



Zur Bewertung von Lichtquellen nach musealen und konservierungswissenschaftlichen Aspekten

Der Farbwiedergabe-Index (Colour Rendering Index, CRI oder auch R_a) und das relative Lichtschädigungspotential (RLSP) werden bei der Bewertung der Leuchtmittel herangezogen.

Je nach Anwendung kann ein Farbwiedergabe-Index R_a Wert von über 80 ausreichend sein, für eine weitere Beurteilung der Eignung des Leuchtmittels wird angeregt eine Abmusterung durchzuführen.

Für das relative Lichtschädigungspotenzial wird ein Ranking erstellt welches alle Ergebnisse vorheriger Tests berücksichtigt, zur Verwendung werden überdurchschnittlich gut abschneidende Leuchtmittel empfohlen.

Die Informationen zu den bisher untersuchten Leuchtmitteln sind in Anhang nach RLSP (Anhang A) und R_a (Anhang B) gelistet.

Bestimmung des Farbwiedergabe-Index (R_a)

Der **Farbwiedergabe-Index** (Colour Rendering Index, CRI oder auch R_a) ist eine farbtechnische Größe, die nach DIN 6169 ermittelt wird. Die Zahlenwerte geben Aufschluss über die Wiedergabe der Farben von Objekten, die mit der zu untersuchenden Lichtart beleuchtet werden.

Zur Berechnung des Farbwiedergabe-Index sind 14 Testfarben mit einem genormten Remissionsverlauf definiert. Die Abweichung der Sekundärspektren zwischen Referenz- und Testspektrum dienen als Maßzahl für die 14 speziellen Farbwiedergabe-Indizes. Zur Berechnung des allgemeinen Farbwiedergabeindex R_a werden allerdings nur die ersten 8 Testfarben herangezogen. Die 14 Testfarben sind durch DIN 6169 bestimmt. Dabei kann der Farbwiedergabe-Index R_i zur Farbe i ermittelt werden. Ein rechnerischer Wert aus den Farben #1 bis #8 wird mit R_a bezeichnet.

Bestimmung des relativen Lichtschädigungspotentials (RLSP)

Zum Vergleich des „**Schädigungspotentials**“ der verschiedenen Leuchtmittel wurde folgende Berechnung angestellt:

Es wird das Modell der *spektralen Wirkungsfunktion* $s(\lambda)$ (action spectrum) herangezogen. In diese Größe geht das Produkt der spektralen Absorption $a(\lambda)$ und der materialspezifischen Empfindlichkeit $f(\lambda)$ ein. Die Absorption $a(\lambda)$ ist beeinflusst durch die Farbigkeit des Objektes. Für nicht pigmentierte Objekte ist $a(\lambda)$ nahezu konstant, sodass $s(\lambda)$ nur von $f(\lambda)$ abhängt. Die Empfindlichkeit $f(\lambda)$ ist eine Materialeigenschaft die u.a. das Zeretzungs-, Ausbleich- oder Verbräunungsverhalten beschreibt.

Durch praktische Versuche an verschiedenen exemplarischen Materialien wurde $s(\lambda)$ bestimmt¹. Die *spektrale Wirkungsfunktion* $s(\lambda)$ verhält sich wie in Gleichung (1) dargestellt. Diese Funktion beschreibt, dass Objekte durch kurzwelliges Licht tendenziell stärker geschädigt werden als durch langwelliges Licht. Eine Materialkonstante b trägt den verschiedenen untersuchten Materialklassen Rechnung.

$$(1) \quad s(\lambda) = e^{b(300-\lambda)}$$

Für die Berechnung wurde die sog. „materialistische Konstante“ $b = 0,012$ angenommen (Abb. 1), wie sie für empfindliche Objekte beispielsweise Aquarell auf Papier, gefärbte Textilien, Ölfarben auf Leinwand und Hadernpapiere gefunden wurde (Krochmann²). Diese Funktion soll die Wirkung des Lichts auf ein x -beliebiges Objekt bzw. auf die Objekte im Durchschnitt ausdrücken. Die *spektrale Wirkung* kann für ein bestimmtes Objekt von dieser Funktion abweichen. In einer Studie haben Saunders und Kirby den Effekt der sichtbaren Strahlung verschiedener Wellenlängen auf ausgewählte Künstlerpigmente und Textilfarbstoffe untersucht³. Für blaue Farbstoffe (z.B. Indigo, Lackmus) konnte hier nachgewiesen werden, dass der Schaden proportional zur Wellenlänge ansteigt. Bei farbigen Objekten kann die *spektrale Absorption* $a(\lambda)$ nicht vernachlässigt werden und es kommt zu einer abweichenden Wirkungsfunktion. Wärmebezogene Schadensfunktionen finden hier ebenfalls keine Berücksichtigung. Weiterhin ausgeblendet wird eine mögliche Synergie mit anderen Parametern wie z.B. dem Sauerstoffgehalt in der Schadenskinetik.⁴ Die Theorie der spektralen Empfindlichkeit ersetzt nicht die Betrachtung des Ausbleichverhaltens individueller Objekte etwa durch Micro-Fading-Tests.

Trotz dieses Mangels wird die *Wirkungsfunktion* $s(\lambda)$ herangezogen, um das *relative Lichtschädigungspotential* (RLSP, relative damage potential) zu berechnen, damit die Leuchten und Leuchtsysteme hinsichtlich ihrer Eignung für den Einsatz im Museum verglichen werden können.

Die *spektrale Wirkungsfunktion* wurde mit dem gemessenen und auf 200 lx normierten Spektrum der Lichtquelle (der *spektralen Bestrahlungsstärke*) multipliziert. Das Integral dieser Funktion wurde als Maß für das Lichtschädigungspotential genommen. Die Werte wurden auf das Lichtschädigungspotential eines Planckschen Strahlers (also etwa einer Glühbirne) normiert und werden als *relatives Lichtschädigungspotential* (**RLSP**) angegeben.

