



Abschlussbericht zum Vorhaben „Vermessung und Bewertung von Bühnen- Scheinwerfern hinsichtlich der Schädigung von Auge und Haut – BoSS “ (FP-0420)

Forschungsleiter

Prof. Dr. Robert Scholl

Tel. +49 2241 865-303

Fax +49 2241 865-8303

E-Mail: robert.scholl@h-brs.de

Pablo Francisco Alicke, B.Sc.RWTH

Tel. +49 2241 865 -9709

E-Mail: pablo.alicke@h-brs.de

Udo Roth, M.Eng

Tel. +49 2241 865-350

E-Mail: udo.roth@h-brs.de

Projekt: Vermessung und Bewertung von Bühnen-Scheinwerfern hinsichtlich der Schädigung von Auge und Haut – BoSS

Laufzeit: 01.04.2019 – 31.03.2021 (2 Jahre)¹

Bericht vom 19.01.2022

¹ Bearbeitungszeit: 02.05.2019 – 31.10.2021

1. Inhaltsverzeichnis

1.	Inhaltsverzeichnis	I
2.	Kurzfassungen.....	4
	Kurzfassung deutsch	4
	Kurzfassung englisch (engl. abstract)	5
3.	Problemstellung	7
4.	Forschungszweck/-ziel.....	8
5.	Methodik	9
	Organisation.....	9
	Beteiligte Labore und Mitarbeiter	9
	Forschungsbeirat.....	10
	Beteiligte Partner	11
	Übersicht Bühnenstrahler.....	12
	Auswahl und Liste der gemessenen Strahler	12
	Klassifikation nach Lichtquellen	12
	Grundlagen.....	13
	Technische Grundlagen der Lichtquellen.....	13
	Biologische Grundlagen der Gefährdung durch Bühnenscheinwerfer	34
	Messgrößen.....	39
	Messungen	41
	Messgeräte	42
	Versuchsaufbau/ Prüfstand	47
	Messungen im UV (Bestimmung von E_S [aktinisches UV] und E_{UVA} [Trübung der Augenlinse]).....	51
	Messung im fernen IR (Extrapolation der IR-B-Strahlung)	53
	Messunsicherheiten	55
	Ermittlung der scheinbaren Quellengröße	59
	Risikogruppe und maximale Expositionszeit	61
	Von den Rohdaten zu einer komprimierten Darstellung	69
6.	Ergebnisse des Gesamtvorhabens	78
	Steckbriefe	78
	Scheinwerfer mit LED-Leuchtmittel	78
	Arri L7-C	79
	SGM P5	82
	Martin Atomic 3000 LED	84
	ETC Source Four LED LUSTR+2	86
	Robe Robin Spider	88
	Ayrton Ghibli.....	90
	JB Lighting P18.....	92
	Elation KL Fresnel 8“	94
	Robe Esprite Spot	96

Clay Paky HY B-Eye K25.....	98
JB Lighting P12 Wash.....	100
GLP JDC 1	102
GLP KNV Cube	104
GLP X4 Impression.....	106
Martin Era 800 Performance	108
Ayrton Huracan-X.....	110
Scheinwerfer mit LASER-Leuchtmittel.....	112
Clay Paky Xtylos CJ3000.....	113
Scheinwerfer mit Kurzbogenbrenner und Reflektor (UHP)	115
Clay Paky Sharpy	116
Clay Paky Mythos 2	118
Robe Robin MegaPointe.....	120
Elation Smarty Hybrid.....	122
Robe Pointe	124
GLP GT 1 FL.....	126
Scheinwerfer mit Kurzbogenbrenner (HMI Short Arc).....	128
Martin Mac Viper Profile	129
Varilite VL3500.....	131
GLP Highlander.....	133
Robe BMFL Wash.....	135
Robe MMX Spot	137
Varilite VL 6000.....	139
Scheinwerfer mit HMI-Leuchtmittel	141
Arri Arrisun 5 (MSR, S/N 403).....	142
Arri Arrisun 5 (HMI, S/N 403).....	144
Arri Arrisun 5 (HMI, S/N 1179).....	146
Arri Arrisun 5 (HMI, S/N 403).....	148
Arri Arrisun 5 (HMI, S/N 1180).....	150
Arri Arrisun 5 (HMI, S/N 1180) mit 10°-Vorsatzlinse.....	152
Arri True Blue D12	154
Scheinwerfer mit CDM-Leuchtmittel	156
ETC S4 PARNeL CDM, vertikal (j).....	157
Scheinwerfer mit XENON-Leuchtmittel	160
Martin Atomic 3000 (Xenon).....	161
Mehrfachmessung ARRISUN 5.....	164
Vergleichende Messungen in verschiedenen Laboren.....	166
Messkataster ETC S4 PARNeL CDM.....	166
Kurzbeschreibung Referenzscheinwerfer.....	167
Ausrichtung ETC S4 PARNeL.....	168
Messwerte ETC S4 PARNeL CDM, horizontal (-).....	169
Ringvergleich	174
Auswertung und Gesamtübersicht	180
Empirische Regeln.....	183
Satz von der Erhaltung der Strahldichte.....	184
Der UV-Bereich.....	191
Zusammenfassung der Kernaussagen.....	192

	Zukünftige Entwicklungen	193
7.	Auflistung der für das Vorhaben relevanten Veröffentlichungen, Schutzrechtsanmeldungen und erteilten Schutzrechte von nicht am Vorhaben beteiligten Forschungsstellen.....	195
8.	Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich des Forschungszwecks/-ziels, Schlussfolgerungen	196
9.	Aktueller Umsetzungs- und Verwertungsplan.....	197
10.	Anhang.....	198
A	Literatur	198
B	Abbildungsverzeichnis	206
C	Technische Daten Spektrometer.....	213
D	Technische Daten Leucht-/ Strahldichte Messgerät	215
E	Datenblätter	217
	Scheinwerfer mit LED-Leuchtmittel.....	217
	Scheinwerfer mit LASER-Leuchtmittel	247
	Scheinwerfer mit Kurzbogenbrenner und Reflektor (UHP).....	250
	Scheinwerfer mit Kurzbogenbrenner (HMI Short Arc).....	262
	Scheinwerfer mit HMI-Leuchtmittel.....	275
	Scheinwerfer mit CDM-Leuchtmittel.....	281
	Scheinwerfer mit XENON-Leuchtmittel.....	283
F	Auszug Messwerte Prüfbericht BG ETEM – E-Spot-Max.....	284
G	(Original-)Messwerte BAuA – Spot/ Flood	285
H	Unterschriftenseite verpflichtend für Kooperationsprojekte	286

2. Kurzfassungen

Kurzfassung deutsch

Das Ziel des Forschungsprojektes „FP 420 BoSS - Vermessung und Bewertung von Bühnen-Scheinwerfern hinsichtlich der Schädigung von Auge und Haut“ hat in der Vermessung von 40 Bühnenscheinwerfern bezüglich der Gefährdung durch künstliche optische Strahlung bestanden. Motiviert ist die vorliegende Arbeit durch technologische Fortschritte wie etwa die neuartige LED-Technologie oder die neuen Entladungslampen vom Typ UHP (Ultra High Pressure).

Für die Beurteilung der Gefährdung sind die relevanten, biologisch motivierten Messgrößen (gewichtete Bestrahlungsstärken und Strahldichten) bestimmt worden, wie etwa die Gefährdung durch aktinisches UV, die UV-A Schädigung der Augenlinse, die photochemische und die thermische Netzhautschädigung L_B und L_R sowie weitere Größen, wie sie in der DIN EN 62471 definiert werden. Die gewichteten Bestrahlungsstärken sind mit Hilfe von zwei synchron eingesetzten Spektrometern der Firma Instrument Systems ermittelt worden, die einen Wellenlängenbereich von 200 bis 1665nm überdecken. Für die Messung der gewichteten Strahldichten ist das integrale Messsystem von Gigahertz-Optik (LDM-9811) eingesetzt worden. Dabei sind die Messungen in einem Abstand von 20cm, 50cm, 1m, 2m, 4m und 8m vorgenommen worden.

Es hat sich als sinnvoll erwiesen, die Bühnenstrahler anhand ihrer Lichtquellen zu klassifizieren: LEDs, Entladungslampen (CDM, HMI, HMI SA und UHP) und Halbleiter-Laser.

Die umfangreichen Messergebnisse für die einzelnen Bühnenstrahler sind in Form von Steckbriefen komprimiert worden, die neben dem Spektrum und weiteren Messgrößen auch eine von uns definierte Schwelle der Expositionsgrenzwertüberschreitung in einem Abstand von 4 Metern (RG4m) sowie die maximale Expositionszeit enthalten. Insgesamt lassen sich die Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

- 1) Betrachtet man die gewichteten Strahldichten L_B und L_R so überschreiten die Bühnenstrahler mit UHP-Lampen und Lasern häufig die Expositionsgrenzwerte der RG4m=2. Sie gehören der RG4m=3 an.
- 2) Die restlichen Bühnenstrahler mit LED, CDM, HMI und HMI SA Brennern gehören meist der RG4m=2 an.
- 3) Insgesamt gibt es eine Rangfolge in der Höhe der Exposition von künstlicher optischer Strahlung der Bühnenstrahler
$$\text{UHP} \approx \text{Laser} > \text{HMI SA} > \text{HMI} \approx \text{LED} > \text{CDM}$$
- 4) Mit Hilfe von empirischen Regeln kann das Gefährdungspotential meist schon mit Hilfe der Datenblätter der Bühnenstrahler abgeschätzt werden.
- 5) für den UV-Bereich treten vereinzelt Expositionsgrenzwertüberschreitungen bei den Bühnenstrahlern mit UHP und HMI Lichtquellen auf, die sich aber technologisch leicht beheben ließen.

Insgesamt ergibt sich folgendes stark vereinfachtes Bild (Abbildung 1):

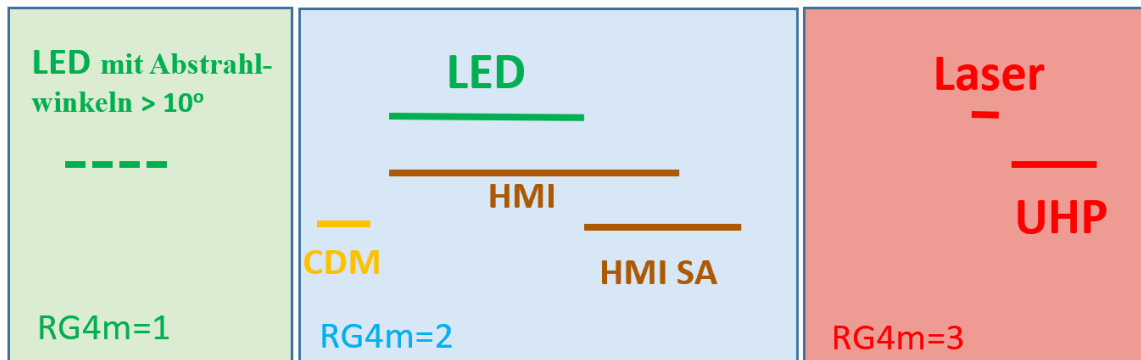


Abbildung 1 Stark vereinfachte Übersicht der Kernaussagen

Kurzfassung englisch (engl. abstract)

The aim of the research project "FP 420 BoSS - Measurement and evaluation of stage luminaires in terms of damage to the eye and skin" was to measure 40 stage luminaires in terms of their optical radiation hazard. Technological advances such as the new LED technology or the new discharge lamps of the UHP (Ultra High Pressure) type motivate the present work.

The biologically motivated measured quantities (weighted irradiances and radiances) relevant for the assessment of the hazard have been determined, such as the hazard due to actinic UV, the UV-A damage to the eye lens, the photochemical and the thermal retinal damage L_B and L_R as well as other quantities as defined in DIN EN 62471. The weighted irradiances have been determined using two synchronously deployed spectrometers from Instrument Systems covering a wavelength range from 200 to 1665nm. The integral measurement system from Gigahertz-Optik (LDM-9811) has been used to measure the weighted radiances. Measurements are made at distances of 20cm, 50cm, 1m, 2m, 4m, and 8m.

It proved useful to classify stage lights based on their light sources: LEDs, discharge lamps (CDM, HMI, HMI SA and UHP) and semiconductor lasers.

The extensive measurement results for the individual stage spotlights have been compressed in the form of fact sheets, which, in addition to the spectrum and other measured quantities, also contain a hazard level in 4 meters (RG4m) defined by us, as well as the maximum exposure time. Overall, the results can be summarized as follows:

- 1) If we consider the weighted radiances L_B and L_R , the stage radiators with UHP lamps and lasers are particularly dangerous. They belong to RG4m=3.
- 2) The remaining stage spotlights with LED, CDM, HMI and HMI SA burners mostly belong to RG4m=2.
- 3) Overall, there is a ranking in the dangerousness of the stage lamps
 $UHP \approx \text{laser} > \text{HMI SA} > \text{HMI} \approx \text{LED} > \text{CDM}$
- 4) With the help of empirical rules, the hazard potential can usually already be estimated with the help of the data sheets of the stage lamps.
- 5) for the UV range, there are isolated hazards in the stage floodlights with UHP and HMI light sources, but these could be easily eliminated technologically.

Overall, the following highly simplified picture emerges (Abbildung 2, engl. Figure 2):

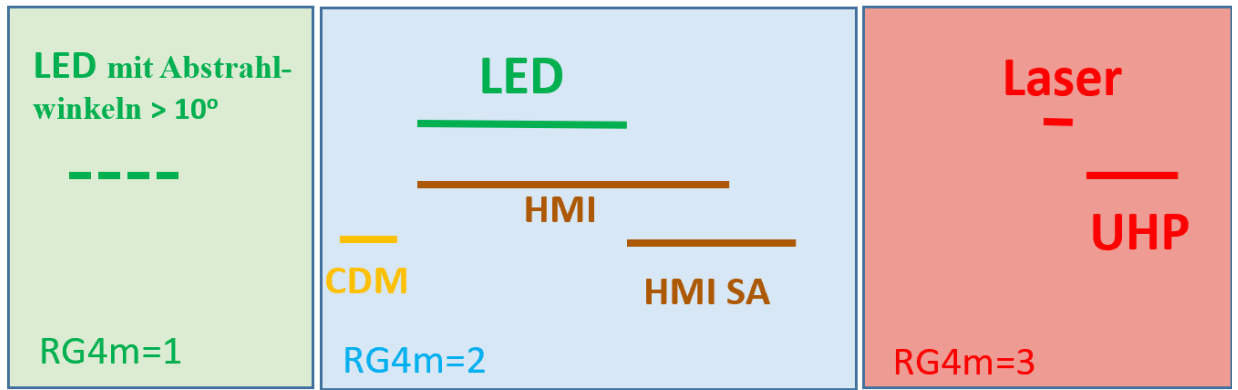


Abbildung 2 (engl. Figure 2) Highly simplified overview of the key statements

3. Problemstellung

Auf Bühnen und in Studios werden Scheinwerfer zur Ausleuchtung auch von Personen eingesetzt. Mit Einzug der LED-Technik im letzten Jahrzehnt hat sich die optische Strahlung der Scheinwerfer in Hinblick auf die spektrale Verteilung, Quellgröße und die Leistungsdichte um Größenordnungen geändert. Bei vielen Anwendern und den verantwortlichen Unfallversicherungsträgern ist unklar, wie hoch die Gefährdung durch die optische Strahlung ist und welche Schutzmaßnahmen empfohlen werden sollen.

Einige Hersteller lassen einzelne Scheinwerfer aktuell u. a. bei der Prüf- und Zertifizierungsstelle der BGETEM gemäß der Norm DIN EN 62471-1 [DIN EN 62471:2009] prüfen. Die in der Norm festgelegte Prüfmethode ist für Scheinwerfer nicht praxisrelevant (Prüfabstand 200 mm, Beleuchtungsstärke 500 Lux). In der Praxis werden von Scheinwerfern Personen aus viel weiteren Abständen mit bedeutend höheren Beleuchtungsstärken angestrahlt.

Es existiert zurzeit kein Überblick, welche der auf dem Markt angebotenen Scheinwerfer, Strahlungswerte aufweist, die zu einer Schädigung von Auge und Haut, insbesondere zu einer Netzhautgefährdung führen können.

Die DGUV, das IFA sowie einige BGs (BGETEM, VBG) halten deshalb eine Vermessung verschiedener Scheinwerfertypen (voraussichtlich 40 wesentliche Typen) bezüglich der Gefährdung durch künstliche optische Strahlung nach einer abgestimmten Messmethode für sinnvoll.

Anhand dieser Messergebnisse könnte eine Klassifizierung für die Scheinwerfertypen in Gefährdungsklassen zum Beispiel anhand der Bestrahlungszeit erfolgen.

4. Forschungszweck/-ziel

Die Vorhabensziele des Forschungsprojektes „FP 420 BoSS - Vermessung und Bewertung von Bühnenscheinwerfern hinsichtlich der Schädigung von Auge und Haut“ bestehen in der Vermessung von 40 Bühnenscheinwerfern und der Gegenüberstellung dieser Messdaten mit Grenzwerten.

Dieses Forschungsziel wird motiviert durch die neuartige LED-Technologie, die auch im Bereich der Bühnenstrahler Einzug hält. Neben dem Aufkommen der LED-Scheinwerfer hat sich in den letzten Jahren aber auch die Leistung und damit auch die Strahldichte und Bestrahlungsstärke der Scheinwerfer erhöht.

Aufgrund der veränderten Situation im Bereich der Bühnenstrahler wird eine (Neu-) Vermessung und Bewertung von Bühnenscheinwerfern hinsichtlich der Schädigung von Auge und Haut notwendig.

Diese Problemstellung soll in dem Forschungsprojekt „BoSS“ strukturell angegangen werden. Konkret werden dazu:

- a) 40 Bühnenscheinwerfern unter Mitarbeit von Prof. Greule ausgewählt (20 zu Beginn des Forschungsprojektes und 20 nach einem Jahr)
- b) Von diesen 40 Bühnenscheinwerfern werden wichtige lichttechnische Größen wie die spektrale Strahldichte und die spektrale Bestrahlungsstärke im ultravioletten, im sichtbaren und im infraroten Spektralbereich vermessen
- c) des Weiteren werden von einigen wenigen Bühnenscheinwerfern baugleiche Strahler vermessen, um die Streuung und Qualität zu überprüfen
- d) anhand der Messergebnisse werden dann effektive Strahldichten und effektive Bestrahlungsstärken berechnet, wobei in die Berechnung verschiedenste Bewertungsfunktionen, wie die Blaulichtgefährdung, die aktinische UV-Gefährdung und die thermische Schädigung berücksichtigt werden
- e) neben der Messung mit Hilfe eines Spektrometers (spektrale Bestrahlungsstärke) wird auch eine integrale Messung mit Messgeräten, die die Wirkfunktionen als optische Filter verwenden, durchgeführt
- f) Aufgrund der Messdaten der effektiven Strahldichten und Bestrahlungsstärken werden die Bühnenscheinwerfer in Gefährdungsklassen eingeteilt.
- g) wichtig ist auch eine einfache, in der Praxis leicht umzusetzende Messmethode, damit obige Gefährdungspotentiale vor Ort bewertet werden können
- h) Diese Einteilung und die bei der Vermessung erhaltenen Daten sollen dann Einzug in Normen und Verordnungen halten.

5. Methodik

Organisation

Beteiligte Labore und Mitarbeiter

Nr.	Labor	Kontakt
1	Hochschule Bonn-Rhein-Sieg Fachbereich EMT (Elektrotechnik, Maschinenbau und Technikjournalismus) Labor für Optoelektronik u. Displays Grantham-Alee 20 53757 Sankt Augustin	Prof. Dr. Robert Scholl Tel. +49 (0) 2241 865 - 303 E-Mail: robert.scholl@h-brs.de Web: www.h-brs.de/emt
2	HAW Hamburg Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg Fakultät Design, Medien und Informatik Lichtlabor Berliner Tor 5 20099 Hamburg	Prof. Dr. Roland Greule Tel. +49 40 428 75 -7664 E-Mail: roland.greulel@haw-hamburg.de Fabian Oving, Lichtlabor Telefon +49 (0) 40 428 75 - 5712 E-Mail: fabian.oving@haw-hamburg.de Web: www.haw-hamburg.de
3	BG ETEM Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse Prüfstelle Elektrotechnik Gustav-Heinemann-Ufer 130 50968 Köln	Thomas Kerkhoff (Prüfingenieur) Telefon +49 221 3778 - 6311 Mobil +49 1520 866 7376 E-Mail: kerkhoff.thomas@bgetem.de Internet www.bgetem.de Webcode : (pruefstelle-et)
4	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) Friedrich-Henkel-Weg 1-25 44149 Dortmund	Dr. rer. nat. Stefan Bauer Gruppe 2.2 Physikalische Faktoren Telefon +49 (0) 231/9071 - 2316 E-Mail: Bauer.Stefan@baua.bund.de Marco Janßen, Gruppe 2.5 Labor Telefon +49 (0) 231 / 9071 - 2636 E-Mail: janssen.marco@baua.bund.de Web: www.baua.de/optische-strahlung
5	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Alte Heerstraße 111 D-53757 Sankt Augustin	Martin Schmitz Referat 4.4: Strahlung Tel.: 02241-231 2505 E-Mail: Martin.Schmitz@dguv.de URL: http://www.dguv.de/ifa

Forschungsbeirat

Nr.	Kontakt
1	Elke Otten
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV) Alte Heerstraße 111 53757 Sankt Augustin	
2	Prof. Dr. Roland Greule Fabian Oving
Hochschule für Angewandte Wissenschaften, HAW Hamburg Berliner Tor 5 20099 Hamburg	
3	Univ.-Prof. Dr. sc. nat. habil. Christoph Schierz
Technische Universität Ilmenau Ehrenbergstraße 29 98693 Ilmenau	
4	Dr. Stefan Bauer
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) Friedrich-Henkel-Weg 1-25 44149 Dortmund	
5	Dipl.-Phys. Martin Brose Thomas Kerkhoff
Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM) Gustav-Heinemann-Ufer 130 50968 Köln	
6	Timo Heepenstrick
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, (IFA) Alte Heerstraße 111 53757 Sankt Augustin	
7	Johannes Heinz
Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG) gesetzliche Unfallversicherung, Bezirksverwaltung Mainz Isaac-Fulda-Allee3 55124 Mainz	
8	Sven Kubin
Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG) gesetzliche Unfallversicherung, Bezirksverwaltung Hamburg Sachsenstraße18 20097 Hamburg	
9	Prof. Dr. Robert Scholl Udo Roth Pablo Aliche
Hochschule Bonn-Rhein-Sieg Fachbereich EMT (Elektrotechnik, Maschinenbau und Technikjournalismus) Labor für Optoelektronik u. Displays Grantham-Alee 20 53757 Sankt Augustin	

Beteiligte Partner

Nr.		Kontakt
1	Arnold & Richter Cine Technik GmbH & Co. Betriebs KG Arriweg 17 83071 Stephanskirchen	Florian Bloch Head of Product Management Tel.: +49 8036 3009 3110 FBloch@arri.de www.arri.com
2	CAST C.Adolph & RST Distribution GmbH Kabeler Str. 54a D-58099 Hagen	Christian Pies Dipl.-Ing. (FH) Elektrotechnik, Vertriebsleiter Durchwahl: +49-2331-69150-56 c.pies@castinfo.de https://www.castinfo.de
3	GLP German Light Products GmbH Industriestraße 2 76307 Karlsbad Germany	Alexander Braun Head Of Marketing Phone:+49 7248 92719-69 Mobile: +49 160 5804917 E-Mail: a.braun@glp.de http://www.glp.de
4	JB-Lighting Lichtenlagentechnik GmbH Sallersteig 15 89134 Blaustein Germany	Jörg Zimmermann Vertriebsleiter/ Sales Manager Tel: +49 7304 9617-70 Fax: +49 7304 9617-99 Email: zimmermann@jb-lighting.de http://www.jb-lighting.de
5	Lightpower GmbH An der Talle 24-28 D-33102 Paderborn	Bertram Czezka Teamleiter Vertrieb Theater T +49 5251 14 32 26_M +49 173 29 45 604 Bertram.Czezka@lightpower.de www.lightpower.de
6	LMP Lichttechnik Vertriebs GmbH Gildestraße 55 49477 Ibbenbüren, Germany	Michael Broermann, Verkaufsleiter MBroermann@lmp.de Oliver Winkler, Produktmanager OWinkler@lmp.de Franziska Kania, Verkauf Lichttechnik Telefon: +49 5451 59 00 41 FKania@lmp.de http://www.lmp.de
7	Robe Deutschland GmbH Carl-Zeiss-Ring 21 85737 Ismaning	Jens Langner Business Development Manager - Mobile +49 (0)171 8157816 E-mail: jens.langner@robelighting.de www.robelighting.de
8	VisionTwo GmbH Klatschmohnweg 12 38300 Wolfenbüttel	Claas Ernst, Geschäftsführer claas.ernst@visiontwo.de Andreas Kammerer, Technischer Leiter Telefon +49 5331 98641 06 Mobil +49 172 7631785 andreas.kammerer@visiontwo.de https://www.visiontwo.de/

Übersicht Bühnenstrahler

Auswahl und Liste der gemessenen Strahler

Die Auswahl der Bühnenstrahler ist Inhalt eines Unterprojektes, welches von der HAW Hamburg durch Prof. Dr. Roland Greule und Fabian Oving bearbeitet worden ist. Das Ergebnis des Projektes ist folgende Liste der zu messenden Strahler:

Tabelle 1 Liste der gemessenen Strahler

Scheinwerfer	Technologie	Leuchtmittel	Familie	Leistung	Gewicht	Typ
ArriSun 5	Entladung	HMI/ MSR 575	HMI/ MSR	575 W	4.50 kg	Stufenlinse
Arri L7-C	LED	LED	RGB W LED	220 W	10.00 kg	Spot
SGM P5	LED	LED	RGB W LED	420 W	8.90 kg	Fluter
Martin Atomic 3000	Xenon	Xenon-Blitzröhre	Sondertyp: Xenon	3000 W	7.50 kg	Fluter
ETC S4 Lustr+ S2	LED	7-Farb-LED-Engine	LED	220 W	8.30 kg	Spot
Martin Atomic LED	LED	W LED-Beam-Array	LED	740 W	7.80 kg	Fluter
Clay Paky Sharpy	Entladung	Philips MSD Platinum 5R	HID: UHP/ Reflektor	189 W	19.00 kg	Moving Light
Clay Paky Mythos ²	Entladung	Philips MSD Platinum 20R	HID: UHP/ Reflektor	470 W	32.00 kg	Moving Light
Robe Megapointe	Entladung	Osram Sirius HRI	HID: UHP/ Reflektor	470 W	22.00 kg	Moving Light
ETC S4 CDM	Entladung	Philips Master Colour 250W/ 942	HID: CDM	250 W	7.60 kg	Spot
Robe Spider	18x40W 1x60W	RGB W LED	LED	780 W	13.30 kg	Moving Light
Ayerton Ghibli	LED	W LED	LED	600 W	35.60 kg	Moving Light
JB Lighting P18 Spot	LED	W LED	LED	1000 W	32.00 kg	Moving Light
Martin Mac Viper Profile	Entladung	Osram Lok-It	HMI/ MSR short arc: Lok-It	1000 W	36.00 kg	Moving Light
Robe BMFL Wash	Entladung	Osram Lok-It	HMI/ MSR short arc: Lok-It	1700 W	35.00 kg	Moving Light
Varilite VL 3500	Entladung	Osram SharXS HTI	HMI/ MSR short arc: SharXS	1200 W	43.50 kg	Moving Light
GLP Highlander	Entladung	OSRAM Lok-It	HMI/ MSR short arc: Lok-It	1400 W	29.50 kg	Moving Light
Elation KL Fresnel 8"	LED	W LED	LED	350 W	12.70 kg	Fresnel
Elation Smarty Hybrid	Entladung	Philips MSD Platinum	HID: UHP/ Reflektor	280 W	27.20 kg	Hybrid
Robe Esprite Spot	LED	W LED	LED	650 W	28.20 kg	Moving Light
Robe Pointe	Entladung	Osram Sirius HRI	HID: UHP/ Reflektor	280 W	15.00 kg	Moving Light
Robe MMX Spot	Entladung	Philips MSR Platinum 35	HMI/ MSR short arc	800 W	25.50 kg	Moving Light
Clay Paky HY B-Eye K25	LED	LED	RGB W LED	1110 W	21.00 kg	Moving Light
Clay Paky Xtylos	Laserengine	CLASS 1 laser	RGB (451, 524,638)nm	400 W	24.00 kg	Moving Light
JB Lighting P12 Wash	LED	W LED	LED	640 W	23.00 kg	Moving Light
GLP JDC 1	LED	LED	RGB W LED	1200 W	11.60 kg	Fluter
GLP KNV Cube	LED	LED	RGB W LED	950 W	9.30 kg	Marix
GLP X4 Impression	LED	LED	RGB W LED	285 W	7.50 kg	Moving Light
Varilite VL 6000	Entladung	Philips MSR Gold FastFit	HMI/ MSR short arc	1500 W	28.00 kg	Moving Light
Martin Era 800	LED	W LED	LED	800 W	41.00 kg	Moving Light
Ayerton Huracan-X	LED	W LED	LED	1000 W	44.00 kg	Moving Light
GLP GT-1	Entladung	OSRAM SIRIUS HRI	HID: UHP/ Reflektor	440 W	25.00 kg	Moving Light
Arri True Blue D12	Entladung	HMI 1200	HMI/ MSR	1200 W	9.90 kg	Fresnel

Klassifikation nach Lichtquellen

Im Laufe des Projektes hat es sich als günstig erwiesen, die Bühnenstrahler anhand der Lichtquellen und deren Technologie zu ordnen:

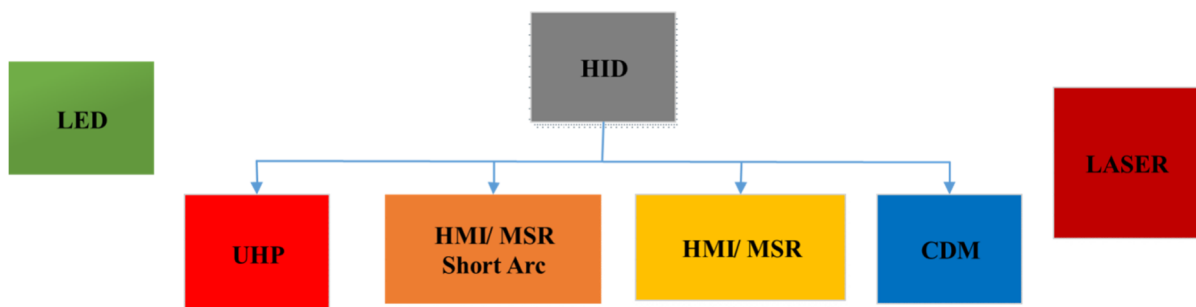


Abbildung 3 Technologien

Grundlagen

Technische Grundlagen der Lichtquellen

Bei den Leuchtmitteln der Bühnenscheinwerfer unterscheidet man zwischen

- a) Hochdruckgasentladungen
- b) Hochleistungs-LEDs
- c) LASER
- d) Exoten (z.B. Xenon-Blitzlampen oder Xenon-Gleichstrom-Höchstdrucklampen)



Abbildung 4 HID-Brenner [1]

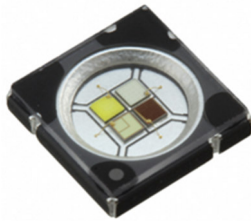


Abbildung 5 RGBW-LED [2]



Abbildung 6 LASER-Diode [3]



Abbildung 7 Xenon-Brenner [1]

Hochdruckgasentladungen

Wenden wir uns zunächst den Hochdruckgasentladungen zu. Sie werden auch als HID Brenner bezeichnet. HID steht für High Intensity Discharge.

Bei den HID Brennern (manchmal auch als „Lampen“ oder „Entladungen“ bezeichnet) wiederum unterscheidet man zwischen

- 1) HMI/MSR
- 2) HMI/MSR short arc
- 3) UHP
- 4) CDM

HMI/MSR

Bei diesen Brennern handelt es sich um Metall-Halogenid Hochdruckbrenner. Sie werden von der Firma Osram als HMI Brenner bezeichnet, während Philips den Namen MSR verwendet. Die Abkürzung HMI steht für H=Hydrargyrum=Hg=Quecksilber, M=Metall und I=Iod.

In Deutschland hat sich der Name HMI für eine ganze Familie von Hochdruckbrennern durchgesetzt, auch wenn die Brenner bei anderen Firmen anders heißen (z.B. bei Philips MHN, MSR, ...). Oft haben die HMI-Brenner Namenszusätze, wie die folgende nicht vollständige Auflistung zeigt (im Klammern sind die Erklärungen zu den Namenszusätzen):

HMI Digital (Flicker-frei im Betrieb mit High-Speed-Vorschaltgeräten (1000 Hz und höher))

HMI DXS (Double-ended eXtreme Seal technology)

HMI Studio (Farbtemperatur 3000 K durch farbigen Außenkolben)

HMI Lok-it! (Schneller Lampenwechsel mit einem Handgriff dank Drehverschluss)



Abbildung 8 HMI Digital [1]



Abbildung 9 HMI 24000W DXS [1]



Abbildung 10 HMI Lok-it! [1]

Die Leistungen der HMI Brenner reichen von 150 Watt bis 24.000 Watt. Es existieren einseitig- und zweiseitig-gesockelte Brenner.

Die HMI Brenner enthalten folgende Füll-Komponenten:

- I) ein Edelgas als Startgas zum Zünden der Entladung
- II) Quecksilber: sorgt für die nötige Brennspannung, da Hg einen hohen Elektron-Einfangquerschnitt hat. Typische Drücke sind 20 bar (10-30 bar) im Heißzustand
- III) Ein Halogenid der Seltenen Erden, z.B. DyI₃ (Dysprosium Jodid). Ein weiteres typisches Metall der Seltenen-Erden ist Scandium. Scandium (Sc) wird z.B. in den Xe-Autoscheinwerfern verwendet. Das Linienspektrum des Seltenen Erdelements (z.B. Dy) übernimmt die Rolle der Lichterzeugung. Seltene Erden haben ein besonders reiches Viellinienspektrum.
- IV) Ein Alkalihalogenid, z.B. NaI (Natrium Jodid). Es erhöht als Verbindung DyNaI₄=DyI₃-NaI den Dampfdruck der Seltenen Erden Halogenide. Darüber hinaus erniedrigt das Alkali Element (z.B. Na) die Austrittsarbeit der Wolfram-Elektrode gemäß der Richardson-Gleichung ($j_s =$ Lampenstromdichte, $W_A =$ Austrittsarbeit des Alkalimetalls, $A =$ Richardson-Sommerfeld Konstante):

$$j_s = AT^2 \exp \frac{-W_A}{kT} \quad \text{Lampenstrom } j_s \text{ (1)}$$

Die Abbildung 11 zeigt den Aufbau einer HMI Hochdrucklampe:

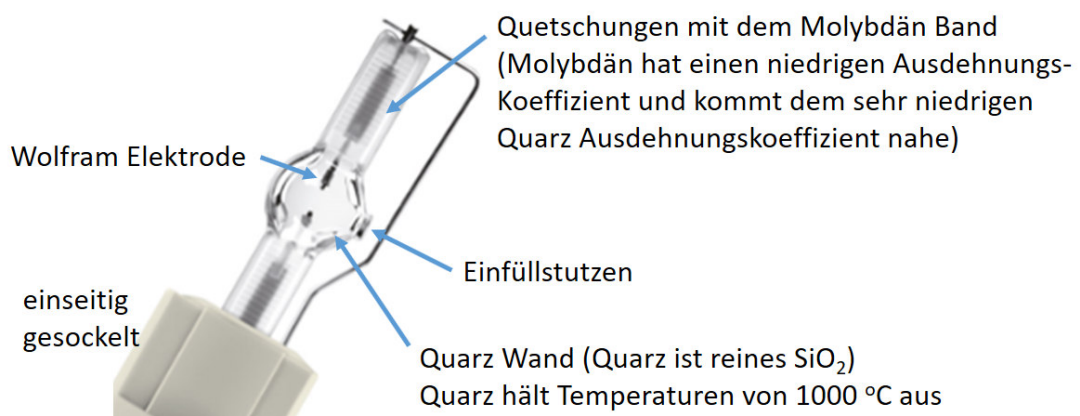


Abbildung 11 Aufbau HID-Brenner der HMI-Familie [1]

Die Lebensdauer der HMI Lampen wird begrenzt durch die Wandreaktionen der Seltenen Erden Halogenide mit der Quarzwand, z.B.:

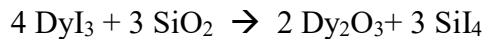


Abbildung 12 zeigt ein typisches Spektrum einer HMI Lampe mit dem Viellinien- und Molekülspektrum der Seltenen Erden bzw. ihrer Monojodide. Zusätzlich sind die Quecksilber-Linien zu sehen.

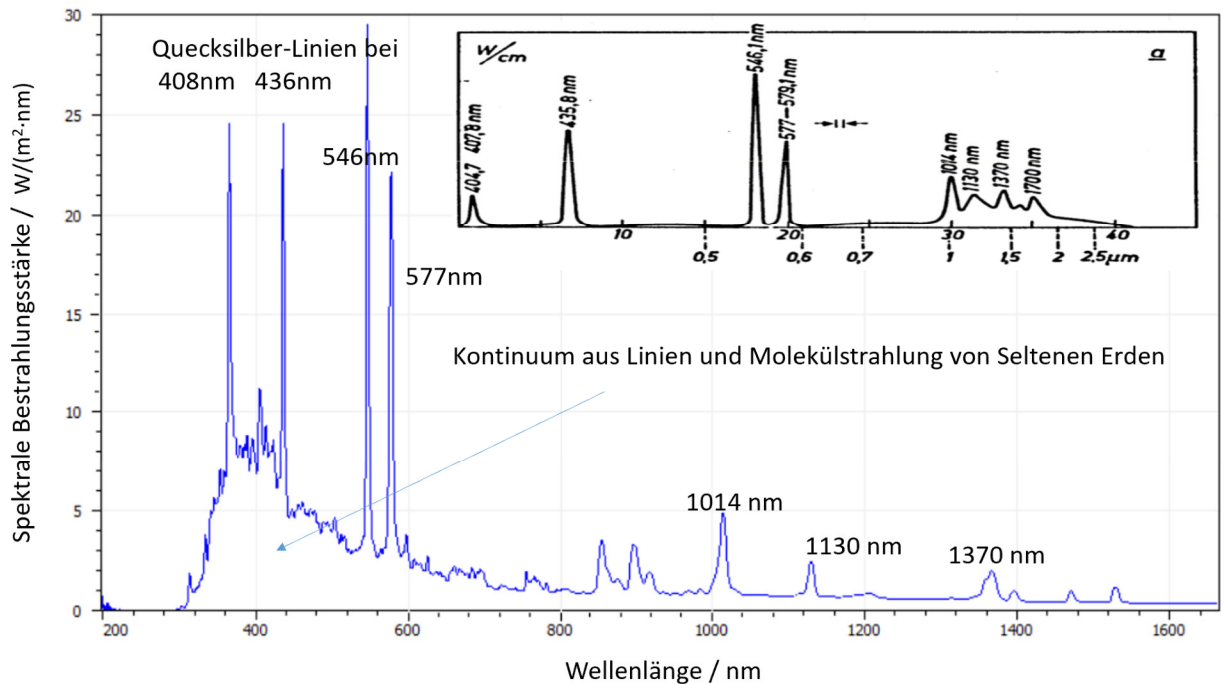


Abbildung 12 typisches Spektrum einer HMI/MSR Lampe [4]

Eigene Messung des Bühnenstrahlers Arrisun 5 mit dem Philips MSR 575W Brenner.

Oben rechts ein reines Quecksilberspektrum mit den Emissionswellenlängen von Hg. Die Wellenlängen dieser Linien sind auch beim HMI Spektrum eingetragen.

HTI/MSR short arc

Für den Einsatz von HMI Brennern in Bühnenstrahlern bestand die Notwendigkeit, die Lampenfamilie zu höheren Leuchtdichten weiter zu entwickeln. Zunächst geschah dies durch eine Verkürzung des Lichtbogens, d.h. durch eine Verringerung des Elektrodenabstandes. Diese Lampenfamilie wird bei Osram HTI bzw. HMI/GS bezeichnet. Weitere Bezeichnungen sind:

Shar XS HTI (Shar steht für short arc)

HTI Lok-it!

HMI/GS (GS steht für gap shortened)

Bei Philips bezeichnet man diesen Lampentyp mit MSR SA (SA steht für short arc).

Bei der Entwicklung ergaben sich jedoch Probleme. Die stärkere Wolfram-Abschwärzung durch höhere Betriebsströme und damit heißere Elektroden (siehe Richardson-Gleichung) führte einerseits zu einem Effizienzrückgang während der Lebensdauer. Andererseits traten durch die Erhöhung der Quarzwand-Temperatur verstärkte Wandreaktionen auf, die dann auch lebensdauerbegrenzend waren.

Ein möglicher Ausweg durch ein Absenken des Betriebsstromes und eine Erhöhung der Brennspannung durch höhere Hg Drucke war kaum möglich, da dann die Dichtigkeit des Brenners nicht mehr gegeben war. Der maximale Druck dem eine Quetschung standhält beträgt ca. 70 bar.

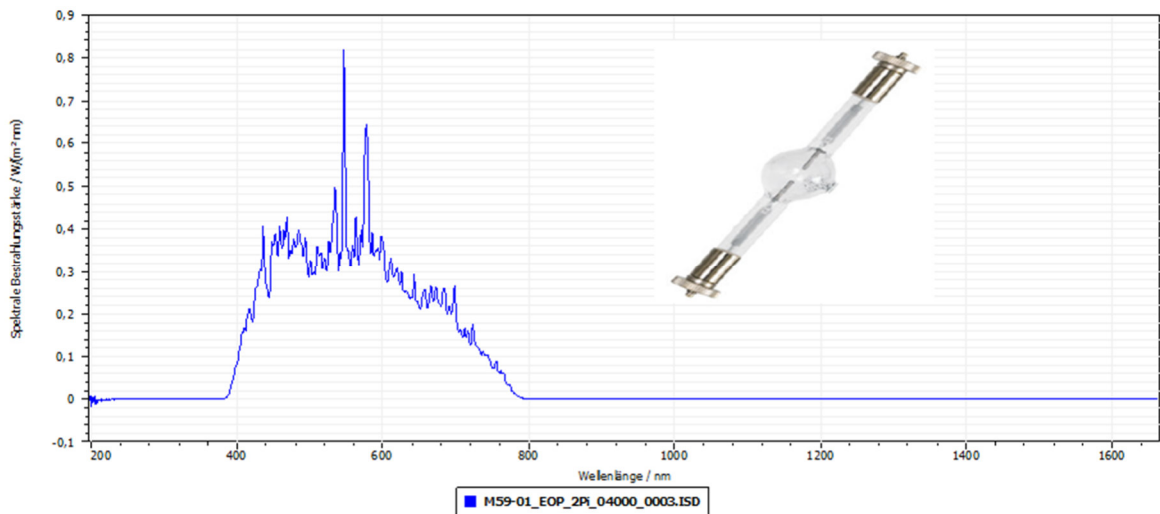


Abbildung 13 Photo einer SharXS HTI Entladung (oben rechts [1]) und typisches Spektrum eines HTI Brenners. Eigene Messung des Bühnenstrahlers Varilite VL 3500 - Spot.

Neben dem Seltenen Erden Viellinien- und Molekülspektrum treten auch Hg-Linien im Spektrum auf, wobei die Hg-Linien bei 408 und 436 nm bereits selbstumgekehrt sind. Bei Wellenlängen über 800 nm emittiert der Strahler kein Licht mehr, da die Hg Linien durch den höheren Quecksilberdruck ebenfalls selbstumgekehrt sind. Die Entladung ist oberhalb 800 nm optisch dicht.

Zum Verständnis des Effekts der Selbstumkehr von Spektrallinien in Hochdruckgasentladungen zitiere ich aus <http://www.chemgapedia.de/>:

*„Bei einem Linienstrahler kann es je nach den gegebenen physikalischen Umständen vorkommen, dass emittierte Strahlung von der Quelle auch wieder absorbiert wird. Bereits emittierte Strahlung wird dann auf ihrem Weg zum Beobachter wieder absorbiert. Je nach der (Halbwerts-)Breite der Absorptionslinie im Vergleich zur Emissionslinie kann es dann passieren, dass letztere an der Spitze eine "Delle" erhält. Dieses Verhalten wird als **Selbstumkehr** bezeichnet.“*

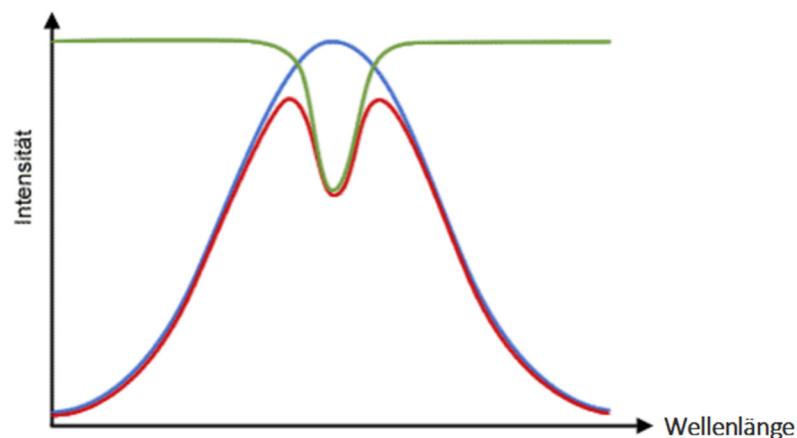


Abbildung 14 Selbstumkehr: Emissionslinie (blau) und Absorption (grün) ergeben das rot eingezeichnete Linienprofil. [5]

UHP

Eine ganz andere Entladung wurde im Forschungslabor der Firma Philips in Aachen entwickelt. Für den Einsatz in Beamern oder Projektionsfernsehern wurde eine Kurzbogenlampe mit hoher Lebensdauer (> 10.000 h) und hoher Leuchtdichte benötigt. Der Entwicklungsansatz sah eine Lampe ganz ohne Seltene Erden und Alkali Metallen vor. Einzig das Quecksilber sollte sowohl die nötige Brennspannung als auch die Lichtemission übernehmen. Um eine genügende Brennspannung bei einem Millimeter Elektrodenabstand ($d_e = 1$ mm) zu erreichen, war ein Quecksilberdruck von 200 bar und darüber nötig (daher der Name UHP: ultra high pressure). Für die UHP Lampe musste eine ganz neue Technologie entwickelt werden, die eine Lasereinschmelzung der Elektrode und des Molybdän-Bandes vorsah (Ersatz der Quetschung) und eine Befüllung der Lampe ohne Einfüllstutzen. Abbildung 15 zeigt die Realisierung des Konzeptes:

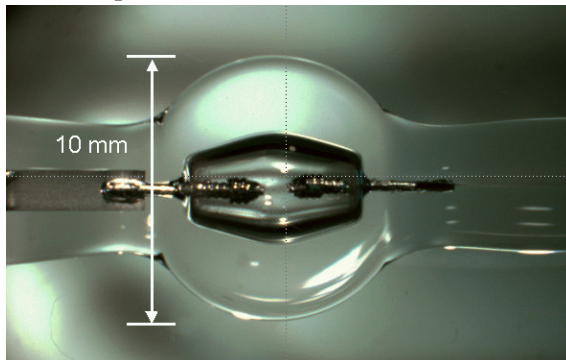


Abbildung 15 UHP-Brenner [4]

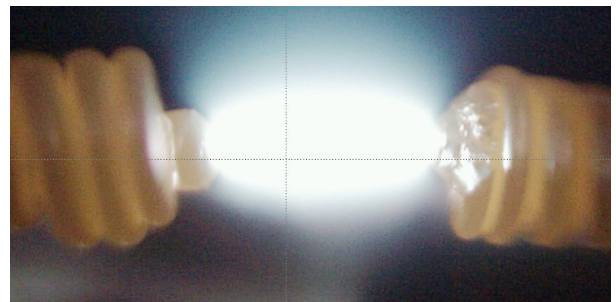


Abbildung 16 brennende Entladung zwischen den Elektroden [4]

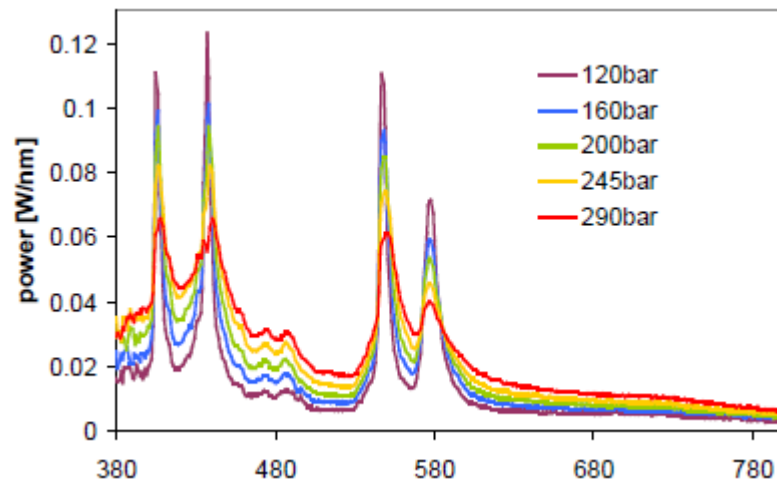


Abbildung 17 typische Spektren der UHP-Lampen abhängig vom Hg Druck [6]

Der wesentlichste Entwicklungsschritt ist dem Brenner aber nicht sofort anzusehen. Die Abschwärzung der Wolfram-Elektrode wurde durch einen regenerativen Halogenkreisprozess unterbunden. Dabei wird das abgeschwärzte Wolfram auf der Wand über die sich bildende Verbindung WO_2Br_2 wieder in die Gasphase gebracht. Abbildung 18 zeigt ein sogenanntes SPW (sum of partial pressures of Wolfram) Diagramm, das eine Ablagerung von Wolfram bei einer Temperatur von ca. 2500 K vorhersagt, dort wo der Summendruck SPW am niedrigsten ist.

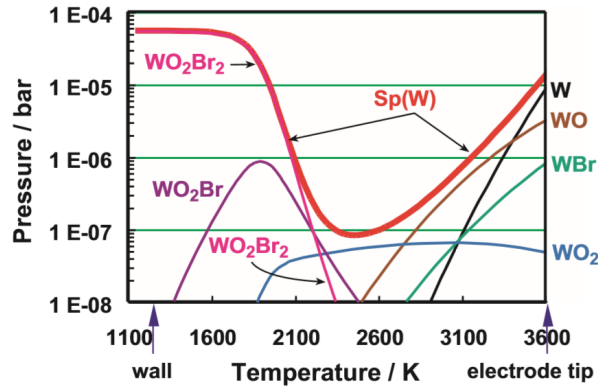


Abbildung 18 SPW Kurve mit den einzelnen Zerfalls-Verbindungen von WO_2Br_2 [6]

Da der Dampfdruck an der Elektrodenspitze (electrode tip) und an der Wand (wall) größer als der Dampfdruck bei ca. 2500 K ist, wird Wolfram in diesem Bereich angesammelt und nicht mehr auf der Wand des Brenners. Es tritt dann keine Abschwärzung der Gefäßwand auf.

Die benötigten Sauerstoff- und Brom- Anteile waren so gering, dass die Lampenherstellung Reinraumbedingungen erforderte, die sonst nur in der Halbleiterindustrie vorkommen.

Der zunächst in Beamern eingesetzte UHP-Brenner wurde in der Folgezeit auch für Bühnenscheinwerfer weiterentwickelt und erhielt Namen wie Sirius HRI (R steht hier für Reflektor) bei Osram und UHP, MSR Platinum bzw. MSD Platinum bei Philips (vgl. Abbildung 19, Abbildung 20 und Abbildung 21). Die Namensgebung ist etwas unglücklich, da die HRI und MSD/ MSR Platinum ja gar kein Metallhalogenid enthält. Daher wird in diesem Bericht die Bezeichnung UHP verwendet. In der Folgezeit führte die weitere Entwicklung auch zu höheren Leistungen unter Beibehaltung des kleinen Elektrodenabstandes.



Abbildung 19 Sirius HRI [1]



Abbildung 20 MSR Platinum [7]



Abbildung 21 MSD Platinum (mit Reflektor) [8]

Tabelle 2 Leistungen und Elektrodenabstände der Sirius HRI Familie [9]

SIRIUS® HRI lamps

Lamp Description	Product Number	Watts	Lumens	Avg Rated Life (hrs)	Color Temp (K)	CRI	Electrode Gap (Cold) (mm)
SIRIUS HRI 100W	54218	100	3680	6000	9000	60	1
SIRIUS HRI 132W	54476	132	5150	6000	9200	60	1
SIRIUS HRI 140W RO	54750	140	5400	6000	9200	60	1
SIRIUS HRI 5R 190W+	54402	190	8100	3000	8200	73	0.8
SIRIUS HRI 230W	54403	230	9500	2500	8000	75	1
SIRIUS HRI 231W	55184	230	10800	2000	7900	75	1
SIRIUS HRI 280W RO	54498	280	11500	2000	7800	78	0.9
SIRIUS HRI 281W	55196	280	13000	2000	7800	78	1
SIRIUS HRI 330W	54405	330	18000	1500	7400	86	1
SIRIUS HRI 330W XL	54714	330	16500	1500	7250	71	1.3
SIRIUS HRI 330W X8	54738	330	18000	1500	8000	85	1.2
SIRIUS HRI 371W	55194	370	18300	1500	7650	85	1.1
SIRIUS HRI 371W S	55195	370	19800	1500	7650	85	1.1
SIRIUS HRI 440W	54626	440	22000	1500	7000	80	1.3
SIRIUS HRI 440W H	55189	440	18000	1500	7500	80	1.3
SIRIUS HRI 440W S	54615	440	22800	1500	7000	80	1.3
SIRIUS HRI 440W X	55218	440	22000	1500	7000	80	1.3
SIRIUS HRI 470W RO	55084	470	19500	1500	7500	80	1.3
SIRIUS HRI 471W SN	55248	470	23900	1500	7500	80	1.3
SIRIUS HRI 550W S	55246	550	25800	1500	7700	80	1.5
SIRIUS HRI 550W XL	55247	550	23800	1500	7500	80	1.5

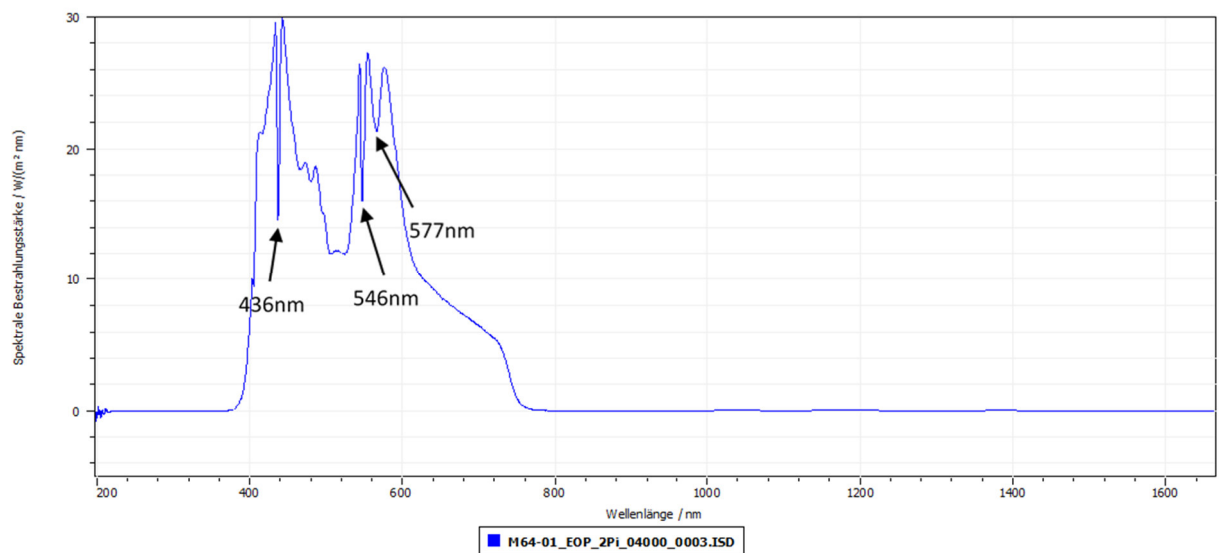


Abbildung 22 typisches Spektrum einer UHP-Lampe (Philips MSD Platinum 480W)

Eigene Messung des Bühnenstrahlers Elation Smarty Hybrid. Gut zu erkennen sind die selbstumgekehrten und stark druckverbreiterten Hg-Linien bei 436nm, 546nm und 577nm. Oberhalb von 800nm ist die Entladung optisch dicht.

CDM

Die Entwicklung der CDM Lampen wurde durch ein Problem beim Einsatz von Metallhalogenid Lampen im Bereich Schaufensterbeleuchtung („Shop Lighting“) angetrieben. Experimente hatten gezeigt, dass man Farbtemperaturen im Bereich 3000 K (warm weiß) nur erreichen kann, wenn der Dampfdruck von den Seltenen Erden Halogenide und damit auch die Menge von Seltenen Erden Atomen in der Gasphase erhöht wird.

Neben der Anwendung im Bereich „Shop Lighting“ gibt es im Bereich „Studio Lighting (TV, ..)“ die Notwendigkeit, eine Farbtemperatur von 3000 K zu erreichen. Dies kann auf zwei Wegen erreicht werden:

- a) Man nimmt einen HMI Brenner und versieht ihn mit einem Außenkolben, der Licht im Bereich blau und grün absorbiert (wie dies für „HMI Studio“ Brenner gemacht wird) oder
- b) Man realisiert die 3000 K Brenner mittels der neuen DGA Technologie.

DGA steht für „dicht gesintertes Aluminiumoxid“. Mit Aluminiumoxid erreicht man im Vergleich zu Quarz (Siliziumoxid) höhere Wandtemperaturen. Quarz erreicht lediglich eine maximale Wandtemperatur von 1000°C. Im Gegensatz zu Quarz kann man Aluminiumoxid aber nicht glasbläserich formen. Aluminiumoxid muss in einem Prozess, wie man ihn von Keramiken her kennt, gesintert werden, d.h. Körner aus Aluminiumoxid werden gepresst und gebrannt. Es entsteht dann ein Produkt, welches transluzent (durchscheinend) ist, d.h. das DGA absorbiert zwar kein Licht, streut aber das Licht. Das hat zur Folge, dass DGA Lampen eine kleine Leuchtdichte besitzen.

DGA Brenner heißen bei General Electric CMH, bei Philips CDM und bei Osram HCI-Power Ball. Verschiedene Geometrien von DGA Brennern werden in Abbildung 23, Abbildung 24 und Abbildung 25 gezeigt.



Abbildung 23 Philips
CDM 150W [10]



Abbildung 24 Osram
Power Ball 150W [11]



Abbildung 25 Philips
Master Colour
CDM-T
250W/942 [12]

Betrachten wir die Philips Master Colour CDM-T 250W/942 genauer. Aus Angaben im Datenblatt ist zu entnehmen, dass der DGA Brenner die Form eines Rotationsellipsoids hat mit einer Oberfläche von ca. $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ (eigene Abschätzung aus Angaben im Datenblatt). Die Größe der strahlenden Fläche wird uns noch öfters begegnen, da sie eine wichtige Kenngröße für die Leuchtdichte ist, die wiederum für die Gefahrenklasse eines Strahlers maßgeblich ist.

Kennzahlen von Hochdruckgasentladungen

Tabelle 3 Typische Kennzahlen der besprochenen Hochdrucklampen

(Der R_a Wert gibt die Lichtqualität an, d.h. inwieweit die Lampe dem Lichtspektrum eines schwarzen Körpers nahekommt.)

	Effizienz in lm/W	Farbtemp. in Kelvin	Leistung in Watt	Leuchtdichte in Mcd/m ²	Lebensdauer in Stunden	R_a - Wert
HMI/MSR	70 - 90	6000	150-24.000	30 - 250	1000	90
HTI/MSR short arc	30 - 70	6000 - 7000	400-1.800	100 - 500	< 500	80
UHP	40 - 60	7000 - 9000	100-550	1000 - 4000	1.500 - 6.000	60-80
CDM	100	3000 (auch 4000)	35-250	10 - 30	5.000 - 15.000	90

Abschätzung der Leuchtdichte und der Strahldichten von Hochdruckgasentladungslampen

Bevor wir uns den Grundlagen der „High Power LEDs“ zuwenden, werden noch einige Aspekte der Leuchtdichte von Entladungslampen erläutert. Wir versuchen an dieser Stelle aus Elektrodenabstand, Leistung, Effizienz und Spektrum die Leuchtdichte und die Strahldichten abzuschätzen.

Wenden wir uns zunächst der Leuchtdichte zu.

Die leuchtende Fläche eines Quarzstrahlers lässt sich grob als Manteloberfläche eines Zylinders der Länge d (d = Elektrodenabstand) und Durchmesser $d/2$ abschätzen. Abbildung 26 zeigt die leuchtende Fläche eines UHP Brenners mit den geometrischen Abmessungen. An dieser Stelle möchte ich betonen, dass es sich hier um eine grobe Abschätzung handelt. Korrekterweise müsste man die „Fläche“ ersetzen durch ein strahlendes Volumen unterschiedlicher optischer Dichte. Auch der Wert $d/2$ für den Zylinder Durchmesser ist lediglich eine empirische Abschätzung.

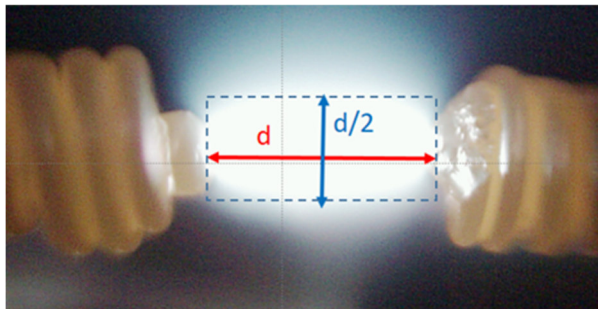


Abbildung 26 Leuchtende „Fläche“ eines UHP Brenners (Umrisse in blau)

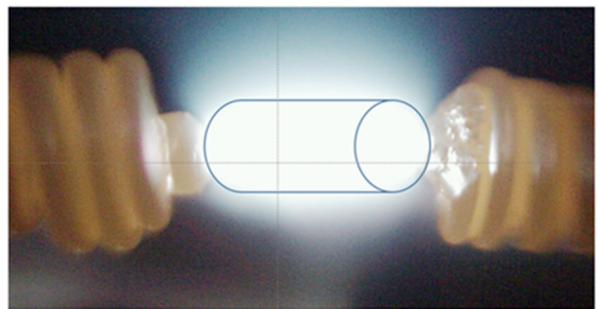


Abbildung 27 Leuchtender „Zylinder“ eines UHP Brenners (Umrisse in blau)

Für die leuchtende Fläche F ergibt sich:

$$F = \text{Zylinderlänge} \cdot \text{Zylinderumfang} = d \cdot 2\pi \cdot \frac{d}{4} = \pi \cdot d^2/2 \quad \text{Fläche F (2)}$$

Es wird nun angenommen, dass die Oberfläche des Zylinders ein Lambert Strahler ist, d.h.

$$L(\theta) = L_0 \cdot \cos \theta \quad \text{Leuchtdichte } L(\theta) \text{ (3)}$$

$L(\theta)$ ist die in θ -Richtung abgestrahlte Leuchtdichte. Integriert man die Leuchtdichte über den Raumwinkel und multipliziert man sie mit der strahlenden Fläche erhält man den Lichtstrom Φ :

$$\Phi = F \cdot \iint L(\theta) \cdot \sin \theta \cdot d\theta \cdot d\varphi = F \cdot L_0 \cdot \pi = L_0 \cdot \frac{\pi^2 \cdot d^2}{2}$$

Dabei wurde benutzt:

Lichtstrom Φ (4)

$$\int_0^{90} \cos \theta \cdot \sin \theta \cdot d\theta = 1/2$$

Ersetzt man Φ noch durch die Effizienz η (Einheit: Lumen pro Watt) und die elektrische Input Leistung P_e des Brenners, erhält man für die Leuchtdichte L_0 :

$$L_0 = \frac{2 \cdot \Phi}{\pi^2 \cdot d^2} = \frac{2 \cdot \eta \cdot P_e}{\pi^2 \cdot d^2}$$

Leuchtdichte L_0 (5)

In den folgenden Kapiteln lasse ich den Zusatz „0“ in der Leuchtdichte weg und ersetze ihn durch „V“. V soll an die Bezeichnung der Augenempfindlichkeitskurve $V(\lambda)$ erinnern:

$$L_V = \frac{2 \cdot \Phi}{\pi^2 \cdot d^2} = \frac{2 \cdot \eta \cdot P_e}{\pi^2 \cdot d^2}$$

Leuchtdichte L_V (6)

Will man die biologisch wirksamen effektiven Strahldichten (z.B. die Blaulicht-gewichtete Strahldichte L_B) berechnen, muss

$$\Phi = 683 \frac{\text{lm}}{\text{W}} \cdot \int I(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda$$

Lichtstrom Φ (7)

ersetzt werden durch:

$$\Phi_B = \int I(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$

Lichtstrom Φ_B (8)

$I(\lambda)$ ist die von der Lichtquelle abgestrahlte spektrale Leistung. Damit ergibt sich für die Blaulicht-gewichtete Strahldichte L_B :

$$L_B = f_B \cdot \frac{2 \cdot \eta \cdot P_e}{\pi^2 \cdot d^2}$$

Strahldichte L_B (9)

Mit dem Blaulicht Faktor f_B :

$$f_B = \frac{\int I(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda}{683 \frac{\text{lm}}{\text{W}} \cdot \int I(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \quad \text{Faktor } f_B \text{ (10)}$$

f_B hängt nur noch vom Spektrum des Strahlers ab. Für die gewichteten Strahldichten L_R und L_{IR} gelten entsprechende Formeln.

Wir werden im Abschnitt „Auswertung und Gesamtübersicht“ sehen, dass bei den meisten Bühnenstrahlern die Beziehung $L_{\text{Bühnenstrahler}} = L_{\text{Lichtquelle}}$ gilt. Die Formel

$$L_V = \frac{2 \cdot \Phi}{\pi^2 \cdot d^2} = \frac{2 \cdot \eta \cdot P_e}{\pi^2 \cdot d^2} \quad \text{Leuchtdichte } L_V \text{ (11)}$$

suggeriert, dass die Leuchtdichte linear von der Leistung abhängt. Abbildung 28 zeigt, dass diese Überlegung nicht richtig ist:

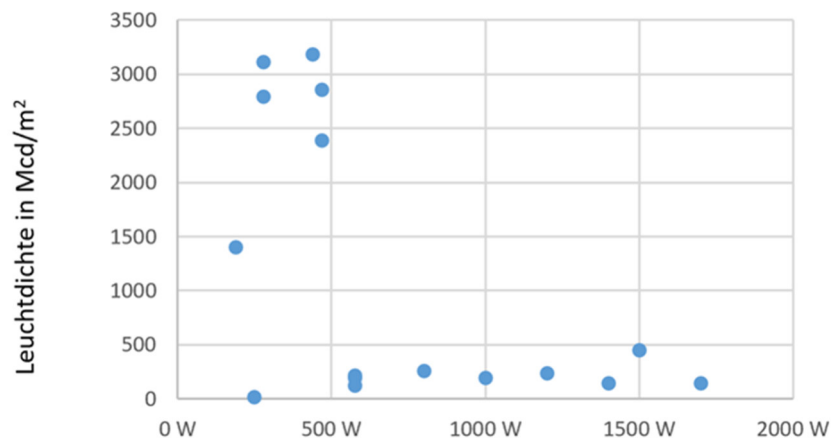


Abbildung 28 Abhängigkeit der Leuchtdichte $L_V = f(P_e)$

Die hier tangierte Fragestellung lautet: Warum kann man nicht einfach die Entladungslampen mit höherer Leistung betreiben, ohne den Elektrodenabstand zu erhöhen? Die Antwort ist einfach: Würde man eine Entladungslampe mit der n -fachen Leistung betreiben, würde sie explodieren. Weder die Quarz- bzw. DGA-Wand noch die Elektroden sind für eine höhere Leistung konstruiert. Eine in der Lichttechnik gebräuchliche Design-Regel besagt, dass man bei n -facher Leistung die geometrischen Abmessungen (wie etwa der Elektrodenabstand) mit Wurzel n vergrößern muss, d.h. die Oberflächen wachsen mit n . Diese Regel führt einerseits zu einer gleich starken Wandbelastung, andererseits aber auch zu einer gleich hohen Leuchtdichte, da das Licht emittierende Plasma (als blauer Zylinder angedeutet in Abbildung 29) zwar die n -fache Leistung aufnimmt aber auch eine n -fache Oberfläche hat.

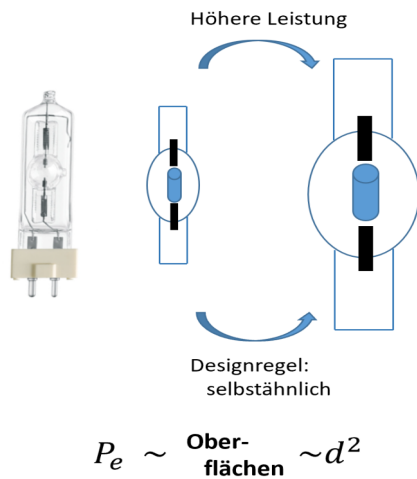


Abbildung 29 Designregel in der Lichttechnik

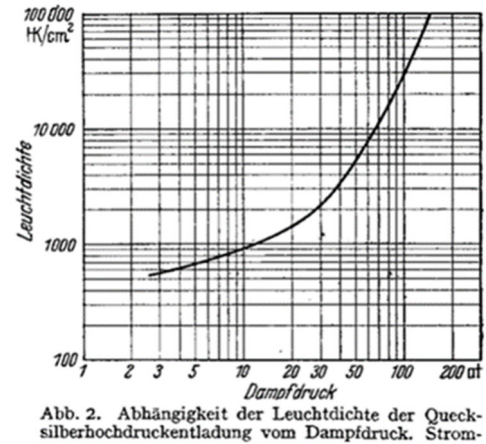


Abbildung 30 Abhängigkeit der Leuchtdichte der Quecksilberhochdruckentladung von Dampfdruck [13]

Will man eine höhere Leuchtdichte erreichen, muss man einen anderen Typ von Entladungslampe konstruieren. Ein Weg führt dabei über den Quecksilberdruck. In Entladungslampen kann man die Spannung (genauer gesagt die Feldstärke) über den Quecksilberdruck einstellen, da Quecksilber einen hohen Elektron-Einfangquerschnitt besitzt. Abbildung 30 zeigt die Abhängigkeit der Leuchtdichte vom Quecksilberdruck.

Die von Lichtfirmen wie Osram und Philips entwickelten Entladungslampen folgen daher der Leitlinie, technologisch einen höheren Quecksilberdruck zu ermöglichen. Entscheidende technologische Durchbrüche waren die Lasereinschmelzung und der Halogenkreisprozess. Abbildung 31 zeigt die Rangfolge bezogen auf die erreichbare Leuchtdichte der Lampenfamilien: CDM, HMI, HMI SA und UHP.

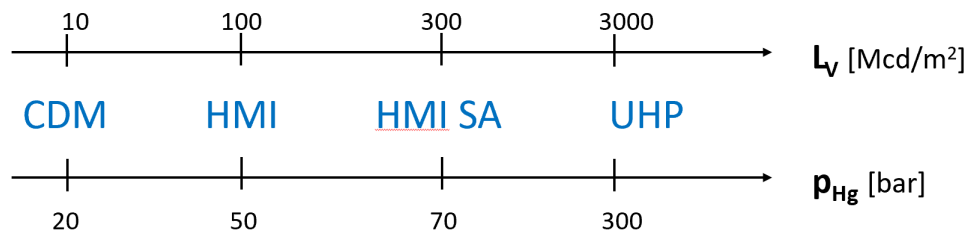


Abbildung 31 Rangfolge erreichbare Leuchtdichte der Lampenfamilien: CDM, HMI, HMI SA und UHP

Man sieht sehr deutlich, dass die Leuchtdichten und damit auch die effektiven Strahldichten im Wesentlichen vom Typ der Entladung abhängt und sich klar eine Rangfolge bei den Leucht- und Strahldichten ergibt: UHP > HMI SA > HMI > CDM.

High Power LEDs

Bei Bühnenscheinwerfer werden zunehmend LEDs eingesetzt. Sie unterscheiden sich von den üblichen LEDs, wie sie z.B. in Bereich Home-Lighting eingesetzt werden, in einer höheren Leistungsdichte, d.h. in einer höheren abgestrahlten Leistung pro LED-Halbleiter-Fläche.

Tabelle 4 zeigt die von uns gemessenen LED-Bühnenstrahler und ihr LED-Leuchtmittel. Bei den meisten LED-Strahlern ist die LED-Quelle in den Datenblättern nicht angegeben. Oft wird dann von einer LED-Engine gesprochen. Bei einigen Bühnenstrahlern ist die LED-Quelle aber angegeben.

Tabelle 4 Gemessene LED-Bühnenstrahler und deren LED-Leuchtmittel.

Bemerkung: Bei den meisten LED-Strahlern ist die LED-Quelle in den Datenblättern nicht angegeben. Oft wird dann von einer LED-Engine gesprochen. Bei einigen Bühnenstrahlern ist die LED-Quelle aber angegeben: siehe rote Schrift in der Tabelle

Bühnenstrahler	Leistung in Watt	LED-Quelle	Scheinwerfertyp
Arri L7-C	220	220W RGB LED-Engine	Spot/ Fresnel
SGM P5	440	44 x high-power 10W RGBW LEDs (LuxiGen LZ 4)	Fluter/ Linsen
Martin Atomic LED	740	228 x Cree XLamp XP-L, 10W White	Fluter
ETC S4 Lustr+ S2	220	Spezielles 7-Farb-, x7 LED-Array: RGB + Amber Indigo Cyan Lime + W (RGB AICL W) 60 Luxeon® Rebel LED-Emitter	Spot/ Linsen
Robe Spiider	780	19 RGBW Multi-Chip LEDs, 1x40W, 18x60W	Moving Light/ Linsen
Ayrton Ghibli	600	600W LED-Engine	Moving Light/ Beam
JB Lighting P18 Spot	1000	1000W LED-Engine	Moving Light/ Spot
Elation KL Fresnel 8"	350	350W White LED-Engine	Fresnel
Robe Esprite Spot	650	650W white LED	Moving Light/ Spot
Clay Paky HY B-Eye K25	37x30W	37 OSRAM Ostar RGBW LEDs à 30W	Moving Light/ Wash
JB Lighting P12 Wash	640	640W white LED-Engine	Moving Light/ Fresnel
GLP JDC 1	1200	216 x CREE XP L cool white, 1320 x OSRAM LRTB GRTG RGB	Fluter
GLP KNV Cube	750	950W LED-Matrix	Matrix
GLP X4 Impression	285	285W LED-Engine/ Moving Light/ Wash RGBW-LED, 19x Osram Ostar à 15W	Moving Light/ Zoom
Martin Era 800	800	800W-Engine, LEDs unbekannt	Moving Light/ Profil
Ayrton HuracanX	1000	1000W-Engine (8000 K), LEDs unbekannt	Moving Light/ Spot

LuxiGen LZ 4

Beim Bühnenstrahler SGM P5 (440W LED) werden 44 high-power RGBW LEDs mit jeweils 10W eingesetzt. RGBW heißt dabei rot-grün-blau-weiß. Diese LEDs werden von der Osram Tochterfirma „LED Engin“ aus Kalifornien hergestellt. Die 4 in „LuxiGen LZ 4“ (Abbildung 32) gibt die Anzahl der LED dyes an. Mit „dye“ (manchmal auch „die“ geschrieben) wird in der Halbleiterindustrie der LED-Halbleiter-Chip bezeichnet.

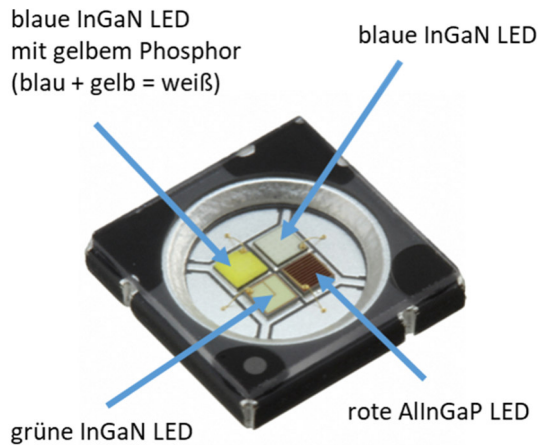


Abbildung 32 Foto LuxiGen LZ 4 [2]

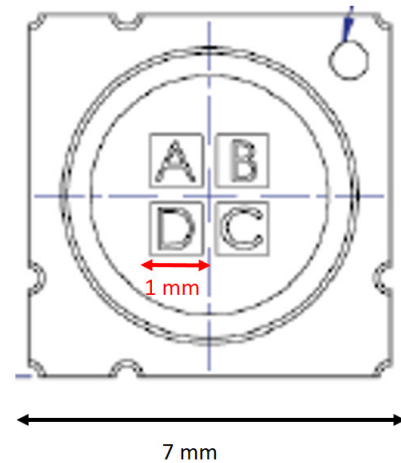


Abbildung 33 Größe LuxiGen LZ 4 [2]

Bei den 4 dies handelt es sich um 3 farbige (RGB: rot/grün/blau) und eine weiße LED. Die rote LED ist eine AlInGaP (Aluminium, Indium, Gallium, Phosphor) LED. Die grüne und die blaue LED sind InGaN LEDs, wobei die Farbe vom Gehalt des In (Indium) im GaN Gitter abhängt. Die weiße LED (siehe Abbildung 32: gelber Bereich) ist eine blaue LED aus InGaN, die mit einem YAG:Ce Phosphor bedeckt ist, der die blaue Strahlung in gelbes Licht wandelt und so zusammen mit dem Blau einen weißen Farbeindruck ergibt. Die 4 dies sind jeweils ca. 1 mm^2 groß und werden mit jeweils 2,5 Watt betrieben (siehe Abbildung 33).

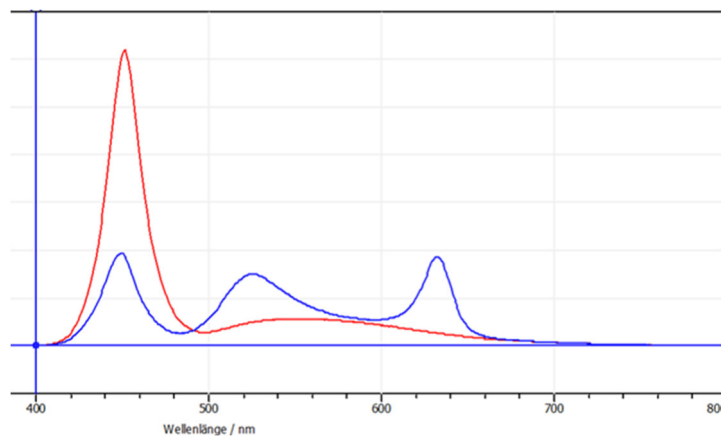


Abbildung 34 Spektrum einer LuxiGen LZ 4

rote Kurve: nur blaue + weiße dies an (BW). Blaue Kurve: alle 4 dies an (RGBW)

Laut Hersteller hat das LED Modul folgende Kennwerte:

- 450 Lumen bei 10 Watt und somit eine Effizienz von 45 lm/W
- Leuchtdicht 40 Mcd/m².

Osram Ostar

Die Osram Ostar LED-Quelle (Abbildung 36) wurde für Anwendungen im Bereich Bühne entwickelt. Es gibt sie als 15W- und als 30W-Variante.

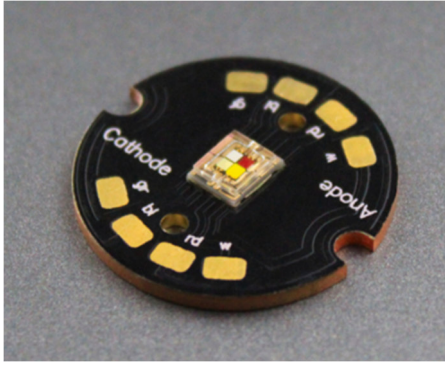


Abbildung 35 Osram Ostar: auf Kupfer-Rundplatine
[14]

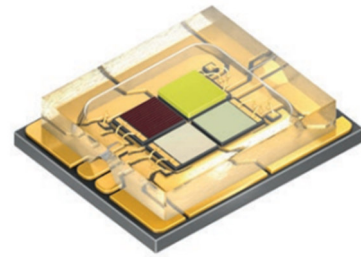


Abbildung 36 Osram Ostar: RGBW- LED Lichtquelle
[15]

Die Osram Ostar ist in ihren Kenngrößen der LuxiGen LZ 4 sehr ähnlich: 1200 Lumen bei 30 Watt und somit eine Effizienz von 40 lm/W, Leuchtdichte 48 Mcd/m².

Cree XP L

Die Cree XP-L gibt es in 2 Ausführungen: „High Density“ (Abbildung 37): optimiert für eine hohe Effizienz und „High Intensity“ (Abbildung 38) optimiert für eine hohe Leuchtdichte.

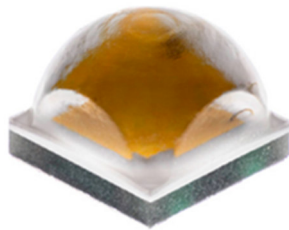


Abbildung 37 Cree XP-L High Density LED [16]

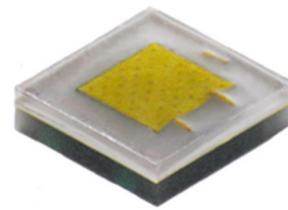


Abbildung 38 Cree XP-L High Intensity LED [16]

Laut Hersteller hat das LED Modul folgende Kennwerte:

- 1150 Lumen bei 10W und somit eine Effizienz von 115 lm/W
- Leuchtdichte 40 Mcd/m².
-

Die hohe Effizienz mag zunächst überraschen, ist aber typisch für rein weiße LEDs. Auch die oben genannten LuxiGen LZ 4 und Osram Ostar gibt es in einer rein weißen Ausführung mit dann der doppelten Effizienz und Leuchtdichte. Grund für diesen Effizienz Unterschied sind die (im Vergleich zu weißen LEDs) niedrige Effizienz der farbigen LEDs. Bei den roten und blauen LEDs liegt der Grund in den niedrigen Werten der Augenempfindlichkeitskurve für rot und blau, bei der grünen LED ist es ein Problem in der Gitterstruktur der grünen LED:

Grüne LEDs basieren auf In_xGa_{1-x}N Halbleitern. Reine GaN LEDs (x=0) haben dabei einen großen Bandabstand von 3,4 eV und liefern 365nm-UV Licht. Durch den Zusatz von Indium sinkt der Bandabstand und so können mit zunehmender Indium Menge die Emissionswellenlänge gesenkt werden bis in den grünen Bereich (x≈0,5). Leider hat Indium Nitrid eine deutlich anderen Gitterkonstante als GaN. Dadurch entstehen Spannungen und Risse im Halbleiter, was zu einer niedrigen Effizienz führt.

Luxeon® Rebel Color Line

Die Luxeon LEDs werden von der Philips Tochter Lumiled angeboten. Speziell die Luxeon® Rebel Color Line LEDs werden im Bühnenstrahler „ETC S4 Lustr+ S2“ hauptsächlich wegen ihrer Farbvariationen (vgl. Abbildung 40) eingesetzt.

Bei dieser LED-Serie werden neben **RGB** und **Weiß** auch weitere Farben z.B. **Amber**, **Indigo**, **Cyan**, **Lime**, angeboten.

