



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.

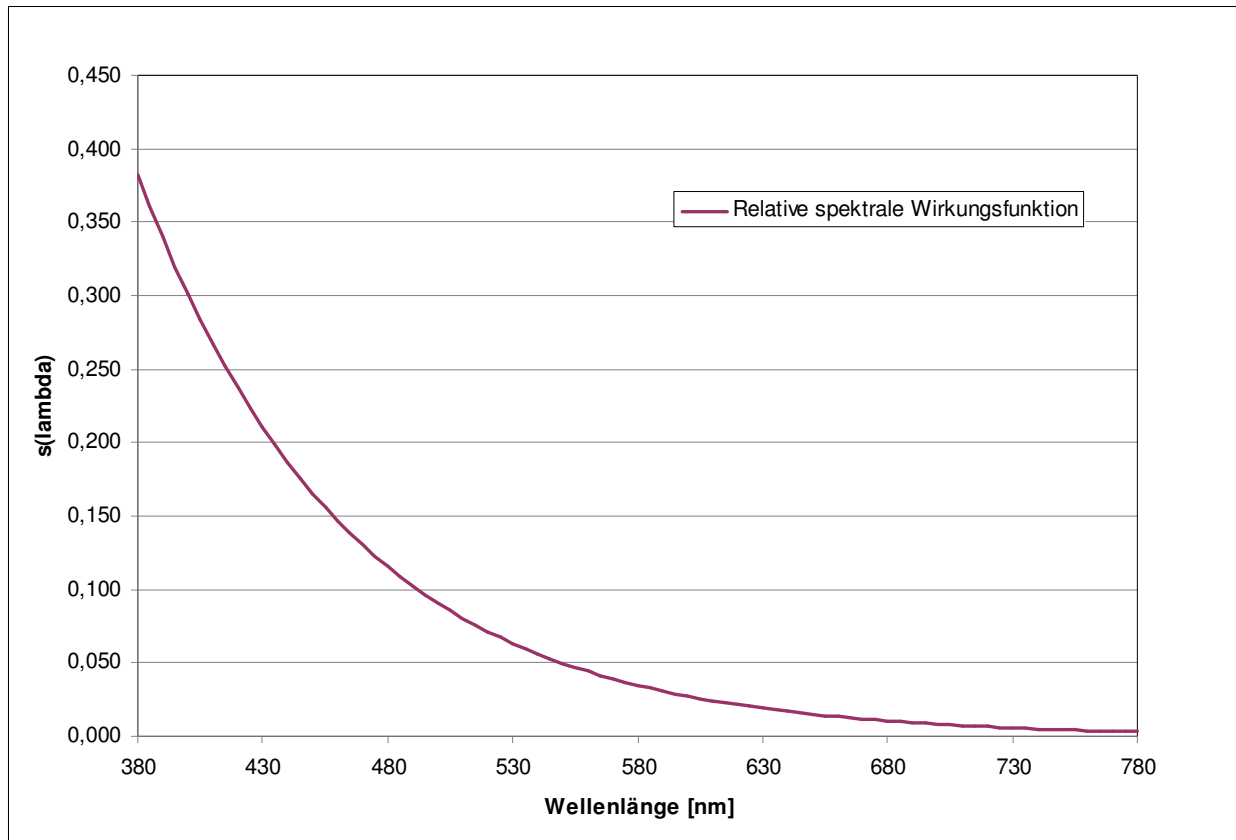


Abb. 1 Relative spektrale Wirkungsfunktion für ein $b = 0,012$ nach Krochmann

Anhang A - Liste sortiert nach relativem Lichtschädigungspotential (RLSP)