Der betrachtete spektrale Bereich erstreckt sich dabei von 380 nm bis 780 nm. Dieses Vorgehen unterscheidet sich von dem in der CIE 157:2004⁵ vorgeschlagenen. In dieser wird nur der Bereich ab 400 nm betrachtet. Die hier berechneten Werte sind also nicht direkt mit denen nach CIE 157:2004 vergleichbar. Der Grund für die abgeänderte Vorgehensweise ist,

¹ G:S: Hilbert, S.Aydinli, 1991: „Zur Beleuchtung musealer Exponate unter Beachtung neuerer konservatorischer Erkenntnisse“ LICHT **43**, 566-577.

² J. Krochmann, 1988: „Beleuchtung von lichtempfindlichen Ausstellungsstücken“ Restauro 94 (3), 227-234.

³ Saunders, David; Kirby, Jo (1994): "Wavelength-dependent fading of artists' pigments", - Preventive conservation: practice, theory and research. Preprints of the contributions to the Ottawa Congress, 12-16 September 1994 (Editor: Roy, Ashok; Smith, Perry), International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, S. 190-194.

⁴ Capucine Korenberg (2008): The photo-ageing behaviour of selected watercolour paints under anoxic conditions,- Technical Research Bulletin, The British Museum, 02/2008,, S. 49-57 (<http://www.britishmuseum.org/pdf/BMTRB%202%20Korenberg.pdf>, accessed 28.11.2010)

⁵ Commission internationale de l'éclairage, 2004: Technical Report Control of damage to museum objects by optical radiation. CIE 157: 2004, ISBN 3901906274.

dass teilweise ein geringer, jedoch für die vorgestellte Berechnung nicht unerheblicher Spektralanteil auch im Bereich zwischen 380 und 400 nm festgestellt wurde.

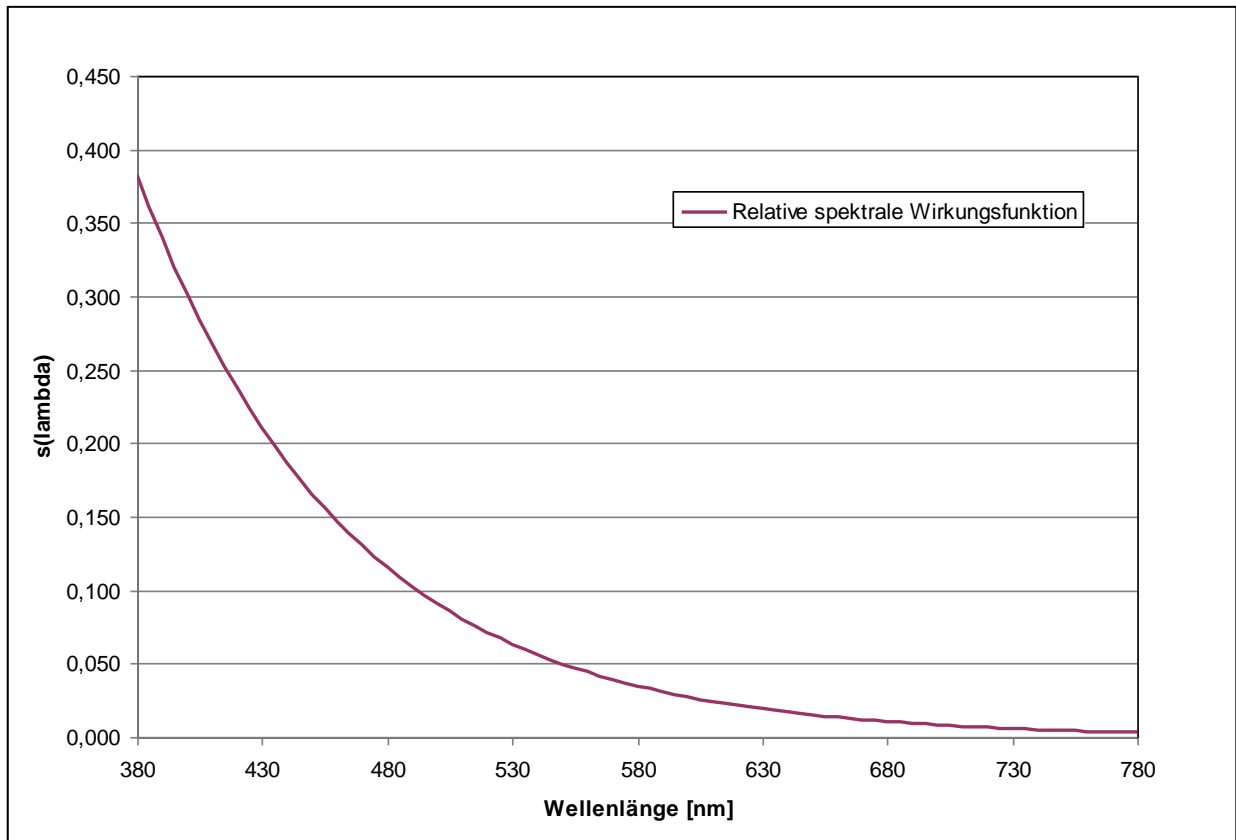


Abb. 1 Relative spektrale Wirkungsfunktion für ein $b = 0,012$ nach Krochmann

Anhang A - Liste sortiert nach relativem Lichtschädigungspotential (RLSP)

