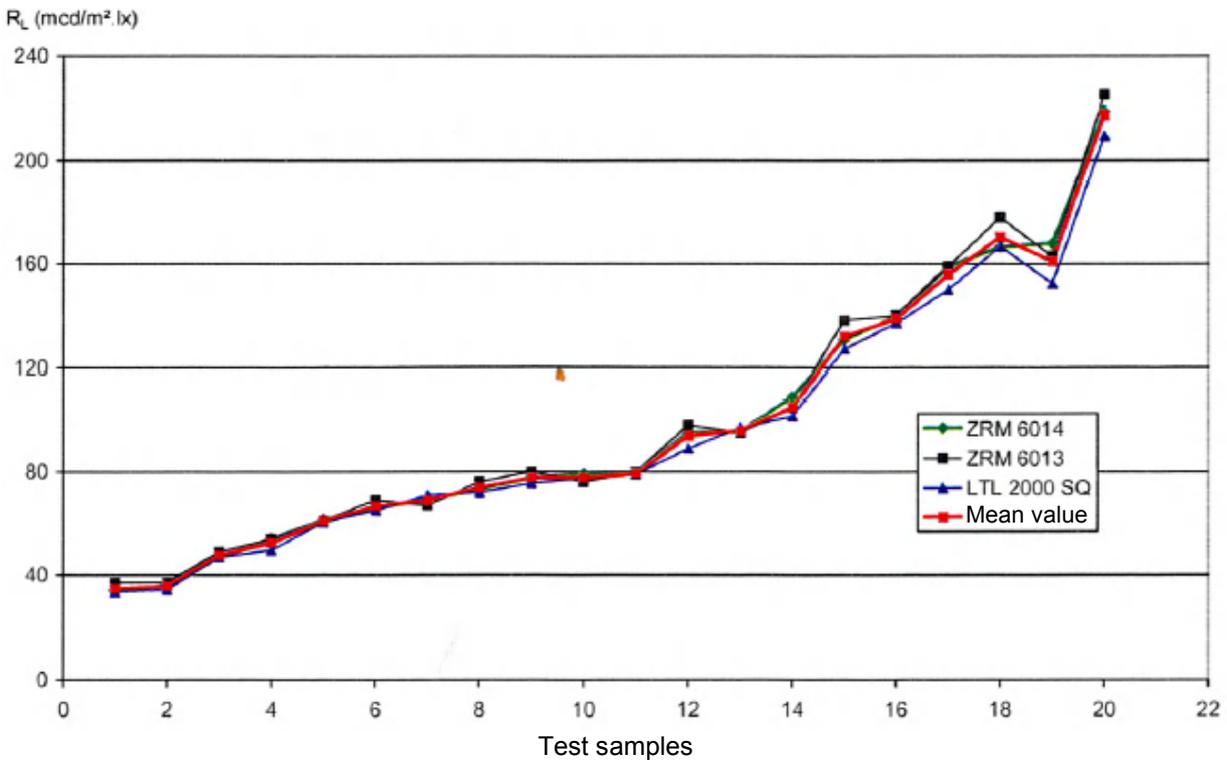
This test certificate has been issued in all conscience.

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 26. August 2010

Prüfzeugnis Nr. 0913-2010-06
über die Eignung des Retroreflektometers ZRM 6014 zur Messung
des Leuchtdichtkoeffizienten bei diffuser Beleuchtung Q_d
und des Leuchtdichtkoeffizienten bei Retroreflexion R_L
von Fahrbahnmarkierungen

(Dieses Prüfzeugnis besteht aus 7 Seiten
und einer Anlage mit einer weiteren Seite)

1 Auftraggeber

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

2 Auftragsache

Feststellung der Eignung des tragbaren Retroreflektometers ZRM 6014 (im folgenden ZRM 6014 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 6013 (Hersteller: Fa. Zehntner), anerkannt durch BAST-Prüfbericht V 4 22/2006. Zusätzlich wurde die Empfindlichkeit gegenüber Neigungen und Verschiebungen gemäß EN 1436 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 6014 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	unter 2,5 s (R _L /Q _d), einzeln ca. 1 s
Messwertspeicher	1 GB SD Flash Speicherkarte für etwa 50 000 Messungen (ohne Bilder)
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)	658,5 mm x 190 mm x 408,5 mm
Gewicht	7,5 kg

Tabelle 1 Technische Daten des ZRM 6014

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 Strichen der Abmessungen 2 m Länge x 0,15 m Breite.