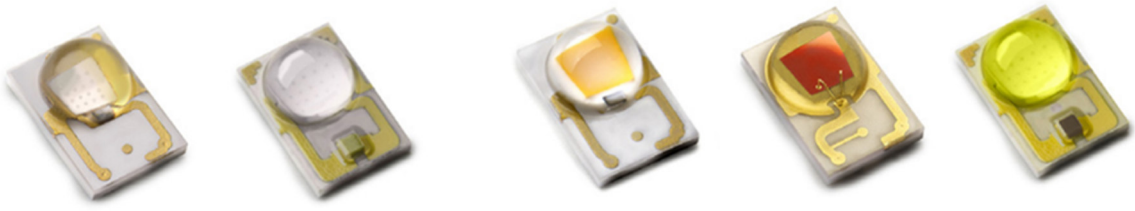
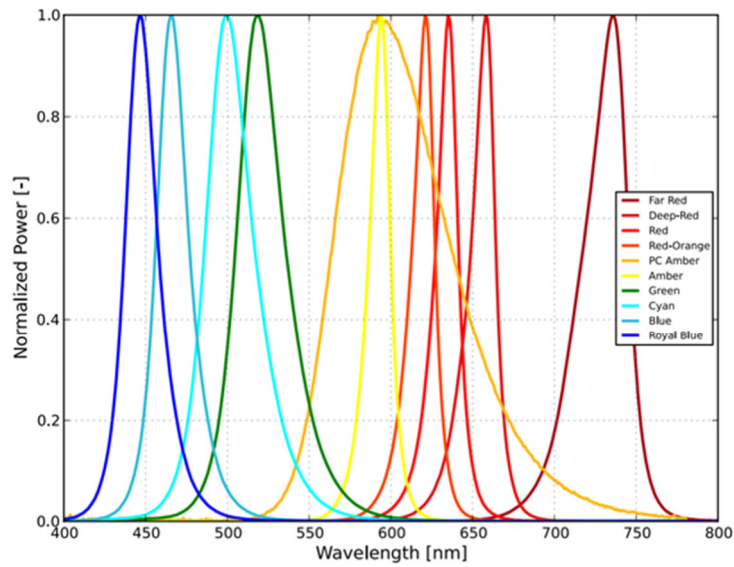


Abbildung 39 verschiedene Luxeon Rebel LEDs [17]



Typical normalized power vs. wavelength for LUXEON Rebel Far Red, Deep Red, Red, Red-Orange, PC Amber, Amber, Green, Cyan, Blue and Royal Blue at test current, $T_j=25^\circ\text{C}$.

Abbildung 40 Emissionsspektren der verschiedenen farbigen LEDs [17]

Abschätzung der Leuchtdichte und der Strahldichte von Hochleistungs-LEDs

Betrachten wir wieder exemplarisch die LZ4 LEDs von LED Engin.

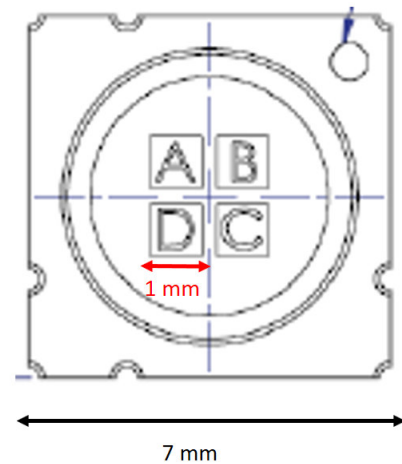
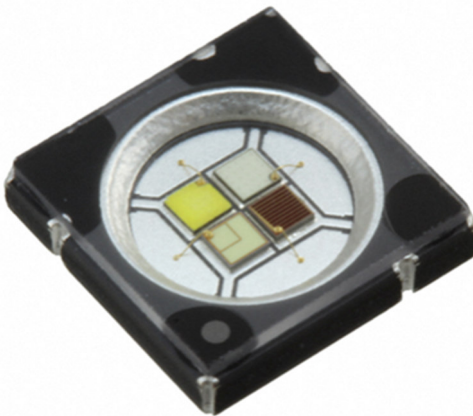


Abbildung 41 Foto LuxiGen LZ 4 [2]

Abbildung 42 Größe LuxiGen LZ 4 [2]

Die 4 dies sind jeweils ca. 1mm^2 groß und werden mit jeweils 2,5 Watt betrieben.

Aus der Formel folgt für die Leuchtdichte:

$$L_0 = \frac{\Phi}{\pi \cdot F} \quad \text{Leuchtdichte (12)}$$

folgt mit $P_e = 10 \text{ W}$, $\eta = 50 \text{ lm/W}$ (es gibt Angaben von 45 bis 55 lm/W), $F = 4 \text{ mm}^2$:

$$L_0 = \frac{\Phi}{\pi \cdot F} = \frac{\eta \cdot P_e}{\pi \cdot F} = \frac{50 \frac{\text{lm}}{\text{W}} \cdot 10 \text{ W}}{\pi \text{ sr} \cdot 4 \text{ mm}^2} = 40 \frac{\text{Mcd}}{\text{m}^2} \quad \text{Leuchtdichte (13)}$$

Bei einigen Bühnenstrahlern wird allerdings die Leistung gedrosselt und nicht alle 4 Dyes mit 2.5 Watt bedient. Daher schätzen wir die Leuchtdichte für RGBW LEDs mit 20-40 Mcd/m² ab. Für rein weiße W LEDs erreicht man die doppelte Leuchtdichte: 40-80 Mcd/m² – in Einzelfällen auch darüber.

Die Effizienz und auch die Leuchtdichte von LEDs wird in den nächsten Jahren (im Gegensatz zu den Entladungslampen) weiter steigen. Begrenzt wird die Effizienz und die Leuchtdichte einerseits durch die Qualität des InGaN Halbleitermaterials andererseits durch das thermische Management der LED Platine. Abbildung 43 zeigt den Effizienzverlust der LEDs mit steigender Temperatur:

Typical Relative Light Output over Temperature

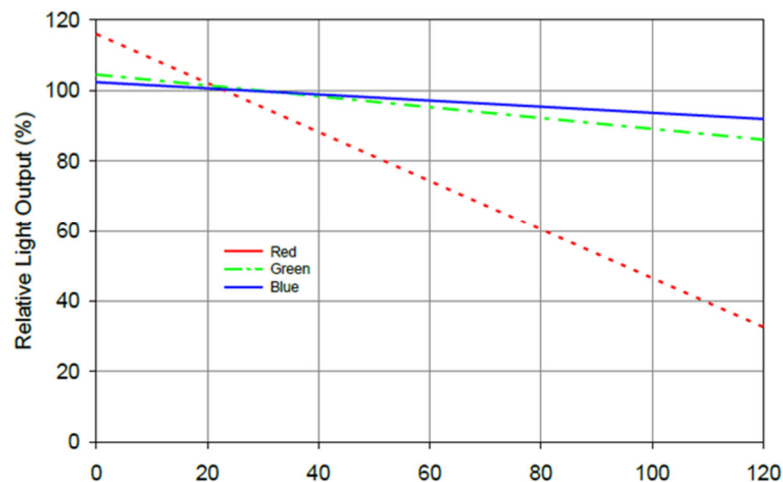


Abbildung 43 Temperatur abhängige Emission der farbigen Dyes bezogen auf 20 °C.

Besonders stark ist der Effizienz-Verlust der roten AlInGaP LED mit 0,7 %/°C.

In Zukunft² werden LED Effizienzen von 200 lm/W und Leuchtdichten von bis zu 500 Mcd/m² erreicht werden.

So erreicht die „Osram Boost HM“ - entwickelt für den Einsatz in Frontscheinwerfern im Auto - heute schon 255 Mcd/m².

² <https://www.osram.de/os/press/press-releases/new-led-from-osram-enables-ultra-slim-designs-for-headlights.jsp>

Halbleiter-LASER (Diodenlaser)

Die rasante Entwicklung von Halbleiterlasern (auch Diodenlaser oder Laserdioden genannt) hat in den letzten Jahren zu Laserleistungen geführt, die die Halbleiter-Laser als Lichtquelle zunehmend attraktiv machen. Insbesondere die hohen Strahldichten machen die Laser für die Bühnentechnik interessant.

Man unterscheidet zwei Technologien:

- monochromatische Halbleiterlaser in den drei Grundfarben rot, grün und blau
- Phosphor konvertiertes Laserlicht

Monochromatische Halbleiterlaser

Halbleiterlaser weisen eine Verwandtschaft zu LEDs auf. Sie werden aus den gleichen Ausgangsmaterialien hergestellt und es wird die gleichen Halbleitertechnologie benutzt. Jedoch sind die Dotierungen wesentlich höher und der lichtemittierende Bereich wird durch verschiedene Maßnahmen räumlich eingeschränkt, um die nötige Schwellenstromdichte, die für den Laserbetrieb notwendig ist, zu erreichen.

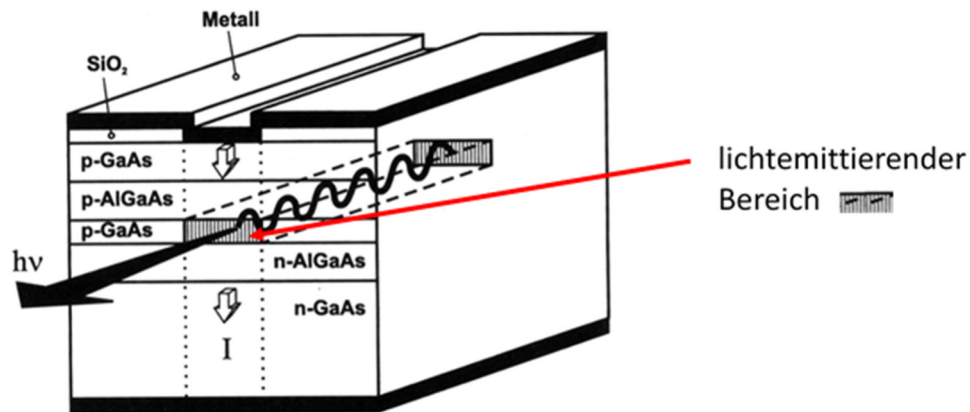


Abbildung 44 Aufbau eines infraroten Halbleiterlaser aus GaAs [18]

Der lichtemittierende Bereich (oben schraffiert eingezeichnet) hat eine typische Ausdehnung von $5\mu\text{m} \cdot 1\mu\text{m}$. Beugungsbedingt wird der Laserstrahl dadurch aufgeweitet, umso stärker je kleiner die Ausdehnung. Dieser Effekt begrenzt die maximal erreichbare Strahldichte auf

$$L = \frac{P}{(2\lambda)^2 \cdot sr} \quad \text{Strahldichte } L \text{ (14)}$$

P ist die Leistung des Lasers und λ die Wellenlänge.

Der einzige Bühnenstrahler, der die Lasertechnologie verwendet, ist der „Clay Paky Xtylos CJ3000“. Bei diesem Strahler werden RGB-Diodenlaser verwendet. Der Clay Paky Xtylos wurde 2019 auf der Prolight und Sound eingeführt.



Abbildung 45 Clay Paky Xtylos [19]

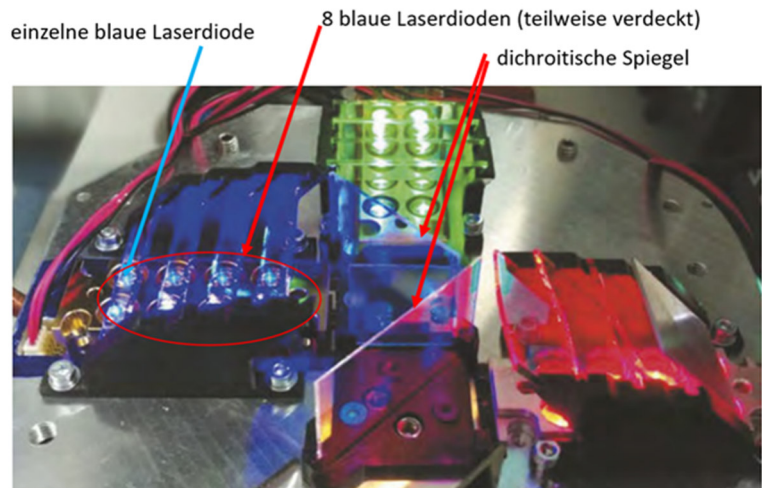


Abbildung 46 3x8 Laserdioden, die über dichroitische Spiegel zusammengeführt werden [20]

Der Abstrahlwinkel von $1^\circ - 7^\circ$ ist extrem schmal und so nur mit der hohen Strahldichte der Laserlichtquelle realisierbar. Die Laserlichtquelle besteht aus 24 Diodenlasern (8 Laser pro Farbe) à 12.5W, was insgesamt 300W ergibt.

Die Lichttechnischen Daten sind mit ca. 3000 lm bei 300W und somit einer Effizienz von 10 lm/W zunächst enttäuschend. Was den Clay Paky Xtylos interessant macht, ist das monochromatische Licht sowie der schmale Abstrahlwinkel von bis zu 1° .

Wir werden später sehen, dass der Clay Paky Xtylos eine Leuchtdichte von 1200 Mcd/m^2 hat.

Theoretisch möglich wäre eine Leuchtdichte von unglaublichen

$$L = \frac{200 \frac{\text{lm}}{\text{W}} \cdot 300\text{W}}{(2 \cdot 500\text{nm})^2 \cdot \text{sr}} = 6 \cdot 10^{10} \frac{\text{Mcd}}{\text{m}^2} \quad \text{Leuchtdichte L (15)}$$

möglich (200 lm/W ist der Umrechnungsfaktor für weißes Licht und 500 nm ist eine mittlere Wellenlänge).

Phosphor konvertiertes Laserlicht

Beim Phosphor konvertiertem Laserlicht regt ein blauer Diodenlaser einen gelben Phosphor an. Blau und Gelb ergeben dann weiß:

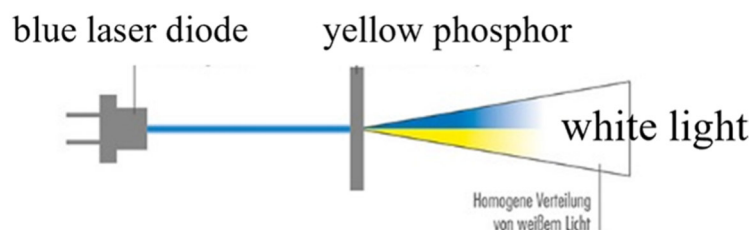


Abbildung 47 Ein blauer Diodenlaser regt einen gelben Phosphor an [3]

Anwendung findet das Konzept als Frontlicht bei hochpreisigen Autos wie Audi R8 und BMW i8.

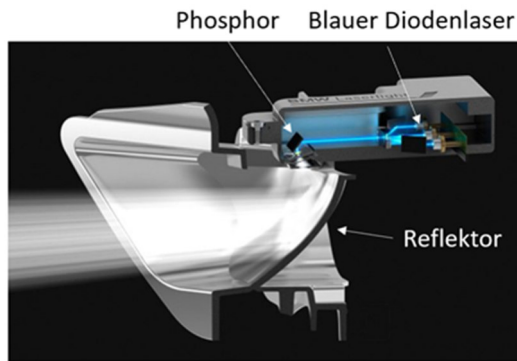


Abbildung 48 Scheinwerfer mit blauem Laser, gelbem Phosphor und Reflektor [21]



Abbildung 49 BMW i8 [22]

Bisher erreicht die Technologie in der Praxis 3700 Mcd/m^2 .

Im Bereich Bühnenstrahler findet die Technologie des Phosphor-konvertierten-Laserlichts noch keine Anwendung.

Exoten

Xenon-Blitzlampen

Bei den Xenon- Blitzlampen besteht das Füllgas einzig aus Xenon. Ein Bühnenscheinwerfer dieses Typs ist der „Martin Atomic 3000 (Xenon)“ (Abbildung 50).



Abbildung 50 Scheinwerfer Martin Atomic 3000 (Xenon)

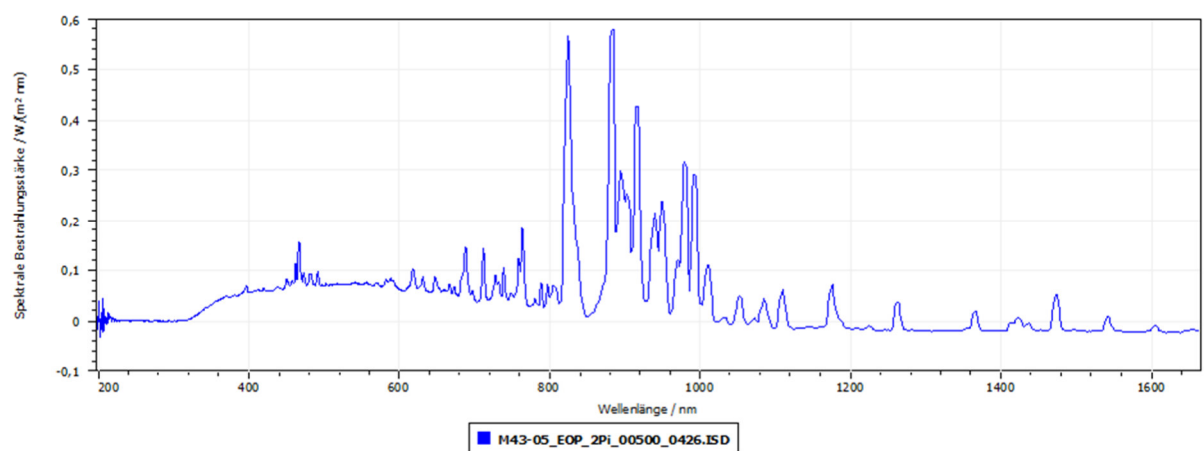


Abbildung 51 Emissions-Spektrum mit typischem Xe-Viellinien-Spektrum

Xenon-Gleichstrom-Höchstdrucklampen

Eine ganz andere Lichtquelle ist die Xenon-Gleichstrom-Höchstdrucklampen (Abbildung 52). Bei dieser Technologie wird als Lichtquelle der besonders lichtintensive Teil direkt vor der Kathode benutzt.

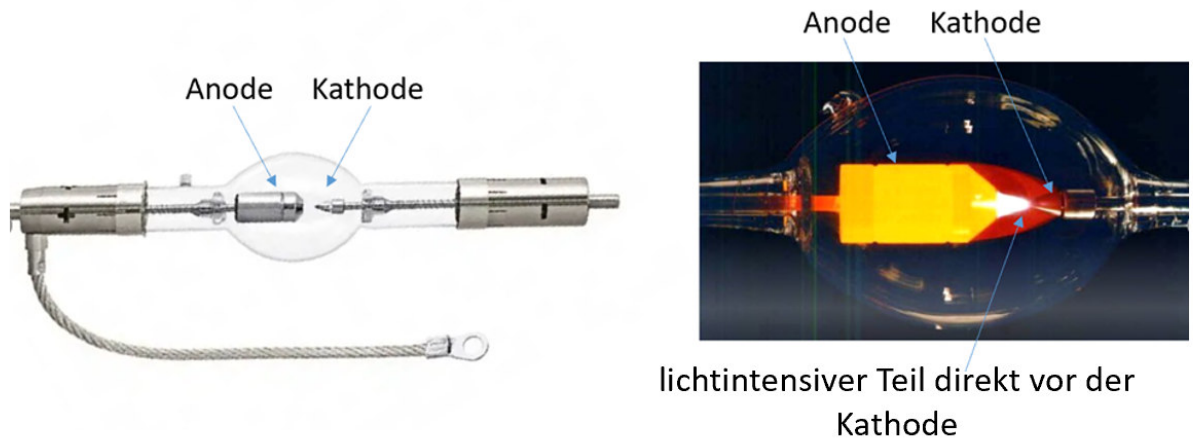


Abbildung 52 Xenon-Gleichstrom-Höchstdrucklampen [23]

Bisher wird die Xenon-Gleichstrom-Höchstdrucklampen in Kinoprojektoren verwendet, nicht aber in Bühnenstrahler

Biologische Grundlagen der Gefährdung durch optische Strahlung im Bereich 200 nm bis 3000 nm

Strahlung im Bereich 200 nm bis 3000 nm kann positive Auswirkungen auf Haut und Auge haben, wie etwa die Vitamin D Produktion oder die Justage der inneren Uhr, sie kann aber auch negative Auswirkungen haben. Wir beschäftigen uns mit den negativen Auswirkungen. Abbildung 53 gibt eine detaillierte Übersicht über die schädigende Auswirkung von Strahlung im Bereich 200 nm bis 3000 nm, Abbildung 54 und Tabelle 5 zeigen eine kompaktere Darstellung. Eine gute und übersichtliche Zusammenfassung der verschiedenen Effekte findet sich in [24, pp. 20-28].

Spektralbereich	Auge	Haut
UV-C 100 nm bis 280 nm	Photokeratitis und Photokonjunktivitis (Horn- und Bindehautentzündung)	Erythem (Sonnenbrand), Präkanzerose, Karzinome
UV-B 280 nm bis 315 nm	Photokeratitis und Photokonjunktivitis, Kataraktbildung (Grauer Star)	Beschleunigte Prozesse der Hautalterung, Erythem, Präkanzerosen, Karzinome
UV-A 315 nm bis 400 nm	Kataraktbildung	Beschleunigte Prozesse der Hautalterung, Erythem, Karzinome
Sichtbar (VIS) 380 nm bis 780 nm	Verletzung der Netzhaut	Verbrennungen
IR-A 780 nm bis 1400 nm	Linsentrübung, Verletzung der Netzhaut	Verbrennungen
IR-B 1400 nm bis 3000 nm	Linsentrübung, Verbrennung der Hornhaut	Verbrennungen
IR-C 3000 nm bis 1 mm	Verbrennung der Hornhaut	Verbrennungen

Spektralbereich	Auge	Haut
UV-C	Photokeratitis Photokonjunktivitis	Erythem Hautkarzinom
UV-B	Photokeratitis Photokonjunktivitis Katarakt	Erythem Verstärkte Pigmentierung (Spätpigmentierung) Beschleunigte Prozesse der Hautalterung Hautkarzinom
UV-A	Katarakt	Bräunung (Sofortpigmentierung) Beschleunigte Prozesse der Hautalterung Hautkarzinom
Sichtbar	Photoretinitis (photochemische Netzhautschädigung) Photothermische Netzhautschädigung	Photosensitive Reaktionen
IR-A	Photothermische Netzhautschädigung Katarakt	Photosensitive Reaktionen Verbrennung der Haut
IR-B	Katarakt Verbrennung der Hornhaut	Verbrennung der Haut
IR-C	Verbrennung der Hornhaut	Verbrennung der Haut

Abbildung 53 Überblick über die Schädigung von UV-, sichtbarer und IR-Strahlung von Auge und Haut (entnommen aus [25] (links) und [24] (rechts)).

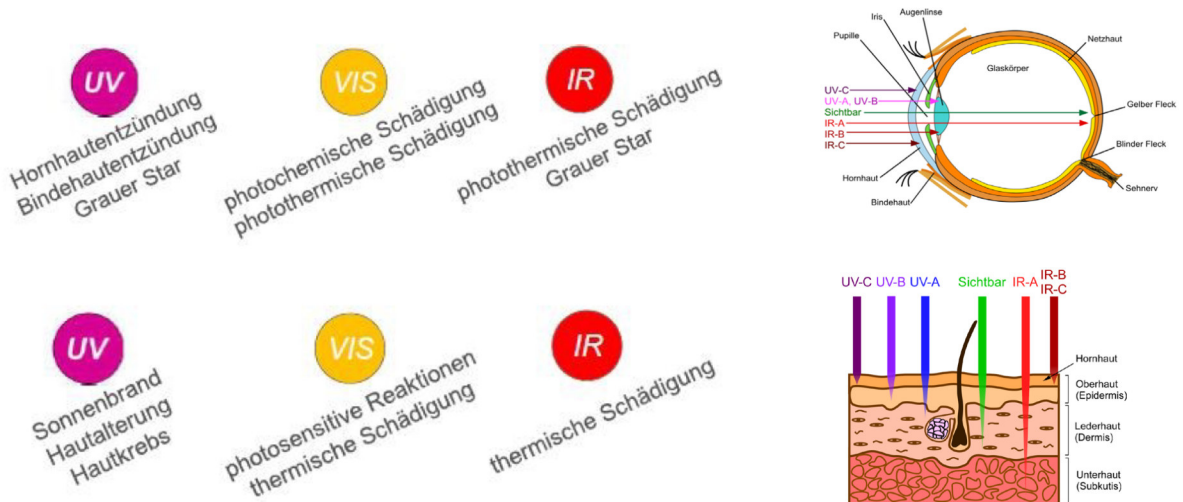


Abbildung 54 Überblick über die Schädigung von UV-, sichtbarer und IR-Strahlung von Auge (oben) und Haut (unten) (entnommen aus [26]).

Tabelle 5 Übersicht über die schädigende Wirkung von Strahlung auf die Haut und das Auge

Name	Wellenlängenbereich in nm
Hornhautentzündung	200-400
Bindehautentzündung	200-400
Sonnenbrand Hautkrebs	200-400
Trübung der Augenlinse (Grauer Star)	315-400
Photochemische Schädigung der Netzhaut	300-700
Thermische Schädigung der Netzhaut	380-1400
Verbrennung der Hornhaut (IR-B) Trübung der Augenlinse (Grauer Star) (IR-A und IR-B)	780-3000
Thermische Schädigung der Haut	380-3000

Zur quantitativen Bestimmung des Schädigungspotentials ist im Falle der Haut, der Hornhaut, der Bindehaut und der Augenlinse die Bestrahlungsstärke E eine wichtige Messgröße. Unter der Bestrahlungsstärke E ist die auf die Fläche A eines Empfängers auftreffende Strahlungsleistung Φ , bezogen auf die Größe dieses Flächenelementes A , zu verstehen: $E = \Phi/A$. Sie hat die Einheit W/m^2 . Die Strahlungsleistung und damit auch die Bestrahlungsstärke E setzt sich aus Beiträgen verschiedener Wellenlängen zusammen. Unter der spektralen Bestrahlungsstärke $dE/d\lambda$ (λ) versteht man die Bestrahlungsstärke im Wellenlängenintervall $[\lambda, \lambda + \Delta\lambda]$ dividiert durch $\Delta\lambda$. Sie hat die Einheit $W/(m^2 \cdot nm)$. Die schädigende Wirkung der Strahlung kann auch wellenlängenabhängig sein. Beschreibt $f(\lambda)$ eine solche biologische Wirkfunktion, so erhält man die gewichtete Bestrahlungsstärke E_f über:

$$E_f = \int f(\lambda) \cdot dE/d\lambda (\lambda) \cdot d\lambda \quad \text{Bestrahlungsstärke } E_f \text{ (16)}$$

Tabelle 6 gibt eine Übersicht über die wichtigsten Messgrößen im Zusammenhang mit der Bestrahlungsstärke:

Tabelle 6 Radiometrische Größen, Symbole und Einheiten

Name	Symbol	Einheit
Strahlungsfluss oder Strahlungsleistung	Φ	W
Bestrahlungsstärke	E	W/m^2
spektralen Bestrahlungsstärke	$dE/d\lambda$ (λ)	$W/(m^2 \cdot nm)$
gewichtete Bestrahlungsstärke	E_f	W/m^2

Während für die Haut, die Hornhaut, die Bindehaut und die Augenlinse die Bestrahlungsstärke E eine wichtige Messgröße ist, ist für die Netzhaut die Strahldichte maßgebend. Die Strahldichte L gibt an, welche Strahlungsleistung Φ von einem gegebenen Punkt der Strahlungsquelle in die durch den Polarwinkel ε gegebene Richtung pro projiziertem Flächenelement $\cos(\varepsilon) \cdot A$ und pro Raumwinkel Ω ausgesendet wird. Die Strahldichte hat die Einheit $W/(m^2sr)$.

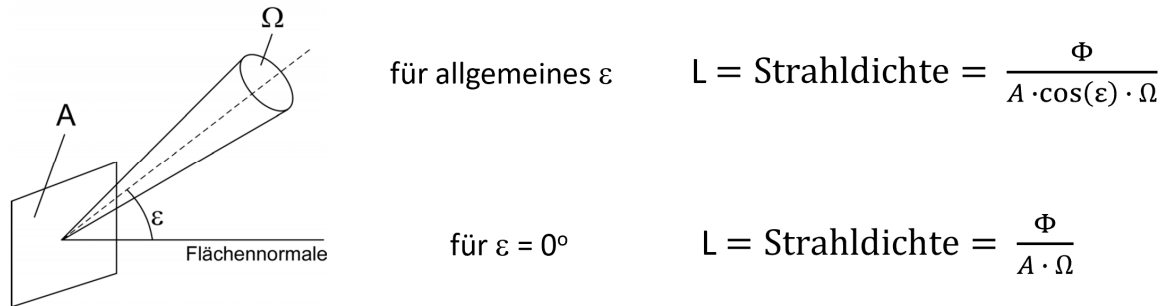


Abbildung 55 Definition der Strahldichte (teilweise entnommen aus [25])

Die spektrale Strahldichte $dL/d\lambda(\lambda)$ wird als emittierte Strahldichte im Wellenlängenintervall $[\lambda, \lambda + \Delta\lambda]$ dividiert durch $\Delta\lambda$ definiert. Sie hat die Einheit $W/(m^2 \cdot sr \cdot nm)$. Die gewichtete Strahldichte L_f ist wie folgt definiert:

$$L_f = \int f(\lambda) \cdot \partial L / \partial \lambda(\lambda) \cdot d\lambda \quad \text{gewichtete Strahldichte } L_f \quad (17)$$

Tabelle 7 gibt eine Übersicht über die wichtigsten Messgrößen im Zusammenhang mit der Strahldichte:

Tabelle 7 Radiometrische Größen, Symbole und Einheiten

Name	Symbol	Einheit
Strahldichte	L	$W/(m^2 \cdot sr)$
spektrale Strahldichte	$dL/d\lambda(\lambda)$	$W/(m^2 \cdot sr \cdot nm)$
gewichtete Strahldichte	L_f	$W/(m^2 \cdot sr)$

Da die Strahldichte eine herausragende Bedeutung bei der Vermessung von Bühnenstrahlern hat, soll an dieser Stelle erläutert werden, warum für die Netzhaut nicht die Bestrahlungsstärke, sondern die Strahldichte diejenige zu messende Größe ist, die die schädigende Wirkung angibt. Zunächst lässt sich sagen, dass auch für die Netzhaut die Leistungsdichte (Leistung pro Fläche) für die schädigende Wirkung sorgt. Aus Abbildung 56 ist ersichtlich, dass durch die abbildenden Eigenschaften der Augenlinse das Bild der Lichtquelle auf der Netzhaut umso kleiner ist, je größer der Abstand der Lichtquelle zur Linse ist. In gleichem Maße steigt (scheinbar) auch die Leistungsdichte und damit die schädigende Wirkung.

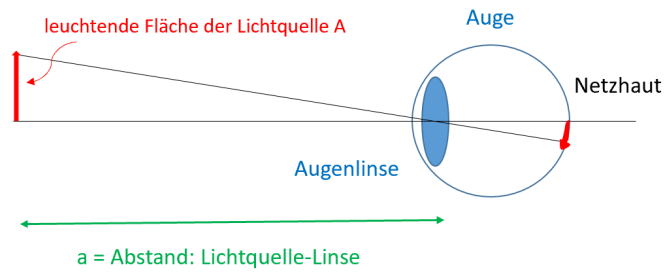


Abbildung 56 optische Abbildung der leuchteten Fläche der Lichtquelle auf der Netzhaut durch die Augenlinse

Es ist jedoch zu beachten, dass die deponierte Leistung mit steigendem Abstand a sinkt, da der Raumwinkel Ω abnimmt (s. Abbildung 57). Dieser Effekt kompensiert den in Abbildung 56 gezeigten Effekt.

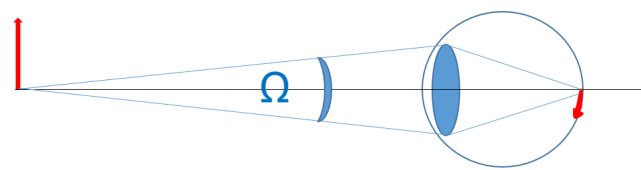
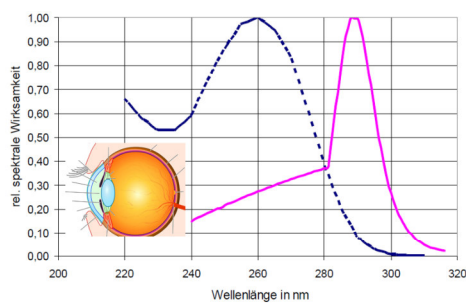


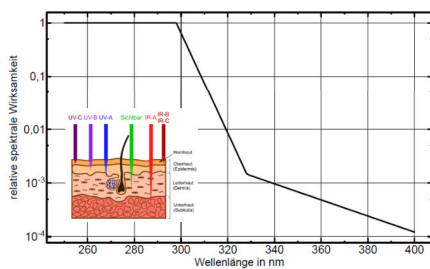
Abbildung 57 optische Abbildung und Einfluss des Raumwinkels Ω

Tatsächlich lässt sich zeigen, dass $A \cdot \Omega$ unabhängig vom Abstand a ist, und damit die Strahldichte $L = \Phi / (A \cdot \Omega)$ für die schädigende Wirkung auf der Netzhaut verantwortlich ist.

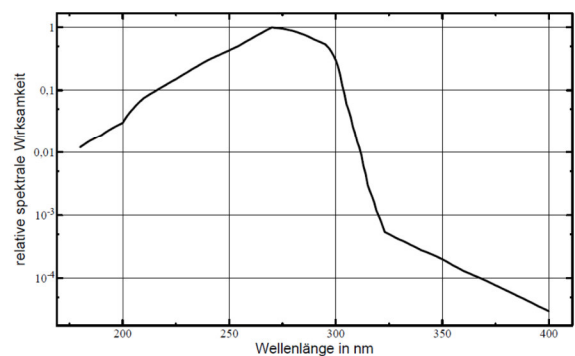
Wir gehen nun detailliert auf die schädigende Wirkung von Strahlung im Bereich 200 nm bis 3000 nm ein. Beginnen werden wir mit dem aktinischen UV. Abbildung 58 zeigt verschiedene Effekte, die zu einer Wirkfunktion $S_{UV}(\lambda)$ zusammengefasst werden:



Hornhaut- & Bindehaut-Entzündung



Sonnenbrand (Hautkrebs)



Aktinisches UV: $S_{UV}(\lambda)$

Abbildung 58 Effekte, die zur aktinischen UV Wirkfunktion $S_{UV}(\lambda)$ beitragen (teilweise entnommen aus [25])

Mit Hilfe der biologisch begründbaren Wirkfunktion $S_{UV}(\lambda)$ lässt sich die gewichtete Bestrahlungsstärke E_S berechnen:

$$E_S = \int_{200 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} S_{UV}(\lambda) \cdot \partial E / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda \quad \text{Bestrahlungsstärke } E_S \text{ (18)}$$

Ein weiterer schädigender Effekt durch UV-Strahlung ist die Trübung der Augenlinse (grauer Star). Er wird durch UV-A Strahlung im Bereich 315nm bis 400 nm verursacht. Dieser Effekt ist unabhängig von der Wellenlänge, d.h. die zugehörige biologische Wirkfunktion ist konstant 1. Es ergibt sich somit eine biologisch wirksame gewichtete Bestrahlungsstärke E_{UVA} :

$$E_{UVA} = \int_{315 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} \partial E / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda \quad \text{Bestrahlungsstärke } E_{UVA} \text{ (19)}$$

Ebenfalls wird auch durch IR-A und IR-B Strahlung eine Trübung der Augenlinse verursacht. Dieser Effekt wird weiter unten im Text zusammen mit der thermischen Schädigung der Hornhaut zusammengefasst.

Der Abbildung 59 (links) ist zu entnehmen, dass nur sichtbare und IR-A Strahlung die Netzhaut erreicht. Die sichtbare Strahlung (genauer Strahlung im Bereich 300nm-700nm) führt über photochemische Prozesse zu einer Netzhautschädigung. Darüber hinaus führen sichtbare und IR-A Strahlung über thermische Prozesse ebenfalls zu einer Schädigung der Netzhaut.

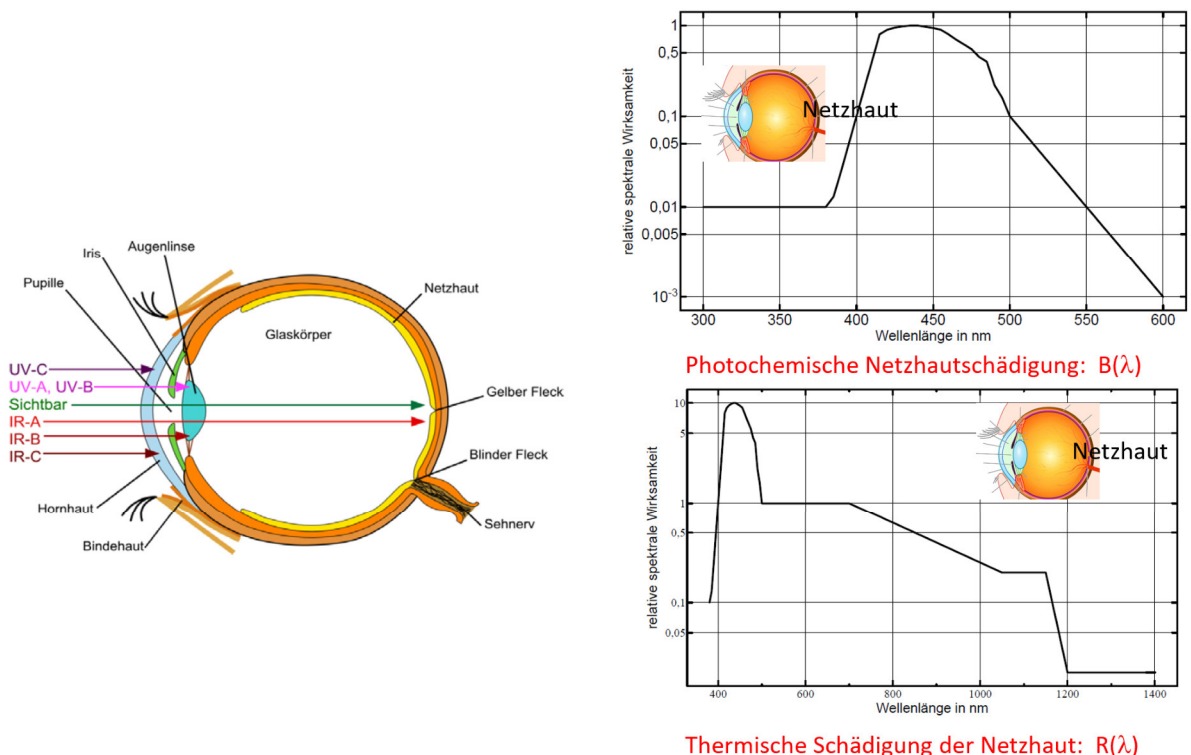


Abbildung 59 photochemische und thermische Schädigung der Netzhaut mit zugehörigen Wirkfunktionen $B(\lambda)$ und $R(\lambda)$ (teilweise entnommen aus [25])

Die biologisch wirksamen Strahldichten ergeben sich zu:

$$L_B = \int_{300 \text{ nm}}^{700 \text{ nm}} B(\lambda) \cdot \partial L / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda \quad \text{Strahldichte } L_B \text{ (20)}$$

und

$$L_R = \int_{380 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} R(\lambda) \cdot \partial L / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda \quad \text{Strahldichte } L_R \text{ (21)}$$

Bei der thermischen Schädigung der der Netzhaut ist noch zu beachten, dass bei schwachem visuellem Reiz (unter 10 cd/m²) - wie sie etwa bei einer Wärmelampe vorliegen - ebenfalls die Wirkfunktion R(λ) zu nehmen ist, jedoch nur im Bereich 780nm-1400nm:

$$L_{IR} = \int_{780 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} R(\lambda) \cdot \partial L / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda \quad \text{Strahldichte } L_{IR} \text{ (22)}$$

Es wurde ja schon erwähnt, dass durch IR-A und IR-B Strahlung eine Trübung der Augenlinse verursacht wird. Dieser Effekt wird mit der thermischen Schädigung der Hornhaut durch IR-A Strahlung zusammengefasst. Insgesamt ergibt sich im Bereich 780nm bis 3000nm eine von der Wellenlänge unabhängige Schädigung mit einer konstanten biologische Wirkfunktion:

$$E_{IR} = \int_{780 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} \partial E / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda \quad \text{Bestrahlungsstärke } E_{IR} \text{ (23)}$$

Zuletzt ist noch die thermische Schädigung der Haut durch sichtbare, IR-A und IR-B Strahlung zu erwähnen. Auch sie führt zu einer von der Wellenlänge unabhängige Schädigung mit einer konstanten biologische Wirkfunktion:

$$E_H = \int_{380 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} \partial E / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda \quad \text{Bestrahlungsstärke } E_H \text{ (24)}$$

Abbildung 60 fasst die Schädigung von Hornhaut, Augenlinse und Haut zusammen:

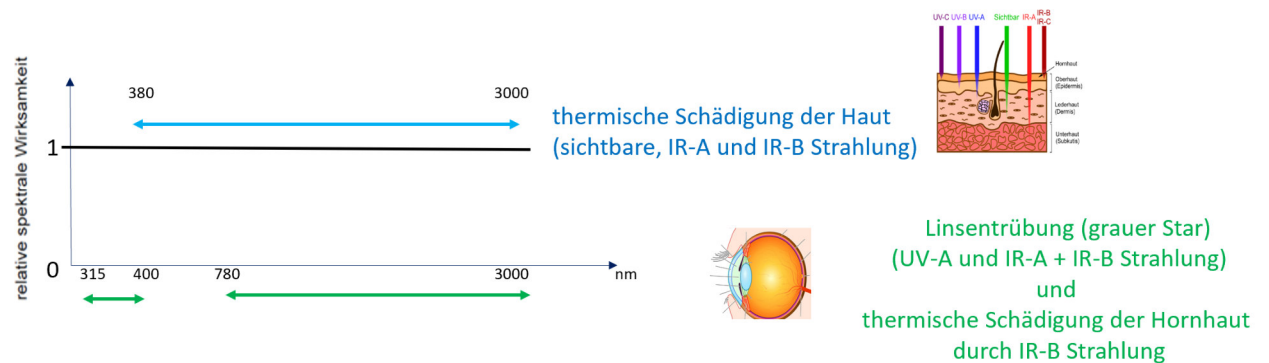


Abbildung 60 Schädigung von Hornhaut und Trübung der Augenlinse (unten) und Haut (oben) (teilweise entnommen aus [25])

Messgrößen

Mit Hilfe der beschriebenen biologisch begründeten Wirkfunktionen können Messgrößen definiert werden, die für die schädigende Wirkung von Haut und Auge relevant sind. Tabelle 8 gibt eine Übersicht:

Tabelle 8 Messgrößen, die für die schädigende Wirkung von Haut und Auge relevant sind

Name	Wellenlängenbereich in nm	Formel
Aktinisches UV	200-400	$E_S = \int_{200 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} S_{UV}(\lambda) \cdot \partial E / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda$
Trübung der Augenlinse (grauer Star)	315-400	$E_{UVA} = \int_{315 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} \partial E / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda$
Photochemische Schädigung der Netzhaut	300-700	$L_B = \int_{300 \text{ nm}}^{700 \text{ nm}} B(\lambda) \cdot \partial L / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda$
Thermische Schädigung der Netzhaut	380-1400	$L_R = \int_{380 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} R(\lambda) \cdot \partial L / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda$
Thermische Schädigung der Netzhaut (schwacher visueller Reiz)	780-1400	$L_{IR} = \int_{780 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} R(\lambda) \cdot \partial L / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda$
Trübung der Augenlinse (Grauer Star) und thermische Schädigung der Hornhaut	780-3000	$E_{IR} = \int_{780 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} \partial E / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda$
Thermische Schädigung der Haut	380-3000	$E_H = \int_{380 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} \partial E / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda$

Messungen

Messung der Bestrahlungsstärke

In der DIN EN 62471 bzw. TROS „Inkohärente Optische Strahlung“ wird für die Messung der Bestrahlungsstärke ein schematischer Aufbau nach Abbildung 61 vorgesehen.

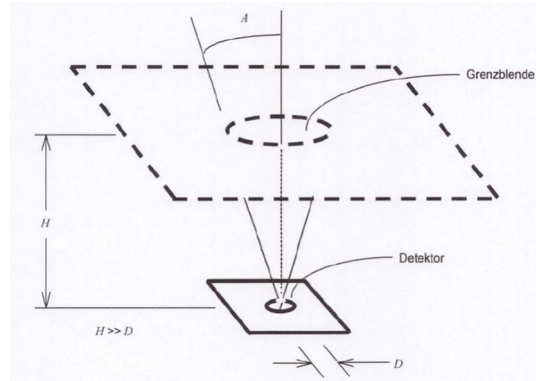


Abbildung 61 Schematische Darstellung von Bestrahlungsstärkemessungen³

Messung der Strahldichte

Die Messung der Strahldichte kann mithilfe von zwei Methoden ermittelt werden: Mit der Standardmethode (s. Abbildung 62), einem abbildenden System, oder mit der Alternativen Methode (s. Abbildung 63).

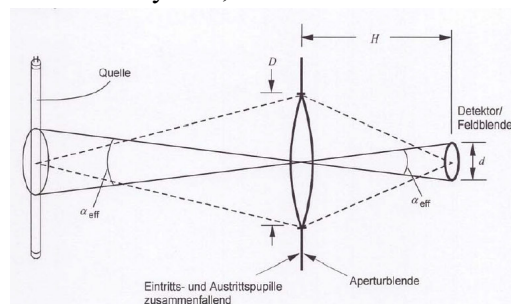
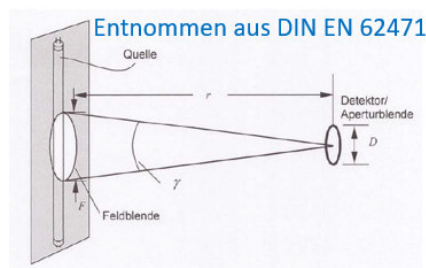


Abbildung 62 Standardmethode⁴



$$L = E \cdot \frac{1}{\Omega(\gamma)}$$

Abbildung 63 Alternative Methode⁵

³ Schematische Darstellung von Bestrahlungsstärkemessungen, Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen; DIN EN 62471: 2008, S.17, Bild 5.1

⁴ Beispiel einer abbildenden Einrichtung für Strahldichtemessungen, Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen; DIN EN 62471: 2008, S.18, Bild 5.2

⁵ Alternatives Strahldichtemessverfahren, DIN EN 62471: 2008, S.19, Bild 5.3

Messgeräte

Im Rahmen des Projektes sind für die Messung der Bestrahlungsstärke zwei synchron eingesetzte Array-Spektrometer, eines für den ultravioletten (UV) - und sichtbaren (VIS) Bereich mit Streulichtkorrektur (s. Abbildung 64) sowie eines für den infraroten (IR) Messbereich (s. Abbildung 65), verwendet worden:

- Spektrometer Instrument Systems CAS 140CT-152/ -171, Y-Lichtleiter, Einkoppeloptik EOP-146.



Abbildung 64: Instrument Systems CAS 140CT-152
200nm-800nm



Abbildung 65 : Instrument Systems CAS 140CT-171
780nm-1650nm

Die Spektrometer Einheit im UV- und VIS-Wellenlängenbereich basiert auf einem Back-Illuminated-/ Back-Thinned-CCD-Array. Durch die Back-Thinned-Technologie ist der CCD-Chip wesentlich empfindlicher als herkömmliche Front-Illuminated-CCD-Chips (vgl. Abbildung 67). Das Maß für die Effektivität eines Chips ist die Quanteneffektivität. Bei frontbeleuchteten CCDs tritt das Licht durch Gates ein, welche aus sehr dünnem Polysilizium (Polysilicon Gate) bestehen. Diese sind bis 400nm mehr oder weniger transparent, aber unterhalb 400nm werden sie opak und dämpfen das einfallende Licht. Die rückseitig beleuchteten CCDs besitzen eine hohe Lichtempfindlichkeit aufgrund einer ausgedünnten Siliziumschicht und haben durch eine Beschichtung eine verbesserte Empfindlichkeit zwischen 200nm und 400nm (Abbildung 66). [27]

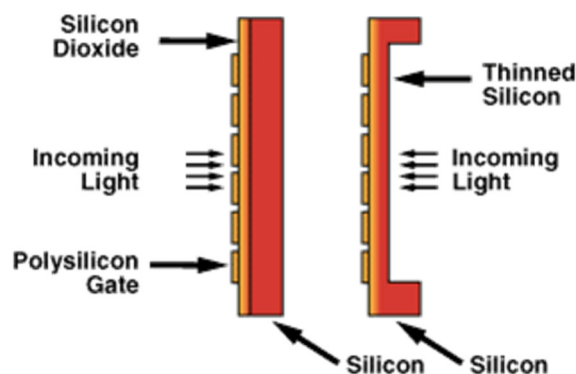


Abbildung 66: Aufbau Front Illuminated CCD und
Back Thinned CCD [27]

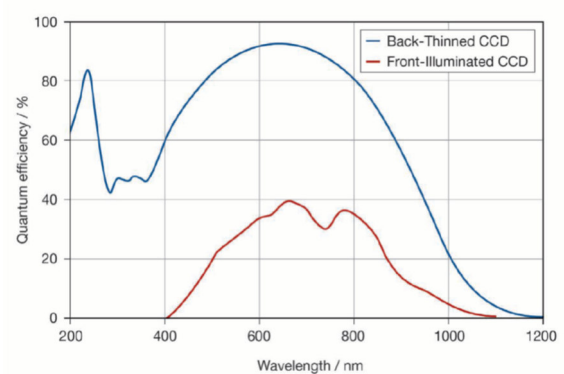


Abbildung 67 Back-Thinned CCD [28]

Vier integrierte Dichtfilter (10-, 100-, 1000- und 10000-fach) ermöglichen einen hohen Dynamikbereich, welcher für die Messung der Bühnenscheinwerfer notwendig ist.

In jedem Spektrometer tritt bauartbedingt Streulicht auf (vgl. Abbildung 68). Die beim Hersteller des Spektrometers durchgeführte Streulichtkorrektur mit einem durchstimmbaren Laser (OPO⁶) ist im Zusammenhang des vorliegenden Projektes besonders für die Bestimmung von aktinischem UV (E_s) und

⁶ Optische parametrische Oszillatoren (OPO) sind optisch nichtlineare Kristalle zur Erzeugung durchstimmbarer Laserstrahlung.

von UV-A (E_{UVA} 315nm-400nm) relevant. Durch die Anwendung der Streulichtkorrekturmatrix wird das Streulicht um etwa eine Größenordnung unterdrückt, wie in Abbildung 69 für eine weiße LED zu erkennen ist [29].

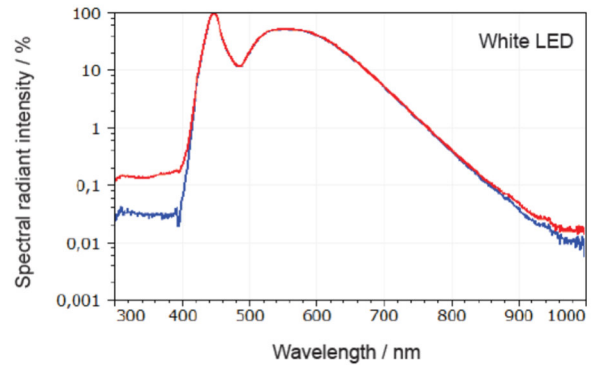
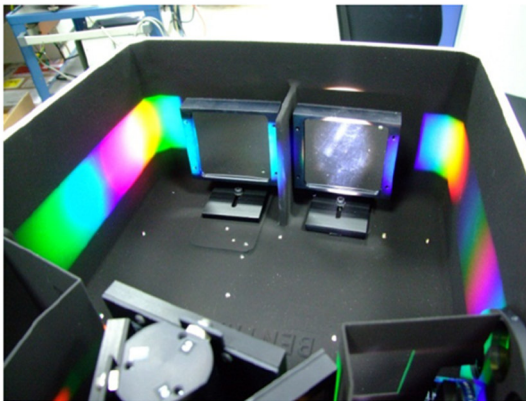


Abbildung 68: Innenansicht Array-Spektrometers [25] Abbildung 69 Streulichtkorrektur einer weißen LED [29]

Mit dem durchstimmbaren Laser kann das monochromatische Licht einem bestimmten Pixel des Detektors zugeordnet werden. Vereinfacht ausgedrückt ist dann das Licht auf anderen (falschen) Pixeln, das Streu- oder Falschlicht. Damit kann eine Streulichtmatrix zur Korrektur erstellt werden (Abbildung 70).

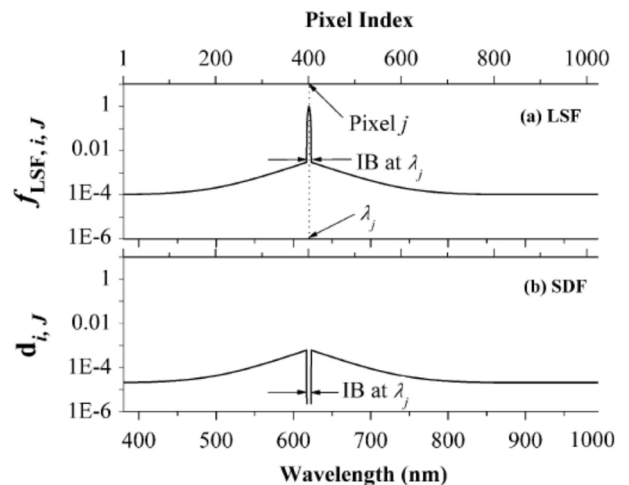
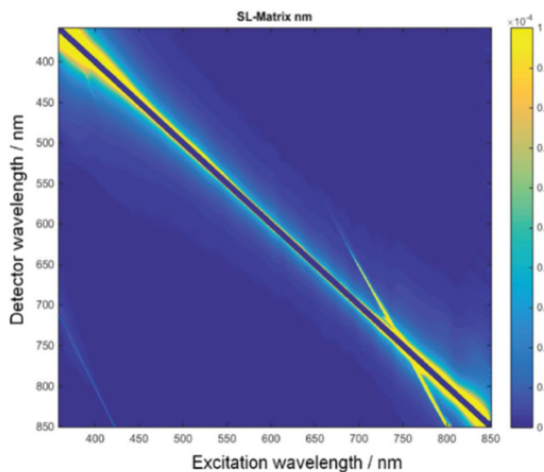


Abbildung 70: Typische Streulicht-Matrix am Beispiel CAS 140CT [29]

Abbildung 71 Illustration of a LSF⁷ of a spectrograph (a) and the SDF⁸ (b) [30]

In Abbildung 71 (a) ist mithilfe der Spektrallinienspreizfunktion (LSF) beschrieben, welche Antwort ein Pixelelement auf eine monochromatische Anregung gibt. Abbildung 71 (b) zeigt die zugehörige spektrale Funktion der Streulichtverteilung (SDF) [30].

Für die Messung der Strahldichten nach der Standardmethode ist das integrale Messsystem von Gigahertz-Optik LDM-9811 (Abbildung 72) mit Zubehör eingesetzt worden:

- Gigahertz-Optik LDM-9811, Anzeigegerät P9710-1, Detektor PD-16BLH, PD-16RTH-2, PD-16RTHA-2

⁷ spectral line-spread function (LSF): beschreibt das spektrale Streulicht

⁸ spectral stray light signal distribution function (SDF)



Abbildung 72 Gigahertz Optik LDM-9811

Ausgestattet mit den verschiedenen Messköpfen (vgl. Abbildung 74) können die integrierten Strahldichten für verschiedene Gefährdungspotentiale gemessen werden. Das Messgerät besteht neben der abbildenden Optik aus einer Photodiode und einem Filter (Abbildung 73), welcher die Bewertungskurve nachbildet (Abbildung 75, Abbildung 76 und Abbildung 77).

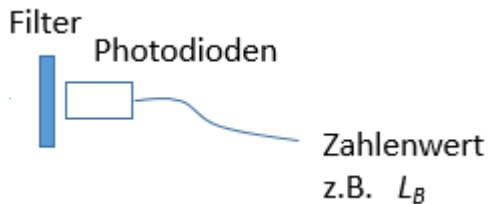
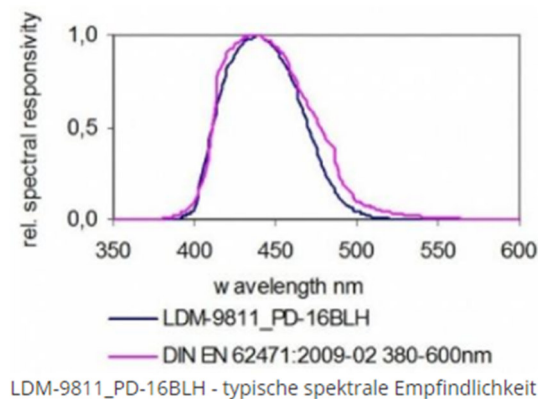


Abbildung 73: Prinzip der integralen Messung

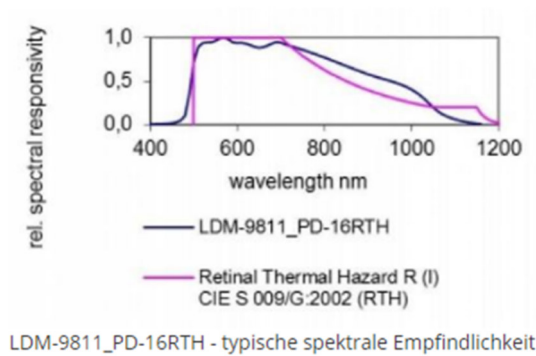


Abbildung 74: Detektoransicht mit Filter

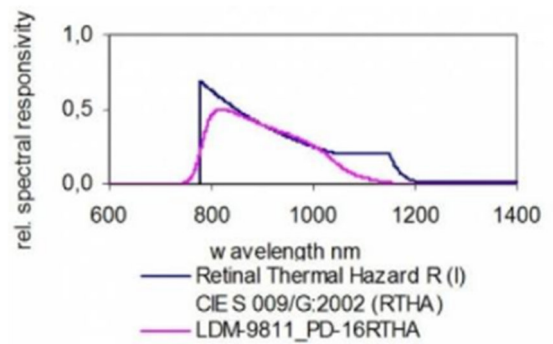
Für die Messung der photochemischen Schädigung durch Blaulicht steht der Messkopf PD-16BLH mit einem Filter, der die Bewertungsfunktion $B(\lambda)$ abbildet, zur Verfügung (Abbildung 75).

Abbildung 75 Messkopf für Blaulichtgefährdung $B(\lambda)$ photochemische Schädigung [31]

Mit den beiden Messköpfen PD-16RTH (Abbildung 76) und PD-16RTHA (Abbildung 77) lassen sich die mit $R(\lambda)$ bewerteten Größen für die thermische Schädigung der Netzhaut bestimmen.



LDM-9811_PD-16RTH - typische spektrale Empfindlichkeit



LDM-9811_PD-16RTHA - typische spektrale Empfindlichkeit

Abbildung 76: Messkopf für die thermische Schädigung der Netzhaut $R(\lambda)$ [31]

Abbildung 77: Messkopf für die thermische Schädigung der Netzhaut im IR (schwacher visueller Reiz) [31]

Bei der Messung der gewichteten Strahlendichte für die thermische Netzhautschädigung mit Hilfe des LDMs (unsere Bezeichnung ist L_{R_LDM}) ist zu beachten, dass die im LDM hinterlegte Empfindlichkeitskurve (Abbildung 76) nicht mit der Kurve in der Norm DIN EN 62471:2009-03 übereinstimmt.

Es gibt einen Zusammenhang zwischen der spektralen Empfindlichkeitskurve des LDM gemäß der Norm CIE S 009/G 2002: $R_{LDM}(\lambda)$ und der spektralen Empfindlichkeitskurve gemäß der Norm DIN EN 62471:2009-03: $R_{NORM}(\lambda)$.

$$R_{NORM}(\lambda) = R_{LDM}(\lambda) + 10 \cdot B_{LDM}(\lambda) \quad R_{NORM}(\lambda) \quad (25)$$

In Abbildung 78 und Abbildung 79 wird die korrigierte Kurve des LDM der spektralen Empfindlichkeitskurve gemäß der Norm DIN EN 62471:2009-03 gegenübergestellt.

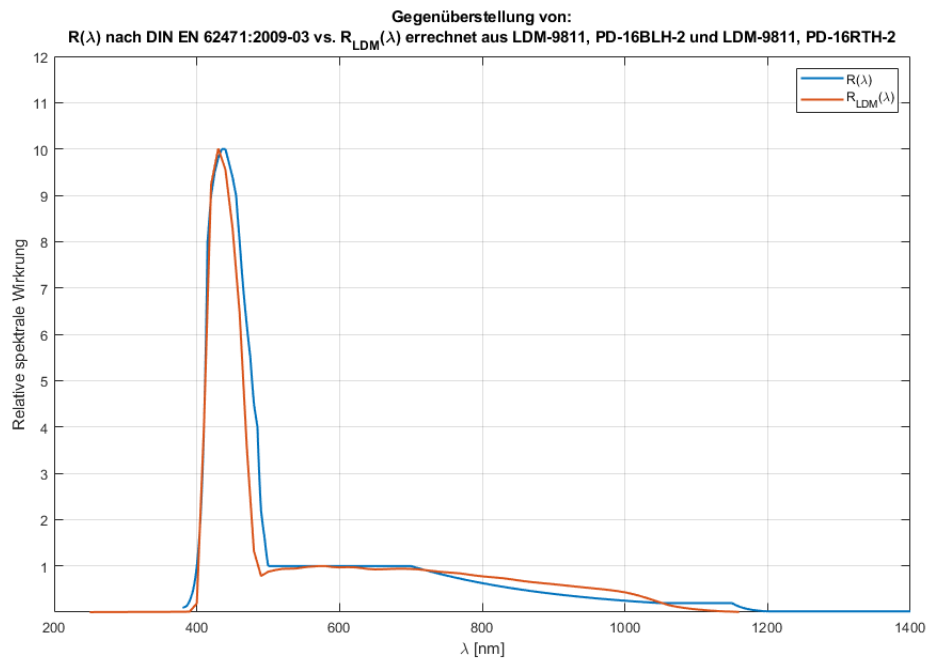


Abbildung 78 Linearer Vergleich $R_{LDM}(\lambda)$ und der spektralen Empfindlichkeitskurve gemäß der Norm DIN EN 62471:2009-03: $R_{NORM}(\lambda)$

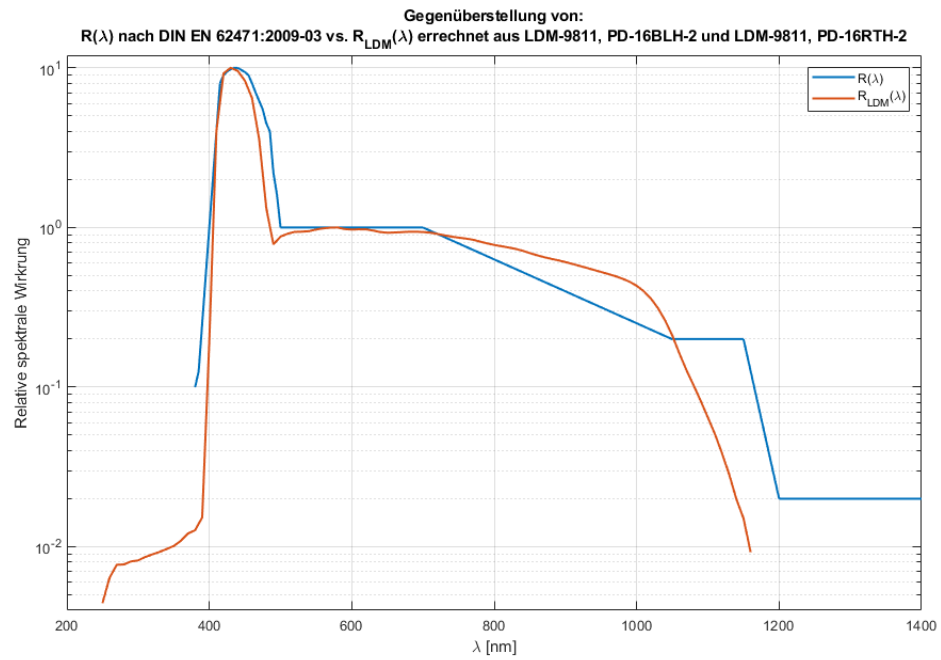


Abbildung 79 Logarithmischer Vergleich $R_{LDM}(\lambda)$ und der spektralen Empfindlichkeitskurve gemäß der Norm DIN EN 62471:2009-03: $R_{NORM}(\lambda)$

Damit ergibt sich:

$$L_R = L_{R_LDM} + 10 \cdot L_{B_LDM}$$

Strahldichte L_R (26)

Diese Gleichung haben wir bei den folgenden Messungen der gewichteten Strahldichten der thermischen Netzhautschädigung verwendet.

Versuchsaufbau/ Prüfstand

Um eine flexible und vielseitige Nutzung der Labore in der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg zu gewährleisten, ist ein modularer, auf- und abbaubarer Prüfstand konstruiert worden. Dadurch ergibt sich zusätzlich die Möglichkeit den Aufbau ggf. unkompliziert zu erweitern oder notwendige Anpassungen aufgrund von geänderten Randbedingungen der Messungen vorzunehmen. Der Prüfstand besteht aus einer Aluminiumprofilkonstruktion und die zum Aufbau gehörenden Komponenten. Der zusammengebaute Prüfstand in Abbildung 80 setzt sich aus drei Baugruppen zusammen, welche zueinander ausgerichtet werden müssen:

- (1) Messwagen
- (2) Tunnel
- (3) Lampenwagen

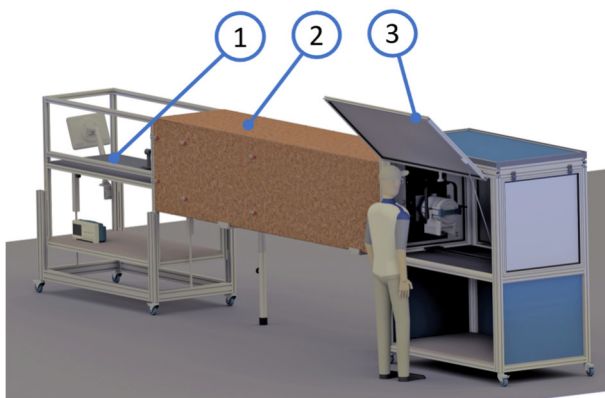


Abbildung 80: modularer Aufbau des Prüfstandes

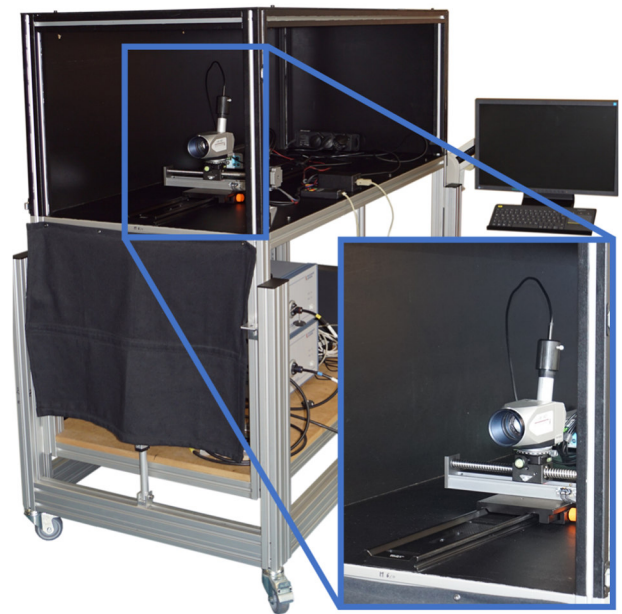


Abbildung 81: Messwagen, Ausschnitt: LDM auf spindelantriebener Linearführung

Der Messwagen besteht aus dem Gestell mit einer Verfahreinheit und der Abdeckhaube. Die Verfahreinheit kann durch zwei elektromechanische Linearaktuatoren in der Höhe verstellt werden, um die Messgeräte in die gewünschte Position zu bringen. Der Messwagen (Abbildung 81) verfügt über eine optische Bank der Firma LINOS, welche mit verschiedenen Reitern und Messschlitten bestückt werden kann. Zur präzisen horizontalen Ausrichtung gibt es einen Schlitten mit einer spindelangetriebenen Linearführung. Dadurch ist es möglich die Messgeräte ferngesteuert auf einer Ebene orthogonal zur optischen Achse zu bewegen. Die Abdeckhaube dient zur Störlichtunterdrückung während des Messvorgangs und zum Schutz der an dem Prüfstand arbeitenden Personen.

Dem modularen Konzept folgend besteht der Tunnel aus mehreren Tunnelsegmenten, die über Schnellspannverschlüsse miteinander verbunden werden können. Zur Unterdrückung von Reflexionen und Streulicht sind die Innenseiten der Tunnelwände zusätzlich mit schwarzem Bühnenmolton bespannt. Im aufgebauten Zustand wird der Tunnel von zwei Teleskopfüßen gestützt. Mit einem hydraulischen Hubtisch kann der Aufbau von einer Person montiert werden. Bei Messweiten von acht Metern wird der Hubtisch zusätzlich zur weiteren Absicherung des Tunnels verwendet.

Der Lampenwagen besteht aus einem geschlossenen, geschwärzten Lampenraum mit einer optischen Bank und einer Lagerfläche. Durch Klappen ist der Lampenraum von allen Seiten zugänglich und schirmt in Verbindung mit den Tunnelsegmenten oder dem Blendenhalter das Störlicht ab. Obwohl das Abschirmen hauptsächlich dem Schutz der Mitarbeiter dient, ist dies gerade beim Messen von schwächeren Lichtquellen relevant. In Abbildung 82 wird der Einfluss von Störlicht auf eine Messung gezeigt. Der Blendenhalter an

der vorderen Klappe ermöglicht ein schnelles Wechseln und Ausrichten der Blenden (s. Abbildung 83). So können Messungen mit 1.7mrad, 11mrad und 100mrad in 1m und 2m Entfernung nach der Alternativen Methode (s. Kapitel „Messungen“, S.41, Abbildung 63) durchgeführt werden. Für ein ausgeglichenes Temperaturmanagement ist der Lampenraum aus geschwärztem Aluminiumplatten gefertigt und besitzt im oberen Bereich eine lichtdichte Be- und Entlüftungsvorrichtung. Die Bühnenscheinwerfer können innerhalb des Lampenraumes stehend auf einem großen Schlitten auf der optischen Bank oder hängend an einer verfahrbaren Portalachse (Laufkatze) bewegt werden.

Für die Messung von Quellen, welche einen Winkel (engl. FOV, field of view) größer 80° (1.4rad) aufspannen, können die Messblenden (1.7mrad, 11mrad und 100mrad) am Blendenhalter gegen eine limitierende 80° -/ 1.4rad-Grenzblende⁹ getauscht werden. Bei einem Messabstand von 200mm und den vorliegenden Messungen ist der Einsatz der Grenzblende nur bei Strahlern mit einer Diagonalen größer 337mm notwendig.

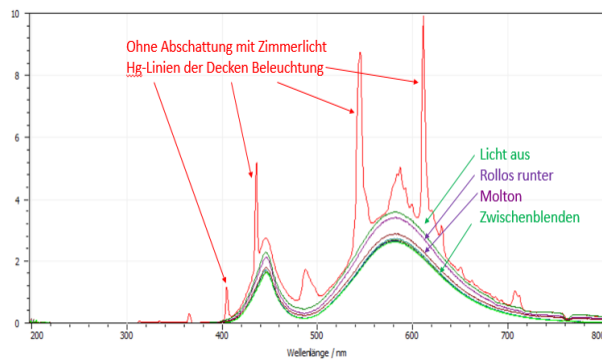


Abbildung 82: blickdichter Molton-Aufbau

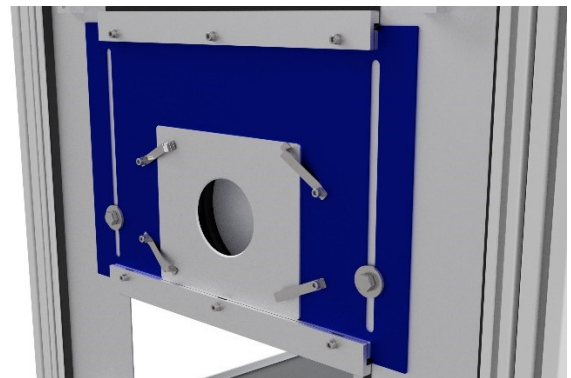


Abbildung 83: Lampenwagen mit Blendenhalter

Für die Messung der Strahldichten wird das Strahldichtemessgerät LDM-9811 auf dem Schlitten der spindelangetriebenen Linearführung im Messwagen montiert. Das LDM wird zunächst zum Schlitten mit einem Kreuzlinienlaser ausgerichtet. Dazu wird der Schlitten in die zentrale Position (mittig) bewegt. Mit einer Strichblende und dem Kreuzlinienlaser wird die Mitte des Schlittens markiert. Der Schlitten besitzt eine klemmbare Schwalbenschwanzführung, welche zu einem am LDM montierten Rotationsadapter passt. Mit Hilfe der Laserlinie und der Gradangabe am Rotationsadapter kann das LDM präzise ausgerichtet werden (s. Abbildung 84, links) In Abbildung 84, rechts, wird die Ausrichtung des Lampenwagens zum Messwagen gezeigt. Der Kreuzlinienlaser wirft die Markierung ausgehend vom Messwagen auf den Lampenwagen. Mithilfe zweier auf die optische Bank montieren Strichblenden erfolgt die exakte Ausrichtung. Der Lampenwagen ist ausgerichtet, wenn das Laserlicht durch beide Strichblenden scheint. Mit dem Kreuzlinienlaser wird ebenfalls die Höhe der Verfahreinheit des Messwagens eingestellt und die Position des Strahlers im Lampenraum überprüft. Im Anschluss wird mit einem Laser-Entfernungsmessgerät der Abstand zwischen LDM und der Linse des Strahlers am Messwagen eingestellt. Danach wird die Optik des LDM von einem Operator auf die Linse des Strahlers fokussiert.

⁹ Vgl. DIN EN 62471 5.2.1 Messung der Bestrahlungsstärke, Anmerkung 3, Bild 5.1 S.17

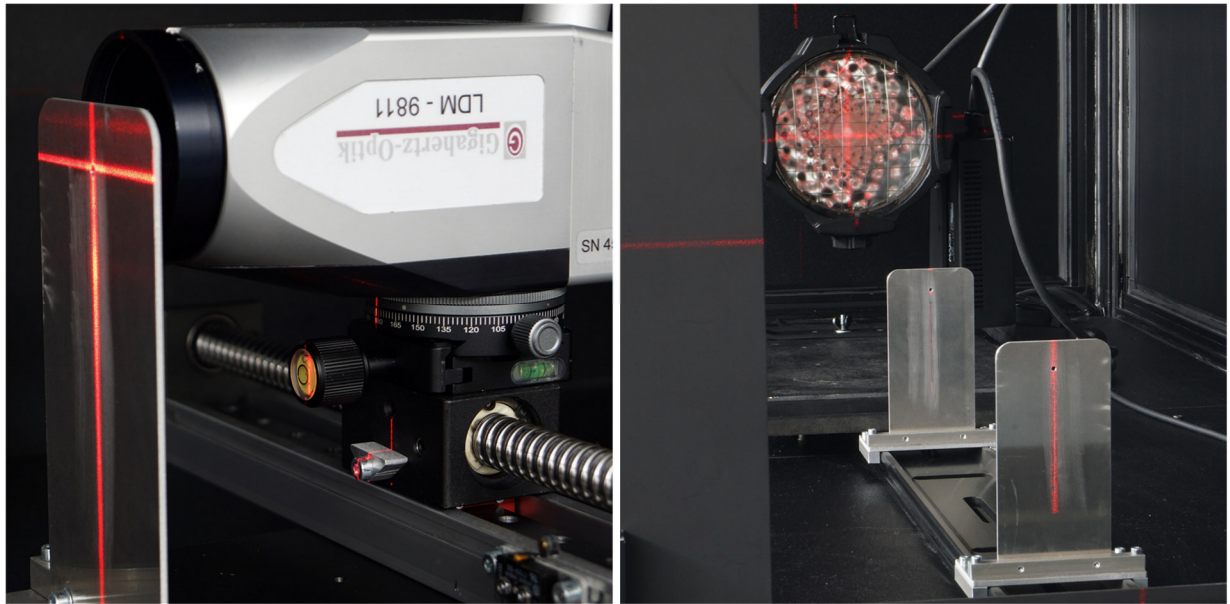


Abbildung 84: links: Ausrichtung des LDMs, rechts: Ausrichtung des Lampenwagens

Bevor der Tunnel aufgebaut wird, ist das LDM zunächst auf einen Maximalwert („hellste Stelle“ des Strahlers) auszurichten. Dies geschieht bei eingeschaltetem Strahler ferngesteuert über die Verstellmöglichkeiten der Verfahrenseinheit am Messwagen. Die Ausrichtung auf die hellste Stelle wird vom Operator optisch durchgeführt. Dazu wird am Okular des LDMs eine Endoskop-Kamera mittels einer dafür konstruierten Halterung angebracht. Das Bild kann aus sicherer Entfernung über ein Smartphone empfangen werden. Das Tragen der PSA¹⁰ ist bei allen im Labor befindlichen Personen hierbei erforderlich.

Da die Dynamik der Endoskop-Kamera für die meisten Strahler nicht ausreichend ist, kommt es in der Regel zu einer Überbelichtung der Kamera. Dieses Problem kann gelöst werden, indem verschiedene Dichtefilter eingesetzt werden, um die hellste Stelle eines Strahlers optisch zu finden. An der Messeinrichtung besteht die Möglichkeit an zwei verschiedenen Stellen Dichtefilter anzubringen. Es können Dichtefilter von Gigahertz-Optik im Okular des LDMs eingesetzt werden, die von OD1 bis OD4 reichen. Weitere Dichtefilter können mittels eines Adapters an der Optik des LDMs angebracht werden. Diese reichen von OD1 bis OD3. Die Dichtefilter am Strahleneingang der Optik dienen ebenfalls zur Anpassung der Dynamik der Messköpfe. In Abbildung 85 ist das LDM mit Dichtefilter und Okular-Kamera dargestellt. Im Anschluss wird der Tunnel bei ausgeschaltetem Strahler aufgebaut.

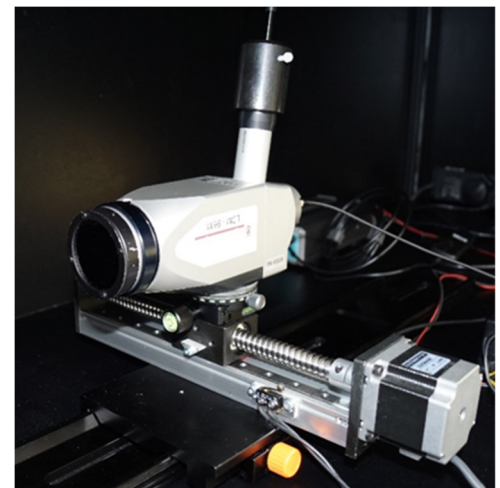


Abbildung 85: LDM mit Dichtefilter und Okular-Kamera

Nach dem Aufbau des Tunnels wird der Maximalwert anhand des Handgerätes des LDMs überprüft. Kleinere Höhenkorrekturen können mit Hilfe des Hubtisches durchgeführt werden. Zu diesem Zeitpunkt werden auch die Aufnahmen zur Ermittlung der scheinbaren Quellengröße gemacht – hierzu wird später gesondert eingegangen (s Kapitel „Ermittlung der scheinbaren Quellengröße“, S. 59). Für Messungen bei weiteren Messabständen können Tunnelsegmente abgebaut, der Lampenwagen neu ausgerichtet und im Anschluss die folgenden Schritte für die neue Messung wiederholt werden:

- (1) Einstellung der Entfernung

¹⁰ PSA: Persönliche Schutzausrüstung

- (2) Fokussierung der Optik auf die Linse
- (3) Ausrichtung auf den Maximalwert
- (4) Erstellung der Aufnahmen zur Ermittlung der scheinbaren Quellengröße

Die Messung der Bestrahlungsstärken mit den Spektrometern erfordern keine spezifische Ausrichtung auf einen Maximalwert, allerdings sollte der Detektor voll ausgeleuchtet sein. Unter Ausnahme von Laser- und gegebenenfalls LED-Leuchtmittel haben Strahler meist keinen homogenen Lichtkegel. Hieraus folgt, dass es Bereiche innerhalb des Lichtkegels gibt, die heller sind als der Rest. Dieser Effekt nimmt mit abnehmendem Abstand unter der Voraussetzung zu, dass der Fokus der Optik nicht geändert wird. Unter diesen Bedingungen kann es vorkommen, dass es zu einer Projektion des internen Aufbaus des Strahlers kommt. Leuchtmittelbedingt kann es hierbei zu einem Schattenwurf im Lichtkegel kommen, wie z.B. bei dem Strahler „Clay Paky Sharpy“ (Abbildung 86, 1 bis 3). Abbildung 86 (1) zeigt den Übergang zur Projektion. Dies geschieht bei dem Scheinwerfer „Clay Paky Sharpy“ bei ca. 1,5 Metern. In der Abbildung 86 (2) wird gezeigt, dass der Detektor so positioniert wird, dass der Schatten neben/ oberhalb der Detektoröffnung liegt. Die Abbildung 86 (3) zeigt den direkten Blick in den Strahler/ Quelle.

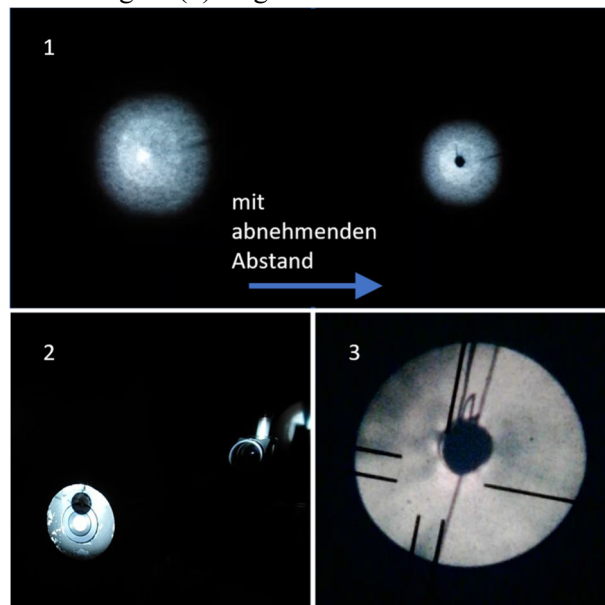


Abbildung 86: 1: Übergang vom Brennpunkt zum Schattenwurf bei dem Strahler Clay Paky Sharpy,
2: Vermeidung des Schattenwurfs auf dem EOP,
3: Leuchtbild der Quelle

Messungen im UV (Bestimmung von E_S [aktinisches UV] und E_{UVA} [Trübung der Augenlinse])

Bei der Bestimmung der Messwerte für die gewichteten Bestrahlungsstärken E_S und E_{UVA} müssen wir bei der Interpretation der Messergebnisse von aktinischem UV (E_S) und Trübung der Augenlinse durch UV-A-Strahlung (E_{UVA}) vorsichtig sein. Tabelle 9 zeigt nochmals die Definition von E_S und E_{UVA} :

Tabelle 9 Definition von E_S und E_{UVA}

Name	Wellenlängenbereich in nm	Formel
Aktinisches UV	200-400	$E_S = \int_{200 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} S_{UV}(\lambda) \cdot \partial E / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda$
Trübung der Augenlinse (grauer Star)	315-400	$E_{UVA} = \int_{315 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} \partial E / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda$

Während E_S mit Hilfe der Funktion $S_{UV}(\lambda)$ gewichtet wird, gibt es bei E_{UVA} keine solche Funktion. Wenden wir uns zunächst dem aktinischen UV zu:

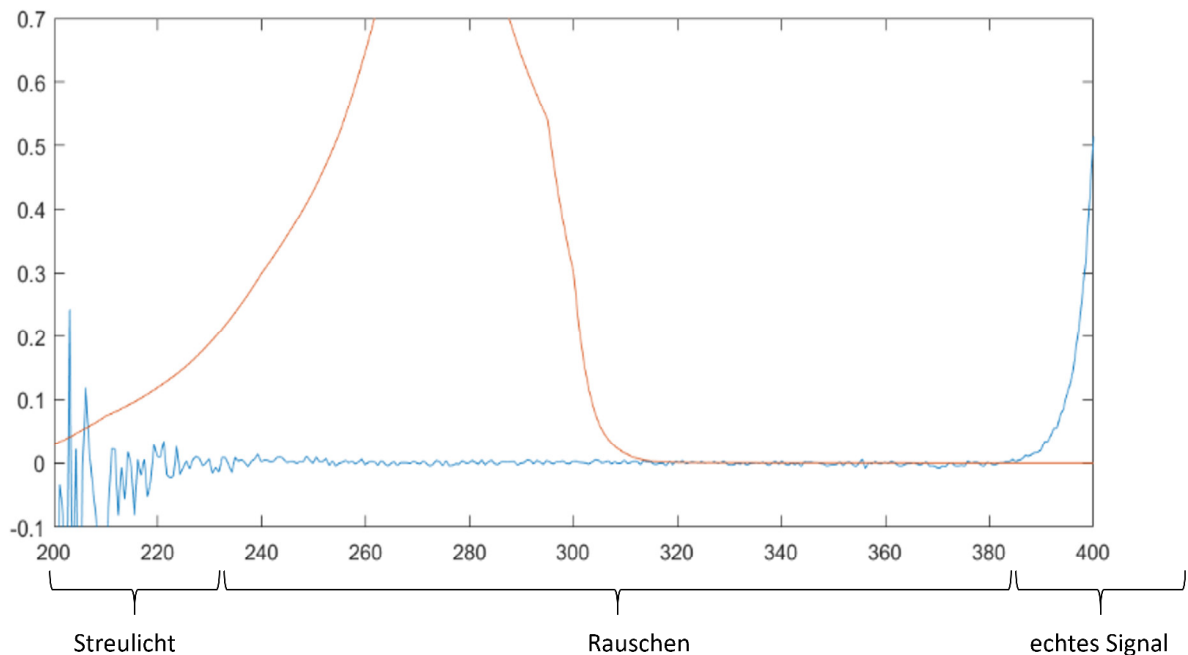


Abbildung 87: Spektrum $\partial E / \partial \lambda (\lambda)$ einer Philips MSD 20R 470 Watt Lampe vom UHP-Typ (blau) sowie Gewichtungsfunktion $S_{UV}(\lambda)$ (braun)

Abbildung 87 zeigt eine Messung eines UHP-Bühnenstrahlers zusammen mit der Gewichtungsfunktion $S_{UV}(\lambda)$, die bei 270nm ihr Maximum erreicht (Wert ist dort 1). Würden wir nun einfach das Produkt vom Spektrum $\partial E / \partial \lambda (\lambda)$ und $S_{UV}(\lambda)$ von 200 bis 400nm auf integrieren, so wie es die Definition von E_S vorschreibt, würden wir ein falsches Ergebnis erhalten. Dies hat verschiedene Gründe:

- Im Bereich 200nm bis ca. 230nm besteht das Spektrum (blau) aus sogenanntem Streulicht.
- Von ca. 230nm bis ca. 385nm folgt ein verrauschtes Signal
- und erst ab 385nm folgt dann das eigentliche Signal, d.h. erst ab 385nm ist $\partial E / \partial \lambda (\lambda) \neq 0$.