Lfd-Nr.	Hersteller (Leuchte oder Lampe bzw Leuchtmittel)	Fabrikat bei prozentualer Beleuchtungsstärke (falls dimmbar)	CCT [K]	Ra	RLSP	Lampenart'	Leucht-mittel	Bericht
43	Schott Kania (http://www.kania.de)	Schott SpectraNova 3000K mit LWL	2981	85,6	0,72	Lichtprojektor	HalMetDa	134_2010
65	/) Kania (http://www.kania.de)	Kania Nau H4 100%	2572	93,9	0,72	Vitrinenbaustrahler	LED	19_2011
66	/)	Kania Nau H4 60%	2563	94,5	0,72	Vitrinenbaustrahler	LED	19_2011
101	Zumtobel	Zumtobel ARC3 2700K	2686	93,3	0,72	Stromschienen-Strahler Modular Lichtsystem	LED	43_2015
124	Lichtgestalten	Lichtgestalten Testmuster	2938	81,8	0,72	(Vitrine)	LED	53_2017
38	Schott	Schott SpectraLED 3000K 60% ohne LWL	3085	85,6	0,73	Lichtprojektor	LED	134_2010
39	Schott	Schott SpectraLED 3000K mit LWL	3198	92,3	0,73	Lichtprojektor	LED	134_2010
92	Cree (Lampe)	Cree 7D2 60%	2759	91,3	0,73	Strahler Modul	LED	47_2011
91	Cree (Lampe)	Cree 7D2 100%	2761	91,0	0,74	Strahler Modul	LED	47_2011
93	Schott	Schott Spectra True	2893	93,9	0,74	Modular Lichtsystem	LED	47_2011
106	Philips	Philips LEDspot MR16 LV Dimmable	2700	85,8	0,74	Strahler GU5.3	LED	78_2014
122	pur-LED	warmweiß Comfort (ww Comfort) VAT-70255	2681	82,6	0,75	LED Streifen	LED	55_2017
123	pur-LED	warmweiß (ww) VAT-7235	2967	96,8	0,75	LED Streifen	LED	55_2017
109	Philips	Philips LEDspot PAR 20 430 lm 25D	2968	82,9	0,76	Strahler E27	LED	75_2015
112	Philips	Philips MASTER LEDspot AR111	2879	92,0	0,76	Strahler Modul	LED	32_2016
37	Schott	Schott SpectraLED 3000K 100% ohne LWL	3079	87,8	0,77	Lichtprojektor	LED	134_2010
48	iGuzzini Kania (http://www.kania.de)	iGuzzini 6348 25W 60%	2518	99,4	0,77	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	142_2010
63	/) Kania (http://www.kania.de)	Kania Nau G0 100%	3025	91,9	0,77	Vitrinenbaustrahler	LED	19_2011
64	/)	Kania Nau G0 60%	3027	92,4	0,77	Vitrinenbaustrahler	LED	19_2011
81	GE	GE Tetra AL10 LED 78868	2835	96,6	0,77	Modular Lichtsystem	LED	36_2011
102	Zumtobel	Zumtobel ARC3 3000K	2947	92,0	0,78	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015
87	Schott	Schott SpectraLED 3000K 100% ohne LWL (nach 21 Montaten)	3380	82,0	0,78	Lichtprojektor	LED	45_2013
55	Zumtobel	ZumtobelLED Modell 607 10643 Typ S11585, 2600K 100%	2644	31,7	0,79	Stromschienen-Strahler Modular Lichtsystem	LED	142_2010
71	XAL	XAL Nano 2 100%	2889	91,5	0,79	(Vitrinentube)	LED	19_2011
107	Philips	Philips LEDspot PAR 38	2785	83,8	0,79	Strahler E27	LED	77_2014
49	iGuzzini	iGuzzini 6348 35 W 60%	2647	99,7	0,80	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	142_2010
69	Roblon	Roblon Pyxis 100%	3147	90,6	0,80	Vitrinenbaustrahler	LED	19_2011

Anhang A - Liste sortiert nach relativem Lichtschädigungspotential (RLSP)