6 Durchführung der Messungen

Messtag: 12. 8. 2010. Straßenzustand: Straßen- und Markierungsoberfläche leicht feucht.

6.1 Vergleichsmessungen mit drei Messgeräten

Auf dem Prüffeld wurden Q_d und R_L auf einem Strich von jeweils 20 Prüfmustern des Typs I und des Typs II unmittelbar nacheinander sowohl mit dem ZRM 6014 als auch mit den tragbaren Retroreflektometern ZRM bzw. LTL 2000 SQ gemessen. Je Strich wurden drei Messwerte (am Beginn, in der Mitte und am Ende des Striches) aufgenommen. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Messungen auf jeweils möglichst den gleichen Messpunkten stattfanden. Unter Verwendung der Mittelwertfunktion der Messgeräte wurde sofort der Mittelwert der drei Einzelmesswerte 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 $Diff_{ZRM\ 6014}$ des Messwertes des ZRM 6014 vom gemeinsamen Mittelwert:

$$Diff_{ZRM\ 6014} = 100 \% \cdot (Messwert\ ZRM\ 6014 - M)/M$$

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

Typ I:

G: Glatstrichmarkierung mit Nachstreumittel

G oN: Glatstrichmarkierung ohne Nachstreumittel

Typ II:

Ar: Agglomeratmarkierung, regelmäßige Agglomerate, ohne Unterstrich

Au: Agglomeratmarkierung, unregelmäßige Agglomerate, ohne Unterstrich

Ar + U

bzw. Au + U: Agglomeratmarkierung mit Unterstrich

F: Folie, rautenförmig profiliert

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 6014 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 6014} (%)
	ZRM 6014	ZRM 6013	LTL 2000 SQ	gemeinsamer Mittelwert M	
Au	150	136	144,4	143,5	4,6
Au	154	142	144,9	147,0	4,8
Au + U	155,7	145	143,4	148,0	5,2
Ar	158	151	143	150,7	4,9
G	162,3	152	149	154,4	5,1
Ar	168,3	160	154,1	160,8	4,7
G	170,3	158	150	159,4	6,8
Au + U	181	170	176,4	175,8	3,0
Au	185,3	173	173,1	177,1	4,6
Au + U	188,3	176	186,2	183,5	2,6
F	198,6	185	180,6	188,1	5,6
Au + U	214,4	202	190,1	202,2	6,1
G	224	210	214,4	216,1	3,6
G	226,3	214	202	214,1	5,7
F	253,3	241	235,3	243,2	4,2
G	254	242	225,6	240,5	5,6
G	269,3	254	249	257,4	4,6
G	271	255	246,7	257,6	5,2
G oN	311	295	273,2	293,1	6,1
G oN	317	305	281	301,0	5,3
					mittlere absolute Abweichung
alle Proben					4,9

Tabelle 2: Messergebnisse, sortiert nach aufsteigenden Q_d -Werten des Messgeräts ZRM 6014 (jeder Messwert ist aus 3 Einzelmesswerten je Strich gebildet)

Regressionsgerade:

$$Q_d(\text{ZRM 6014}) = -1,9 + 1,059 \cdot M \quad r^2 = 0,999$$

Markierungsart	Messwerte R_L ($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)				Diff _{ZRM 6014} (%)
	ZRM 6014	ZRM 6013	LTL 2000 SQ	gemeinsamer Mittelwert M	
G oN	34	37	33,4	34,8	-2,3
G oN	36	37	34,3	35,8	0,7
Au + U	47	49	46,9	47,6	-1,3
Ar	54	54	49,6	52,5	2,8
Au	61,3	61	60,5	60,9	0,6
G	66,3	69	65	66,8	-0,7
Au	69,3	67	70,8	69,0	0,4
Ar	73,3	76	72	73,8	-0,6
F	77,7	80	75,5	77,7	0,0
F	79,2	76	77,5	77,6	2,1
G	79,3	80	79	79,4	-0,2
G	95	98	89	94,0	1,1
Au	95,7	95	97,2	96,0	-0,3
Au + U	109	105	101,5	105,2	3,6
G	130,7	138	127	131,9	-0,9
G	139,7	140	137	138,9	0,6
G	159	159	150	156,0	1,9
Au + U	166,7	178	166,8	170,5	-2,2
G	168	163	152,3	161,1	4,3
Au + U	219	225	209,7	217,9	0,5
					mittlere absolute Abweichung
Alle Proben					1,4