Lfd-Nr.	Hersteller	Fabrikat	CCT [K]	Ra	Rf	Rg	RLSP	Bauart	Leuchtmittel	RF-Bericht
150	Hadler	Luxsystem T5 LED G5 927	2646	93	90	98	0,72	T5 Leuchtmittel	LED	072_2018
7	Schott	Schott SpectraNova 3000K mit LWL	2981	86			0,72	Lichtprojektor	HalMetDa	134_2010
30	Kania	Kania Nau H4 100% (http://www.kania.de/)	2572	94			0,72	Vitrinenbaustrahler	LED	19_2011
104	Zumtobel	Zumtobel ARC3 2700K	2686	93			0,72	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015
119	Lichtgestalten	Lichtgestalten Testmuster 1	2938	82			0,72	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	53_2017
3	Schott	Schott SpectraLED 3000K mit LWL	3198	92			0,73	Lichtprojektor	LED	134_2010
39	Cree (Lampe)	Cree 7D2 100%	2761	91			0,74	Strahler Modul	LED	47_2011
41	Schott	Schott Spectra True	2893	94			0,74	Modular Lichtsystem	LED	47_2011
102	Philips	Philips LEDspot MR16 LV Dimmable	2700	86			0,74	Strahler GU5.3	LED	78_2014
123	pur-LED	warmweiß Comfort (ww Comfort) VAT-70255	2681	83			0,75	LED Streifen	LED	55_2017
124	pur-LED	warmweiß (ww) VAT-7235	2967	97			0,75	LED Streifen	LED	55_2017
110	Philips	Philips LEDspot PAR 20 430 lm 25D	2968	83			0,76	Strahler E27	LED	75_2015
112	Philips	Philips MASTER LEDspot AR111	2879	92			0,76	Strahler Modul	LED	32_2016
1	Schott	Schott SpectraLED 3000K 100% ohne LWL	3079	88	86	98	0,77	Lichtprojektor	LED	134_2010
28	Kania	Kania Nau G0 100% (http://www.kania.de/)	3025	92	91	98	0,77	Vitrinenbaustrahler	LED	19_2011
37	GE	GE Tetra AL10 LED 78868	2835	97			0,77	Modular Lichtsystem	LED	36_2011
151	Hadler	Luxsystem T5 LED G5 930	2950	93	90	98	0,78	T5 Leuchtmittel	LED	072_2019
105	Zumtobel	Zumtobel ARC3 3000K	2947	92			0,78	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015
82	Schott	Schott SpectraLED 3000K 100% ohne LWL (nach 21 Montaten)	3380	82			0,78	Lichtprojektor	LED	45_2013
19	Zumtobel	ZumtobelLED Modell 607 10643 Typ S11585, 2600K 100%	2644	32			0,79	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
36	XAL	XAL Nano 2 100%	2889	91			0,79	Modular Lichtsystem (Vitrinentube)	LED	19_2011
100	Philips	Philips LEDspot PAR 38	2785	84			0,79	Strahler E27	LED	77_2014
34	Roblon	Roblon Pyxis 100%	3147	91			0,80	Vitrinenbaustrahler	LED	19_2011
155	STRATAS	XIC Xicato Artist Modul 3000°K	2901	97	95	103	0,81	Strahler Modul	LED	105_2018
157	ORLUNA	LO-MRF	3048	98	92	99	0,81	Einbaustrahler	LED	110_2018
8	Schott	Schott SpectraNova 3000K ohne LWL	3191	86			0,81	Lichtprojektor	HalMetDa	134_2010
109	Philips	Philips LEDspot PAR 20 420 lm 40D	3060	84			0,81	Strahler E27	LED	75_2015

Anhang A - Liste sortiert nach relativem Lichtschädigungspotential (RLSP)

Lfd-Nr.	Hersteller	Fabrikat	CCT [K]	Ra	Rf	Rg	RLSP	Bauart	Leuchtmittel	RF-Bericht
116	Roblon	Ara4 3000K black	3089	93			0,81	Stromschienen-Strahler (Vitrine)	LED	52_2017
122	LED Konzept	LED Leiste Art. Nr. 11230	2950	93			0,81	LED Streifen	LED	55_2017
11	iGuzzini	iGuzzini 6348 25W 100%	2670	100			0,82	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	142_2010
84	Roblon	Roblon Ara 4 3000 Black	3062	98			0,82	Strahler Modul	LED	62_2013
108	Toshiba	Toshiba PAR20 (LDRC0927ME7EUD)	3100	84			0,82	Strahler E27	LED	45_2015
113	corporate friend	C1-ST5 2.0	3104	98			0,82	Stromschienen-Strahler (Vitrine)	LED	56_2016
117	Roblon	Ara5 3000K black	3089	92			0,82	Stromschienen-Strahler (Vitrine)	LED	52_2017
125	Lichtgestalten	Lichtgestalten Testmuster 2	3144	92			0,82	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	78_2017
156	ORLUNA	OR-MRT	3093	98	92	99	0,83	Einbaustrahler	LED	110_2018
133	iGuzzini	PIXEL MP 13 - Scheda 3876	3114	98			0,83	Strahler Modul	LED	117_2017
98	ERCO	ERCO Parscan WW 3000 K mit Linse	2942	89			0,83	Stromschienen-Strahler	LED	70_2014
128	iGuzzini	PIXEL MP14 - Scheda 3869	3179	98			0,84	Strahler Modul	LED	117_2017
130	iGuzzini	PIXEL MP15 - Scheda 3871	3182	98			0,84	Strahler Modul	LED	117_2017
14	iGuzzini	iGuzzini 6348 35W 100%	2795	100			0,84	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	142_2010
26	Selux	Selux CITYLIGHTS 70 LED	3100	99	95	101	0,84	Stromschienen-Strahler	LED	72_2010
32	Mike Stoane Lighting	Mike Stoane Lighting Surf-X 100%	3061	98			0,84	Aufbaustrahler	LED	19_2011
142	corporate friend	light bar R1-240 3000 K	2955	97	95	104	0,84	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	052_2018
129	iGuzzini	PIXEL MP15 - Scheda 3870	3199	98			0,84	Strahler Modul	LED	117_2017
134	iGuzzini	PIXEL MP 15 - Scheda 3877	3185	98			0,85	Strahler Modul	LED	117_2017
135	iGuzzini	PIXEL MP14 - Scheda 3878	3173	98			0,85	Strahler Modul	LED	117_2017
20	Zumtobel	ZumtobelLED Modell 607 10643 Typ S11585, 2900K 100%	2929	33			0,85	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
27	Zumtobel	Zumtobel Supersystem	3073	90	88	97	0,85	Einbaustrahler	LED	15_2011
38	GE	GE Tetra AL10 LED 78875	3096	97			0,85	Modular Lichtsystem	LED	36_2011
114	corporate friend	C1-mini-LC	3122	98			0,85	Stromschienen-Strahler (Vitrine)	LED	56_2016
120	modarLIGHT	mini GRAZE HO 1 ft 3500K MMG-INT-H-35H-1-310	3333	96			0,85	Modular Lichtsystem	LED	54_2017