Lfd-Nr.	Hersteller (Leuchte oder Lampe bzw Leuchtmittel)	Fabrikat bei prozentualer Beleuchtungsstärke (falls dimmbar)	CCT [K]	Ra	RLSP	Lampenart'	Leuchtmittel	Bericht
70	Roblon	Roblon Pyxis 60%	3149	90,7	0,80	Vitrinenbaustrahler	LED	19_2011
44	Schott	Schott SpectraNova 3000K ohne LWL	3191	85,9	0,81	Lichtprojektor	HalMetDa	134_2010
108	Philips	Philips LEDspot PAR 20 420 lm 40D	3060	83,6	0,81	Strahler E27 Stromschienen-Strahler	LED	75_2015
116	Roblon	Ara4 3000K black	3089	93,3	0,81	(Vitrine)	LED	52_2017
121	LED Konzept	LED Leiste 1	2950	92,5	0,81	LED Streifen	LED	55_2017
47	iGuzzini	iGuzzini 6348 25W 100%	2670	99,6	0,82	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	142_2010
96	Roblon	Roblon Ara 4 3000 Black	3062	97,7	0,82	Strahler Modul	LED	62_2013
99	Toshiba	Toshiba PAR20 (LDRC0927ME7EUD)	3100	84,1	0,82	Strahler E27 Stromschienen-Strahler	LED	45_2015
113	corporate friend	C1-ST5 2.0	3104	97,9	0,82	(Vitrine) Stromschienen-Strahler	LED	56_2016
117	Roblon	Ara5 3000K black	3089	92,4	0,82	(Vitrine)	LED	52_2017
98	ERCO	ERCO Parscan WW 3000 K mit Linse	2942	88,6	0,83	Stromschienen-Strahler	LED	70_2014
50	iGuzzini	iGuzzini 6348 35W 100%	2795	99,8	0,84	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	142_2010
67	Mike Stoane Lighting	Mike Stoane Lighting Surf-X 100%	3061	98,4	0,84	Aufbaustrahler	LED	19_2011
68	Mike Stoane Lighting	Mike Stoane Lighting Surf-X 60%	3050	98,3	0,84	Aufbaustrahler	LED	19_2011
97	Selux	Selux CITYLIGHTS 70 LED ZumtobelLED Modell 607 10643 Typ S11585,	3100	98,5	0,84	Stromschienen-Strahler	LED	72_2010
56	Zumtobel	2900K 100%	2929	32,8	0,85	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
62	Zumtobel	Zumtobel Supersystem	3073	90,4	0,85	Einbaustrahler	LED	15_2011
82	GE	GE Tetra AL10 LED 78875	3096	97,2	0,85	Modular Lichtsystem Stromschienen-Strahler	LED	36_2011
114	corporate friend	C1-mini-LC mini GRAZE HO 1 ft 3500K MMG-INT-H-35H-1-310	3122	98,2	0,85	(Vitrine)	LED	56_2016
119	modarLIGHT	Schott SpectraLED 4400K 100% ohne LWL (nach 21 Monaten)	3333	96,4	0,85	Modular Lichtsystem	LED	54_2017
88	Schott		3870	92,7	0,86	Lichtprojektor	LED	45_2013
118	Roblon	Roblon FL 1000 B-2 CRI 90+ 100%	3099	92,7	0,86	Lichtprojektor	LED	52_2017
53	LBM (http://www.lbm-licht.de)	LBM LP 096 60% mit LWL	2919	98,1	0,88	Lichtprojektor	HAL 12V	142_2010
72	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 3000K	3146	95,1	0,89	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
115	Zumtobel	ARC2 XP 23W LED930 DIM 3CU SP-S AZM	3144	97,2	0,90	Stromschienen-Strahler	LED	31_2017
54	LBM (http://www.lbm-licht.de)	LBM LP 096 60% ohne LWL	2798	98,5	0,91	Lichtprojektor	HAL 12V	142_2010
51	LBM (http://www.lbm-licht.de)	LBM LP 096 100% mit LWL	3096	97,9	0,92	Lichtprojektor	HAL 12V	142_2010

Anhang A - Liste sortiert nach relativem Lichtschädigungspotential (RLSP)