Tabelle 3: Messergebnisse, sortiert nach aufsteigenden R_L -Werten des Messgeräts ZRM 6014 (jeder Messwert ist aus 3 Einzelmesswerten je Strich gebildet)

Regressionsgerade:

$$R_L(\text{ZRM 6014}) = -0,3 + 1,010 \cdot M \quad r^2 = 0,998$$

6.2 Prüfung der Empfindlichkeit gegenüber Neigungen und Verschiebungen

Diese Prüfung wurde gemäß den in EN 1436 vorgegebenen Anforderungen 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 mm; + 1mm; +2 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 mm und +2 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 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 6014 (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	193,5	100	110	100
1	191,2	98,8	118,5	107,7
2	186,3	96,3	113	102,7

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 $\text{Diff}_{\text{ZRM 6014}}$ des Messwertes des zu prüfenden Gerätes ZRM 6014 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.

7.1.1 Leuchtdichtekoeffizient bei diffuser Reflexion Q_d

Die Regressionsgerade und die entsprechenden Kurven in Bild 1 zeigen, dass das ZRM 6014 tendenziell etwas höhere Messwerte ergibt als die beiden anderen Geräte. Aus dem Wert des Bestimmtheitsmaßes $r^2 = 0,999$ ist abzulesen, dass die Streuung der Messwerte sehr gering ist. Die absoluten Abweichungen $\text{Diff}_{\text{ZRM 6014}}$ der Messwerte des ZRM 6014, bezogen auf den gemeinsamen Mittelwert aller drei Geräte, betragen im Mittel 4,9 %. Diese Abweichungen überschreiten 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 mit dem ZRM 6014 praktisch die gleichen Messwerte gemessen werden wie mit den beiden anderen Geräten. Aus dem Wert des Bestimmtheitsmaßes $r^2 = 0,998$ ist wieder abzulesen, dass die Streuung der Messwerte sehr gering ist. Die absoluten Abweichungen $\text{Diff}_{\text{ZRM 6014}}$ der Messwerte des ZRM 6014, bezogen auf den gemeinsamen Mittelwert aller drei Geräte, betragen im Mittel 1,4 %. Diese Abweichungen überschreiten in keinem Einzelfall den Wert von $\pm 7,5$ %.

7.2 Bewertung der Empfindlichkeit gegenüber Neigungen und Verschiebungen

Die gemessenen Q_d - und R_L -Werte dürfen sich um nicht mehr als ± 10 % ändern, wenn die Höheneinstellung auf + 2 mm verändert wird. Diese Forderung wird erfüllt. Das ZRM 6014 erfüllt damit hinsichtlich der Empfindlichkeit gegenüber Neigungen und Verschiebungen die Forderung der EN 1436.

8 Gesamtbeurteilung

Die unter 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 6014 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