Anhang A - Liste sortiert nach relativem Lichtschädigungspotential (RLSP)

Lfd-Nr.	Hersteller	Fabrikat	CCT [K]	Ra	Rf	Rg	RLSP	Bauart	Leuchtmittel	RF-Bericht
127	iGuzzini	REFLEX N005 - Scheda 3868	3167	98			0,86	Strahler Modul	LED	117_2017
83	Schott	Schott SpectraLED 4400K 100% ohne LWL (nach 21 Monaten)	3870	93			0,86	Lichtprojektor	LED	45_2013
118	Roblon	Roblon FL 1000 B-2 CRI 90+ 100%	3099	93			0,86	Lichtprojektor	LED	52_2017
126	Seeger	LED Tube 8 (11950-38-30-03-20-M CRI>97-Poti)	3098	97			0,87	Stromschienen-Strahler	LED	90_2017
132	iGuzzini	PIXEL MN79 - Scheda 3873	3286	98			0,87	Strahler Modul	LED	117_2017
143	mawa	se-11 „seventies“ 70's 3.2.270	3220	98	95	103	0,87	Stromschienen-Strahler	LED	054_2018
131	iGuzzini	PIXEL MN79 - Scheda 3872	3286	98			0,87	Strahler Modul	LED	117_2017
147	mawa	se-11 „seventies“ 70's 3.2.310	3271	98	95	103	0,88	Stromschienen-Strahler	LED	054_2018
145	mawa	se-11 „seventies“ 70's 3.2.290	3291	98	95	102	0,89	Stromschienen-Strahler	LED	054_2018
146	mawa	se-11 „seventies“ 70's 3.2.300	3302	98	95	103	0,89	Stromschienen-Strahler	LED	054_2018
85	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 3000K	3146	95			0,89	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
144	mawa	se-11 „seventies“ 70's 3.2.280	3299	98	95	103	0,90	Stromschienen-Strahler	LED	054_2018
115	Zumtobel	ARC2 XP 23W LED930 DIM 3CU SP-S AZM	3144	97			0,90	Stromschienen-Strahler	LED	31_2017
148	mawa	se-11 „seventies“ 70's 3.2.320	3305	98	95	103	0,90	Stromschienen-Strahler	LED	054_2018
15	LBM (http://www.lbm-licht.de)	LBM LP 096 100% mit LWL	3096	98			0,92	Lichtprojektor	HAL 12V	142_2010
21	Zumtobel	ZumtobelLED Modell 607 10643 Typ S11585, 3200K 100%	3293	35			0,92	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
101	Zenaro	Zenaro LED PAR38	3103	85			0,92	Strahler E27	LED	77_2014
72	Hofmeister	Hofmeister gino 28W 3000K 100% o.Scheibe	2909	88			0,94	Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
103	Zumtobel	Zumtobel ARC2	3043	94			0,94	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015
71	Hofmeister	Hofmeister gino 28W 3000K 100% m.Scheibe	2908	88			0,95	Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
75	Roblon	Roblon FL1000 B-2 100%	2846	82			0,95	Lichtprojektor	LED	13_2012
99	ERCO	ERCO Parscan NW 4000 K mit Linse	3795	82			0,95	Stromschienen-Strahler	LED	70_2014
152	Hadler	Luxsystem T5 LED G5 940	3854	96	91	100	0,96	T5 Leuchtmittel	LED	072_2020
6	Schott	Schott SpectraLED 4400K mit LWL	3958	92			0,96	Lichtprojektor	LED	134_2010
16	LBM (http://www.lbm-licht.de)	LBM LP 096 100% ohne LWL	2964	99			0,96	Lichtprojektor	HAL 12V	142_2010
42	ERCO	ERCO Logotec Fluter, LED 14W 100%	2898	92			0,96	Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
111	Osram	LED SubstiTUBE Advanced ST8A-EM 27 W/840 1500 mm EM	3957	85			0,97	Röhre T8	LED	31_2016
149	Zumtobel	TECTON C LED940	3994	96	90	99	0,97	Modular Lichtsystem	LED	071_2018
106	Zumtobel	Zumtobel ARC3 4000K	3970	88			0,98	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015

Anhang A - Liste sortiert nach relativem Lichtschädigungspotential (RLSP)