Lfd-Nr.	Hersteller (Leuchte oder Lampe bzw Leuchtmittel)	Fabrikat bei prozentualer Beleuchtungsstärke (falls dimmbar)	CCT [K]	Ra	RLSP	Lampenart'	Leuchtmittel	Bericht
57	Zumtobel	ZumtobelLED Modell 607 10643 Typ S11585, 3200K 100%	3293	34,7	0,92	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
110	Zenaro	Zenaro LED PAR38	3103	84,6	0,92	Strahler E27	LED	77_2014
35	Roblon	Roblon FL1000 B-2 60%	2809	83,1	0,93	Lichtprojektor	LED	13_2012
31	Hofmeister	Hofmeister gino 28W 3000K 100% o.Scheibe	2909	88,2	0,94	Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
100	Zumtobel	Zumtobel ARC2	3043	93,7	0,94	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015
2	ERCO	ERCO Logotec Fluter, LED 14W 60%	2888	93,1	0,95	Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
30	Hofmeister	Hofmeister gino 28W 3000K 100% m.Scheibe	2908	88,4	0,95	Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
34	Roblon	Roblon FL1000 B-2 100%	2846	82,3	0,95	Lichtprojektor	LED	13_2012
105	ERCO	ERCO Parscan NW 4000 K mit Linse	3795	81,9	0,95	Stromschienen-Strahler	LED	70_2014
1	ERCO	ERCO Logotec Fluter, LED 14W 100%	2898	92,4	0,96	Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
42	Schott LBM (http://www.lbm-licht.de)	Schott SpectraLED 4400K mit LWL	3958	92,3	0,96	Lichtprojektor	LED	134_2010
52		LBM LP 096 100% ohne LWL LED SubstiTUBE Advanced ST8A-EM 27	2964	98,5	0,96	Lichtprojektor	HAL 12V	142_2010
111	Osram	W/840 1500 mm EM	3957	84,7	0,97	Röhre T8	LED	31_2016
103	Zumtobel	Zumtobel ARC3 4000K Fabas Luce Ada (Modul 6490-50-076)	3970	87,7	0,98	Stromschienen-Strahler Modular Lichtsystem	LED	43_2015
80	Fabas Luce	Mittelwert	4100	86,5	0,99	(Vitrine)	LED	27_2014
0	kein	Planckscher Strahler (NL A) Roblon LED (framing spot) Konturenstrahler 100%	2856	100,0	1,00	kein	kein	kein
36	Roblon		2849	92,1	1,01	Konturenstrahler	LED	13_2012
73	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 3500K	3765	97,4	1,01	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
29	Hofmeister	Hofmeister gin.o 3 LED 100%	2976	87,0	1,02	Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
45	Schott	SpectraNova 4000 mit LWL ZumtobelLED Modell 607 10643 Typ S11585, 3800K 100%	4026	92,7	1,02	Lichtprojektor	HalMetDa	134_2010
58	Zumtobel	Fabas Luce Ada (Modul 6490-50-068)	3848	37,2	1,03	Stromschienen-Strahler Modular Lichtsystem	LED	142_2010
79	Fabas Luce	Mittelwert	4200	88,7	1,03	(Vitrine)	LED	27_2014
33	Osram	Osram FH 14-830 60%	2816	84,1	1,04	Leuchtstoffröhre Modular Lichtsystem	Leuchtstoff	13_2012
94	REGENT	REGENT Lighting ICE Basis LED	4131	87,2	1,04	(Vitrine) Modular Lichtsystem	LED	54_2014
95	REGENT	REGENT Lighting Slash 2 LED mini GRAZE HO 1 ft 4000K MMG-INT-H-S1-S-4H-1	4070	87,1	1,04	(Vitrine)	LED	54_2014
120	modarLIGHT		4364	86,8	1,04	Modular Lichtsystem	LED	54_2017
41	Schott Seoul	Schott SpectraLED 4400K 60% ohne LWL	4388	95,0	1,07	Lichtprojektor	LED	134_2010
84	Semiconductor	Z-Power LED II Warm White (S42182) 100%	4407	93,4	1,07	Strahler Modul	LED	39_2013
32	Osram	Osram FH 14-830 100%	2860	83,5	1,09	Leuchtstoffröhre	Leuchtstoff	13_2012

Anhang A - Liste sortiert nach relativem Lichtschädigungspotential (RLSP)

Lfd-Nr.	Hersteller (Leuchte oder Lampe bzw Leuchtmittel)	Fabrikat bei prozentualer Beleuchtungsstärke (falls dimmbar)	CCT [K]	Ra	RLSP	Lampenart'	Leuchtmittel	Bericht
11	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 38grad 60%	2828	96,7	1,10	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
15	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W 60% Skulpturenscheibe+ Filter UV+IR	2699	99,7	1,10	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
40	Schott	Schott SpectraLED 4400K 100% ohne LWL	4402	93,7	1,10	Lichtprojektor	LED	134_2010
7	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 24grad 60%	2779	99,1	1,12	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
74	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 4000K	4337	95,5	1,12	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
9	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 36grad 60%	2735	99,6	1,13	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
46	Schott	SpectraNova 4000K ohne LWL	4529	93,8	1,13	Lichtprojektor	HalMetDa	134_2010
5	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 10grad 60%	2887	97,7	1,14	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
10	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 38grad 100%	2973	96,7	1,15	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
14	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W 100% Skulpturenscheibe+ Filter UV+IR	2854	99,3	1,15	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
83	Seoul Semiconductor	Z-Power LED I Pure White (W42182) 100%	5165	70,9	1,15	Strahler Modul	LED	39_2013
85	Seoul Semiconductor	Z-Power LED III Natural White (N42182) 100%	4178	94,1	1,17	Strahler Modul	LED	39_2013
6	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 24grad 100%	2926	99,3	1,17	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
59	Zumtobel	ZumtobelLED Modell 607 10643 Typ S11585, 4600K 100%	4660	40,4	1,17	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
12	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W 60% Skulpturenscheibe	2699	99,7	1,18	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
75	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 4500K	4869	94,1	1,18	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
90	Fabas Luce	Fabas Luce S.p.a. „PLAY“ 6728-04-013	4517	87,1	1,18	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	46_2014
8	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 36grad 100%	2892	99,6	1,19	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
16	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W ungefiltert 60%	2729	99,7	1,19	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
4	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 10grad 100%	3051	97,9	1,20	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
13	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W 100% Skulpturenscheibe	2854	99,3	1,23	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
3	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W ungefiltert 100%	2889	99,5	1,25	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
76	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 5000K	5612	95,2	1,27	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
77	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 5500K	5910	93,2	1,29	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014