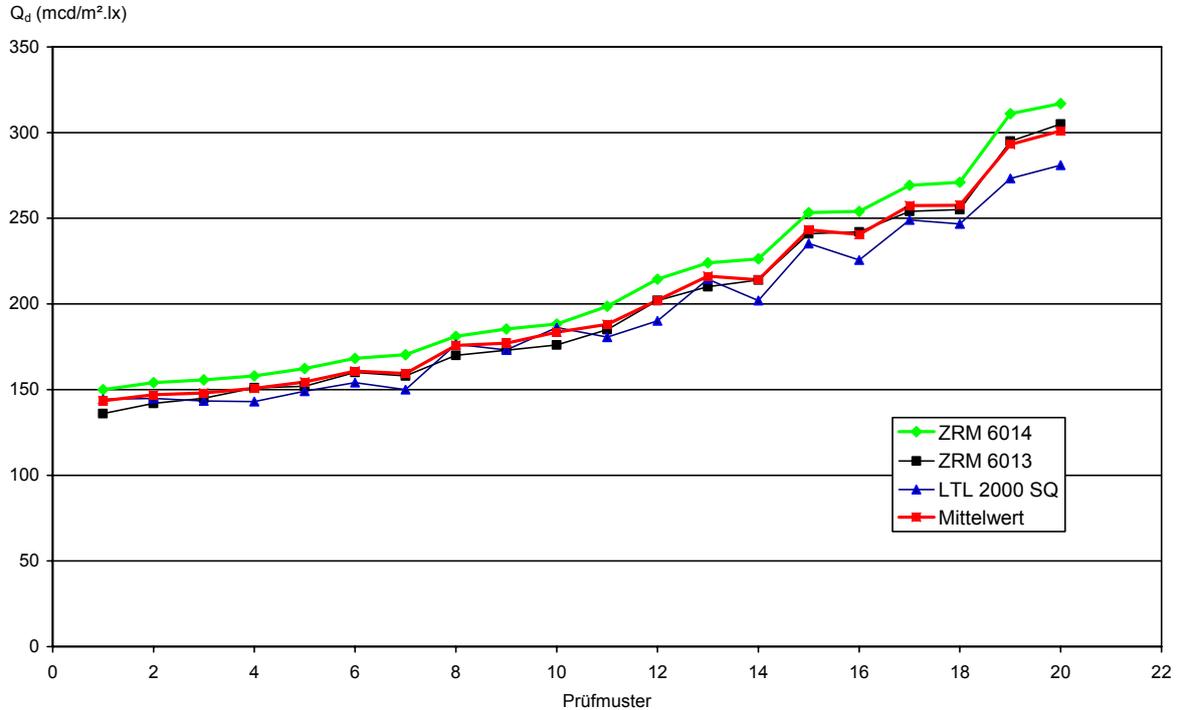
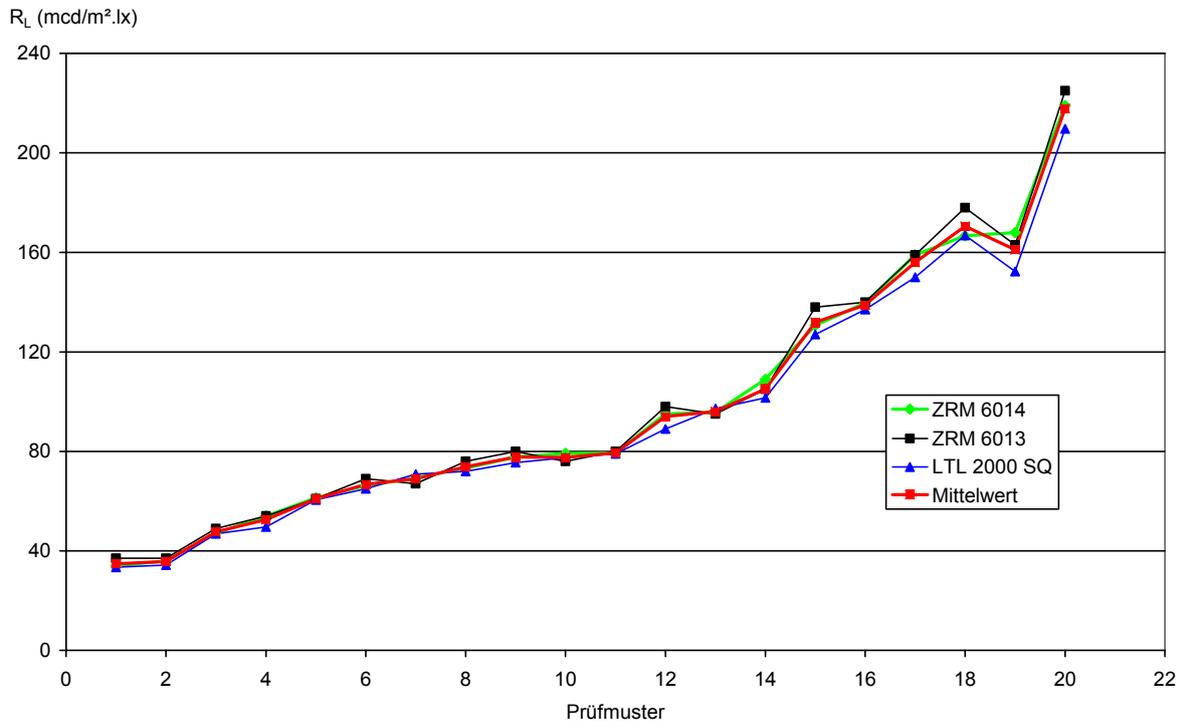


Bild 1: Q_d -Messwerte für die drei verwendeten Messgeräte und gemeinsamer Mittelwert für 20 Prüfmuster



**Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungs-
gemeinschaft der Straßenausstatter e.V.**

Akkreditiert unter BauPG/DIBt 0913



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