Lfd-Nr.	Hersteller	Fabrikat	CCT [K]	Ra	Rf	Rg	RLSP	Bauart	Leuchtmittel	RF-Bericht
140	mawa	GGB 630 DALI	3981	97	95	101	0,98	Modular Lichtsystem (Vouten)	LED	023_2018
139	ESTOL	LED Contour Prüfmuster Voutenbeleuchtung (superwide)	3927	93	89	98	0,99	Modular Lichtsystem (Vouten)	LED	023_2018
93	Fabas Luce	Fabas Luce Ada (Modul 6490-50-076) Mittelwert	4100	87			0,99	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	27_2014
141	ERCO	DALI Engineering Sample /Leuchte 2	4100	97	92	99	0,99	Modular Lichtsystem (Vouten)	LED	032_2018
77	Roblon	Roblon LED (framing spot) Konturenstrahler 100%	2849	92			1,01	Konturenstrahler	LED	13_2012
86	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 3500K	3765	97			1,01	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
138	ESTOL	LED Contour Prüfmuster Voutenbeleuchtung (wide)	4142	93	89	98	1,02	Modular Lichtsystem (Vouten)	LED	023_2018
9	Schott	SpectraNova 4000 mit LWL	4026	93			1,02	Lichtprojektor	HalMetDa	134_2010
70	Hofmeister	Hofmeister gin.o 3 LED 100%	2976	87			1,02	Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
136	TRILUX	7650M-B19 LED5000-940 ET (IP20)	4099	93			1,02	Modular Lichtsystem	LED	118_2017
22	Zumtobel	ZumtobelLED Modell 607 10643 Typ S11585, 3800K 100%	3848	37			1,03	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
92	Fabas Luce	Fabas Luce Ada (Modul 6490-50-068) Mittelwert	4200	89			1,03	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	27_2014
137	ERCO	DALI Engineering Sample /Leuchte 2	4122	94	91	100	1,03	Modular Lichtsystem (Vouten)	LED	023_2018
96	REGENT	REGENT Lighting ICE Basis LED	4131	87			1,04	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	54_2014
97	REGENT	REGENT Lighting Slash 2 LED	4070	87			1,04	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	54_2014
121	modarLIGHT	mini GRAZE HO 1 ft 4000K MMG-INT-H-S1-S-4H-1	4364	87			1,04	Modular Lichtsystem	LED	54_2017
79	Seoul Semiconductor	Z-Power LED II Warm White (S42182) 100%	4407	93			1,07	Strahler Modul	LED	39_2013
153	Hadler	Luxsystem T5 LED G5 950	4785	94	88	98	1,08	T5 Leuchtmittel	LED	072_2021
73	Osram	Osram FH 14-830 100%	2860	84			1,09	Leuchtstoffröhre	Leuchtstoff	13_2012
4	Schott	Schott SpectraLED 4400K 100% ohne LWL	4402	94	88	103	1,10	Lichtprojektor	LED	134_2010
87	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 4000K	4337	96			1,12	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
10	Schott	SpectraNova 4000K ohne LWL	4529	94			1,13	Lichtprojektor	HalMetDa	134_2010

Anhang A - Liste sortiert nach relativem Lichtschädigungspotential (RLSP)

Lfd-Nr.	Hersteller	Fabrikat	CCT [K]	Ra	Rf	Rg	RLSP	Bauart	Leuchtmittel	RF-Bericht
51	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 38grad 100%	2973	97			1,15	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
55	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W 100% Skulpturenscheibe+ Filter UV+IR	2854	99			1,15	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
78	Seoul Semiconductor	Z-Power LED I Pure White (W42182) 100%	5165	71			1,15	Strahler Modul	LED	39_2013
80	Seoul Semiconductor	Z-Power LED III Natural White (N42182) 100%	4178	94			1,17	Strahler Modul	LED	39_2013
23	Zumtobel	ZumtobelLED Modell 607 10643 Typ S11585, 4600K 100%	4660	40			1,17	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
47	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 24grad 100%	2926	99			1,17	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
88	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 4500K	4869	94			1,18	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
95	Fabas Luce	Fabas Luce S.p.a. „PLAY“ 6728-04-013	4517	87			1,18	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	46_2014
49	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 36grad 100%	2892	100			1,19	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
45	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 10grad 100%	3051	98			1,20	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
54	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W 100% Skulpturenscheibe	2854	99			1,23	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
154	Hadler	Luxsystem T5 LED G5 965	6033	91	87	98	1,24	T5 Leuchtmittel	LED	072_2022
44	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W ungefiltert 100%	2889	100			1,25	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
89	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 5000K	5612	95			1,27	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
90	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 5500K	5910	93			1,29	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
107	Zumtobel	Zumtobel ARC3 6500K	6517	84			1,34	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015
25	Zumtobel	Zumtobel LED Modell 607 10643 Typ S11585, 6000K 100%	6039	44			1,37	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
94	Barthelme	Barthelme LEDlight flex High CRI	6425	94			1,37	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	46_2014
64	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 35W 100%	3573	98			1,38	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
91	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 6000K	6862	93			1,41	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014

Anhang A - Liste sortiert nach relativem Lichtschädigungspotential (RLSP)

Lfd-Nr.	Hersteller	Fabrikat	CCT [K]	Ra	Rf	Rg	RLSP	Bauart	Leuchtmittel	RF-Bericht
66	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 35W BB 100%	3398	99			1,42	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
58	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 10grad 100%	3414	98			1,44	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
62	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 24grad 100%	3264	98			1,46	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
68	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 50W BB 100%	3490	98			1,46	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
60	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 17grad 100%	3660	98			1,48	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
81	Seoul Semiconductor	Z-Power LED IV (unbekannt) 100%	24148	85			2,02	Strahler Modul	LED	39_2013

Erläuterungen

RLSP:

Berechnung des RLSP mit $b = 0,012$ für Aquarell auf Papier, Textilien, Ölfarben auf Leinwand, Hadernpapiere

Lampenart:

HAL 12V - niedervolt Halogen

HalMetDa - HalogenMetaldampf

LED - lichtemittierende Diode

Anhang B - Liste sortiert nach Farbwiedergabe (Ra)