Wir bezeichnen die Wellenlänge, ab der wir ein „echtes“ Signal haben mit λ_{echt} und berechnen das aktinische UV dann gemäß:

$$E_S = \int_{\lambda_{echt}}^{400 \text{ nm}} S_{UV}(\lambda) \cdot \partial E / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda \quad \text{Bestrahlungsstärke } E_S \text{ (27)}$$

In der Praxis gehen wir so vor, dass wir uns für jeden Bühnenstrahler das Spektrum im UV-Bereich ansehen und λ_{echt} bestimmen. Dabei ist natürlich λ_{echt} bei jedem Bühnenstrahler unterschiedlich. Abbildung 88 zeigt ein weiteres Beispiel. Die Spektren zweier Messungen an einem HMI-Strahler sind zusammen mit der Funktion $S_{UV}(\lambda)$ dargestellt. In diesem Beispiel wählen wir für λ_{echt} den Wert 294nm.

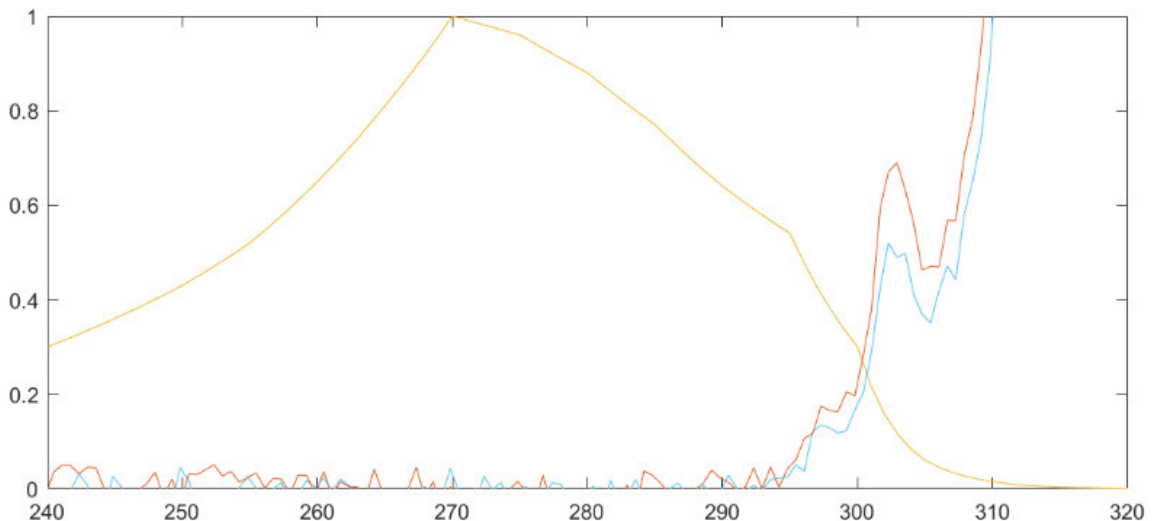


Abbildung 88: zeigt die Spektren zweier Messungen an einem HMI-Strahler zusammen mit der Funktion $S_{UV}(\lambda)$. λ_{echt} ist hier 294nm.

Die Problematik bei der Berechnung von E_S liegt darin begründet, dass zwar im Bereich des Rauschens das Integral

$$\int_{230 \text{ nm}}^{\lambda_{echt}} \partial E / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda \approx 0 \quad \text{Integral aktinisches UV (28)}$$

ungefähr 0 ist, aber durch die Multiplikation mit einer „großen“ Funktion $S_{UV}(\lambda)$ das Integral von 230nm bis λ_{echt} durchaus Werte erreicht, die mit dem echten Integral von λ_{echt} bis 400nm vergleichbar sind, d.h. das Integral

$$\int_{230 \text{ nm}}^{\lambda_{echt}} S_{UV}(\lambda) \cdot \partial E / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda \quad \text{Integral aktinisches UV (29)}$$

ist gegenüber

$$\int_{\lambda_{echt}}^{400 \text{ nm}} S_{UV}(\lambda) \cdot \partial E / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda \quad \text{Integral aktinisches UV (30)}$$

nicht zu vernachlässigen.

Dies ist bei der Bestimmung von E_{UVA} nicht so, da bei E_{UVA} keine solche Gewichtungsfunktion besitzt. Dennoch wenden wir auch bei E_{UVA} ebenfalls die Methode mit einem λ_{echt} an.

Messung im fernen IR (Extrapolation der IR-B-Strahlung)

Zur Ermittlung der gewichteten Bestrahlungsstärken E_{IR} und E_H wird die spektrale Bestrahlungsstärke $dE/d\lambda$ von 380 nm bis 3.000 nm benötigt, wie Tabelle 10 zeigt:

Tabelle 10 Definition der gewichteten Bestrahlungsstärken E_{IR} und E_H

Name	Wellenlängenbereich in nm	Formel
Trübung der Augenlinse (Grauer Star) und thermische Schädigung der Hornhaut	780-3000	$E_{IR} = \int_{780 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} \partial E / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda$
Thermische Schädigung der Haut	380-3000	$E_H = \int_{380 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} \partial E / \partial \lambda (\lambda) \cdot d\lambda$

Mit dem Spektrometer Instrument Systems CAS140CT-171 kann das Spektrum bis zu einer Wellenlänge von 1665nm gemessen werden. Da LED- und Laser-Bühnenstrahler keine IR-Strahlung aufweisen, wird nur für die Entladungslampen ein Verfahren benötigt, die spektrale Bestrahlungsstärke im Bereich 1665nm bis 3000nm abzuschätzen.

Bei Hochdruckentladungslampen besteht der Kontinuums Anteil der spektralen Bestrahlungsstärke im IR-A und IR-B Bereich hauptsächlich aus Brems- und Rekombinations-Strahlung von Elektronen an ungeladenen und ionisierten Bestandteilen des Plasmas der Entladung. In [32] wurde gezeigt, dass dE/dk im Bereich der Wellenzahlen $k = 1/\lambda = 3.000 \text{ 1/cm}$ bis 10.000 1/cm (das entspricht 1.000nm bis 3.333nm) näherungsweise konstant ist. Der Wert der Konstante sei I_0 : $dE/dk = I_0$. Daraus folgt:

$$\frac{dE}{d\lambda} = \frac{dE}{dk} \cdot \frac{dk}{d\lambda} = I_0 \cdot \frac{1}{\lambda^2} \quad \text{Berechnung IR-B (31)}$$

Der Anteil des Kontinuums der spektralen Bestrahlungsstärke weist somit im IR-A und IR-B Bereich eine $1/\lambda^2$ - Abhängigkeit auf (siehe Abbildung 89). Die Konstante I_0 wird an die Kontinuum-Strahlung im bekannten Bereich unterhalb 1665nm in einem Bereich, der frei von Linienstrahlung ist, angepasst.

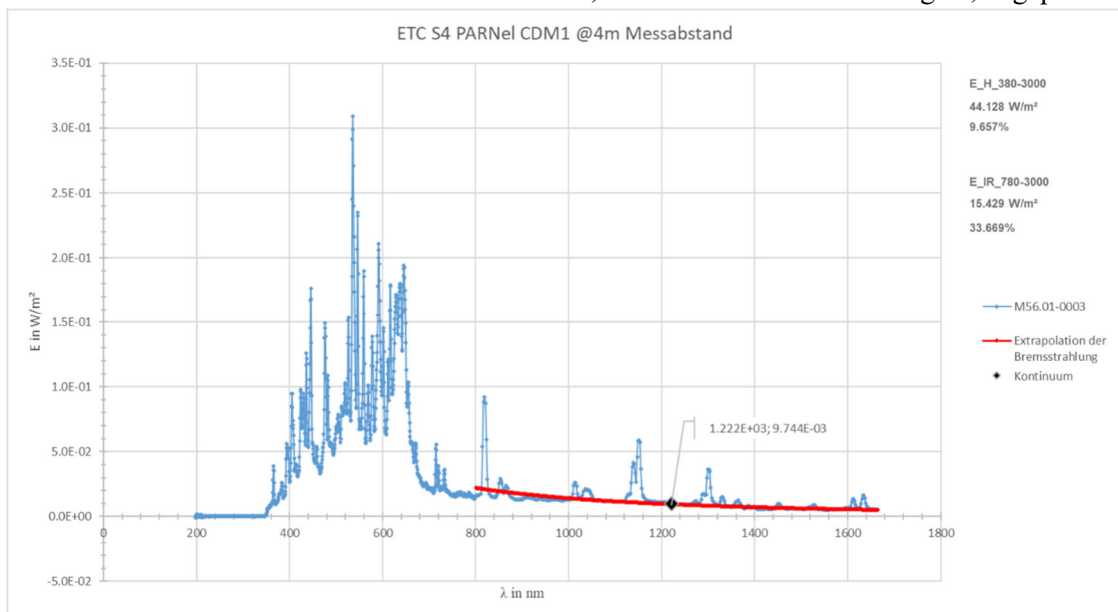


Abbildung 89 Spektrum ETC S4 PARNel CDM1 mit „Extrapolation der Bremsstrahlung“

Damit lässt sich die Kontinuum Strahlung oberhalb von 1665nm wie folgt abschätzen:

$$\int_{1665nm}^{3000nm} \frac{\partial E}{\partial \lambda}(\lambda) \cdot d\lambda = \int_{1665nm}^{3000nm} I_0 \cdot \frac{1}{\lambda^2} \cdot d\lambda = -I_0 \cdot \frac{1}{\lambda} \Big|_{1665nm}^{3000nm} = I_0 \cdot \left(\frac{1}{1665nm} - \frac{1}{3000nm} \right) \quad (32)$$

Bemerkungen:

- (1) die obige Abschätzung vernachlässigt die Linienstrahlung im Bereich 1665nm bis 3000nm. Daher wird im Kapitel „Messunsicherheiten“ eine Messunsicherheit von 100% für diesen Bereich aus Mangel an weiteren Informationen angesetzt.
- (2) Die Messungen, die in Kapitel 6: „Auswertung und Gesamtübersicht“ vorgestellt werden, ergeben, dass E_{IR} und E_H für die Risikobewertung nicht von Relevanz ist.

Messunsicherheiten

Bei der Angabe der Messunsicherheiten beschränken wir uns auf die besonders relevanten Messgrößen (siehe unten) sowie auf Abstände $\geq 2m$.

E_S	aktinisches UV (Hornhaut- und Bindehaut-Entzündung und Sonnenbrand/Hautkrebs)
E_{UVA}	Auge UV-A (Linsentrübung (grauer Star))
L_B	photochemische Netzhautschädigung
L_R	thermische Netzhautschädigung
E_{IR}	Auge IR (Linsentrübung (grauer Star) und thermische Schädigung der Hornhaut)
E_H	Thermische Schädigung der Haut

Bei der Ermittlung von Messunsicherheiten orientieren wir uns an der „*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*“, kurz GUM genannt. Benutzte Notationen (Abbildung 90) sind:

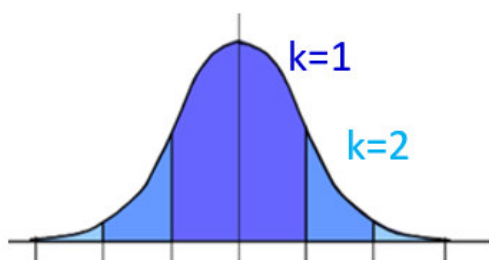
Mittelwert	$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i$
Varianz	$\frac{1}{(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$
Standardunsicherheit einer Einzelmessung (empirische Standardabweichung)	$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$
Standardunsicherheit des Mittelwertes	$\sigma = \Delta\bar{x} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$

Abbildung 90 Notationen

Es kann gezeigt werden, dass sich der wahre Wert mit einer Wahrscheinlichkeit von 68,3 % im Intervall:

$$[\bar{x} - \Delta\bar{x}, \bar{x} + \Delta\bar{x}]$$

befindet. Eine höhere Sicherheit erhält man, wenn man die doppelte Breite angibt, d.h. man benutzt den Erweiterungsfaktor $k=2$. In diesem Fall erhöht man die Wahrscheinlichkeit auf 95,4 % (Abbildung 91).



Erweiterungs-Faktor	k	1	2	3
Vertrauens-Niveau	p	68,3 %	95,4 %	99,7 %

Abbildung 91 Gaußverteilung (links) und Erweiterungsfaktor (rechts)¹¹

¹¹ Messunsicherheitsbestimmung nach GUM, Wolfgang Schmid (Vorlesung WS 2017/2018), Arbeitsgruppe von Prof. Dr.-Ing. R. Tutsch, TU Braunschweig

Wenn nicht anders benannt, wird stets die 2σ -Breite als Messunsicherheit angegeben, die sich aus der Standardmessunsicherheit (1σ -Breite) durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor $k=2$ ergibt.

In der GUM wird zwischen folgenden Unsicherheiten unterschieden:

- Typ-A: Ermittlung aus der statistischen Analyse mehrerer statistisch unabhängiger Messwerte aus einer Messwiederholung.
- Typ-B: Ermittlung ohne statistische Methoden, beispielsweise durch Entnahme der Werte aus einem Kalibrierschein.

Messunsicherheiten der Messgeräte

EOP: Spektrometer mit EOP-Messkopf (Bestrahlungsstärke)

Alle beschriebenen Messgeräte sind durch die Hersteller (Instrument Systems und Gigahertz Optik) kalibriert worden. Für die Spektrometer-Kombination (CAS 140 CT – 152 / CAS 140 CT – 171) inklusive Y-Lichtleiter und Messkopf EOP-146 gibt der Hersteller Instrument Systems die Messunsicherheit ($k=2$) lt. Tabelle 11 an:

Tabelle 11 Relative Messunsicherheit der spektralen Bestrahlungsstärke

Wellenlänge λ / nm	relative Unsicherheit	Wellenlänge λ / nm	relative Unsicherheit
$200 \leq \lambda < 250$	9.3%	$780 \leq \lambda < 800$	1.9%
$250 \leq \lambda < 300$	3.6%	$800 \leq \lambda < 900$	1.8%
$300 \leq \lambda < 360$	3.8%	$900 \leq \lambda < 1200$	1.9%
$360 \leq \lambda < 400$	2.1%	$1200 \leq \lambda < 1400$	2.0%
$400 \leq \lambda < 450$	1.7%	$1400 \leq \lambda < 1500$	2.2%
$450 \leq \lambda < 500$	1.5%	$1500 \leq \lambda < 1600$	2.4%
$500 \leq \lambda < 550$	1.4%	$1600 \leq \lambda < 1650$	2.5%
$550 \leq \lambda < 800$	1.3%		

Mit Hilfe der Werte in Tabelle 11 ergeben sich je nach Spektrum des Strahlers und der Bewertungsfunktion folgende relativen Messunsicherheiten (s. Tabelle 12).

Tabelle 12 Relative Messunsicherheiten der Bühnenstrahler

Messgröße → Lichtquelle ↓	E_S	E_{UVA}	E_{IR}	E_H
LED RGBW	-	-	-	2 %
LED BW	-	-	-	2 %
CDM	-	3 %	35 %	12 %
HMI	4 %	4 %	35 %	12 %
HMI SA	-	3 %	-	2 %
UHP	3 %	3 %	3 %	2 %
RGB Laser	-	-	-	2 %

Bemerkungen:

- (a) Es werden nur Messunsicherheiten für relevante Messgrößen angegeben. Z.B. senden LEDs kein UV Licht aus, d.h. E_S für LEDs ist null (wird durch einen waagerechten Strich angegeben)
- (b) Die etwas größeren Messunsicherheiten bei E_{IR} und E_H (für CDM und HMI-Lampen) ergeben sich aus den Unsicherheiten bei der Extrapolation im Bereich 1660nm bis 3000nm, die unsere Spektrometer nicht mehr messen können. In diesen Bereichen wird für das Kontinuum ein $1/\lambda^2$ Ansatz gemacht. Es werden aber keine Quecksilberlinien berücksichtigt. Daher wird für den Bereich 1660nm bis 3000nm eine Messunsicherheit von 100 % angesetzt. Unter der Annahme, dass sich die Strahlung bei CDM und HMI-Lampen aus 70% sichtbarer, 20% IR-A und 10% IR-B Strahlung zusammensetzt, ergeben sich dann obige Werte.
- (c) Obige Werte enthalten auch Messunsicherheiten, die sich durch die Reproduzierbarkeit des Abstandes ergeben. Für die Messung des Abstandes a von dem Bühnenscheinwerfer zum EOP-Messkopf wurde ein Laser-Entfernungsmessgerät ZAMO II von Bosch benutzt. Es hat eine Messunsicherheit von $\Delta a = \pm 3$ mm. Unter der Annahme, dass die Bestrahlungsstärke Messwerte mit $1/a^2$ abnehmen, ergibt sich dann eine relative Messunsicherheit für die Bestrahlungsstärke von

$\Delta E/E = 2 \cdot \Delta a/a$. Für einen Abstand von beispielsweise 4m ergibt sich beispielsweise: $\Delta E/E (4m) = 2 \cdot \Delta a/a = 2 \cdot 3\text{mm}/4\text{m} = 0,15 \%$.

- (d) Bei der Messung mit dem EOP-Messkopf ergeben sich je nach Ausrichtung unterschiedliche Messwerte. So kann man den Messkopf zentral ausrichten (Bühnenstrahler-Achse und EOP-Achse sind identisch) oder so ausrichten, dass sich maximale Bestrahlungswerte ergeben. Diese Effekte werden in der obigen Messunsicherheitentabelle nicht berücksichtigt.

LDM (Strahldichte)

Der Hersteller gibt im Kalibrierschein für die verschiedenen Messköpfe des LDM eine Unsicherheit von $\pm 5\%$ ($k=2$) an.

Zu dieser Unsicherheit kommt die Streuung der Messwerte durch die Fokussierung auf die höchste Strahldichte im Okular hinzu, die bei Strahlern hoher Leistung nur noch mittels einer Kamera einstellbar ist. Meist wird dieser Wert aber durch eine einzige Messung bestimmt. Es wird also keine Messreihe durchgeführt. Um dennoch die Messunsicherheit einer Einzelmessung (σ_{n-1}) von L_B bzw. L_R zu bestimmen, haben wir bei einigen Bühnenstrahlern (siehe Tabelle 13) jeweils 6mal den Maximalwert von L_B bzw. L_R gemessen. Aus diesen Daten lässt sich neben dem Mittelwert und der Standardmessunsicherheit des Mittelwertes auch die prozentuale Messunsicherheit des Einzelwertes bestimmen.

Tabelle 13 Messung von σ_{n-1} -Werten (prozentual) für verschiedene Bühnenstrahler in 4m Entfernung für eine Winkelausdehnung von 1,7 bzw. 11mrad mit den beiden Messköpfen PD-16BLH und PD-16RTH für die photochemische bzw. thermische Schädigung der Netzhaut. Die L_R -Werte sind unkorrigiert.

Name	Typ	L_B	L_B	L_R^{unkorr}	L_R^{unkorr}
		1,7mrad	11mrad	1,7mrad	11mrad
JB Lighting P18 Spot (M54)	LED	4,0 %	3,2 %	8,0 %	2,4 %
Ayrton Ghibli (M52)	LED	13,0 %	0,5 %	7,3 %	0,3%
ETC S4 PARnel CDM2 (M56)	CDM	4,1 %	2,3 %	3,6 %	1,2 %
Robe Pointe (M60)	UHP			6,4 %	8,7 %

Den Messwerten ist zu entnehmen, dass die Messunsicherheiten bei 1,7 mrad tendenziell größer sind als bei 11 mrad, was auch verständlich ist, wenn man bedenkt, dass die Maximum-Suche für einen kleinen Messfleck (1,7mrad) schwieriger ist, als für einen größeren Messfleck (11mrad).

Des Weiteren fällt auf, dass die prozentualen σ_{n-1} Messunsicherheiten sehr unterschiedlich sind und einen Bereich von 3,6% bis 13% (1,7mrad) bzw. 0,3% bis 8,7% (11mrad) aufweisen. Ob die Abweichungen darauf zurückzuführen sind, dass einzelne Strahler schwieriger zu messen sind als andere oder die Tagesform des Messenden eine Rolle spielt, ließ sich nicht eindeutig klären. Wir geben daher 2 Messunsicherheitswerte an: die typische Messunsicherheit als Mittelwert der prozentualen σ_{n-1} Messunsicherheiten und die maximale Messunsicherheit.

Tabelle 14 Typische und maximale Unsicherheit der Strahldichten - Standardunsicherheit

prozentuale σ_{n-1} Messunsicherheit	typisch	maximal
1,7 mrad	6,6 %	13 %

prozentuale σ_{n-1} Messunsicherheit	typisch	maximal
11 mrad	2,7 %	8.7 %

Bei der Angabe der 2σ - Messunsicherheit müssen obige Werte noch mit dem Erweiterungsfaktor $k=2$ multipliziert werden. Zusammen mit der Kalibrierschein-Unsicherheit von $\pm 5\%$ ($k=2$) und den Messunsicherheiten der Abschwächungsfaktoren der eingesetzten Dichtefilter OD1, OD2 und OD3 von $\pm 10\%$ ($k=2$) ergeben sich dann folgende Messunsicherheiten der gewichteten Strahldichten:

Tabelle 15 Typische und maximale Unsicherheit der Strahldichten – Gesamtunsicherheit (erweiterte Unsicherheit)

prozentuale 2σ - Messunsicherheit der gewichteten Strahldichten	typisch	maximal
1,7 mrad	17,3%	28,3 %
11 mrad	12,4 %	20,7 %

Messunsicherheiten der Dichtefilterfaktoren

Bemerkungen:

- a) Die Messunsicherheiten der Abschwächungsfaktoren (DFF L_B) der Dichtefilter OD1 bis OD3, die vor die Eingangslinse des LDMs angebracht werden können, wurden beispielhaft bei einigen Bühnenstrahlern in Messreihen ermittelt. Dabei wurde die 1σ Messunsicherheit des Mittelwertes (Δ) bestimmt (s. Tabelle 16):

LED W	M52 Ayrton Ghibli	DFF L_B	Δ
	LDM1/ OD1	13.00	4.21%
	LDM1/ OD2	165.21	3.72%
	LDM1/ OD3	1271.21	3.84%
HMI	M77 Arri TrueBlue D12	DFF L_B	Δ
	LDM1/ OD1	13.45	1.31%
	LDM1/ OD2	171.43	0.33%
	LDM1/ OD3	1259.83	0.80%
CDM	M56 ETC S4 PARNeI	DFF L_B	Δ
	LDM1/ OD1	13.34	0.51%
	LDM1/ OD2	182.30	1.23%
	LDM1/ OD3	1236.76	1.08%
HMI SA	M59 VariLite VL3500	DFF L_B	Δ
	LDM1/ OD1	13.04	1.56%
	LDM1/ OD2	162.92	2.50%
	LDM1/ OD3	1247.64	1.30%
UHP	M64 Elation Smarty Hybrid	DFF L_B	Δ
	LDM1/ OD1	13.40	0.88%
	LDM1/ OD2	180.66	4.86%
	LDM1/ OD3	1274.58	2.75%

Tabelle 16 Dichtefilterfaktoren (DFF) verschiedener Bühnenstrahler

Die 1σ Messunsicherheit liegen alle unter 5% und somit die 2σ Messunsicherheit unter 10%.

- b) Die Gesamtunsicherheit $2\sigma_{\text{ges}}$ in der Tabelle 15 wurde in der quadratischen Norm bestimmt. Beispielhaft ergibt sich für die Kombination (typisch, 1,7mrad):
- $$(2\sigma_{\text{ges}})^2 = (2 \cdot 6,6\%)^2 + (5\%)^2 + (10\%)^2 = (17,3\%)^2$$

Ermittlung der scheinbaren Quellengröße

Die Bestimmung des Grenzwertes für die thermische Netzhautschädigung ist wie folgt definiert (vgl. [33], S 48):

$$L_R = \sum_{380}^{1400} L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \leq \frac{50000}{\alpha \cdot t^{0,25}} \frac{W}{m^2 \cdot sr} \quad \text{für } (10\mu s \leq t \leq 10s) \quad (33)$$

L_λ : spektrale Strahldichte in $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot nm^{-1}$

$R(\lambda)$: Verbrennungsgefahr-Wirkfunktion

t : Beobachtungsdauer in Sekunden

$\Delta\lambda$: Bandbreite in nm

α : Winkelausdehnung der Quelle in rad

An der Formel ist zu sehen, dass der Grenzwert von der Winkelausdehnung der Quelle α abhängt. Die Winkelausdehnung ist in [33], S 7, A 3.2 definiert:

„ α

Sehwinkel, der von der scheinbaren Quelle am Auge eines Beobachters oder am Ort der Messung aufgespannt wird. In dieser Norm werden Winkelausdehnungen als voller Winkel definiert, nicht als halber Winkel.

Einheit: Radiant

ANMERKUNG Die Winkelausdehnung α wird im Allgemeinen durch die Verwendung von Linsen und Spiegeln als Projektionsoptiken verändert, d. h. die Winkelausdehnung der scheinbaren Quelle unterscheidet sich von der Winkelausdehnung der tatsächlichen physikalischen Quelle.“

Bei der Bestimmung der scheinbaren Quellgröße wird von [33] eine 50%-Emissionspunkte-Methode vorgeschlagen. Weiter werden Bedenken bei der Verwendung von üblichen photographischen Methoden oder Halbleiterkameras geäußert (vgl. [33], S 20, A 5.2.3). Als Bezug wird dabei die Arbeit von SLINEY ET AL. aus dem Jahre 1980 genannt. Nach eingehender Prüfung können diese Bedenken jedoch nicht bzgl. der Verwendung von Halbleiterkameras geteilt werden. Begründet liegt dies in der Tatsache, dass sich SLINEY ET AL. in dem in [33] genannten Abschnitt ausschließlich mit kohärentem Licht und der Entwicklung von fotografischem Film beschäftigen (vgl. [34], S 400ff, A 12.6.6). Daher muss der vorliegende Anwendungszweck genauer betrachtet werden.

Ziel ist es mit Hilfe einer Digitalkamera eine geometrische Größe – die scheinbare Quellgröße – zu bestimmen. Da die untersuchten Strahler hauptsächlich Licht im visuellen Spektrum emittieren, spricht nichts gegen die Verwendung einer handelsüblichen Digitalkamera, unter Berücksichtigung gewisser Merkmale der Halbleiterkameras. Dies soll im Folgenden näher erläutert werden.

Die meisten Halbleiterkameras haben, als eine Anpassung an das visuelle System des Menschen, eine höhere Anzahl an Detektoren, die der Erfassung von Grün zugeordnet sind – meistens die Hälfte der Detektoren – im Vergleich zu Detektoren die Rot oder Blau erfassen. Begründet liegt dies in der Tatsache, dass das Visuelle System des Menschen die meiste Helligkeitsinformation aus dem grünanteiligen Bereich des visuellen Spektrums entnimmt (vgl. [35], S 97). Weiter muss beachtet werden, dass bei der Kanalumwandlung von RGB auf Graustufen die menschliche Farbwahrnehmung von den meisten Kameras und Bildbearbeitungs-Tools beachtet werden und die Farben entsprechend gewichtet werden.

In Anlehnung an den von JANßEN ET AL. vorgestellten Verfahren des computerunterstützten Kamerasystems (vgl. [25], S 70), wurde eine Okular-Kamera verwendet (s. Kapitel „Versuchsaufbau/ Prüfstand“, S.47ff)

Zur Bestimmung der scheinbaren Quellgröße wird ein monochromatisches Bild des eingeschalteten Strahlers erstellt. Das Bild wird anhand der RGB-Werte eines jeden Pixels einer digitalen Aufnahme mittels einer quadratischen Mittelung berechnet. Die quadratische Mittelung wird hier als eine Abschätzung zur sicheren Seite verwendet, da höhere Werte einen größeren Einfluss haben. So entsteht eine Matrix, die der Auflösung des Fotos (in diesem Fall: 1920 x 1080) entspricht. Im Anschluss wird die Matrix normiert. Das

Ergebnis ist in Abbildung 92 als Heatmap dargestellt. Hier stellen 100% die maximale Helligkeit der Aufnahme dar. Es sei hier erwähnt, dass das Ergebnis einer solchen Berechnung stark von der Dynamik der verwendeten Kamera und dem Equipment abhängig ist. Das Bild darf nicht überbelichtet sein. Um dies sicher zu stellen, wurden Graustufenfilter verwendet. Das aussagekräftigste Ergebnis wird erzielt, indem das Bild so weit abgedunkelt wird, dass der hellste Bereich klar erkennbar ist, ohne den Detektor der Kamera zu übersteuern. Im Anschluss wird ein Schwellwert von 50% gesetzt. Abbildung 93 zeigt das Ergebnis dieses Vorganges. Mittels eines zuvor bestimmten mm/Pixel-Verhältnisses wird die Größe der in Abbildung 93 gezeigten weißen Fläche bestimmt. Sie wird mit $A_{L_{50\%}}$ bezeichnet. Aus ihr wird über

$A_{L_{50\%}} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{L_{50\%}}^2$ der äquivalente Durchmesser $d_{L_{50\%}}$ und die Winkelausdehnung $\alpha_{L_{50\%}}(4m) = \frac{d_{L_{50\%}}}{4m}$ bestimmt.

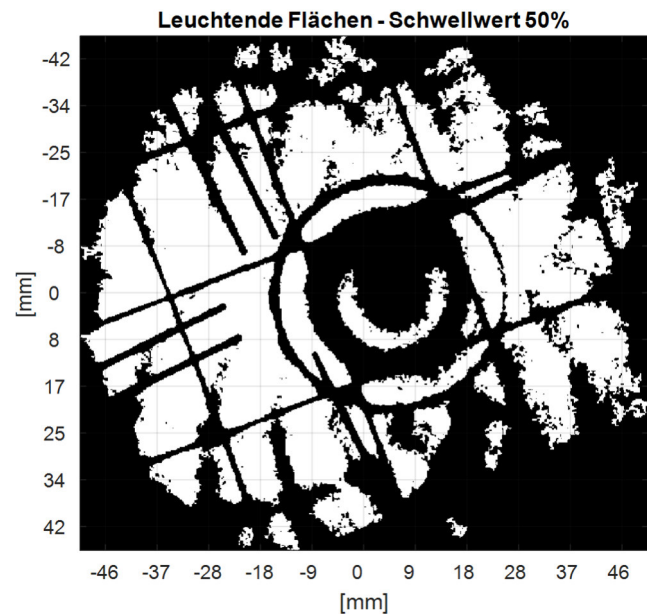
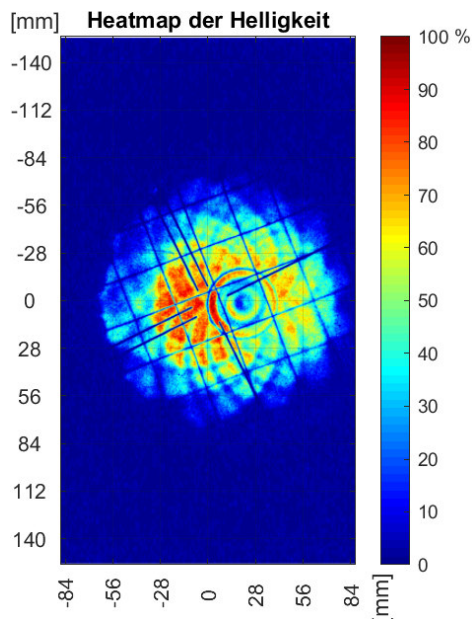


Abbildung 92: Heatmap der Leuchtdichte des Strahlers ETC S4 PARNeL CDM.

Abbildung 93: Scheinbaren Quellengröße des Strahlers ETC S4 PARNeL CDM bei einem Schwellwert von 50%.

Aus Tabelle 17 können die Ergebnisse entnommen werden. $A_{L_{50\%}}$ ist die scheinbare Quellengröße und $d_{L_{50\%}}$ der äquivalente Durchmesser der scheinbaren Quellengröße. Die Winkelausdehnung wird durch $\alpha(r)$ beschrieben, wobei r den Abstand vom Detektor zur Quelle darstellt.

Tabelle 17: Scheinbaren Quellengröße $A_{L_{50\%}}$ und Winkelausdehnung $\alpha_{L_{50\%}}$ bei 4 Meter

$A_{L_{50\%}} [mm^2]$	$d_{L_{50\%}} [mm]$	$\alpha_{L_{50\%}}(4m) [mrad]$
3859,43	70,1	17,53

Risikogruppe und maximale Expositionszeit

In der DIN EN 62471 [13] sind für die verschiedenen Messgrößen Risikogruppen angegeben. Wir möchten an dieser Stelle die grundlegenden Effekte skizzieren. Dabei beschränken wir uns auf die für uns relevanten Messgrößen:

E_S	aktinisches UV (Hornhaut- und Bindehaut-Entzündung und Sonnenbrand/Hautkrebs)
E_{UVA}	Auge UV-A (Linsentrübung (grauer Star))
L_B	photochemische Netzhautschädigung
L_R	thermische Netzhautschädigung
E_{IR}	Auge IR (Linsentrübung (grauer Star) und thermische Schädigung der Hornhaut)

Für die verbleibenden Messgrößen sind entweder keine Risikogruppen angegeben (E_H) oder die Messgröße ist für unsere Lichtquellen nicht von Bedeutung: L_{IR} (nur anwendbar bei Leuchtdichten unter 10 cd/m^2) und E_B (nur relevant für kleine Quellen, die einen Winkel von weniger als 11 mrad aufspannen)

Eine grundlegende Idee bei der Bestimmung von Risikogruppen geht davon aus, dass eine bestimmte Strahlen-Dosis nicht überschritten werden darf. Die Dosis ist dabei das Produkt aus gewichteter Bestrahlungsstärke und der Expositionszeit. Sie wird auch als „Bestrahlung“ bezeichnet und hat die Einheit J/m^2 . Analog verfährt man mit der gewichteten Strahldichte.

Für das aktinische UV ist die maximal zu tolerierende Dosis (Bestrahlung) 30 J/m^2 . Abbildung 94 zeigt die aktinisch gewichtete Bestrahlungsstärke E_S als Funktion der Zeit mit der Grenzkurve $E_S \cdot t = 30 \text{ J/m}^2$. Alle Expositionszeiten t mit $E_S \cdot t > 30 \text{ J/m}^2$ sind verboten d.h. sie führen zu Schädigungen (siehe roter Bereich). Mit Hilfe der Grenzkurve kann man zu einem gemessenen Wert der Bestrahlungsstärke E_S^{exp} die maximale Expositionszeit t_{max} berechnen.

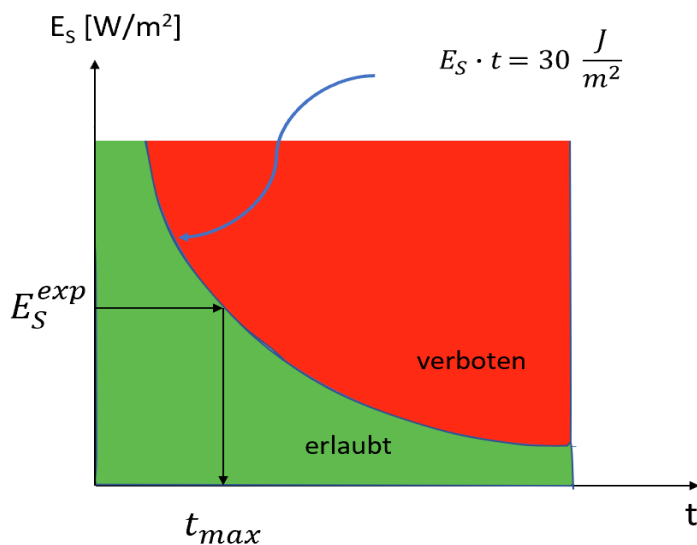


Abbildung 94 aktinisches UV mit der Grenzkurve und der maximalen Expositionszeit t_{max}

Betrachtet man nur den erlaubten Bereich, so ist die Gefahr einer Expositionszeitüberschreitung umso eher gegeben je kleiner die maximale Expositionszeit ist. Dieser Grundgedanke führt zu dem Konzept der Risikogruppen (RG): Strahler mit einer kleinen maximalen Expositionszeit werden einer höheren Risikogruppe zugeordnet. Abbildung 95 zeigt die Einteilung in Risikogruppen:

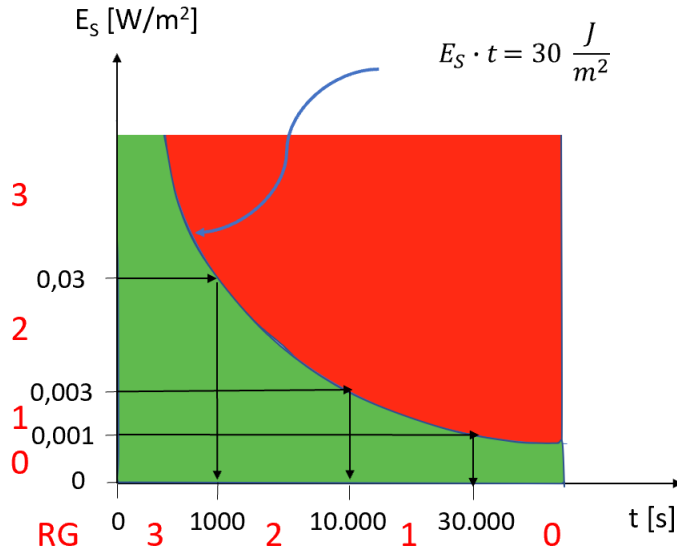


Abbildung 95 Einteilung in Risikogruppen (RG) des aktinischen UV's

Man kann die Risikogruppe entsprechend ihrer maximalen Expositionszeit einteilen, z.B. entspricht eine maximale Expositionszeit t_{max} zwischen 1000s und 10.000s der Risikogruppe 2. Äquivalent ist die Einteilung nach Bestrahlungsstärken, die z.B. die Risikogruppe 2 für $0,003 \text{ W/m}^2 < E_s < 0,03 \text{ W/m}^2$ vorsieht. Tabelle 18 zeigt die Einteilung in Risikogruppen gemäß der maximalen Expositionszeit t (Zeitbasis) und entsprechend der Bestrahlungsstärke E_s :

Tabelle 18 Einteilung in Risikogruppen (der übersicht halber wurden die Einheiten [s] und [W/m²] weggelassen)

Risiko	Symbol Einheit	RG 0	RG 1	RG 2	RG 3
Aktinisches UV	t [s]	$t > 30.000$	$30.000 > t > 10.000$	$10.000 > t > 1.000$	$1.000 > t > 0$
	E_s [W/m ²]	$E_s < 0,001$	$0,001 < E_s < 0,003$	$0,003 < E_s < 0,03$	$E_s > 0,03$

Wenden wir uns nun der Gefahr durch UV-A (E_{UVA}) und ihrer Einteilung in Risikogruppen zu. Bei der UV-A Gefahr gibt es eine untere Schwelle für E_{UVA} von 10 W/m^2 unterhalb der keine Gefahr mehr droht, unabhängig von der Zeit der Exposition. Man kann im Prinzip unendlich lange in die Lichtquelle blicken, ohne dass eine Gefahr droht. Abbildung 96 zeigt den Sachverhalt:

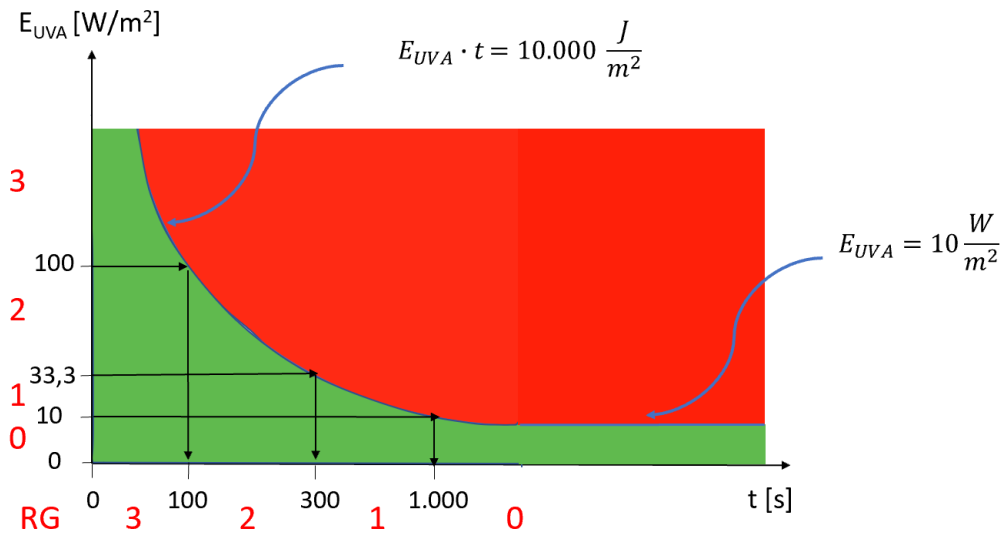


Abbildung 96 Risikogruppen-Einteilung für die Gefahr einer Linsentrübung durch UV-A

Tabelle 19 Einteilung in Risikogruppen für aktinisches UV und UV-A Linsentrübung durch UV-A

Risiko	Symbol Einheit	RG 0	RG 1	RG 2	RG 3
Aktinisches UV	t [s]	t > 30.000	30.000 > t > 10.000	10.000 > t > 1.000	1.000 > t > 0
	E _s [W/m ²]	E _s < 0,001	0,001 < E _s < 0,003	0,003 < E _s < 0,03	E _s > 0,03
Auge_UV-A Linsentrübung (grauer Star)	t [s]	t > 1.000	1.000 > t > 300	300 > t > 100	100 > t > 0
	E _{UVA} [W/m ²]	E _{UVA} < 10	10 < E _{UVA} < 33,3	33,3 < E _{UVA} < 100	E _{UVA} > 100

Bei der Risikogruppen-Einteilung der photochemische Netzhautschädigung L_B gibt es ähnlich wie bei E_{UVA} eine untere Schwelle von L_B = 100 W/m²sr unterhalb der keine Gefahr mehr droht. Oberhalb wird die Gefahr wieder durch die „Strahlen-Dosis“ beschrieben: L_B·t = 10⁶ J/m²sr. Abbildung 97 zeigt die Zusammenhänge sowie die Einteilung in Risikogruppen:

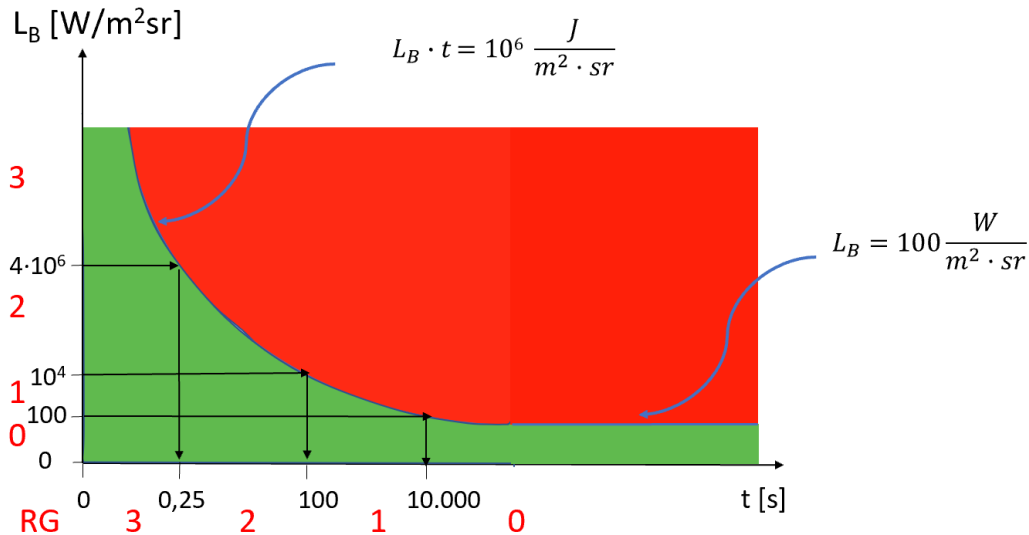


Abbildung 97 Risikogruppen-Einteilung für die photochemische Netzhautschädigung

Bei der Risikogruppen-Einteilung der durch Strahldichten beschriebenen Effekte, wie der photochemischen Netzhautschädigung, gibt es weitere biologische begründete Effekte zu beachten, die bei den Bestrahlungsstärken nicht auftreten. Das Auge bildet die Lichtquelle auf die Netzhaut ab. Die Netzhaut besteht aus photosensitiven Rezepturen (Zapfen), deren Größe einer Winkelausdehnung von 1,7 mrad entsprechen. Das Auge führt für Zeiten größer 0,25s schnelle Augenbewegungen (Augensakkaden) durch, die zu einer Verschmierung des Bildes der Lichtquelle auf der Netzhaut führen. Die Größe des verschmierten Bildes beträgt dann 11 mrad. Für noch länger Zeiten können bewusste Augenbewegungen (tätigkeitsbedingte Augenbewegungen) durchgeführt werden, die zu einer weiteren Vergrößerung der Winkelausdehnung auf 100 mrad führt.

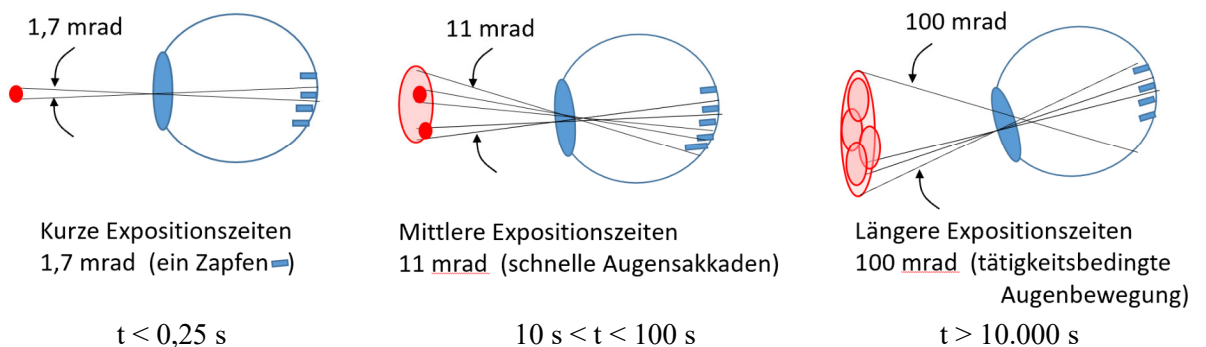


Abbildung 98 Augenbewegungen, die zu einer Vergrößerung der Winkelausdehnung führen

Die effektive Winkelausdehnung α_{eff} einer Lichtquelle hängt offenbar ab von der Expositionsdauer und ist in Abbildung 99 dargestellt. Dabei werden die Winkelausdehnungen für Zeiten zwischen den in Abbildung 98 angegebenen durch eine Wurzelfunktion interpoliert.

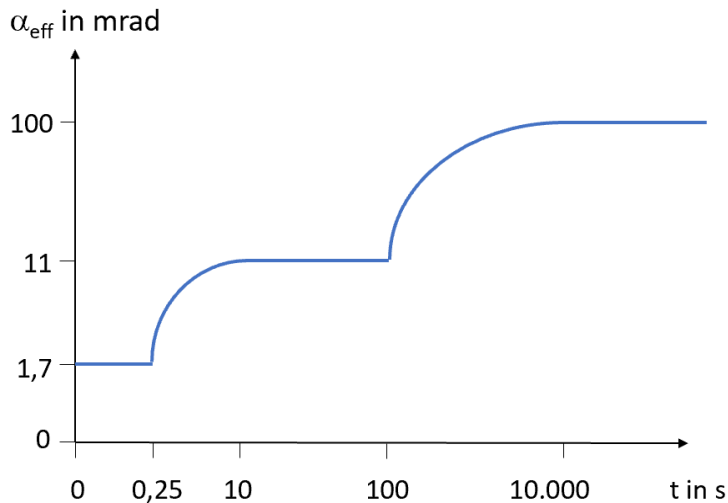


Abbildung 99 effektive Winkelausdehnung α_{eff} einer Lichtquelle in Abhängigkeit von der Expositionsdauer

Die oben beschriebenen Effekte führen bei der Bestimmung der Risikogruppen zu weiteren Herausforderungen, da die Werte von L_B für 1,7 mrad, 11 mrad und 100 mrad verschieden sind. Je größer die Winkelausdehnung umso größer der Bereich der Lichtquelle über den gemittelt wird. In der Praxis geht man so vor, dass man zunächst den gemessenen L_B Wert für 1,7 mrad nimmt und die maximale Expositionszeit bestimmt. Liegt diese unter 0,25 s gehört der Strahler zur Risikogruppe 3. Ist die maximale Expositionszeit größer als 0,25 s, nimmt man den gemessenen L_B Wert für 11 mrad und bestimmt die maximale Expositionszeit. Ist diese kleiner 100 s, gehört der Strahler zur Risikogruppe 2. Anderenfalls nimmt man den L_B Wert für 100 mrad und bestimmt die maximale Expositionszeit. Ist diese kleiner als 10.000 s gehört der Strahler der Risikogruppe 1 an, ist sie größer als 10.000 s gehört der Strahler der Risikogruppe 0 an.

Aber auch diese Vorgehensweise ist nur eine Näherung. Korrekterweise muss man die gewichtete Strahldicht L_B für jede Winkelausdehnung α_{eff} bestimmen, d.h. man muss experimentell die Funktion $L_B(\alpha_{\text{eff}})$ bestimmen und dann die implizite Gleichung:

$$L_B(\alpha_{\text{eff}}(t)) \cdot t = 10^6 \text{ J/m}^2\text{sr}$$

für die Zeit t lösen. Die Lösung ist dann die maximale Expositionszeit.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass das obige Vorgehen für unterschiedliche Abstände von Lichtquelle zum Beobachter zu unterschiedlichen Ergebnissen führt, da der Bereich, über den gemittelt wird, mit größerem Abstand zunimmt, wie Abbildung 100 zeigt:

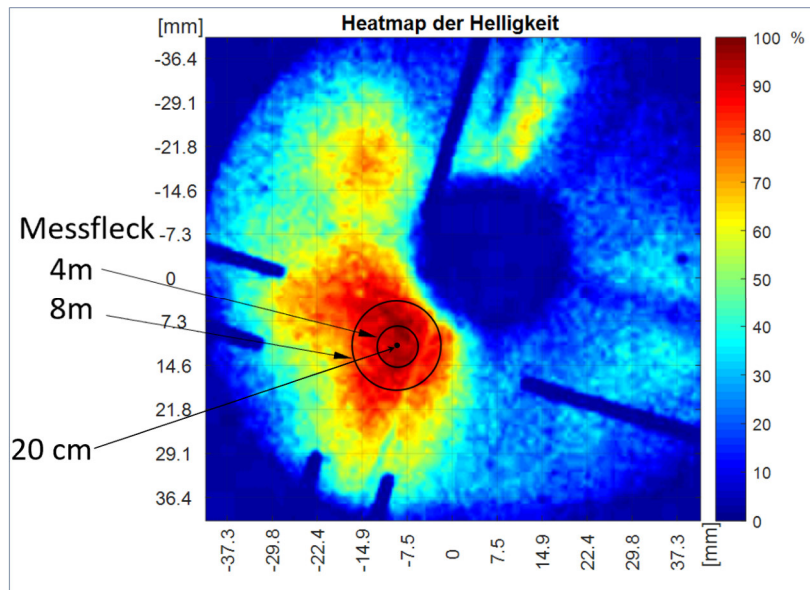


Abbildung 100 : Bereich der Lichtquelle über den gemittelt wird für einen Abstand von 20 cm, 4m und 8m bei einer Winkelausdehnung von 1,7 mrad (eigene Messung des Robe MMX Strahlers)

Kommen wir nun zur thermischen Schädigung der Netzhaut, d.h. zur gewichteten Strahlendichte L_R . Bei der photochemischen Netzhautschädigung ist die Wirkung einer Überschreitung der maximalen Expositionszeit nur lokal wirksam, d.h. in dem betroffenen Bereich der Netzhaut werden die Rezeptoren geschädigt, während in angrenzenden Bereichen keine Schädigung auftritt. Bei der thermischen Schädigung der Netzhaut ist der Sachverhalt anders, da die Wärmeleitung des Gewebes zu berücksichtigen ist. Die gleiche Bestrahlungsstärke auf der Netzhaut erzeugt eine unterschiedliche Temperaturerhöhung, je nachdem, wie groß die bestrahlte Fläche ist. Bei einer kleinen Fläche wird die Wärme schneller abgeleitet als bei einer großen Fläche und die erreichte Maximaltemperatur ist bei der großen Fläche größer. Die Größe des Netzhautbildes ist wiederum von der Quellgröße abhängig, die für kreisförmige Quellen durch eine ebene Winkelausdehnung α beschrieben werden kann. Als Quellgröße ist dabei die Ausdehnung der strahlenden Fläche des Bühnenstrahlers zu nehmen. α wird auch als Ausdehnung der scheinbaren Quelle bezeichnet (die echte Quelle ist die Lichtquelle (LED oder Gasentladungslampe)). Aufgrund der beschriebenen Effekte ist die maximale Strahlungsdosis abhängig von der Ausdehnung der scheinbaren Quelle α . Die genauen Zusammenhänge, die Gleichung der Grenzkurve und die Risikogrenzen für die thermische Netzhautschädigung können hier aber nicht hergeleitet werden und werden in Abbildung 101 ohne Herleitung angegeben. Auffallend ist des Weiteren, dass es die Risikogruppe 1 nicht gibt.

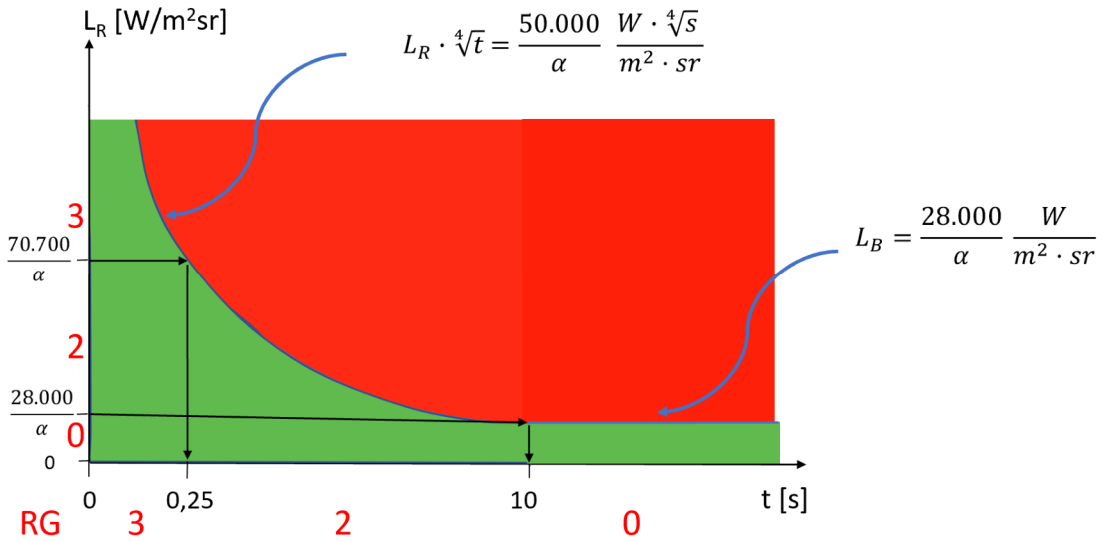


Abbildung 101 : Risikogruppen-Einteilung für die thermische Netzhautschädigung

Abbildung 102 zeigt für E_{IR} (Auge IR) die entsprechenden Grenzkurven und die Risikogruppen Einteilung:

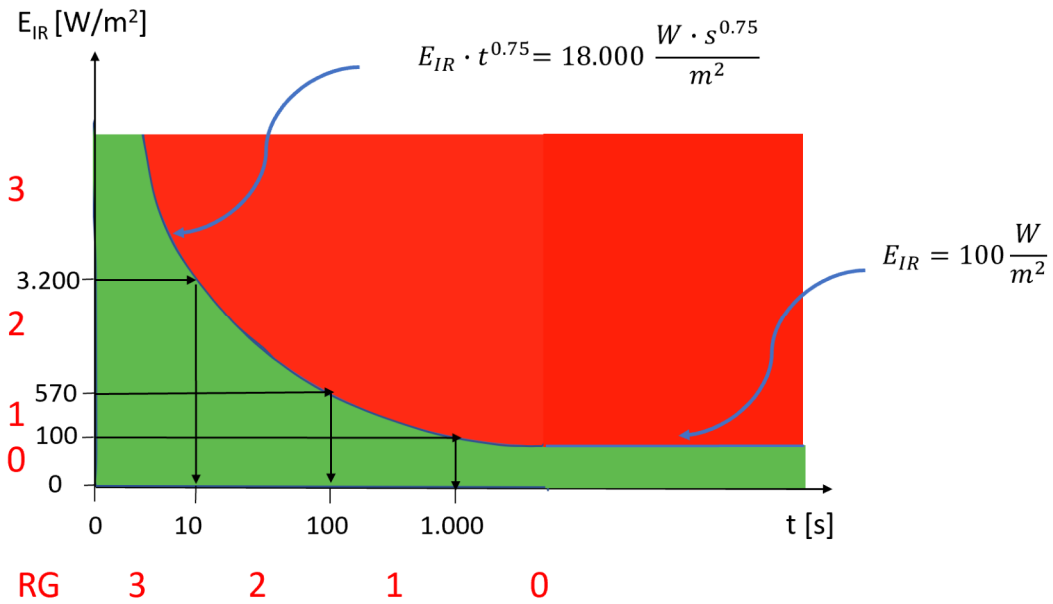


Abbildung 102 : Risikogruppen-Einteilung für E_{IR} . E_{IR} beinhaltet die Gefahr der Linsentrübung (grauer Star) und thermische Schädigung der Hornhaut durch IR Licht (Auge IR)

Abschließend geben wir zusammenfassend noch die wichtigsten Daten zur Bestimmung der Risikogruppen in Tabelle 20 an:

Tabelle 20 Einteilung in Risikogruppen gemäß DIN EN 62471

Risiko	Symbol Einheit	RG 0	RG 1	RG 2	RG 3
Aktinisches UV	t [s] E _S [W/m ²]	t > 30.000 E _S < 0,001	30.000 > t > 10.000 0,001 < E _S < 0,003	10.000 > t > 1.000 0,003 < E _S < 0,03	1.000 > t > 0 E _S > 0,03
Auge_UV-A Linsentrübung (grauer Star)	t [s] E _{UVA} [W/m ²]	t > 1.000 E _{UVA} < 10	1.000 > t > 300 10 < E _{UVA} < 33,3	300 > t > 100 33,3 < E _{UVA} < 100	100 > t > 0 E _{UVA} > 100
photochemische Netzhaut- schädigung	t [s] L _B [W/m ² sr]	t > 10.000 L _B < 100	10.000 > t > 100 100 < L _B < 10.000	100 > t > 0,25 10.000 < L _B < 4·10 ⁶	0,25 > t > 0 L _B > 4·10 ⁶
thermische Netzhaut- schädigung	t [s] L _R [W/m ² sr]	t > 10 L _R < 28.000/α		10 > t > 0,25 28.000/α < L _R < 70.700/α	0,25 > t > 0 L _R > 70.700/α
Auge_IR	t [s] E _{IR} [W/m ²]	t > 1.000 E _{IR} < 100	1.000 > t > 100 100 < E _{IR} < 570	100 > t > 10 570 < E _{IR} < 3.200	10 > t > 0 E _{IR} > 3.200

Von den Rohdaten zu einer komprimierten Darstellung

Ein Ziel des Projektes, möglichst einen „Querschnitt“ durch die verschiedenen Lichtquellen, Technologien und Bühnenscheinwerfertypen (Abbildung 103) abzubilden, führt zunächst zu der Frage, welches die Einstellung oder Konfiguration mit dem größten Gefahrenpotenzial darstellt. Viele Scheinwerfer sind als Hybride ausgelegt und bieten eine Fülle an Einstellmöglichkeiten, welche im Besonderen bei LED- oder LASER-Scheinwerfern mit RGB- oder RGBW-Engine zu unterschiedlichen Einschätzungen führen. Daneben sind Linsen und Linsensysteme und deren Brennpunkte zu berücksichtigen.



Abbildung 103 verschiedene Bühnenscheinwerfer (Bemerkung: Bilder nicht maßstabsgetreu)

Kopfbewegte Scheinwerfer (mit Linsensystemen) und auch die meisten anderen Typen lassen sich in der Regel über ein Bus-System (DMX¹²) ansteuern. Zur Ansteuerung der Scheinwerfer wird die Software dot2onPC 1.9.von MA Lighting International GmbH verwendet. Für (ansteuerbare) Scheinwerfer werden sog. „Fixture¹³“-Dateien verwendet, mit denen sich die Einstellungen (Abbildung 104) vornehmen lassen. In einem „Showfile“ lassen sich mehrere „Fixtures“ zusammenfassen.

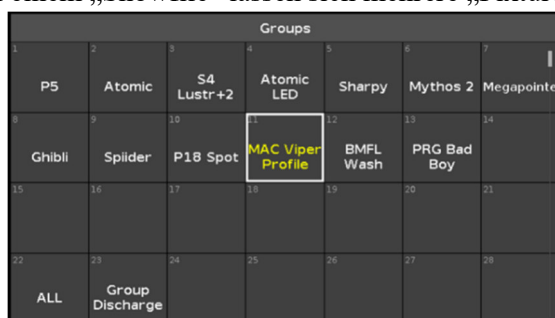


Abbildung 104: Ausschnitt aus einem Showfile dot2onPC mit verschiedenen Fixtures



Abbildung 105 Ausschnitt von Farbeinstellmöglichkeiten dot2onPC eines LED-Scheinwerfers

Im Rahmen des Projektes gibt es – neben der Einstellung der optischen Ausgangsleistung (Dimmer) - im Wesentlichen zwei Einstellungen, die relevant sind. Bei allen Scheinwerfern mit Linsen- und Linsensystemen sind dies die Zoom- und Focus-Einstellungen (Abbildung 109). Zusätzlich sind bei LED- und LASER-Scheinwerfern die Einstellungen der Farbmischung und Farbtemperatur (Abbildung 105) für

¹² DMX - **D**igital **M**ultiplex: digitales Steuerprotokoll in der Veranstaltungstechnik (Veranstaltungsbeleuchtung)

¹³ Fixture: Gerät/ Scheinwerfer, der angesteuert werden soll

den Grad der Gefährdung von Bedeutung. Einstellungen für Farbfilter, Gobos usw. führen zu keiner Änderung bzw. Erhöhung der Gefährdung.

Bei allen Scheinwerfern sind die Bestrahlungsstärken und die Strahldichten – unter Messwinkeln von 1.7mrad, 11mrad und 100mrad – in den Messabständen 4m und 8m gemessen worden. Für die kürzeren Messabstände 20cm¹⁴, 50cm, 1m und 2m liegen Messdaten abhängig vom Scheinwerfer vor. Die Werte für die Beleuchtungs- bzw. Bestrahlungsstärken sind mit einer zentralen Ausrichtung zur Scheinwerfermitte aufgenommen worden. Für die Aufnahme der Leucht- bzw. Strahldichten erfolgt die Aufnahme der Werte durch eine Suche nach dem Maximalwert.

Um die maximale Gefährdung durch künstliche optische Strahlung zu bestimmen, müssen einige Messungen bei verschiedenen Einstellungen durchgeführt werden. Es hat sich z.B. gezeigt, dass es bei einigen LED-Scheinwerfern mit RGBW-LED-Engine, entgegen der naheliegenden Annahme, nicht zur maximalen Exposition kommt, wenn alle LEDs angesteuert werden. Durch die für die Ermittlung der Risikogruppe bei LEDs relevante Größe der „Blaulichtgefährdung“, ergibt sich die größte Gefährdung, wenn nur die blauen und weißen LEDs angesteuert werden. Es liegt die Vermutung nahe, dass die LEDs auf dem Chip – aufgrund des Wärmemanagements – hierbei mit größeren Strömen angesteuert werden können. Dies trifft auf die meisten der folgenden Scheinwerfer mit RGBW-Engine zu:

- Arri L7-C
- SGM P5
- Robe Spiider
- Clay Paky HY B-Eye K25
- GLP X4 Impression

In Abbildung 106 werden die Spektren des Robe Robin Spiider bei den entsprechenden Einstellungen verglichen. Eine Berechnung der Beleuchtungsstärke E_V und der Blaulichtgefährdung E_B (Abbildung 106 Tabellen oben rechts) ergibt bei der Einstellung RGBW eine größere Beleuchtungsstärke, aber bei der Einstellung BW eine größere Blaulichtgefährdung.

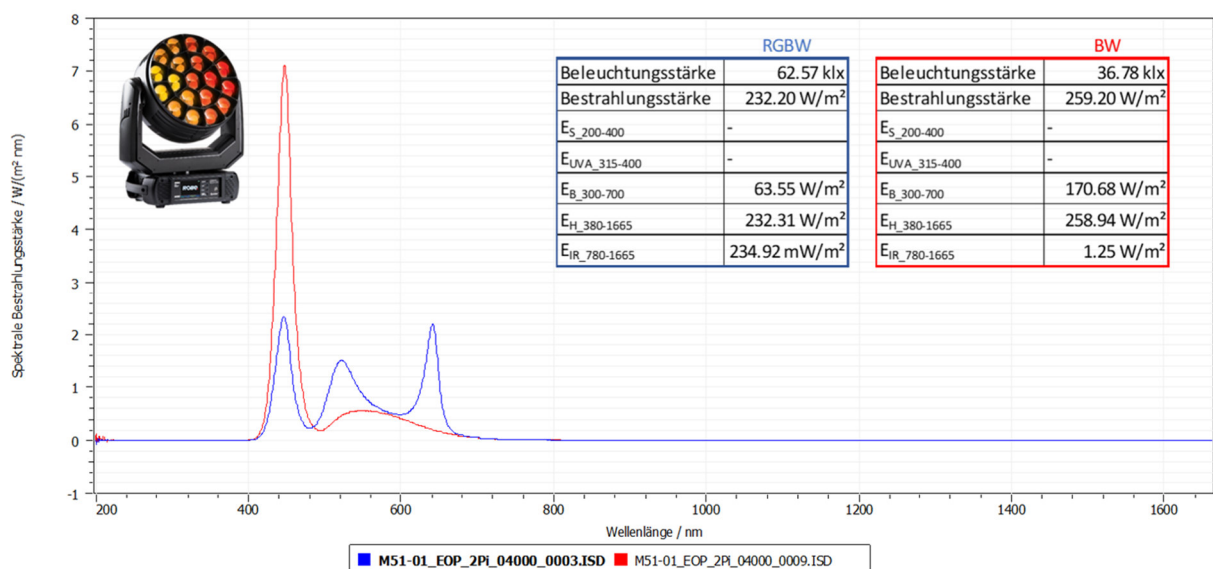


Abbildung 106 Vergleich BW (rote Kurve) und RGBW (blaue Kurve) Robe Robin Spiider

Der beschriebene Sachverhalt wird für die genannten LED-Scheinwerfer mit RGBW-Engine nochmal dargestellt. Die Grafiken zeigen, dass die Beleuchtungsstärken E_V (Abbildung 107) bei maximaler Ansteuerung aller LEDs (RGBW=100%) bei den meisten Scheinwerfern dieser Bauart größer sein können.

¹⁴ Bemerkung: nur für die Bestrahlungsstärken

Bei der relevanten Blaulichtgefährdung E_B (Abbildung 108) ergeben sich hingegen die größten Werte, wenn nur die blauen und weißen LEDs angesteuert werden (BW=100%).

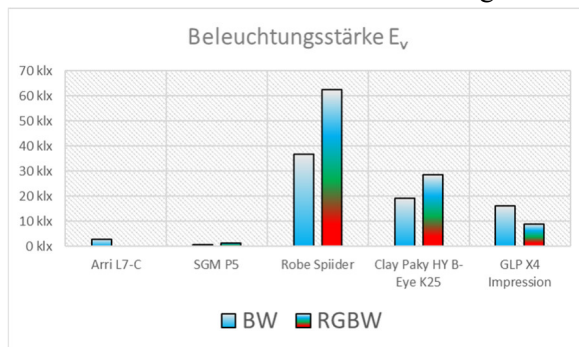


Abbildung 107 Vergleich der Beleuchtungsstärke E_v von LED-Scheinwerfern mit BW- und RGBW-Ansteuerung

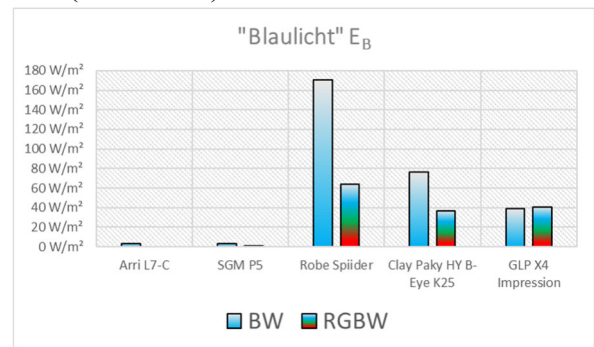


Abbildung 108 Vergleich der Blaulicht-gewichteten Bestrahlungsstärke E_B mit BW- und RGBW-Ansteuerung

Für die (komprimierte) Auswertung sind aus diesem Grund die Werte für einen Messabstand von 4m und bei der Einstellung BW=100% herangezogen worden. Bei einer LED-Engin mit RGB-Chips und/oder weißen LED-Chips (RGB+W) ergeben sich geringere oder kaum Unterschiede zwischen RGB und RGB+W. Darunter fallen folgende Scheinwerfer:

- Martin Atomic LED
- ETC S4 Lustr+ S2
- GLP KNV Cube
- GLP JDC 1

Bei Scheinwerfern mit Weiß-LED-Modul ergibt sich diese Fragestellung nicht. Hierzu zählen die Scheinwerfer:

- Ayorton Ghibli
- JB Lighting P18 Spot
- Elation KL Fresnel 8"
- Robe Esprite Spot
- JB Lighting P12 Wash
- Martin Era 800
- Ayerton Huracan-X

Zoom- und Focuseinstellungen, besonders bei Linsensystemen wie in kopfgesteuerten Scheinwerfern (Moving Lights), haben ebenfalls einen größeren Einfluss auf die Messwerte. Auch Abschattungen, z.B. durch die Lage des Brenners oder der LED-Chips im Lampensystem, ergeben unterschiedliche Messwerte. Der Detektor für die Messungen der Bestrahlungsstärken sollte hier an der „hellsten“ Stelle messen und voll ausgeleuchtet sein (vgl. Abbildung 110 links, Abschattung eingekreist). Generell führt die Einstellung „Spot“ gegenüber „Flood“ zu einer größeren Expositionsgefahr. In der Zoom-Einstellung „Spot“, in der Software als „Narrow“ bezeichnet, können bei den hier untersuchten kopfbewegten Scheinwerfern Abstrahlwinkel zwischen 4° bis 5° und ca. 60° eingestellt werden. Die Angaben der Hersteller und in den Datenblättern sind hier allerdings nicht besonders eindeutig. Eine Untersuchung der tatsächlichen Abstrahlwinkel hat nicht für jeden Scheinwerfer stattgefunden. Scheinwerfer mit Reflektor-Leuchtmitteln (UHP) ermöglichen noch geringere Abstrahlwinkel. Mit der Focus-Einstellung lassen sich die Scheinwerfer, von der Entfernung abhängig, „scharf“ stellen. In der Software kann zwischen 1.0% (Near) und 100.0% (Far) eingestellt werden. Für unsere Messabstände führen die Einstellungen „Narrow“ und „Near“ (vgl. Abbildung 109) meist zu den größten Messwerten für die Bestrahlungsstärken. Bei den Strahldichten kann es aufgrund der verschiedenen Messwinkel auch bei der Einstellung „Flood“ zu größeren Werten kommen. Das liegt an der Heterogenität der leuchtenden Fläche, welche im Messkegel

entsprechend der Abstände erfasst wird. Um keine Artefakte zu erhalten, wird für die komprimierte Auswertung der gewichteten Strahldichten der geringste Messwinkel von 1.7mrad herangezogen. In die Auswertung fließen die Werte für die maximalen Strahldichten ein. Die „Suche“ nach den Stellen mit den Maximalwerten der Strahldichte im Leuchtbild erfolgt anhand gemessener Werte an verschiedenen Positionen im Leuchtbild und visuell mithilfe einer Rohrkamera, welche direkt durch das Okular des Strahldichtemessgerätes (LDM-9811) blickt (vgl. Abbildung 110 „li: Blick in die Quelle“, „re: Leuchtbild der Quelle“).

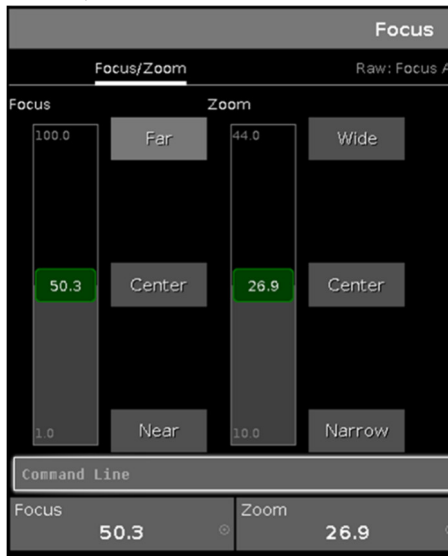


Abbildung 109: Bsp. Zoom-/ Focus-Einstellmöglichkeiten dot2onPC

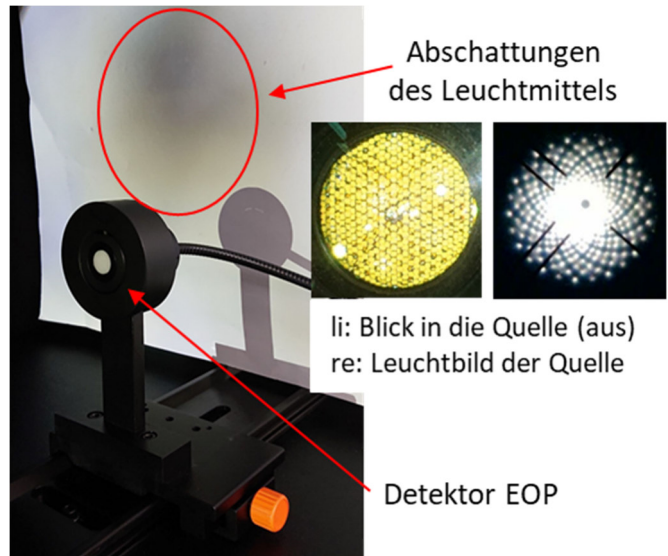


Abbildung 110 Abschattung durch Leuchtmittel
JB Lighting P18 Spot (1kW LED-Engine)

Der Detektor PD-16RTH-2 integriert über einen Bereich von etwa 400nm bis über 1000nm und eignet sich gut für die Bestimmung der Lage der maximalen Strahldichten im Leuchtbild eines Scheinwerfers. Die Position mit dem maximalen RTH-Wert gilt auch für die anderen Detektoren.

Die Messbereiche der Detektoren (Tabelle 128) werden bei manchen Bühnenscheinwerfern überschritten. Damit dennoch eine Ermittlung der gewichteten Strahldichte möglich ist, werden Neutralfilter (OD1¹⁵, OD2¹⁶ und OD3¹⁷) eingesetzt. Für jede Leuchtquelle ist dazu der Faktor des Filters bestimmt worden. Mit dem Faktor lassen sich im Rahmen der Unsicherheiten die tatsächlichen Strahldichten berechnen (s. Kapitel „Messunsicherheiten der Dichtefilterfaktoren“, S. 58ff)

Mit dem Spektrometer Instrument Systems CAS140CT-171 kann das Spektrum bis zu einer Wellenlänge von 1665nm gemessen werden. Im fernen infraroten (kurz, IR) Wellenlängenbereich wird die IR-B-Strahlung für bestimmte Strahler in der Auswertung/ Steckbrief extrapoliert angegeben. Die Messgrößen für „Haut thermisch“ – Gefährdung der Haut (E_H) und für „Auge IR“ – Gefährdung der Hornhaut und Linse (E_{IR}) werden bis zu einer Wellenlänge von 3000nm extrapoliert. Die Korrektur ist abhängig vom Spektrum des Scheinwerfers. (siehe Kapitel „Messung im fernen IR (Extrapolation der IR-B-Strahlung)“, S. 53ff)

Für die Messung des aktinischen UV-Lichtes für Auge und Haut sind je nach Lampentyp aufgrund von Rauschen der Messeinrichtung/ Spektrometer unterschiedliche Integralgrenzen für die Messparameter E_S und E_{UVA} gewählt worden, um fehlerhafte Messwerte, z.B. negative Werte, zu korrigieren. (Messungen im UV (Bestimmung von E_S [aktinisches UV] und E_{UVA} , S. 51ff)

¹⁵ absorbierender ND Filter (#65-817)

¹⁶ absorbierender ND Filter (#65-820)

¹⁷ Reflective ND Filter (#46-126)

Beispiel ETC S4 PARNel mit CDM-Brenner

Für die Suche nach der „gefährlichsten“ Einstellung des Scheinwerfers werden Messwerte bei verschiedenen Einstellungen und Konfigurationen aufgenommen. Als Messabstand eignen sich 4m. Bei dem Scheinwerfer ETC S4 PARNel kann lediglich das Linsensystem zwischen Spot (25° Abstrahlwinkel) und Flood (45° Abstrahlwinkel) stufenlos (und nur manuell) eingestellt werden. Die gemessenen und gewichteten Bestrahlungsstärken werden aus dem Spektrum des Scheinwerfers bestimmt. Ein Auszug bei den Focus-Einstellungen „Near“ (Spot), „Far“ (Flood), einem Zwischenwert „E-Spot-Max“ und verschiedenen Konfigurationen (Lage des Scheinwerfers) sind in Tabelle 21 gezeigt.

Tabelle 21 ETC S4 PARNel – Auszug Bestrahlungsstärken bei verschiedenen Konfigurationen

No.	Messung	Messabstand	zentral/ Scheinwerfer vertikal	zentral/ Scheinwerfer vertikal	zentral/ Scheinwerfer hor.	zentral/ Scheinwerfer hor.	m ax/ Scheinwerfer hor.
			Focus Near (Li-Anschlag)	Focus Far (Re-Anschlag)	Focus Near (Li-Anschlag)	Focus Far (Re-Anschlag)	Focus Max
E_v		8 m	2.1730 klx	0.7438 klx	2055.0000 klx	0.7687 klx	2.6120 klx
⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
E_v		4 m	7.9670 klx	2.8470 klx	8.6970 klx	3.1280 klx	11.3400 klx
E_S_200-400		4 m	0.00101 W/m ²	0.00097 W/m ²	0.00075 W/m ²	0.00003 W/m ²	-0.00110 W/m ²
E_UVA_315-400		4 m	0.98165 W/m ²	0.32657 W/m ²	1.19950 W/m ²	0.40693 W/m ²	1.60090 W/m ²
E_B_300-700		4 m	4.62520 W/m ²	1.60950 W/m ²	5.30340 W/m ²	1.86800 W/m ²	7.03710 W/m ²
E_IR_780-1665		4 m	11.54200 W/m ²	4.51780 W/m ²	12.52800 W/m ²	5.37850 W/m ²	15.11900 W/m ²
E_H_380-1665		4 m	40.24100 W/m ²	14.83300 W/m ²	43.71600 W/m ²	16.69900 W/m ²	55.60100 W/m ²
⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
E_H_380-1665		20.0 cm	5680.20000 W/m ²	5667.80000 W/m ²	4839.10000 W/m ²	3958.30000 W/m ²	4934.60000 W/m ²

In Tabelle 21 ist für die Bestrahlungsstärken zu sehen, dass der Scheinwerfer bei der Focus-Einstellung „Spot“ (≙ Near) bzw. „E-Spot-Max“ (≙ Max) seine maximalen Werte hat. Die Suche nach dem Zwischenwert der Focus-Einstellung „E-Spot-Max“ kann z.B. mit einer integralen V-Lambda-Zelle erfolgen.

Für die Ermittlung der gewichteten Bestrahlungsstärken E_H und E_{IR} in Tabelle 24 wird die IR-B-Strahlung (Abbildung 111) extrapoliert und mit Faktoren (Abbildung 112, Faktoren @4m: E_H: 1.10, E_{IR}: 1.34) korrigiert.

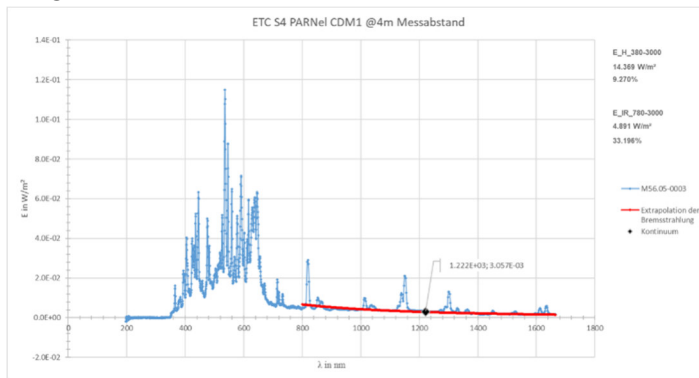


Abbildung 111 Extrapolation IR-B Strahlung bis 3000nm am Beispiel ETC S4 PARNel

@8m		@1m	
E _{H_380-3000}	E _{IR_780-3000}	E _{H_380-3000}	E _{IR_780-3000}
12.06 W/m ²	4.25 W/m ²	746.81 W/m ²	250.12 W/m ²
10.02%	34.86%	9.10%	33.16%
1.10	1.35	1.09	1.33

@4m		@0.5m	
E _{H_380-3000}	E _{IR_780-3000}	E _{H_380-3000}	E _{IR_780-3000}
44.22 W/m ²	15.52 W/m ²	2340.08 W/m ²	790.21 W/m ²
9.88%	34.45%	9.26%	33.53%
1.10	1.34	1.09	1.34

@2m		@0.2m	
E _{H_380-3000}	E _{IR_780-3000}	E _{H_380-3000}	E _{IR_780-3000}
194.32 W/m ²	65.98 W/m ²	6272.74 W/m ²	2284.33 W/m ²
9.38%	33.79%	10.43%	35.02%
1.09	1.34	1.10	1.35

Abbildung 112 extrapolierte IR-B-Strahlung und Faktoren zur Berechnung

Für E_S und E_{UVA} werden die Integralgrenzen entsprechend angepasst. Bei diesem Scheinwerfer genügt aufgrund des Spektrums eine Integration ab 350nm, um Fehler durch Rauschen des Spektrometers zu korrigieren. Es ergibt sich Tabelle 22 mit den relevanten Messwerten (Bemerkung: Tabellenwerte bei Einstellung „Spot“).