Anhang A - Liste sortiert nach relativem Lichtschädigungspotential (RLSP)

Lfd-Nr.	Hersteller (Leuchte oder Lampe bzw Leuchtmittel)	Fabrikat bei prozentualer Beleuchtungsstärke (falls dimmbar)	CCT [K]	Ra	RLSP	Lampenart'	Leuchtmittel	Bericht
24	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 35W 60%	3293	98,6	1,30	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
26	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 35W BB 60%	3194	98,7	1,33	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
18	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 10grad 60%	3205	98,1	1,34	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
28	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 50W BB 60%	3241	99,0	1,34	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
104	Zumtobel	Zumtobel ARC3 6500K	6517	83,7	1,34	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015
22	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 24grad 60%	3071	98,6	1,35	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
20	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 17grad 60%	3406	98,4	1,37	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
60	Zumtobel	Zumtobel LED Modell 607 10643 Typ S11585, 6000K 58,1%	6019	44,1	1,37	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
61	Zumtobel	Zumtobel LED Modell 607 10643 Typ S11585, 6000K 100%	6039	43,8	1,37	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
89	Barthelme	Barthelme LEDlight flex High CRI	6425	94,3	1,37	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	46_2014
23	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 35W 100%	3573	98,0	1,38	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
78	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 6000K	6862	93,0	1,41	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
25	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 35W BB 100%	3398	98,6	1,42	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
17	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 10grad 100%	3414	98,0	1,44	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
21	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 24grad 100%	3264	98,3	1,46	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
27	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 50W BB 100%	3490	98,4	1,46	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
19	ERCO Seoul	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 17grad 100%	3660	98,1	1,48	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
86	Semiconductor	Z-Power LED IV (unbekannt) 100%	4148	85,3	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 bei prozentualer Beleuchtungsstärke (falls dimmbar)	CCT [K]	Ra	RLSP	Bauart	Leuchtmittel	RF-Bericht
0	kein	Planckscher Strahler (NL A)	2856	100,0	1,00	kein	kein	kein
50	iGuzzini	iGuzzini 6348 35W 100%	2795	99,8	0,84	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	142_2010
16	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W ungefiltert 60%	2729	99,7	1,19	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
49	iGuzzini	iGuzzini 6348 35 W 60%	2647	99,7	0,80	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	142_2010
15	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W 60% Skulpturenscheibe+ Filter UV+IR	2699	99,7	1,10	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
12	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W 60% Skulpturenscheibe	2699	99,7	1,18	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
8	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 36grad 100%	2892	99,6	1,19	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
9	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 36grad 60%	2735	99,6	1,13	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
47	iGuzzini	iGuzzini 6348 25W 100%	2670	99,6	0,82	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	142_2010
3	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W ungefiltert 100%	2889	99,5	1,25	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
48	iGuzzini	iGuzzini 6348 25W 60%	2518	99,4	0,77	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	142_2010
14	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W 100% Skulpturenscheibe+ Filter UV+IR	2854	99,3	1,15	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
13	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Philips Capsuleline 100W 100% Skulpturenscheibe	2854	99,3	1,23	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
6	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 24grad 100%	2926	99,3	1,17	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
7	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 24grad 60%	2779	99,1	1,12	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
28	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 50W BB 60%	3241	99,0	1,34	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
26	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 35W BB 60%	3194	98,7	1,33	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
24	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 35W 60%	3293	98,6	1,30	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
25	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 35W BB 100%	3398	98,6	1,42	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
22	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 24grad 60%	3071	98,6	1,35	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
52	LBM (http://www.lb-m-licht.de)	LBM LP 096 100% ohne LWL	2964	98,5	0,96	Lichtprojektor	HAL 12V	142_2010
54	LBM (http://www.lb-m-licht.de)	LBM LP 096 60% ohne LWL	2798	98,5	0,91	Lichtprojektor	HAL 12V	142_2010
97	Selux	Selux CITYLIGHTS 70 LED	3100	98,5	0,84	Stromschienen-Strahler	LED	72_2010
27	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 50W BB 100%	3490	98,4	1,46	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
67	Mike Stoane Lighting	Mike Stoane Lighting Surf-X 100%	3061	98,4	0,84	Aufbaustrahler	LED	19_2011