Lfd-Nr.	Hersteller	Fabrikat	CCT [K]	R _a	R _f	R _g	RLSP	Bauart	Leuchtmittel	RF-Bericht
14	iGuzzini	iGuzzini 6348 35W 100%	2795	100			0,84	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	142_2010
49	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 36grad 100%	2892	100			1,19	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
11	iGuzzini	iGuzzini 6348 25W 100%	2670	100			0,82	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	142_2010
44	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W ungefiltert 100%	2889	99			1,25	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
55	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W 100% Skulpturenscheibe+ Filter UV+IR	2854	99			1,15	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
54	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W 100% Skulpturenscheibe	2854	99			1,23	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
47	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 24grad 100%	2926	99			1,17	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
66	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 35W BB 100%	3398	99			1,42	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
16	LBM (http://www.lbm-licht.de)	LBM LP 096 100% ohne LWL	2964	99			0,96	Lichtprojektor	HAL 12V	142_2010
26	Selux	Selux CITYLIGHTS 70 LED	3100	99	95	101	0,84	Stromschienen-Strahler	LED	72_2010
68	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 50W BB 100%	3490	98			1,46	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
32	Mike Stoane Lighting	Mike Stoane Lighting Surf-X 100%	3061	98			0,84	Aufbaustrahler	LED	19_2011
62	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 24grad 100%	3264	98			1,46	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
135	iGuzzini	PIXEL MP14 - Scheda 3878	3173	98			0,85	Strahler Modul	LED	117_2017
134	iGuzzini	PIXEL MP 15 - Scheda 3877	3185	98			0,85	Strahler Modul	LED	117_2017
133	iGuzzini	PIXEL MP 13 - Scheda 3876	3114	98			0,83	Strahler Modul	LED	117_2017
145	mawa	se-11 „seventies“ 70's 3.2.290	3291	98	95	102	0,89	Stromschienen-Strahler	LED	054_2018
132	iGuzzini	PIXEL MN79 - Scheda 3873	3286	98			0,87	Strahler Modul	LED	117_2017
131	iGuzzini	PIXEL MN79 - Scheda 3872	3286	98			0,87	Strahler Modul	LED	117_2017
114	corporate friend	C1-mini-LC	3122	98			0,85	Stromschienen-Strahler (Vitrine)	LED	56_2016
60	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 17grad 100%	3660	98			1,48	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
64	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 35W 100%	3573	98			1,38	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
130	iGuzzini	PIXEL MP15 - Scheda 3871	3182	98			0,84	Strahler Modul	LED	117_2017
58	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 10grad 100%	3414	98			1,44	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012

Anhang B - Liste sortiert nach Farbwiedergabe (Ra)

Lfd-Nr.	Hersteller	Fabrikat	CCT [K]	R _a	R _r	R _g	RLSP	Bauart	Leuchtmittel	RF-Bericht
15	LBM (http://www.lbm-licht.de)	LBM LP 096 100% mit LWL	3096	98			0,92	Lichtprojektor	HAL 12V	142_2010
45	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 10grad 100%	3051	98			1,20	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
156	ORLUNA	OR-MRT	3093	98	92	99	0,83	Einbaustrahler	LED	110_2018
129	iGuzzini	PIXEL MP15 - Scheda 3870	3199	98			0,84	Strahler Modul	LED	117_2017
113	corporate friend	C1-STS 2.0	3104	98			0,82	Stromschienen-Strahler (Vitrine)	LED	56_2016
157	ORLUNA	LO-MRF	3048	98	92	99	0,81	Einbaustrahler	LED	110_2018
148	mawa	se-11 „seventies“ 70's 3.2.320	3305	98	95	103	0,90	Stromschienen-Strahler	LED	054_2018
128	iGuzzini	PIXEL MP14 - Scheda 3869	3179	98			0,84	Strahler Modul	LED	117_2017
127	iGuzzini	REFLEX N005 - Scheda 3868	3167	98			0,86	Strahler Modul	LED	117_2017
147	mawa	se-11 „seventies“ 70's 3.2.310	3271	98	95	103	0,88	Stromschienen-Strahler	LED	054_2018
143	mawa	se-11 „seventies“ 70's 3.2.270	3220	98	95	103	0,87	Stromschienen-Strahler	LED	054_2018
84	Roblon	Roblon Ara 4 3000 Black	3062	98			0,82	Strahler Modul	LED	62_2013
146	mawa	se-11 „seventies“ 70's 3.2.300	3302	98	95	103	0,89	Stromschienen-Strahler	LED	054_2018
144	mawa	se-11 „seventies“ 70's 3.2.280	3299	98	95	103	0,90	Stromschienen-Strahler	LED	054_2018
86	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 3500K	3765	97			1,01	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
155	STRATAS	XIC Xicato Artist Modul 3000°K	2901	97	95	103	0,81	Strahler Modul	LED	105_2018
141	ERCO	DALI Engineering Sample /Leuchte 2	4100	97	92	99	0,99	Modular Lichtsystem (Vouten)	LED	032_2018
115	Zumtobel	ARC2 XP 23W LED930 DIM 3CU SP-S AZM	3144	97			0,90	Stromschienen-Strahler	LED	31_2017
38	GE	GE Tetra AL10 LED 78875	3096	97			0,85	Modular Lichtsystem	LED	36_2011
142	corporate friend	light bar R1-240 3000 K	2955	97	95	104	0,84	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	052_2018
126	Seeger	LED Tube 8 (11950-38-30-03-20-M CRI>97-Poti)	3098	97			0,87	Stromschienen-Strahler	LED	90_2017
124	pur-LED	warmweiß (ww) VAT-7235	2967	97			0,75	LED Streifen	LED	55_2017
140	mawa	GGB 630 DALI	3981	97	95	101	0,98	Modular Lichtsystem (Vouten)	LED	023_2018
51	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 38grad 100%	2973	97			1,15	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
37	GE	GE Tetra AL10 LED 78868	2835	97			0,77	Modular Lichtsystem	LED	36_2011