Tabelle 22 ETC S4 PARNel (Spot) – Überblick relevanter Messwerte vertikale Ausrichtung der Scheinwerferachse, 25° Spot, CDM1_2, (I)

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux]	2.173E+03 7.438E+02 *2)	7.967E+03 2.847E+03 *2)	3.559E+04 1.219E+04 *2)	1.382E+05 4.889E+04 *2)	4.315E+05 2.031E+05 *2)	1.110E+06 1.128E+06 *2)
E_s [$W \cdot m^{-2}$]	1.725E-05 *3)	6.508E-05 *3)	2.826E-04 *3)	1.097E-03 *3)	3.418E-03 *3)	9.708E-03 *3)
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	2.600E-01 *3)	9.789E-01 *3)	4.290E+00 *3)	1.662E+01 *3)	5.153E+01 *3)	1.433E+02 *3)
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	1.255E+00	4.625E+00	2.076E+01	8.111E+01	2.505E+02	6.487E+02
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	3.151E+00 *5) 4.249E+00 *6)	1.154E+01 *5) 1.552E+01 *6)	4.932E+01 *5) 6.598E+01 *6)	1.878E+02 *5) 2.501E+02 *6)	5.918E+02 *5) 7.902E+02 *6)	1.692E+03 *5) 2.284E+03 *6)
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	1.096E+01 *5) 1.206E+01 *6)	4.024E+01 *5) 4.422E+01 *6)	1.777E+02 *5) 1.943E+02 *6)	6.845E+02 *5) 7.468E+02 *6)	2.142E+03 *5) 2.340E+03 *6)	5.680E+03 *5) 6.273E+03 *6)
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)	1.025E+04 5.840E+03 *2)	1.118E+04 3.227E+03 *2)	1.196E+04 3.072E+03 *2)	1.337E+04 2.433E+03 *2)	1.135E+04 2.733E+03 *2)	n.m. *4)
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)	3.464E+04	3.717E+04	3.872E+04	4.059E+04	3.855E+04	n.m. *4)
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)	1.371E+05	1.489E+05	1.583E+05	1.743E+05	1.521E+05	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	3.773E+03	4.099E+03	4.228E+03	4.271E+03	3.915E+03	n.m. *4)

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom/ Focus=Far (Anschlag re)

*3) Integral 350nm-400nm

*4) kein Messwert aufgenommen

*5) E_{IR}, E_H - 1665nm*6) E_{IR}, E_H -3000nm (Extrapolation der Bremsstrahlung)

Zur Vollständigkeit werden alle gemessenen Strahldichten in einer Tabelle (vgl. Tabelle 23) angegeben. Die Tabelle ist mit Fußnoten versehen, welche verwendete Einstellungen und die Faktoren der Dichtefilter angeben. Bei diesem Scheinwerfer wird der Messbereich (Detektor RTH, $L_{R_{MB}}=1.5 \text{ kW/m}^2/\text{sr}$, s. Tabelle 128) nur bei einem Messwinkel von 100mrad für die Messgröße L_R bei Messentfernungen kleiner 4m überschritten (vgl. Tabelle 23 Fußnote *5 und *6). Der angegebene Wert $L_R = L_{R_{LDM-RTH}}=2.494E+03 \text{ W/m}^2/\text{sr}$ für eine Messentfernung von 4m ist mit dem OD1-Filter ermittelt und dem Faktor=8.1 korrigiert worden. Dieser bzw. der abgelesene Messwert für L_R muss weiter mit $L_{R_{Kor}} = 10 \cdot L_{B_{LDM-BLH}} + L_{R_{LDM-RTH}}$ korrigiert werden. Beide Werte sind in der Tabelle angegeben.

Tabelle 23 ETC S4 PARNel (Spot) – Strahldichten vertikale Ausrichtung der Scheinwerferachse, 25° Spot, CDM1_2, (I), Maximalwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4)	1.062E+04	1.154E+04	1.060E+04	1.483E+04	1.390E+04	n.m.
		*2)	9.694E+03	1.141E+04	1.345E+04	1.436E+04	1.405E+04	
		*3)	8.524E+03	1.093E+04	1.244E+04	1.530E+04	1.531E+04	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4)	3.083E+04	3.494E+04	3.643E+04	4.166E+04	4.131E+04	n.m.
		*2)	2.860E+04	3.231E+04	3.849E+04	4.056E+04	4.132E+04	
		*3)	2.468E+04	3.053E+04	3.771E+04	4.205E+04	4.491E+04	n.m.
	$L_{R(Kor)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*1), *4)	1.370E+05	1.504E+05	1.424E+05	1.900E+05	1.803E+05	n.m.
		*1), *2)	1.255E+05	1.464E+05	1.730E+05	1.841E+05	1.818E+05	
		*1), *3)	1.099E+05	1.399E+05	1.621E+05	1.950E+05	1.980E+05	n.m.
	$L_{IR} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4)	3.306E+03	3.502E+03	3.837E+03	4.117E+03	4.062E+03	n.m.
		*2)	2.995E+03	3.296E+03	3.721E+03	4.026E+03	4.137E+03	
		*3)	2.612E+03	3.172E+03	3.719E+03	4.209E+03	4.366E+03	n.m.
11 mrad	$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4)	7.461E+03	8.398E+03	8.119E+03	9.785E+03	1.246E+04	n.m.
		*2)	6.256E+03	6.458E+03	6.389E+03	9.627E+03	1.271E+04	
		*3)	3.512E+03	4.793E+03	6.998E+03	9.674E+03	1.147E+04	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4)	2.367E+04	2.569E+04	2.454E+04	2.882E+04	3.691E+04	n.m.
		*2)	2.092E+04	2.085E+04	2.155E+04	2.815E+04	3.690E+04	
		*3)	1.250E+04	1.628E+04	2.122E+04	2.827E+04	3.488E+04	n.m.
	$L_{R(Kor)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*1), *4)	9.828E+04	1.097E+05	1.057E+05	1.267E+05	1.615E+05	n.m.
		*1), *2)	8.348E+04	8.543E+04	8.544E+04	1.244E+05	1.640E+05	
		*1), *3)	4.762E+04	6.421E+04	9.120E+04	1.250E+05	1.495E+05	n.m.
	$L_{IR} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4)	2.485E+03	2.710E+03	2.590E+03	2.947E+03	3.733E+03	n.m.
		*2)	2.189E+03	2.226E+03	2.316E+03	2.892E+03	3.842E+03	
		*3)	1.382E+03	1.791E+03	2.387E+03	2.932E+03	3.506E+03	n.m.
100 mrad	$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4)	2.544E+02	7.022E+02	4.014E+03	7.503E+03	7.388E+03	n.m.
		*2)	1.985E+02	5.547E+02	2.735E+03	6.611E+03	6.838E+03	
		*3)	7.294E+01	2.078E+02	1.227E+03	3.639E+03	4.835E+03	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4)	8.492E+02	2.494E+03 *5)	1.225E+04 *5)	2.337E+04 *6)	2.347E+04 *6)	n.m.
		*2)	6.954E+02	1.656E+03	9.097E+03 *5)	2.137E+04 *6)	2.175E+04 *6)	
		*3)	2.727E+02	7.428E+02	4.670E+03 *5)	1.108E+04 *5)	1.647E+04 *6)	n.m.
	$L_{R(Kor)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*1), *4)	3.393E+03	9.516E+03	5.240E+04	9.840E+04	9.735E+04	n.m.
		*1), *2)	2.681E+03	7.203E+03	3.644E+04	8.748E+04	9.012E+04	
		*1), *3)	1.002E+03	2.821E+03	1.694E+04	4.747E+04	6.483E+04	n.m.
	$L_{IR} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4)	9.654E+01	2.739E+02	3.291E+03	4.903E+03 *5)	5.058E+03 *5)	n.m.
		*2)	7.900E+01	2.245E+02	5.157E+02	4.578E+03	4.702E+03	
		*3)	3.065E+01	8.832E+01	9.286E+02	3.012E+03 *5)	3.671E+03 *5)	n.m.

Anmerkungen:

- *1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$
- *2) Zoom/ Focus=25°, Spot/ Near/ (Anschlag II)
- *3) Zoom/ Focus=45°, Flood/ Far/ (Anschlag re)
- *4) Zoom/ Focus=25°, E-Spot-Max/ Near/ (E-SPOT-Max)
- *5) OVL - OD1: $L_B=13.4$ $L_R=8.1$ $L_{IR}=3.8$, $L_{VL}=11.8$
- *6) OVL - OD2: $L_B=180.7$ $L_R=51.4$ $L_{IR}=14.0$, $L_{VL}=125.7$
- *7) OVL - OD3: $L_B=1247.5$ $L_R=1022.5$ $L_{IR}=657.5$, $L_{VL}=1142.9$

Die Auswertung erfolgt mit den maximalen Strahldichten bei einem Messabstand von 4m und einem Messwinkel von 1.7mrad (s. Tabelle 23). In der DIN EN 62471 sind für die verschiedenen Messgrößen Risikogruppen angegeben, welche sich auf einen für Bühnenstrahler unrealistischen Abstand von 20cm beziehen. Um im Unterschied zur DIN EM 62471 für 4m eine Risikogruppe (kurz RG) angeben zu können, definieren wir eine Einteilung in die Risikogruppe selbst und bezeichnen sie als RG4m. Die RG4m ist definiert über:

- (1) Die Risikogruppen Einteilung, wie sie im Abschnitt „Risikogruppen und maximale Expositionszeiten“ erläutert wurden, wird für die Messwerte bei 4m weiterhin angewendet.
- (2) Bei den gewichteten Strahldichten L_B und L_R werden (unabhängig von den maximalen Expositionszeiten) immer die $\alpha_{eff} = 1,7$ mrad Werte für die Bestimmung von RG4m genommen. Dabei ist α_{eff} die effektive Winkelausdehnung des Abbildes der Lichtquelle auf der Netzhaut.
- (3) Bei L_R wird für die Bestimmung der scheinbaren Quelle der Wert

$$\alpha = \frac{d}{4m}$$

genommen. (d ist der Durchmesser der kreisförmigen Scheinwerferöffnung)

Zu (1): Die Beurteilung eines Bühnenstrahlers gemäß RG und RG4m führt zu unterschiedlichen Ergebnissen, da z.B. die Bestrahlungsstärken bei 20 cm viel größer als bei 4m sind. RG4m gibt daher für einen Bühnenstrahler tendenziell niedrigere Risikogruppen-Werte an, als die Einteilung nach RG.

Zu (3): neben der Bestimmung der scheinbaren Quelle durch $\alpha = d/4m$ wird auch eine Methode benutzt, bei der die Fläche der Scheinwerferöffnung bestimmt wird, die 50% des maximalen LR-Wertes überschreitet. Diese Fläche wird dann in einen effektiven Durchmesser der Bühnenstrahleröffnung umgerechnet: $\alpha = d_{\text{eff}}/4m$ (siehe Kapitel: „Ermittlung der scheinbaren Quellengröße“). Diese Methode liefert bei einigen Bühnenstrahlern eine andere Risikogruppe als die Methode $\alpha=d/4m$. Die als besonders gefährlich eingestuften Bühnenstrahler mit UHP-Lampen gehören aber auch bei der Methode $\alpha = d_{\text{eff}}/4m$ der Risikogruppe 3 an. Neben einer Änderung der Risikogruppen bei einigen Bühnenstrahlern durch die $\alpha = d_{\text{eff}}/4m$ Methode ändert sich auch die maximale Expositionszeit, wobei besonders zu beachten ist, dass die maximale Expositionszeit bei L_R mit der 4.Potenz von $1/\alpha$ eingeht.

Die reduzierten Messgrößen mit Angabe der Risikogruppe RG4m (s. Tabelle 24) sind im Steckbrief zu finden.

Für die Bestimmung der Risikogruppe aus der Messung von L_R kann die Größe der „scheinbaren Quelle“ relevant sein. In Tabelle 24 wird dazu jeweils (bei Relevanz) als Fußnote die Größe der scheinbaren Quelle und die daraus resultierende Risikogruppe RG4m angegeben (vgl. Kapitel „Ermittlung der scheinbaren Quellengröße“). Bei diesem Scheinwerfer führt die Größe der scheinbaren Quelle nicht zu einer Einstufung in eine andere Risikogruppe.

Tabelle 24 ETC S4 PARNel (Spot) – komprimierte Messwerte
vertikale Ausrichtung der Scheinwerferachse, 25° Spot, CDM1_2, (I)

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
$E_S [W \cdot m^{-2}]$	6.508E-05		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{UVA} [W \cdot m^{-2}]$	9.789E-01		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{IR} [W \cdot m^{-2}]$	1.526E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_H [W \cdot m^{-2}]$	4.376E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung
$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	1.118E+04		8.947E+01	2
$L_R [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	1.489E+05	4.250E-02	> 2.880E+04 (> 8h)	*1):0 *2):0

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser \varnothing 170 mm

*2) scheinbare Quelle \varnothing 70.1 mm

In Abbildung 113 ist der komplette Vorgang in einer Übersicht dargestellt.

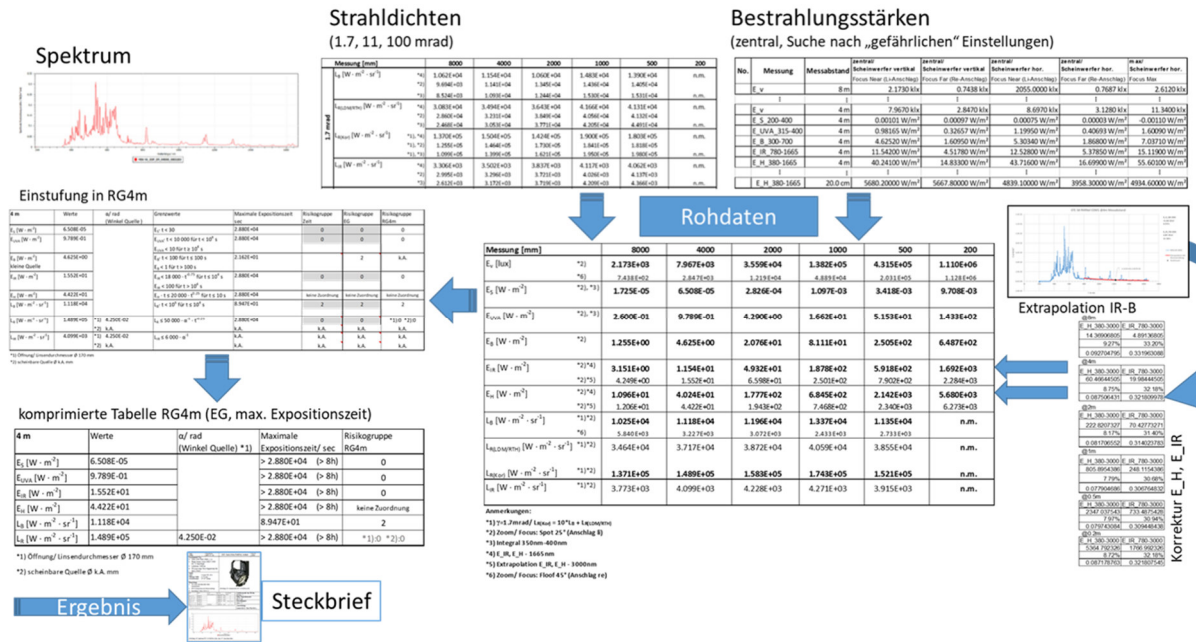


Abbildung 113 von den Rohdaten zum Steckbrief (Beispieldaten ETC S4 PARnel)

Beispiel-Steckbrief mit Erläuterungen

Eine Zusammenfassung in übersichtlicher Form bietet der Steckbrief (Abbildung 114). Im Steckbrief sind Angaben zum Leuchtmittel, Optik, Anmerkungen, die Tabelle mit komprimierten Messwerten bei einem Messabstand von 4m, Angabe der maximalen Expositionszeit, Einstufung in die Risikogruppe RG4m, Einstellungen des Scheinwerfers, Ausrichtung der Detektoren zum Scheinwerfer und das Spektrum angegeben.

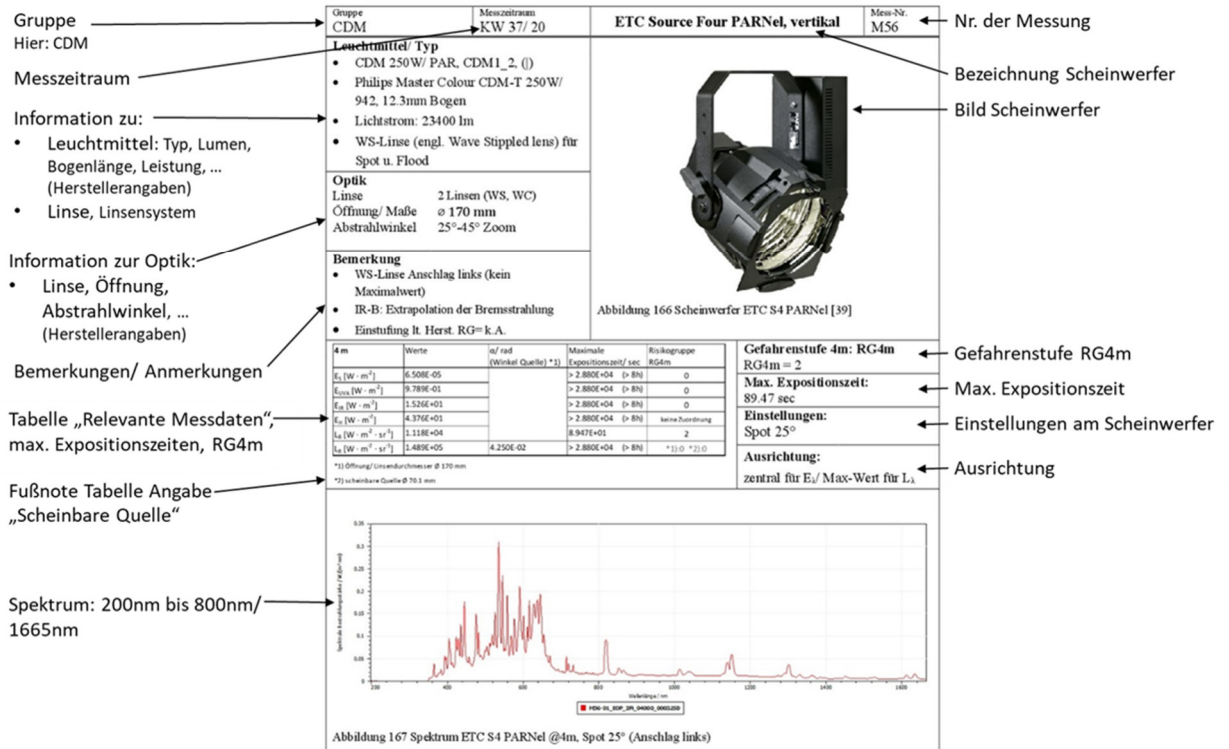


Abbildung 114 Beispiel-Steckbrief (Beispieldaten ETC S4 PARnel)

6. Ergebnisse des Gesamtvorhabens

Steckbriefe

Scheinwerfer mit LED-Leuchtmittel

Tabelle 25 Liste Scheinwerfer mit LED-Leuchtmittel

Nr.	Scheinwerfer	Leuchtmittel	opt. Leistung in W	Maße in mm	Gewicht in kg	Scheinwerfertyp
1	Arri L7-C	LED	220	456 x 374 x 456	10.00	Spot/ Fresnel
2	SGM P5	LED	420	185 x 497 x 212	8.90	Fluter/ Linsen
3	Martin Atomic LED	LED	740	245 x 425 x 240	7.80	Fluter
4	ETC S4 Lustr+ S2	LED	220	631 x 338 x 434	8.30	Spot/ Linsen
5	Robe Spiider	LED	780	206 x 389 x 494	13.3	Moving Light/ Linsen
6	Ayrton Ghibli	LED	600	539 x 494 x 729	35.60	Moving Light/ Beam
7	JB Lighting P18 Spot	LED	1000	435 x 307 x 754	32.00	Moving Light/ Spot
8	Elation KL Fresnel 8"	LED	350	608 x 327 x 456	12.70	Fresnel
9	Robe Esprite Spot	LED	650	443 x 264 x 733	28.20	Moving Light/ Spot
10	Clay Paky HY B-Eye K25	LED	37x30W	387 x 488 x 590	27.00	Moving Light/ Wash
11	JB Lighting P12 Wash	LED	640	421 x 264 x 682	23.00	Moving Light/ Fresnel
12	GLP JDC 1	LED	1200	390 x 150 x 251	11.60	Fluter
13	GLP KNV Cube	LED	750	250 x 250 x 250	9.30	Matrix
14	GLP X4 Impression	LED	285	242 x 340 x 385	7.50	Moving Light/ Zoom
15	Martin Era 800	LED	800	431 x 290 x 801	41.00	Moving Light/ Profil
16	Ayrton Huracan-X	LED	1000	486 x 294 x 811	44.00	Moving Light/ Spot

Arri L7-C


Gruppe LED	Messzeitraum KW 11/ 20	Arri L7-C	Mess-Nr. M40
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> • 220W LED-Engine/ Linsenscheinwerfer • RGB W LEDs; 220W • 7511 lx @ 3m/ 5600K 			
Optik Linse Fresnel-Linse Öffnung \varnothing 175 mm/ 7" Abstrahlwinkel 15° - 50°			
Bemerkung Es sind Tests mit verschiedenen Einstellungen und bei 4m Messabstand durchgeführt worden, die zu der Einstellung mit dem größten Blau-Wert geführt haben. <ul style="list-style-type: none"> • Einstufung lt. Herst. RG= k.A. 			

Abbildung 115 Scheinwerfer Arri L7-C [36]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m	Gefahrenstufe RG4m: RG4m = 1 Max. Expositionszeit: 364.4 sec Einstellungen: CCT: 6250K, GM: -1 (magenta), 15° Spot Ausrichtung: zentral für E_{λ} / Max-Wert für L_{λ}
E_S [W · m ⁻²]	1.000E-06		> 2.880E+04 (> 8h)	0	
E_{UVA} [W · m ⁻²]	1.000E-06		> 2.880E+04 (> 8h)	0	
E_{IR} [W · m ⁻²]	5.741E-03		> 2.880E+04 (> 8h)	0	
E_H [W · m ⁻²]	1.050E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung	
L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	2.744E+03		3.644E+02	1	
L_R [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	3.241E+04	4.375E-02	> 2.880E+04 (> 8h)	*1):0 *2):0	
*1) Öffnung/ Linsendurchmesser \varnothing 175 mm *2) scheinbare Quelle \varnothing n.m. mm					

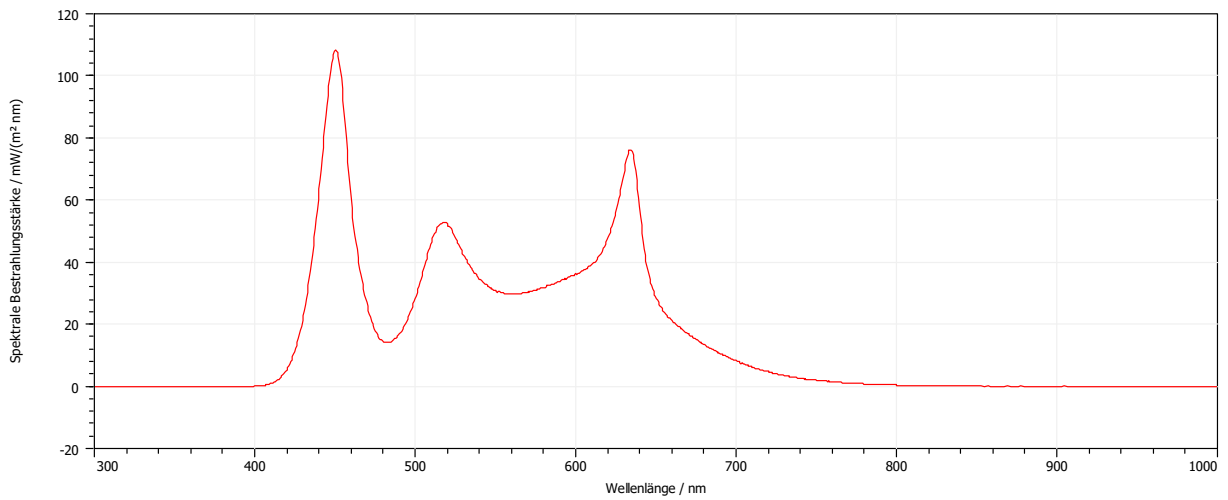


Abbildung 116 Spektrum @4m CCT: 6250K, GM: -1 (Magenta), 15° Spot

Es sind Tests bei verschiedenen Einstellungen (Abbildung 117) und einem Messabstand von 4m durchgeführt worden, welche zu der Einstellung mit dem größten Blau-Wert geführt haben.

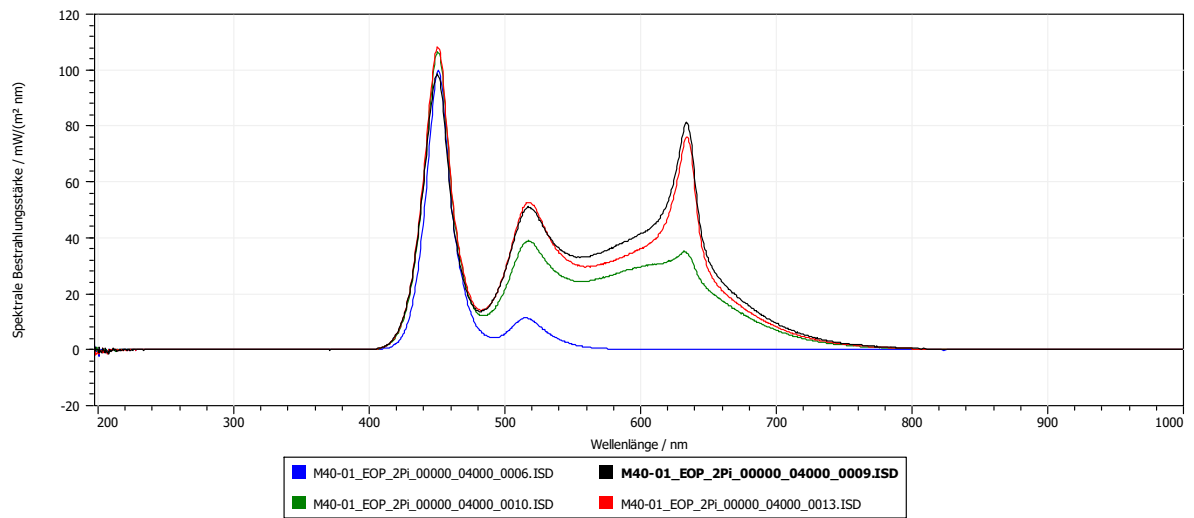


Abbildung 117 Spektren @4m: Vergleich einer Auswahl verschiedener Betriebseinstellungen

- (0013) CCT: 6250K, GM: -1 (magenta), 15° Spot
- (0010) CCT: 10000K, GM: -1 (magenta), 15° Spot
- (0009) CCT: 5000K, GM: -1 (magenta), 15° Spot
- (0006) HUE: 240, Sättigung: 100 %, 15° Spot

Überblick relevanter Messwerte

Tabelle 26 Arri L7-C – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux]	*2)	n.m.	2.685E+03	1.051E+04	3.091E+04	8.229E+04	1.565E+05
E_s [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	n.m.	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	n.m.	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	*2)	n.m.	2.761E+00	1.097E+01	3.269E+01	9.164E+01	1.680E+02
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	n.m.	5.741E-03	9.579E-02	3.071E-01	8.041E-01	1.585E+00
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	n.m.	1.050E+01	4.135E+01	1.220E+02	3.293E+02	6.213E+02
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	n.m.	2.744E+03	2.986E+03	3.580E+03	2.970E+03	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	n.m.	4.965E+03	5.750E+03	6.330E+03	6.660E+03	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	n.m.	3.241E+04	3.561E+04	4.213E+04	3.636E+04	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	n.m.	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=15° Spot

*3) Werte < 10⁻⁶

*4) E_{IR}, E_H - 1665nm

Tabelle 27 Arri L7-C – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
1.7 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	n.m.	2.744E+03	2.986E+03	3.580E+03	2.970E+03	n.m.
	*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	n.m.	4.965E+03	5.750E+03	6.330E+03	6.660E+03	n.m.
	*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1), *2)	n.m.	3.241E+04	3.561E+04	4.213E+04	3.636E+04	n.m.
	*1), *3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	n.m.	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	n.m.	
*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
11 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	n.m.	2.512E+03	2.456E+03	2.574E+03	2.529E+03	n.m.
	*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	n.m.	4.522E+03	4.564E+03	5.277E+03	4.906E+03	n.m.
	*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1), *2)	n.m.	2.964E+04	2.912E+04	3.102E+04	3.020E+04	n.m.
	*1), *3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	n.m.	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	n.m.	
*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
100 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	n.m.	4.239E+02	1.010E+03	2.325E+03	2.447E+03	n.m.
	*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	n.m.	6.528E+02	1.616E+03	n.m. *4)	n.m. *4)	n.m.
	*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1), *2)	n.m.	4.892E+03	1.172E+04	n.m. *4)	n.m. *4)	n.m.
	*1), *3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	n.m.	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	n.m.	
*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	

Anmerkungen:

*1) LR(Kor) = 10*LB + LR(LDM/RTH)

*2) Zoom=15° Spot

*3) Zoom=50° Spot

*4) OVL

SGM P5

Gruppe LED	Messzeitraum KW 22/ 20	SGM P5	Mess-Nr. M43
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> • 440W LED-Engine/ Linsenscheinwerfer • 44 x high-power 10W RGBW LEDs (LuxiGen LZ 4), 440W 			
Optik Linse PMMA LED Linsen 43° Öffnung/ Maße (143 x 388) mm Abstrahlwinkel 34.7°			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> • Einstufung lt. Herst. RG= k.A. 			

Abbildung 118 Scheinwerfer SGM P5 [37]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
$E_S [W \cdot m^{-2}]$	1.000E-06	6.638E-02	> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{UVA} [W \cdot m^{-2}]$	1.000E-06		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{IR} [W \cdot m^{-2}]$	1.000E-06		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_H [W \cdot m^{-2}]$	4.946E+00		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung
$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	3.760E+03		2.660E+02	1
$L_R [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	3.925E+04		> 2.880E+04 (> 8h)	*1):0 *2):0

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser \varnothing 265.5 mm
 *2) scheinbare Quelle \varnothing k.A. mm

Gefahrenstufe 4m: RG4m RG4m = 1
Max. Expositionszeit: 266 sec
Einstellungen: B W, 43°
Ausrichtung: zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ

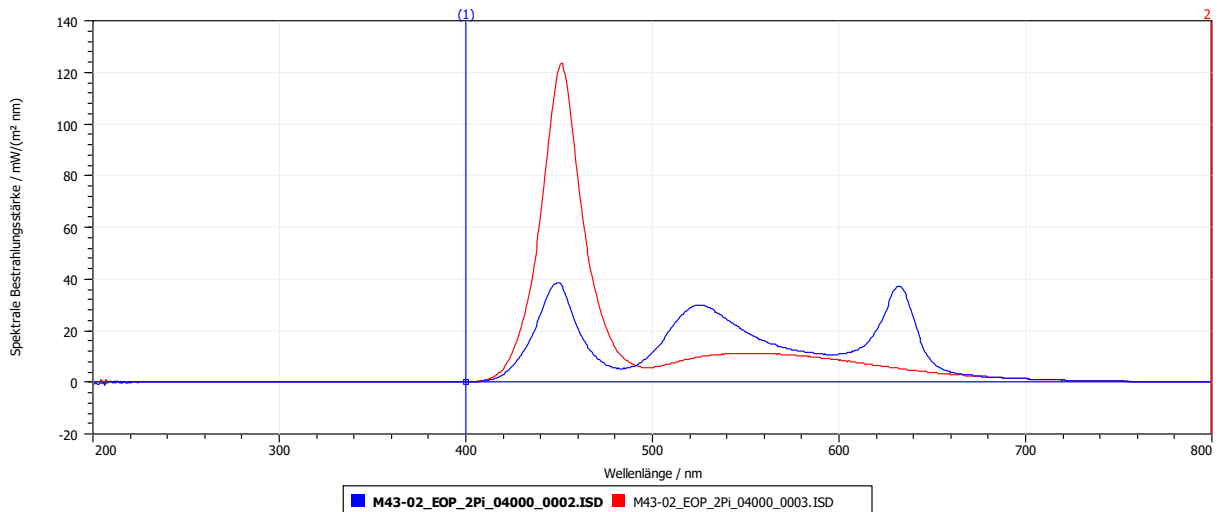


Abbildung 119 Spektrum @4m rot: B W – blau: RGB W

Überblick relevanter Messwerte

Tabelle 28 SGM P5 – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E _v [lux]	*2)	1.883E+02	7.651E+02	2.858E+03	1.027E+04	3.038E+04	6.738E+04
	*3)	3.218E+02	1.323E+03	4.875E+03	1.820E+04	5.226E+04	1.205E+05
E _s [W · m ⁻²]	*2)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
	*3)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E _{UVA} [W · m ⁻²]	*2)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
	*3)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
F _B [W · m ⁻²]	*2)	7.340E-01	2.993E+00	1.120E+01	4.014E+01	1.189E+02	2.630E+02
	*3)	2.642E-01	1.087E+00	4.013E+00	1.499E+01	4.750E+01	9.825E+01
E _{IR} [W · m ⁻²]	*2)	6.527E-03	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	2.282E-01
	*3)	1.000E-06	3.205E-03	1.100E-02	3.841E-02	5.033E-01	2.249E-01
E _H [W · m ⁻²]	*2)	1.221E+00	4.946E+00	1.859E+01	6.649E+01	1.963E+02	4.345E+02
	*3)	1.015E+00	4.391E+00	1.620E+01	6.037E+01	1.792E+02	3.983E+02
L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	2.491E+03	3.760E+03	6.620E+03	1.189E+04	1.745E+04	n.m.
	*1)*3)	9.850E+02	1.810E+03	2.600E+03	5.380E+03	1.551E+04	n.m.
L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	9.000E+02	1.652E+03	2.330E+03	6.030E+02	1.443E+04	n.m.
	*1)*3)	1.762E+03	3.231E+03	5.011E+03	5.620E+03	1.474E+04	n.m.
L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	2.581E+04	3.925E+04	6.853E+04	1.195E+05	1.889E+05	n.m.
	*1)*3)	1.385E+00	6.320E+00	7.660E+03	9.010E+00	5.690E+01	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.385E+00	6.320E+00	7.660E+03	9.010E+00	5.690E+01	n.m.
	*1)*3)	2.903E+00	5.880E+03	7.880E+03	1.509E+01	5.700E+01	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}/L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) 43° Linse, B(lue) W(hite), Messung @ 20cm mit 1.4rad-Blende (4cm Abstand zwischen Linse-Blende)

*3) 43° Linse, RGB W, Messung @ 20cm mit 1.4rad-Blende

Tabelle 29 SGM P5 – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	2.491E+03	3.760E+03	6.620E+03	1.189E+04	1.745E+04	n.m.
		*3)	9.850E+02	1.810E+03	2.600E+03	5.380E+03	1.551E+04	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	9.000E+02	1.652E+03	2.330E+03	6.030E+02	1.443E+04	n.m.
		*3)	1.762E+03	3.231E+03	5.011E+03	5.620E+03	1.474E+04	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	2.581E+04	3.925E+04	6.853E+04	1.195E+05	1.889E+05	n.m.
	*1), *3)	1.161E+04	2.133E+04	3.101E+04	5.942E+04	1.698E+05	n.m.	
11 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.123E+03	8.780E-01	1.332E+03	4.161E+03	6.770E+03	n.m.
		*3)	3.762E+02	2.860E+02	5.529E+02	1.583E+03	2.334E+03	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	3.878E+02	2.930E+02	7.027E+02	1.490E+03	2.128E+03	n.m.
		*3)	7.575E+02	6.588E+02	1.266E+03	2.723E+03	3.026E+03	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	1.162E+04	3.018E+02	1.402E+04	4.310E+04	6.983E+04	n.m.
	*1), *3)	4.520E+03	3.519E+03	6.795E+03	1.855E+04	2.637E+04	n.m.	
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.183E+00	1.042E+00	1.425E+03	4.427E+00	7.220E+00	n.m.	
	*3)	1.221E+00	9.350E-01	1.492E+03	4.562E+00	7.300E+00	n.m.	
100 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.184E+02	4.458E-02	8.465E+02	1.069E+03	1.618E+03	n.m.
		*3)	3.933E+01	1.503E+02	2.852E+02	3.701E+02	5.635E+02	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	3.966E+01	1.407E+02	2.866E+02	3.887E+02	5.832E+02	n.m.
		*3)	7.905E+01	2.778E+02	5.593E+02	7.476E+02	1.011E+03	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	1.224E+03	4.599E+03	8.752E+03	1.108E+04	1.676E+04	n.m.
	*1), *3)	4.724E+02	1.781E+03	3.411E+03	4.449E+03	6.646E+03	n.m.	
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.212E-01	4.741E-01	8.824E-01	1.148E+00	1.790E+00	n.m.	
	*3)	1.249E-01	4.883E-01	9.102E-01	1.188E+00	1.835E+00	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) 43° Linse, B(lue) W(hite)

*3) 43° Linse, RGB W

Martin Atomic 3000 LED


Gruppe LED	Messzeitraum KW 23/ 20	Martin Atomic 3000 LED	Mess-Nr. M44
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> 740W LED Beam-Array/ Fluter Strobe Array: 228 x Cree XLamp XP-L, 10W White Backlight: 64 x Osram RGB LEDs Lichtstrom: (tot: 180000 lm) 49950 lm; 67.5 lm/W 			
Optik Linse Reflektor mit Linsen Öffnung/ Maße (380 x 185)mm Mittlere Quellengröße 282,5 mm Abstrahlwinkel 34° (gemessen)			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> Messungen ohne RGB-Backlight Ebene Frontscheibe Einstufung lt. Herst. RG= k.A. 			

Abbildung 120 Scheinwerfer Martin Atomic 3000 LED

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
$E_S [W \cdot m^{-2}]$	4.594E-08		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{UVA} [W \cdot m^{-2}]$	1.369E-03		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{IR} [W \cdot m^{-2}]$	4.906E-01		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_H [W \cdot m^{-2}]$	1.977E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung
$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	4.640E+03		2.155E+02	1
$L_R [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	5.385E+04	6.913E-02	> 2.880E+04 (> 8h)	*1):0 *2):0

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser \varnothing 276.5 mm
 *2) scheinbare Quelle \varnothing k.A. mm

Gefahrenstufe 4m: RG4m RG4m = 1 Max. Expositionszeit: 215.5 sec Einstellungen: Blitz 5Hz 0.1s Dauer Ausrichtung: zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ
--

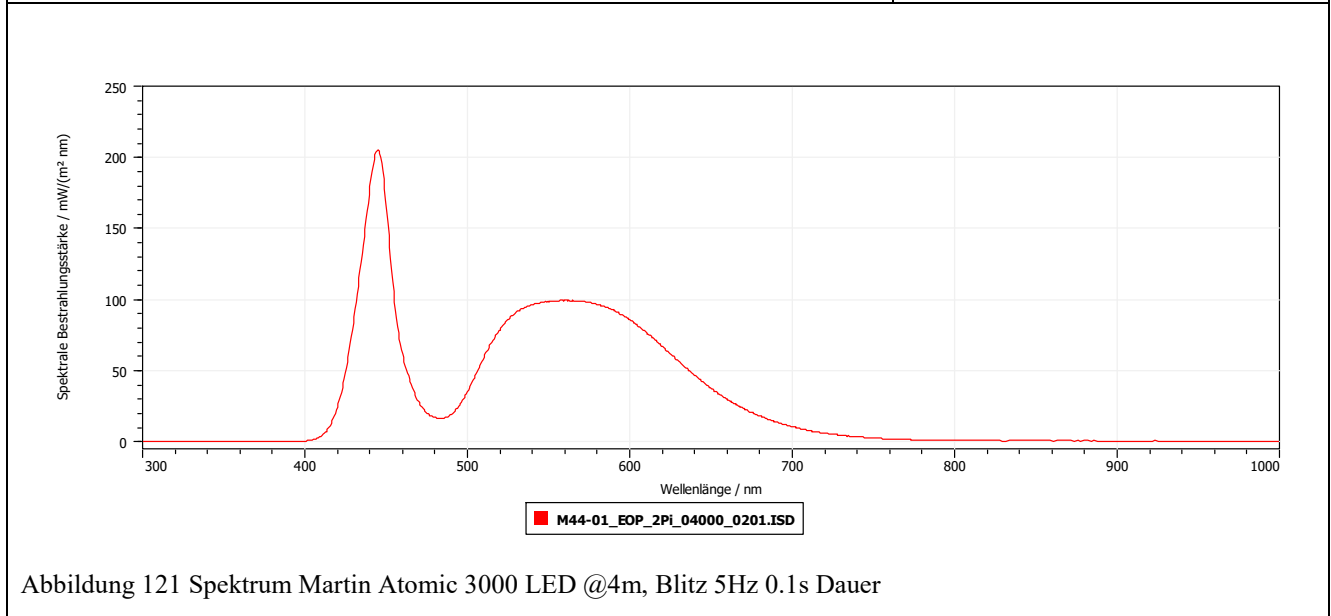


Abbildung 121 Spektrum Martin Atomic 3000 LED @4m, Blitz 5Hz 0.1s Dauer

Überblick relevanter Messwerte

Tabelle 30 Martin Atomic 3000 LED – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux]	*2)	1.060E+03	6.045E+03	2.687E+04	9.328E+04	3.360E+05	1.261E+06
E_s [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	1.295E-08	4.594E-08	2.425E-07	1.127E-06	4.097E-06	n.m.
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	3.833E-04	1.369E-03	7.283E-03	3.336E-02	1.212E-01	n.m.
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	*2)	9.389E-01	5.389E+00	2.345E+01	8.275E+01	2.989E+02	1.079E+03
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	2.155E+02	4.906E-01	2.124E+00	7.202E+00	1.182E+00	3.891E+00
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	3.608E+00	1.977E+01	8.751E+01	3.052E+02	1.076E+03	3.978E+03
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	3.797E+03	4.640E+03	8.160E+03	1.005E+04	1.087E+04	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	6.140E+03	7.454E+03	1.004E+04	1.439E+04	1.551E+04	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	4.411E+04	5.385E+04	9.164E+04	1.149E+05	1.242E+05	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	1.426E+01	1.818E+01	2.604E+01	3.666E+01	3.845E+01	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Messung @20cm mit 1.4rad-Blende (4cm Abstand zwischen Linse-Blende), B W =100%Dauerblitz: 5Hz, 0.1s Dauer; RGB off (nicht relevant)

Tabelle 31 Martin Atomic 3000 LED – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 3.797E+03	4.640E+03	8.160E+03	1.005E+04	1.087E+04	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 6.140E+03	7.454E+03	1.004E+04	1.439E+04	1.551E+04	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 4.411E+04	5.385E+04	9.164E+04	1.149E+05	1.242E+05	n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.426E+01	1.818E+01	2.604E+01	3.666E+01	3.845E+01	n.m.
11 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.137E+03	2.600E+03	4.050E+03	3.953E+03	8.311E+03	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 2.228E+03	4.380E+03	6.370E+03	5.940E+03	7.000E+03	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 1.360E+04	3.038E+04	4.687E+04	4.547E+04	9.011E+04	n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 5.227E+00	1.075E+01	1.507E+01	1.427E+01	2.793E+01	n.m.
100 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 7.221E+01	2.830E+02	7.122E+02	1.540E+03	OVL	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.205E+02	4.338E+02	OVL *3)	OVL *3)	OVL *3)	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 8.426E+02	3.264E+03	OVL *3)	OVL *3)	OVL *3)	n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 2.882E-01	1.177E+00	2.930E+00	6.030E+00	1.354E+01	n.m.

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Messung @20cm mit 1.4rad-Blende (4cm Abstand zwischen Linse-Blende), B W =100%Dauerblitz: 5Hz, 0.1s Dauer; RGB off (nicht relevant)

*3) OVL - Messwert > 1.5kW

ETC Source Four LED LUSTR+2

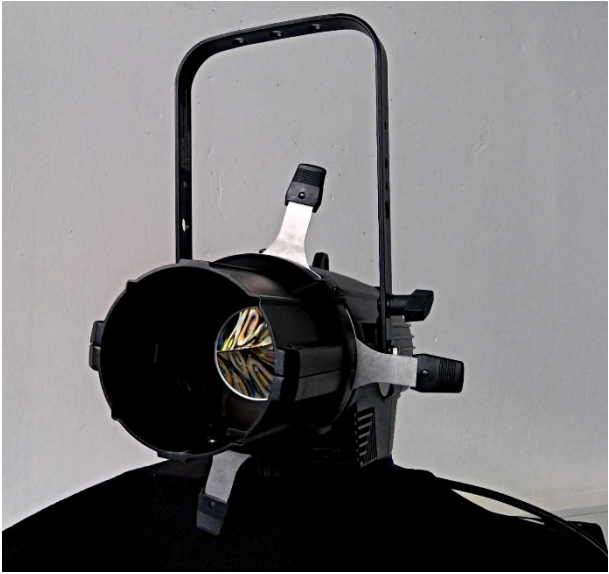
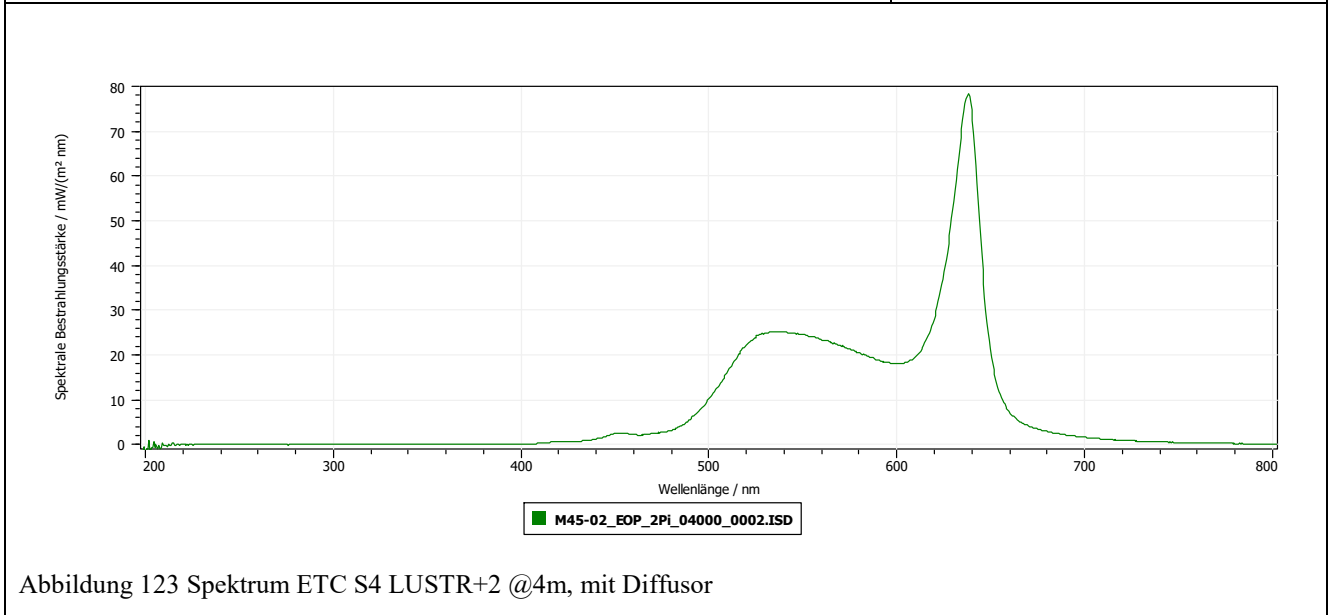
Gruppe LED	Messzeitraum KW 23/ 20	ETC Source Four LED LUSTR+2	Mess-Nr. M45
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> • 220W LED-Engine Serie 2 • 60 Luxeon® Rebel LED-Emitter • Lichtstrom: 8667 lm, 51,9 lm/W • kein Linsentubus 			
Optik Linse No Lens Öffnung/ Maße ø 70 mm Abstrahlwinkel k.A., 5°-90° (mit Tuben)			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> • Soft-Fokus-Diffusor ø75mm • Messungen ohne Linsentubus • Abstrahlwinkel nicht messbar, da Leuchtbild mit Einzel-LEDs • Einstufung lt. Herst. RG= k.A. 			

Abbildung 122 Scheinwerfer ETC S4 LUSTR+2

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe	Gefahrenstufe 4m: RG4m RG4m = 1
$E_S [W \cdot m^{-2}]$	< 1.00E-06		> 2.880E+04 (> 8h)	0	Max. Expositionszeit: 258.4 msec
$E_{UVA} [W \cdot m^{-2}]$	7.48E-05		> 2.880E+04 (> 8h)	0	Einstellungen: kein Linsentubus, mit Diffusor
$E_{IR} [W \cdot m^{-2}]$	4.20E-03		> 2.880E+04 (> 8h)	0	Ausrichtung: zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ
$E_H [W \cdot m^{-2}]$	1.13E+00		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung	
$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	3.87E+02		2.584E+03	1	
$L_R [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	2.20E+04	1.750E-02	> 2.880E+04 (> 8h)	0	



Überblick relevanter Messwerte – ohne Linsentubus

Tabelle 32 ETC S4 LUSTR+2– Relevante Messwerte

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux] *2)	3.964E+02 5.874E+01 *5)	1.623E+03 1.886E-01 *5)	6.806E+03 5.132E+02 *5)	2.908E+04 1.793E+04 *)	3.844E+06 2.674E+06 *5)	8.424E+05 1.176E+06 *5)
E_s [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	1.719E-09	2.361E-09	3.108E-08	1.100E-07	5.506E-07	3.821E-06
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	5.106E-05	7.478E-05	9.094E-04	3.290E-03	1.609E-02	1.114E-01
E_B [$W \cdot m^{-2}$] *2)	3.603E-02 6.500E-03 *5)	1.589E-01 5.806E-02 *5)	7.011E-01 1.232E-01 *5)	3.382E+00 8.369E-01 *5)	2.167E+01 7.159E+00 *5)	4.220E+02 7.177E+02 *5)
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4)	8.420E-04 2.460E-04 *5)	4.203E-03 1.159E-03 *5)	1.376E-02 1.980E-03 *5)	5.783E-02 4.150E-02 *5)	2.175E-01 3.503E-02 *5)	1.142E+00 1.460E+00 *5)
E_H [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4)	1.126E+00 1.532E-01 *5)	4.630E+00 5.378E-01 *5)	1.936E+01 1.702E+00 *5)	8.416E+01 5.832E+01 *5)	3.757E+02 4.787E+02 *5)	2.674E+03 3.844E+03 *5)
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	3.447E+02 3.715E+01 *5)	3.870E+02 3.460E+01 *5)	4.965E+02 3.308E+01 *5)	5.695E+02 2.194E+02 *5)	9.419E+02 1.661E+02 *5)	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	1.745E+04 3.023E+02 *5)	1.814E+04 3.404E+02 *5)	1.877E+04 4.190E+03 *5)	1.910E+04 2.044E+04 *5)	2.042E+04 2.105E+04 *5)	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	2.090E+04	2.201E+04	2.373E+04	2.479E+04	2.983E+04	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	2.228E+01	2.282E+01	2.361E+01	2.405E+01	2.390E+01	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{ mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

2) Zoom=k.A. (ohne Tuben), Softdiffusor/ Focus=kein% mit Diffusor, RGB

*3) Integral 390nm-400nm

*4) $E_{IR}, E_H - 1665\text{ nm}$

*5) Messung ohne Soft-Fokus-Diffusor

Tabelle 33 ETC S4 LUSTR+2 – Strahldichten

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	3.447E+02	3.870E+02	4.965E+02	5.695E+02	9.419E+02	n.m.
	*3)	3.715E+01	3.460E+01	3.308E+01	2.194E+02	1.661E+02	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	1.745E+04	1.814E+04	1.877E+04	1.910E+04	2.042E+04	n.m.
	*3)	3.023E+02	3.404E+02	4.190E+03	2.044E+04	2.105E+04	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1),*2)	2.090E+04	2.201E+04	2.373E+04	2.479E+04	2.983E+04	n.m.
	*1),*3)	6.738E+02	6.864E+02	4.521E+03	2.264E+04	2.271E+04	n.m.
11 mrad	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	2.228E+01	2.282E+01	2.361E+01	2.405E+01	2.390E+01	n.m.
	*3)	n.m.	5.880E-01	1.582E+01	3.762E+01	2.542E+01	n.m.
	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	1.925E+02	3.779E+02	4.755E+02	5.751E+02	9.830E+02	n.m.
	*3)	2.977E+01	3.199E+01	6.482E+01	2.125E+02	1.644E+02	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	8.545E+03	1.660E+04	1.846E+04	1.917E+04	2.032E+04	n.m.
	*3)	5.691E+02	3.114E+02	6.670E+03	2.014E+04	2.097E+04	n.m.
100 mrad	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1),*2)	1.047E+04	2.038E+04	2.322E+04	2.492E+04	3.015E+04	n.m.
	*1),*3)	8.668E+02	6.313E+02	7.318E+03	2.227E+04	2.261E+04	n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	1.136E+01	2.138E+01	2.342E+01	2.390E+01	2.388E+01	n.m.
	*3)	n.m.	5.308E-01	1.827E+01	3.667E+01	2.531E+01	n.m.
	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	2.645E+00	1.208E+01	6.645E+01	4.746E+02	1.141E+03	n.m.
	*3)	4.246E-01	1.544E+00	1.218E+01	1.275E+02	1.606E+02	n.m.
100 mrad	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	1.146E+02	4.835E+02	OVL	OVL	OVL	n.m.
	*3)	7.870E+00	2.481E+01	1.047E+03	OVL	OVL	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1),*2)	1.411E+02	6.043E+02	OVL	OVL	OVL	n.m.
	*1),*3)	1.212E+01	4.025E+01	1.169E+03	OVL	OVL	n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	1.520E-01	6.387E-01	2.915E+00	1.457E+01	2.260E+01	n.m.
	*3)	n.m.	2.329E-01	1.840E+00	2.050E+01	2.538E+01	n.m.

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

2) Zoom=k.A. (ohne Tuben), Softdiffusor/ Focus=kein% mit Diffusor, RGB ACL

3) Zoom=k.A. (ohne Tuben), Softdiffusor/ Focus=kein% ohne Diffusor, RGB ACL

Robe Robin Spider


Gruppe LED	Messzeitraum KW 32/ 20	Robe Robin Spider	Mess-Nr. M51
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> • 600W LED-Engine • 19 RGBW Multi-Chip LEDs, 1x40W, 18x60W • Lichtstrom: 11000 lm (max Zoom), 5500 lm (min Zoom) 			
Optik Linse 17 Facetten Linsen Öffnung/ Maße \varnothing 270 mm Abstrahlwinkel 4°-50°			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> • Größten LUX-Werte bei RGB W, größten Werte bei B W • Einstufung lt. Herst. RG= k.A. 			

Abbildung 124 Scheinwerfer Robe Robin Spider [38]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m	Gefahrenstufe 4m: RG4m RG4m = 2
E_S [W · m ⁻²]	2.845E-07		> 2.880E+04 (> 8h)	0	Max. Expositionszeit: 316.7 msec
E_{UVA} [W · m ⁻²]	8.600E-03		> 2.880E+04 (> 8h)	0	
E_{IR} [W · m ⁻²]	1.252E+00		> 2.880E+04 (> 8h)	0	Einstellungen: 4°, B(lau) W(eiß)
E_H [W · m ⁻²]	2.589E+02		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung	
L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	9.602E+04		1.041E+01	2	Ausrichtung: zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ
L_R [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	9.878E+05	6.750E-02	3.163E-01	*1):2 *2):0	
*1) Öffnung/ Linsendurchmesser \varnothing 270 mm *2) scheinbare Quelle: Wechsel bei \varnothing 110 mm					

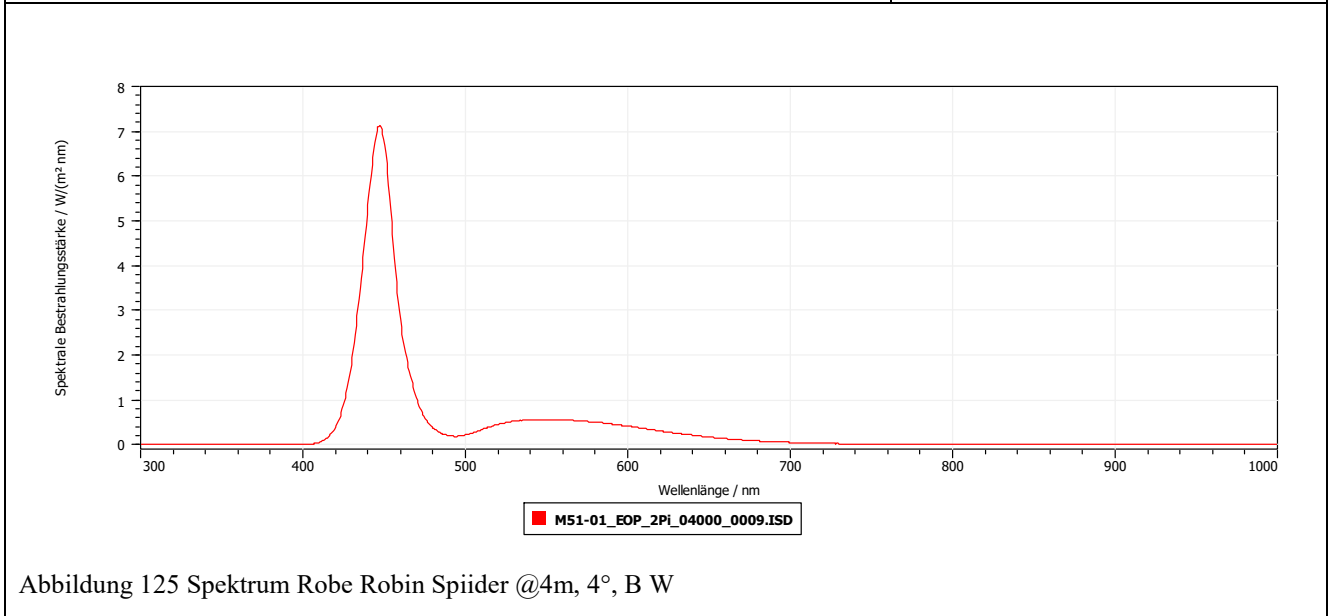


Abbildung 125 Spektrum Robe Robin Spider @4m, 4°, B W

Überblick relevanter Messwerte – Spot

Tabelle 34 Robe Robin Spider – Relevante Messwerte

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux] *2)	9.570E+03	3.678E+04 6.257E+04 *5)	4.477E+04	5.494E+04	9.474E+04	1.277E+05
E_s [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	3.112E-08	2.845E-07	4.203E-07	6.088E-07	1.690E-06	1.815E-06
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	9.978E-04	8.600E-03	1.290E-02	1.860E-02	4.940E-02	5.550E-02
E_B [$W \cdot m^{-2}$] *2)	4.472E+01	1.707E+02	2.060E+02	2.274E+02	4.508E+02	6.166E+02
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4)	2.224E-01	1.252E+00	2.744E-01	1.572E-01	2.531E-01	3.415E+00
E_H [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4)	6.757E+01	2.589E+02 2.733E+02 *6)	3.117E+02	3.564E+02	6.718E+02	9.222E+02
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	9.562E+04	9.602E+04	9.657E+04	9.677E+04	7.111E+04	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	2.712E+04	2.757E+04	2.767E+04	2.771E+04	1.967E+04	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	9.833E+05	9.878E+05	9.934E+05	9.954E+05	7.308E+05	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	7.378E+01	7.352E+01	7.677E+01	7.616E+01	5.415E+01	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=4° / Focus=kein% narrow/BW

*3) Integral 390nm-400nm

*4) $E_{IR}, E_H - 1665\text{nm}$

*5) Zoom=4° / Focus=kein% narrow/ RGBW

*6) Zoom4° / Focus=kein% narrow/ RGB

Tabelle 35 Robe Robin Spider – Strahldichten

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	9.562E+04	9.602E+04	9.657E+04	9.677E+04	7.111E+04	n.m.
	*3)	5.943E+04	9.399E+04	9.479E+04	9.585E+04	9.273E+04	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	2.712E+04	2.757E+04	2.767E+04	2.771E+04	1.967E+04	n.m.
	*3)	1.471E+04	2.653E+04	2.718E+04	2.726E+04	2.506E+04	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1),*2)	9.833E+05	9.878E+05	9.934E+05	9.954E+05	7.308E+05	n.m.
	*1),*3)	6.090E+05	9.664E+05	9.751E+05	9.858E+05	9.524E+05	n.m.
11 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	6.664E+04	8.699E+04	9.459E+04	9.615E+04	7.052E+04	n.m.
	*3)	1.561E+03	6.352E+03	2.662E+04	7.743E+04	8.699E+04	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	1.888E+04	2.525E+04	2.701E+04	2.729E+04	1.946E+04	n.m.
	*3)	4.363E+02	1.770E+03	7.433E+03	2.220E+04	2.366E+04	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1),*2)	6.853E+05	8.952E+05	9.729E+05	9.888E+05	7.247E+05	n.m.
	*1),*3)	1.605E+04	6.529E+04	2.736E+05	7.965E+05	8.936E+05	n.m.
100 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	7.965E+03	2.700E+04 *4)	3.345E+04 *4)	4.632E+04 *4)	5.871E+04 *4)	n.m.
	*3)	2.173E+02	8.813E+02	1.447E+03	1.701E+03	n.m.	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	2.074E+03 *4)	6.910E+03 *4)	8.647E+03 *4)	1.189E+04 *4)	1.382E+04 *4)	n.m.
	*3)	5.348E+01	2.200E+02	3.787E+02	4.654E+02	3.145E+02 *4)	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1),*2)	8.172E+04 *4)	2.769E+05 *4)*4)	3.432E+05 *4)*4)	4.751E+05 *4)*4)	6.010E+05 *4)*4)	n.m.
	*1),*3)	2.226E+03	9.033E+03	1.485E+04	1.748E+04	n.m. *4)	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2)	4.929E+00	1.570E+01	2.202E+01	3.402E+01	4.109E+01	n.m.
	*3)	1.268E-01	5.191E-01	9.281E-01	1.265E+00	8.876E+00	n.m.

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=4° / Focus=kein% narrow/BW

*3) Zoom=50° / Focus=kein% wide/ BW

*4) OVL - OD1: $L_B=12.76$ $L_R=10.38$ $L_{IR}=3.96$

*5) OVL - OD2: $L_B=168.12$ $L_R=103.82$ $L_{IR}=14.86$

*6) OVL - OD3: $L_B=1235.19$ $L_R=1096.52$ $L_{IR}=761.08$

Ayrton Ghibli

Gruppe LED	Messzeitraum KW 33/ 20	Ayrton Ghibli	Mess-Nr. M52
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> • 600W LED-Engine • 36000 lm 8000 K white light engine • Lichtstrom: 23000 lm • Abstrahlwinkel 7°-56° 			
Optik Linse Linsensystem (13Stck.) Öffnung/ Maße Ø 137 mm Abstrahlwinkel 7°-56°			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> • Einstellungen Near (7°) u. Far (56°) liefern „ähnliche“ Werte • Einstufung lt. Herst. RG=2 			

Abbildung 126 Scheinwerfer Ayrton Ghibli [39]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
$E_S [W \cdot m^{-2}]$	2.052E-07	3.425E-02	> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{UVA} [W \cdot m^{-2}]$	6.239E-03		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{IR} [W \cdot m^{-2}]$	1.108E-01		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_H [W \cdot m^{-2}]$	1.939E+02		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung
$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	8.474E+04		1.180E+01	2
$L_R [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	1.009E+06		4.375E+00	*1):2 *2):0

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser Ø 137 mm

*2) scheinbare Quelle: Wechsel bei Ø 110 mm

Gefahrenstufe 4m: RG4m RG4m = 2 Max. Expositionszeit: 4.37 sec Einstellungen: 7° Spot Ausrichtung: zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ
--

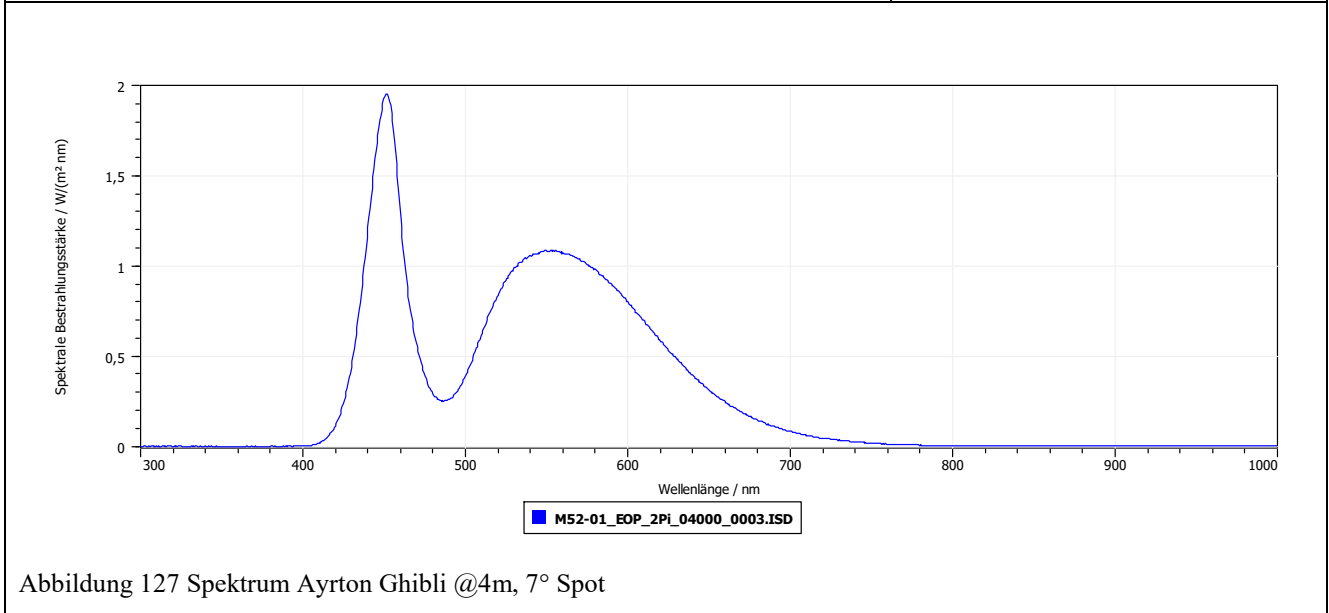


Abbildung 127 Spektrum Ayrton Ghibli @4m, 7° Spot

Überblick relevanter Messwerte – Spot

Tabelle 36 Ayrton Ghibli – Relevante Messwerte

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux] *2)	1.610E+04	6.299E+04	2.227E+05	5.646E+05	8.845E+05	8.884E+05
E_s [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	3.729E-08	2.052E-07	5.277E-07	1.612E-06	2.315E-06	3.210E-06
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	1.151E-03	6.239E-03	1.614E-02	4.972E-02	7.080E-02	9.542E-02
E_B [$W \cdot m^{-2}$] *2)	1.356E+01	5.361E+01	1.885E+02	4.804E+02	7.464E+02	7.403E+02
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4)	4.361E-03	1.108E-01	6.666E-01	8.992E-01	1.403E-01	5.891E+00
E_H [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4)	4.946E+01	1.939E+02	6.833E+02	1.732E+03	2.713E+03	2.738E+03
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	7.452E+04	8.474E+04	1.370E+05	7.197E+04	7.963E+04	n.m.
	8.170E+04	8.299E+04	1.523E+05	7.416E+04	8.516E+04	
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	1.451E+05	1.620E+05	2.070E+05	1.558E+05	1.465E+05	n.m.
	1.449E+05	1.603E+05	2.143E+05	1.526E+05	1.614E+05	
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	8.903E+05	1.009E+06	1.577E+06	8.755E+05	9.428E+05	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	2.160E+02	2.403E+02	3.560E+02	2.223E+02	1.982E+02	n.m.

Anmerkungen:

- *1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$
- *2) $\text{Zoom}=7^\circ(12.8^\circ)$ / $\text{Focus}=1\% \text{ Near}$ / $W(\text{hite})$
- *3) Integral 390nm-400nm
- *4) $E_{IR}, E_H - 1665\text{nm}$
- *5) $\text{Zoom}=7^\circ(12.8^\circ)$ / $\text{Focus}=100\% \text{ Far}$ / $W(\text{hite})$

Tabelle 37 Ayrton Ghibli – Strahldichten

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	7.452E+04	8.474E+04	1.370E+05	7.197E+04	7.963E+04	n.m.
		*3) 8.170E+04	8.299E+04	1.523E+05	7.416E+04	8.516E+04	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	1.451E+05	1.620E+05	2.070E+05	1.558E+05	1.465E+05	n.m.
		*3) 1.449E+05	1.603E+05	2.143E+05	1.526E+05	1.614E+05	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	8.903E+05	1.009E+06	1.577E+06	8.755E+05	9.428E+05	n.m.
		*1), *3) 9.619E+05	9.902E+05	1.738E+06	8.942E+05	1.013E+06	n.m.
11 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	8.026E+04	8.084E+04	7.642E+04	8.030E+04	7.765E+04	n.m.
		*3) 8.020E+04	8.103E+04	7.525E+04	7.555E+04	8.406E+04	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	1.165E+05	1.179E+05	1.182E+05	1.227E+05	1.159E+05	n.m.
		*3) 1.167E+05	1.179E+05	1.172E+05	1.192E+05	1.236E+05	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	9.191E+05	9.263E+05	8.824E+05	9.257E+05	8.924E+05	n.m.
		*1), *3) 9.187E+05	9.282E+05	8.697E+05	8.747E+05	9.642E+05	n.m.
100 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	2.223E+03	9.546E+03 *4)	3.663E+04 *4)	7.683E+04 *4)	6.222E+04 *4)	n.m.
		*3) 2.217E+03	9.616E+03 *4)	3.770E+04 *4)	7.767E+04 *4)	6.804E+04 *4)	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	3.525E+03 *4)	1.237E+04 *4)	5.401E+04 *5)	1.055E+05 *5)	8.917E+04 *5)	n.m.
		*3) 3.514E+03 *4)	1.243E+04 *4)	5.575E+04 *5)	1.175E+05 *5)	9.952E+04 *5)	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	2.575E+04 *4)	1.078E+05 *4)*4)	4.203E+05 *4)*5)	8.738E+05 *4)*5)	7.113E+05 *4)*5)	n.m.
		*1), *3) 2.568E+04 *4)	1.086E+05 *4)*4)	4.327E+05 *4)*5)	8.942E+05 *4)*5)	7.799E+05 *4)*5)	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	4.693E+00	1.822E+01	6.366E+01	1.213E+02	1.169E+02	n.m.	
	*3) 4.678E+00	1.815E+01	6.177E+01	1.112E+02	1.171E+02	n.m.	

Anmerkungen:

- *1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$
- *2) $\text{Zoom}=7^\circ(12.8^\circ)$ / $\text{Focus}=1\% \text{ Near}$ / $W(\text{hite})$
- *3) $\text{Zoom}=7^\circ(12.8^\circ)$ / $\text{Focus}=100\% \text{ Far}$ / $W(\text{hite})$
- *4) OVL - OD1: $L_B=13$ $L_{R}=9.56$ $L_{IR}=4.07$
- *5) OVL - OD2: $L_B=165.21$ $L_{R}=96.87$ $L_{IR}=15.47$
- *6) OVL - OD3: $L_B=1271.21$ $L_{R}=1056.43$ $L_{IR}=777.29$

Überblick relevanter Messwerte – 7° Beam

Tabelle 38 JB Lighting P18 – Relevante Messwerte

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux] *2) *5)	1.884E+04	7.085E+04	2.863E+05	9.435E+05	8.751E+05	7.282E+05 1.676E+06
E_s [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3) *5)	8.493E-08	1.002E-07	1.229E-06	5.788E-06	2.687E-06	3.051E-06 4.437E-01
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	2.443E-03	2.987E-03	3.608E-02	1.632E-01	7.934E-02	8.665E-02
E_B [$W \cdot m^{-2}$] *2) *5)	1.684E+01	6.425E+01	2.555E+02	8.336E+02	7.041E+02	6.166E+02 1.599E+03
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4)	3.360E-02	1.300E-01	4.747E-01	1.443E+00	1.472E+00	1.272E+00
E_H [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4)	5.895E+01	2.236E+02	8.938E+02	2.951E+03	2.653E+03	2.241E+03
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2) *5)	8.062E+04 9.508E+04	8.346E+04 1.038E+05	7.665E+04 9.152E+04	6.139E+04 6.362E+04	7.409E+04 5.224E+04	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2) *5)	1.293E+05 1.531E+05	1.356E+05 1.726E+05	1.258E+05 1.365E+05	1.127E+05 1.205E+05	1.289E+05 9.788E+04	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	9.355E+05	9.702E+05	8.923E+05	7.266E+05	8.698E+05	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2) *5)	1.787E+02 2.259E+02	1.856E+02 2.483E+02	1.750E+02 1.951E+02	1.503E+02 1.739E+02	1.333E+02 1.081E+02	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=7°/ Focus=1% Near/ W(hite)

*3) Integral 350nm-400nm

*4) E_{IR}, E_H - 1665 nm

*5) Zoom=7°/ Focus=100% Far/ W(hite)

Tabelle 39 JB Lighting P18 – Strahldichten

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	8.062E+04 9.508E+04	8.346E+04 1.038E+05	7.665E+04 9.152E+04	6.139E+04 6.362E+04	7.409E+04 5.224E+04	n.m. n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	1.293E+05 1.531E+05	1.356E+05 1.726E+05	1.258E+05 1.365E+05	1.127E+05 1.205E+05	1.289E+05 9.788E+04	n.m. n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1),*2) *1),*3)	9.355E+05 1.104E+06	9.702E+05 1.210E+06	8.923E+05 1.052E+06	7.266E+05 7.567E+05	8.698E+05 6.203E+05	n.m. n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	1.787E+02 2.259E+02	1.856E+02 2.483E+02	1.750E+02 1.951E+02	1.503E+02 1.739E+02	1.333E+02 1.081E+02	n.m. n.m.
	11 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	6.983E+04 6.595E+04	6.855E+04 7.313E+04	6.785E+04 7.264E+04	6.249E+04 5.003E+04	7.394E+04 5.215E+04
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)		9.975E+04 9.667E+04	9.823E+04 1.036E+05	9.961E+04 1.040E+05	9.421E+04 8.477E+04	1.056E+05 8.514E+04	n.m. n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1),*2) *1),*3)		7.981E+05 7.561E+05	7.837E+05 8.349E+05	7.781E+05 8.304E+05	7.191E+05 5.851E+05	8.450E+05 6.066E+05	n.m. n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)		1.334E+02 1.512E+02	1.466E+02 1.669E+02	1.543E+02 1.703E+02	1.436E+02 1.412E+02	1.308E+02 1.161E+02	n.m. n.m.
100 mrad		L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	1.210E+03 2.751E+03	4.736E+03 1.130E+04 *4)	1.836E+04 *4) 4.332E+04 *4)	5.523E+04 *4) 5.696E+04 *4)	6.027E+04 *4) 4.418E+04 *4)
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	1.597E+03 4.236E+03 *4)	7.021E+02 *4) 1.482E+03 *4)	2.711E+04 *5) 6.638E+04 *5)	7.716E+04 *5) 9.523E+04 *5)	8.599E+04 *5) 7.162E+04 *5)	n.m. n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1),*2) *1),*3)	1.369E+04 3.174E+04 *4)	4.806E+04 *4) 1.145E+05 *4)*4)	2.107E+05 *4)*5) 4.996E+05 *4)*5)	6.295E+05 *4)*5) 6.648E+05 *4)*5)	6.887E+05 *4)*5) 5.134E+05 *4)*5)	n.m. n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	2.196E+00 5.701E+00	8.376E+00 2.141E+01	3.038E+01 7.783E+01	8.392E+01 1.097E+02	9.444E+01 8.501E+01	n.m. n.m.

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=7°/ Focus=1% Near/ W(hite)

*3) Zoom=7°/ Focus=100% Far/ W(hite)

*4) OVL - OD1: $L_B=12.66$ $L_R=9.77$ $L_{IR}=1.12$

*5) OVL - OD2: $L_B=161.23$ $L_R=98.56$ $L_{IR}=15.21$

*6) OVL - OD3: $L_B=1263.46$ $L_R=1065.85$ $L_{IR}=789.34$

Elation KL Fresnel 8“


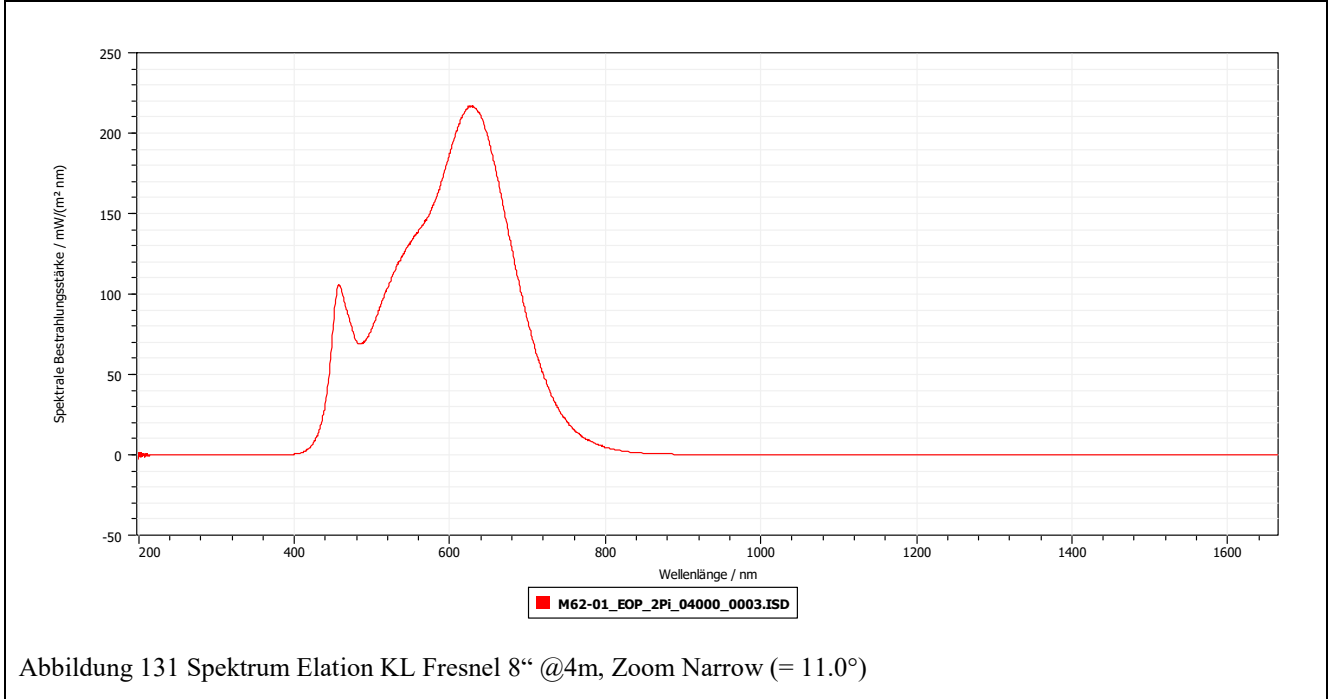
Gruppe LED	Messzeitraum KW 08/ 21	Elation KL Fresnel 8“	Mess-Nr. M62
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> LED-Engine/ Fresnel 350W White LED, 3000K warm white Lichtstrom: 14000 lm Fresnel-Linse 			
Optik Linse Fresnel-Linse Öffnung/ Maße \varnothing 220.0 mm Abstrahlwinkel 11.0°- 57°			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> Keine Focus-Einstellung Einstufung lt. Herst. RG= k.A. 			