Anhang B - Liste sortiert nach Farbwiedergabe (Ra)

20	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 17grad 60%	3406	98,4	1,37	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
21	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 24grad 100%	3264	98,3	1,46	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
68	Mike Stoane Lighting	Mike Stoane Lighting Surf-X 60%	3050	98,3	0,84	Aufbaustrahler	LED	19_2011
114	friend corporate	C1-mini-LC	3122	98,2	0,85	(Vitrine) Stromschienen-Strahler	LED	56_2016
53	LBM (http://www.lb m-licht.de)	LBM LP 096 60% mit LWL	2919	98,1	0,88	Lichtprojektor	HAL 12V	142_2010
19	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 17grad 100%	3660	98,1	1,48	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
18	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 10grad 60%	3205	98,1	1,34	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
23	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 36grad 35W 100%	3573	98,0	1,38	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
17	ERCO LBM (http://www.lb m-licht.de)	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Solux MR16 10grad 100%	3414	98,0	1,44	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
51	LBM LP 096 100% mit LWL	3096	97,9	0,92	Lichtprojektor	HAL 12V	142_2010	
4	ERCO corporate	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 10grad 100%	3051	97,9	1,20	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
113	friend	C1-STS 2.0	3104	97,9	0,82	(Vitrine) Stromschienen-Strahler	LED	56_2016
5	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 10grad 60%	2887	97,7	1,14	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
96	Roblon	Roblon Ara 4 3000 Black	3062	97,7	0,82	Strahler Modul	LED	62_2013
73	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 3500K	3765	97,4	1,01	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
115	Zumtobel	ARC2 XP 23W LED930 DIM 3CU SP-S AZM	3144	97,2	0,90	Stromschienen-Strahler	LED	31_2017
82	GE	GE Tetra AL10 LED 78875	3096	97,2	0,85	Modular Lichtsystem	LED	36_2011
123	pur-LED	warmweiß (ww) VAT-7235	2967	96,8	0,75	LED Streifen	LED	55_2017
11	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 38grad 60%	2828	96,7	1,10	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
10	ERCO	ERCO Optec NV-Halogenstrahler - Osram Decostar 51 38grad 100%	2973	96,7	1,15	Stromschienen-Strahler	HAL 12V	13_2012
81	GE	GE Tetra AL10 LED 78868	2835	96,6	0,77	Modular Lichtsystem	LED	36_2011
119	modarLIGHT	mini GRAZE HO 1 ft 3500K MMG-INT-H-35H-1-310	3333	96,4	0,85	Modular Lichtsystem	LED	54_2017
74	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 4000K	4337	95,5	1,12	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
76	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 5000K	5612	95,2	1,27	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
72	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 3000K	3146	95,1	0,89	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
41	Schott Kania (http://www.ka nia.de/)	Schott SpectraLED 4400K 60% ohne LWL	4388	95,0	1,07	Lichtprojektor	LED	134_2010
66	Kania	Kania Nau H4 60%	2563	94,5	0,72	Vitrinenbaustrahler	LED	19_2011
89	Barthelme Seoul Semiconductor	Barthelme LEDlight flex High CRI	6425	94,3	1,37	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	46_2014
85	r	Z-Power LED III Natural White (N42182) 100%	4178	94,1	1,17	Strahler Modul	LED	39_2013
75	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 4500K	4869	94,1	1,18	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014

Anhang B - Liste sortiert nach Farbwiedergabe (Ra)