Anhang B - Liste sortiert nach Farbwiedergabe (Ra)

Lfd-Nr.	Hersteller	Fabrikat	CCT [K]	R _a	R _r	R _g	RLSP	Bauart	Leuchtmittel	RF-Bericht
152	Hadler	Luxsystem T5 LED G5 940	3854	96	91	100	0,96	T5 Leuchtmittel	LED	072_2020
149	Zumtobel	TECTON C LED940	3994	96	90	99	0,97	Modular Lichtsystem	LED	071_2018
120	modarLIGHT	mini GRAZE HO 1 ft 3500K MMG-INT-H-35H-1-310	3333	96			0,85	Modular Lichtsystem	LED	54_2017
87	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 4000K	4337	96			1,12	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
89	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 5000K	5612	95			1,27	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
85	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 3000K	3146	95			0,89	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
137	ERCO	DALI Engineering Sample /Leuchte 2	4122	94	91	100	1,03	Modular Lichtsystem (Vouten)	LED	023_2018
94	Barthelme	Barthelme LEDlight flex High CRI	6425	94			1,37	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	46_2014
88	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 4500K	4869	94			1,18	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
80	Seoul Semiconductor	Z-Power LED III Natural White (N42182) 100%	4178	94			1,17	Strahler Modul	LED	39_2013
30	Kania (http://www.kania.de/)	Kania Nau H4 100%	2572	94			0,72	Vitrinenbaustrahler	LED	19_2011
41	Schott	Schott Spectra True	2893	94			0,74	Modular Lichtsystem	LED	47_2011
10	Schott	SpectraNova 4000K ohne LWL	4529	94			1,13	Lichtprojektor	HalMetDa	134_2010
4	Schott	Schott SpectraLED 4400K 100% ohne LWL	4402	94	88	103	1,10	Lichtprojektor	LED	134_2010
103	Zumtobel	Zumtobel ARC2	3043	94			0,94	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015
153	Hadler	Luxsystem T5 LED G5 950	4785	94	88	98	1,08	T5 Leuchtmittel	LED	072_2021
151	Hadler	Luxsystem T5 LED G5 930	2950	93	90	98	0,78	T5 Leuchtmittel	LED	072_2019
79	Seoul Semiconductor	Z-Power LED II Warm White (S42182) 100%	4407	93			1,07	Strahler Modul	LED	39_2013
116	Roblon	Ara4 3000K black	3089	93			0,81	Stromschienen-Strahler (Vitrine)	LED	52_2017
104	Zumtobel	Zumtobel ARC3 2700K	2686	93			0,72	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015
136	TRILUX	7650M-B19 LED5000-940 ET (IP20)	4099	93			1,02	Modular Lichtsystem	LED	118_2017
90	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 5500K	5910	93			1,29	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
139	ESTOL	LED Contour Prüfmuster Voutenbeleuchtung (superwide)	3927	93	89	98	0,99	Modular Lichtsystem (Vouten)	LED	023_2018
91	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 6000K	6862	93			1,41	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
138	ESTOL	LED Contour Prüfmuster Voutenbeleuchtung (wide)	4142	93	89	98	1,02	Modular Lichtsystem	LED	023_2018

Anhang B - Liste sortiert nach Farbwiedergabe (Ra)

Lfd-Nr.	Hersteller	Fabrikat	CCT [K]	R _a	R _r	R _g	RLSP	Bauart	Leuchtmittel	RF-Bericht
(Vouten)										
9	Schott	SpectraNova 4000 mit LWL	4026	93			1,02	Lichtprojektor	HalMetDa	134_2010
118	Roblon	Roblon FL 1000 B-2 CRI 90+ 100%	3099	93			0,86	Lichtprojektor	LED	52_2017
83	Schott	Schott SpectraLED 4400K 100% ohne LWL (nach 21 Monaten)	3870	93			0,86	Lichtprojektor	LED	45_2013
150	Hadler	Luxsystem T5 LED G5 927	2646	93	90	98	0,72	T5 Leuchtmittel	LED	072_2018
122	LED Konzept	LED Leiste Art. Nr. 11230	2950	93			0,81	LED Streifen	LED	55_2017
42	ERCO	ERCO Logotec Fluter, LED 14W 100%	2898	92			0,96	Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
117	Roblon	Ara5 3000K black	3089	92			0,82	Stromschienen-Strahler	LED	52_2017
(Vitrine)										
6	Schott	Schott SpectraLED 4400K mit LWL	3958	92			0,96	Lichtprojektor	LED	134_2010
3	Schott	Schott SpectraLED 3000K mit LWL	3198	92			0,73	Lichtprojektor	LED	134_2010
77	Roblon	Roblon LED (framing spot) Konturenstrahler 100%	2849	92			1,01	Konturenstrahler	LED	13_2012
112	Philips	Philips MASTER LEDspot AR111	2879	92			0,76	Strahler Modul	LED	32_2016
105	Zumtobel	Zumtobel ARC3 3000K	2947	92			0,78	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015
28	Kania (http://www.kania.de/)	Kania Nau G0 100%	3025	92	91	98	0,77	Vitrinenbaustrahler	LED	19_2011
125	Lichtgestalten	Lichtgestalten Testmuster 2	3144	92			0,82	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	78_2017
36	XAL	XAL Nano 2 100%	2889	91			0,79	Modular Lichtsystem (Vitrinentube)	LED	19_2011
39	Cree (Lampe)	Cree 7D2 100%	2761	91			0,74	Strahler Modul	LED	47_2011
154	Hadler	Luxsystem T5 LED G5 965	6033	91	87	98	1,24	T5 Leuchtmittel	LED	072_2022
34	Roblon	Roblon Pyxis 100%	3147	91			0,80	Vitrinenbaustrahler	LED	19_2011
27	Zumtobel	Zumtobel Supersystem	3073	90	88	97	0,85	Einbaustrahler	LED	15_2011
92	Fabas Luce	Fabas Luce Ada (Modul 6490-50-068) Mittelwert	4200	89			1,03	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	27_2014
98	ERCO	ERCO Parscan WW 3000 K mit Linse	2942	89			0,83	Stromschienen-Strahler	LED	70_2014
71	Hofmeister	Hofmeister gino 28W 3000K 100% m.Scheibe	2908	88			0,95	Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
72	Hofmeister	Hofmeister gino 28W 3000K 100% o.Scheibe	2909	88			0,94	Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
1	Schott	Schott SpectraLED 3000K 100% ohne LWL	3079	88	86	98	0,77	Lichtprojektor	LED	134_2010