Abbildung 130 Scheinwerfer Elation KL Fresnel 8“ [41]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
$E_S [W \cdot m^{-2}]$	5.046E-08		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{UVA} [W \cdot m^{-2}]$	1.893E-03		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{IR} [W \cdot m^{-2}]$	2.978E-01		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_H [W \cdot m^{-2}]$	3.855E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung
$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	3.484E+03		2.870E+02	1
$L_R [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	6.400E+04	5.500E-02	> 2.880E+04 (> 8h)	*1):0 *2):0

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser \varnothing 220 mm
 *2) scheinbare Quelle \varnothing 97.17 mm

Gefahrenstufe 4m: RG4m RG4m = 1
Max. Expositionszeit: 287 sec
Einstellungen: 11.0° Spot (Narrow)
Ausrichtung: zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ



Überblick relevanter Messwerte

Tabelle 40 Elation KL Fresnel 8^o (Zoom 11.0^o) – Relevante Messwerte

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E _v [lux] *2)	2.570E+03	1.036E+04	4.036E+04	1.461E+05	4.532E+05	4.898E+05
E _s [W · m ⁻²] *2),*3)	7.710E-09	5.046E-08	5.686E-08	4.069E-07	3.519E-06	1.453E-09
E _{UVA} [W · m ⁻²] *2),*3)	2.371E-04	1.893E-03	4.768E-03	2.120E-02	8.967E-02	4.775E-02
E _B [W · m ⁻²] *2)	8.418E-01	3.374E+00	1.306E+01	4.699E+01	1.444E+02	1.734E+02
E _{IR} [W · m ⁻²] *2)*4)	7.593E-02	2.978E-01	1.122E+00	3.973E+00	1.239E+01	1.252E+01
E _H [W · m ⁻²] *2)*4)	9.611E+00	3.855E+01	1.495E+02	5.403E+02	1.668E+03	1.795E+03
L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1)*2)	3.314E+03	3.484E+03	3.438E+03	3.485E+03	3.375E+03	n.m.
L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1)*2)	2.869E+04	2.916E+04	2.955E+04	3.012E+04	2.912E+04	n.m.
L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1)*2)	6.183E+04	6.400E+04	6.393E+04	6.497E+04	6.287E+04	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1)*2)	1.724E+02	1.776E+02	1.783E+02	1.785E+02	1.668E+02	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad} / L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=11°/ Focus=k.A.%

*3) Integral 350nm-400nm

*4) E_{IR}, E_H - 1665nm

Tabelle 41 Elation KL Fresnel 8^o – Strahldichten

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	3.314E+03	3.427E+03	3.438E+03	3.485E+03	3.375E+03	n.m.
		*3) 3.281E+03	3.484E+03	3.571E+03	3.576E+03	3.536E+03	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	2.869E+04	2.916E+04	2.955E+04	3.012E+04	2.912E+04	n.m.
		*3) 9.695E+00	2.992E+04	2.930E+04	2.978E+04	2.960E+04	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1), *2)	6.183E+04	6.343E+04	6.393E+04	6.497E+04	6.287E+04	n.m.
	*1), *3) 3.282E+04	6.476E+04	6.501E+04	6.554E+04	6.496E+04	n.m.	
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	1.724E+02	1.776E+02	1.783E+02	1.785E+02	1.668E+02	n.m.	
	*3) 1.738E+02	1.835E+02	1.854E+02	1.877E+02	1.826E+02	n.m.	
11 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	2.468E+03	2.952E+03	3.385E+03	3.339E+03	3.330E+03	n.m.
		*3) 7.147E+02	2.529E+03	3.349E+03	3.458E+03	3.517E+03	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	2.126E+04	2.498E+04	2.881E+04	2.912E+04	2.860E+04	n.m.
		*3) 6.102E+03	2.195E+04	2.887E+04	2.905E+04	2.906E+04	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1), *2)	4.594E+04	5.450E+04	6.266E+04	6.251E+04	6.190E+04	n.m.
	*1), *3) 1.325E+04	4.724E+04	6.236E+04	6.363E+04	6.423E+04	n.m.	
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	1.284E+02	1.504E+02	1.735E+02	1.706E+02	1.651E+02	n.m.	
	*3) 3.774E+01	1.333E+02	1.798E+02	1.826E+02	1.797E+02	n.m.	
100 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	1.069E+02	4.342E+02	1.788E+03	2.335E+03	3.015E+03	n.m.
		*3) 9.695E+00	4.024E+01	1.668E+02	7.334E+02	3.191E+03	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	8.773E+02 *4)	3.881E+03 *4)	1.355E+04 *4)	2.095E+04 *5)	2.754E+04 *5)	n.m.
		*3) 8.281E+01	3.410E+02	1.243E+03	6.072E+03 *4)	2.798E+04 *5)	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1), *2)	1.946E+03 *4)	8.224E+03 *4)	3.144E+04 *4)	4.429E+04 *5)	5.769E+04 *5)	n.m.
	*1), *3) 1.798E+02	7.434E+02	2.911E+03	1.341E+04 *4)	5.989E+04 *5)	n.m.	
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2)	5.724E+00	2.315E+01	9.494E+01	1.184E+02	1.468E+02	n.m.	
	*3) 5.129E-01	2.107E+00	8.654E+00	3.770E+01	1.603E+02	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=11°/ Focus=k.A.%

*3) Zoom=57°/ Focus=k.A.%

*4) OVL - OD1: L_B=12.12 L_R=9.23 L_{IR}=3.92

*5) OVL - OD2: L_B=145.5 L_R=75.9 L_{IR}=14.75

*6) OVL - OD3: L_B=1235.66 L_R=1089.53 L_{IR}=784.52

Überblick relevanter Messwerte

Tabelle 42 Robe Esprite Spot (Zoom 5.5°) – Relevante Messwerte

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux] *2)	1.140E+04	4.387E+04	1.545E+05	3.812E+05	5.579E+05	5.165E+05
E_s [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	6.890E-09	4.683E-10	8.085E-07	2.937E-07	5.108E-06	6.725E-07
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	2.028E-03	2.553E-03	3.042E-02	5.182E-02	6.483E-02	8.322E-02
E_B [$W \cdot m^{-2}$] *2)	1.051E+01	4.094E+01	1.460E+02	3.622E+02	5.252E+02	4.805E+02
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4)	3.369E-02	1.206E-01	4.165E-01	1.052E+00	1.613E+00	1.535E+00
E_H [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4)	3.523E+01	1.357E+02	4.786E+02	1.182E+03	1.726E+03	1.597E+03
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	6.436E+04	5.577E+04	8.894E+04	5.931E+04	5.707E+04	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	8.961E+04	8.836E+04	1.044E+05	9.036E+04	7.923E+04	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	7.332E+05	6.461E+05	9.938E+05	6.835E+05	6.499E+05	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	1.074E+02	1.023E+02	1.234E+02	9.881E+01	8.128E+01	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=5.5°/ Focus=50.5% Center

*3) Integral 350nm-400nm

*4) $E_{IR}, E_H - 1665\text{nm}$

Tabelle 43 Robe Esprite Spot – Strahldichten

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	6.436E+04	5.577E+04	8.894E+04	5.931E+04	5.707E+04	n.m.
	*3)	6.102E+04	6.017E+04	6.541E+04	6.273E+04	5.705E+04	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	8.961E+04	8.836E+04	1.044E+05	9.036E+04	7.923E+04	n.m.
	*3)	6.083E+02	9.174E+04	9.215E+04	8.864E+05	8.351E+04	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	7.332E+05	6.461E+05	9.938E+05	6.835E+05	6.499E+05	n.m.
*1), *3)	6.108E+05	6.934E+05	7.463E+05	1.514E+06	6.540E+05	n.m.	
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	1.074E+02	1.023E+02	1.234E+02	9.881E+01	8.128E+01	n.m.	
*3)	1.006E+02	1.047E+02	1.065E+02	1.007E+02	9.414E+01	n.m.	
11 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	5.604E+04	5.125E+04	6.232E+04	6.222E+04	5.665E+04	n.m.
	*3)	3.522E+04	5.441E+04	6.102E+04	6.096E+04	5.656E+04	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	7.265E+04	6.852E+04	7.473E+04	7.356E+04	6.771E+04	n.m.
	*3)	4.932E+04	7.114E+04	7.402E+04	7.379E+04	7.154E+04	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	6.331E+05	5.811E+05	6.979E+05	6.958E+05	6.342E+05	n.m.
*1), *3)	4.015E+05	6.152E+05	6.842E+05	6.834E+05	6.371E+05	n.m.	
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	9.313E+01	9.125E+01	1.044E+02	9.632E+01	7.926E+01	n.m.	
*3)	5.660E+01	9.042E+01	9.925E+01	9.868E+01	9.207E+01	n.m.	
100 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	1.907E+03	7.394E+03	2.703E+04 *4)	4.345E+04 *4)	4.452E+04 *4)	n.m.
	*3)	6.083E+02	2.316E+03	9.037E+03 *4)	2.984E+04 *4)	4.997E+04 *4)	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	2.632E+03 *4)	9.357E+03 *4)	3.596E+04 *5)	5.793E+04 *5)	5.578E+04 *5)	n.m.
	*3)	8.169E+02	3.127E+03 *4)	1.089E+04 *4)	4.075E+04 *5)	6.552E+04 *5)	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	2.170E+04 *4)	8.329E+04 *4)	3.062E+05 *4)*5)	4.925E+05 *4)*5)	5.010E+05 *4)*5)	n.m.
*1), *3)	6.900E+03	2.629E+04 *4)	1.013E+05 *4)*4)	3.392E+05 *4)*5)	5.652E+05 *4)*5)	n.m.	
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	2.947E+00	1.107E+01	3.689E+01	5.962E+01	5.921E+01	n.m.	
*3)	9.263E-01	3.502E+00	1.311E+01	4.240E+01	6.972E+01	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=5.5°/ Focus=50.5% Center

*3) Zoom=5.5°/ Focus=1% Near

*4) OVL - OD1: $L_B=13.28$ $L_R=10.03$ $L_{IR}=4.09$

*5) OVL - OD2: $L_B=176.88$ $L_R=101.03$ $L_{IR}=15.33$

*6) OVL - OD3: $L_B=1251.57$ $L_R=1058.68$ $L_{IR}=793.55$

Clay Paky HY B-Eye K25


Gruppe LED	Messzeitraum KW 15/ 21	Clay Paky HY B-Eye K25	Mess-Nr. M69
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> • 1110W LED-Engine/ Moving Light • 37 OSRAM Ostar RGBW LEDs à 30W • Lichtstrom: 10200 lm • Facetten-Linsen • Bi-directional Rotating Front Lens 			
Optik Linse Facetten-Linsen Öffnung/ Maße ø 325 (337) mm Abstrahlwinkel 4.0° - 51°			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> • Kein Einstellung Fokus • Einstufung lt. Herst. RG=2 			

Abbildung 134 Scheinwerfer Clay Paky HY B-Eye K25 [43]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
$E_S [W \cdot m^{-2}]$	6.604E-07		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{UVA} [W \cdot m^{-2}]$	2.532E-04		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{IR} [W \cdot m^{-2}]$	6.836E-02		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_H [W \cdot m^{-2}]$	1.215E+02		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung
$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	9.404E+04		1.063E+01	2
$L_R [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	9.706E+05	8.125E-02	1.616E-01	*1):3 *2):2

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser ø 325 mm
*2) scheinbare Quelle ø 185 mm

Gefahrenstufe 4m: RG4m RG4m = 2/3
Max. Expositionszeit: 10.6 sec
Einstellungen: 4.0° Spot (Narrow), Near
Ausrichtung: zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ

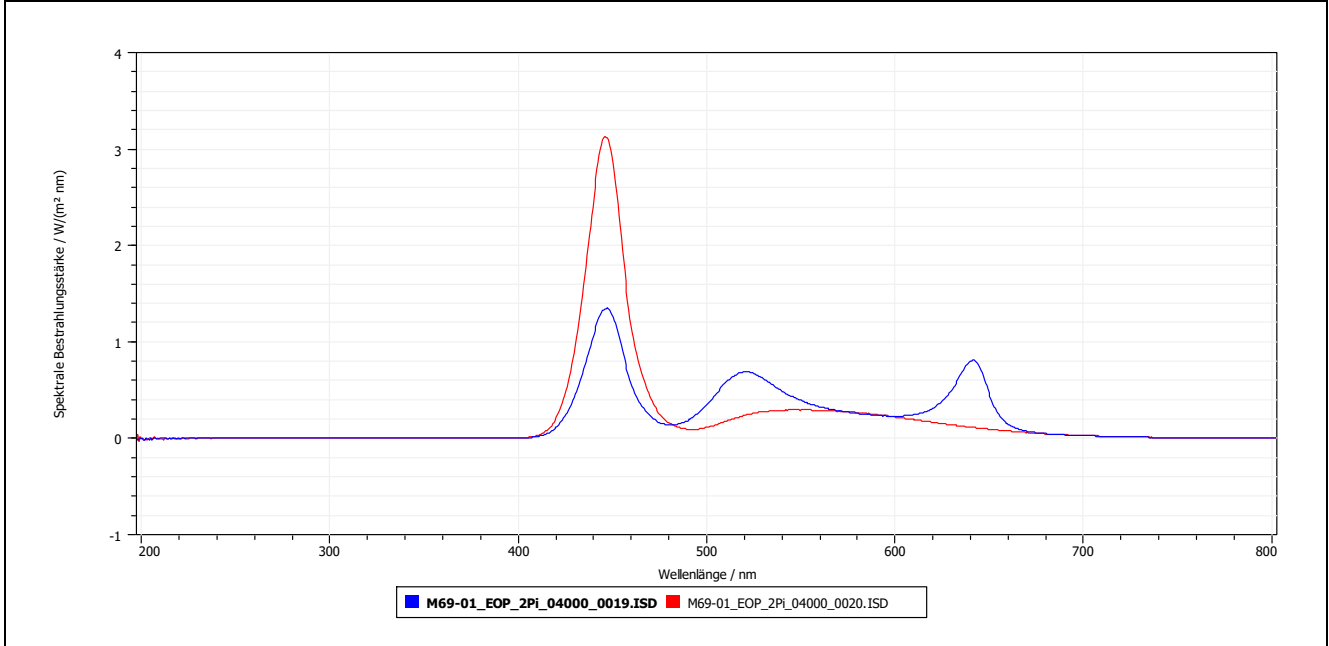


Abbildung 135 Spektrum Clay Paky HY B-Eye K25 @4m, Zoom Narrow (= 4.0°), BW (rt), RGBW (bl)

Überblick relevanter Messwerte

Tabelle 44 Clay Paky HY B-Eye K25 (Zoom 4.0°) – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E _v [lux]	*2)	1.373E+04	1.910E+04	6.995E+04	7.179E+04	9.108E+04	2.099E+04
	*5)	2.073E+04	2.864E+04	1.033E+05	9.957E+04	1.232E+05	2.898E+04
E _s [W · m ⁻²]	*2),*3)	1.893E-07	6.604E-07	2.753E-06	4.700E-06	3.640E-06	6.439E-04
	*5)	9.611E-04	1.691E-07	5.695E-07	1.470E-07	5.373E-03	1.298E-07
E _{UVA} [W · m ⁻²]	*2),*3)	4.186E-03	2.532E-04	5.520E-02	7.096E-02	6.285E-02	8.442E-03
	*5)	2.024E-03	5.276E-03	2.187E-02	1.342E-02	3.072E-02	5.250E-03
E _B [W · m ⁻²]	*2)	5.237E+01	7.657E+01	2.905E+02	3.001E+02	3.871E+02	6.947E+01
	*5)	2.503E+01	3.651E+01	1.343E+02	1.294E+02	1.638E+02	3.010E+01
E _{IR} [W · m ⁻²]	*2)*4)	4.886E-02	6.836E-02	2.353E-01	2.580E-01	3.114E-01	9.386E-02
	*5)	4.761E-02	6.290E-02	2.272E-01	2.138E-01	2.676E-01	8.263E-02
E _H [W · m ⁻²]	*2)*4)	8.514E+01	1.215E+02	4.567E+02	4.703E+02	6.028E+02	1.198E+02
	*5)	7.979E+01	1.123E+02	4.057E+02	3.896E+02	4.854E+02	1.071E+02
L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	9.434E+04	9.404E+04	9.854E+04	9.903E+04	5.644E+04	n.m.
	*1)*5)	4.459E+04	4.395E+04	4.492E+04	4.526E+04	2.574E+04	n.m.
L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	2.910E+04	3.020E+04	3.133E+04	3.107E+04	1.639E+04	n.m.
	*1)*5)	5.586E+04	5.556E+04	5.720E+04	5.716E+04	3.103E+04	n.m.
L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	9.725E+05	9.706E+05	1.017E+06	1.021E+06	5.808E+05	n.m.
	*1)*5)	8.520E+01	8.749E+01	8.966E+01	9.030E+01	4.680E+01	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	8.520E+01	8.749E+01	8.966E+01	9.030E+01	4.680E+01	n.m.
	*1)*5)	8.462E+01	8.617E+01	8.819E+01	8.883E+01	4.649E+01	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=4°/ Focus=kein% narrow/ BW

*3) Integral 350nm-400nm

*4) E_{IR}, E_H - 1665nm

*5) Zoom=4°/ Focus=kein narrow/ RGBW

Tabelle 45 Clay Paky HY B-Eye K25 (Zoom 4.0°) – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	9.434E+04	9.404E+04	9.854E+04	9.903E+04	5.644E+04	n.m.
		*3)	4.459E+04	4.395E+04	4.492E+04	4.526E+04	2.574E+04	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	2.910E+04	3.020E+04	3.133E+04	3.107E+04	1.639E+04	n.m.
		*3)	5.586E+04	5.556E+04	5.720E+04	5.716E+04	3.103E+04	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	9.725E+05	9.706E+05	1.017E+06	1.021E+06	5.808E+05	n.m.
		*1), *3)	5.018E+05	4.951E+05	5.064E+05	5.098E+05	2.884E+05	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	8.520E+01	8.749E+01	8.966E+01	9.030E+01	4.680E+01	n.m.	
	*3)	8.462E+01	8.617E+01	8.819E+01	8.883E+01	4.649E+01	n.m.	
11 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	5.038E+04	7.379E+04	9.580E+04	9.846E+04	5.576E+04	n.m.
		*3)	2.360E+04	3.390E+04	4.343E+04	4.459E+04	2.541E+04	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.787E+04	2.416E+04	2.930E+04	2.991E+04	1.614E+04	n.m.
		*3)	3.361E+04	4.277E+04	5.216E+04	5.305E+04	3.031E+04	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	5.216E+05	7.621E+05	9.873E+05	1.015E+06	5.737E+05	n.m.
		*1), *3)	2.696E+05	3.817E+05	4.865E+05	4.990E+05	2.844E+05	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	5.491E+01	6.985E+01	8.404E+01	8.674E+01	4.604E+01	n.m.	
	*3)	5.522E+01	6.920E+01	8.321E+01	8.541E+01	4.553E+01	n.m.	
100 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	9.836E+03	3.062E+04	3.240E+04	2.971E+04	5.307E+04	n.m.
		*3)	4.530E+03	1.401E+04	1.457E+04	1.353E+04	2.406E+04	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	3.308E+03	9.690E+03	1.015E+04	9.464E+03	1.359E+04	n.m.
		*3)	6.112E+03	1.594E+04	1.648E+04	1.524E+04	2.827E+04	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	1.017E+05	3.159E+05	3.341E+05	3.065E+05	5.443E+05	n.m.
		*1), *3)	5.141E+04	1.561E+05	1.622E+05	1.505E+05	2.689E+05	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	9.864E+00	3.126E+01	3.302E+01	3.020E+01	4.255E+01	n.m.	
	*3)	9.966E+00	3.060E+01	3.261E+01	2.975E+01	4.262E+01	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=4°/ Focus=kein% narrow/ BW

*3) Zoom=4°/ Focus=kein% narrow/ RGBW

*4) OVL - OD1: L_B=12.99 L_R=10.4 L_{IR}=3.96

*5) OVL - OD2: L_B=170.07 L_R=101.72 L_{IR}=14.66

*6) OVL - OD3: L_B=1250.36 L_R=1125.34 L_{IR}=767.77

JB Lighting P12 Wash


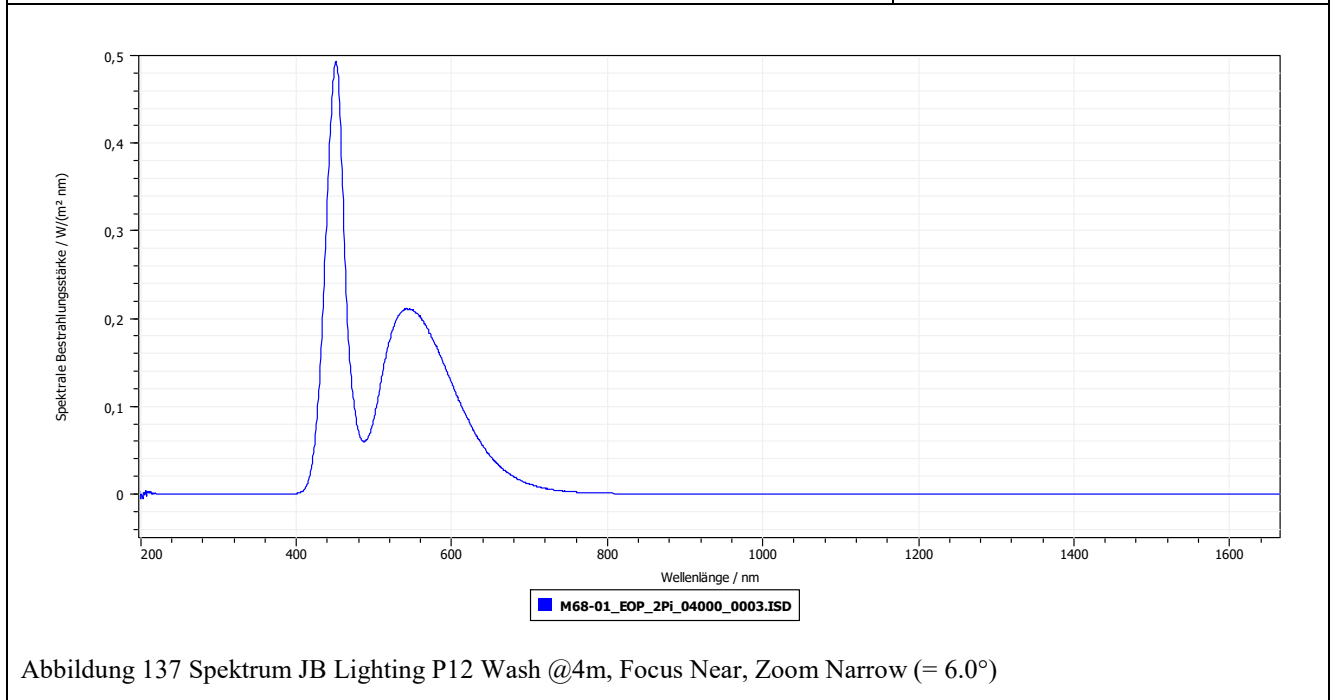
Gruppe LED	Messzeitraum KW 12/ 21	JB Lighting P12 Wash	Mess-Nr. M68
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> 640W LED-Engine/ Moving Light Weißlicht LED-Engine Lichtstrom: 25000 lm Fresnel-Lichtaustrittslinse 			
Optik Fresnel-Linse Linsensystem Öffnung/ Maße ø 145.0 mm Abstrahlwinkel 6.0° - 54.0°			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> Einstufung lt. Herst. RG=2 			

Abbildung 136 Scheinwerfer JB Lighting P12 Wash [44]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
E_S [W · m ⁻²]	1.876E-07		> 2.880E+04 (> 8h)	0
E_{UVA} [W · m ⁻²]	1.508E-03		> 2.880E+04 (> 8h)	0
E_{IR} [W · m ⁻²]	4.959E-02		> 2.880E+04 (> 8h)	0
E_H [W · m ⁻²]	3.943E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung
L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	3.810E+04		2.625E+01	2
L_R [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	4.294E+05	3.625E-02	> 2.880E+04 (> 8h)	*1):0 *2):0

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser ø 145 mm
*2) scheinbare Quelle ø 94 mm

Gefahrenstufe 4m: RG4m RG4m = 2
Max. Expositionszeit: 26.25 sec
Einstellungen: 6.0° Spot (Narrow), Near
Ausrichtung: zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ



Überblick relevanter Messwerte

Tabelle 46 JB Lighting P12 Wash (Zoom 6.0°) – Relevante Messwerte

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux] *2)	3.150E+03	1.176E+04	4.083E+04	1.183E+05	2.487E+05	4.044E+05
E_s [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	2.375E-08	1.876E-07	3.486E-07	8.045E-08	1.706E-06	4.207E-06
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	8.268E-05	1.508E-03	5.895E-03	1.082E-02	3.604E-02	2.220E-03
E_B [$W \cdot m^{-2}$] *2)	3.721E+00	1.396E+01	4.871E+01	1.424E+02	2.985E+02	4.729E+02
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4)	1.041E-02	4.959E-02	1.445E-01	4.087E-01	7.585E-01	1.226E+00
E_H [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4)	1.057E+01	3.943E+01	1.372E+02	3.976E+02	8.352E+02	1.349E+03
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	3.842E+04	3.810E+04	4.351E+04	4.513E+04	3.970E+04	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	4.537E+04	4.836E+04	5.285E+04	5.353E+04	4.609E+04	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	4.296E+05	4.294E+05	4.879E+05	5.048E+05	4.431E+05	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	6.557E+01	6.478E+01	7.868E+01	8.012E+01	6.468E+01	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=6°/ Focus=1% Near

*3) Integral 350nm-400nm

*4) $E_{IR}, E_H - 1665\text{nm}$

Tabelle 47 JB Lighting P12 Wash (Zoom 6.0°) – Strahllichten

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	3.842E+04	3.810E+04	4.351E+04	4.513E+04	3.970E+04	n.m.
	*3)	3.402E+04	3.316E+04	3.925E+04	4.212E+04	3.205E+04	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	4.537E+04	4.836E+04	5.285E+04	5.353E+04	4.609E+04	n.m.
	*3)	4.068E+04	4.445E+04	4.832E+04	5.104E+04	3.756E+04	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	4.296E+05	4.294E+05	4.879E+05	5.048E+05	4.431E+05	n.m.
*1), *3)	3.809E+05	3.760E+05	4.408E+05	4.722E+05	3.581E+05	n.m.	
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	6.557E+01	6.478E+01	7.868E+01	8.012E+01	6.468E+01	n.m.	
*3)	5.933E+01	5.822E+01	7.240E+01	7.424E+01	5.126E+01	n.m.	
11 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	2.950E+04	3.608E+04	3.678E+04	3.640E+04	3.513E+04	n.m.
	*3)	2.426E+04	3.054E+04	3.169E+04	3.205E+04	2.717E+04	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	3.486E+04	4.302E+04	4.415E+04	4.284E+04	4.039E+04	n.m.
	*3)	2.867E+04	3.762E+04	3.890E+04	3.891E+04	3.193E+04	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	3.299E+05	4.038E+05	4.119E+05	4.068E+05	3.917E+05	n.m.
*1), *3)	2.713E+05	3.430E+05	3.558E+05	3.594E+05	3.036E+05	n.m.	
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	4.690E+01	6.035E+01	6.463E+01	6.272E+01	5.632E+01	n.m.	
*3)	3.897E+01	5.360E+01	5.763E+01	5.666E+01	4.426E+01	n.m.	
100 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	6.339E+02	2.491E+03	9.643E+03 *4)	2.425E+04 *4)	2.927E+04 *4)	n.m.
	*3)	5.106E+02	1.937E+03	7.016E+03	1.720E+04 *4)	2.148E+04 *4)	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	6.999E+02	2.813E+03 *4)	1.003E+04 *4)	2.714E+04 *5)	3.356E+04 *5)	n.m.
	*3)	5.734E+02	2.190E+03 *4)	7.685E+03 *4)	1.668E+04 *4)	2.536E+04 *5)	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	7.038E+03	2.772E+04 *4)	1.065E+05 *4)*4)	2.696E+05 *4)*5)	3.262E+05 *4)*5)	n.m.
*1), *3)	5.679E+03	2.156E+04 *4)	7.785E+04 *4)	1.887E+05 *4)*4)	2.402E+05 *4)*5)	n.m.	
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	9.405E-01	3.592E+00	1.350E+01	3.507E+01	4.378E+01	n.m.	
*3)	7.645E-01	2.836E+00	1.008E+01	2.599E+01	3.384E+01	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=6°/ Focus=1% Near

*3) Zoom=6°/ Focus=100% Far

*4) OVL - OD1: $L_B=12.68$ $L_R=10.8$ $L_{IR}=4.06$

*5) OVL - OD2: $L_B=159.47$ $L_R=110.79$ $L_{IR}=15.04$

*6) OVL - OD3: $L_B=1261.26$ $L_R=1144.95$ $L_{IR}=786.98$

GLP JDC 1


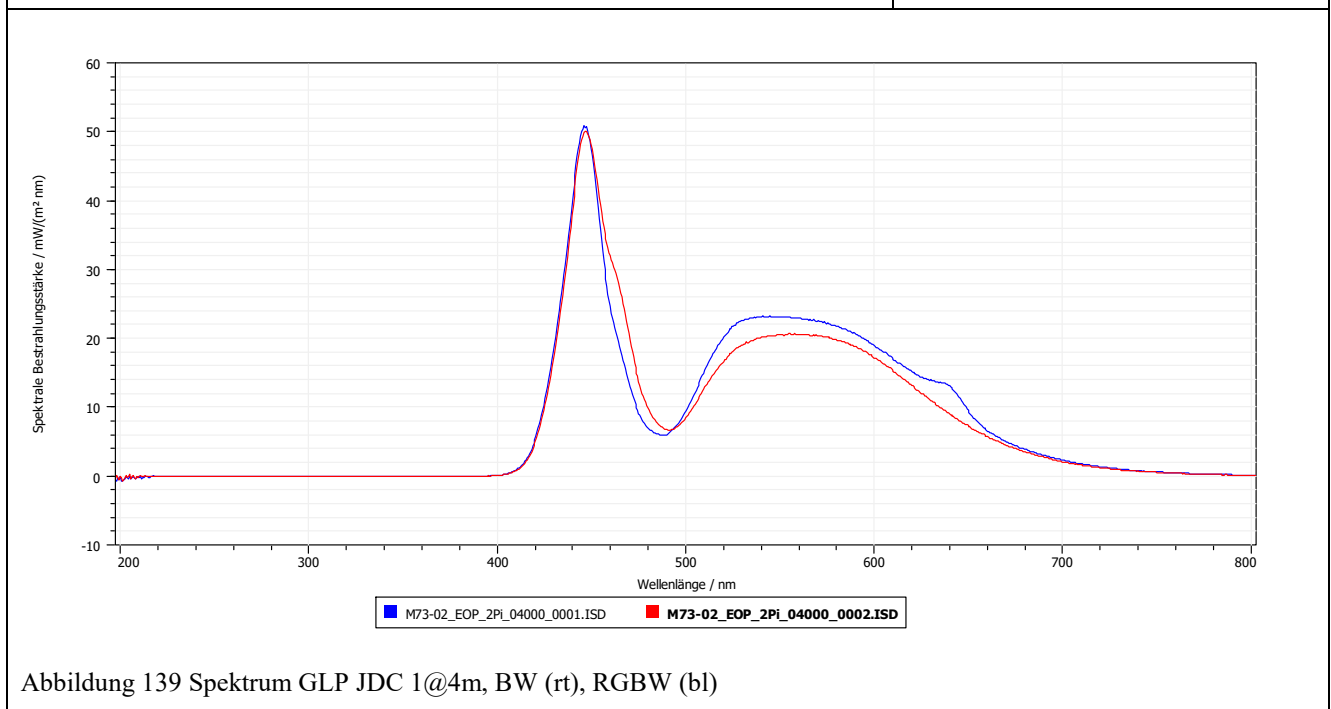
Gruppe LED	Messzeitraum KW 18/ 21	GLP JDC 1	Mess-Nr. M73
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> 1200W LED-Engine/ Hybrid Strobe/ Fluter 216 x CREE XP L cool white, 1320 x OSRAM LRTB GRTG RGB Lichtstrom: 60500 lm Entladungsröhre nachempfundenes LED Array für Kaltweiß 			
Optik Beam-Röhre Öffnung/ Maße (178 x 390) mm Abstrahlwinkel 117°			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> größten LUX-Werte bei RGB W, größten Werte bei B W Einstufung lt. Hersteller RG=3 			

Abbildung 138 Scheinwerfer GLP JDC 1 [45]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m	Gefahrenstufe 4m: RG4m RG4m = 1 Max. Expositionszeit: 249 sec Einstellungen: 117° Abstrahlwinkel (Beam) Ausrichtung: zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ
$E_S [W \cdot m^{-2}]$	1.000E-06		> 2.880E+04 (> 8h)	0	
$E_{UVA} [W \cdot m^{-2}]$	1.000E-06		> 2.880E+04 (> 8h)	0	
$E_{IR} [W \cdot m^{-2}]$	1.000E-06		> 2.880E+04 (> 8h)	0	
$E_H [W \cdot m^{-2}]$	4.538E+00		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung	
$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	4.014E+03		2.491E+02	1	
$L_R [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	4.571E+04	7.100E-02	> 2.880E+04 (> 8h)	*1):0 *2):k.A.	

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser \varnothing 284 mm

*2) scheinbare Quelle/ einzelne LED (Cree) \varnothing 3.45 mm



Überblick relevante Messwerte

Tabelle 48 GLP JDC 1 (BW, RGBW) – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E _v [lux]	*2)	3.410E+02	1.279E+03	5.020E+03	1.844E+04	7.144E+04	2.982E+05
	*5)	3.237E+02	1.435E+03	5.195E+03	1.842E+04	7.425E+04	3.029E+05
E _s [W · m ⁻²]	*2),*3)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E _{UVA} [W · m ⁻²]	*2),*3)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E _B [W · m ⁻²]	*2)	4.175E-01	1.535E+00	5.931E+00	2.239E+01	8.564E+01	3.368E+02
	*5)	3.219E-01	1.453E+00	5.274E+00	1.812E+01	7.508E+01	2.892E+02
E _{IR} [W · m ⁻²]	*2)*3)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E _H [W · m ⁻²]	*2)*4)	1.223E+00	4.538E+00	1.767E+01	6.568E+01	2.532E+02	1.032E+03
	*5)*4)	1.074E+00	4.808E+00	1.741E+01	6.055E+01	2.489E+02	9.908E+02
L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	3.869E+03	4.014E+03	1.022E+04	1.018E+04	1.119E+04	n.m.
	*1)*5)	3.522E+03	4.181E+03	1.018E+04	1.022E+04	1.125E+04	n.m.
L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	5.144E+03	5.565E+03	1.061E+04	1.195E+04	1.451E+04	n.m.
	*1)*5)	4.553E+03	5.787E+03	1.062E+04	1.187E+04	1.455E+04	n.m.
L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	4.383E+04	4.571E+04	1.129E+05	1.137E+05	1.264E+05	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.101E+01	1.140E+01	2.330E+01	2.543E+01	2.939E+01	n.m.
	*1)*5)	9.955E+00	1.188E+01	2.315E+01	2.552E+01	2.966E+01	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}/L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) B W(hite), 17Hz, 0.65s Dauer, Ausrichtung=W(hite), zentral

*3) 200/315nm-400nm Rauschen

*4) E_{IR}, E_H - 1665nm

*5) RGB W(hite), 17Hz, 0.65s Dauer, Ausrichtung=W(hite), zentral

Tabelle 49 GLP JDC 1 (BW, RGBW) – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
1.7 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	3.869E+03	4.014E+03	1.022E+04	1.018E+04	1.119E+04	n.m.
		3.522E+03	4.181E+03	1.018E+04	1.022E+04	1.125E+04	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	5.144E+03	5.565E+03	1.061E+04	1.195E+04	1.451E+04	n.m.
		4.553E+03	5.787E+03	1.062E+04	1.187E+04	1.455E+04	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	4.383E+04	4.571E+04	1.129E+05	1.137E+05	1.264E+05	n.m.
11 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	1.101E+01	1.140E+01	2.330E+01	2.543E+01	2.939E+01	n.m.
		9.955E+00	1.188E+01	2.315E+01	2.552E+01	2.966E+01	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	1.662E+03	3.040E+03	4.995E+03	4.545E+03	1.097E+04	n.m.
		1.549E+03	3.176E+03	4.990E+03	4.539E+03	1.107E+04	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	1.341E+04	2.333E+04	5.332E+05	3.657E+04	1.037E+05	n.m.
100 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	7.269E+01	2.742E+02	5.961E+02	1.098E+03	2.664E+03	n.m.
		5.761E+01	2.522E+02	5.419E+02	1.058E+03	2.663E+03	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	8.973E+01	3.416E+02	7.258E+02	1.285E+03	4.028E+03	*4)
		8.632E+01	3.749E+02	7.765E+02	1.143E+03	3.899E+03	*4)
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	8.166E+02	3.084E+03	6.687E+03	1.226E+04	3.067E+04	*4)
	L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	1.876E-01	7.034E-01	1.582E+00	3.207E+00	8.088E+00	n.m.
		1.676E-01	7.352E-01	1.589E+00	3.225E+00	8.154E+00	n.m.

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) B W(hite), 17Hz, 0.65s Dauer, Ausrichtung=W(hite), zentral

*3) RGB W(hite), 17Hz, 0.65s Dauer, Ausrichtung=W(hite), zentral

*4) OVL - OD1: L_R=10.6 B W(hite), RGB W(hite)

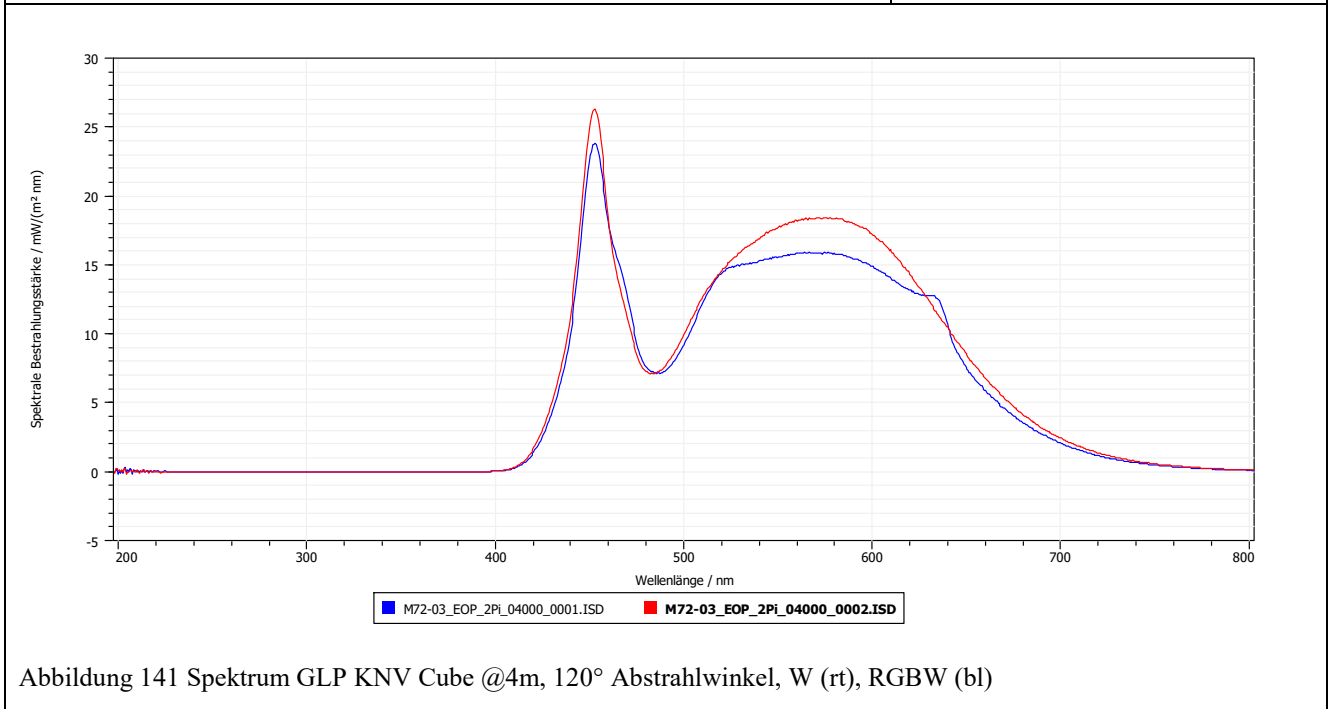
GLP KNV Cube

Gruppe LED	Messzeitraum KW 17/ 21	GLP KNV Cube	Mess-Nr. M72
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> 950W LED-Matrix 25 x [1 x 30W Hyper White (5000k), 16 x 0.5W RGB] Lichtstrom: 55030 lm 			
Optik Keine Linsen Öffnung/ Maße (250 x 250) mm Abstrahlwinkel 120°			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> Effektlicht, 5x5 Matrix, Modularer Aufbau/ Würfel zusammenschaltbar L_λ:Ausrichtung auf weiße LED Einstufung lt. Hersteller RG=3 			

Abbildung 140 Scheinwerfer GLP KNV Cube [46]

4 m	Werte	α/ rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m	Gefahrenstufe 4m: RG4m RG4m = 1 Max. Expositionszeit: 177 sec Einstellungen: 120° Abstrahlwinkel Ausrichtung: zentral für E _λ / Max-Wert für L _λ
E _S [W · m ⁻²]	1.000E-06		> 2.880E+04 (> 8h)	0	
E _{UVA} [W · m ⁻²]	1.000E-06		> 2.880E+04 (> 8h)	0	
E _{IR} [W · m ⁻²]	1.000E-06		> 2.880E+04 (> 8h)	0	
E _H [W · m ⁻²]	3.562E+00		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung	
L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	5.646E+03		1.771E+02	1	
L _R [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	6.779E+04	6.250E-02	> 2.880E+04 (> 8h)	*1):0 *2):k.A.	

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser Ø 250 mm
 *2) scheinbare Quelle Ø k.A. mm



Überblick relevante Messwerte

Tabelle 50 GLP KNV Cube (Abstrahlwinkel 120°) – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E _v [lux]	*2)	3.121E+02	1.159E+03	4.349E+03	1.779E+04	5.651E+04	2.690E+05
	*5)	2.859E+02	1.043E+03	3.693E+03	1.436E+04	5.030E+04	2.520E+05
E _s [W · m ⁻²]	*2),*3)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E _{UVA} [W · m ⁻²]	*2),*3)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E _B [W · m ⁻²]	*2)	1.940E-01	7.206E-01	2.701E+00	1.110E+01	3.532E+01	1.722E+02
	*5)	1.862E-01	6.802E-01	2.401E+00	9.337E+00	3.297E+01	1.687E+02
E _{IR} [W · m ⁻²]	*2),*3)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E _H [W · m ⁻²]	*2)*4)	9.597E-01	3.562E+00	1.332E+01	5.464E+01	1.734E+02	8.286E+02
	*5)*4)	8.956E-01	3.267E+00	1.152E+01	4.491E+01	1.573E+02	7.909E+02
L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	3.521E+03	5.646E+03	7.688E+03	7.769E+03	6.530E+03	n.m.
	*1)*5)	2.852E+03	4.360E+03	6.589E+03	6.460E+03	4.916E+03	n.m.
L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	6.723E+03	1.133E+04	2.026E+04	2.140E+04	2.225E+04	n.m.
	*1)*5)	5.620E+03	9.314E+03	1.728E+04	1.746E+04	1.792E+04	n.m.
L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	4.193E+04	6.779E+04	9.714E+04	9.909E+04	8.755E+04	n.m.
	*1)*5)	3.414E+04	5.291E+04	8.317E+04	8.206E+04	6.708E+04	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.411E+01	2.315E+01	3.877E+01	3.952E+01	4.181E+01	n.m.
	*1)*5)	1.149E+01	1.939E+01	3.120E+01	3.237E+01	3.316E+01	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Abstrahlwinkel=120°, W(hite)

*3) 200/315nm-400nm Rauschen

*4) E_{IR}, E_H - 1665nm

*5) Abstrahlwinkel=120°, RGBW(hite)

Tabelle 51 GLP KNV Cube (Abstrahlwinkel 120°) – Strahllichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	3.521E+03	5.646E+03	7.688E+03	7.769E+03	6.530E+03	n.m.
		*3)	2.852E+03	4.360E+03	6.589E+03	6.460E+03	4.916E+03	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	6.723E+03	1.133E+04	2.026E+04	2.140E+04	2.225E+04	n.m.
		*3)	5.620E+03	9.314E+03	1.728E+04	1.746E+04	1.792E+04	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	4.193E+04	6.779E+04	9.714E+04	9.909E+04	8.755E+04	n.m.
		*1), *3)	3.414E+04	5.291E+04	8.317E+04	8.206E+04	6.708E+04	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.411E+01	2.315E+01	3.877E+01	3.952E+01	4.181E+01	n.m.	
	*3)	1.149E+01	1.939E+01	3.120E+01	3.237E+01	3.316E+01	n.m.	
11 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.267E+02	3.438E+02	1.248E+03	6.619E+03	8.410E+03	n.m.
		*3)	1.157E+02	3.069E+02	1.039E+03	5.500E+03	6.745E+03	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	4.219E+02	9.909E+02	3.495E+03	1.750E+04	2.274E+04	n.m.
		*3)	3.721E+02	8.743E+02	2.279E+03	1.445E+04	1.862E+04	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	1.688E+03	4.429E+03	1.597E+04	8.369E+04	1.068E+05	n.m.
		*1), *3)	1.529E+03	3.943E+03	1.267E+04	6.945E+04	8.607E+04	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	7.988E-01	1.884E+00	6.812E+00	3.306E+01	4.206E+01	n.m.	
	*3)	6.223E-01	1.534E+00	5.545E+00	2.707E+01	3.365E+01	n.m.	
100 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	3.281E+01	1.116E+02	1.681E+02	1.018E+02	8.074E+02	n.m.
		*3)	2.824E+01	9.967E+01	1.544E+02	9.713E+01	6.576E+02	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	9.252E+01	3.264E+02	4.775E+02	2.785E+02	2.243E+03	*4)
		*3)	7.918E+01	2.867E+02	4.281E+02	2.572E+02	1.551E+03	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	4.206E+02	1.442E+03	2.158E+03	1.296E+03	1.032E+04	*4)
		*1), *3)	3.616E+02	1.283E+03	1.972E+03	1.229E+03	8.127E+03	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.844E-01	6.187E-01	9.277E-01	5.321E-01	4.300E+00	n.m.	
	*3)	1.445E-01	5.040E-01	7.624E-01	4.395E-01	3.451E+00	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Abstrahlwinkel=120°, W(hite)

*3) Abstrahlwinkel=120°, RGBW

*4) OVL - OD1: L_R-10.16 W(hite)

GLP X4 Impression


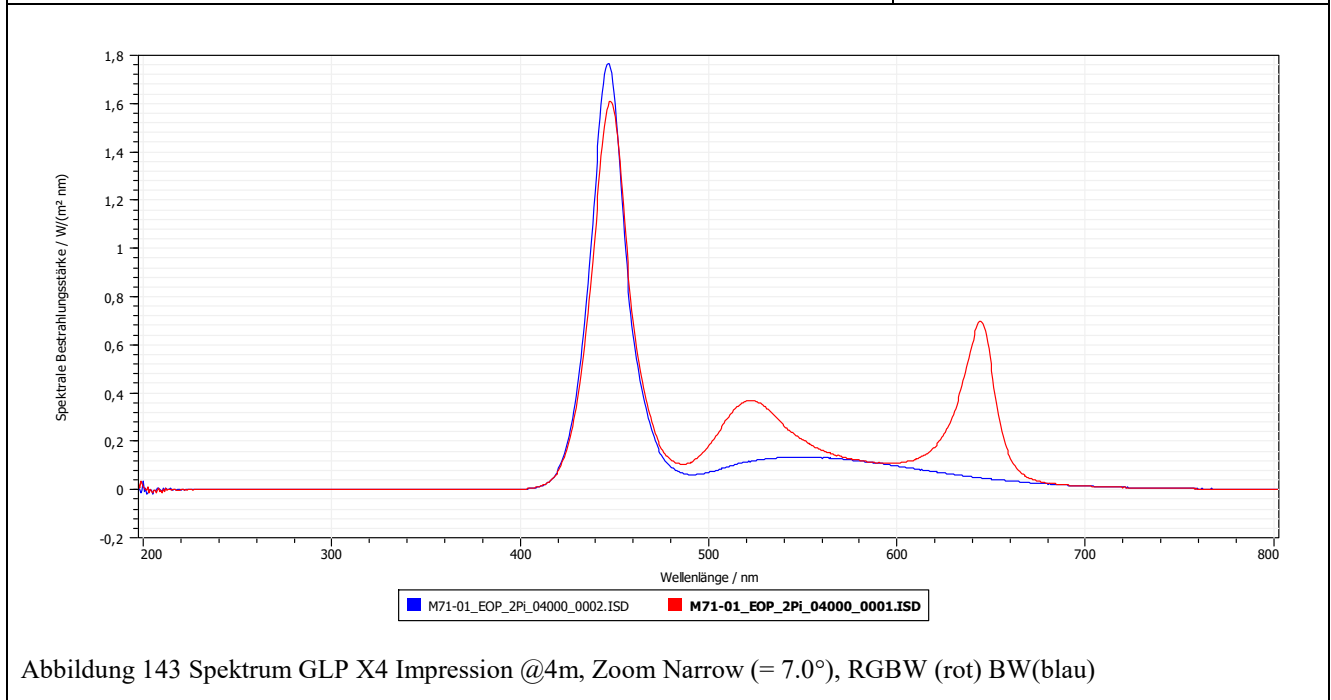
Gruppe LED	Messzeitraum KW 17/ 21	GLP X4 Impression	Mess-Nr. M71
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> • 285W LED-Engine/ Moving Light/ Wash • RGBW-LED, 19x Osram Ostar à 15W • Lichtstrom: 5085 lm • Facettenlinsen 			
Optik Linse Facetten-Linsen Öffnung/ Maße ø 225.0 mm Abstrahlwinkel 7.0° - 50.0°			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> • Kein Focus einstellbar • Einstufung lt. Herst. RG= k.A. 			

Abbildung 142 Scheinwerfer GLP X4 Impression [47]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m	Gefahrenstufe 4m: RG4m RG4m = 2
$E_s [W \cdot m^{-2}]$	1.000E-06		> 2.880E+04 (> 8h)	0	Max. Expositionszeit: 23.38 sec
$E_{UVA} [W \cdot m^{-2}]$	1.000E-06		> 2.880E+04 (> 8h)	0	
$E_{IR} [W \cdot m^{-2}]$	1.000E-06		> 2.880E+04 (> 8h)	0	Einstellungen: 7.0° Spot (Narrow), CCT=0% (kalt)
$E_H [W \cdot m^{-2}]$	8.635E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung	
$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	4.278E+04		2.338E+01	2	Ausrichtung: zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ
$L_R [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	4.480E+05	5.625E-02	> 2.880E+04 (> 8h)	*1):0 *2):0	
*1) Öffnung/ Linsendurchmesser ø 225 mm *2) scheinbare Quelle ø 182 mm					



Überblick relevanter Messwerte

Tabelle 52 GLP X4 Impression (Zoom 7.0°) – Relevante Messwerte

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux] *2) *5)	4.172E+03 2.224E+03	1.609E+04 8.927E+03	6.433E+04 3.507E+04	1.008E+05 5.460E+04	8.016E+04 4.292E+04	1.712E+05 9.253E+04
E_s [W · m ⁻²] *2),*3)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E_{UVA} [W · m ⁻²] *2),*3)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E_B [W · m ⁻²] *2) *5)	9.989E+00 1.010E+01	3.862E+01 4.027E+01	1.504E+02 1.537E+02	2.412E+02 2.462E+02	1.661E+02 1.675E+02	4.561E+02 4.602E+02
E_{IR} [W · m ⁻²] *2)*4)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E_H [W · m ⁻²] *2)*4) *5)*4)	2.225E+01 1.551E+01	8.635E+01 6.186E+01	3.404E+02 2.384E+02	5.408E+02 3.788E+02	4.066E+02 2.719E+02	9.524E+02 6.829E+02
L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1)*2) *5)	3.061E+04 3.324E+04	4.278E+04 4.324E+04	3.306E+04 3.165E+04	1.783E+04 6.397E+04	2.992E+04 3.431E+04	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1)*2) *5)	2.184E+04 9.295E+03	2.020E+04 8.872E+03	2.136E+04 4.720E+03	1.510E+04 9.743E+03	2.001E+04 1.216E+04	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1)*2)	3.279E+05	4.480E+05	3.520E+05	1.934E+05	3.192E+05	n.m.
L_{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1)*2)	3.217E+01	2.992E+01	1.649E+01	3.224E+01	4.056E+01	n.m.

Anmerkungen:

- *1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$
- *2) Zoom=7° / Focus=kein% Narrow/ RGBW
- *3) 200/315nm-400nm Rauschen
- *4) $E_{IR}, E_H - 1665\text{nm}$
- *5) Zoom=7° / Focus=kein Narrow/ BW

Tabelle 53 GLP X4 Impression (Zoom 7.0°) – Strahllichten

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)	3.061E+04 3.324E+04	4.278E+04 4.324E+04	3.306E+04 3.165E+04	1.783E+04 6.397E+04	2.992E+04 3.431E+04	n.m. n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)	2.184E+04 9.295E+03	2.020E+04 8.872E+03	2.136E+04 4.720E+03	1.510E+04 9.743E+03	2.001E+04 1.216E+04	n.m. n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1), *2) *1), *3)	3.279E+05 3.417E+05	4.480E+05 4.413E+05	3.520E+05 3.212E+05	1.934E+05 6.494E+05	3.192E+05 3.553E+05	n.m. n.m.
	L_{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)	3.217E+01 3.207E+01	2.992E+01 2.857E+01	1.649E+01 1.531E+01	3.224E+01 3.346E+01	4.056E+01 4.174E+01	n.m. n.m.
	11 mrad	L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)	2.533E+04 2.707E+04	2.720E+04 2.903E+04	2.863E+04 3.114E+04	2.371E+04 4.077E+04	2.926E+04 3.268E+04
$L_{R(LDM/RTH)}$ [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)		1.906E+04 8.027E+03	1.947E+04 8.021E+03	2.247E+04 1.087E+04	2.185E+04 1.132E+04	1.965E+04 1.149E+04	n.m. n.m.
$L_{R(Kor)}$ [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1), *2) *1), *3)		2.724E+05 2.788E+05	2.915E+05 2.983E+05	3.088E+05 3.222E+05	2.590E+05 4.190E+05	3.122E+05 3.383E+05	n.m. n.m.
L_{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)		2.725E+01 2.711E+01	2.672E+01 2.631E+01	3.627E+01 3.694E+01	3.410E+01 3.833E+01	3.837E+01 3.914E+01	n.m. n.m.
100 mrad		L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)	1.670E+03 1.779E+03	6.878E+03 7.344E+03	2.331E+04 *4) 2.465E+04 *4)	2.217E+04 *4) 2.295E+04 *4)	2.430E+04 *4) 2.593E+04 *4)
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)	1.120E+03 2.113E+02	5.133E+03 *4) 2.144E+03 *4)	1.523E+04 *4) 8.025E+03 *5)	1.433E+04 *4) 6.897E+03 *4)	1.503E+04 *4) 7.494E+03 *4)	n.m. n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1), *2) *1), *3)	1.782E+04 1.800E+04	7.391E+04 *4) 7.559E+04 *4)	2.483E+05 *4)*4) 2.546E+05 *4)*5)	2.360E+05 *4)*4) 2.364E+05 *4)*4)	2.581E+05 *4)*4) 2.668E+05 *4)*4)	n.m. n.m.
	L_{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)	1.745E+00 1.723E+00	7.119E+00 7.016E+00	2.526E+01 2.510E+01	2.454E+01 2.416E+01	2.525E+01 2.585E+01	n.m. n.m.

Anmerkungen:

- *1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$
- *2) Zoom=7° / Focus=kein% Narrow/ RGBW
- *3) Zoom=7° / Focus=kein% Narrow BW
- *4) OVL - OD1: $L_B=12.78$ $L_R=10.34$ $L_{IR}=k.A$
- *5) OVL - OD2: $L_B=161.63$ $L_R=105$ $L_{IR}=k.A$.
- *6) OVL - OD3: $L_B=1244.74$ $L_R=1105.82$ $L_{IR}=k.A$.

Überblick relevanter Messwerte

Tabelle 54 Martin Era 800 Performance (Zoom 7.0°) – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E _v [lux]	*2)	2.664E+04	1.077E+05	4.207E+05	9.818E+05	9.340E+05	8.336E+05
	*5)	8.514E+02	3.261E+03	1.195E+04	4.235E+04	1.289E+05	4.430E+05
E _s [W · m ⁻²]	*2),*3)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E _{UVA} [W · m ⁻²]	*2),*3)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E _B [W · m ⁻²]	*2)	2.174E+01	8.760E+01	3.415E+02	8.122E+02	7.925E+02	7.158E+02
	*5)	7.111E-01	2.731E+00	1.000E+01	3.549E+01	1.078E+02	3.725E+02
E _{IR} [W · m ⁻²]	*2)*3)	4.498E-02	1.678E-01	6.215E-01	1.343E+00	1.368E+00	1.314E+00
E _H [W · m ⁻²]	*2)*4)	8.084E+01	3.259E+02	1.268E+03	2.957E+03	2.846E+03	2.557E+03
	*5)*4)	2.595E+00	9.944E+00	3.635E+01	1.288E+02	3.918E+02	1.348E+03
L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.097E+05	1.064E+05	1.002E+05	1.140E+05	8.845E+04	n.m.
	*1)*5)	8.965E+04	9.298E+04	9.663E+04	9.699E+04	9.351E+04	
L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.860E+05	2.156E+05	2.372E+05	2.058E+05	1.510E+05	n.m.
	*1)*5)	1.610E+05	1.610E+05	1.559E+05	1.631E+05	1.640E+05	
L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.283E+06	1.280E+06	1.240E+06	1.346E+06	1.036E+06	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	2.494E+02	2.978E+02	3.283E+02	2.748E+02	1.672E+02	n.m.
	*1)*5)	1.785E+02	1.944E+02	1.994E+02	1.913E+02	1.769E+02	

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}/L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=7°/ Focus=1% Narrow/ Near

*3) 200/315nm-400nm Rauschen

*4) E_{IR}, E_H - 1665nm

*5) Zoom=56°/ Focus=1% Wide/ Near

Tabelle 55 Martin Era 800 Performance (Zoom 7.0°) – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.097E+05	1.064E+05	1.002E+05	1.140E+05	8.845E+04	n.m.
		*3)	8.965E+04	9.298E+04	9.663E+04	9.699E+04	9.351E+04	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.860E+05	2.156E+05	2.372E+05	2.058E+05	1.510E+05	n.m.
		*3)	1.610E+05	1.610E+05	1.559E+05	1.631E+05	1.640E+05	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	1.283E+06	1.280E+06	1.240E+06	1.346E+06	1.036E+06	n.m.
*1), *3)		1.057E+06	1.091E+06	1.122E+06	1.133E+06	1.099E+06	n.m.	
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	2.494E+02	2.978E+02	3.283E+02	2.748E+02	1.672E+02	n.m.	
	*3)	1.785E+02	1.944E+02	1.994E+02	1.913E+02	1.769E+02	n.m.	
11 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	9.039E+04	8.821E+04	1.031E+05	1.069E+05	8.734E+04	n.m.
		*3)	8.491E+03	3.415E+04	9.382E+04	9.415E+04	9.321E+04	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.546E+05	1.288E+05	1.718E+05	1.800E+05	1.208E+05	n.m.
		*3)	1.507E+04	5.795E+04	1.541E+05	1.550E+05	1.283E+05	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	1.059E+06	1.011E+06	1.202E+06	1.249E+06	9.942E+05	n.m.
*1), *3)		9.998E+04	3.995E+05	1.092E+06	1.097E+06	1.060E+06	n.m.	
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.858E+02	1.937E+02	2.289E+02	2.376E+02	1.608E+02	n.m.	
	*3)	1.434E+01	5.814E+01	1.649E+02	1.813E+02	1.719E+02	n.m.	
100 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	3.640E+03	1.504E+04	6.056E+04	8.214E+04	6.761E+04	n.m.
		*3)	1.143E+02	4.611E+02	1.922E+03	8.504E+03	4.682E+04	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	6.108E+03	2.592E+03	9.720E+04	1.278E+05	1.010E+05	n.m.
		*3)	1.998E+02	7.712E+02	3.159E+03	1.226E+04	7.297E+04	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	4.251E+04	1.530E+05	7.028E+05	9.492E+05	7.772E+05	n.m.
*1), *3)		1.343E+03	5.383E+03	2.238E+04	9.730E+04	5.412E+05	n.m.	
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	6.794E+00	2.637E+01	8.235E+01	1.141E+02	1.006E+02	n.m.	
	*3)	1.917E-01	7.806E-01	3.093E+00	1.329E+01	7.084E+01	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=7°/ Focus=1% Narrow/ Near

*3) Zoom=56°/ Focus=1% Wide/ Near

*4) OVL - OD1: L_B=12.73 L_R=10.06 L_{IR}=k.A.

*5) OVL - OD2: L_B=167.78 L_R=100.35 L_{IR}=k.A.

*6) OVL - OD3: L_B=1261.18 L_R=1068.99 L_{IR}=k.A.

Überblick relevanter Messwerte

Tabelle 56 Ayrton Huracan-X (Zoom 6.0°) – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E _v [lux]	*2)	2.876E+04	1.170E+05	4.625E+05	1.091E+06	9.758E+05	7.485E+05
	*5)	6.781E+02	2.631E+03	9.726E+03	3.430E+04	9.117E+04	2.803E+05
E _s [W · m ⁻²]	*2),*3)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E _{UVA} [W · m ⁻²]	*2),*3)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E _B [W · m ⁻²]	*2)	2.663E+01	1.081E+02	4.278E+02	1.012E+03	9.238E+02	7.178E+02
	*5)	6.251E-01	2.433E+00	8.993E+00	3.152E+01	8.430E+01	2.596E+02
E _{IR} [W · m ⁻²]	*2)*3)	3.174E-02	1.140E-01	4.299E-01	9.289E-01	8.574E-01	7.071E-01
E _H [W · m ⁻²]	*2)*4)	9.024E+01	3.657E+02	1.441E+03	3.398E+03	3.066E+03	2.372E+03
	*5)*4)	2.126E+00	8.249E+00	3.039E+01	1.072E+02	2.856E+02	8.776E+02
L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	9.137E+04	1.254E+05	1.294E+05	1.143E+05	5.628E+04	n.m.
	*1)*5)	9.262E+04	9.128E+04	8.821E+04	9.560E+04	9.471E+04	
L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.285E+05	2.133E+05	2.001E+05	1.534E+05	9.064E+04	n.m.
	*1)*5)	1.439E+05	1.518E+05	1.447E+05	1.520E+05	1.503E+05	
L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.042E+06	1.467E+06	1.494E+06	1.297E+06	6.534E+05	n.m.
	*1)*2)	1.166E+02	1.886E+02	1.725E+02	1.333E+02	6.510E+01	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.166E+02	1.886E+02	1.725E+02	1.333E+02	6.510E+01	n.m.
	*1)*5)	9.937E+01	1.157E+02	1.155E+02	9.982E+01	9.021E+01	

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad} / L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=6° / Focus=1% Narrow/ Near

*3) 200/315nm-400nm Rauschen

*4) E_{IR}, E_H - 1665nm

*5) Zoom=62° / Focus=1% Wide/ Near

Tabelle 57 Ayrton Huracan-X (Zoom 6.0°) – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	9.137E+04	1.254E+05	1.294E+05	1.143E+05	5.628E+04	n.m.
		*3)	9.262E+04	9.128E+04	8.821E+04	9.560E+04	9.471E+04	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.285E+05	2.133E+05	2.001E+05	1.534E+05	9.064E+04	n.m.
		*3)	1.439E+05	1.518E+05	1.447E+05	1.520E+05	1.503E+05	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	1.042E+06	1.467E+06	1.494E+06	1.297E+06	6.534E+05	n.m.
		*1), *3)	1.070E+06	1.065E+06	1.027E+06	1.108E+06	1.097E+06	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.166E+02	1.886E+02	1.725E+02	1.333E+02	6.510E+01	n.m.	
	*3)	9.937E+01	1.157E+02	1.155E+02	9.982E+01	9.021E+01	n.m.	
11 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	9.238E+04	9.530E+04	7.250E+04	8.575E+04	5.537E+04	n.m.
		*3)	7.219E+03	2.824E+04	9.024E+04	9.421E+04	9.434E+04	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.209E+05	1.272E+05	9.340E+04	1.067E+05	7.942E+04	n.m.
		*3)	1.157E+04	4.568E+04	1.168E+05	1.208E+05	1.195E+05	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	1.045E+06	1.080E+06	8.184E+05	9.642E+05	6.331E+05	n.m.
		*1), *3)	8.376E+04	3.281E+05	1.019E+06	1.063E+06	1.063E+06	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.045E+06	1.080E+06	9.245E+01	1.083E+02	6.305E+01	n.m.	
	*3)	8.376E+04	3.281E+05	9.535E+01	9.896E+01	9.363E+01	n.m.	
100 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	4.408E+03	1.809E+04 *4)	7.614E+04 *4)	9.374E+04 *4)	5.696E+04 *4)	n.m.
		*3)	9.977E+01	3.900E+02	1.594E+03	7.046E+03	4.051E+04 *4)	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	6.605E+03 *4)	2.758E+04 *5)	1.057E+05 *5)	1.237E+05 *5)	8.014E+04 *5)	n.m.
		*3)	1.586E+02	6.237E+02	2.485E+03 *4)	1.000E+04 *4)	5.911E+04 *5)	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	5.068E+04 *4)	2.085E+05 *4)*5)	8.671E+05 *4)*5)	1.061E+06 *4)*5)	6.497E+05 *4)*5)	n.m.
		*1), *3)	1.156E+03	4.523E+03	1.842E+04 *4)	8.046E+04 *4)	4.642E+05 *4)*5)	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	4.606E+00	1.847E+01	5.644E+01	7.154E+01	5.278E+01	n.m.	
	*3)	1.039E-01	4.349E-01	1.699E+00	6.762E+00	3.556E+01	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=6° / Focus=1% Narrow/ Near

*3) Zoom=62° / Focus=1% Wide/ Near

*4) OVL - OD1: L_B=13.08 L_R=10.43 L_{IR}=k.A.

*5) OVL - OD2: L_B=162.75 L_R=105.23 L_{IR}=k.A.

*6) OVL - OD3: L_B=1266.54 L_R=1077.83 L_{IR}=k.A.

Scheinwerfer mit LASER-Leuchtmittel

Tabelle 58 Liste Scheinwerfer mit LASER-Leuchtmittel

Nr.	Scheinwerfer	Leuchtmittel	opt. Leistung in W	Maße in mm	Gewicht in kg	Scheinwerfertyp
1	Clay Paky Xtylos	RGB-LASER	300	391 x 294 x 572	24.00	Beam Light

Überblick relevanter Messwerte

Tabelle 59 Clay Paky Xtylos – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E _v [lux]	*2)	5.042E+04	2.025E+05	7.749E+05	n.m.	n.m.	n.m.
	*5)	2.154E+05	8.533E+05	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
E _s [W · m ⁻²]	*2),*3)	1.000E-09	1.000E-09	1.000E-09	n.m.	n.m.	n.m.
	*5)	1.000E-09	1.000E-09	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
E _{UVA} [W · m ⁻²]	*2),*3)	1.000E-09	1.000E-09	1.000E-09	n.m.	n.m.	n.m.
	*5)	1.000E-09	1.000E-09	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
E _B [W · m ⁻²]	*2)	1.567E+02	6.218E+02	2.369E+03	n.m.	n.m.	n.m.
	*5)	6.666E+02	2.646E+03	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
E _{IR} [W · m ⁻²]	*2)*4)	1.000E-09	1.000E-09	1.000E-09	n.m.	n.m.	n.m.
	*2)*5)	1.000E-09	1.000E-09	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
E _H [W · m ⁻²]	*2)*4)	3.597E+02	1.461E+03	5.524E+03	n.m.	n.m.	n.m.
	*2)*5)	1.531E+03	6.107E+03	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.068E+06	1.128E+06	9.439E+05	n.m.	n.m.	n.m.
	*1)*5)	4.183E+06	n.m.	3.049E+06 *6)	3.210E+06 *6)	n.m.	n.m.
L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	9.478E+05	9.299E+05	8.074E+05	n.m.	n.m.	n.m.
	*1)*5)	3.535E+06	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.162E+07	1.221E+07	1.025E+07	3.552E+07 *6)	n.m.	n.m.
	*1)*5)	4.936E+02	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.

Anmerkungen:

- *1) $\gamma=1.7\text{ mrad}$ / $L_R(\text{Kor}) = 10 \cdot L_B + L_R(\text{LDM/RTH})$
- *2) Abstrahlwinkel=1.1° / Focus=scharf% Pegel/Dimmer=50%
- *3) 200/315nm-400 nm Rauschen
- *4) E_{IR}, E_H - 1665 nm, Rauschen
- *5) Abstrahlwinkel= 1.1° / Focus=sacharß% Pegel/Dimmer=100%
- *6) EOP-146 mit Blenden 1m:BT1.7, BT11 2m:BT3.4, BT22

Tabelle 60 Clay Paky Xtylos – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.068E+06	1.128E+06	9.439E+05	n.m.	n.m.	n.m.
		*3)	4.183E+06	n.m.	3.049E+06 *7)	3.210E+06 *7)	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	9.478E+05	9.299E+05	8.074E+05	n.m.	n.m.	n.m.
		*3)	3.535E+06	n.m.	3.351E+07 *7)	3.552E+07 *7)	n.m.	n.m.
L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	1.162E+07	1.221E+07	1.025E+07	n.m.	n.m.	n.m.	
	*1), *3)	4.537E+07	n.m.	3.351E+07 *7)	3.552E+07 *7)	n.m.	n.m.	
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.163E+02	1.192E+02	1.011E+02	n.m.	n.m.	n.m.	
	*3)	4.936E+02	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
1.1 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.050E+06 *4)	1.112E+06 *4)	6.783E+05	n.m.	n.m.	n.m.
		*3)	4.183E+06 *4)	n.m.	3.060E+06 *7)	2.881E+06 *7)	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	5.068E+05 *4)	8.108E+05 *4)	7.373E+05 *4)	n.m.	n.m.	n.m.
		*3)	3.591E+05 *5)	n.m.	3.370E+07 *7)	3.174E+07 *7)	n.m.	n.m.
L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	1.100E+07 *4)*4)	1.193E+07 *4)*4)	7.520E+06 *4)	n.m.	n.m.	n.m.	
	*1), *3)	4.219E+07 *4)*5)	n.m.	3.370E+07 *7)	3.174E+07 *7)	n.m.	n.m.	
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	8.643E+01	8.758E+01	7.556E+01	n.m.	n.m.	n.m.	
	*3)	2.379E+02	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
100 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	2.787E+04 *4)	9.721E+04 *4)	3.544E+05 *5)	n.m.	n.m.	n.m.
		*3)	1.072E+05 *4)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	2.238E+04 *5)	8.406E+04 *5)	3.166E+05 *6)	n.m.	n.m.	n.m.
		*3)	8.635E+04 *5)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	3.010E+05 *4)*5)	1.056E+06 *4)*5)	3.860E+06 *5)*6)	n.m.	n.m.	n.m.	
	*1), *3)	1.159E+06 *4)*5)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.892E+00	3.922E+00	2.920E+00	n.m.	n.m.	n.m.	
	*3)	3.320E+00	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	

Anmerkungen:

- *1) $L_R(\text{Kor}) = 10 \cdot L_B + L_R(\text{LDM/RTH})$
- *2) Abstrahlwinkel=1.1° / Focus=scharf% Pegel/Dimmer=50%
- *3) Abstrahlwinkel=1.1° / Focus=scharf% Pegel/Dimmer=100%
- *4) OVL - OD1: L_B=12.39 L_R=10.03 L_{IR}=10.19
- *5) OVL - OD2: L_B=152.75 L_R=101.4 L_{IR}=101.32
- *6) OVL - OD3: L_B=1260.07 L_R=1067.94 L_{IR}=1090.55
- *7) EOP-146 mit Blenden 1m:BT1.7, BT11 2m:BT3.4, BT22

Scheinwerfer mit Kurzbogenbrenner und Reflektor (UHP)

Tabelle 61 Liste Scheinwerfer mit Kurzbogenbrenner und Reflektor (UHP)

Nr.	Scheinwerfer	Leuchtmittel	opt. P in W	Maße in mm	Gewicht in kg	Scheinwerfertyp
1	Clay Paky Sharpy	HID: UHP Reflektor (OSRAM Sirius HRI 190W)	189	345 x 405 x 475	19.00	Moving Light
2	Clay Paky Mythos2	HID: UHP Reflektor (OSRAM Sirius HRI 440W)	440	380 x 420 x 570	32.00	Moving Beam 2.5°
3	Robe Robin MegaPointe	HID: UHP Reflektor (OSRAM Sirius HRI 470W)	470	230 x 396 x 640	22.00	Moving Beam 1.8°
4	Elation Smarty Hybrid	HID: UHP Reflektor (Philips MSD Platinum 400 Flex)	480	385 x 405 x 610	27.20	Moving Beam 1.5 °
5	Robe Pointe	HID: UHP Reflektor (OSRAM Sirius HRI 280W)	280	364 x 250 x 575	15.00	Moving Beam 2.5 °
6	GLP GT-1	HID: UHP Reflektor (OSRAM SIRIUS HRI 440W)	440	472 x 229 x 618	25.00	Moving Beam 3.5 °
7	Robe IPointe	HID: UHP Reflektor (OSRAM Sirius HRI 310 W)	310	506 x 277 x 761	38.00	Moving Beam 1.8 °

Clay Paky Sharpy


Gruppe UHP	Messzeitraum KW 24/ 20	Clay Paky Sharpy - Spot	Mess-Nr. M46
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> • 189W/ 190W Entladung/ Moving Beam • Philips MSD Platinum 5R (8000 K), 1.2mm Bogen/ Osram SIRIUS HRI 190W+ (8200 K), 0.8mm Bogen • Lichtstrom¹⁸ (Luminous flux): 7950 lm • Farbrad mit 14 Farben 			
Optik Linse HQ Linsengruppe Öffnung/ Maße ø 125 mm Abstrahlwinkel (0° bis) 3.8°			
Bemerkung. <ul style="list-style-type: none"> • IR: Spektrum mit Selbstumkehr • Einstufung lt. Herst. RG=1 			

Abbildung 150 Scheinwerfer Clay Paky Sharpy [50]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
$E_s [W \cdot m^{-2}]$	2.039E-03		1.472E+04	1
$E_{UVA} [W \cdot m^{-2}]$	5.086E+01		1.966E+02	2
$E_{IR} [W \cdot m^{-2}]$	4.941E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_H [W \cdot m^{-2}]$	2.219E+03		4.177E+01	keine Zuordnung
$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	1.742E+06		5.741E-01	2
$L_R [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	1.986E+07		3.125E-02	4.212E-05

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser ø 125 mm

*2) scheinbare Quelle ø k.A. mm

Gefahrenstufe 4m: RG4m
 RG4m = 3
Max. Expositionszeit:
 42.12 µsec
Einstellungen:
 3.8° Spot
Ausrichtung:
 zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ

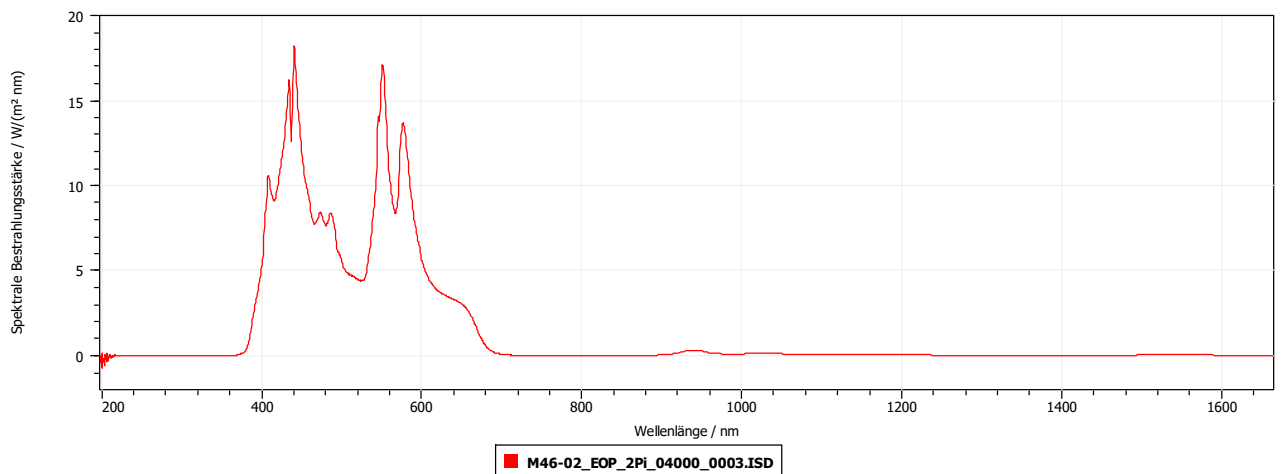


Abbildung 151 Spektrum Clay Paky Sharpy @4m, Focus Near (Spot), 3.8°

¹⁸ Herstellerangabe: <https://www.claypaky.it/en/products/sharpy#details>

Überblick relevanter Messwerte – Spot

Tabelle 62 Clay Paky Sharpy (Spot) – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux]	*2)	1.401E+05	5.964E+05	2.098E+06	1.660E+06	2.157E+06	1.773E+06
E_s [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	5.096E-04	2.039E-03	6.906E-03	5.389E-03	6.069E-03	4.602E-03
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	1.278E+01	5.086E+01	1.734E+02	1.400E+02	1.620E+02	1.216E+02
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	*2)	1.758E+02	7.401E+02	2.579E+03	2.010E+03	2.460E+03	1.993E+03
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	1.113E+01	4.941E+01	1.635E+02	1.833E+02	2.249E+02	1.884E+02
	*2)*5)	1.392E+01	6.119E+01	1.942E+02	2.231E+02	2.427E+02	2.057E+02
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	5.246E+02	2.219E+03	7.744E+03	6.132E+03	7.788E+03	6.386E+03
	*2)*5)	5.274E+02	2.231E+03	7.774E+03	6.172E+03	7.806E+03	6.404E+03
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	1.929E+06	1.742E+06	1.103E+06	8.349E+05	1.445E+05	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	2.714E+06	2.442E+06	1.294E+06	1.062E+06	1.745E+05	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	2.200E+07	1.986E+07	1.233E+07	9.411E+06	1.619E+06	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	3.582E+04	2.701E+04	1.792E+04	1.477E+04	2.534E+06	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7mrad / L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=3.8°/ Focus=1% Near

*3) Integral 365nm-400nm

*4) $E_{IR}, E_H - 1665nm$

*5) Extrapolation $E_{IR}, E_H - 3000nm$

Tabelle 63 Clay Paky Sharpy (3.8° Spot) – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.929E+06	1.742E+06	1.103E+06	8.349E+05	1.445E+05	n.m.
		*3) 1.463E+06	1.384E+06	1.140E+06	8.455E+05	1.421E+05	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 2.714E+06	2.442E+06	1.294E+06	1.062E+06	1.745E+05	n.m.
		*3) 1.950E+06	2.369E+06	1.345E+06	8.913E+05	1.877E+05	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 2.200E+07	1.986E+07	1.233E+07	9.411E+06	1.619E+06	n.m.
	*1), *3) 1.658E+07	1.621E+07	1.274E+07	9.346E+06	1.609E+06	n.m.	
	*2) 3.582E+04	2.701E+04	1.792E+04	1.477E+04	2.534E+06	n.m.	
	*3) 2.732E+04	3.188E+04	1.855E+04	1.340E+04	OVL	n.m.	
11 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 5.395E+05	OVL	OVL	OVL	1.423E+05	n.m.
		*3) 4.177E+05	OVL	OVL	OVL	1.415E+05	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) OVL	OVL	OVL	OVL	OVL	n.m.
		*3) OVL	OVL	OVL	OVL	OVL	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) OVL	OVL	OVL	OVL	OVL	n.m.
	*1), *3) OVL	OVL	OVL	OVL	OVL	n.m.	
	*2) 9.379E+03	2.436E+04	1.664E+04	1.387E+04	2.474E+06	n.m.	
	*3) 7.324E+03	2.426E+04	1.612E+04	1.250E+04	2.735E+06	n.m.	
100 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) OVL	OVL	OVL	OVL	OVL	n.m.
		*3) OVL	OVL	OVL	OVL	OVL	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) OVL	OVL	OVL	OVL	OVL	n.m.
		*3) OVL	OVL	OVL	OVL	OVL	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) OVL	OVL	OVL	OVL	OVL	n.m.
	*1), *3) OVL	OVL	OVL	OVL	OVL	n.m.	
	*2) 2.159E+02	OVL	OVL	OVL	OVL	n.m.	
	*3) 1.738E+02	OVL	OVL	8.771E+02	OVL	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=3.8°/ Focus=1% Near

*3) Zoom=3.8°/ Focus=100% Far

*4) OVL - overload, keine Messung mit Filter

Überblick relevanter Messwerte – Beam

Tabelle 64 Clay Paky Mythos2 (Beam) – Relevante Messwerte

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux] *2)	1.603E+05	7.618E+05	2.871E+06	5.770E+06	n.m. 7.786E+05 *6)	n.m. 9.027E+05 *6)
E_s [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	1.088E-05	5.580E-05	3.730E-04	1.698E-03	n.m. 2.623E-05 *6)	n.m. 3.351E-05 *6)
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	3.226E-01	1.646E+00	1.048E+01	4.919E+01	n.m. 7.664E-01 *6)	n.m. 9.724E-01 *6)
E_B [$W \cdot m^{-2}$] *2)	1.639E+02	7.692E+02	2.929E+03	6.106E+03	n.m. 7.689E-01 *6)	n.m. 9.247E+02 *6)
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4) *2)*5)	3.274E+00 4.246E+00	1.084E+01 1.361E+01	4.094E+01 5.126E+01	7.883E+01 9.649E+01	n.m. 2.143E+01 *6)	n.m. 2.272E+01 *6)
E_H [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4) *2)*5)	5.706E+02 5.715E+02	2.699E+03 2.702E+03	1.020E+04 1.021E+04	2.059E+04 2.061E+04	n.m. 2.813E+03 *6)	n.m. 3.278E+03 *6)
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	1.717E+06	2.409E+06	1.266E+06	9.000E+05	n.m.	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	2.264E+06	3.973E+06	1.798E+06	1.440E+06	n.m.	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	1.944E+07	2.806E+07	1.446E+07	1.044E+07	n.m.	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	7.344E+03	1.150E+04	7.742E+03	3.803E+03	n.m.	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{ mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=2.5°/ Focus=1% Near

*3) Integral 380nm-400nm

*4) $E_{IR}, E_H - 1665\text{ nm}$

*5) Extrapolation $E_{IR}, E_H - 3000\text{ nm}$

*6) Zoom=2.5°/ Focus=100% Far

Tabelle 65 Clay Paky Mythos2 (Beam) – Strahldichten

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	1.717E+06 n.m.	2.409E+06 n.m.	1.266E+06 n.m.	9.000E+05 n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	2.264E+06 n.m.	3.973E+06 n.m.	1.798E+06 n.m.	1.440E+06 n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1),*2) *1),*3)	1.944E+07 n.m.	2.806E+07 n.m.	1.446E+07 n.m.	1.044E+07 n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	7.344E+03 n.m.	1.150E+04 n.m.	7.742E+03 n.m.	3.803E+03 n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
11 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	9.877E+05 *4) n.m.	1.809E+06 *4) n.m.	1.041E+06 *4) n.m.	1.544E+05 *4) n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	1.844E+06 *4) n.m.	3.759E+06 *4) n.m.	1.876E+06 *4) n.m.	1.508E+06 *4) n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1),*2) *1),*3)	1.172E+07 *4)*4) n.m.	2.185E+07 *4)*4) n.m.	1.228E+07 *4)*4) n.m.	3.052E+06 *4)*4) n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	4.273E+03 n.m.	8.051E+03 n.m.	6.050E+03 n.m.	3.637E+03 n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
100 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	2.285E+04 *4) n.m.	1.259E+05 *4) n.m.	3.266E+05 *4) n.m.	1.017E+05 *4) n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	4.093E+04 *4) n.m.	2.429E+05 *4) n.m.	5.362E+05 *4) n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1),*2) *1),*3)	2.694E+05 *4)*4) n.m.	1.502E+06 *4)*4) n.m.	3.802E+06 *4)*4) n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	8.690E+01 n.m.	4.485E+02 n.m.	1.568E+03 *4) n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=2.5°/ Focus=1% Near

*3) Zoom=2.5°/ Focus=100% Far

*4) OVL - OD: $L_B=8362.23$ $L_R=2677.19$ $L_{IR}=71292.42$

Überblick relevanter Messwerte –Beam

Tabelle 66 Robe Robin MegaPointe (Beam 1.8°) – Relevante Messwerte

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux]	4.978E+04 *2)	1.369E+05 *2)	7.303E+05 *2)	1.542E+06 *2)	7.531E+05 *6)	6.842E+05 *6)
E_s [$W \cdot m^{-2}$] *3)	2.431E-06 *2)	5.918E-06 *2)	3.320E-05 *2)	6.729E-05 *2)	1.447E-05 *6)	1.507E-05 *6)
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$] *3)	6.306E-02 *2)	1.571E-01 *2)	8.724E-01 *2)	1.817E+00 *2)	4.063E-01 *6)	4.272E-01 *6)
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	5.152E+01 *2)	1.453E+02 *2)	7.613E+02 *2)	1.637E+03 *2)	7.764E-01 *6)	7.178E+02 *6)
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$] *4)	5.222E-01 *2)	1.306E+00 *2)	6.231E+00 *2)	1.072E+01 *2)	8.674E+00 *6)	5.873E+00 *6)
	6.942E-01 *2)	1.709E+00 *2)	7.705E+00 *2)	1.386E+01 *2)	1.184E+01	7.347E+00
E_H [$W \cdot m^{-2}$] *4)	1.855E+02 *2)	5.047E+02 *2)	2.701E+03 *2)	5.671E+03 *2)	2.778E+00 *6)	2.546E+03 *6)
	1.856E+02 *2)	5.051E+02 *2)	2.702E+03 *2)	5.674E+03 *2)	2.781E+00	2.547E+03
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	2.492E+06	3.034E+06	2.672E+06	n.m.	n.m.	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	3.423E+06	4.387E+06	4.962E+06	n.m.	n.m.	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	2.834E+07	3.473E+07	3.169E+07	n.m.	n.m.	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	2.692E+03	3.297E+03	3.613E+03	n.m.	n.m.	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{ mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10^4 L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=1.8°/ Focus=1% Near

*3) Integral 380nm-400nm

*4) $E_{IR}, E_H - 1665\text{ nm}$

*5) Extrapolation $E_{IR}, E_H - 3000\text{ nm}$

*6) Zoom=1.8°/ Focus=100% Far

Tabelle 67 Robe Robin MegaPointe (Beam 1.8°) – Strahldichten

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	2.492E+06	3.034E+06	2.672E+06 *4)	n.m.	n.m.	n.m.
		1.897E+04 *3)	2.365E+06	1.282E+06 *4)	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	3.423E+06	4.387E+06	4.962E+06 *4)	n.m.	n.m.	n.m.
		5.246E+04 *3)	3.505E+06	2.253E+06 *4)	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	2.834E+07	3.473E+07	3.169E+07 *4)*4)	n.m.	n.m.	n.m.
		2.422E+05 *1), *3)	2.715E+07	1.507E+07 *4)*4)	n.m.	n.m.	n.m.
11 mrad	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	2.692E+03	3.297E+03	3.613E+03 *4)	n.m.	n.m.	n.m.
		5.384E+01 *3)	2.936E+03	1.643E+03 *4)	n.m.	n.m.	n.m.
	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	2.582E+05	1.102E+06 *4)	2.085E+06 *4)	2.192E+06 *5)	n.m.	n.m.
		8.321E+04 *3)	1.202E+06 *4)	8.452E+05 *4)	1.777E+06 *5)	n.m.	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	4.174E+05 *4)	1.911E+06 *4)	3.865E+06 *4)	n.m.	n.m.	n.m.
		1.018E+05 *3)	2.081E+06 *4)	1.560E+06 *4)	n.m.	n.m.	n.m.
100 mrad	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	2.999E+06 *4)	1.293E+07 *4)*4)	2.471E+07 *4)*4)	2.628E+07 *5)	n.m.	n.m.
		9.339E+05 *1), *3)	1.410E+07 *4)*4)	1.001E+07 *4)*4)	2.136E+07 *5)	n.m.	n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	3.634E+02	1.446E+03	2.658E+03 *4)	n.m.	n.m.	n.m.
		1.459E+02 *3)	1.596E+03	1.068E+03 *4)	2.252E+03 *5)	n.m.	n.m.
	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	3.444E+03	2.476E+04 *4)	1.082E+05 *4)	2.065E+05 *5)	n.m.	n.m.
		5.927E+03 *3)	7.502E+04 *4)	1.310E+05 *4)	9.250E+04 *5)	n.m.	n.m.
100 mrad	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	5.605E+03 *4)	4.180E+04 *4)	1.920E+05 *4)	n.m.	n.m.	n.m.
		9.729E+03 *4)	1.264E+05 *4)	2.407E+05 *4)	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	4.004E+04 *4)	2.894E+05 *4)*4)	1.274E+06 *4)*4)	2.457E+06 *5)	n.m.	n.m.
		6.900E+04 *4)	8.766E+05 *4)*4)	1.550E+06 *4)*4)	1.103E+06 *5)	n.m.	n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	4.830E+00	3.222E+01	1.455E+02 *4)	2.196E+02 *5)	n.m.	n.m.
		7.501E+00 *3)	7.234E+01	1.845E+02 *4)	1.418E+02 *5)	n.m.	n.m.