	Kania (http://www.kania.de/)	Kania Nau H4 100%	2572	93,9	0,72	Vitrinenbaustrahler	LED	19_2011
93	Schott	Schott Spectra True	2893	93,9	0,74	Modular Lichtsystem	LED	47_2011
46	Schott	SpectraNova 4000K ohne LWL	4529	93,8	1,13	Lichtprojektor	HalMetDa	134_2010
40	Schott	Schott SpectraLED 4400K 100% ohne LWL	4402	93,7	1,10	Lichtprojektor	LED	134_2010
100	Zumtobel Seoul Semiconductor	Zumtobel ARC2	3043	93,7	0,94	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015
84	r	Z-Power LED II Warm White (S42182) 100%	4407	93,4	1,07	Strahler Modul Stromschienen-Strahler	LED	39_2013
116	Roblon	Ara4 3000K black	3089	93,3	0,81	(Vitrine)	LED	52_2017
101	Zumtobel	Zumtobel ARC3 2700K	2686	93,3	0,72	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015
77	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 5500K	5910	93,2	1,29	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
2	ERCO	ERCO Logotec Fluter, LED 14W 60%	2888	93,1	0,95	Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
78	Osram	Osram HighCRI Spot tunable white 6000K	6862	93,0	1,41	Stromschienen-Strahler	LED	25_2014
45	Schott	SpectraNova 4000 mit LWL	4026	92,7	1,02	Lichtprojektor	HalMetDa	134_2010
118	Roblon	Roblon FL 1000 B-2 CRI 90+ 100%	3099	92,7	0,86	Lichtprojektor	LED	52_2017
88	Schott	Schott SpectraLED 4400K 100% ohne LWL (nach 21 Monaten)	3870	92,7	0,86	Lichtprojektor	LED	45_2013
121	LED Konzept	LED Leiste 1	2950	92,5	0,81	LED Streifen	LED	55_2017
1	ERCO	ERCO Logotec Fluter, LED 14W 100%	2898	92,4	0,96	Stromschienen-Strahler Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
117	Roblon	Ara5 3000K black	3089	92,4	0,82	(Vitrine)	LED	52_2017
	Kania (http://www.kania.de/)	Kania Nau G0 60%	3027	92,4	0,77	Vitrinenbaustrahler	LED	19_2011
64	Schott	Schott SpectraLED 4400K mit LWL	3958	92,3	0,96	Lichtprojektor	LED	134_2010
42	Schott	Schott SpectraLED 3000K mit LWL	3198	92,3	0,73	Lichtprojektor	LED	134_2010
39	Schott	Schott SpectraLED 3000K mit LWL	3198	92,3	0,73	Lichtprojektor	LED	134_2010
36	Roblon	Roblon LED (framing spot) Konturenstrahler 100%	2849	92,1	1,01	Konturenstrahler	LED	13_2012
112	Philips	Philips MASTER LEDspot AR111	2879	92,0	0,76	Strahler Modul	LED	32_2016
102	Zumtobel	Zumtobel ARC3 3000K	2947	92,0	0,78	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015
	Kania (http://www.kania.de/)	Kania Nau G0 100%	3025	91,9	0,77	Vitrinenbaustrahler Modular Lichtsystem	LED	19_2011
63	XAL	XAL Nano 2 100%	2889	91,5	0,79	(Vitrinentube)	LED	19_2011
71	Cree (Lampe)	Cree 7D2 60%	2759	91,3	0,73	Strahler Modul	LED	47_2011
92	Cree (Lampe)	Cree 7D2 100%	2761	91,0	0,74	Strahler Modul	LED	47_2011
91	Cree (Lampe)	Cree 7D2 100%	2761	91,0	0,74	Strahler Modul	LED	47_2011
70	Roblon	Roblon Pyxis 60%	3149	90,7	0,80	Vitrinenbaustrahler	LED	19_2011
69	Roblon	Roblon Pyxis 100%	3147	90,6	0,80	Vitrinenbaustrahler	LED	19_2011
62	Zumtobel	Zumtobel Supersystem	3073	90,4	0,85	Einbaustrahler	LED	15_2011

Anhang B - Liste sortiert nach Farbwiedergabe (Ra)