Anhang B - Liste sortiert nach Farbwiedergabe (Ra)

Lfd-Nr.	Hersteller	Fabrikat	CCT [K]	R _a	R _r	R _g	RLSP	Bauart	Leuchtmittel	RF-Bericht
106	Zumtobel	Zumtobel ARC3 4000K	3970	88			0,98	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015
96	REGENT	REGENT Lighting ICE Basis LED	4131	87			1,04	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	54_2014
97	REGENT	REGENT Lighting Slash 2 LED	4070	87			1,04	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	54_2014
95	Fabas Luce	Fabas Luce S.p.a. „PLAY“ 6728-04-013	4517	87			1,18	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	46_2014
70	Hofmeister	Hofmeister gin.o 3 LED 100%	2976	87			1,02	Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
121	modarLIGHT	mini GRAZE HO 1 ft 4000K MMG-INT-H-S1-S-4H-1	4364	87			1,04	Modular Lichtsystem	LED	54_2017
93	Fabas Luce	Fabas Luce Ada (Modul 6490-50-076) Mittelwert	4100	87			0,99	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	27_2014
8	Schott	Schott SpectraNova 3000K ohne LWL	3191	86			0,81	Lichtprojektor	HalMetDa	134_2010
102	Philips	Philips LEDspot MR16 LV Dimmable	2700	86			0,74	Strahler GU5.3	LED	78_2014
7	Schott	Schott SpectraNova 3000K mit LWL	2981	86			0,72	Lichtprojektor	HalMetDa	134_2010
81	Seoul Semiconductor	Z-Power LED IV (unbekannt) 100%	24148	85			2,02	Strahler Modul	LED	39_2013
111	Osram	LED SubstiTUBE Advanced ST8A-EM 27 W/840 1500 mm EM	3957	85			0,97	Röhre T8	LED	31_2016
101	Zenaro	Zenaro LED PAR38	3103	85			0,92	Strahler E27	LED	77_2014
108	Toshiba	Toshiba PAR20 (LDRC0927ME7EUD)	3100	84			0,82	Strahler E27	LED	45_2015
100	Philips	Philips LEDspot PAR 38	2785	84			0,79	Strahler E27	LED	77_2014
107	Zumtobel	Zumtobel ARC3 6500K	6517	84			1,34	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015
109	Philips	Philips LEDspot PAR 20 420 lm 40D	3060	84			0,81	Strahler E27	LED	75_2015
73	Osram	Osram FH 14-830 100%	2860	84			1,09	Leuchtstoffröhre	Leuchtstoff	13_2012
110	Philips	Philips LEDspot PAR 20 430 lm 25D	2968	83			0,76	Strahler E27	LED	75_2015
123	pur-LED	warmweiß Comfort (ww Comfort) VAT-70255	2681	83			0,75	LED Streifen	LED	55_2017
75	Roblon	Roblon FL1000 B-2 100%	2846	82			0,95	Lichtprojektor	LED	13_2012
82	Schott	Schott SpectraLED 3000K 100% ohne LWL (nach 21 Montaten)	3380	82			0,78	Lichtprojektor	LED	45_2013
99	ERCO	ERCO Parscan NW 4000 K mit Linse	3795	82			0,95	Stromschienen-Strahler	LED	70_2014
119	Lichtgestalten	Lichtgestalten Testmuster 1	2938	82			0,72	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	53_2017

Anhang B - Liste sortiert nach Farbwiedergabe (R_a)

Lfd-Nr.	Hersteller	Fabrikat	CCT [K]	R _a	R _f	R _g	RLSP	Bauart	Leuchtmittel	RF-Bericht
78	Seoul Semiconductor	Z-Power LED I Pure White (W42182) 100%	5165	71			1,15	Strahler Modul	LED	39_2013
25	Zumtobel	Zumtobel LED Modell 607 10643 Typ S11585, 6000K 100%	6039	44			1,37	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
23	Zumtobel	Zumtobel LED Modell 607 10643 Typ S11585, 4600K 100%	4660	40			1,17	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
22	Zumtobel	Zumtobel LED Modell 607 10643 Typ S11585, 3800K 100%	3848	37			1,03	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
21	Zumtobel	Zumtobel LED Modell 607 10643 Typ S11585, 3200K 100%	3293	35			0,92	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
20	Zumtobel	Zumtobel LED Modell 607 10643 Typ S11585, 2900K 100%	2929	33			0,85	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
19	Zumtobel	Zumtobel LED Modell 607 10643 Typ S11585, 2600K 100%	2644	32			0,79	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010

Erläuterungen

RLSP:

Berechnung des RLSP mit $b = 0,012$ für Aquarell auf Papier, Textilien, Ölfarben auf Leinwand, Hadernpapiere

Lampenart:

HAL 12V - niedervolt Halogen

HalMetDa - HalogenMetaldampf

LED - lichtemittierende Diode