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10^4 L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=1.8°/ Focus=1% Near

*3) Zoom=1.8°/ Focus=100% Far

*4) OVL - OD: $L_B=8799.07$ $L_R=2806.92$ $L_{IR}=21838.63$

*5) Messung B11/ B100 u. EOP-146

Überblick relevanter Messwerte – Spot (1.7°/ 12.8°)

Tabelle 68 Elation Smarty Hybrid 1.7° Spot – Relevante Messwerte

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux] *2)	2.921E+05	1.320E+06	3.742E+06	n.m.	n.m.	n.m.
E_s [W · m ⁻²] *2),*3)	3.220E-04	1.437E-03	3.861E-03	n.m.	n.m.	n.m.
E_{UVA} [W · m ⁻²] *2),*3)	8.754E+00	3.875E+01	1.045E+02	n.m.	n.m.	n.m.
E_B [W · m ⁻²] *2)	3.324E+02	1.470E+03	4.129E+03	n.m.	n.m.	n.m.
E_{IR} [W · m ⁻²] *2)*4) 2.857E+00	2.698E+00	1.291E+01	2.782E+01 2.967E+01	n.m.	n.m.	n.m.
E_H [W · m ⁻²] *2)*4) 1.142E+03	1.141E+03	5.107E+03	1.442E+04 1.442E+04	n.m.	n.m.	n.m.
L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1)*2)	3.272E+06	3.664E+06	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1)*2)	4.407E+06	4.772E+06	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1)*2)	3.713E+07	4.141E+07	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
L_{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1)*2)	2.701E+03	3.110E+03	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=1.7°/ Focus=1% Near

*3) Integral 350nm-400nm

*4) E_IR, E_H - 1665nm

*5) Extrapolation E_IR, E_H - 3000nm

Tabelle 69 Elation Smarty Hybrid 1.7° Spot – Strahldichten

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)	3.272E+06 1.767E+06	3.664E+06 3.110E+06	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)	4.407E+06 1.959E+03	4.772E+06 4.463E+06	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1), *2) *1), *3)	3.713E+07 1.767E+07	4.141E+07 3.556E+07	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	L_{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)	2.701E+03 2.062E+03	3.110E+03 3.145E+03	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
		11 mrad	L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)	1.203E+06 *4) 1.469E+05	2.062E+06 *4) 4.208E+05	n.m. n.m.	n.m. n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)	1.686E+06 *5) 2.266E+05 *4)		2.821E+06 *5) 6.003E+05 *4)	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.	
$L_{R(Kor)}$ [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1), *2) *1), *3)	1.371E+07 *4)*5) 1.696E+06 *4)		2.344E+07 *4)*5) 4.808E+06 *4)	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	L_{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)		1.084E+03 1.597E+02	1.777E+03 4.311E+02	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
100 mrad		L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)	4.139E+04 *4) 1.959E+03	1.775E+05 *5) 6.794E+03	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)	5.833E+04 *5) 3.023E+03 *4)	2.762E+05 *6) 9.713E+03 *4)	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.	
		$L_{R(Kor)}$ [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *1), *2) *1), *3)	4.722E+05 *4)*5) 2.261E+04 *4)	2.051E+06 *5)*6) 7.765E+04 *4)	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	L_{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹] *2) *3)		3.414E+01 2.109E+00	1.395E+02 7.104E+00	n.m. n.m.	n.m. n.m.	n.m. n.m.

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=1.7°/ Focus=1% Near


*3) Zoom=14.8°/ Focus=58.4% Far

*4) OVL - OD1: $L_B=13.4$ $L_{IR}=10.41$ $L_{IR}=4.47$

*5) OVL - OD2: $L_B=180.66$ $L_{IR}=84.03$ $L_{IR}=17.54$

*6) OVL - OD3: $L_B=1274.58$ $L_{IR}=1072.62$ $L_{IR}=694.13$

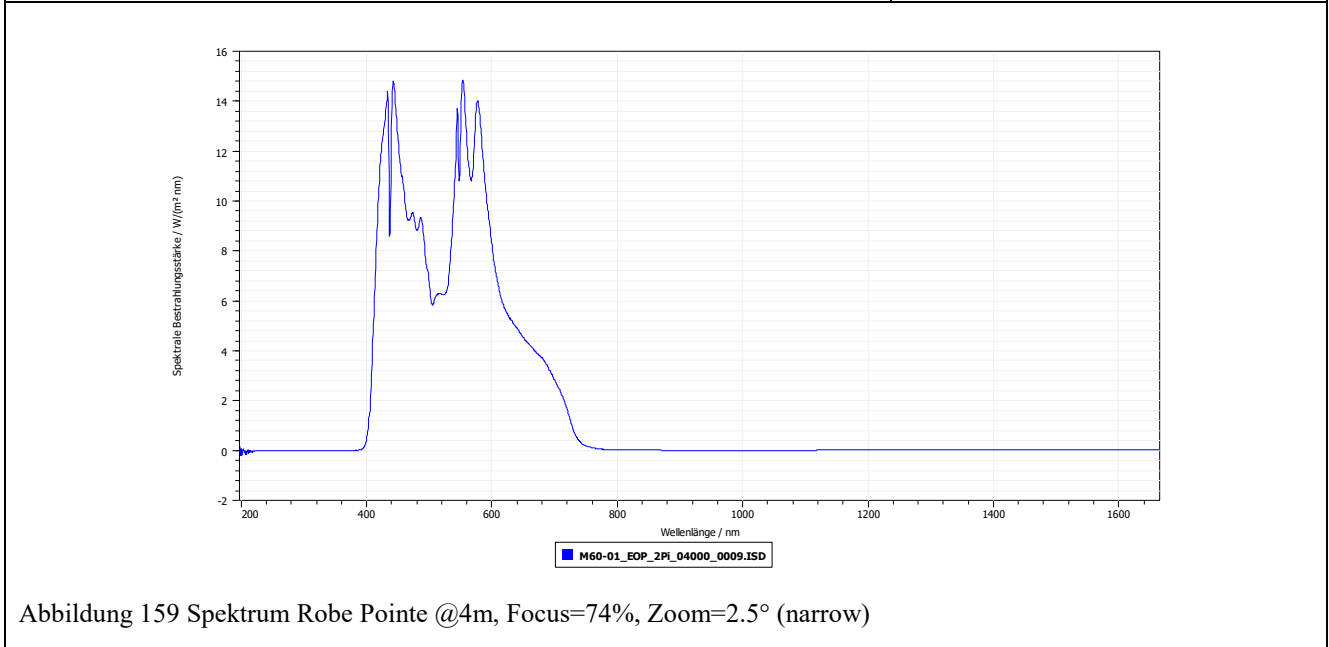
Robe Pointe

Gruppe UHP	Messzeitraum KW 08/21	Robe Pointe	Mess-Nr. M60
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> • 280W Entladung/ Moving Head • Osram SIRIUS HRI 280W (7000 K), 0.9mm Bogen • Lichtstrom¹⁹ (Luminous flux): 9870 lm • Farbrad mit 13 Farben 			Abbildung 158 Scheinwerfer Robe Pointe [54]
Optik Linse HQ Linsengruppe Öffnung/ Maße \varnothing 110 mm Abstrahlwinkel 2.5° bis 20.0°			
Bemerkung. <ul style="list-style-type: none"> • IR: Spektrum mit Selbstumkehr • Brennpunkt(!) • Einstufung lt. Herst. RG= k.A. 			

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
E_S [W · m ⁻²]	5.478E-05		> 2.880E+04 (> 8h)	0
E_{UVA} [W · m ⁻²]	1.591E+00		> 2.880E+04 (> 8h)	0
E_{IR} [W · m ⁻²]	1.220E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	0
E_H [W · m ⁻²]	2.495E+03		2.941E+01	keine Zuordnung
L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	3.197E+06		3.128E-01	2
L_R [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	3.877E+07		2.750E-02	4.839E-06

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser \varnothing 110 mm
 *2) scheinbare Quelle \varnothing 41.8 mm

Gefahrenstufe 4m: RG4m
 RG4m = 3
Max. Expositionszeit:
 4.839 μ sec
Einstellungen:
 Beam 2.5°, Focus=74%
Ausrichtung:
 zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ



¹⁹ Herstellerangabe: <https://www.claypaky.it/en/products/sharpy#details>

Überblick relevanter Messwerte – Beam 2.5°

Tabelle 70 Robe Pointe – Relevante Messwerte

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_V [Lux] *2)	1.617E+05	6.946E+05 7.033E+05 *5)	1.561E+06	n.m.	n.m.	n.m.
E_S [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	9.515E-06	5.478E-05 5.627E-05 *5)	1.058E-04	n.m.	n.m.	n.m.
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	3.078E-01	1.591E+00 1.686E+00 *5)	3.183E+00	n.m.	n.m.	n.m.
E_B [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	1.704E+02	7.132E+02 7.311E+02 *5)	1.546E+03	n.m.	n.m.	n.m.
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$] *2),*4)	2.529E+00	1.220E+01 1.302E+01 *5)	2.518E+01	n.m.	n.m.	n.m.
E_H [$W \cdot m^{-2}$] *2),*4)	5.834E+02	2.495E+03 2.539E+03 *5)	5.583E+03	n.m.	n.m.	n.m.
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1),*2)	2.863E+06	3.197E+06	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1),*2)	4.069E+06	6.796E+06	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1),*2)	3.270E+07	3.877E+07	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	8.814E+03	1.296E+04	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom 2.5°/ Focus=74%

*3) Integral 350nm-400nm

*4) E_{IR}, E_H - 1665nm

*5) Zoom 2.5°/ Focus=56.2%

Tabelle 71 Robe Pointe – Strahldichten

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) n.m. *3)	2.863E+06 n.m.	3.197E+06 *4) n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) n.m. *3)	4.069E+06 n.m.	6.796E+06 *4) n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2) n.m. *1), *3)	3.270E+07 n.m.	3.877E+07 *4)*4) n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) n.m. *3)	8.814E+03 n.m.	1.296E+04 *4) n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
11 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) n.m. *3)	1.188E+06 *4) n.m.	1.706E+06 *4) n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) n.m. *3)	1.570E+06 *5) n.m.	2.531E+06 *5) n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2) n.m. *1), *3)	1.345E+07 *4)*5) n.m.	1.960E+07 *4)*5) n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) n.m. *3)	1.920E+03 n.m.	4.426E+03 *4) n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
100 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) n.m. *3)	2.277E+04 *4) n.m.	6.172E+04 *4) n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) n.m. *3)	2.967E+04 *5) n.m.	7.668E+04 *5) n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2) n.m. *1), *3)	2.574E+05 *4)*5) n.m.	6.939E+05 *4)*5) n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) n.m. *3)	3.433E+01 n.m.	1.124E+02 *4) n.m.	n.m.	n.m.	n.m.

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=2.5°/ Focus=74% Near

*3) Zoom=20°/ Focus=1% Wide

*4) OVL - OD1: $L_B=13.61$ $L_R=10.61$ $L_{IR}=4.06$

*5) OVL - OD2: $L_B=165.05$ $L_R=85.48$ $L_{IR}=15.42$

*6) OVL - OD3: $L_B=1186.18$ $L_R=996.75$ $L_{IR}=650.56$

Überblick relevante Messwerte – Spot

Tabelle 72 GLP GT 1 – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux]	*2)	3.569E+05	1.091E+06	1.262E+06	n.m.	n.m.	n.m.
E_s [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	2.215E-03	6.315E-03	6.195E-03	n.m.	n.m.	n.m.
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	5.559E+01	1.593E+02	1.603E+02	n.m.	n.m.	n.m.
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	*2)	4.297E+02	1.318E+03	1.462E+03	n.m.	n.m.	n.m.
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	1.706E+00	4.426E+00	4.578E+00	n.m.	n.m.	n.m.
	*2)*5)	2.284E+00	5.760E+00	5.933E+00	n.m.	n.m.	n.m.
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	1.404E+03	4.268E+03	4.926E+03	n.m.	n.m.	n.m.
	*2)*5)	1.404E+03	4.269E+03	4.927E+03	n.m.	n.m.	n.m.
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	3.709E+06	3.844E+06	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	5.597E+06	5.996E+06	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	4.269E+07	4.444E+07	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	1.264E+03	1.244E+03	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=3.5°/ Focus=1% Near

*3) Integral 350nm-400nm

*4) E_{IR}, E_H - 1665nm

*5) Extrapolation E_{IR}, E_H - 3000nm

Tabelle 73 GLP GT 1 – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 3.709E+06	3.844E+06	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
		*3) 3.408E+06	3.899E+06 *4)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 5.597E+06 *4)	5.996E+06 *4)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
		*3) 4.598E+06	5.430E+06 *4)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 4.269E+07 *4)	4.444E+07 *4)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	*1), *3) 3.868E+07	4.442E+07 *4)*4)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
11 mrad	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.264E+03	1.244E+03 *4)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
		*3) 1.141E+03	1.117E+03 *4)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 2.112E+06 *5)	3.303E+06 *4)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
		*3) 1.859E+06 *4)	2.421E+06 *4)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 2.553E+06 *5)	3.225E+06 *5)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	*3) 2.186E+06 *5)	3.153E+06 *5)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
100 mrad	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 2.367E+07 *5)*5)	3.626E+07 *4)*5)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
		*1), *3) 2.077E+07 *4)*5)	2.737E+07 *4)*5)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 5.399E+02	7.805E+02 *4)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
		*3) 5.109E+02	1.433E+03 *4)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 5.300E+04 *4)	2.212E+05 *5)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	*3) 2.927E+04 *4)	1.113E+05 *5)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
100 mrad	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 5.776E+04 *5)	2.992E+05 *6)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
		*3) 3.476E+04 *5)	1.255E+05 *5)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 5.877E+05 *4)*5)	2.511E+06 *5)*6)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
		*1), *3) 3.274E+05 *4)*5)	1.239E+06 *5)*5)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 9.618E+00	6.643E+01 *4)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	*3) 7.196E+00	3.961E+01 *4)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=3.5°/ Focus=1% Near

*3) Zoom=3.5°/ focussed: 8m:30.6%, 4m:38.5%, (2m:48.5%)

*4) OVL - OD1: $L_B=13.82$ $L_R=9.95$ $L_{IR}=5.74$

*5) OVL - OD2: $L_B=178.12$ $L_R=95.98$ $L_{IR}=25.68$

*6) OVL - OD3: $L_B=1269.44$ $L_R=1037.31$ $L_{IR}=847.8$

Scheinwerfer mit Kurzbogenbrenner (HMI Short Arc)

Tabelle 74 Liste Scheinwerfer mit HMI Short Arc-Leuchtmittel

Nr.	Scheinwerfer	Leuchtmittel	opt. Leistung in W	Maße in mm	Gewicht in kg	Scheinwerfertyp
1	Martin Mac Viper	HID: HMI Short Arc OSRAM HTI 1000/PS Lok-it	1000	472 x 566 x 748	36.00	Moving Light/ Profil
2	Varilite VL 3500	HID: HMI Short Arc SharXS HTI 1200 W/D7/60 1200W	1200	368 x 457 x 838	43.50	Moving Light/ Wash
3	GLP Highlander	HID: HMI Short Arc OSRAM Lok-It 1400/PS Brilliant	1400	724 x 492 x 799	29.50	Moving Light/
4	Robe BMFL Wash	HID: HMI Short Arc OSRAM Lok-It	1700	335 x 483 x 826	35.00	Moving Light/ Wash
5	Robe MMX Spot	HID: HMI Short Arc Philips MSR Platinum 35 PGJX36	1200	446 x 530 x 722	25.50	Moving Light/ Spot
6	Varilite VL 6000	HID: HMI Short Arc Philips MSR Gold FastFit lamp PGJX50	1500	660 x 600 x 605	28.00	Moving Light/ Beam
7	PRG Bad Boy	HID: HMI Short Arc Philips MSR Gold Fast-Fit	1400	432 x 596 x 980	75.80	Moving Light/ Spot

Überblick relevanter Messwerte

Tabelle 75 Martin Mac Viper Profile (Zoom 10°) – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E_V [lux]	*2)	1.643E+04	6.419E+04	2.406E+05	7.143E+05	1.592E+06	1.605E+06
E_S [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	1.777E-06	7.103E-06	2.573E-05	8.353E-05	1.694E-04	1.467E-04
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	5.009E-02	1.917E-01	7.376E-01	2.237E+00	4.614E+00	3.656E+00
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	*2)	1.514E+01	5.921E+01	2.179E+02	6.472E+02	1.373E+03	1.303E+03
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	1.668E-01	5.619E-01	2.483E+00	6.862E+00	1.887E+01	2.036E+01
	*2)*5)	1.695E-01	5.697E-01	2.520E+00	6.956E+00	1.913E+01	2.062E+01
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	5.922E+01	2.307E+02	8.696E+02	2.561E+03	5.606E+03	5.658E+03
	*2)*5)	5.922E+01	2.307E+02	8.696E+02	2.561E+03	5.606E+03	5.658E+03
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	1.740E+05	1.773E+05	1.995E+05	1.876E+05	1.124E+05	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	3.864E+05	3.745E+05	3.888E+05	3.389E+05	2.378E+05	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	2.126E+06	2.147E+06	2.383E+06	2.214E+06	1.361E+06	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	6.810E+02	6.858E+02	1.097E+03	6.007E+02	4.283E+02	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7mrad / L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=10°/ Focus=1% Near

*3) Integral 380nm-400nm

*4) $E_{IR}, E_H - 1665nm$

*5) Extrapolation $E_{IR}, E_H - 3000nm$

Tabelle 76 Martin Mac Viper Profile (Zoom 10°) – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.740E+05	1.773E+05	1.995E+05	1.876E+05	1.124E+05	*4) n.m.
		*3) 1.822E+05	1.913E+05	2.001E+05	1.888E+05	1.085E+05	*4) n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 3.864E+05	3.745E+05	3.888E+05	3.389E+05	2.378E+05	*4) n.m.
		*3) 3.469E+05	3.585E+05	4.098E+05	3.355E+05	2.407E+05	*4) n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 2.126E+06	2.147E+06	2.383E+06	2.214E+06	1.361E+06	*4)*4) n.m.
	*1), *3) 2.169E+06	2.271E+06	2.411E+06	2.223E+06	1.326E+06	*4)*4) n.m.	
11 mrad	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 6.810E+02	6.858E+02	1.097E+03	6.007E+02	4.283E+02	*4) n.m.
		*3) 7.569E+02	7.137E+02	1.131E+03	6.568E+02	4.368E+02	*4) n.m.
	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.034E+05	1.229E+05	1.394E+05	1.750E+05	1.110E+05	*4) n.m.
		*3) 9.997E+04	1.245E+05	1.389E+05	1.710E+05	1.071E+05	*4) n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.931E+05	*4) 2.288E+05	*4) 2.638E+05	*4) 3.362E+05	*4) 2.642E+05	*4) n.m.
	*3) 1.899E+05	*4) 2.308E+05	*4) 2.668E+05	*4) 3.061E+05	*4) 2.529E+05	*4) n.m.	
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 1.227E+06	*4) 1.458E+06	*4) 1.658E+06	*4) 2.086E+06	*4) 1.374E+06	*4)*4) n.m.	
	*1), *3) 1.190E+06	*4) 1.475E+06	*4) 1.656E+06	*4) 2.016E+06	*4) 1.324E+06	*4)*4) n.m.	
100 mrad	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 3.881E+02	4.437E+02	6.235E+02	6.067E+02	4.512E+02	*4) n.m.
		*3) 3.923E+02	4.489E+02	6.036E+02	6.045E+02	4.315E+02	*4) n.m.
	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 2.428E+03	9.719E+03	*4) 3.662E+04	*4) 7.960E+04	*4) 8.310E+04	*4) n.m.
		*3) 2.469E+03	9.877E+03	*4) 3.622E+04	*4) 7.768E+04	*4) 8.103E+04	*4) n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 4.650E+03	*4) 1.482E+04	*4) 6.400E+04	*5) 1.278E+05	*5) 3.744E+05	*6) n.m.
	*3) 4.847E+03	*4) 1.507E+04	*4) 6.288E+04	*5) 1.284E+05	*5) 3.636E+05	*6) n.m.	
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 2.893E+04	*4) 1.120E+05	*4)*4) 4.302E+05	*4)*5) 9.238E+05	*4)*5) 1.205E+06	*4)*6) n.m.	
	*1), *3) 2.954E+04	*4) 1.138E+05	*4)*4) 4.250E+05	*4)*5) 9.052E+05	*4)*5) 1.174E+06	*4)*6) n.m.	
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 7.666E+00	2.766E+01	7.660E+01	1.584E+02	3.322E+02	*4) n.m.	
	*3) 7.942E+00	2.748E+01	7.453E+01	1.490E+02	3.207E+02	*4) n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=10°/ Focus=1% Near

*3) Zoom=10°/ Focus=100% Far

*4) OVL - OD1: $L_B=12.74 L_R=9.29 L_{IR}=4.17$

*5) OVL - OD2: $L_B=175.82 L_R=79.11 L_{IR}=15.19$

*6) OVL - OD3: $L_B=1221.34 L_R=1040.52 L_{IR}=759.24$

Überblick relevanter Messwerte

Tabelle 77 Varilite VL3500 (Zoom 10°) – Relevante Messwerte

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux] *2)	7.728E+03	2.690E+04	8.407E+04	1.953E+05	3.474E+05	5.067E+05
E_s [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	5.729E-06	1.971E-05	5.953E-05	1.374E-04	2.057E-04	2.836E-04
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	1.602E-01	5.532E-01	1.671E+00	3.810E+00	5.742E+00	7.928E+00
E_B [$W \cdot m^{-2}$] *2)	6.029E+00	2.066E+01	6.211E+01	1.396E+02	2.366E+02	3.457E+02
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4)	4.139E-02	1.271E-01	4.769E-01	1.288E+00	2.572E+00	5.012E+00
	4.301E-02	1.289E-01	4.914E-01	1.323E+00	2.633E+00	5.142E+00
E_H [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4)	2.972E+01	1.025E+02	3.200E+02	7.456E+02	1.331E+03	1.940E+03
	2.973E+01	1.025E+02	3.200E+02	7.456E+02	1.331E+03	1.940E+03
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	1.488E+05	1.827E+05	1.778E+05	1.797E+05	1.029E+05	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	3.210E+05	4.012E+05	3.983E+05	4.047E+05	2.473E+05	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	1.809E+06	2.228E+06	2.176E+06	2.202E+06	1.276E+06	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	1.040E+03	1.379E+03	1.433E+03	1.367E+03	6.524E+02	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad} / L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=10°/ Focus=1% Spot

*3) Integral 350nm-400nm

*4) $E_{IR}, E_H - 1665\text{nm}$

*5) Extrapolation $E_{IR}, E_H - 3000\text{nm}$

Tabelle 78 Varilite VL3500 (Zoom 10°) – Strahldichten

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	1.488E+05	1.827E+05	1.778E+05	1.797E+05	1.029E+05	n.m.
		*3) 1.698E+05	1.719E+05	1.829E+05	1.845E+05	1.141E+05	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	3.210E+05	4.012E+05	3.983E+05	4.047E+05	2.473E+05	n.m.
		*3) 3.473E+05	3.889E+05	4.070E+05	4.107E+05	2.644E+05	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	1.809E+06	2.228E+06	2.176E+06	2.202E+06	1.276E+06	n.m.
	*1), *3) 2.046E+06	2.108E+06	2.236E+06	2.256E+06	1.405E+06	n.m.	
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	1.040E+03	1.379E+03	1.433E+03	1.367E+03	6.524E+02	n.m.
	*3) 9.679E+02	1.256E+03	1.223E+03	1.161E+03	5.512E+02	n.m.	
11 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	4.653E+04	7.351E+04	1.109E+05	1.508E+05	9.853E+04	n.m.
		*3) 5.755E+04	8.808E+04	1.203E+05	1.634E+05	1.084E+05	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	1.077E+05	1.870E+05 *4)	2.543E+05 *4)	3.356E+05 *4)	2.375E+05 *4)	n.m.
		*3) 1.173E+05	2.134E+05 *4)	2.762E+05 *4)	3.560E+05 *4)	2.508E+05 *4)	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	5.730E+05	9.221E+05 *4)	1.363E+06 *4)	1.844E+06 *4)	1.223E+06 *4)	n.m.
	*1), *3) 6.928E+05	1.094E+06 *4)	1.479E+06 *4)	1.990E+06 *4)	1.335E+06 *4)	n.m.	
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	3.556E+02	6.368E+02	8.862E+02	1.137E+03	6.074E+02	n.m.
	*3) 3.215E+02	6.077E+02	7.950E+02	1.003E+03	5.066E+02	n.m.	
100 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	9.429E+02	3.274E+03	1.081E+04 *4)	2.718E+04 *4)	4.403E+04 *4)	n.m.
		*3) 1.061E+03	3.731E+03	1.323E+04 *4)	3.719E+04 *4)	5.479E+04 *4)	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	2.567E+03 *4)	8.499E+03 *4)	3.035E+04 *5)	7.384E+04 *5)	1.029E+05 *5)	n.m.
		*3) 2.529E+03 *4)	8.515E+03 *4)	3.161E+04 *5)	8.386E+04 *5)	1.139E+05 *5)	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	1.200E+04 *4)	4.124E+04 *4)	1.384E+05 *4)*5)	3.457E+05 *4)*5)	5.432E+05 *4)*5)	n.m.
	*1), *3) 1.314E+04 *4)	4.583E+04 *4)	1.639E+05 *4)*5)	4.558E+05 *4)*5)	6.617E+05 *4)*5)	n.m.	
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	5.959E+00	2.060E+01	6.757E+01	1.571E+02	2.434E+02	n.m.
	*3) 4.934E+00	1.759E+01	5.604E+01	1.691E+02	2.071E+02	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=10°/ Focus=1% Spot

*3) Zoom=60°/ Focus=100% Flood

*4) OVL - OD1: $L_B=13.04 L_R=9.08 L_{IR}=4.04$

*5) OVL - OD2: $L_B=162.92 L_R=69.71 L_{IR}=15.68$

*6) OVL - OD3: $L_B=1247.64 L_R=1091.33 L_{IR}=809.15$

GLP Highlander

Gruppe HMI Short Arc	Messzeitraum KW 07/ 21	GLP Highlander	Mess-Nr. M61
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> • 1400W Entladung/ Moving Light • OSRAM HTI Lok-It 1400, 5.3mm Bogen • Lichtstrom: 23000lm/ 27000 lm • Fresnel-Linse 			
Optik Fresnel-Linse Öffnung/ Maße \varnothing 230 mm Abstrahlwinkel 5°-44° Focus 2m - ∞			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> • Risikobewertung Herst.: RG2/ RG3 			

Abbildung 166 Scheinwerfer GLP Highlander [58]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
E_S [W · m ⁻²]	5.056E-06		> 2.880E+04 (> 8h)	0
E_{UVA} [W · m ⁻²]	1.329E-01		> 2.880E+04 (> 8h)	0
E_{IR} [W · m ⁻²]	8.234E-01		> 2.880E+04 (> 8h)	0
E_H [W · m ⁻²]	4.762E+02		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung
L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	1.744E+05		5.733E+00	2
L_R [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	2.105E+06	5.750E-02	2.913E-02	*1):3 *2):2

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser \varnothing 230 mm
 *2) scheinbare Quelle \varnothing 103.41 mm

Gefahrenstufe 4m: RG4m
 RG4m = 3
Max. Expositionszeit:
 29 msec
Einstellungen:
 5° Spot (Narrow), Near
Ausrichtung:
 zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ

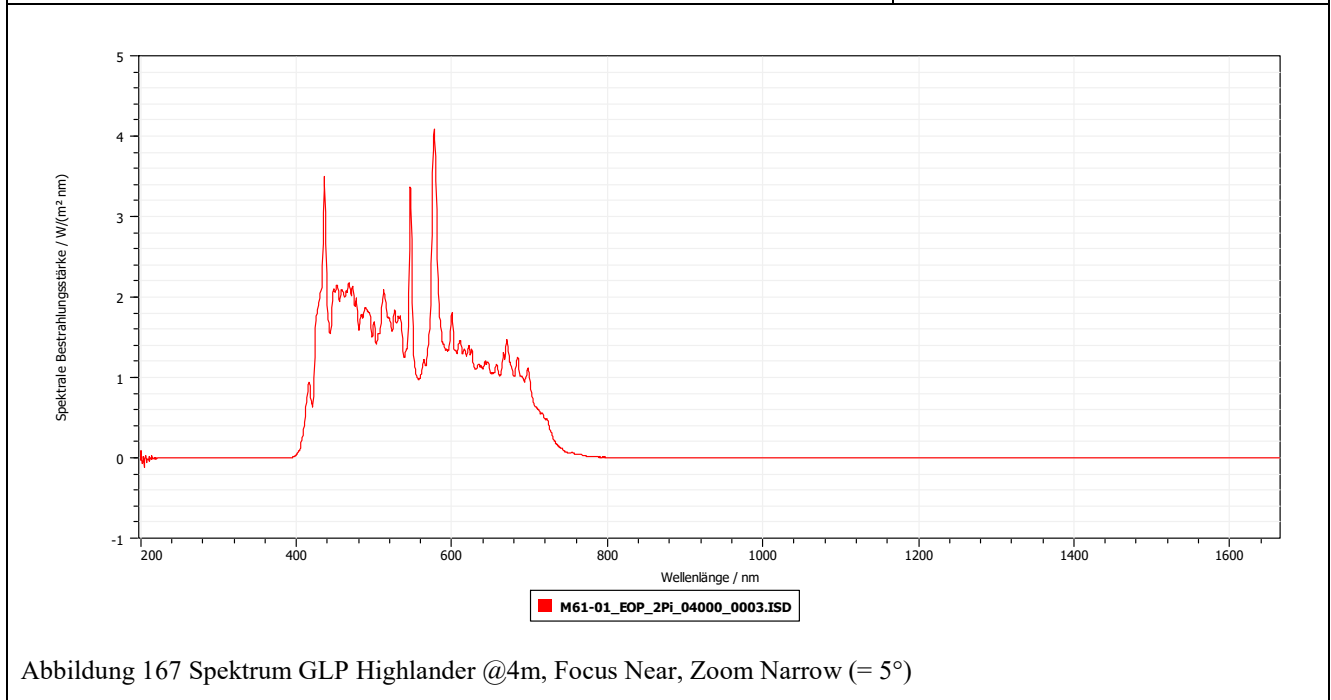


Abbildung 167 Spektrum GLP Highlander @4m, Focus Near, Zoom Narrow (= 5°)

Überblick relevante Messwerte

Tabelle 79 GLP Highlander (Zoom 5°) – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux]	*2)	3.327E+04	1.215E+05	3.902E+05	8.962E+05	8.626E+05	6.538E+05
E_s [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	9.869E-07	5.056E-06	1.240E-05	2.826E-05	2.763E-05	1.685E-05
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	2.938E-02	1.329E-01	3.841E-01	9.957E-01	8.620E-01	5.458E-01
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	*2)	3.208E+01	1.184E+02	3.892E+02	9.274E+02	8.966E+02	6.501E+02
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	2.612E-01	8.234E-01	2.831E+00	6.406E+00	7.749E+00	8.672E+00
	*2)*5)	2.642E-01	8.382E-01	2.890E+00	6.536E+00	7.912E+00	8.873E+00
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	1.308E+02	4.762E+02	1.536E+03	3.575E+03	3.435E+03	2.581E+03
	*2)*5)	1.308E+02	4.762E+02	1.536E+03	3.575E+03	3.435E+03	2.581E+03
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	1.694E+05	1.744E+05	2.047E+05	2.281E+05	1.263E+05	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	3.376E+05	3.605E+05	4.372E+05	4.482E+05	2.474E+05	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	2.031E+06	2.105E+06	2.484E+06	2.729E+06	1.510E+06	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	4.861E+02	5.087E+02	6.204E+02	6.887E+02	3.797E+02	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{ mrad} / L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=5° / Focus=1% Near

*3) Integral 350nm-400nm

*4) $E_{IR}, E_H - 1665\text{ nm}$

*5) Extrapolation $E_{IR}, E_H - 3000\text{ nm}$

Tabelle 80 GLP Highlander (Zoom 5°) – Strahllichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.694E+05	1.744E+05	2.047E+05	2.281E+05	1.263E+05	n.m.
		*3) 1.191E+05	1.427E+05	1.499E+05	1.398E+05	1.118E+05	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 3.376E+05	3.605E+05	4.372E+05	4.482E+05	2.474E+05	n.m.
		*3) 2.236E+05	2.903E+05	2.949E+05	2.892E+05	2.302E+05	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 2.031E+06	2.105E+06	2.484E+06	2.729E+06	1.510E+06	n.m.
		*1), *3) 1.415E+06	1.718E+06	1.794E+06	1.687E+06	1.348E+06	n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 4.861E+02	5.087E+02	6.204E+02	6.887E+02	3.797E+02	n.m.
		*3) 2.610E+02	3.729E+02	3.873E+02	3.709E+02	2.485E+02	n.m.
11 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.106E+05	1.541E+05	1.599E+05	1.449E+05	8.350E+04	n.m.
		*3) 7.563E+03	2.949E+04	9.567E+04	1.283E+05	1.146E+05	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 2.096E+05	2.947E+05	3.169E+05	2.901E+05	1.729E+05	n.m.
		*3) 1.522E+04	5.800E+04	1.860E+05	2.491E+05	2.254E+05	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 1.316E+06	1.836E+06	1.915E+06	1.739E+06	1.008E+06	n.m.
		*1), *3) 9.085E+04	3.529E+05	1.143E+06	1.532E+06	1.371E+06	n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 3.062E+02	4.191E+02	4.686E+02	4.555E+02	2.688E+02	n.m.
		*3) 1.430E+01	5.506E+01	1.982E+02	2.956E+02	2.404E+02	n.m.
100 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 5.255E+03	1.901E+04	4.681E+04	7.513E+04	5.906E+04	n.m.
		*3) 1.216E+02	4.835E+02	1.956E+03	6.527E+03	3.132E+04	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 9.217E+03	4.085E+04	9.508E+04	1.360E+05	1.190E+05	n.m.
		*3) 2.463E+02	9.117E+02	3.868E+03	1.163E+04	6.931E+04	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 6.176E+04	2.309E+05	5.632E+05	8.873E+05	7.096E+05	n.m.
		*1), *3) 1.462E+03	5.746E+03	2.342E+04	7.689E+04	3.825E+05	n.m.
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.106E+01	3.709E+01	9.353E+01	1.749E+02	1.615E+02	n.m.
		*3) 2.422E-01	9.533E-01	3.773E+00	1.214E+01	5.773E+01	n.m.

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=5° / Focus=1% Near

*3) Zoom=44° / Focus=1% Near

*4) OVL - OD1: $L_B=12.2$ $L_R=9.26$ $L_{IR}=4.2$

*5) OVL - OD2: $L_B=165.27$ $L_R=85.85$ $L_{IR}=15.83$

*6) OVL - OD3: $L_B=1290.65$ $L_R=1083.42$ $L_{IR}=711.54$

Robe BMFL Wash


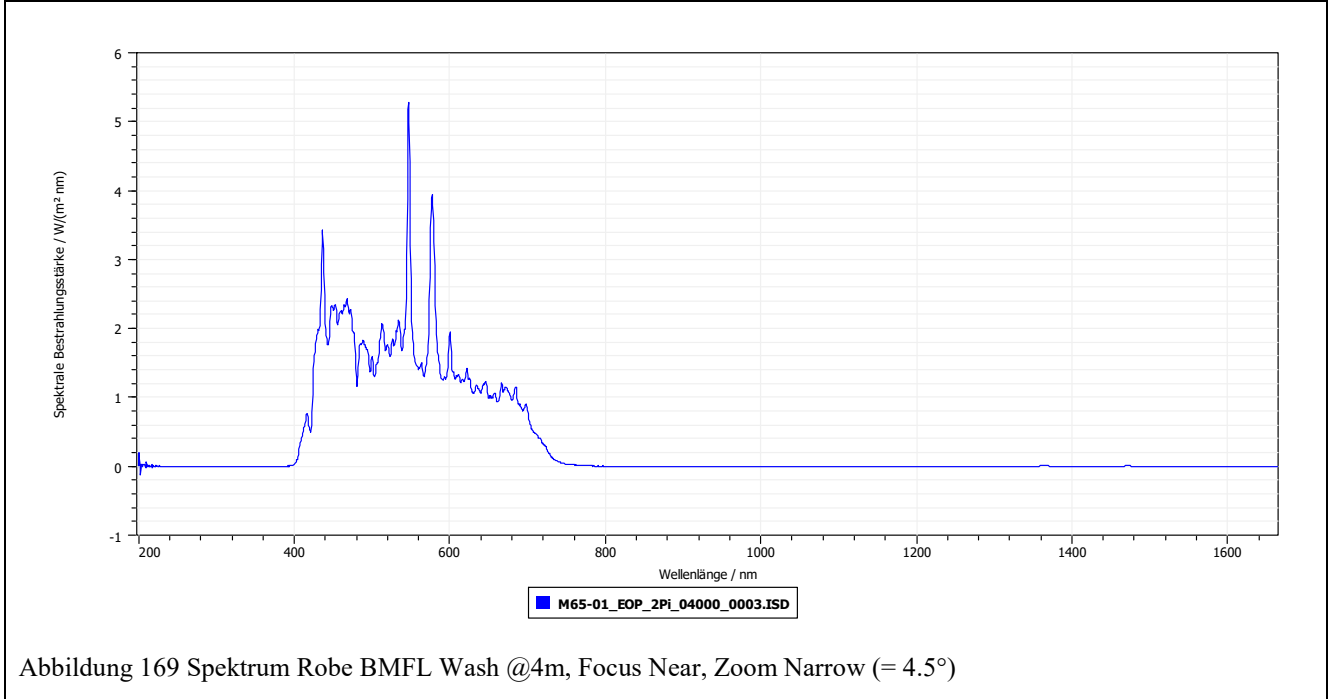
Gruppe HMI Short Arc	Messzeitraum KW 09/ 21	Robe BMFL Wash	Mess-Nr. M65
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> 1700W Entladung/ Moving Light OSRAM HTI Lok-It, 5.2mm Bogen Lichtstrom: 38000 lm Fresnellinse 			
Optik Linse Linsensystem Frontlinse Fresnel-Linse Öffnung/ Maße ∅ 200 mm Abstrahlwinkel 4.5°- 29°			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> Einstufung lt. Herst. RG= k.A. 			

Abbildung 168 Scheinwerfer Robe BMFL Wash [59]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
$E_S [W \cdot m^{-2}]$	3.302E-06		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{UVA} [W \cdot m^{-2}]$	1.008E-01		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{IR} [W \cdot m^{-2}]$	1.264E+00		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_H [W \cdot m^{-2}]$	4.856E+02		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung
$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	1.563E+05		6.400E+00	2
$L_R [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	1.881E+06	5.000E-02	7.995E-02	*1):3 *2):3

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser ∅ 200 mm
 *2) scheinbare Quelle ∅ 121.46 mm

Gefahrenstufe 4m: RG4m RG4m = 3
Max. Expositionszeit: 7,99 msec
Einstellungen: 4.5° Spot (Narrow), Near
Ausrichtung: zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ



Überblick relevanter Messwerte

Tabelle 81 Robe BMFL Wash (Zoom 4.5°) – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux]	*2)	3.544E+04	1.352E+05	3.974E+05	8.083E+05	8.724E+05	5.223E+05
E_s [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	8.767E-07	3.302E-06	1.019E-07	1.789E-05	6.910E-06	1.491E-05
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	1.994E-02	1.008E-01	1.819E-01	4.837E-01	3.847E-01	4.079E-01
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	*2)	3.098E+01	1.211E+02	3.576E+02	7.137E+02	7.625E+02	4.479E+02
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	4.751E-01	1.264E+00	3.462E+00	9.653E+00	1.264E+01	1.112E+01
	*2)*5)	4.902E-01	1.303E+00	3.566E+00	9.966E+00	1.301E+01	1.141E+01
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	1.296E+02	4.856E+02	1.437E+03	2.921E+03	3.107E+03	1.813E+03
	*2)*5)	1.296E+02	4.856E+02	1.437E+03	2.922E+03	3.107E+03	1.813E+03
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	1.584E+05	1.563E+05	2.068E+05	2.127E+05	1.265E+05	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	3.247E+05	3.181E+05	4.242E+05	4.390E+05	2.368E+05	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	1.908E+06	1.881E+06	2.492E+06	2.566E+06	1.501E+06	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	2.103E+02	1.882E+02	2.796E+02	2.916E+02	1.624E+02	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=4.5°/ Focus=kein% Near

*3) Integral 350nm-400nm

*4) $E_{IR}, E_H - 1665\text{nm}$

*5) Extrapolation $E_{IR}, E_H - 3000\text{nm}$

Tabelle 82 Robe BMFL Wash (Zoom 4.5°) – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.584E+05	1.563E+05	2.068E+05	2.127E+05	1.265E+05	n.m.
		*3) 1.257E+05	1.322E+05	1.236E+05	1.188E+05	1.118E+05	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 3.247E+05	3.181E+05	4.242E+05	4.390E+05	2.368E+05	n.m.
		*3) 2.657E+05	2.791E+05	2.693E+05	2.600E+05	2.333E+05	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 1.908E+06	1.881E+06	2.492E+06	2.566E+06	1.501E+06	n.m.
		*1), *3) 1.523E+06	1.601E+06	1.505E+06	1.448E+06	1.351E+06	n.m.
11 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 9.253E+04	1.321E+05	1.503E+05	1.375E+05	8.725E+04	n.m.
		*3) 8.131E+04	1.130E+05	1.114E+05	1.298E+05	1.082E+05	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.970E+05	*4) 2.664E+05	*4) 3.264E+05	*4) 2.932E+05	*4) 2.050E+05	n.m.
		*3) 1.674E+05	*4) 2.407E+05	*4) 2.484E+05	*4) 2.782E+05	*4) 2.334E+05	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 1.122E+06	*4) 1.588E+06	*4) 1.829E+06	*4) 1.668E+06	*4) 1.078E+06	n.m.
		*1), *3) 9.805E+05	*4) 1.371E+06	*4) 1.362E+06	*4) 1.576E+06	*4) 1.316E+06	n.m.
100 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 4.979E+03	*4) 2.081E+04	*4) 3.826E+04	*4) 6.212E+04	*4) 6.446E+04	n.m.
		*3) 1.230E+03	4.653E+03	1.668E+04	5.193E+04	8.346E+04	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 9.850E+03	*4) 4.137E+04	*5) 8.134E+04	*5) 1.188E+05	*5) 1.229E+05	n.m.
		*3) 2.509E+03	*4) 9.014E+03	*5) 3.470E+04	*5) 9.942E+04	*5) 1.500E+05	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 5.964E+04	*4) 2.495E+05	*4)*5) 4.640E+05	*4)*5) 7.400E+05	*4)*5) 7.674E+05	n.m.
		*1), *3) 1.481E+04	*4) 5.555E+04	*4)*5) 2.015E+05	*4)*5) 6.188E+05	*4)*5) 9.846E+05	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 7.082E+00	2.456E+01	6.057E+01	8.226E+01	7.349E+01	n.m.	
	*3) 1.456E+00	5.403E+00	1.904E+01	5.956E+01	9.809E+01	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=4.5°/ Focus=kein% Near

*3) Zoom=16.75°/ Focus=kein% Center

*4) OVL - OD1: $L_B=13.07$ $L_R=10.07$ $L_{IR}=4.29$

*5) OVL - OD2: $L_B=166.2$ $L_R=91.9$ $L_{IR}=16.28$

*6) OVL - OD3: $L_B=1254.86$ $L_R=1128.68$ $L_{IR}=782.45$

Überblick relevanter Messwerte

Tabelle 83 Robe MMX Spot (Zoom 8.5°) – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux]	*2)	9.042E+03	3.389E+04	1.141E+05	3.376E+05	8.450E+05	1.422E+06
E_s [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	5.574E-06	2.098E-05	6.562E-05	1.827E-04	4.245E-04	6.539E-04
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	1.584E-01	5.878E-01	1.887E+00	5.306E+00	1.228E+01	1.875E+01
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	*2)	8.801E+00	3.276E+01	1.092E+02	3.220E+02	7.842E+02	1.342E+03
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	1.928E-01	6.202E-01	2.302E+00	1.018E+01	1.981E+01	2.981E+01
	*2)*5)	1.976E-01	6.203E-01	2.362E+00	1.044E+01	2.034E+01	3.049E+01
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	3.027E+01	1.130E+02	3.801E+02	1.129E+03	2.787E+03	4.738E+03
	*2)*5)	3.028E+01	1.131E+02	3.802E+02	1.130E+03	2.788E+03	4.739E+03
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	1.875E+05	2.366E+05	2.446E+05	2.401E+05	1.871E+05	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	3.496E+05	4.141E+05	4.105E+05	3.927E+05	3.036E+05	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	2.225E+06	2.780E+06	2.856E+06	2.794E+06	2.174E+06	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	3.764E+02	4.090E+02	4.114E+02	3.614E+02	2.867E+02	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=8.5° / Focus=1% Near

*3) Integral 350nm-400nm

*4) $E_{IR}, E_H - 1665\text{nm}$

*5) Extrapolation $E_{IR}, E_H - 3000\text{nm}$

Tabelle 84 Robe MMX Spot (Zoom 8.5°) – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.875E+05	2.366E+05	2.446E+05	2.401E+05	1.871E+05	n.m.
		*3) 1.951E+05	2.512E+05	2.437E+05	2.412E+05	1.753E+05	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 3.496E+05	4.141E+05	4.105E+05	3.927E+05	3.036E+05	n.m.
		*3) 3.640E+05	4.166E+05	4.142E+05	3.971E+05	2.776E+05	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 2.225E+06	2.780E+06	2.856E+06	2.794E+06	2.174E+06	n.m.
		*1), *3) 2.315E+06	2.928E+06	2.851E+06	2.809E+06	2.030E+06	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 3.764E+02	4.090E+02	4.114E+02	3.614E+02	2.867E+02	n.m.	
	*3) 3.705E+02	4.103E+02	3.743E+02	3.861E+02	2.566E+02	n.m.	
11 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 6.151E+04	1.139E+05	1.642E+05	2.263E+05	1.854E+05	n.m.
		*3) 7.227E+04	1.222E+05	1.180E+05	2.306E+05	1.731E+05	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 8.636E+04	1.751E+05 *4)	2.709E+05 *4)	3.571E+05 *4)	2.905E+05 *4)	n.m.
		*3) 9.747E+04	1.867E+05 *4)	2.937E+05 *4)	3.654E+05 *4)	2.628E+05 *4)	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 7.014E+05	1.314E+06 *4)	1.913E+06 *4)	2.620E+06 *4)	2.144E+06 *4)	n.m.
	*1), *3) 8.202E+05	1.408E+06 *4)	3.055E+05 *4)	2.671E+06 *4)	1.993E+06 *4)	n.m.	
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.012E+02	1.935E+02	3.277E+02	3.650E+02	2.816E+02	n.m.	
	*3) 1.183E+02	2.197E+02	3.692E+02	3.767E+02	2.558E+02	n.m.	
100 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 9.660E+02	4.011E+03	1.626E+04 *4)	6.149E+04 *4)	1.137E+05 *4)	n.m.
		*3) 1.424E+03	5.594E+03	2.003E+04 *4)	6.692E+04 *4)	4.128E+05 *4)	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.278E+03	5.810E+03 *4)	2.391E+04 *5)	8.745E+04 *5)	1.504E+05 *5)	n.m.
		*3) 2.104E+03 *4)	7.817E+03 *4)	3.040E+04 *5)	9.631E+04 *5)	1.469E+05 *5)	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 1.094E+04	4.592E+04 *4)	1.865E+05 *4)*5)	7.024E+05 *4)*5)	1.288E+06 *4)*5)	n.m.
		*1), *3) 1.634E+04 *4)	6.375E+04 *4)	2.307E+05 *4)*5)	7.655E+05 *4)*5)	1.882E+06 *4)*5)	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.515E+00	6.216E+00	2.428E+01	9.401E+01	1.794E+02	n.m.	
	*3) 2.192E+00	8.993E+00	3.235E+01	1.104E+02	1.856E+02	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=8.5° / Focus=1% Near

*3) Zoom=8.5° / Focus=35.3% Focussed

*4) OVL - OD1: $L_B=13.45$ $L_R=9.82$ $L_{IR}=4.26$

*5) OVL - OD2: $L_B=179.65$ $L_R=91.71$ $L_{IR}=15.76$

*6) OVL - OD3: $L_B=1250.5$ $L_R=1060.67$ $L_{IR}=801.68$

Varilite VL 6000

Gruppe HMI Short Arc	Messzeitraum KW 10/ 21	Varilite VL 6000 Beam	Mess-Nr. M67	
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> • 1500W Entladung/ Moving Light • Philips MSR Gold FastFit, 6.3mm Bogen • Lichtstrom: 55000 lm • Fixed focal System (no Zoom) 				
Optik Linse Öffnung/ Maße Abstrahlwinkel				Kein Zoom \varnothing 332.0 mm 6.4°
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> • Einstufung lt. Herst. RG=k.A. 				

Abbildung 172 Scheinwerfer Varilite VL 6000 Beam [61]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
E_S [W · m ⁻²]	8.573E-05		> 2.880E+04 (> 8h)	0
E_{UVA} [W · m ⁻²]	2.611E+00		> 2.880E+04 (> 8h)	0
E_{IR} [W · m ⁻²]	1.302E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	0
E_H [W · m ⁻²]	1.860E+03		7.099E+01	keine Zuordnung
L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	4.268E+05		2.343E+00	2
L_R [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	5.053E+06	8.300E-02	2.021E-04	*1):3 *2):3

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser \varnothing 332 mm
 *2) scheinbare Quelle \varnothing 139.97 mm

Gefahrenstufe 4m: RG4m
 RG4m = 3
Max. Expositionszeit:
 202.1 μ sec
Einstellungen:
 6.4° Spot (Narrow), Near
Ausrichtung:
 zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ

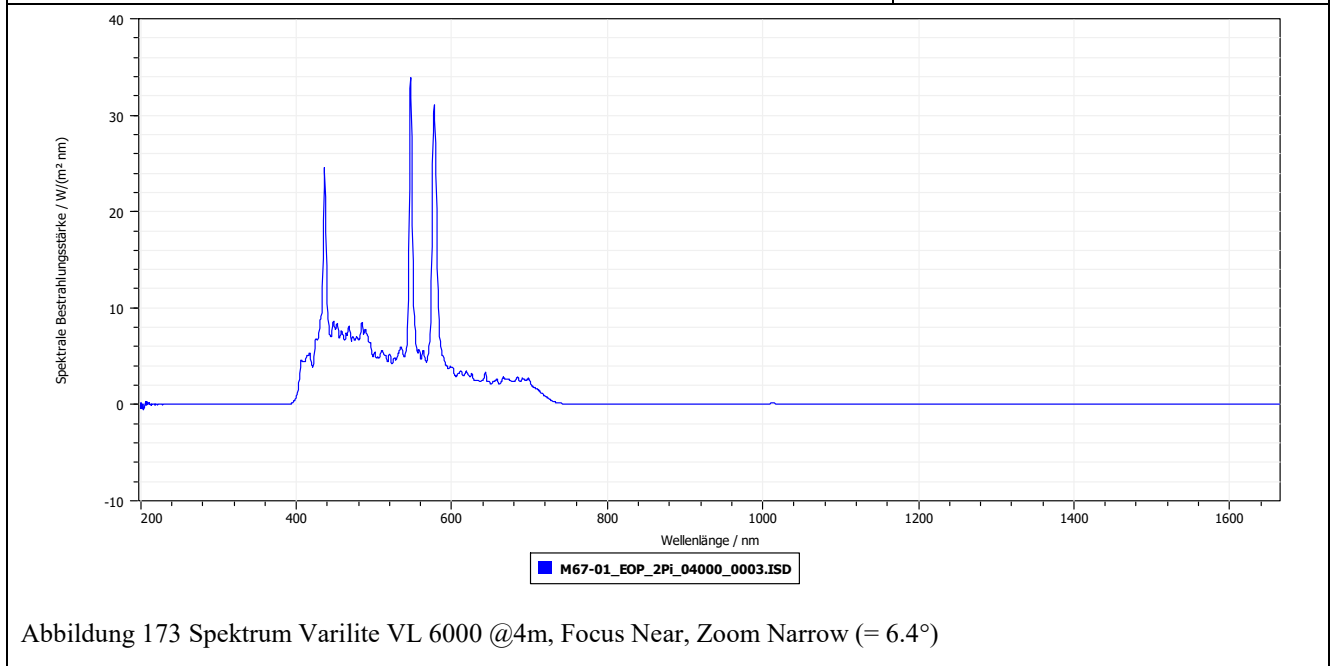


Abbildung 173 Spektrum Varilite VL 6000 @4m, Focus Near, Zoom Narrow (= 6.4°)

Überblick relevante Messwerte

Tabelle 85 Varilite VL 6000 (Zoom 6.4°) – Relevante Messwerte

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux] *2)	1.763E+05	5.499E+05	1.267E+06	9.909E+05	8.618E+05	9.430E+05
E_s [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	2.920E-05	8.573E-05	1.782E-04	6.773E-05	3.433E-05	1.688E-05
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$] *2),*3)	8.934E-01	2.611E+00	5.088E+00	2.255E+00	1.424E+00	1.317E+00
E_B [$W \cdot m^{-2}$] *2)	1.664E+02	5.297E+02	1.281E+03	1.108E+03	9.308E+02	9.477E+02
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4) *2)*5)	1.797E+00 2.157E+00	1.302E+01 1.580E+01	3.873E+01 4.608E+01	4.020E+01 4.597E+01	1.933E+01 2.623E+01	1.620E+01 1.812E+01
E_H [$W \cdot m^{-2}$] *2)*4) *2)*5)	5.884E+02 5.888E+02	1.860E+03 1.862E+03	4.377E+03 4.384E+03	3.617E+03 3.622E+03	3.149E+03 3.154E+03	3.435E+03 3.438E+03
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	3.914E+05	4.268E+05	3.945E+05	3.154E+05	9.929E+04	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	7.599E+05	7.846E+05	6.608E+05	5.417E+05	1.814E+05	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	4.674E+06	5.053E+06	4.606E+06	3.696E+06	1.174E+06	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)*2)	1.022E+03	9.590E+02	8.756E+02	9.844E+02	3.798E+02	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=6.4°/ Focus=1% Near

*3) Integral 350nm-400nm

*4) $E_{IR}, E_H - 1665\text{nm}$

*5) Extrapolation $E_{IR}, E_H - 3000\text{nm}$

Tabelle 86 Varilite VL 6000 (Zoom 6.4°) – Strahldichten

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200		
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	3.914E+05 4.646E+05	4.268E+05 4.309E+05	3.945E+05 3.326E+05	3.154E+05 2.753E+02	9.929E+04 1.259E+05	n.m. n.m.	
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	7.599E+05 8.185E+05	7.846E+05 7.525E+05	6.608E+05 6.189E+05	5.417E+05 4.656E+05	1.814E+05 2.095E+05	n.m. n.m.	
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2) *1), *3)	4.674E+06 5.465E+06	5.053E+06 5.062E+06	4.606E+06 3.945E+06	3.696E+06 4.684E+05	1.174E+06 1.468E+06	n.m. n.m.	
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	1.022E+03 1.151E+03	9.590E+02 1.067E+03	8.756E+02 1.058E+03	9.844E+02 6.802E+02	3.798E+02 3.412E+02	n.m. n.m.	
	11 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	2.786E+05 3.271E+05	3.546E+05 2.418E+05	3.366E+05 1.983E+05	2.874E+05 2.730E+05	9.957E+04 1.259E+05	n.m. n.m.
		$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	4.697E+05 *4) 5.271E+05 *4)	5.602E+05 *4) 3.725E+05 *4)	4.959E+05 *4) 3.670E+05 *4)	4.728E+05 *4) 4.355E+05 *4)	1.791E+05 *4) 2.137E+05 *4)	n.m. n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2) *1), *3)		3.256E+06 *4) 3.798E+06 *4)	4.106E+06 *4) 2.790E+06 *4)	3.862E+06 *4) 2.350E+06 *4)	3.347E+06 *4) 3.166E+06 *4)	1.175E+06 *4) 1.473E+06 *4)	n.m. n.m.	
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)		6.590E+02 8.523E+02	8.202E+02 5.676E+02	7.269E+02 6.103E+02	8.923E+02 6.584E+02	3.837E+02 3.393E+02	n.m. n.m.	
100 mrad		L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	2.448E+04 *4) 2.295E+04 *4)	6.635E+04 *4) 4.479E+04 *4)	5.727E+04 *4) 1.269E+05 *5)	1.214E+05 *5) 1.008E+05 *4)	7.259E+04 *4) 8.445E+04 *4)	n.m. n.m.
		$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	3.601E+04 *5) 3.401E+04 *5)	9.140E+04 *5) 6.680E+04 *5)	8.667E+04 *5) 2.117E+05 *6)	2.122E+05 *6) 1.402E+05 *5)	1.296E+05 *5) 1.264E+05 *5)	n.m. n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2) *1), *3)	2.808E+05 *4)*5) 2.635E+05 *4)*5)	7.549E+05 *4)*5) 5.147E+05 *4)*5)	6.594E+05 *4)*5) 1.481E+06 *5)*6)	1.426E+06 *5)*6) 1.148E+06 *4)*5)	8.555E+05 *4)*5) 9.709E+05 *4)*5)	n.m. n.m.	
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2) *3)	5.494E+01 5.289E+01	1.591E+02 1.144E+02	1.314E+02 2.612E+02	3.239E+02 2.260E+02	2.441E+02 2.244E+02	n.m. n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=6.4°/ Focus=1% Near

*3) Zoom=6.4°/ Focus=38.5% Focussed

*4) OVL - OD1: $L_B=13.34$ $L_R=9.79$ $L_{IR}=4.08$

*5) OVL - OD2: $L_B=175.33$ $L_R=88.53$ $L_{IR}=15.27$

*6) OVL - OD3: $L_B=1258.87$ $L_R=1118.98$ $L_{IR}=570.96$

Scheinwerfer mit HMI-Leuchtmittel

Tabelle 87 Liste Scheinwerfer mit HMI-Leuchtmittel

Nr.	Scheinwerfer	Leuchtmittel	opt. Leistung in W	Maße in mm	Gewicht in kg	Scheinwerfertyp
1	Arri Arrisun5 (M38)	MSR	575	294 x 260 x 344	4.50	PAR (S/N 403)
2	Arri Arrisun5 (M57)	HMI	575	294 x 260 x 344	4.50	PAR (S/N 403)
3	Arri True Blue D12	HMI1200/SE	1200	374 x 325 x 644	9.90	Fresnel
4	Arri Arrisun5 (M78)	HMI	575	294 x 260 x 344	4.50	PAR (S/N 1179)
5	Arri Arrisun5 (M79)	HMI	575	294 x 260 x 344	4.50	PAR (S/N 403)
6	Arri Arrisun5 (M80)	HMI	575	294 x 260 x 344	4.50	PAR (S/N 1180)

Bemerkung: Der Scheinwerfer Arrisun5 ist mehrfach ausgeliehen und vermessen worden. Näheres ist im Kapitel „Mehrfachmessung ARRISUN 5“ zu finden.

Arri Arrisun 5 (MSR, S/N 403)


Gruppe HMI	Messzeitraum KW10/ 20	Arri Arrisun 5 (MSR, S/N 403)	Mess-Nr. M38
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> HMI SEL/ MSR 575W/ PAR Philips MSR 575W, 10mm Bogen Alter Brenner: ca. 100h Lichtstrom: 47500 lm Keine Vorsatzlinse 			
Optik Linse No Lens Öffnung/ Maße \varnothing 175 mm Abstrahlwinkel 5° Spot (gemessen)			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> Brenner von HMI nach MSR gewechselt Einstufung lt. Herst. RG= k.A. 			

Abbildung 174 Scheinwerfer Arri Arrisun 5 [62]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m	Gefahrenstufe 4m: RG4m RG4m = 2(3) Max. Expositionszeit: 201 msec Einstellungen: Spot 5°, „noLens“ Ausrichtung: zentral für E_{λ} / Max-Wert für L_{λ}
$E_S [W \cdot m^{-2}]$	7.955E-03		3.771E+03	2	
$E_{UVA} [W \cdot m^{-2}]$	9.072E+01		1.102E+02	2	
$E_{IR} [W \cdot m^{-2}]$	2.579E+02		1.829E+03	1	
$E_H [W \cdot m^{-2}]$	6.049E+02		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung	
$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	1.484E+05		6.739E+00	2	
$L_R [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	1.706E+06	4.375E-02	2.014E-01	*1):3 *2):2	
*1) Öffnung/ Linsendurchmesser \varnothing 175 mm *2) scheinbare Quelle \varnothing ~115 mm					

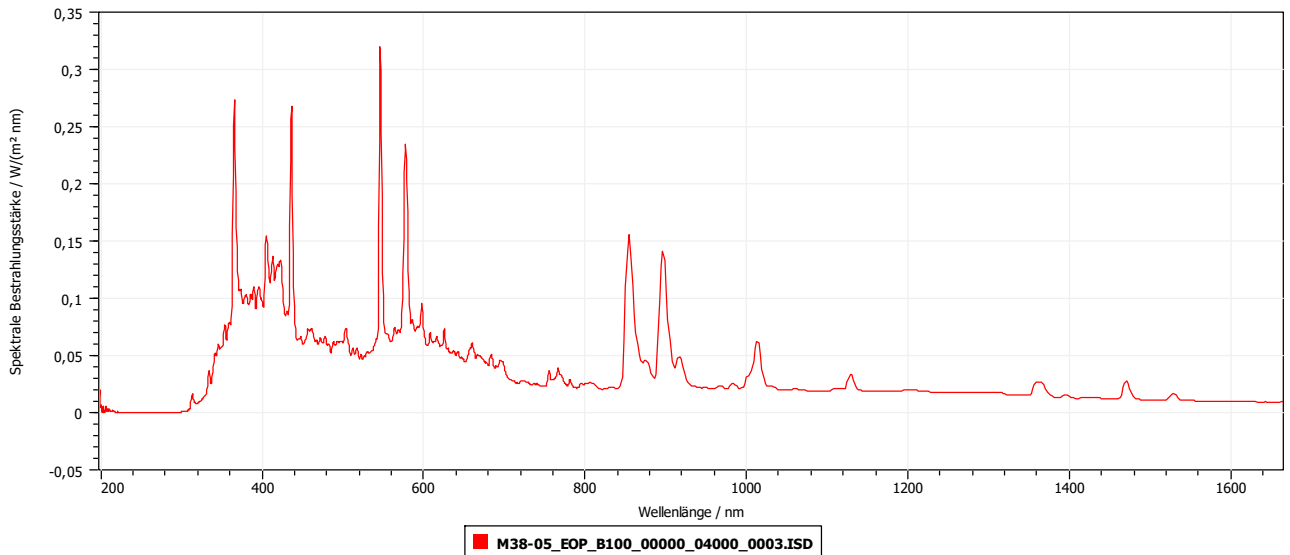


Abbildung 175 Spektrum Arri Arrisun 5 @4m, Spot 5°

Überblick relevanter Messwerte – Spot

Tabelle 88 Arri Arrisun 5 (5° Spot) – Relevante Messwerte

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_V [lux]	n.m.	7.930E+04	3.640E+05	1.242E+06	1.903E+06	3.291E+06
E_S [$W \cdot m^{-2}$]	n.m. *3)	6.252E-02 *3)	6.292E-01 *3)	1.118E+00 *3)	1.157E+00 *3)	2.325E+00 *3)
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	n.m.	1.078E+02	5.249E+02	1.878E+03	2.628E+03	4.355E+03
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	n.m.	9.724E+01	4.497E+02	1.657E+03	2.478E+03	3.940E+03
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	n.m. *2)	2.727E+02 *2)	1.046E+03 *2)	2.900E+03 *2)	5.370E+03 *2)	1.155E+04 *2)
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	n.m. *2)	5.953E+02 *2)	2.671E+03 *2)	8.670E+03 *2)	2.094E+04 *2)	2.960E+03 *2)
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)	n.m.	1.484E+05	1.478E+05	8.950E+04	n.m.	n.m. *4)
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)	n.m.	2.219E+05	1.925E+05	1.990E+05	n.m.	n.m. *4)
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)	n.m.	1.706E+06	1.671E+06	1.094E+06	n.m.	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	n.m.	5.120E+04	4.010E+04	3.450E+04	n.m.	n.m. *4)

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad} / L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) $E_{IR}, E_H - 1665\text{nm}$

*3) Integral 230nm-400nm

*4) kein Messwert aufgenommen

Tabelle 89 Arri Arrisun 5 (5° Spot) – Strahldichten

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	n.m.	1.484E+05	1.478E+05	8.950E+04	n.m.	n.m.
	*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	n.m.	2.219E+05	1.925E+05	1.990E+05	n.m.	n.m.
	*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	n.m.	1.706E+06	1.671E+06	1.094E+06	n.m.	n.m.
*1), *3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	n.m.	5.120E+04	4.010E+04	3.450E+04	n.m.	n.m.	
*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
11 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	n.m.	1.449E+05	1.378E+05	1.237E+05	n.m.	n.m.
	*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	n.m.	OVL	OVL	OVL	n.m.	n.m.
	*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
*1), *3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	n.m.	4.640E+04	3.650E+04	3.310E+04	n.m.	n.m.	
*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
100 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	n.m.	OVL	OVL	OVL	n.m.	n.m.
	*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	n.m.	OVL	OVL	OVL	n.m.	n.m.
	*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1), *2)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
*1), *3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *2)	n.m.	OVL	OVL	OVL	n.m.	n.m.	
*3)	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=8.8'/ Focus=kA% Near

*3) Zoom=50.2'/ Focus=kA% Far

*4) OVL - OD1: $L_B=12.48$ $L_R=6.18$ $L_{IR}=3.82$

*5) OVL - OD2: $L_B=167.04$ $L_R=31.32$ $L_{IR}=13.67$

*6) OVL - OD3: $L_B=1146.71$ $L_R=918.19$ $L_{IR}=634.79$

Bemerkung: Angabe Koeffizienten Dichtefilter aus Messung M57

Arri Arrisun 5 (HMI, S/N 403)


Gruppe HMI	Messzeitraum KW49/ 20	Arri Arrisun 5 (HMI, S/N 403)	Mess-Nr. M57
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> HMI SEL/ MSR 575W/ PAR Osram HMI 575W/SEL, 7mm Bogen Alter Brenner: unbekannt Lichtstrom: 47500 lm Keine Vorsatzlinse 			
Optik Linse No Lens Öffnung/ Maße \varnothing 175 mm Abstrahlwinkel 5° Spot (gemessen)			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> Brenner: HMI Messungen ohne Vorsatzlinse Einstufung lt. Herst. RG= k.A. 			

Abbildung 176 Scheinwerfer Arri Arrisun 5 [62]

4m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m	Gefahrenstufe 4m: RG4m RG4m = 2/3 Max. Expositionszeit: 54 msec Einstellungen: Spot 5°, „noLens“ Ausrichtung: zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ
E_S [W · m ⁻²]	3.345E-03		8.968E+03	2	
E_{UVA} [W · m ⁻²]	3.834E+01		2.609E+02	2	
E_{IR} [W · m ⁻²]	1.577E+02		2.992E+03	1	
E_H [W · m ⁻²]	4.194E+02		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung	
L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	1.877E+05		5.327E+00	2	
L_R [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	2.370E+06	4.375E-02	5.406E-02	*1):3 *2):2	
*1) Öffnung/ Linsendurchmesser \varnothing 175 mm *2) scheinbare Quelle \varnothing 115.96 mm					

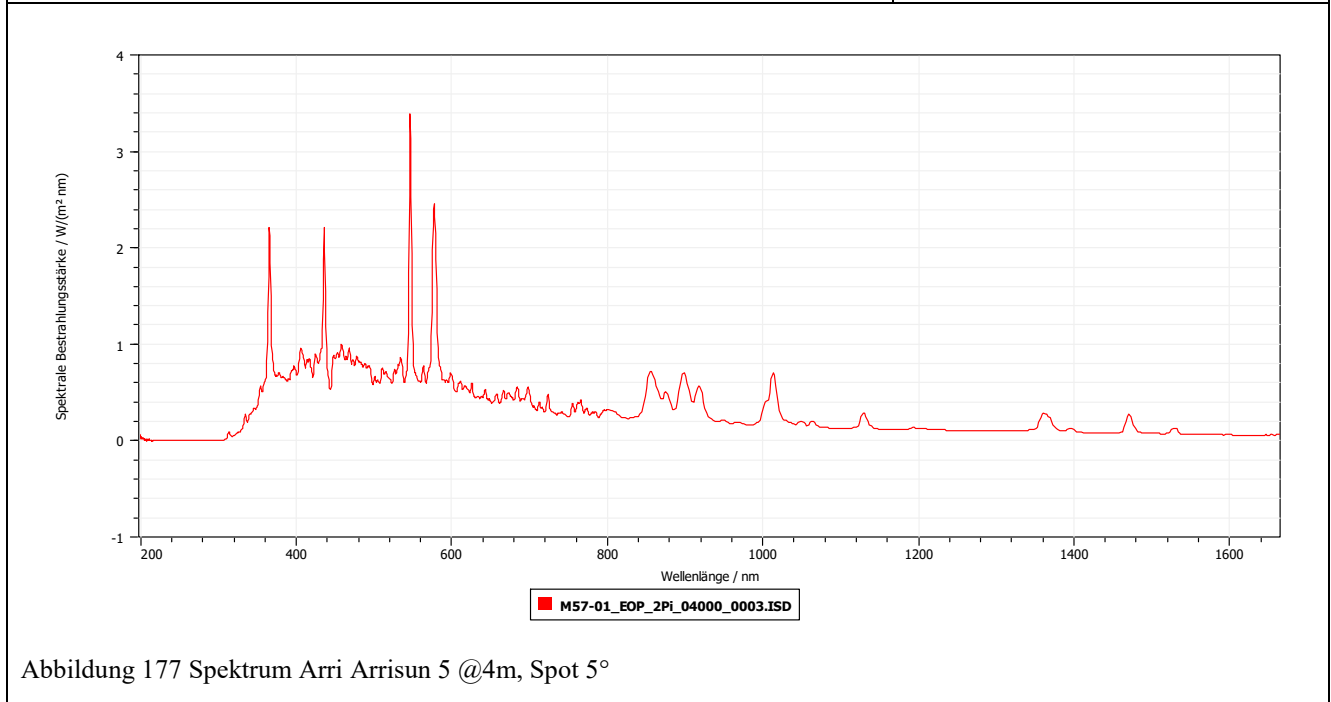


Abbildung 177 Spektrum Arri Arrisun 5 @4m, Spot 5°

Überblick relevanter Messwerte – Spot

Tabelle 90 Arri Arrisun 5 (5° Spot) – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux]	*2)	1.400E+04	6.111E+04	2.909E+05	1.371E+06	3.511E+06	n.m.
E_s [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	6.795E-04	3.345E-03	1.603E-02	8.009E-02	2.087E-01	n.m.
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	7.983E+00	3.834E+01	1.842E+02	9.336E+02	2.410E+03	n.m.
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	*2)	1.399E+01	6.011E+01	2.934E+02	1.563E+03	4.000E+03	n.m.
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	4.424E+01	1.577E+02	7.604E+02	2.982E+03	7.791E+03	n.m.
	*2)*5)	5.712E+01	2.017E+02	9.669E+02	3.791E+03	9.940E+03	
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4)	1.067E+02	4.194E+02	2.022E+03	9.192E+03	2.362E+04	n.m.
	*2)*5)	1.196E+02	4.634E+02	2.229E+03	1.000E+04	2.576E+04	
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	1.160E+05	1.877E+05	1.949E+05	1.472E+05	n.m.	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	3.183E+05	4.929E+05	5.478E+05	4.132E+05	n.m.	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	1.478E+06	2.370E+06	2.497E+06	1.885E+06	n.m.	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	8.230E+04	1.226E+05	1.328E+05	1.066E+05	n.m.	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=8.8°/ Focus=% Near

*3) Integral 350nm-400nm

*4) $E_{IR}, E_H - 1665\text{nm}$

*5) Extrapolation $E_{IR}, E_H - 3000\text{nm}$

Tabelle 91 Arri Arrisun 5 (5° Spot) – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
1.7 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.160E+05	1.877E+05	1.949E+05	1.472E+05	n.m.	n.m.
		*3) 3.655E+03	5.044E+03	6.667E+03	7.856E+03	n.m.	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 3.183E+05	4.929E+05	5.478E+05	4.132E+05	n.m.	n.m.
		*3) 1.293E+04	1.518E+04	2.123E+04	2.596E+04	n.m.	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 1.478E+06	2.370E+06	2.497E+06	1.885E+06	n.m.	n.m.
	*1), *3) 4.948E+04	6.562E+04	8.790E+04	1.045E+05	n.m.	n.m.	
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 8.230E+04	1.226E+05	1.328E+05	1.066E+05	n.m.	n.m.
		*3) 3.377E+03	4.232E+03	5.487E+03	6.698E+03	n.m.	n.m.
11 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 3.683E+04	8.915E+04	1.305E+05	1.361E+05	n.m.	n.m.
		*3) 4.666E+02	9.003E+02	2.418E+03	4.281E+03	n.m.	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 8.553E+04	2.426E+05 *4)	3.489E+05 *4)	3.371E+05 *4)	n.m.	n.m.
		*3) 1.570E+03	3.499E+03	9.331E+03	1.595E+04	n.m.	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 4.538E+05	1.134E+06 *4)	1.654E+06 *4)	1.698E+06 *4)	n.m.	n.m.
	*1), *3) 6.236E+03	1.250E+04	3.351E+04	5.876E+04	n.m.	n.m.	
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 2.322E+04	6.620E+04 *4)	9.343E+04 *4)	8.547E+04 *4)	n.m.	n.m.
		*3) 4.125E+02	9.420E+02	2.484E+03	4.139E+03	n.m.	n.m.
100 mrad	L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.771E+03	1.076E+04 *4)	3.914E+04 *4)	5.908E+04 *4)	n.m.	n.m.
		*3) 1.756E+01	7.619E+01	3.481E+02	4.751E+02	n.m.	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 4.391E+03 *4)	2.738E+04 *5)	1.129E+05 *6)	1.801E+05 *6)	n.m.	n.m.
		*3) 5.368E+01	2.414E+02	1.042E+03	1.487E+03	n.m.	n.m.
	$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1), *2) 2.210E+04 *4)	1.350E+05 *4)*5)	5.043E+05 *4)*6)	7.709E+05 *4)*6)	n.m.	n.m.
	*1), *3) 2.293E+02	1.003E+03	4.523E+03	6.238E+03	n.m.	n.m.	
	L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*2) 1.168E+03 *4)	6.833E+03 *5)	2.413E+04 *6)	4.178E+04 *6)	n.m.	n.m.
		*3) 1.360E+01	6.111E+01	2.886E+02	4.540E+02	n.m.	n.m.

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=8.8°/ Focus=% Near

*3) Zoom=50.2°/ Focus=% Far

*4) OVL - OD1: $L_B=12.48$ $L_R=6.18$ $L_{IR}=3.82$

*5) OVL - OD2: $L_B=167.04$ $L_R=31.32$ $L_{IR}=13.67$

*6) OVL - OD3: $L_B=1146.71$ $L_R=918.19$ $L_{IR}=634.79$

Arri Arrisun 5 (HMI, S/N 1179)


Gruppe HMI	Messzeitraum KW32/ 21	Arri Arrisun 5 (HMI, S/N 1179)	Mess-Nr. M78
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> HMI SEL/ MSR 575W/ PAR Osram HMI 575W/SEL, 7mm Bogen Alter Brenner: unbekannt Lichtstrom: 47500 lm Keine Vorsatzlinse 			
Optik Linse No Lens Öffnung/ Maße \varnothing 175 mm Abstrahlwinkel 8.8° Spot (Herst.)			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> Brenner: HMI Messungen ohne Vorsatzlinse Einstufung lt. Herst. RG= k.A. 			

Abbildung 178 Scheinwerfer Arri Arrisun 5 [62]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m	Gefahrenstufe 4m: RG4m RG4m = 2
E_S [W · m ⁻²]	1.026E-03		> 2.880E+04 (> 8h)	1	
E_{UVA} [W · m ⁻²]	1.199E+01		8.338E+02	1	
E_{IR} [W · m ⁻²]	5.225E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	0	Einstellungen: Spot 8.8°, „noLens“
E_H [W · m ⁻²]	1.372E+02		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung	
L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	1.100E+05		9.095E+00	2	Ausrichtung: zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ
L_R [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	1.317E+06	4.375E-02	5.675E-01	*1):2 *2):2	

*1) Öffnung/Linsendurchmesser \varnothing 175 mm
 *2) scheinbare Quelle \varnothing 127.82 mm

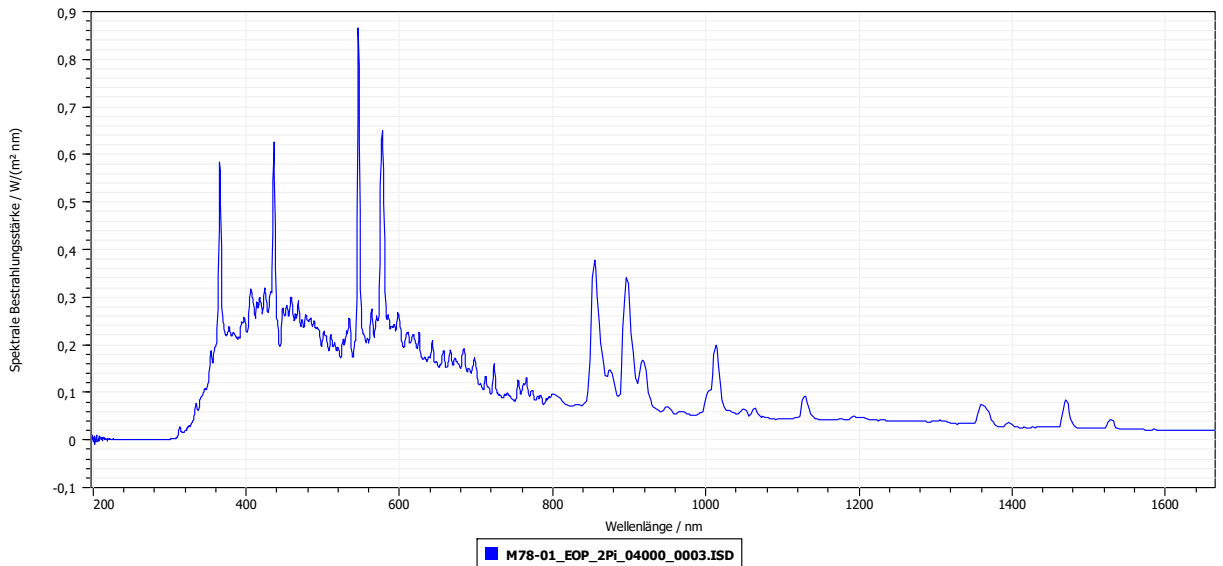


Abbildung 179 Spektrum Arri Arrisun 5 @4m, Spot 5°

Überblick relevanter Messwerte – Spot

Tabelle 92 Arri Arrisun 5 (8.8° Spot) – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E _v [lux]	*2)	4.150E+03	1.891E+04	6.815E+04	2.588E+05	5.921E+05	n.m.
	*6)	1.802E+02	8.124E+02	3.101E+03	1.539E+04	1.179E+05	n.m.
E _s [W · m ⁻²]	*2),*3)	2.326E-04	1.026E-03	3.755E-03	1.642E-02	3.420E-02	n.m.
	*6)	8.966E-06	4.206E-05	1.581E-04	8.545E-04	6.271E-03	n.m.
E _{UVA} [W · m ⁻²]	*2),*3)	2.710E+00	1.199E+01	4.372E+01	1.883E+02	3.963E+02	n.m.
	*6)	1.056E-01	4.942E-01	1.862E+00	9.944E+00	7.323E+01	n.m.
E _B [W · m ⁻²]	*2)	4.282E+00	1.926E+01	6.969E+01	2.721E+02	6.101E+02	n.m.
	*6)	1.787E-01	8.202E-01	3.117E+00	1.556E+01	1.175E+02	n.m.
E _{IR} [W · m ⁻²]	*2)*4)	1.244E+01	5.225E+01	1.787E+02	6.605E+02	1.710E+03	n.m.
	*2)*5)	1.668E+01	6.944E+01	2.374E+02	8.787E+02	2.318E+03	n.m.
E _H [W · m ⁻²]	*2)*4)	3.128E+01	1.372E+02	4.832E+02	1.810E+03	4.361E+03	n.m.
	*2)*5)	3.551E+01	1.543E+02	5.419E+02	2.028E+03	4.969E+03	n.m.
L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	9.993E+04	1.100E+05	1.144E+05	9.288E+04	n.m.	n.m.
	*6)	2.467E+03	3.028E+03	3.857E+03	4.147E+03	n.m.	n.m.
L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	2.012E+05	2.173E+05	2.088E+05	1.886E+05	n.m.	n.m.
	*6)	8.943E+03	1.013E+04	1.234E+04	1.406E+04	n.m.	n.m.
L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.200E+06	1.317E+06	1.352E+06	1.117E+06	n.m.	n.m.
	*6)	3.127E+04	3.387E+04	3.411E+04	3.506E+04	n.m.	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	3.127E+04	3.387E+04	3.411E+04	3.506E+04	n.m.	n.m.
	*6)	2.151E+03	2.452E+03	3.009E+03	3.402E+03	n.m.	n.m.

Anmerkungen:

- *1) $\gamma=1.7\text{ mrad} / L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$
- *2) Zoom=8.8°/ Spot/ no lens
- *3) Integral 350nm-400nm
- *4) E_{IR}, E_H - 1665 nm
- *5) Extrapolation E_{IR}, E_H - 3000nm
- *3) Zoom=50.2°/ Flood/ no lens

Tabelle 93 Arri Arrisun 5 (8.8° Spot) – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
1.7 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2) 9.993E+04	1.100E+05	1.144E+05	9.288E+04	n.m.	n.m.
		*3) 2.467E+03	3.028E+03	3.857E+03	4.147E+03	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2) 2.012E+05	2.173E+05	2.088E+05	1.886E+05	n.m.	n.m.
		*3) 8.943E+03	1.013E+04	1.234E+04	1.406E+04	n.m.	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2) 1.200E+06	1.317E+06	1.352E+06	1.117E+06	n.m.	n.m.
	*1), *3) 3.362E+04	4.041E+04	5.091E+04	5.553E+04	n.m.	n.m.	
	L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2) 3.127E+04	3.387E+04	3.411E+04	3.506E+04	n.m.	n.m.
		*3) 2.151E+03	2.452E+03	3.009E+03	3.402E+03	n.m.	n.m.
11 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2) 4.020E+04	6.050E+04	5.915E+04	6.164E+04	n.m.	n.m.
		*3) 5.465E+02	9.296E+02	1.798E+03	3.109E+03	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2) 8.367E+04	1.090E+05	1.064E+05	1.126E+05	n.m.	n.m.
		*3) 1.776E+03	3.290E+03	6.356E+03	1.076E+04	n.m.	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2) 4.856E+05	7.140E+05	6.979E+05	7.290E+05	n.m.	n.m.
	*1), *3) 7.241E+03	1.259E+04	2.433E+04	4.184E+04	n.m.	n.m.	
	L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2) 1.664E+04	2.180E+04	2.051E+04	2.402E+04	n.m.	n.m.
		*3) 4.132E+02	7.899E+02	1.520E+03	2.596E+03	n.m.	n.m.
100 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2) 1.047E+03	4.461E+03	2.013E+04 *4)	1.823E+04 *4)	n.m.	n.m.
		*3) 3.254E+01	1.436E+02	5.575E+02	6.226E+02	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2) 2.465E+03 *4)	9.064E+03 *4)	4.192E+04 *5)	3.974E+04 *5)	n.m.	n.m.
		*3) 9.629E+01	4.219E+02	1.397E+03	1.602E+03	n.m.	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2) 1.293E+04 *4)	5.367E+04 *4)	2.432E+05 *4)*5)	2.220E+05 *4)*5)	n.m.	n.m.
	*1), *3) 4.216E+02	1.858E+03	6.972E+03	7.828E+03	n.m.	n.m.	
	L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2) 4.835E+02	2.059E+03 *4)	9.052E+03 *5)	8.463E+03 *5)	n.m.	n.m.
	*3) 2.152E+01	9.482E+01	3.557E+02	4.396E+02	n.m.	n.m.	