79	Fabas Luce	Fabas Luce Ada (Modul 6490-50-068) Mittelwert	4200	88,7	1,03	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	27_2014
98	ERCO	ERCO Parscan WW 3000 K mit Linse	2942	88,6	0,83	Stromschienen-Strahler	LED	70_2014
30	Hofmeister	Hofmeister gino 28W 3000K 100% m.Scheibe	2908	88,4	0,95	Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
31	Hofmeister	Hofmeister gino 28W 3000K 100% o.Scheibe	2909	88,2	0,94	Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
37	Schott	Schott SpectraLED 3000K 100% ohne LWL	3079	87,8	0,77	Lichtprojektor	LED	134_2010
103	Zumtobel	Zumtobel ARC3 4000K	3970	87,7	0,98	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015
94	REGENT	REGENT Lighting ICE Basis LED	4131	87,2	1,04	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	54_2014
95	REGENT	REGENT Lighting Slash 2 LED	4070	87,1	1,04	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	54_2014
90	Fabas Luce	Fabas Luce S.p.a. „PLAY“ 6728-04-013	4517	87,1	1,18	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	46_2014
29	Hofmeister	Hofmeister gin.o 3 LED 100%	2976	87,0	1,02	Stromschienen-Strahler	LED	13_2012
120	modarLIGHT	mini GRAZE HO 1 ft 4000K MMG-INT-H-S1-S-4H-1	4364	86,8	1,04	Modular Lichtsystem	LED	54_2017
80	Fabas Luce	Fabas Luce Ada (Modul 6490-50-076) Mittelwert	4100	86,5	0,99	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	27_2014
44	Schott	Schott SpectraNova 3000K ohne LWL	3191	85,9	0,81	Lichtprojektor	HalMetDa	134_2010
106	Philips	Philips LEDspot MR16 LV Dimmable	2700	85,8	0,74	Strahler GU5.3	LED	78_2014
38	Schott	Schott SpectraLED 3000K 60% ohne LWL	3085	85,6	0,73	Lichtprojektor	LED	134_2010
43	Schott Seoul Semiconducto	Schott SpectraNova 3000K mit LWL	2981	85,6	0,72	Lichtprojektor	HalMetDa	134_2010
86	r	Z-Power LED IV (unbekannt) 100%	4148	85,3	2,02	Strahler Modul	LED	39_2013
111	Osram	LED SubstiTUBE Advanced ST8A-EM 27 W/840 1500 mm EM	3957	84,7	0,97	Röhre T8	LED	31_2016
110	Zenaro	Zenaro LED PAR38	3103	84,6	0,92	Strahler E27	LED	77_2014
99	Toshiba	Toshiba PAR20 (LDRC0927ME7EUD)	3100	84,1	0,82	Strahler E27	LED	45_2015
33	Osram	Osram FH 14-830 60%	2816	84,1	1,04	Leuchtstoffröhre	Leuchtstoff	13_2012
107	Philips	Philips LEDspot PAR 38	2785	83,8	0,79	Strahler E27	LED	77_2014
104	Zumtobel	Zumtobel ARC3 6500K	6517	83,7	1,34	Stromschienen-Strahler	LED	43_2015
108	Philips	Philips LEDspot PAR 20 420 lm 40D	3060	83,6	0,81	Strahler E27	LED	75_2015
32	Osram	Osram FH 14-830 100%	2860	83,5	1,09	Leuchtstoffröhre	Leuchtstoff	13_2012
35	Roblon	Roblon FL1000 B-2 60%	2809	83,1	0,93	Lichtprojektor	LED	13_2012
109	Philips	Philips LEDspot PAR 20 430 lm 25D	2968	82,9	0,76	Strahler E27	LED	75_2015
122	pur-LED	warmweiß Comfort (ww Comfort) VAT-70255	2681	82,6	0,75	LED Streifen	LED	55_2017
34	Roblon	Roblon FL1000 B-2 100%	2846	82,3	0,95	Lichtprojektor	LED	13_2012
87	Schott	Schott SpectraLED 3000K 100% ohne LWL (nach 21 Montaten)	3380	82,0	0,78	Lichtprojektor	LED	45_2013
105	ERCO	ERCO Parscan NW 4000 K mit Linse	3795	81,9	0,95	Stromschienen-Strahler	LED	70_2014
124	Lichtgestalten Seoul Semiconducto	Lichtgestalten Testmuster	2938	81,8	0,72	Modular Lichtsystem (Vitrine)	LED	53_2017
83	r	Z-Power LED I Pure White (W42182) 100%	5165	70,9	1,15	Strahler Modul	LED	39_2013
60	Zumtobel	Zumtobel LED Modell 607 10643 Typ S11585, 6000K 58,1%	6019	44,1	1,37	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010

Anhang B - Liste sortiert nach Farbwiedergabe (Ra)

61	Zumtobel	Zumtobel LED Modell 607 10643 Typ S11585, 6000K 100%	6039	43,8	1,37	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
59	Zumtobel	ZumtobelLED Modell 607 10643 Typ S11585, 4600K 100%	4660	40,4	1,17	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
58	Zumtobel	ZumtobelLED Modell 607 10643 Typ S11585, 3800K 100%	3848	37,2	1,03	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
57	Zumtobel	ZumtobelLED Modell 607 10643 Typ S11585, 3200K 100%	3293	34,7	0,92	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
56	Zumtobel	ZumtobelLED Modell 607 10643 Typ S11585, 2900K 100%	2929	32,8	0,85	Stromschienen-Strahler	LED	142_2010
55	Zumtobel	ZumtobelLED Modell 607 10643 Typ S11585, 2600K 100%	2644	31,7	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