Anmerkungen:

- *1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$
- *2) Zoom=8.8°/ Spot/ no lens
- *3) Zoom=50.2°/ Flood/ no lens
- *4) OVL - OD1: L_B=13.48 L_R=6.51 L_{IR}=3.84
- *5) OVL - OD2: L_B=180.44 L_R=33.83 L_{IR}=13.93
- *6) OVL - OD3: L_B=1254.38 L_R=897.08 L_{IR}=649.16

Arri Arrisun 5 (HMI, S/N 403)

Gruppe HMI	Messzeitraum KW32/ 21	Arri Arrisun 5 (HMI, S/N 403)	Mess-Nr. M79
---------------	--------------------------	--------------------------------------	-----------------

Leuchtmittel/ Typ

- HMI SEL/ MSR 575W/ PAR
- Osram HMI 575W/SEL, 7mm Bogen
- Alter Brenner: unbekannt
- Lichtstrom: 47500 lm
- Keine Vorsatzlinse

Optik

Linse	No Lens
Öffnung/ Maße	ø 175 mm
Abstrahlwinkel	5° Spot (gemessen)

Bemerkung

- Brenner: HMI
- Messungen ohne Vorsatzlinse
- Einstufung lt. Herst. RG= k.A.



Abbildung 180 Scheinwerfer Arri Arrisun 5 [62]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
E_S [W · m ⁻²]	2.504E-03		1.198E+04	1
E_{UVA} [W · m ⁻²]	2.888E+01		3.463E+02	1
E_{IR} [W · m ⁻²]	1.814E+02		2.600E+03	1
E_H [W · m ⁻²]	4.278E+02		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung
L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	1.956E+05		5.114E+00	2
L_R [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	2.443E+06	4.375E-02	4.791E-02	*1):3 *2):2

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser ø 175 mm

*2) scheinbare Quelle ø 109.36 mm

Gefahrenstufe 4m: RG4m
 RG4m = 2/ 3

Max. Expositionszeit:
 49 msec

Einstellungen:
 Spot 5°, „noLens“

Ausrichtung:
 zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ

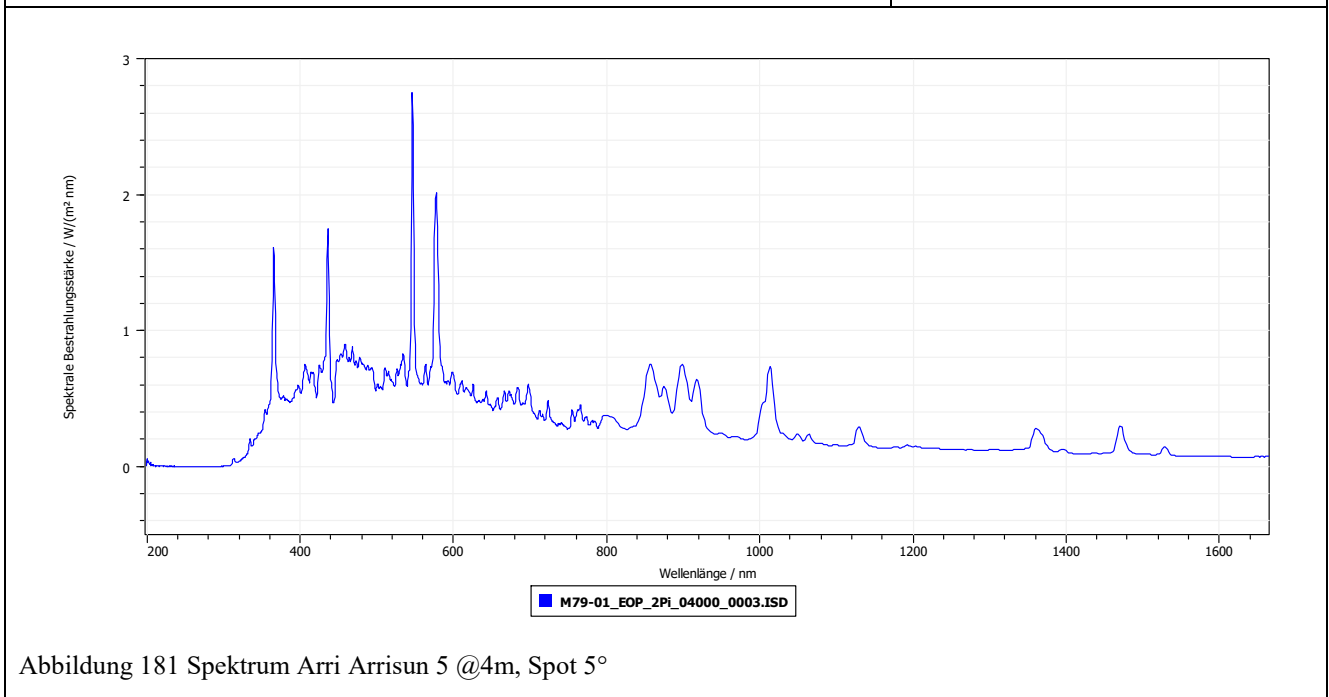


Abbildung 181 Spektrum Arri Arrisun 5 @4m, Spot 5°

Überblick relevanter Messwerte – Spot

Tabelle 94 Arri Arrisun 5 (5° Spot) – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E _v [lux]	*2)	7.958E+03	5.713E+04	2.801E+05	1.331E+06	4.063E+06	n.m.
	*6)	1.262E+02	5.677E+02	2.428E+03	1.514E+04	2.009E+05	n.m.
E _s [W · m ⁻²]	*2),*3)	2.898E-04	2.504E-03	1.162E-02	5.874E-02	2.121E-01	n.m.
	*6)	4.040E-06	1.997E-05	8.394E-05	5.353E-04	8.243E-03	n.m.
E _{UVA} [W · m ⁻²]	*2),*3)	3.440E+00	2.888E+01	1.352E+02	6.883E+02	2.444E+03	n.m.
	*6)	4.887E-02	2.384E-01	1.004E+00	6.397E+00	9.639E+01	n.m.
E _B [W · m ⁻²]	*2)	7.308E+00	5.207E+01	2.619E+02	1.374E+03	4.411E+03	n.m.
	*6)	1.104E-01	5.064E-01	2.176E+00	1.369E+01	1.898E+02	n.m.
E _{IR} [W · m ⁻²]	*2)*4)	2.589E+01	1.814E+02	7.616E+02	3.281E+03	9.250E+03	n.m.
	*2)*5)	3.372E+01	2.352E+02	9.659E+02	4.159E+03	1.174E+04	n.m.
E _H [W · m ⁻²]	*2)*4)	6.200E+01	4.278E+02	1.985E+03	9.259E+03	2.744E+04	n.m.
	*2)*5)	6.983E+01	4.815E+02	2.189E+03	1.014E+04	2.993E+04	n.m.
L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.565E+05	1.956E+05	1.860E+05	1.559E+05	n.m.	n.m.
	*6)	2.818E+03	4.772E+03	6.038E+03	6.632E+03	n.m.	n.m.
L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	4.827E+05	4.872E+05	4.392E+05	4.632E+05	n.m.	n.m.
	*6)	1.459E+04	1.808E+04	2.179E+04	2.632E+04	n.m.	n.m.
L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	2.048E+06	2.443E+06	2.299E+06	2.022E+06	n.m.	n.m.
	*6)	3.353E+03	4.577E+03	5.263E+03	6.302E+03	n.m.	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad} / L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=8.8°/ Spot/ no lens

*3) Integral 350nm-400nm

*4) E_{IR}, E_H - 1665nm

*5) Extrapolation E_{IR}, E_H - 3000nm

*6) Zoom=50.2° / Flood/ no lens

Tabelle 95 Arri Arrisun 5 (5° Spot) – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.565E+05	1.956E+05	1.860E+05	1.559E+05	n.m.	n.m.
		*3)	2.818E+03	4.772E+03	6.038E+03	6.632E+03	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	4.827E+05	4.872E+05	4.392E+05	4.632E+05	n.m.	n.m.
		*3)	1.459E+04	1.808E+04	2.179E+04	2.632E+04	n.m.	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	2.048E+06	2.443E+06	2.299E+06	2.022E+06	n.m.	n.m.
		*1), *3)	4.277E+04	6.580E+04	8.217E+04	9.264E+04	n.m.	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.072E+05	1.001E+05	8.147E+04	1.040E+05	n.m.	n.m.	
*3)	3.353E+03	4.577E+03	5.263E+03	6.302E+03	n.m.	n.m.		
11 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	3.350E+04	7.697E+04	1.617E+05	1.447E+05	n.m.	n.m.
		*3)	3.933E+02	7.883E+02	2.284E+03	4.184E+03	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.018E+05	2.221E+05	3.363E+05	3.751E+05	n.m.	n.m.
		*3)	1.677E+03	3.728E+03	1.015E+04	1.740E+04	n.m.	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	4.368E+05	9.918E+05	1.953E+06	1.822E+06	n.m.	n.m.
		*1), *3)	5.610E+03	1.161E+04	3.299E+04	5.924E+04	n.m.	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	2.791E+04	1.845E+05	7.246E+04	9.001E+04	n.m.	n.m.	
	*3)	4.051E+02	9.469E+02	2.546E+03	4.237E+03	n.m.	n.m.	
100 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.162E+03	5.432E+04	3.124E+04	6.074E+04	n.m.	n.m.
		*3)	1.520E+01	6.422E+01	3.156E+02	4.778E+02	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	4.039E+03	1.741E+04	1.089E+05	2.183E+05	n.m.	n.m.
		*3)	5.778E+01	2.479E+02	1.111E+03	1.619E+03	n.m.	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	1.566E+04	5.607E+05	4.213E+05	8.257E+05	n.m.	n.m.
		*1), *3)	2.098E+02	8.901E+02	4.267E+03	6.396E+03	n.m.	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.021E+03	4.199E+03	2.244E+04	4.723E+04	n.m.	n.m.	
	*3)	1.360E+01	5.881E+01	2.924E+02	4.664E+02	n.m.	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=8.8°/ Spot/ no lens

*3) Zoom=50.2°/ Flood/ no lens

*4) OVL - OD1: L_B=12.48 L_R=6.18 L_{IR}=3.82

*5) OVL - OD2: L_B=167.04 L_R=31.32 L_{IR}=13.67

*6) OVL - OD3: L_B=1146.71 L_R=918.19 L_{IR}=634.79

Arri Arrisun 5 (HMI, S/N 1180)

Gruppe HMI	Messzeitraum KW32/ 21	Arri Arrisun 5 (HMI, S/N 1180)	Mess-Nr. M80
---------------	--------------------------	---------------------------------------	-----------------

- Leuchtmittel/ Typ**
- HMI SEL/ MSR 575W/ PAR
 - Osram HMI 575W/SEL, 7mm Bogen
 - Alter Brenner: neu
 - Lichtstrom: 47500 lm
 - Keine Vorsatzlinse

Optik

Linse	No Lens
Öffnung/ Maße	ø 175 mm
Abstrahlwinkel	5° Spot (gemessen)

- Bemerkung**
- Brenner: HMI
 - Messungen ohne Vorsatzlinse
 - Einstufung lt. Herst. RG= k.A.



Abbildung 182 Scheinwerfer Arri Arrisun 5 [62]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
E_S [W · m ⁻²]	6.220E-03		4.823E+03	2
E_{UVA} [W · m ⁻²]	6.947E+01		1.440E+02	2
E_{IR} [W · m ⁻²]	2.150E+02		2.194E+03	1
E_H [W · m ⁻²]	5.418E+02		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung
L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	1.276E+05		7.839E+00	2
L_R [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	1.611E+06	4.375E-02	2.535E-01	*1):2 *2):2

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser ø 175 mm

*2) scheinbare Quelle ø 125.3 mm

Gefahrenstufe 4m: RG4m

RG4m = 2

Max. Expositionszeit:

253 msec

Einstellungen:

Spot 5°, „noLens“

Ausrichtung:

zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ

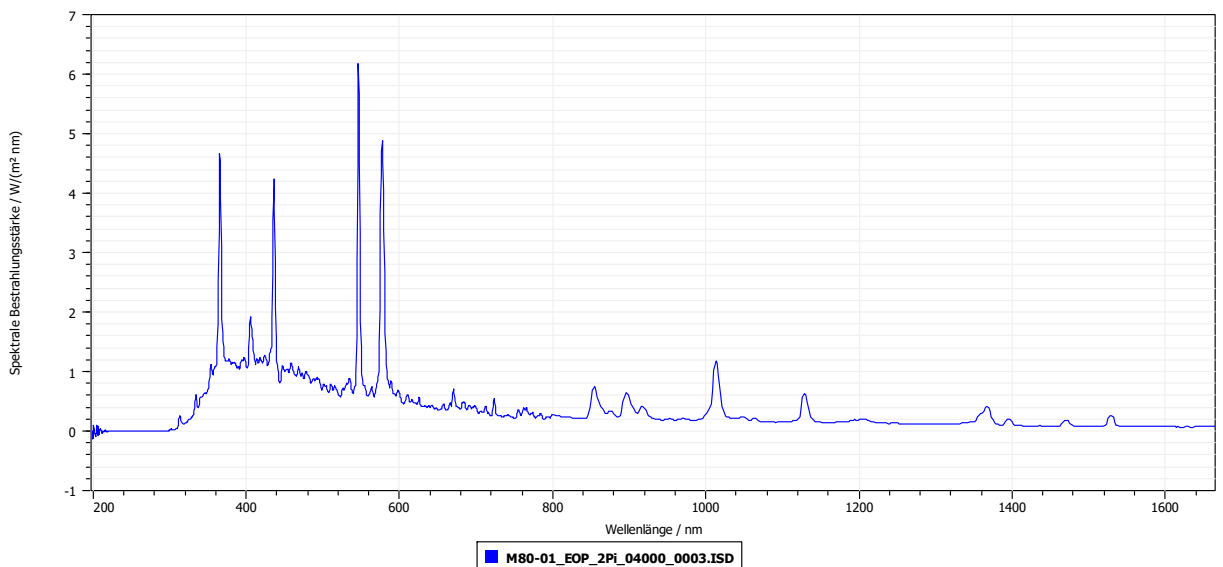


Abbildung 183 Spektrum Arri Arrisun 5 @4m, Spot 5°

Überblick relevanter Messwerte – Spot

Tabelle 96 Arri Arrisun 5 (5° Spot) – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E _V [lux]	*2)	1.723E+04	7.752E+04	2.252E+05	1.197E+06	3.160E+06	n.m.
	*6)	2.195E+02	9.307E+02	3.597E+03	1.569E+04	9.980E+04	n.m.
E _S [W · m ⁻²]	*2),*3)	1.280E-03	6.220E-03	1.707E-02	9.730E-02	2.522E-01	n.m.
	*6)	1.316E-05	5.871E-05	2.204E-04	9.528E-04	5.768E-03	n.m.
E _{UVA} [W · m ⁻²]	*2),*3)	1.426E+01	6.947E+01	1.957E+02	1.098E+03	2.803E+03	n.m.
	*6)	1.522E-01	6.735E-01	2.545E+00	1.102E+01	6.645E+01	n.m.
E _B [W · m ⁻²]	*2)	1.762E+01	8.383E+01	2.606E+02	1.366E+03	3.362E+03	n.m.
	*6)	2.188E-01	9.339E-01	3.607E+00	1.586E+01	9.471E+01	n.m.
E _{IR} [W · m ⁻²]	*2)*4)	3.985E+01	1.681E+02	4.622E+02	2.429E+03	7.515E+03	n.m.
	*2)*5)	5.145E+01	2.150E+02	5.877E+02	3.089E+03	9.588E+03	n.m.
E _H [W · m ⁻²]	*2)*4)	1.102E+02	4.904E+02	1.456E+03	7.564E+03	2.068E+04	n.m.
	*2)*5)	1.235E+02	5.418E+02	1.604E+03	8.230E+03	2.256E+04	n.m.
L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.508E+05	1.276E+05	1.745E+05	1.397E+05	n.m.	n.m.
	*6)	4.822E+03	7.126E+03	8.557E+03	9.550E+03	n.m.	n.m.
L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	3.206E+05	3.351E+05	3.314E+05	2.857E+05	n.m.	n.m.
	*6)	1.232E+04	1.874E+04	2.199E+04	2.413E+04	n.m.	n.m.
L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.829E+06	1.611E+06	2.076E+06	1.683E+06	n.m.	n.m.
	*6)	6.054E+04	9.000E+04	1.076E+05	1.196E+05	n.m.	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	5.624E+04	6.218E+04	4.984E+04	4.330E+04	n.m.	n.m.
	*6)	2.614E+03	3.883E+03	4.643E+03	4.906E+03	n.m.	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{ mrad} / L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=8.8°/ Spot/ no lens

*3) Integral 350nm-400nm

*4) E_{IR}, E_H - 1665nm

*5) Extrapolation E_{IR}, E_H - 3000nm

*6) Zoom=50.2°/ Flood/ no lens

Tabelle 97 Arri Arrisun 5 (5° Spot) – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.508E+05	1.276E+05	1.745E+05	1.397E+05	n.m.	n.m.
		*3)	4.822E+03	7.126E+03	8.557E+03	9.550E+03	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	3.206E+05	3.351E+05	3.314E+05	2.857E+05	n.m.	n.m.
		*3)	1.232E+04	1.874E+04	2.199E+04	2.413E+04	n.m.	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	1.829E+06	1.611E+06	2.076E+06	1.683E+06	n.m.	n.m.
		*1), *3)	6.054E+04	9.000E+04	1.076E+05	1.196E+05	n.m.	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	5.624E+04	6.218E+04	4.984E+04	4.330E+04	n.m.	n.m.	
	*3)	2.614E+03	3.883E+03	4.643E+03	4.906E+03	n.m.	n.m.	
11 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	6.054E+04	8.544E+04	1.612E+05	1.256E+05	n.m.	n.m.
		*3)	6.030E+02	1.288E+03	3.581E+03	5.903E+03	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.118E+05	1.688E+05 *4)	2.481E+05 *4)	2.198E+05 *4)	n.m.	n.m.
		*3)	1.834E+03	3.974E+03	1.062E+04	1.637E+04	n.m.	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	7.172E+05	1.023E+06 *4)	1.860E+06 *4)	1.476E+06 *4)	n.m.	n.m.
		*1), *3)	7.864E+03	1.685E+04	4.643E+04	7.540E+04	n.m.	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	2.214E+04	3.206E+04	4.274E+04	3.826E+04	n.m.	n.m.	
	*3)	4.016E+02	8.577E+02	2.305E+03	3.430E+03	n.m.	n.m.	
100 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	2.785E+03	1.004E+04 *4)	2.523E+06 *6)	3.433E+04 *4)	n.m.	n.m.
		*3)	3.291E+01	1.366E+02	6.024E+02	6.886E+02	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	4.829E+03 *4)	2.237E+04 *6)	6.578E+04 *6)	9.493E+04 *6)	n.m.	n.m.
		*3)	9.286E+01	3.823E+02	1.436E+03	1.658E+03	n.m.	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	3.268E+04 *4)	1.227E+05 *4)*6)	2.530E+07 *6)*6)	4.382E+05 *4)*6)	n.m.	n.m.
		*1), *3)	4.219E+02	1.748E+03	7.460E+03	8.544E+03	n.m.	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	8.339E+02 *4)	3.177E+03 *4)	1.232E+04 *6)	1.689E+04 *6)	n.m.	n.m.	
	*3)	1.971E+01	8.145E+01	3.606E+02	4.449E+02	n.m.	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=8.8°/ Spot/ no lens

*3) Zoom=50.2°/ Flood/ no lens

*4) OVL - OD1: L_B=12.48 L_R=6.18 L_{IR}=3.82

*5) OVL - OD2: L_B=167.04 L_R=31.32 L_{IR}=13.67

*6) OVL - OD3: L_B=1146.71 L_R=918.19 L_{IR}=634.79

Arri Arrisun 5 (HMI, S/N 1180) mit 10°-Vorsatzlinse


Gruppe HMI	Messzeitraum KW32/ 21	Arri Arrisun 5 (HMI, S/N 1180), Spot 10°-Vorsatzlinse bl	Mess-Nr. M80
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> HMI SEL/ MSR 575W/ PAR Osram HMI 575W/SEL, 7mm Bogen Alter Brenner: neu Lichtstrom: 47500 lm Spot 10° Vorsatzlinse bl 			
Optik Linse No Lens Öffnung/ Maße \varnothing 175 mm Abstrahlwinkel 10° Spot, bl Linse			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> Brenner: HMI Messungen mit Vorsatzlinse Einstufung lt. Herst. RG= k.A. 			

Abbildung 184 Scheinwerfer Arri Arrisun 5 [62]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m	Gefahrenstufe 4m: RG4m RG4m = 2 Max. Expositionszeit: 1.191 sec Einstellungen: Spot 10°, bl Vorsatzlinse Ausrichtung: zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ
E_S [W · m ⁻²]	2.640E-03		1.137E+04	1	
E_{UVA} [W · m ⁻²]	3.036E+01		3.294E+02	1	
E_{IR} [W · m ⁻²]	1.113E+02		4.240E+03	1	
E_H [W · m ⁻²]	2.803E+02		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung	
L_B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	9.032E+04		1.107E+01	2	
L_R [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	1.094E+06	4.375E-02	1.191E+00	*1):2 *2):-2	
*1) Öffnung/ Linsendurchmesser \varnothing 175 mm *2) scheinbare Quelle \varnothing 142.26 mm					

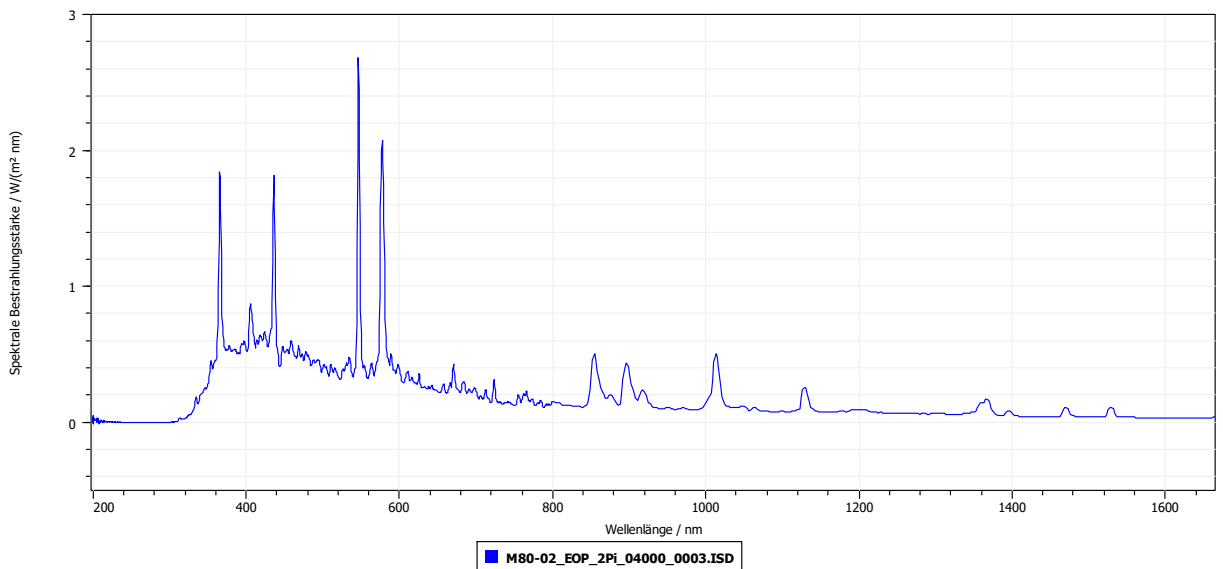


Abbildung 185 Spektrum Arri Arrisun 5 @4m, bl Linse Spot 10°

Überblick relevanter Messwerte – Spot

Tabelle 98 Arri Arrisun 5 (10° Spot bl Linse) – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E _v [lux]	*2)	8.596E+03	3.910E+04	1.513E+05	6.534E+05	1.812E+06	n.m.
	*6)	1.922E+02	8.090E+02	3.480E+03	1.579E+04	1.225E+05	
E _s [W · m ⁻²]	*2),*3)	5.946E-04	2.640E-03	1.022E-02	4.496E-02	1.266E-01	n.m.
	*6)	1.063E-05	4.442E-05	1.903E-04	8.543E-04	6.572E-03	
E _{UVA} [W · m ⁻²]	*2),*3)	6.833E+00	3.036E+01	1.178E+02	5.175E+02	1.444E+03	n.m.
	*6)	1.248E-01	5.208E-01	2.231E+00	1.002E+01	7.664E+01	
E _B [W · m ⁻²]	*2)	9.197E+00	4.135E+01	1.617E+02	7.051E+02	1.919E+03	n.m.
	*6)	1.874E-01	7.844E-01	3.379E+00	1.531E+01	1.138E+02	
E _{IR} [W · m ⁻²]	*2)*4)	2.037E+01	8.699E+01	3.199E+02	1.381E+03	4.121E+03	n.m.
	*2)*5)	2.629E+01	1.113E+02	4.067E+02	1.755E+03	5.258E+03	
E _H [W · m ⁻²]	*2)*4)	5.752E+01	2.537E+02	9.692E+02	4.184E+03	1.183E+04	n.m.
	*2)*5)	6.446E+01	2.803E+02	1.068E+03	4.553E+03	1.290E+04	
L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	8.614E+04	9.032E+04	6.907E+03	8.742E+04	n.m.	n.m.
	*6)	4.096E+03	5.992E+03	6.907E+03	7.058E+03	n.m.	n.m.
L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.769E+05	1.908E+05	2.001E+05	1.851E+05	n.m.	n.m.
	*6)	1.110E+04	1.712E+04	1.840E+04	1.875E+04	n.m.	n.m.
L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.038E+06	1.094E+06	2.692E+05	1.059E+06	n.m.	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	2.847E+04	6.489E+03	3.115E+04	2.813E+04	n.m.	n.m.
	*6)	2.296E+03	1.154E+02	3.787E+03	3.804E+03	n.m.	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{ mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=8.8° / Spot/ bl lens 10°

*3) Integral 350nm-400nm

*4) E_{IR}, E_H - 1665 nm

*5) Extrapolation E_{IR}, E_H - 3000nm

*6) Zoom=50.2° / Flood/ bl lens 10°

Tabelle 99 Arri Arrisun 5 (10° Spot bl Linse) – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	8.614E+04	9.032E+04	6.907E+03	8.742E+04	n.m.	n.m.
		*3)	4.096E+03	5.992E+03	6.907E+03	7.058E+03	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.769E+05	1.908E+05	2.001E+05	1.851E+05	n.m.	n.m.
		*3)	1.110E+04	1.607E+04	1.840E+04	1.875E+04	n.m.	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	1.038E+06	1.094E+06	2.692E+05	1.059E+06	n.m.	n.m.
*1), *3)		5.206E+04	7.599E+04	8.747E+04	8.933E+04	n.m.	n.m.	
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	2.847E+04	2.909E+04	3.115E+04	2.813E+04	n.m.	n.m.	
	*3)	2.296E+03	3.396E+03	3.787E+03	3.804E+03	n.m.	n.m.	
11 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	3.876E+04	6.537E+04	8.172E+04	8.274E+04	n.m.	n.m.
		*3)	6.289E+02	1.306E+03	3.328E+03	5.246E+03	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	8.068E+04	1.171E+05	1.086E+04 *4)	1.484E+05 *4)	n.m.	n.m.
		*3)	1.939E+03	4.058E+03	1.004E+04	1.472E+04	n.m.	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	4.683E+05	7.708E+05	8.281E+05 *4)	9.758E+05 *4)	n.m.	n.m.
*1), *3)		8.228E+03	1.712E+04	4.332E+04	6.718E+04	n.m.	n.m.	
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.543E+04	2.280E+04	2.698E+04	2.684E+04	n.m.	n.m.	
	*3)	4.169E+02	8.654E+02	2.155E+03	3.030E+03	n.m.	n.m.	
100 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.448E+03	6.489E+03	2.193E+04 *4)	3.215E+04 *4)	n.m.	n.m.
		*3)	2.641E+01	1.154E+02	5.336E+02	7.162E+02	n.m.	n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	2.895E+03 *4)	1.464E+04 *6)	5.434E+04 *6)	8.170E+04 *6)	n.m.	n.m.
		*3)	7.928E+01	3.425E+02	1.372E+03	2.050E+03 *4)	n.m.	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	1.738E+04 *4)	7.953E+04 *6)	2.736E+05 *4)*6)	4.032E+05 *4)*6)	n.m.	n.m.
*1), *3)		3.434E+02	1.497E+03	6.708E+03	9.212E+03 *4)	n.m.	n.m.	
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	5.380E+02	2.280E+03 *4)	9.458E+03 *6)	1.435E+04 *6)	n.m.	n.m.	
	*3)	1.684E+01	7.316E+01	3.448E+02	4.551E+02	n.m.	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=8.8° / Spot/ bl lens 10°

*3) Zoom=50.2° / Flood/ bl lens 10°

*4) OVL - OD1: L_B=12.48 L_R=6.18 L_{IR}=3.82

*5) OVL - OD2: L_B=167.04 L_R=31.32 L_{IR}=13.67

*6) OVL - OD3: L_B=1146.71 L_R=918.19 L_{IR}=634.79

Überblick relevanter Messwerte – 6.5° Spot/ 353 Hz

Tabelle 100 Arri True Blue D12 (6.5° Spot/ 353 Hz) – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E _v [lux]	*2)	5.805E+03	2.248E+04	8.181E+04	2.586E+05	n.m.	n.m.
	*6)	7.999E+02	3.071E+03	1.131E+04	3.870E+04		n.m.
E _S [W · m ⁻²]	*2)*3)	1.796E-03	9.049E-03	1.972E-02	9.383E-02	n.m.	n.m.
	*6)	3.150E-04	1.046E-03	3.333E-03	1.370E-02	n.m.	n.m.
E _{UVA} [W · m ⁻²]	*2)	4.370E+00	1.595E+01	5.714E+01	1.639E+02	n.m.	n.m.
	*6)	5.148E-01	1.838E+00	6.590E+00	1.964E+01	n.m.	n.m.
E _B [W · m ⁻²]	*2)	6.692E+00	2.583E+01	9.374E+01	2.844E+02	n.m.	n.m.
	*6)	8.520E-01	3.225E+00	1.182E+01	3.873E+01	n.m.	n.m.
E _{IR} [W · m ⁻²]	*2)*4)	1.282E+01	4.803E+01	1.723E+02	5.917E+02	n.m.	n.m.
	*2)*5)	1.613E+01	6.041E+01	2.165E+02	7.438E+02		
E _H [W · m ⁻²]	*2)*4)	4.222E+01	1.615E+02	5.845E+02	1.891E+03	n.m.	n.m.
	*2)*5)	4.553E+01	1.739E+02	6.287E+02	2.043E+03		
L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	3.769E+04	4.425E+04	5.764E+04	5.180E+04	n.m.	n.m.
	*1)*6)	6.624E+04	7.662E+04	8.061E+04	8.168E+04		
L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	1.143E+05	1.227E+05	1.711E+05	1.582E+05	n.m.	n.m.
	*1)*6)	1.861E+05	2.224E+05	2.321E+05	2.451E+05		
L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	4.912E+05	5.652E+05	7.475E+05	6.763E+05	n.m.	n.m.
	*1)*6)						
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)*2)	2.210E+04	2.309E+04	3.255E+04	3.206E+04	n.m.	n.m.
	*1)*6)	3.598E+04	4.176E+04	4.392E+04	4.584E+04		

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}/L_{R(Kor)} = 10^{\circ}L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=6.5°/ Spot / 353Hz

*3) Integral 230nm-400nm

*4) E_{IR}, E_H - 1665nm

*5) Extrapolation E_{IR}, E_H - 3000nm

*6) Zoom=61.0°/ Flood / 353Hz

Tabelle 101 Arri True Blue D12 (6.5° Spot/ 353 Hz) – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200	
1.7 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	3.769E+04	4.425E+04	5.764E+04	5.180E+04	*6)	n.m.
		*3)	6.624E+04	7.662E+04	8.061E+04	8.168E+04		n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.143E+05	1.227E+05	1.711E+05	1.582E+05	*6)	n.m.
		*3)	1.861E+05	2.224E+05	2.321E+05	2.451E+05		n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	4.912E+05	5.652E+05	7.475E+05	6.763E+05		n.m.
	*1), *3)	8.485E+05	9.886E+05	1.038E+06	1.062E+06		n.m.	
11 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	2.527E+04	2.932E+04	3.420E+04	3.460E+04	*6)	n.m.
		*3)	8.086E+03	2.382E+04	5.009E+04	7.142E+04		n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	7.121E+04	7.903E+04	9.382E+04	1.075E+05	*6)	n.m.
		*3)	2.716E+04	7.290E+04	1.253E+05	2.114E+05	*4)	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	3.239E+05	3.722E+05	4.359E+05	4.535E+05		n.m.
	*1), *3)	1.080E+05	3.111E+05	6.262E+05	9.256E+05		n.m.	
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	1.440E+04	1.628E+04	2.029E+04	2.149E+04	*6)	n.m.	
	*3)	5.317E+03	1.569E+04	2.920E+04	3.858E+04		n.m.	
100 mrad	L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	9.591E+02	3.823E+03	1.301E+04	2.247E+04	*6)	n.m.
		*3)	1.165E+05	4.613E+02	1.871E+03	7.335E+03		n.m.
	L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	2.750E+03	*4) 9.314E+03	*4) 3.395E+04	*5) 6.968E+04	*6)	n.m.
		*3)	3.868E+02	1.334E+03	5.830E+03	2.416E+04	*5)	n.m.
	L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1), *2)	1.234E+04	*4) 4.755E+04	*4) 1.641E+05	*4)*5) 2.944E+05		n.m.
	*1), *3)	1.165E+06	5.946E+03	2.454E+04	*4) 9.751E+04		n.m.	
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*2)	4.977E+02	2.042E+03	*4) 6.886E+03	*5) 1.382E+04	*6)	n.m.	
	*3)	7.586E+01	3.036E+02	1.003E+03	4.973E+03	*5)	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10^{\circ}L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom=6.5°/ Spot / 353Hz

*3) Zoom=61°/ Flood / 353Hz

*4) OVL - OD1: L_B=13.45 L_R=6.43 L_{IR}=3.91

*5) OVL - OD2: L_B=171.43 L_R=32.41 L_{IR}=13.93

*6) OVL - OD3: L_B=1259.83 L_R=906.72 L_{IR}=657.78

Scheinwerfer mit CDM-Leuchtmittel

Tabelle 102 Liste Scheinwerfer mit CDM-Leuchtmittel

Nr.	Scheinwerfer	Leuchtmittel	opt. Leistung in W	Maße in mm	Gewicht in kg	Scheinwerfertyp
1	ETC S4 PARNel, vertikal ()	CDM	250			PAR

Der Scheinwerfer „ETC S4 PARNel“ ist für einen Ringvergleich (Round-Robin-Test) der beteiligten Labore verwendet und mit verschiedenen Einstellungen/ Einbaulagen vermessen worden. Im Kapitel „Vergleichende Messungen in verschiedenen Laboren“ (S.166) werden diese Messungen erläutert. Für den Steckbrief ist exemplarisch eine Messung in vertikaler Einbaulage (CDM1_2, (|), vgl. „Messkataster ETC S4 PARNel CDM“, S.166) verwendet worden.

ETC S4 PARnel CDM, vertikal (I)

Gruppe CDM	Messzeitraum KW 37/ 20	ETC Source Four PARnel, vertikal	Mess-Nr. M56
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> • CDM 250W/ PAR, CDM1_2, (I) • Philips Master Colour CDM-T 250W/ 942, 12.3mm Bogen • Lichtstrom: 23400 lm • WS-Linse (engl. Wave Stippled lens) für Spot u. Flood 			
Optik Linse 2 Linsen (WS, WC) Öffnung/ Maße ø 170 mm Abstrahlwinkel 25°-45° Zoom			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> • WS-Linse Anschlag links (kein Maximalwert) • IR-B: Extrapolation der Bremsstrahlung • Einstufung lt. Herst. RG= k.A. 			

Abbildung 188 Scheinwerfer ETC S4 PARnel [64]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
$E_s [W \cdot m^{-2}]$	6.508E-05		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{UVA} [W \cdot m^{-2}]$	9.789E-01		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{IR} [W \cdot m^{-2}]$	1.526E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_H [W \cdot m^{-2}]$	4.376E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung
$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	1.118E+04		8.947E+01	2
$L_R [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	1.489E+05	4.250E-02	> 2.880E+04 (> 8h)	*1):0 *2):0

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser ø 170 mm
*2) scheinbare Quelle ø 70.1 mm

Gefahrenstufe 4m: RG4m

RG4m = 2

Max. Expositionszeit:

89.47 sec

Einstellungen:

Spot 25°

Ausrichtung:

zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ

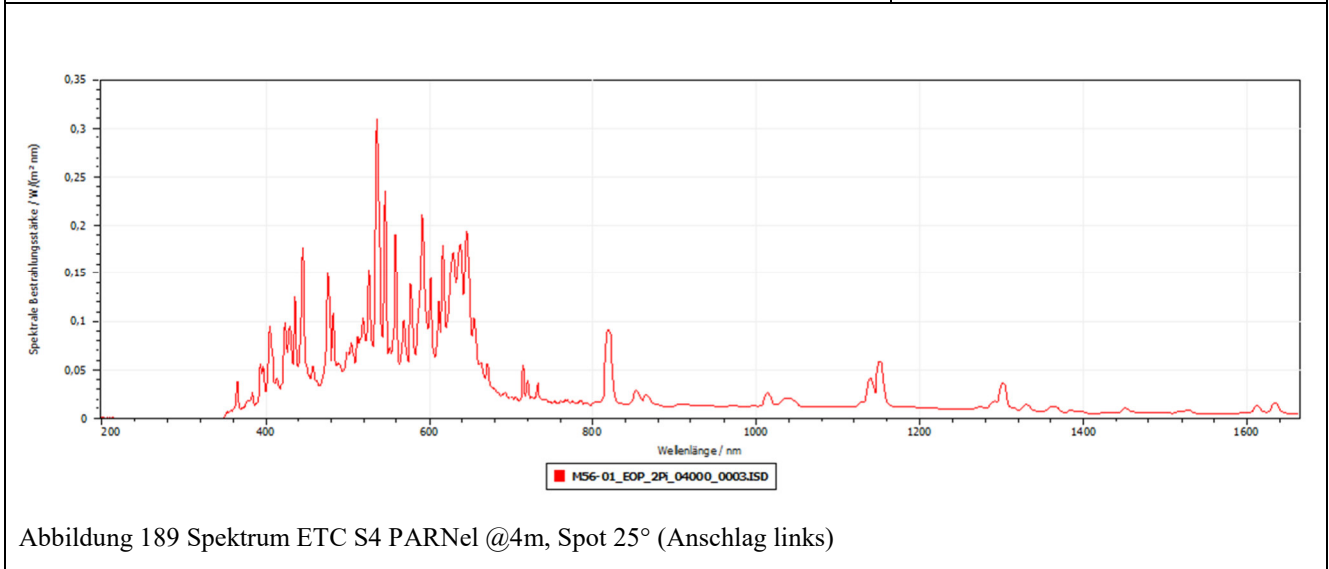


Abbildung 189 Spektrum ETC S4 PARnel @4m, Spot 25° (Anschlag links)

Überblick relevanter Messwerte – Spot, „Anschlag links“

Tabelle 103 ETC S4 PARNel (Spot) – Überblick relevanter Messwerte vertikale Ausrichtung der Scheinwerferachse, 25° Spot, CDM1_2, (I)

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux]	2.173E+03 7.438E+02 *2)	7.967E+03 2.847E+03 *2)	3.559E+04 1.219E+04 *2)	1.382E+05 4.889E+04 *2)	4.315E+05 2.031E+05 *2)	1.110E+06 1.128E+06 *2)
E_s [$W \cdot m^{-2}$]	1.725E-05 *3)	6.508E-05 *3)	2.826E-04 *3)	1.097E-03 *3)	3.418E-03 *3)	9.708E-03 *3)
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	2.600E-01 *3)	9.789E-01 *3)	4.290E+00 *3)	1.662E+01 *3)	5.153E+01 *3)	1.433E+02 *3)
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	1.255E+00	4.625E+00	2.076E+01	8.111E+01	2.505E+02	6.487E+02
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	3.151E+00 *5) 4.249E+00 *6)	1.154E+01 *5) 1.552E+01 *6)	4.932E+01 *5) 6.598E+01 *6)	1.878E+02 *5) 2.501E+02 *6)	5.918E+02 *5) 7.902E+02 *6)	1.692E+03 *5) 2.284E+03 *6)
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	1.096E+01 *5) 1.206E+01 *6)	4.024E+01 *5) 4.422E+01 *6)	1.777E+02 *5) 1.943E+02 *6)	6.845E+02 *5) 7.468E+02 *6)	2.142E+03 *5) 2.340E+03 *6)	5.680E+03 *5) 6.273E+03 *6)
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)	1.025E+04 5.840E+03 *2)	1.118E+04 3.227E+03 *2)	1.196E+04 3.072E+03 *2)	1.337E+04 2.433E+03 *2)	1.135E+04 2.733E+03 *2)	n.m. *4)
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)	3.464E+04	3.717E+04	3.872E+04	4.059E+04	3.855E+04	n.m. *4)
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)	1.371E+05	1.489E+05	1.583E+05	1.743E+05	1.521E+05	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	3.773E+03	4.099E+03	4.228E+03	4.271E+03	3.915E+03	n.m. *4)

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10^3 L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom/ Focus=Far (Anschlag re)

*3) Integral 350nm-400nm

*4) kein Messwert aufgenommen

*5) E_{IR}, E_H - 1665nm*6) E_{IR}, E_H -3000nm (Extrapolation der Bremsstrahlung)

Tabelle 104 ETC S4 PARNel (Spot/ Flood) - Strahldichten Maximalwerte, Ausrichtung Scheinwerferachse: vertikal, Abstrahlwinkel 25° Spot und 45° Flood, Betriebsstunden: 52h, Brenner: CDM1_2, (I)

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
1.7 mrad	$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$ *2)	1.025E+04	1.118E+04	1.196E+04	1.337E+04	1.135E+04	n.m.
		*3) 5.840E+03	6.983E+03	9.283E+03	9.271E+03	1.064E+04	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$ *2)	3.464E+04	3.717E+04	3.872E+04	4.059E+04	3.855E+04	n.m.
		*3) 2.090E+04	2.562E+04	3.294E+04	3.135E+04	3.606E+04	n.m.
	$L_{R(Kor)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$ *1), *2)	1.371E+05	1.489E+05	1.583E+05	1.743E+05	1.521E+05	n.m.
		*1), *3) 7.930E+04	9.545E+04	1.258E+05	1.241E+05	1.425E+05	n.m.
$L_{IR} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$ *2)	3.773E+03	4.099E+03	4.228E+03	4.271E+03	3.915E+03	n.m.	
	*3) 2.317E+03	2.673E+03	3.369E+03	3.182E+03	3.798E+03	n.m.	
11 mrad	$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$ *2)	6.169E+03	7.703E+03	8.476E+03	1.069E+04	1.052E+04	n.m.
		*3) 3.121E+03	4.261E+03	4.913E+03	6.545E+03	9.893E+03	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$ *2)	2.291E+04	2.689E+04	2.887E+04	3.485E+04	3.593E+04	n.m.
		*3) 1.304E+04	1.609E+04	1.780E+04	2.285E+04	3.334E+04	n.m.
	$L_{R(Kor)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$ *1), *2)	8.460E+04	1.039E+05	1.136E+05	1.418E+05	1.411E+05	n.m.
		*1), *3) 4.425E+04	5.870E+04	6.693E+04	8.830E+04	1.323E+05	n.m.
$L_{IR} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$ *2)	2.476E+03	2.989E+03	3.383E+03	3.832E+03	3.767E+03	n.m.	
	*3) 1.502E+03	1.819E+03	1.946E+03	2.403E+03	3.582E+03	n.m.	
100 mrad	$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$ *2)	1.906E+02	7.722E+02	2.969E+03	5.877E+03	6.990E+03	n.m.
		*3) 6.311E+01	2.733E+02	1.140E+03	3.234E+03	4.857E+03	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$ *2)	7.578E+02	3.212E+03 *4)	1.062E+04 *4)	2.190E+04 *5)	2.518E+04 *5)	n.m.
		*3) 2.723E+02	1.049E+03	4.892E+03 *4)	1.115E+04 *4)	1.869E+04 *5)	n.m.
	$L_{R(Kor)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$ *1), *2)	2.663E+03	1.093E+04	4.030E+04	8.067E+04	9.509E+04	n.m.
		*1), *3) 9.034E+02	3.781E+03	1.629E+04	4.349E+04	6.726E+04	n.m.
$L_{IR} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$ *2)	8.827E+01	3.535E+02	1.358E+03 *4)	2.178E+03 *4)	2.490E+03 *4)	n.m.	
	*3) 3.166E+01	1.345E+02	5.358E+02	1.460E+03 *4)	1.924E+03 *4)	n.m.	

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10^3 L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom/ Focus=25°, Spot/ Near/ (Anschlag li)

*3) Zoom/ Focus=45°, Flood/ Far/ (Anschlag re)

*4) OVL - OD1: $L_B=13.4$ $L_R=8.1$ $L_{IR}=3.8$ *5) OVL - OD2: $L_B=181.7$ $L_R=53.2$ $L_{IR}=13.9$ *6) OVL - OD3: $L_B=1238.7$ $L_R=1006.4$ $L_{IR}=652.6$

Bemerkung: Messung: M56, 08.09.20, CDM1_2, (I)

Scheinwerfer mit XENON-Leuchtmittel

Tabelle 105 Liste Scheinwerfer mit XENON-Leuchtmittel

Nr.	Scheinwerfer	Leuchtmittel	opt. Leistung in W	Maße in mm	Gewicht in kg	Scheinwerfertyp
1	Martin Atomic 3000	Xenon	1000	425 x 245 x 240	7.5	Strobe
2						

Martin Atomic 3000 (Xenon)


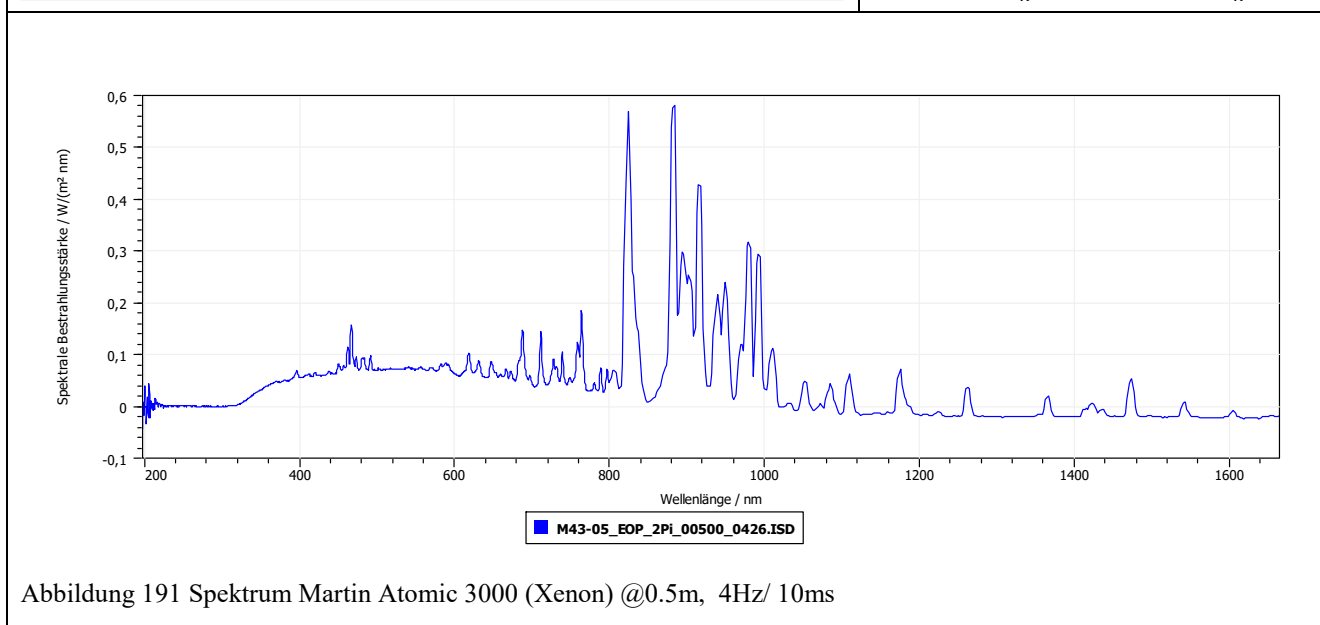
Gruppe Xenon	Messzeitraum KW 22/ 20	Martin Atomic 3000 (Xenon)	Mess-Nr. M42
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> Xenon Blitzlampe XOP-15/ Strobe XOP-15: 1000W Blitzröhre, 312mm Bogen Lichtstrom: 5000 lm 			
Optik Linse No Lens Öffnung/ Maße (185 x 380) mm Mittlere Quellengröße 282.5 mm Abstrahlwinkel k.A.			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> Blinding 4Hz/ 250ms: schwacher Blitz Starke Gebrauchsspuren, Alter unbekannt Keine reproduzierbaren Messwerte Einstufung lt. Herst. RG= k.A. 			

Abbildung 190 Scheinwerfer Martin Atomic 3000 (Xenon)

E @ 0.5m	Werte	α / rad (Winkel Quelle)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe	Gefahrenstufe 0.5m: RG0.5m RG0.5m = 2 Max. Expositionszeit: 1010 sec Einstellungen: 4Hz, 10ms Ausrichtung: zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ
L @ 1m					
$E_S [W \cdot m^{-2}]$	1.04E-02		2.877E+03	0	
$E_{UVA} [W \cdot m^{-2}]$	5.63E+00		> 2.880E+04 (> 8h)	0	
$E_{IR} [W \cdot m^{-2}]$	7.23E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	0	
$E_H [W \cdot m^{-2}]$	1.27E+02		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung	
$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	9.90E+02		1.010E+03	1	
$L_R [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	1.64E+04	5.507E-01	> 2.880E+04 (> 8h)	0	



Überblick relevanter Messwerte

Tabelle 106 Martin Atomic 3000 (Xenon) – Relevante Messwerte

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux]	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	1.040E+04 1.637E+04 *6)	n.m.
E_s [$W \cdot m^{-2}$]	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	1.043E-02 *3)	n.m.
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	5.626E+00	n.m.
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	9.623E+00	n.m.
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	6.529E+01 *2) 7.226E+01 *5)	n.m.
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	1.197E+02 *2) 1.266E+02 *5)	n.m.
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)	4.510E+02	3.070E+02	1.300E+02	9.900E+02	n.m.	n.m. *4)
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)	3.170E+03	2.410E+03	1.090E+03	6.500E+03	n.m.	n.m. *4)
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$] *1)	7.680E+03	5.480E+03	2.390E+03	1.640E+04	0.000E+00	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	1.630E+03	1.350E+03	6.200E+02	3.200E+03	n.m.	n.m. *4)

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $LR(Kor) = 10 \cdot LB + LR(LDM/RTH)$ *2) $E_{IR}, E_H - 1665\text{nm}$

*3) Integral 230nm-400nm

*4) kein Messwert aufgenommen

*5) $E_{IR}, E_H - 3000\text{nm}$ (Extrapolation der Bremsstrahlung)

*6) Vergleich zu Blitz: 0.3Hz/ 1sec Datei *0115.ISD)

Bemerkung:

Ein reproduzierbarer Betrieb der Blitzlampe ist nicht möglich gewesen. Die Helligkeit variierte bei allen Einstellungen. Ein Grund dafür könnten das Alter, an den starken Gebrauchsspuren zu erkennen, der Lampe sein. Eine definierte Aufnahme der maximalen Werte bei verschiedenen Messabständen ist deshalb nicht durchgeführt worden. Es sind Messungen bei 0.5m Messabstand und verschiedene Einstellungen von Blitzrate und Blitzdauer durchgeführt worden. Die maximalen Werte konnten bei 4Hz Blitzrate und 10ms Blitzdauer gemessen werden.

In Abbildung 192 sind zwei Messungen bei gleichen Einstellungen und Messbedingungen dargestellt. Die Messung im IR-Bereich führt für die Messung M43-05_EOP_2Pi_00500_0276.ISD zu anderen Werten.

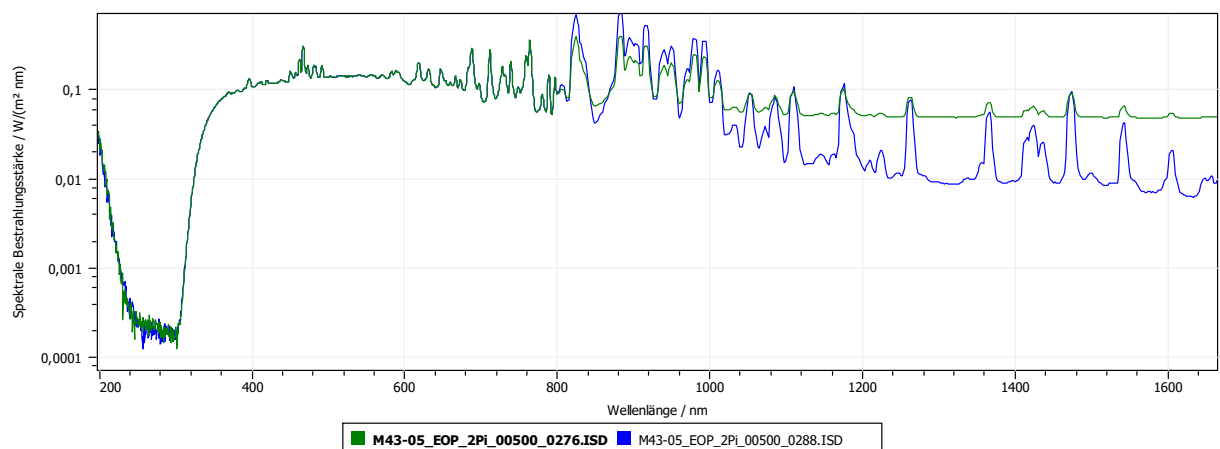


Abbildung 192 Vergleich 2 Messungen bei gleichen Einstellungen (4Hz, 10ms, Int=125ms)

Bei der Einstellung von Blitzrate/ Blitzdauer = 0.3Hz/ 1sec ergeben sich teilweise größere Werte (vgl. Abbildung 192).

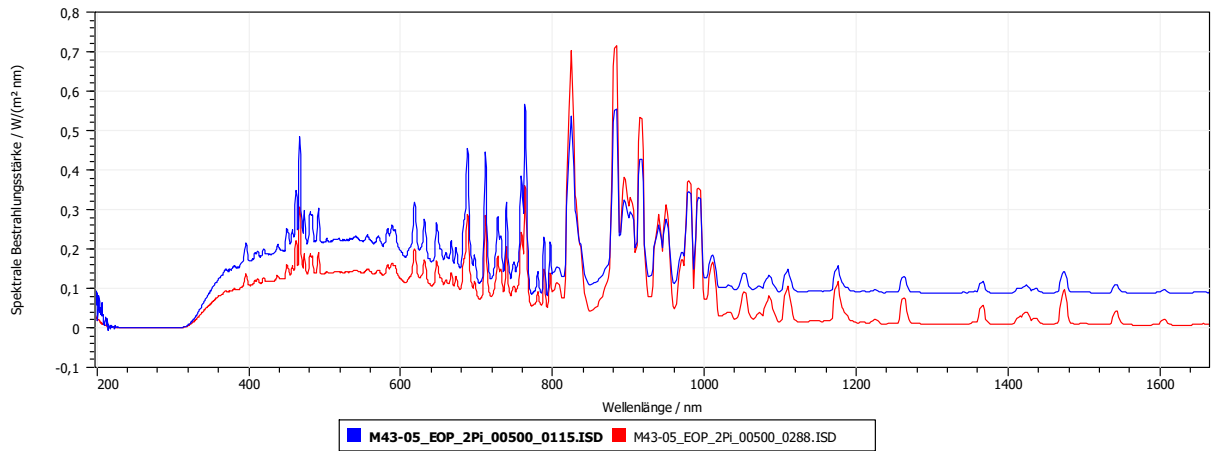


Abbildung 193 Vergleich bei Einstellungen rot: 4Hz, 10ms, blau: 0.3Hz, 1sec (Int=125ms)

Tabelle 107 Martin Atomic 3000 (Xenon) – Strahldichten

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
1.7 mrad	$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*2) 4.510E+02 *3) n.m.	3.070E+02 n.m.	1.300E+02 1.400E+02	9.900E+02 1.100E+03	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*2) 3.170E+03 *3) n.m.	2.410E+03 n.m.	1.090E+03 1.210E+03	6.500E+03 1.530E+04	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	$L_{R(Kor)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*1), *2) 7.680E+03 *1), *3) n.m.	5.480E+03 n.m.	2.390E+03 2.610E+03	1.640E+04 2.630E+04	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	$L_{IR} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*2) 1.630E+03 *3) n.m.	1.350E+03 n.m.	6.200E+02 1.410E+03	3.200E+03 4.900E+03	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	11 mrad	$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*2) 1.025E+02 *3) n.m.	2.162E+02 n.m.	3.400E+02 3.400E+02	5.500E+02 1.110E+03	n.m. n.m.
$L_{R(LDM/RTH)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$		*2) 7.200E+02 *3) n.m.	1.550E+03 n.m.	2.330E+03 2.160E+03	3.440E+03 2.840E+03	n.m. n.m.	n.m. n.m.
$L_{R(Kor)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$		*1), *2) 1.745E+03 *1), *3) n.m.	3.712E+03 n.m.	5.730E+03 5.560E+03	8.940E+03 1.394E+04	n.m. n.m.	n.m. n.m.
$L_{IR} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$		*2) 3.610E+02 *3) n.m.	7.750E+02 n.m.	1.190E+03 1.450E+03	1.333E+03 2.610E+03	n.m. n.m.	n.m. n.m.
100 mrad		$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*2) 5.600E+00 *3) n.m.	2.746E+01 n.m.	6.300E+01 7.000E+01	1.140E+02 1.640E+02	n.m. n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*2) 3.500E+01 *3) n.m.	OVL *4) n.m.	OVL *4) OVL *4)	OVL *4) OVL *4)	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	$L_{R(Kor)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*1), *2) 9.100E+01 *1), *3) n.m.	OVL *4) n.m.	OVL *4) OVL *4)	OVL *4) OVL *4)	n.m. n.m.	n.m. n.m.
	$L_{IR} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*2) 1.760E+01 *3) n.m.	OVL *5) n.m.	OVL *5) OVL *5)	OVL *5) OVL *5)	n.m. n.m.	n.m. n.m.

Anmerkungen:

*1) $LR(Kor) = 10 \cdot LB + LR(LDM/RTH)$

*2) Rate= 4 Hz/ Dauer= 10 ms

*3) Rate= 0.3 Hz/ Dauer= 1 s

*4) OVL -> 1.5 kW/(m² x sr)

*5) OVL -> 900 W/(m² x sr)

Mehrfachmessung ARRISUN 5

Der Scheinwerfer Arrisun5 ist mehrfach ausgeliehen und vermessen worden. Teilweise sind Messdaten mit dem gleichen Scheinwerfer, jedoch mit unterschiedlichen Brennern bzw. Brennern mit verschiedenen Betriebsstunden aufgenommen worden. Der Scheinwerfer wird nicht mehr hergestellt. Auf dem Markt befinden sich jedoch noch einige, auch stark gebrauchte, Exemplare. Im Kapitel „Steckbriefe“ unter „Scheinwerfer mit HMI-Leuchtmittel“ sind die einzelnen Messungen (vgl. Tabelle 108) aufgelistet.

Tabelle 108 Liste Messungen Arrisun5 Scheinwerfer

Nr.	Scheinwerfer	Leuchtmittel	opt. Leistung in W	Maße in mm	Gewicht in kg	Scheinwerfertyp
1	Arri Arrisun5 (M38)	MSR	575	294 x 260 x 344	4.50	PAR (S/N 403)
2	Arri Arrisun5 (M57)	HMI	575	294 x 260 x 344	4.50	PAR (S/N 403)
3	Arri Arrisun5 (M78)	HMI	575	294 x 260 x 344	4.50	PAR (S/N 1179)
4	Arri Arrisun5 (M79)	HMI	575	294 x 260 x 344	4.50	PAR (S/N 403)
5	Arri Arrisun5 (M80)	HMI	575	294 x 260 x 344	4.50	PAR (S/N 1180)

In Tabelle 109 ist aus den Einzelmessungen M38, M57, M78, M79 und M80 der Mittelwert und seine Unsicherheit bestimmt worden. Der Scheinwerfer weist eine Unsicherheit des Mittelwertes von bis zu 29.2% für die Blaulicht-bewertete Bestrahlungsstärke E_B auf. Die Unsicherheiten für die Bestrahlungsstärken E_S und E_{UVA} liegen bei bis zu 38.7%.

Tabelle 109 Mittelwerte aus Messung M38, M57, M78, M79, M80 Arrisun5 – Relevante Messwerte

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E_V [lux]	*1)	1.065E+04	5.425E+04	2.202E+05	9.517E+05	2.474E+06	3.707E+06
	*2)	3.007E+03 28.2%	1.208E+04 22.3%	5.087E+04 23.1%	2.074E+05 21.8%	5.069E+05 20.5%	k.A. k.A.
E_S [$W \cdot m^{-2}$]	*1)*3)	6.217E-04	3.965E-03	1.641E-02	7.066E-02	1.780E-01	3.728E-01
	*2)	2.405E-04 38.7%	1.364E-03 34.4%	6.310E-03 38.4%	2.175E-02 30.8%	4.816E-02 27.1%	k.A. k.A.
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	*1)*3)	7.106E+00	4.520E+01	1.889E+02	8.150E+02	2.037E+03	4.196E+03
	*2)	2.653E+00 37.3%	1.532E+01 33.9%	7.197E+01 38.1%	2.487E+02 30.5%	5.442E+02 26.7%	k.A. k.A.
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	*1)	1.065E+01	5.824E+01	2.489E+02	1.110E+03	2.799E+03	4.291E+03
	*2)	3.106E+00 29.2%	1.451E+01 24.9%	6.841E+01 27.5%	2.673E+02 24.1%	6.046E+02 21.6%	k.A. k.A.
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	*1)*5)	2.956E+01	1.344E+02	5.183E+02	2.012E+03	5.857E+03	1.104E+04
	*2)	7.506E+00 25.4%	2.591E+01 19.3%	1.129E+02 21.8%	3.898E+02 19.4%	1.098E+03 18.8%	k.A. k.A.
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	*1)*5)	7.548E+01	3.680E+02	1.501E+03	6.278E+03	1.685E+04	2.696E+04
	*2)	1.960E+01 26.0%	7.586E+01 20.6%	3.415E+02 22.8%	1.314E+03 20.9%	3.328E+03 19.8%	k.A. k.A.
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)	1.222E+05	1.434E+05	1.579E+05	1.173E+05	n.m.	n.m.
	*2)	1.502E+04 12.3%	1.673E+04 11.7%	1.743E+04 11.0%	1.518E+04 12.9%	k.A. k.A.	0.000E+00 k.A.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)	2.800E+05	3.168E+05	3.201E+05	2.716E+05	n.m.	n.m.
	*2)	3.944E+04 14.1%	6.472E+04 20.4%	8.198E+04 25.6%	5.197E+04 19.1%	k.A. k.A.	k.A. k.A.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)	1.502E+06	1.751E+06	1.899E+06	1.445E+06	n.m.	n.m.
	*2)	1.818E+05 12.1%	2.224E+05 12.7%	2.484E+05 13.1%	2.002E+05 13.9%	k.A. k.A.	k.A. k.A.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)	5.660E+04	6.747E+04	6.421E+04	5.486E+04	n.m.	n.m.
	*2)	1.473E+04 26.0%	1.929E+04 28.6%	2.308E+04 36.0%	1.736E+04 31.6%	k.A. k.A.	k.A. k.A.

Anmerkungen:

*1) Mittelwert aus Messung M38, M57, M78, M79, M80

*2) Standardunsicherheit des Mittelwertes

*3) Integral 350nm-400nm

*4) E_{IR} , E_H - 1665nm

*5) Extrapolation E_{IR} , E_H - 3000nm

Werden die einzelnen Steckbriefe des Arrisun5 aus dem Kapitel „Scheinwerfer mit HMI-Leuchtmittel“ (S.141ff) genauer betrachtet, ergibt sich für das „gefährlichste Exemplar“ eine Einstufung der relevanten Messwerte in die Risikogruppen RG4m. Die Einstufung anhand der Mittelwerte in Tabelle 110 führt ebenfalls zu der Risikogruppe RG4m. Demnach ist der Scheinwerfer bedingt durch L_R (ohne Berücksichtigung der scheinbaren Quellengröße) in Risikogruppe RG4m=3 einzustufen. Einen Wechsel in eine andere Risikogruppe RG4m ergibt sich durch die (statistischen) Unsicherheiten nicht. Die

Verringerung der max. Expositionsdauer ist aufgrund der Unsicherheiten zu beachten. Für L_R ergibt sich eine um 61.3% verringerte Expositionsdauer von 112.5msec.

Tabelle 110 Arrisun5 – Bestimmung RG4m anhand der Mittelwerte

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale *3) Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
E_S [$W \cdot m^{-2}$]	3.965E-03 \pm 1.364E-03		5.629E+03 34.4%	2
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	4.520E+01 \pm 1.532E+01		1.652E+02 33.9%	2
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	1.344E+02 \pm 2.591E+01		2.943E+03 19.3%	1
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	3.680E+02 \pm 7.586E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	1.434E+05 \pm 1.673E+04		6.245E+00 11.7%	2
L_R [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	1.751E+06 \pm 2.224E+05	4.375E-02	1.125E-01 61.3%	*1):3 *2):2

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser \varnothing 175 mm

*2) scheinbare Quelle \varnothing (118.69 \pm 3.43) mm

*3) nach max MU bestimmt/ Abweichung nach Berechnung Mittelwert

Vergleichende Messungen in verschiedenen Laboren

An dem Ringvergleich sind die Labore aus Tabelle 111 beteiligt. Die originalen Messdaten der beiden Labore „BG ETEM“ und „BAuA“ sind im Anhang (S.284 ff.) zu finden.

Tabelle 111 Übersicht beteiligte Labore

Nr.	Labor	Kontakt
1	Hochschule Bonn-Rhein-Sieg Fachbereich EMT (Elektrotechnik, Maschinenbau und Technikjournalismus) Labor für Optoelektronik u. Displays Grantham-Alee 20 53757 Sankt Augustin	Prof. Dr. Robert Scholl Tel. +49 (0) 2241 865 - 303 E-Mail: robert.scholl@h-brs.de Web: www.h-brs.de/emt
2	BG ETEM Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse Prüfstelle Elektrotechnik Gustav-Heinemann-Ufer 130 50968 Köln	Thomas Kerkhoff (Prüfingenieur) Telefon +49 221 3778 - 6311 Mobil +49 1520 866 7376 E-Mail: kerkhoff.thomas@bgetem.de Internet www.bgetem.de Webcode : (pruefstelle-et)
3	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) Friedrich-Henkel-Weg 1-25 44149 Dortmund	Dr. rer. nat. Stefan Bauer Gruppe 2.2 Physikalische Faktoren Telefon +49 (0) 231/9071 - 2316 E-Mail: Bauer.Stefan@baua.bund.de Marco Janßen, Gruppe 2.5 Labor Telefon +49 (0) 231 / 9071 - 2636 E-Mail: janssen.marco@baua.bund.de Web: www.baua.de/optische-strahlung

Messkataster ETC S4 PARNel CDM

NR.	DATUM	BEZ.	LABOR	BESCHREIBUNG	MESSGERÄTE
1	14.07.2020	CDM1_1	H-BRS	Neuer Brenner	EOP-146/LDM1
2	08.09.2020	CDM1_2	H-BRS	Brenner nach 51h Betrieb	EOP-146/LDM1
3	15.09.2020	CDM1_3	H-BRS	Brenner nach 59h Betrieb	LDM2
4	10.09.2020	CDM2_1	H-BRS	Neuer Brenner	EOP-146/LDM1
5	02.10.2020	CDM1_4	BG ETEM	Brenner nach ca. 60h Betrieb	EOP-146/LDM1
6	09.11.2020	CDM1_5	H-BRS	Brenner nach ca. 70h Betrieb	EOP-146/LDM1
7	März 2021	CDM1_6	BAuA	Brenner nach ca. 80h Betrieb	k.A.

Kurzbeschreibung Referenzscheinwerfer

Bei dem Referenzscheinwerfer für den Ringvergleich handelt es sich um den Scheinwerfer ETC Source Four HID²¹ PARNeI²² mit einem 250W-CDM²³-Leuchtmittel, Philips Master Colour CDM-T 250W/ 942. Häufiger ist dieser Scheinwerfer mit einem 150W-Leuchtmittel gleichen Typs zu finden.

Der (Washlight-) Scheinwerfer (Abbildung 194 und Abbildung 195) besitzt ein Vorschaltgerät für das 250W-CDM-Leuchtmittel. Durch ein Drehrad (Abbildung 196) kann der Streuwinkel zwischen 25° und 45° (Spot bzw. Flood) eingestellt werden. Für diese beiden Zoom-/ Focus-Einstellungen werden im Weiteren auch die Begriffe „Near“ und „Far“ verwendet.



Abbildung 194 ETC S4 PARNeI Seitenansicht



Abbildung 195 ETC S4 PARNeI Front

Für die Realisierung der beiden Einstellungen „Near“ und „Far“ ist der Scheinwerfer mit zwei Linsen ausgestattet: Wave/ Stippled (WS) und Wave/ Clear (WC). Die hintere WC-Linse befindet sich in einer „festen“ Position innerhalb der Leuchte. Das WS-Objektiv befindet sich im Drehring an der Vorderseite des Scheinwerfers.

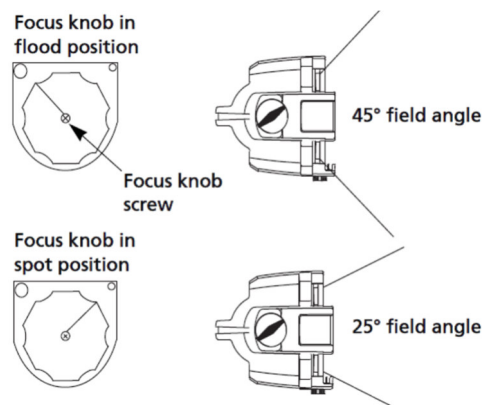


Abbildung 196 ETC S4 PARNeI Bedienung Focus [65]

Je nach Einstellung „Near“ oder „Far“ (bzw. Spot oder Flood) ergibt sich ein unterschiedliches Leuchtbild der WS-Linse. Die Einstellung „Near“ (Spot) führt in der Regel zu höheren Leucht- bzw. Strahldichten.

²¹ HID - High Intensity Discharge

²² Parabolreflektor mit präzisen Facetten

²³ CDM - Ceramic Metal Halide

Im Verlauf der Untersuchungen hat sich herausgestellt, dass der Scheinwerfer seine maximalen Werte nicht – wie zu vermuten - bei der Einstellung Spot am **linken Anschlag**, sondern bei einer geringen Drehung vom linken Anschlag aus in Richtung Einstellung Flood liefert. Diese Einstellung wird im Folgenden mit „**E-Spot-Max**“ bezeichnet.

Ausrichtung ETC S4 PARnel

Für die Vermessung ist es zweckmäßig, die Einbaulage bzw. Ausrichtung des Scheinwerfers zu definieren. Es ergeben sich zwei naheliegende Einbaulagen: eine horizontale (Abbildung 197) und eine vertikale (Abbildung 198) Ausrichtung der Scheinwerferachse.

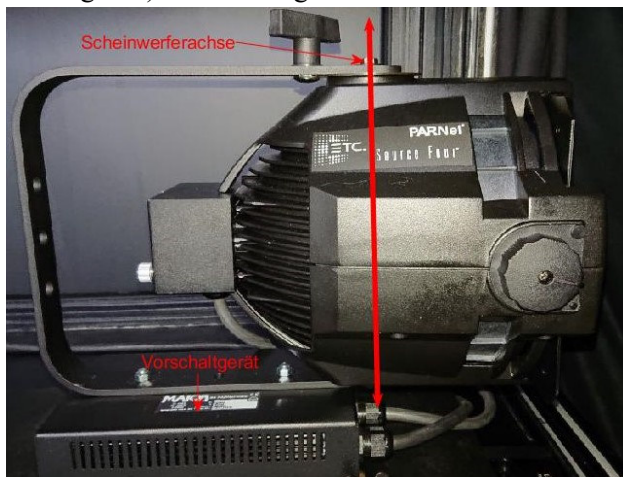


Abbildung 197 Ausrichtung vertikal (|)

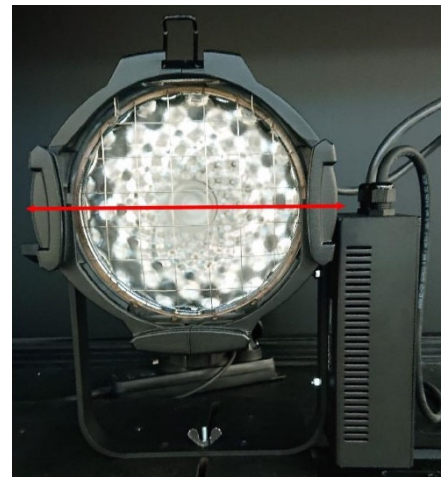


Abbildung 198 Ausrichtung horizontal (-)

Für eine präzise Definition der Ausrichtung des Scheinwerfers sollte sich das Einstellrad für die Spot- bzw. Flood-Einstellung (=> Abstrahlwinkel) entweder - mit Blickwinkel auf die Linse - links bzw. unten befinden.

Messwerte ETC S4 PARnel CDM, horizontal (-)

Im Kapitel "Scheinwerfer mit CDM-Leuchtmittel" (S.156) sind die Messwerte mit vertikaler (|) Ausrichtung (Tabelle 103 u. Tabelle 104) zu finden. Der Ringvergleich der BG ETEM ist bei horizontaler (-) Ausrichtung und der Einstellung „E-Spot-Max“ (vgl. Tabelle 113, Tabelle 114) durchgeführt worden. Der Ringvergleich der BAuA ist bei horizontaler (-) Ausrichtung und der Einstellung Spot „linker Anschlag“²⁴ durchgeführt worden.

Überblick relevanter Messwerte – Spot/ Flood/ E-Spot-Max

Tabelle 112 ETC S4 PARnel (Spot/ Flood) – Überblick relevanter Messwerte horizontale Ausrichtung der Scheinwerferachse, 25° Spot u. Flood 45°, CDM1_5, (-)

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E _v [lux]	*2)	2.055E+03	8.697E+03	3.361E+04	1.379E+05	3.791E+05	9.889E+05
	*3)	7.687E+02	3.128E+03	1.202E+04	5.220E+04	1.718E+05	8.001E+05
E _s [W · m ⁻²]	*2), *4)	1.991E-05	7.881E-05	3.094E-04	1.293E-03	3.527E-03	8.735E-03
	*3), *4)	7.028E-06	2.662E-05	1.045E-04	4.685E-04	1.561E-03	7.328E-03
E _{UVA} [W · m ⁻²]	*2), *4)	3.028E-01	1.947E+00	4.721E+00	1.977E+01	5.388E+01	1.322E+02
	*3), *4)	1.084E-01	4.057E-01	1.606E+00	7.230E+00	2.406E+01	1.129E+02
E _B [W · m ⁻²]	*2)	1.286E+00	5.303E+00	2.075E+01	8.614E+01	2.364E+02	6.079E+02
	*3)	4.756E-01	1.868E+00	7.300E+00	3.204E+01	1.054E+02	4.983E+02
E _{IR} [W · m ⁻²]	*2), *5)	3.045E+00	1.253E+01	4.473E+01	1.783E+02	4.761E+02	1.314E+03
	*3), *5)	1.249E+00	5.379E+00	1.876E+01	7.604E+01	2.452E+02	1.074E+03
	*2), *6)	4.020E+00	4.009E+00	1.431E+01	5.705E+01	1.524E+02	4.204E+02
	*3), *6)	1.648E+00	7.100E+00	2.476E+01	1.004E+02	3.237E+02	1.418E+03
E _H [W · m ⁻²]	*2), *5)	1.052E+01	4.372E+01	1.656E+02	6.733E+02	1.832E+03	4.839E+03
	*3), *5)	4.068E+00	1.670E+01	6.239E+01	2.648E+02	8.658E+02	3.958E+03
	*2), *6)	1.152E+01	4.787E+01	1.814E+02	7.372E+02	2.006E+03	5.299E+03
	*3), *6)	4.454E+00	1.829E+01	6.832E+01	2.900E+02	9.481E+02	4.334E+03
L _B [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)	9.694E+03	1.141E+04	1.345E+04	1.436E+04	1.405E+04	n.m.
	*1)	8.524E+03	1.093E+04	1.244E+04	1.530E+04	1.531E+04	n.m.
L _{R(LDM/RTH)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)	2.860E+04	3.231E+04	3.849E+04	4.056E+04	4.132E+04	n.m.
	*1)	2.468E+04	3.053E+04	3.771E+04	4.205E+04	4.491E+04	n.m.
L _{R(Kor)} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)	1.255E+05	1.464E+05	1.730E+05	1.841E+05	1.818E+05	n.m.
	*1)	1.099E+05	1.399E+05	1.621E+05	1.950E+05	1.980E+05	n.m.
L _{IR} [W · m ⁻² · sr ⁻¹]	*1)	2.995E+03	3.296E+03	3.721E+03	4.026E+03	4.137E+03	n.m.
	*1)	2.612E+03	3.172E+03	3.719E+03	4.209E+03	4.366E+03	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Spot 25°, zentral

*3) Flood 45°, zentral

*4) Integral 350nm-400nm

*5) E_{IR}, E_H - 1665nm*6) E_{IR}, E_H -3000nm (Extrapolation)

Bemerkung: Messung M56.04 11.11.20, CDM1_5, (-), zentral

²⁴ Bemerkung: Die Einstellung Spot „li Anschlag“ liefert nicht die maximalen Werte.

Tabelle 113 ETC S4 PARNel (E-Spot-Max) – Überblick relevanter Messwerte horizontale Ausrichtung der Scheinwerferachse, 25° Spot, CDM1_5, (-)

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux]	2.612E+00 *7) n.m.	1.134E+04 1.227E+04	4.272E+04 4.683E+04	1.565E+05 1.724E+05	4.532E+02 5.381E+02	1.011E+03 1.223E+03
E_s [$W \cdot m^{-2}$]	2.586E-05 *3) *7) n.m.	1.052E-04 *3) 1.100E-04 *4)	3.997E-04 *3) 4.300E-04 *4)	1.413E-03 *3) 1.540E-03 *4)	4.157E-03 *3) 4.740E-03 *4)	8.652E-03 *3) 1.100E-02 *4)
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	3.928E-01 *7) n.m.	1.596E+00 *3) 1.740E+00 *4)	6.103E+00 *3) 6.520E+00 *4)	2.161E+01 *3) 2.340E+01 *4)	6.340E+01 *3) 7.000E+01 *4)	1.315E+02 *3) 1.670E+02 *4)
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	1.658E+00 *7) n.m.	7.037E+00 7.880E+00	2.658E+01 2.990E+01	9.730E+01 1.090E+02	2.823E+02 3.400E+02	6.181E+02 7.770E+02
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	3.673E+00 *5) *7) n.m. 4.892E+00 *6)	1.512E+01 *5) 1.590E+01 1.998E+01 *6)	5.360E+01 *5) 5.940E+01 7.043E+01 *6)	1.899E+02 *5) 2.180E+02 2.481E+02 *6)	5.602E+02 *5) 7.080E+02 7.335E+02 *6)	1.337E+03 *5) 1.887E+03 1.767E+03 *6)
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	1.315E+01 *7) n.m. 1.437E+01 *6)	5.560E+01 5.908E+01 *2) 6.047E+01 *6)	2.060E+02 2.239E+02 *2) 2.228E+02	7.477E+02 8.226E+02 *2) 8.059E+02 *6)	2.174E+03 2.596E+03 *2) 2.347E+03 *6)	4.935E+03 6.190E+03 *2) 5.365E+03 *6)
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1) *7) 1.062E+04 n.m.	1.154E+04 1.240E+04	1.060E+04 1.280E+04	1.483E+04 1.290E+04	1.390E+04 1.390E+04	n.m. n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1) *7) 3.083E+04 n.m.	3.494E+04 1.750E+05	3.643E+04 1.790E+05	4.166E+04 1.890E+05	4.131E+04 1.980E+05	n.m. n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1) 1.370E+05	1.504E+05	1.424E+05	1.900E+05	1.803E+05	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*7) 3.306E+03 n.m.	3.502E+03 4.330E+03	3.837E+03 4.510E+03	4.117E+03 4.720E+03	4.062E+03 5.170E+03	n.m. n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) K. BG ETEM: nicht im Prüfbericht / aus *.isd-Datei berechnet

*3) Integral 350nm-400nm

*4) BG ETEM: 333nm-400nm

*5) E_{IR}, E_H - 1665nm*6) E_{IR}, E_H -3000nm (Extrapolation der Bremsstrahlung)

*7) BG ETEM Daten aus PB (inkl. +5% MU)

Bemerkung: Messung M56.05 11.11.20, CDM1_5, (-)

Bei den roten Werten handelt es sich um Vergleichswerte der BG ETEM (vgl. Prüfbericht BG ETEM [66, p. 10 ff]).

Tabelle 114 ETC S4 PARNel (Spot/ Flood/ E-Spot-Max) – Strahldichten Maximalwerte, Ausrichtung Scheinwerferachse: horizontal, Abstrahlwinkel 25° Spot, 45° Flood und E-Spot-Max, Betriebsstunden: 70h, Brenner: CDM1_5, (-)

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
1.7 mrad	$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4) 1.062E+04	1.154E+04	1.060E+04	1.483E+04	1.390E+04	n.m.
		*2) 9.694E+03	1.141E+04	1.345E+04	1.436E+04	1.405E+04	
		*3) 8.524E+03	1.093E+04	1.244E+04	1.530E+04	1.531E+04	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4) 3.083E+04	3.494E+04	3.643E+04	4.166E+04	4.131E+04	n.m.
		*2) 2.860E+04	3.231E+04	3.849E+04	4.056E+04	4.132E+04	
		*3) 2.468E+04	3.053E+04	3.771E+04	4.205E+04	4.491E+04	n.m.
	$L_{R(Kor)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*1), *4) 1.370E+05	1.504E+05	1.424E+05	1.900E+05	1.803E+05	n.m.
		*1), *2) 1.255E+05	1.464E+05	1.730E+05	1.841E+05	1.818E+05	
		*1), *3) 1.099E+05	1.399E+05	1.621E+05	1.950E+05	1.980E+05	n.m.
	$L_{IR} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4) 3.306E+03	3.502E+03	3.837E+03	4.117E+03	4.062E+03	n.m.
		*2) 2.995E+03	3.296E+03	3.721E+03	4.026E+03	4.137E+03	
		*3) 2.612E+03	3.172E+03	3.719E+03	4.209E+03	4.366E+03	n.m.
11 mrad	$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4) 7.461E+03	8.398E+03	8.119E+03	9.785E+03	1.246E+04	n.m.
		*2) 6.256E+03	6.458E+03	6.389E+03	9.627E+03	1.271E+04	
		*3) 3.512E+03	4.793E+03	6.998E+03	9.674E+03	1.147E+04	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4) 2.367E+04	2.569E+04	2.454E+04	2.882E+04	3.691E+04	n.m.
		*2) 2.092E+04	2.085E+04	2.155E+04	2.815E+04	3.690E+04	
		*3) 1.250E+04	1.628E+04	2.122E+04	2.827E+04	3.488E+04	n.m.
	$L_{R(Kor)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*1), *4) 9.828E+04	1.097E+05	1.057E+05	1.267E+05	1.615E+05	n.m.
		*1), *2) 8.348E+04	8.543E+04	8.544E+04	1.244E+05	1.640E+05	
		*1), *3) 4.762E+04	6.421E+04	9.120E+04	1.250E+05	1.495E+05	n.m.
	$L_{IR} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4) 2.485E+03	2.710E+03	2.590E+03	2.947E+03	3.733E+03	n.m.
		*2) 2.189E+03	2.226E+03	2.316E+03	2.892E+03	3.842E+03	
		*3) 1.382E+03	1.791E+03	2.387E+03	2.932E+03	3.506E+03	n.m.
100 mrad	$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4) 2.544E+02	7.022E+02	4.014E+03	7.503E+03	7.388E+03	n.m.
		*2) 1.985E+02	5.547E+02	2.735E+03	6.611E+03	6.838E+03	
		*3) 7.294E+01	2.078E+02	1.227E+03	3.639E+03	4.835E+03	n.m.
	$L_{R(LDM/RTH)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4) 8.492E+02	2.494E+03 *5)	1.225E+04 *5)	2.337E+04 *6)	2.347E+04 *6)	n.m.
		*2) 6.954E+02	1.656E+03	9.097E+03 *5)	2.137E+04 *6)	2.175E+04 *6)	
		*3) 2.727E+02	7.428E+02	4.670E+03 *5)	1.108E+04 *5)	1.647E+04 *6)	n.m.
	$L_{R(Kor)} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*1), *4) 3.393E+03	9.516E+03	5.240E+04	9.840E+04	9.735E+04	n.m.
		*1), *2) 2.681E+03	7.203E+03	3.644E+04	8.748E+04	9.012E+04	
		*1), *3) 1.002E+03	2.821E+03	1.694E+04	4.747E+04	6.483E+04	n.m.
	$L_{IR} [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	*4) 9.654E+01	2.739E+02	3.291E+03	4.903E+03 *5)	5.058E+03 *5)	n.m.
		*2) 7.900E+01	2.245E+02	5.157E+02	4.578E+03	4.702E+03	
		*3) 3.065E+01	8.832E+01	9.286E+02	3.012E+03 *5)	3.671E+03 *5)	n.m.

Anmerkungen:

*1) $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) Zoom/ Focus=25°, Spot/ Near/ (Anschlag II)

*3) Zoom/ Focus=45°, Flood/ Far/ (Anschlag re)

*4) Zoom/ Focus=25°, E-Spot-Max/ Near/ (E-SPOT-Max)

*5) OVL - OD1: $L_B=13.4$ $L_R=8.1$ $L_{IR}=3.8$, $L_{VL}=11.8$ *6) OVL - OD2: $L_B=180.7$ $L_R=51.4$ $L_{IR}=14.0$, $L_{VL}=125.7$ *7) OVL - OD3: $L_B=1247.5$ $L_R=1022.5$ $L_{IR}=657.5$, $L_{VL}=1142.9$

Steckbrief ETC S4 PARnel CDM, horizontal (-), Spot 25° (Anschlag li)

Gruppe CDM	Messzeitraum KW 37/ 20	ETC Source Four PARnel, horizontal	Mess-Nr. M56
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> • CDM 250W/ PAR, CDM1_5, (-) • Philips Master Colour CDM-T 250W/ 942, 12.3mm Bogen • Lichtstrom: 23400 lm • WS-Linse (engl. Wave Stippled lens) für Spot u. Flood 			
Optik Linse 2 Linsen (WS, WC) Öffnung/ Maße ø 170 mm Abstrahlwinkel 25°-45° Zoom			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> • WS-Linse Anschlag links (kein Maximalwert) • IR-B: Extrapolation der Bremsstrahlung • Einstufung lt. Herst. RG= k.A. 			

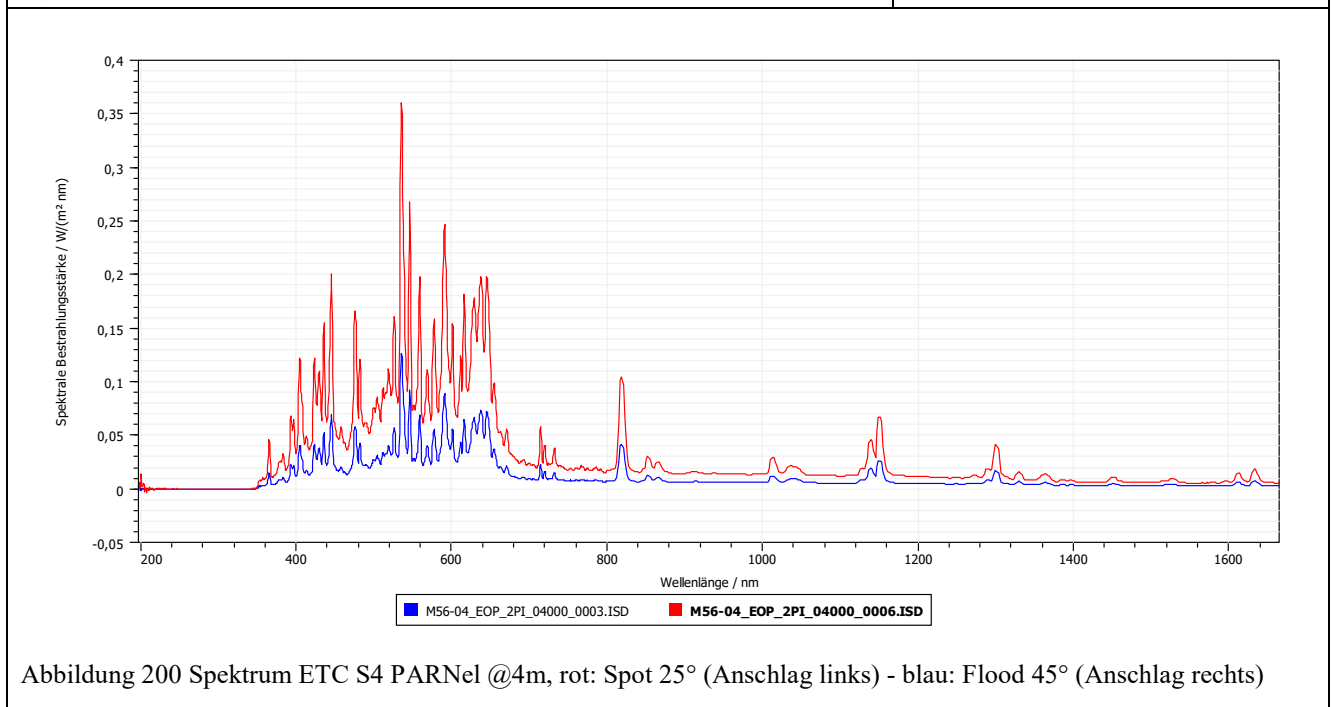
Abbildung 199 Scheinwerfer ETC S4 PARnel [64]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
$E_S [W \cdot m^{-2}]$	7.881E-05		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{UVA} [W \cdot m^{-2}]$	1.947E+00		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{IR} [W \cdot m^{-2}]$	7.100E+00		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_H [W \cdot m^{-2}]$	1.829E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung
$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	1.141E+04		8.767E+01	2
$L_R [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	1.464E+05		4.250E-02	> 2.880E+04 (> 8h)

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser ø 170 mm

*2) scheinbare Quelle ø 70.1 mm

Gefahrenstufe 4m: RG4m
 RG4m = 2
Max. Expositionszeit:
 87.7 sec
Einstellungen:
 Spot 25°, Anschlag links
Ausrichtung:
 zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ



Steckbrief ETC S4 PARnel CDM, horizontal (-), Spot 25° (E-Spot-Max)

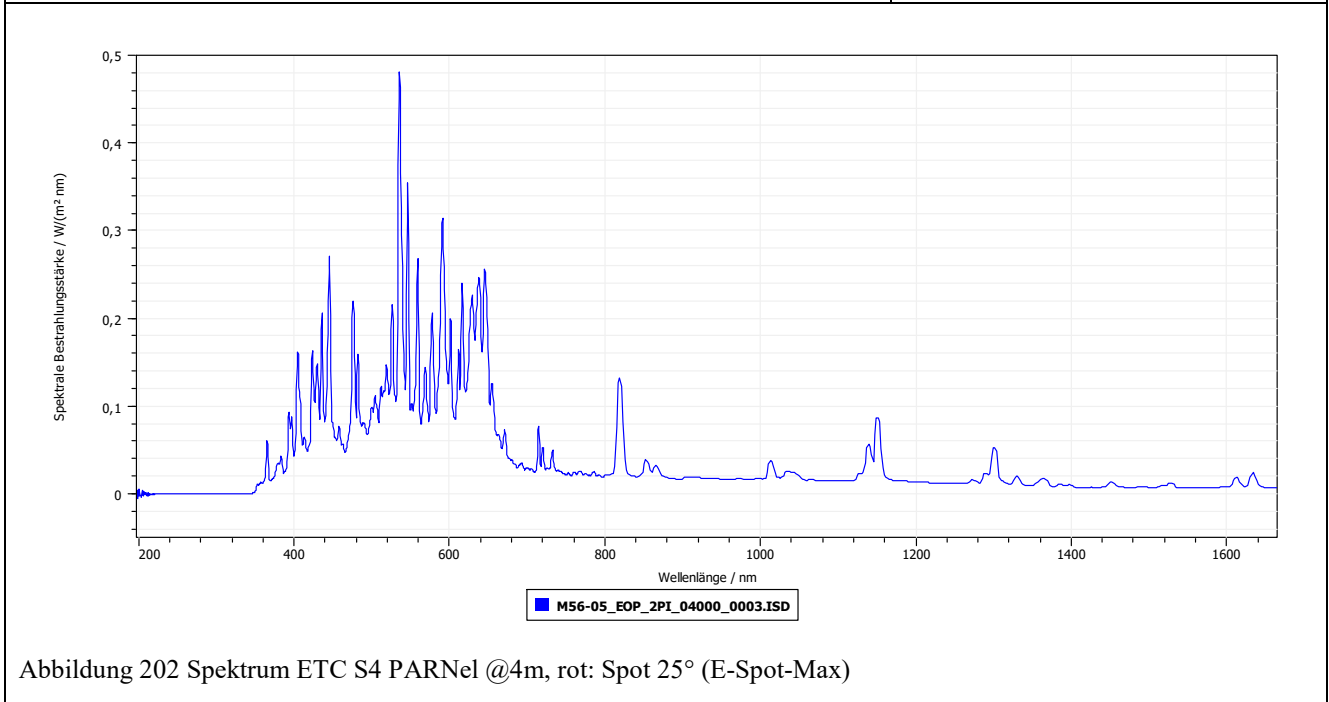
Gruppe CDM	Messzeitraum KW 37/ 20	ETC Source Four PARnel, horizontal	Mess-Nr. M56
Leuchtmittel/ Typ <ul style="list-style-type: none"> • CDM 250W/ PAR, CDM1_5, (-) • Philips Master Colour CDM-T 250W/ 942, 12.3mm Bogen • Lichtstrom: 23400 lm • WS-Linse (engl. Wave Stippled lens) für Spot u. Flood 			
Optik Linse 2 Linsen (WS, WC) Öffnung/ Maße ø 170 mm Abstrahlwinkel 25°-45° Zoom			
Bemerkung <ul style="list-style-type: none"> • WS-Linse Anschlag E-Spot-Max (Maximalwert) • IR-B: Extrapolation der Bremsstrahlung • Einstufung lt. Herst. RG= k.A. 			

Abbildung 201 Scheinwerfer ETC S4 PARnel [64]

4 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle) *1)	Maximale Expositionszeit/ sec	Risikogruppe RG4m
$E_S [W \cdot m^{-2}]$	1.052E-04		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{UVA} [W \cdot m^{-2}]$	1.596E+00		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_{IR} [W \cdot m^{-2}]$	1.998E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	0
$E_H [W \cdot m^{-2}]$	6.047E+01		> 2.880E+04 (> 8h)	keine Zuordnung
$L_B [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	1.154E+04		8.664E+01	2
$L_R [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	1.504E+05	4.250E-02	> 2.880E+04 (> 8h)	*1):0 *2):0

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser ø 170 mm
*2) scheinbare Quelle ø 70.1 mm

Gefahrenstufe 4m: RG4m RG4m = 2
Max. Expositionszeit: 86.6 sec
Einstellungen: E-Spot-Max 25°
Ausrichtung: zentral für E_λ / Max-Wert für L_λ



Ringvergleich

Die verschiedenen Labore haben mit unterschiedlichen Einstellungen und Ausrichtungen des Referenzscheinwerfers gearbeitet, welche zu abweichenden Messwerten führen. Ein Vergleich der Beleuchtungsstärke E_v und der Blaulicht-gewichteten Bestrahlungsstärken²⁵ E_B in Tabelle 115 zeigt eine Abweichung der Labore bei einem Vergleich mit gleichen Einstellungen von bis zu 17.3%. In Tabelle 118 ergeben sich zwischen den Laboren der BG ETEM und H-BRS für E_{IR} und E_H im Messabstand von 20cm Abweichungen von maximal 25.6%. Abweichungen größer 30% ergeben sich durch andere Messbereiche der Spektrometer (BG ETEM: ab 333nm). Die weiteren Abweichungen relevanter Messwerte dieser beiden Labore sind in Tabelle 116 dargestellt. Für die Strahldichten ergeben sich Abweichungen bis zu 25.7%.

Tabelle 115 Abweichung Beleuchtungs-/ Bestrahlungsstärke H-BRS/ BG ETEM u. H-BRS/ BAuA

		Focus E-Spot-Max	Focus E-Spot-Max	Abweichungen	Focus Spot (Li-Anschlag)	Focus Spot	Abweichungen
		H-BRS	BG ETEM Okt.2020	HBRS/ BG ETEM	H-BRS	BAuA März 2021	HBRS/ BAuA
		max/ Scheinwerfer horizontal	max/ Scheinwerfer horizontal		zentral/ Scheinwerfer horizontal	zentral/ Scheinwerfer horizontal	
E_v	0.20 m	1011.0000 klx	1223.0000 klx	17.33%	988.9000 klx	987.0028 klx	-0.19%
E_v	0.50 m	453.2000 klx	538.1000 klx	15.78%	379.1000 klx	392.7019 klx	3.46%
E_v	1.00 m	156.5000 klx	172.4000 klx	9.22%	137.9000 klx	119.1805 klx	-15.71%
E_v	2.00 m	42.7200 klx	46.8200 klx	8.76%	33.6100 klx	31.0389 klx	-8.28%
E_v	4.00 m	11.3400 klx	12.2700 klx	7.58%	8.6970 klx	7.6287 klx	-14.00%
E_v	8.00 m	2.6120 klx	Fit@4m: 3.0675 klx	14.85%	2.0550 klx	1.8829 klx	-9.14%
E_B	0.20 m	618.12000 W/m ²	741.90000 W/m ²	16.68%	607.88000 W/m ²	618.17591 W/m ²	1.67%
E_B	0.50 m	282.32000 W/m ²	324.29000 W/m ²	12.94%	236.40000 W/m ²	247.51943 W/m ²	4.49%
E_B	1.00 m	97.29700 W/m ²	104.33000 W/m ²	6.74%	86.13900 W/m ²	74.95579 W/m ²	-14.92%
E_B	2.00 m	26.57900 W/m ²	28.54300 W/m ²	6.88%	20.74600 W/m ²	19.46103 W/m ²	-6.60%
E_B	4.00 m	7.03710 W/m ²	7.51890 W/m ²	6.41%	5.30340 W/m ²	4.76853 W/m ²	-11.22%
E_B	8.00 m	1.65804 W/m ²	Fit@4m: 1.879725 W/m ²	11.79%	1.28600 W/m ²	1.17606 W/m ²	-9.35%

Die Abbildung 203 und Abbildung 204 zeigen die Messdaten für E_v (E_v) und E_B (E_B) nochmal graphisch.

²⁵ Labor BAuA: nur Messwerte E_v (E_v), E_B (E_B)

Tabelle 116 ETC S4 PARNel (E-Spot-Max) – Abweichung relevanter Messwerte H-BRS/ BG ETEM

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux]	2.612E+00	1.134E+04	4.272E+04	1.565E+05	4.532E+02	1.011E+03
		7.6%	8.8%	9.2%	15.8%	17.3%
*7)	n.m.	1.227E+04	4.683E+04	1.724E+05	5.381E+02	1.223E+03
E_S [$W \cdot m^{-2}$]	2.586E-05 *3)	1.052E-04 *3)	3.997E-04 *3)	1.413E-03 *3)	4.157E-03 *3)	8.652E-03 *3)
		4.4%	7.1%	8.3%	12.3%	21.3%
*7)	n.m.	1.100E-04 *4)	4.300E-04 *4)	1.540E-03 *4)	4.740E-03 *4)	1.100E-02 *4)
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	3.928E-01	1.596E+00 *3)	6.103E+00 *3)	2.161E+01 *3)	6.340E+01 *3)	1.315E+02 *3)
		8.3%	6.4%	7.6%	9.4%	21.3%
*7)	n.m.	1.740E+00 *4)	6.520E+00 *4)	2.340E+01 *4)	7.000E+01 *4)	1.670E+02 *4)
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	1.658E+00	7.037E+00	2.658E+01	9.730E+01	2.823E+02	6.181E+02
		10.7%	11.1%	10.7%	17.0%	20.4%
*7)	n.m.	7.880E+00	2.990E+01	1.090E+02	3.400E+02	7.770E+02
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	3.673E+00 *5)	1.512E+01 *5)	5.360E+01 *5)	1.899E+02 *5)	5.602E+02 *5)	1.337E+03 *5)
		4.9%	9.8%	12.9%	20.9%	29.2%
*7)	n.m.	1.590E+01	5.940E+01	2.180E+02	7.080E+02	1.887E+03
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	1.315E+01	5.560E+01	2.060E+02	7.477E+02	2.174E+03	4.935E+03
		5.9%	8.0%	9.1%	16.3%	20.3%
*7)	n.m.	5.908E+01 *2)	2.239E+02 *2)	8.226E+02 *2)	2.596E+03 *2)	6.190E+03 *2)
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	1.062E+04	1.154E+04	1.060E+04	1.483E+04	1.390E+04	n.m.
		6.9%	17.2%	-15.0%	0.0%	
*7)	n.m.	1.240E+04	1.280E+04	1.290E+04	1.390E+04	n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	3.083E+04	3.494E+04	3.643E+04	4.166E+04	4.131E+04	n.m.
		-16.4%	-25.7%	0.5%	-9.8%	
*7)	n.m.	1.750E+05	1.790E+05	1.890E+05	1.980E+05	n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	1.370E+05	1.504E+05	1.424E+05	1.900E+05	1.803E+05	n.m.
		19.1%	14.9%	12.8%	21.4%	
*7)	n.m.	4.330E+03	4.510E+03	4.720E+03	5.170E+03	n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7 \text{ mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10^4 L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) K. BG ETEM: nicht im Prüfbericht/ aus *.isd-Datei berechnet

*3) Integral 350nm-400nm

*4) BG ETEM: 333nm-400nm

*5) E_{IR}, E_H - 1665 nm*6) E_{IR}, E_H -3000nm (Extrapolation der Bremsstrahlung)

*7) BG ETEM Daten aus PB (inkl. +5% MU)

Die Abweichungen zwischen den Laboren H-BRS und BAuA betragen für die Bestrahlungsstärken bis zu 15.7% (vgl. Tabelle 117). Für einen Vergleich der Strahldichten liegen Werte der BAuA für L_B mit unbekanntem Messbedingungen vor. Dementsprechend ergeben sich hier große Abweichungen (vgl. Tabelle 117, Werte L_B).

Tabelle 117 ETC S4 PARNel (Spot, li Anschlag) – Abweichung relevanter Messwerte H-BRS/ BAuA

Messung [mm]	8000	4000	2000	1000	500	200
E_v [lux]	^{*2)} 2.055E+03 -9.1% ^{*4)} 1.883E+03	8.697E+03 -14.0% 7.629E+03	3.361E+04 -8.3% 3.104E+04	1.379E+05 -15.7% 1.192E+05	3.791E+05 3.5% 3.927E+05	9.889E+05 -0.2% 9.870E+05
E_s [$W \cdot m^{-2}$]	^{*2)} 1.991E-05 ^{*4)} n.m.	7.881E-05 n.m.	3.094E-04 n.m.	1.293E-03 n.m.	3.527E-03 n.m.	8.735E-03 n.m.
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	^{*2)} 3.028E-01 ^{*4)} n.m.	1.947E+00 n.m.	4.721E+00 n.m.	1.977E+01 n.m.	5.388E+01 n.m.	1.322E+02 n.m.
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	^{*2)} 1.286E+00 -9.3% ^{*4)} 1.176E+00	5.303E+00 -11.2% 4.769E+00	2.075E+01 -6.6% 1.946E+01	8.614E+01 -14.9% 7.496E+01	2.364E+02 4.5% 2.475E+02	6.079E+02 1.7% 6.182E+02
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	^{*2) *5)} 3.045E+00 ^{*2) *6)} 4.020E+00 ^{*4)} n.m.	1.253E+01 4.009E+00 n.m.	4.473E+01 1.431E+01 n.m.	1.783E+02 5.705E+01 n.m.	4.761E+02 1.524E+02 n.m.	1.314E+03 4.204E+02 n.m.
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	^{*2) *5)} 1.052E+01 ^{*2) *6)} 1.152E+01 ^{*4)} n.m.	4.372E+01 4.787E+01 n.m.	1.656E+02 1.814E+02 n.m.	6.733E+02 7.372E+02 n.m.	1.832E+03 2.006E+03 n.m.	4.839E+03 5.299E+03 n.m.
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	^{*1)} 9.694E+03 -56.4% ^{*4)} 6.200E+03	1.141E+04 -139.6% 4.760E+03	1.345E+04 -325.7% 3.160E+03	1.436E+04 -56.6% 9.170E+03	1.405E+04 -45.6% 9.648E+03	n.m. n.m. n.m.
$L_{R(BDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	^{*1)} 2.860E+04 ^{*4)} n.m.	3.231E+04 n.m.	3.849E+04 n.m.	4.056E+04 n.m.	4.132E+04 n.m.	n.m. n.m.
$L_{R(kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	^{*1)} 1.255E+05	1.464E+05	1.730E+05	1.841E+05	1.818E+05	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	^{*1)} 2.995E+03 ^{*4)} n.m.	3.296E+03 n.m.	3.721E+03 n.m.	4.026E+03 n.m.	4.137E+03 n.m.	n.m. n.m.

Anmerkungen:

^{*1)} $\gamma = 1.7 \text{ mrad} / L_{R(kor)} = 10^4 L_B + L_{R(BDM/RTH)}$ ^{*2)} Spot 25°, zentral, li Anschlag^{*3)} Integral 350nm-400nm^{*4)} BAuA (korrigierte) Daten Spot, Messbedingung L_B unbekannt^{*5)} E_IR, E_H - 1665nm^{*6)} E_IR, E_H - 3000nm (Extrapolation)

Bemerkung: Messung M56.04 11.11.20, CDM1_5, (-)

Bei den roten Werten handelt es sich um Vergleichswerte der BAuA. Es lagen Messdaten für E_v , E_B und L_B vor. Die Messbedingungen sind unbekannt.

Der Vergleich der Labore BGETEM und BAuA ist aufgrund verschiedener Messsituationen nicht sinnvoll.

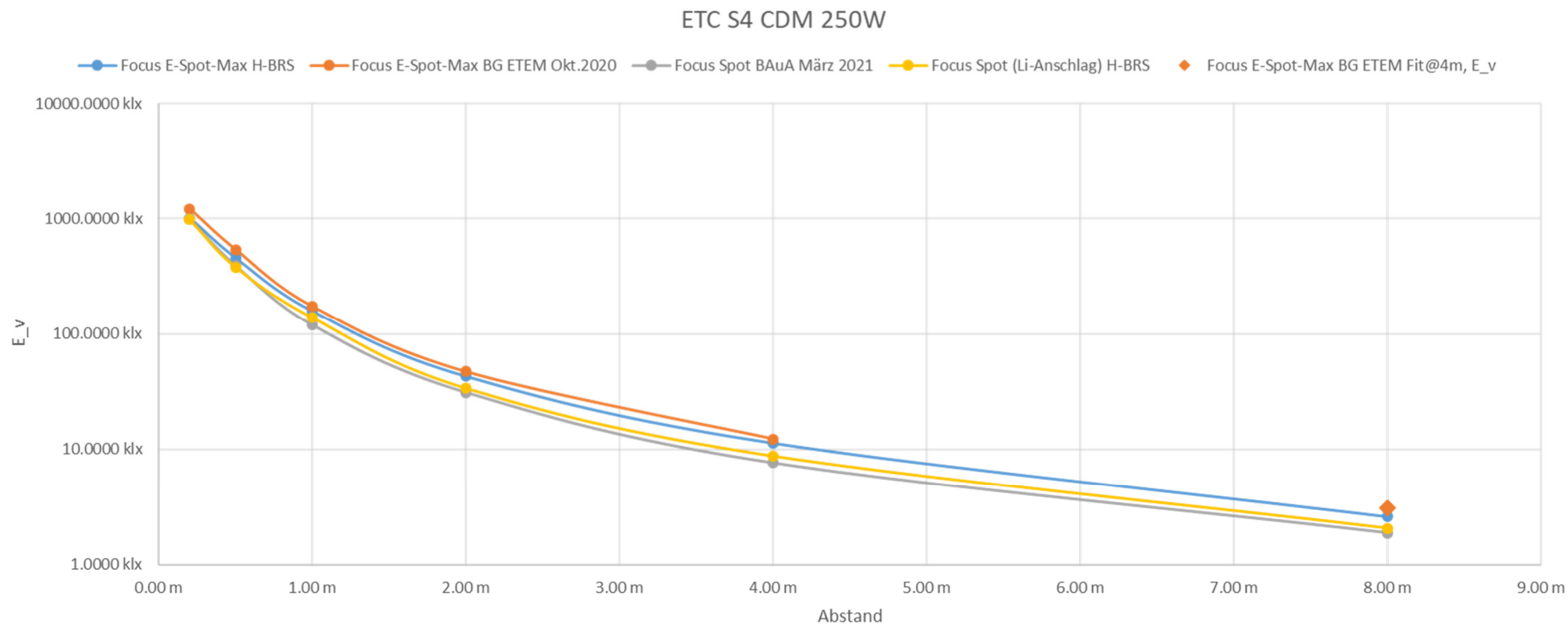


Abbildung 203 Vergleich Beleuchtungsstärke E_v (H-BRS, BG ETEM, BAuA)

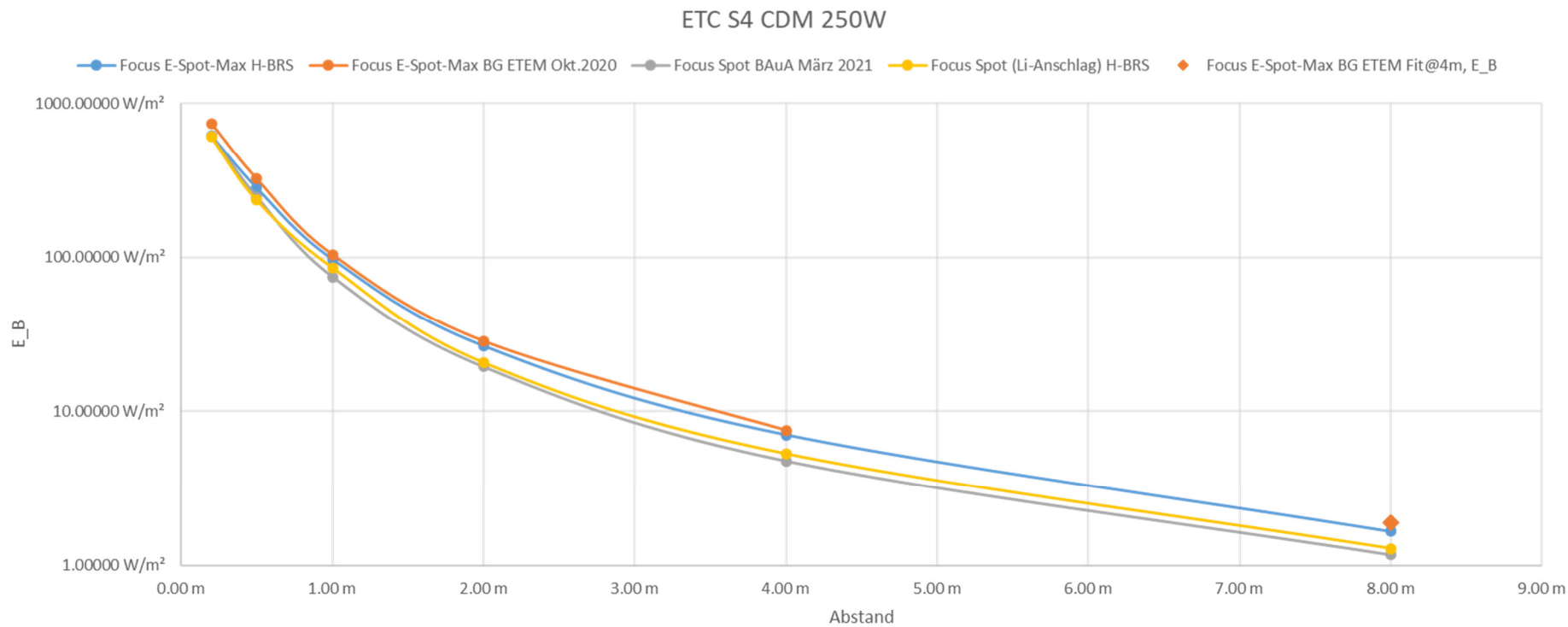


Abbildung 204 Vergleich Bestrahlungsstärke E_B (H-BRS, BG ETEM, BAuA)

Tabelle 118 Messwerte ETC S4 PARNel der Labore im Vergleich, Bestimmung der Abweichungen

Scheinwerfer: ETC S4 PARNel CDM-T 250W
 Brenner: CDM1
 Alter: Lamp hour total = / lamp strikes total =
 Bemerkung: Entladung
 Quellengröße (Öffnung): Ø 170mm
 Delelabor: EOP-146

Bemerkungen:
 *1) Messungen BGITEM > 333 nm
 *2) Werte aus volllegenden Spektrometers teilen der BG ETEM berechnet
 *3) keine Messwerte vorhanden

Messung	Messabstand							Abweichung		
		Focus Spot (LI-Anschlag)	Focus Flood (Re-Anschlag)	Focus Spot (LI-Anschlag)	Focus Flood (Re-Anschlag)	Focus E-Spot-Max	Focus E-Spot-Max *2)	Focus Spot	Focus E-Spot-Max	Focus Spot
		H-BRS	H-BRS	H-BRS	H-BRS	H-BRS	Kerkhoff Okt.2020	BAuA, März 2021		
		zentral/ Scheinwerfer vertikal	zentral/ Scheinwerfer vertikal	zentral/ Scheinwerfer horizontal	zentral/ Scheinwerfer horizontal	max/ Scheinwerfer horizontal	max/ Scheinwerfer horizontal	zentral/ Scheinwerfer horizontal		
		M50.01	M50.01	M56.04	M56.04	M56.05				
E_v	20,0 cm	1110.0000 klx	1128.0000 klx	988.9000 klx	800.1000 klx	1011.0000 klx	1223.0000 klx	987.0028 klx	17.33%	-0.19%
E_s_200-400	20,0 cm	0.27362 mW/m²	0.22842 W/m²	-0.04094 W/m²	-0.32254 W/m²	0.05676 W/m²	0.01025 W/m²		>30% *1)	*)
E_s_230-400	20,0 cm	0.13433 mW/m²	0.03315 W/m²	0.06492 W/m²	0.12721 W/m²	0.26278 W/m²	0.01048 W/m²		>30% *1)	*)
E_UVA_315-400	20,0 cm	137.03000 W/m²	136.03000 W/m²	132.53000 W/m²	113.22000 W/m²	131.83000 W/m²	158.86000 W/m²		17.01%	*)
E_B_300-700	20,0 cm	648.69000 W/m²	654.58000 W/m²	607.88000 W/m²	498.30000 W/m²	618.12000 W/m²	741.90000 W/m²	618.17591 W/m²	16.88%	1.67%
E_IR_780-1665	20,0 cm	1691.80000 W/m²	1610.10000 W/m²	1313.70000 W/m²	1074.10000 W/m²	1336.80000 W/m²	1796.80000 W/m²		25.60%	*)
E_H_380-1665	20,0 cm	5680.20000 W/m²	5667.80000 W/m²	4839.10000 W/m²	3958.30000 W/m²	4934.60000 W/m²	6189.50000 W/m²		20.27%	*)
E_v	50 cm	481.5000 klx	203.1000 klx	379.1000 klx	171.8000 klx	453.2000 klx	538.1000 klx	392.7019 klx	15.78%	3.46%
E_s_200-400	50 cm	0.15330 mW/m²	0.00564 W/m²	0.04647 W/m²	0.01740 W/m²	0.08292 W/m²	0.00450 W/m²		>30% *1)	*)
E_s_230-400	50 cm	0.05995 mW/m²	0.03189 W/m²	0.01014 W/m²	0.01853 W/m²	0.04907 W/m²	0.00450 W/m²		>30% *1)	*)
E_UVA_315-400	50 cm	51.74500 W/m²	23.45300 W/m²	54.09200 W/m²	24.13500 W/m²	63.60300 W/m²	66.62700 W/m²		7.32%	*)
E_B_300-700	50 cm	250.45000 W/m²	115.21000 W/m²	236.40000 W/m²	105.42000 W/m²	282.32000 W/m²	324.29000 W/m²	247.51943 W/m²	12.94%	4.49%
E_IR_780-1665	50 cm	591.79000 W/m²	319.92000 W/m²	476.14000 W/m²	245.21000 W/m²	560.15000 W/m²	674.30000 W/m²		16.93%	*)
E_H_380-1665	50 cm	2141.70000 W/m²	1054.10000 W/m²	1832.40000 W/m²	865.82000 W/m²	2173.70000 W/m²	2595.80000 W/m²		16.26%	*)
E_v	1 m	138.2000 klx	48.8900 klx	137.9000 klx	52.2000 klx	156.5000 klx	172.4000 klx	119.1805 klx	9.22%	-15.71%
E_s_200-400	1 m	0.00396 W/m²	0.00955 W/m²	0.03942 W/m²	0.00308 W/m²	0.05800 W/m²	0.00146 W/m²		>30% *1)	*)
E_s_230-400	1 m	0.00762 W/m²	0.00295 W/m²	0.00674 W/m²	-0.00498 W/m²	0.01864 W/m²	0.00144 W/m²		>30% *1)	*)
E_UVA_315-400	1 m	16.71700 W/m²	5.67100 W/m²	19.84100 W/m²	7.25930 W/m²	21.68500 W/m²	22.32900 W/m²		2.88%	*)
E_B_300-700	1 m	81.11400 W/m²	28.00700 W/m²	86.13900 W/m²	32.03500 W/m²	97.29700 W/m²	104.33000 W/m²	74.95579 W/m²	6.74%	-14.92%
E_IR_780-1665	1 m	187.83000 W/m²	77.35400 W/m²	176.29000 W/m²	76.03800 W/m²	189.87000 W/m²	207.45000 W/m²		8.47%	*)
E_H_380-1665	1 m	684.52000 W/m²	254.56000 W/m²	673.28000 W/m²	264.84000 W/m²	747.65000 W/m²	822.56000 W/m²		9.11%	*)
E_v	2 m	35.5900 klx	12.1900 klx	33.6100 klx	12.0200 klx	42.7200 klx	46.8200 klx	31.0389 klx	8.76%	-8.28%
E_s_200-400	2 m	-0.00113 W/m²	0.00095 W/m²	-0.00180 W/m²	0.00406 W/m²	0.01009 W/m²	0.00041 W/m²		>30% *1)	*)
E_s_230-400	2 m	0.00543 W/m²	0.00028 W/m²	-0.00802 W/m²	0.00162 W/m²	-0.00431 W/m²	0.00041 W/m²		>30% *1)	*)
E_UVA_315-400	2 m	4.30570 W/m²	1.40770 W/m²	4.73790 W/m²	1.61070 W/m²	6.13060 W/m²	6.20910 W/m²		1.26%	*)
E_B_300-700	2 m	20.75600 W/m²	6.96910 W/m²	20.74600 W/m²	7.29990 W/m²	26.57900 W/m²	28.54300 W/m²	19.46103 W/m²	6.88%	-6.60%
E_IR_780-1665	2 m	49.32000 W/m²	19.97800 W/m²	44.72800 W/m²	18.75700 W/m²	53.59700 W/m²	56.60100 W/m²		5.31%	*)
E_H_380-1665	2 m	177.65000 W/m²	64.33400 W/m²	165.62000 W/m²	62.39000 W/m²	205.99000 W/m²	223.87000 W/m²		7.99%	*)
E_v	4 m	7.9670 klx	2.8470 klx	8.6970 klx	3.1280 klx	11.3400 klx	12.2700 klx	7.6287 klx	7.58%	-14.00%
E_s_200-400	4 m	0.00101 W/m²	0.00097 W/m²	0.00075 W/m²	0.00003 W/m²	-0.00110 W/m²	0.00011 W/m²		>30% *1)	*)
E_s_230-400	4 m	0.00047 W/m²	0.00040 W/m²	0.00000 W/m²	0.00038 W/m²	0.00045 W/m²	0.00011 W/m²		>30% *1)	*)
E_UVA_315-400	4 m	0.98165 W/m²	0.32657 W/m²	1.19950 W/m²	0.40699 W/m²	1.60900 W/m²	1.65310 W/m²		3.16%	*)
E_B_300-700	4 m	4.62520 W/m²	1.60950 W/m²	5.30340 W/m²	1.86800 W/m²	7.03710 W/m²	7.51890 W/m²	4.76853 W/m²	6.41%	-11.22%
E_IR_780-1665	4 m	11.54200 W/m²	4.51780 W/m²	12.52800 W/m²	5.37850 W/m²	15.11900 W/m²	15.15800 W/m²		0.26%	*)
E_H_380-1665	4 m	40.24100 W/m²	14.83300 W/m²	43.71600 W/m²	16.69900 W/m²	55.60100 W/m²	59.07500 W/m²		5.88%	*)
E_v	8 m	2.1730 klx	0.7438 klx	2.0550 klx	0.7687 klx	2.6120 klx	n.m.	1.8829 klx	*)	-9.14%
E_s_200-400	8 m	0.00047 W/m²	-0.00012 W/m²	0.00032 W/m²	-0.00010 W/m²	0.00012 W/m²	n.m.		*)	*)
E_s_230-400	8 m	0.00030 W/m²	-0.00005 W/m²	-0.00085 W/m²	-0.00015 W/m²	0.00031 W/m²	n.m.		*)	*)
E_UVA_315-400	8 m	0.26156 W/m²	0.08437 W/m²	0.30387 W/m²	0.10883 W/m²	0.39427 W/m²	n.m.		*)	*)
E_B_300-700	8 m	1.25490 W/m²	0.41948 W/m²	1.28600 W/m²	0.47563 W/m²	1.65804 W/m²	n.m.	1.17606 W/m²	*)	-9.35%
E_IR_780-1665	8 m	3.15070 W/m²	1.17350 W/m²	3.04530 W/m²	1.24880 W/m²	3.67229 W/m²	n.m.		*)	*)
E_H_380-1665	8 m	10.96300 W/m²	3.86260 W/m²	10.52200 W/m²	4.06770 W/m²	13.14954 W/m²	n.m.		*)	*)

Auswertung und Gesamtübersicht

Zunächst sollen die Grundgedanken dieses Abschnitts „Auswertung und Gesamtübersicht“ kurz erläutert werden:

- (1) Wir möchten die Informationen der Steckbriefe weiter verdichten. Ziel ist es eine Tabelle zu erstellen, in der alle Bühnenstrahler (klassifiziert nach Lichtquellen) und alle Messgrößen sowie die zugehörigen Risikogruppen RG4m übersichtlich zusammengefasst werden. Diese Tabelle ist die Tabelle 111.
- (2) Es wird sich zeigen, dass lediglich die Strahldichten L_B und L_R sowie die Bestrahlungsstärken E_S und E_{UVA} für die Einteilung in die Risikogruppen RG4m relevant sind.
- (3) Mit Hilfe von *empirischen Regeln* und dem *Satz von der Erhaltung der Strahldichte* lassen sich die Strahldichten L_B und L_R besser verstehen.
- (4) Die Bestrahlungsstärken E_S und E_{UVA} folgen keinen allgemeinen Regeln wie sie unter (3) für die Strahldichten abgeleitet worden sind.
- (5) Das Kapitel „Auswertung und Gesamtübersicht“ endet mit einer zusammenfassenden Übersicht von Kernaussagen.

Wir möchten die Informationen der Steckbriefe weiter verdichten. Dabei hilft uns die Klassifikation der Bühnenstrahler anhand der Lichtquellen:

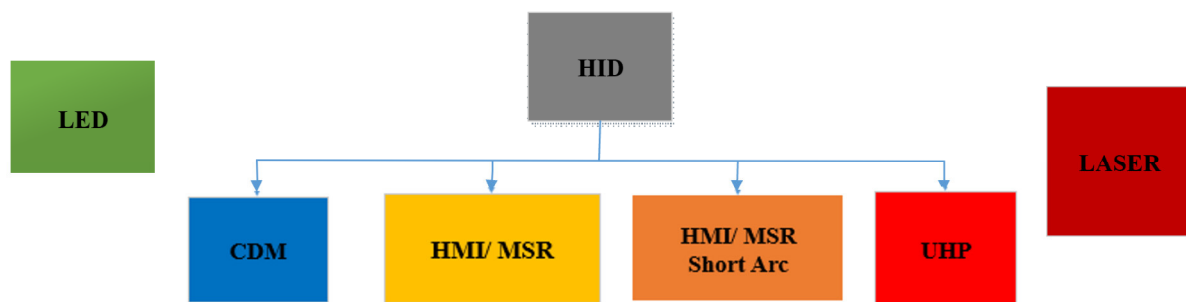


Abbildung 205 Übersicht Lichtquellen.

Die folgende Tabelle 119 ist eine Übersicht über alle Bühnenstrahler und deren Messwerte geordnet nach ihren Lichtquellen. Die Werte sind den jeweils ersten Seiten der Steckbriefe entnommen. So sind die Strahlwerte L_B , L_R und L_{IR} immer für eine Winkelausdehnung von $1,7\text{mrad}$ genommen worden, alle Strahldichten und Bestrahlungsstärken sind bei 4m Abstand gemessen worden, die Abschätzung der Leuchtdichte L_V ist über $L_V \approx L_B \cdot E_V / E_B$ ermittelt worden, die Quellgröße ist der Durchmesser der vorderen Linse bzw. Öffnung des Bühnenscheinwerfers, mit der dann auch die Größe der scheinbaren Quelle berechnet wird, die wiederum wichtig für die Berechnung der Risikogruppe RG4m ist.

In der dann folgenden Tabelle 120 sind die Daten weiter komprimiert worden. So werden die Bühnenscheinwerfer mit gleichem Lichtquellentyp zusammengefasst und für die Messgrößen (Bestrahlungsstärken und Strahldichten) Werte-Intervalle angegeben.

Tabelle 119 Liste der vermessenen Scheinwerfer geordnet nach Lichtquellen

Messung	Scheinwerfer	Technologie	Quellengröße	L v Abschätzung	E v meas	E S meas	E UVA meas	E B meas	E IR meas	E H meas	L B meas	L R meas	L IR meas	max Expositionszeit	RG4m
M40	Arri L7-C	LED	175.0 mm	2.668E+06 cd/m²	2.685E+03 lx	1.000E-06 W/m²	1.000E-06 W/m²	2.761E+00 W/m²	5.741E-03 W/m²	1.050E+01 W/m²	2.744E+03 W/m²/sr	3.241E+04 W/m²/sr	1.000E-06 W/m²/sr	3.644E+02 sec	1
M43	SGMP 5	LED	265.5 mm	9.611E+05 cd/m²	7.651E+02 lx	1.000E-06 W/m²	1.000E-06 W/m²	2.993E+00 W/m²	1.000E-06 W/m²	4.946E+00 W/m²	3.760E+03 W/m²/sr	3.925E+04 W/m²/sr	6.320E+00 W/m²/sr	2.660E+02 sec	1
M44	Martin Atomic LED	LED	276.5 mm	5.205E+06 cd/m²	6.045E+03 lx	4.594E-08 W/m²	1.369E-03 W/m²	5.389E+00 W/m²	4.906E-01 W/m²	1.977E+01 W/m²	4.640E+03 W/m²/sr	5.385E+04 W/m²/sr	1.818E+01 W/m²/sr	2.155E+02 sec	1
M45	ETC S4 Lustr+S2	LED	70.0 mm	3.953E+06 cd/m²	1.623E+03 lx	2.361E-09 W/m²	7.478E-05 W/m²	1.589E-01 W/m²	4.203E-03 W/m²	4.630E+00 W/m²	3.870E+02 W/m²/sr	2.201E+04 W/m²/sr	2.282E+01 W/m²/sr	2.584E+03 sec	1
M51	Robe Spielder	LED	270.0 mm	2.069E+07 cd/m²	3.678E+04 lx	2.845E-07 W/m²	8.600E-03 W/m²	1.707E+02 W/m²	1.252E+00 W/m²	2.589E+02 W/m²	9.602E+04 W/m²/sr	9.878E+05 W/m²/sr	7.352E+01 W/m²/sr	3.163E-01 sec	2
M52	Ayorton Ghibli	LED	137.0 mm	9.956E+07 cd/m²	6.299E+04 lx	2.052E-07 W/m²	6.239E-03 W/m²	5.361E+01 W/m²	1.108E-01 W/m²	1.939E+02 W/m²	8.474E+04 W/m²/sr	1.009E+06 W/m²/sr	2.403E+02 W/m²/sr	4.375E+00 sec	2
M54	JB Lighting P 18 Spot	LED	165.0 mm	9.203E+07 cd/m²	7.085E+04 lx	1.002E-07 W/m²	2.987E-03 W/m²	6.425E+01 W/m²	1.300E-01 W/m²	2.236E+02 W/m²	8.346E+04 W/m²/sr	9.702E+05 W/m²/sr	1.856E+02 W/m²/sr	2.436E+00 sec	2
M62	Elation KL Fresnel 8"	LED	220.0 mm	1.070E+07 cd/m²	1.036E+04 lx	5.046E-08 W/m²	1.893E-03 W/m²	3.374E+00 W/m²	2.978E-01 W/m²	3.855E+01 W/m²	3.484E+03 W/m²/sr	6.476E+04 W/m²/sr	1.835E+02 W/m²/sr	2.870E+02 sec	1
M63	Robe Esprite Spot	LED	150.0 mm	6.447E+07 cd/m²	4.387E+04 lx	4.683E-10 W/m²	2.553E-03 W/m²	4.094E+01 W/m²	1.206E-01 W/m²	1.357E+02 W/m²	6.017E+04 W/m²/sr	6.934E+05 W/m²/sr	1.047E+02 W/m²/sr	1.662E+01 sec	2
M68	JB Lighting P 12 Wash	LED	145.0 mm	3.209E+07 cd/m²	1.176E+04 lx	1.876E-07 W/m²	1.508E-03 W/m²	1.396E+01 W/m²	4.959E-02 W/m²	3.943E+01 W/m²	3.810E+04 W/m²/sr	4.294E+05 W/m²/sr	6.478E+01 W/m²/sr	2.625E+01 sec	2
M69	Clay Paky HY B-Eye K25	LED	325.0 mm	2.346E+07 cd/m²	1.910E+04 lx	6.604E-07 W/m²	2.532E-04 W/m²	7.657E+01 W/m²	6.836E-02 W/m²	1.215E+02 W/m²	9.404E+04 W/m²/sr	9.706E+05 W/m²/sr	8.749E+01 W/m²/sr	1.616E-01 sec	3
M71	GLP X4 Impression	LED	225.0 mm	1.782E+07 cd/m²	1.609E+04 lx	1.000E-06 W/m²	1.000E-06 W/m²	3.862E+01 W/m²	1.000E-06 W/m²	8.635E+01 W/m²	4.278E+04 W/m²/sr	4.480E+05 W/m²/sr	2.992E+01 W/m²/sr	2.338E+01 sec	2
M72	GLP KNV Cube	LED	250.0 mm	9.080E+06 cd/m²	1.159E+03 lx	1.000E-06 W/m²	1.000E-06 W/m²	7.206E-01 W/m²	1.000E-06 W/m²	3.562E+00 W/m²	5.646E+03 W/m²/sr	6.779E+04 W/m²/sr	2.315E+01 W/m²/sr	1.771E+02 sec	2
M73	GLP JDC 1	LED	284.0 mm	3.344E+06 cd/m²	1.279E+03 lx	1.000E-06 W/m²	1.000E-06 W/m²	1.535E+00 W/m²	1.000E-06 W/m²	4.538E+00 W/m²	4.014E+03 W/m²/sr	4.571E+04 W/m²/sr	1.140E+01 W/m²/sr	2.491E+02 sec	1
M75	Martin Era 800	LED	160.0 mm	1.309E+08 cd/m²	1.077E+05 lx	1.000E-06 W/m²	1.000E-06 W/m²	8.760E+01 W/m²	1.678E-01 W/m²	3.259E+02 W/m²	1.064E+05 W/m²/sr	1.280E+06 W/m²/sr	1.280E+06 W/m²/sr	9.097E-01 sec	2
M76	Ayrtton Huracan-X	LED	178.0 mm	1.357E+08 cd/m²	1.170E+05 lx	1.000E-06 W/m²	1.000E-06 W/m²	1.081E+02 W/m²	1.140E-01 W/m²	3.657E+02 W/m²	1.254E+05 W/m²/sr	1.467E+06 W/m²/sr	1.886E+02 W/m²/sr	3.439E-01 sec	2
M56	ETC S4 CDM	CDM	170.0 mm	1.860E+07 cd/m²	1.134E+04 lx	1.052E-04 W/m²	1.596E+00 W/m²	7.037E+00 W/m²	1.512E+01 W/m²	5.560E+01 W/m²	1.154E+04 W/m²/sr	1.504E+05 W/m²/sr	3.502E+03 W/m²/sr	8.940E+01 sec	2
M38	ArriSun 5 S/N: 403	HMI	175.0 mm	1.234E+08 cd/m²	7.930E+04 lx	7.955E-03 W/m²	9.072E+01 W/m²	9.536E+01 W/m²	2.579E+02 W/m²	6.049E+02 W/m²	1.484E+05 W/m²/sr	1.706E+06 W/m²/sr	5.120E+04 W/m²/sr	2.014E-01 sec	3
M57	ArriSun 5 S/N: 403	HMI	175.0 mm	1.909E+08 cd/m²	6.111E+04 lx	3.345E-03 W/m²	3.834E+01 W/m²	6.011E+01 W/m²	2.017E+02 W/m²	4.634E+02 W/m²	1.877E+05 W/m²/sr	2.370E+06 W/m²/sr	1.226E+05 W/m²/sr	5.406E-02 sec	3
M77	Arri True Blue D12	HMI	175.0 mm	3.851E+07 cd/m²	2.248E+04 lx	9.049E-03 W/m²	1.595E+01 W/m²	2.583E+01 W/m²	4.803E+01 W/m²	1.615E+02 W/m²	4.425E+04 W/m²/sr	5.652E+05 W/m²/sr	2.309E+04 W/m²/sr	3.871E+00 sec	2
M78	ArriSun 5 S/N: 1179	HMI	175.0 mm	1.080E+08 cd/m²	1.891E+04 lx	1.026E-03 W/m²	1.199E+01 W/m²	1.926E+01 W/m²	5.225E+01 W/m²	1.372E+02 W/m²	1.100E+05 W/m²/sr	1.317E+06 W/m²/sr	3.387E+04 W/m²/sr	5.675E-01 sec	2
M79	ArriSun 5 S/N: 403	HMI	175.0 mm	2.146E+08 cd/m²	5.713E+04 lx	2.504E-03 W/m²	2.888E+01 W/m²	5.207E+01 W/m²	1.814E+02 W/m²	4.278E+02 W/m²	1.956E+05 W/m²/sr	2.443E+06 W/m²/sr	1.001E+05 W/m²/sr	4.791E-02 sec	3
M80	ArriSun 5 S/N: 1180	HMI	175.0 mm	1.180E+08 cd/m²	7.752E+04 lx	6.220E-03 W/m²	6.947E+01 W/m²	8.883E+01 W/m²	2.150E+02 W/m²	5.418E+02 W/m²	1.276E+05 W/m²/sr	1.611E+06 W/m²/sr	6.218E+04 W/m²/sr	2.535E-01 sec	2
M80	ArriSun 5 S/N: 1180 L	HMI	175.0 mm	8.541E+07 cd/m²	3.910E+04 lx	2.640E-03 W/m²	3.036E+01 W/m²	4.135E+01 W/m²	1.113E+02 W/m²	2.803E+02 W/m²	9.032E+04 W/m²/sr	1.094E+06 W/m²/sr	6.489E+03 W/m²/sr	1.191E+00 sec	2
M55	Martin Mac Viper Profile	HMI SA	140.0 mm	1.922E+08 cd/m²	6.419E+04 lx	7.103E-06 W/m²	1.917E-01 W/m²	5.921E+01 W/m²	5.619E-01 W/m²	2.307E+02 W/m²	1.773E+05 W/m²/sr	2.147E+06 W/m²/sr	6.858E+02 W/m²/sr	1.960E-01 sec	2
M59	Varilite VL 3500	HMI SA	120.0 mm	2.378E+08 cd/m²	2.690E+04 lx	1.971E-05 W/m²	5.532E-01 W/m²	2.066E+01 W/m²	1.271E-01 W/m²	1.025E+02 W/m²	1.827E+05 W/m²/sr	2.228E+06 W/m²/sr	1.379E+03 W/m²/sr	3.131E-01 sec	2
M61	GLP Highlander	HMI SA	230.0 mm	1.465E+08 cd/m²	1.215E+05 lx	5.056E-06 W/m²	1.329E-01 W/m²	1.184E+02 W/m²	8.234E-01 W/m²	4.762E+02 W/m²	1.427E+05 W/m²/sr	1.718E+06 W/m²/sr	3.729E+02 W/m²/sr	6.568E-02 sec	3
M65	Robe BMFL Wash	HMI SA	200.0 mm	1.476E+08 cd/m²	1.352E+05 lx	3.302E-06 W/m²	1.008E-01 W/m²	1.211E+02 W/m²	1.264E+00 W/m²	4.856E+02 W/m²	1.322E+05 W/m²/sr	1.601E+06 W/m²/sr	2.375E+02 W/m²/sr	1.523E-01 sec	3
M66	Robe MMX Spot	HMI SA	110.0 mm	2.598E+08 cd/m²	3.389E+04 lx	2.098E-05 W/m²	5.878E-01 W/m²	3.276E+01 W/m²	6.202E-01 W/m²	1.130E+02 W/m²	2.512E+05 W/m²/sr	2.928E+06 W/m²/sr	4.103E+02 W/m²/sr	1.486E-01 sec	3
M67	Varilite VL 6000	HMI SA	332.0 mm	4.474E+08 cd/m²	5.499E+05 lx	8.573E-05 W/m²	2.611E+00 W/m²	5.297E+02 W/m²	1.302E+01 W/m²	1.860E+03 W/m²	4.309E+05 W/m²/sr	5.062E+06 W/m²/sr	1.067E+03 W/m²/sr	2.007E-04 sec	3
M46	Clay Paky Sharpy	UHP	125.0 mm	1.404E+09 cd/m²	5.964E+05 lx	2.039E-03 W/m²	5.086E+01 W/m²	7.401E+02 W/m²	4.941E+01 W/m²	2.219E+03 W/m²	1.742E+06 W/m²/sr	1.986E+07 W/m²/sr	4.941E+01 W/m²/sr	4.212E-05 sec	3
M47	Clay Paky Mythos²	UHP	160.0 mm	2.385E+09 cd/m²	7.618E+05 lx	5.580E-05 W/m²	1.646E+00 W/m²	7.692E+02 W/m²	1.084E+01 W/m²	2.699E+03 W/m²	2.409E+06 W/m²/sr	2.806E+07 W/m²/sr	1.150E+04 W/m²/sr	3.938E-06 sec	3
M48	Robe Megapointe	UHP	150.0 mm	2.858E+09 cd/m²	1.369E+05 lx	5.918E-06 W/m²	1.571E-01 W/m²	1.453E+02 W/m²	1.306E+00 W/m²	5.047E+02 W/m²	3.034E+06 W/m²/sr	3.473E+07 W/m²/sr	3.297E+03 W/m²/sr	2.173E-06 sec	3
M60	Robe Pointe	UHP	110.0 mm	3.114E+09 cd/m²	6.946E+05 lx	5.478E-05 W/m²	1.591E+00 W/m²	7.132E+02 W/m²	1.220E+01 W/m²	2.495E+03 W/m²	3.197E+06 W/m²/sr	3.877E+07 W/m²/sr	1.296E+04 W/m²/sr	4.839E-06 sec	3
M64	Elation Smarty Hybrid	UHP	120.0 mm	2.792E+09 cd/m²	1.320E+06 lx	1.437E-03 W/m²	3.875E+01 W/m²	1.470E+03 W/m²	1.291E+01 W/m²	5.107E+03 W/m²	3.110E+06 W/m²/sr	3.556E+07 W/m²/sr	3.145E+03 W/m²/sr	4.824E-06 sec	3
M74	GLP GT-1	UHP	145.0 mm	3.182E+09 cd/m²	1.091E+06 lx	6.315E-03 W/m²	1.593E+02 W/m²	1.318E+03 W/m²	4.426E+00 W/m²	4.268E+03 W/m²	3.844E+06 W/m²/sr	4.444E+07 W/m²/sr	1.244E+03 W/m²/sr	9.283E-07 sec	3
M70	Clay Paky Xtylos	LASER	150.0 mm	3.674E+08 cd/m²	2.025E+05 lx	1.000E-09 W/m²	1.000E-09 W/m²	6.218E+02 W/m²	1.000E-09 W/m²	4.161E+03 W/m²	1.128E+06 W/m²/sr	1.221E+07 W/m²/sr	1.192E+02 W/m²/sr	1.422E-04 sec	3
M42	Martin Atomic 3000	XENON	282.5 mm	1.070E+06 cd/m²	1.040E+04 lx	1.043E-02 W/m²	5.626E+00 W/m²	9.623E+00 W/m²	7.226E+01 W/m²	1.266E+02 W/m²	9.900E+02 W/m²/sr	1.640E+04 W/m²/sr	3.200E+03 W/m²/sr	1.010E+03 sec	1

Tabelle 120 Ergebnisse in komprimierter Weise

Lichtquelle	Leuchtdichte in Mcd/m ²	L _B in kW/m ² sr	L _R in kW/m ² sr	E _{IR} in W/m ²	E _H in W/m ²	E _S in mW/m ²	EUVA in W/m ²
UHP	1.400-3.200	1.700-3.800	20.000-44.000	< 10	500-5.100	0-6,3	0-160
HMI SA	150-450	130-430	1.600-5.100	klein	100-1.900	<0,1	< 3
HMI	30-210	44-200	560-2.400	50-260	140-600	1-9	12-91
CDM	19	11	150	15	56	0,1	1,6
LED RGBW	18-24	43-96	450-990	klein	< 300	klein	klein
LED W	60-140	60-130	700-1.500	klein	< 400	klein	klein
LED β>10°	1-11	2-6	20-70	klein	< 40	klein	klein
Laser	1.200	1100	12.000	klein	1.500	klein	klein

Wir haben dabei die LED Bühnenstrahler noch unterteilt in Bühnenstrahler, die einen Farbwechsel bzw. eine Farbmischung erlauben: LED RGBW, Bühnenstrahler die nur weiße LEDs enthalten: LED W und Bühnenstrahler mit einem Abstrahlwinkel β > 10°: LED β > 10°.

Die in Tabelle 120 angegebenen Daten sind Wertbereiche der Bühnenstrahler (klassifiziert nach der Lichtquelle), z.B. haben Bühnenstrahler mit UHP-Lampen eine gewichtete Strahldichte L_B zwischen 1.700 und 3.800 kW/(m²·sr).

Kommen wir nun zu der schon in der Einleitung dieses Kapitels angekündigten Tabelle 121. Diese Tabelle entspricht der Tabelle 120, allerdings sind farblich die Risikogruppen RG4m eingetragen: rot für RG4m=3 bis schwarz für RG4m=0

Tabelle 121 Ergebnisse der Bühnenstrahler mit farblicher Angabe der Risikogruppe

Lichtquelle	Leuchtdichte in Mcd/m ²	L _B in kW/m ² sr	L _R in kW/m ² sr	E _{IR} in W/m ²	E _H in W/m ²	E _S in mW/m ²	EUVA in W/m ²
UHP	1.400-3.200	1.700-3.800	20.000-44.000	< 10	500-5.100	0-6,3	0-160
HMI SA	150-450	130-430	1.600-5.100	klein	100-1.900	<0,1	< 3
HMI	30-210	44-200	560-2.400	50-260	140-600	1-9	12-91
CDM	19	11	150	15	56	0,1	1,6
LED RGBW	18-24	43-96	450-990	klein	< 300	klein	klein
LED W	60-140	60-130	700-1.500	klein	< 400	klein	klein
LED β>10°	1-11	2-6	20-70	klein	< 40	klein	klein
Laser	1.200	1100	12.000	klein	1.500	klein	klein

RG4m=3 RG4m=2 RG4m=1 RG4m=0

Zur besseren Nachprüfbarkeit hier nochmals die Grenzen der Risikogruppen:

L_B	RG4m=3 ab 4.000 kW/m ² /sr	RG4m=2 ab 10 kW/m ² /sr	RG4m=1 ab 0,1 kW/m ² /sr	darunter RG4m=0
-------	--	---------------------------------------	--	-----------------

L_R	RG4m=3 ab 70,7/α kW/m ² /sr	RG4m=2 ab 28/α kW/m ² /sr	RG4m=1 existiert nicht	darunter RG4m=0
-------	---	---	---------------------------	-----------------

α ist die Winkelausdehnung der Quelle. Um auch hier konkrete Zahlen zu erhalten, haben wir einen typischen Bühnenscheinwerfer mit 150 mm Durchmesser angenommen. In 4 m Abstand erhält man dann α = 37,5 mrad

$L_R^{37,5\text{mrad}}$	RG4m=3 ab 1900 kW/m ² /sr	RG4m=2 ab 740 kW/m ² /sr	RG4m=1 existiert nicht	darunter RG4m=0
-------------------------	---	--	---------------------------	-----------------

E_{IR} unter 100 W/m ² RG4m=0	zwischen 100 und 570 W/m ² RG4m=1
--	--

E_H unter 3.500 W/m² (natürliche Abwehrreaktion)

E_S	RG4m=3 ab 30 mW/m ²	RG4m=2 ab 3 mW/m ²	RG4m=1 ab 1 mW/m ²	darunter RG4m=0
-------	-----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	-----------------

E_{UVA}	RG4m=3 ab 100 W/m ²	RG4m=2 ab 33 W/m ²	RG4m=1 ab 10 W/m ²	darunter RG4m=0
-----------	-----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	-----------------

Kommen wir nun zu den *empirischen Regeln* und dem *Satz von der Erhaltung der Strahldichte*, die für das Verständnis der gemessenen Strahldichten L_B und L_R wichtig sind.

Empirische Regeln

Der Tabelle 120 bzw. der Abbildung 206 können folgende zwei empirische Regeln entnommen werden:

Lichtquelle	Leuchtdichte in Mcd/m ²	L_B in kW/m ² /sr	L_R in kW/m ² /sr	E_{IR} in W/m ²	E_H in W/m ²	E_S in mW/m ²	E_{UVA} in W/m ²
UHP	1.400-3.200	1.700-3.800	20.000-44.000	< 10	500-5.100	0-6,3	0-160
HMI SA	150-450	130-430	1.600-5.100	klein	100-1.900	<0,1	< 3
HMI	30-210	44-200	560-2.400	50-260	140-600	1-9	12-91
CDM	19	11	150	15	56	0,1	1,6
LED RGBW	18-24	43-96	450-990	klein	< 300	klein	klein
LED W	60-140	60-130	700-1.500	klein	< 400	klein	klein
LED β>10°	1-11	2-6	20-70	klein	< 40	klein	klein
Laser	1.200	1100	12.000	klein	1.500	klein	klein

* 1000 * 10

$$L_V \approx L_B \cdot 5 \cdot 200 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$$

$\frac{\int I(\lambda) \cdot d\lambda}{\int I(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda} \approx 5$ Spektrum für weißes Licht hat ca. 200 lm/W

$$L_{R(\text{kor})} = 10 \cdot L_B + L_{R(\text{LDM/RTH})}$$

Abbildung 206 komprimierte Darstellung der Ergebnisse sowie empirische Regeln zwischen den gewichteten Strahldichten L_V , L_B und L_R .

- a) Der Abbildung 206 kann entnommen werden, dass offenbar der *Zahlenwert* der Leuchtdichte in cd/m^2 etwa 1000-mal so groß ist wie der Zahlenwert der gewichteten Strahldichte L_B in $\text{W/m}^2\text{sr}$: L_V ist ungefähr $1000 \cdot L_B \cdot \text{lm/W}$. Dieser rein empirische Zusammenhang kann damit erklärt werden, dass es für weiße Lichtquellen einen Zusammenhang zwischen der integrierten Leistung P im sichtbaren Bereich und dem Lichtstrom Φ gibt: Φ/P ist ungefähr 200 lm/W . Berücksichtigt man noch, dass das Integral der Blaulichtkurve multipliziert mit einem Spektrum von weißem Licht etwa nur ein 5-tel des Wertes annimmt, die bei der Integration des weißen Spektrums alleine auftreten würde, so erklärt sich der Faktor 1000. Die Regel gilt nur für weiße Lichtquellen mit nicht all zu hoher Farbtemperatur ($T_C < 6000\text{K}$) und ist explizit nicht richtig für die Klasse „LED RGBW“, für die die gemessenen Werte oft im Modus BW (nur blaue und weiße LED an) ermittelt worden sind.
- b) Die zweite Regel kann der Definition der gewichteten Strahldichte L_R entnommen werden: ist L_B deutlich größer als $L_{R(LDM/RTH)}$, so ist L_R etwa 10-mal L_B .

Im Folgenden möchte wir die Daten der Bühnenstrahler in der Tabelle 121 mit den Daten der Lichtquellen in Beziehung setzen. Erst eine solche Beziehung rechtfertigt unsere Klassifikation der Bühnenstrahler gemäß den verwendeten Lichtquellen. Besonders wichtig sind uns dabei die gewichteten Strahldichten. Ein wichtiges Instrument die Strahldichte unserer Bühnenstrahler abzuschätzen und zu verstehen, ist der *Satz von der Erhaltung der Strahldichte*.

Satz von der Erhaltung der Strahldichte

Unter Strahldichte stelle man sich eine mit einer Funktion $f(\lambda)$ gewichtete spektrale Strahldichte $dL/d\lambda$ vor

$$L_f = \int \frac{dL}{d\lambda}(\lambda) \cdot f(\lambda) d\lambda \quad (34)$$

z.B. die gewichteten Strahldichten L_B , L_R und L_{IR} aber auch die Leuchtdichte L_V .

Die Strahldichte ist der Strahlungsfluss dividiert durch abgestrahlte Fläche und Raumwinkel:

$$L_f = \frac{\Phi}{dA \cdot d\Omega} \quad \text{dA} \left| \begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array} \right. d\Omega \quad (35)$$

Das Produkt $dA \cdot d\Omega$ ist das Phasenraumvolumen, auch *Étendue* genannt. Es hat die Einheit $\text{m}^2 \cdot \text{sr}$.

Der **Satz von der Erhaltung der Strahldichte** besagt nun, dass die Strahldichte durch optische Komponenten (z.B. Linsen oder Reflektoren) nicht erhöht werden kann.

In einer strengeren Version besagt der Satz, dass das Phasenraumvolumen durch optische Komponenten nicht verkleinert, nicht komprimiert werden kann. Beispielhaft kann man den Satz von der Erhaltung der Strahldichte am Beispiel einer optischen Abbildung mit Hilfe einer Linse veranschaulichen:

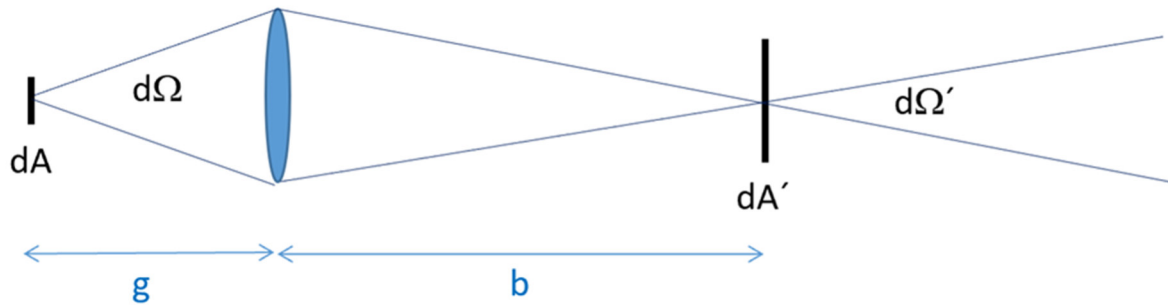


Abbildung 207 Veranschaulichung: Abbildung mit Hilfe einer Linse.

In obiger optischer Abbildung 207 wird eine Lichtquelle der Ausdehnung dA mit Hilfe einer Linse (blau) abgebildet und vergrößert zu einem Bild dA' . Es gilt nun:

$$\frac{dA'}{dA} = \frac{b}{g} \quad \text{und} \quad g \cdot d\Omega = b \cdot d\Omega' \quad \text{und damit} \quad dA \cdot d\Omega = dA' \cdot d\Omega' \quad (36)$$

was der Erhaltung des Phasenraumvolumens entspricht. (die Herleitung ist nur für eine Dimension gemacht worden und muss auf 2 Dimensionen erweitert werden, was aber trivial ist)

Es sei an dieser Stelle betont, dass die Strahldichte nicht vergrößert werden kann, wohl aber verkleinert, z.B. wenn man Diffusoren oder Lichtabschattungen bei den optischen Komponenten verwendet.

Wenden wir den Satz von der Erhaltung der Strahldichte auf unsere Bühnenstrahler an, so besagt er, dass die Strahldichten, die wir mit optischen Geräten, z.B. einem LDM messen, gleich (oder kleiner) der Strahldichte der Lichtquelle der Bühnenstrahler sind.

Abbildung 208 zeigt nun ein Diagramm, in dem nach rechts die Leuchtdichte der Entladungslampen und nach oben die Leuchtdichte der Bühnenstrahler aufgetragen ist. Dabei haben wir die Leuchtdichte der Entladungslampen gemäß der Formel (37) berechnet:

$$L_V = \frac{2 \cdot \Phi}{\pi^2 \cdot d^2} = \frac{2 \cdot \eta \cdot P_e}{\pi^2 \cdot d^2} \quad (37)$$

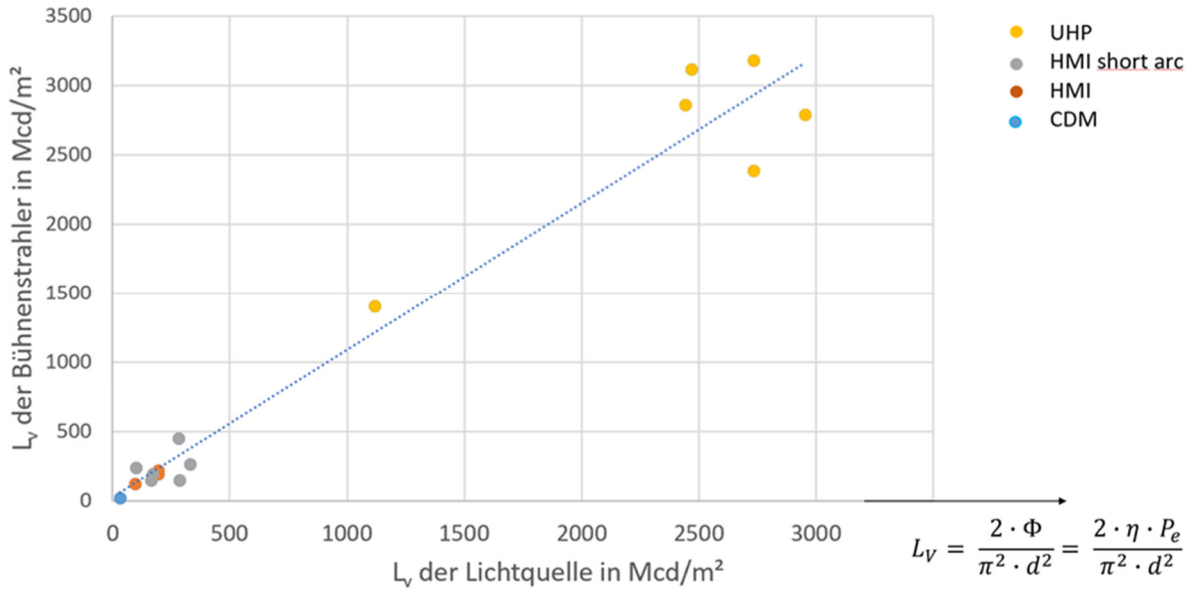


Abbildung 208 Leuchtdichte der Entladungslampen als Funktion der Leuchtdichte der Bühnenstrahler.

Offenbar ist das Gesetz von der Erhaltung der Strahldichte erfüllt, genauer gesagt wird bei Bühnenstrahlern mit Entladungslampen das Leuchtdichtepotential voll ausgeschöpft: es gilt nicht nur $L_{\text{Bühnenstrahler}} \leq L_{\text{Lichtquelle}}$ sondern näherungsweise $L_{\text{Bühnenstrahler}} = L_{\text{Lichtquelle}}$.

Abbildung 209 zeigt noch einen Ausschnitt von Abbildung 208 für den Bereich bis 500 Mcd/m².

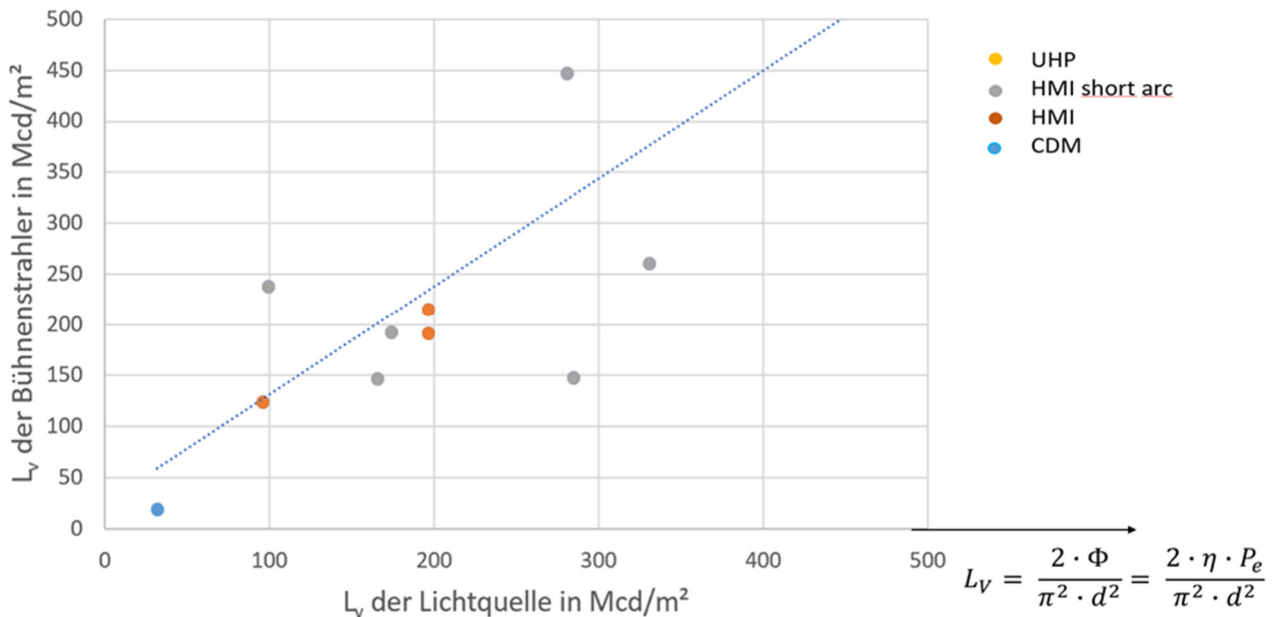


Abbildung 209 Ausschnitt aus Abbildung 208 (bis 500 Mcd/m²).

Nicht nur die Leuchtdichte L_V sondern auch die gewichteten Strahldichten L_B und L_R folgen dem Gesetz der Erhaltung der Strahldichte:

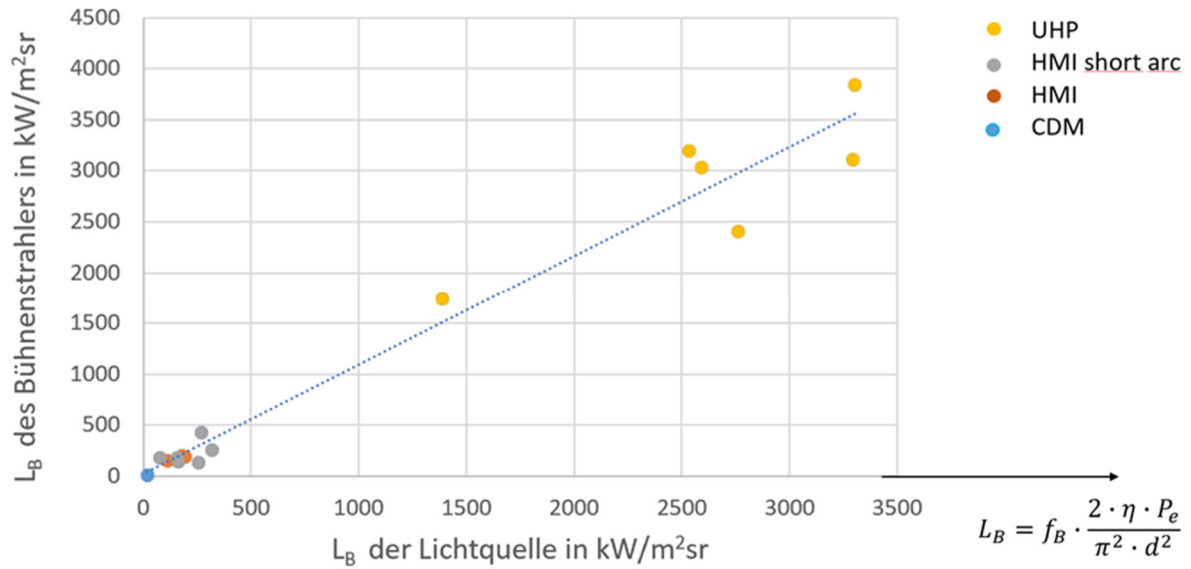


Abbildung 210 gewichtete Strahldichte L_B der Bühnenstrahler als Funktion der gewichteten Strahldichte L_B der Lichtquellen (Entladungslampen).

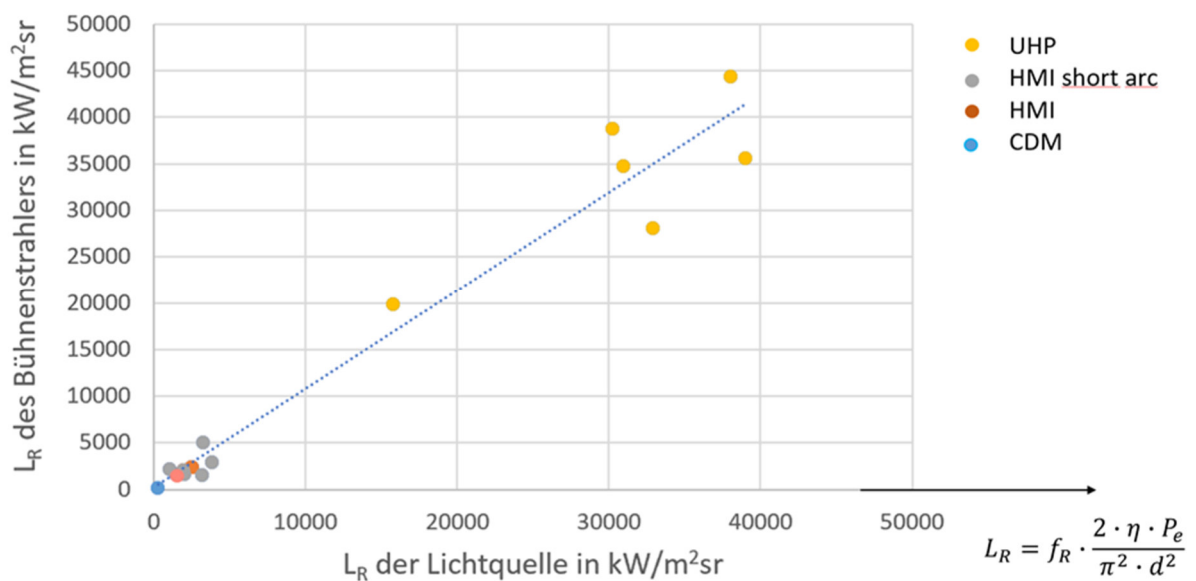


Abbildung 211 gewichtete Strahldichte L_R der Bühnenstrahler als Funktion der gewichteten Strahldichte L_R der Lichtquellen (Entladungslampen).

Wir haben gesehen, dass die gewichteten Strahldichten L_V , L_B und L_R von Bühnenscheinwerfer mit Entladungslampen linear von P_e/d^2 abhängen (genauer von $(2\eta/\pi^2) \cdot (P_e/d^2)$) und nicht von P_e alleine, was man naiverweise denken könnte. Abbildung 212 zeigt dies auf eindrucksvolle Weise.

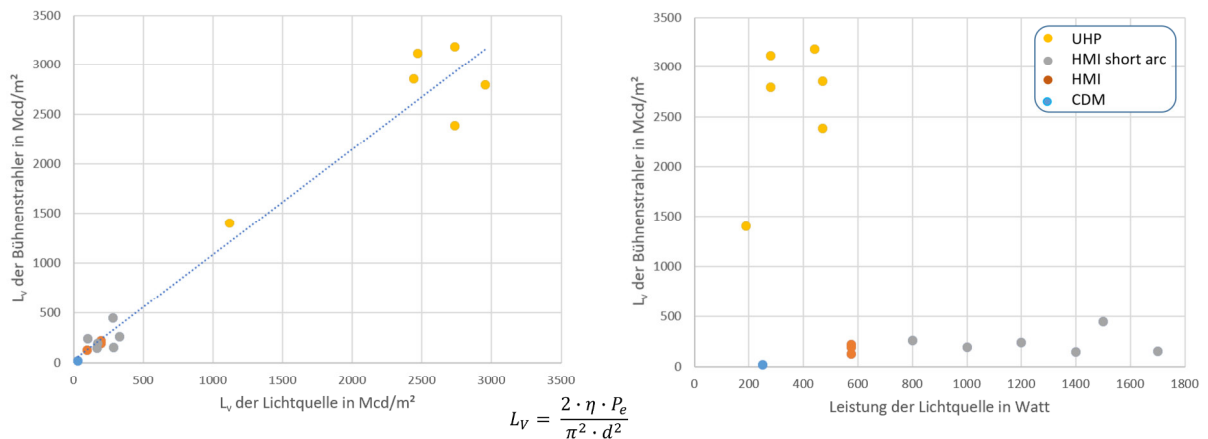


Abbildung 212 gewichtete Strahldichte LV der Bühnenstrahler als Funktion von $(2\eta/\pi^2) \cdot (P_e/d^2)$ (links) und als Funktion von P_e alleine (rechts)

Nachdem wir für Bühnenstrahler mit Entladungslampen die Zusammenhänge zwischen Strahldichten und Lampenparametern explizit herstellen konnten, wenden wir uns nun den LED Strahlern zu. Für diese hatten wir im Kapitel „Abschätzung der Leuchtdichte und der Strahldichte von Hochleistungs-LEDs“ (S. 21ff) eine grobe Abschätzung von 20-40 Mcd/m² für RGBW-LEDs und für rein weiße W LEDs von 40-80 Mcd/m² erhalten. Tabelle 122 zeigt nun die zugehörigen Leuchtdichten der LED-Bühnenstrahler:

Tabelle 122 LED Scheinwerfer mit Typ, Leuchtdichte und Abstrahlwinkel.

Die letzte Spalte gibt an, ob das Leuchtdichte Potential ausgenutzt wurde

Scheinwerfer	interne Bezeichnung	LED Typ	Leuchtdichte in Mcd/m ²	Abstrahlwinkel	Maximal erreichbare Leuchtdichte
Arri L7-C	M40	RGBW	2,7	15°	nein
SGM P5	M43	RGBW	1,0	35°	nein
Martin Atomic LED	M44	W+RGB	5,2	34°	nein
ETC S4 Lustr+ S2	M45	7-Farb-LEDs	4,0	90°	nein
Robe Spider	M51	RGBW	20,7	4°	ja
Ayorton Ghibli	M52	W	99,6	7°	ja
JB Lighting P18 Spot	M54	W	92,0	7°	ja
Elation KL Fresnel 8"	M62	W	10,7	11°	nein
Robe Esprite Spot	M63	W	64,5	5,5°	ja
JB Lighting P12 Wash	M68	W	32,1	6°	ja
Clay Paky HY B-Eye K25	M69	RGBW	23,5	4°	ja
GLP X4 Impression	M71	RGBW	17,8	7°	ja
GLP KNV Cube	M72	RGBW	9,1	120°	nein
GLP JDC 1	M73	RGBW	3,3	117°	nein
Martin Era 800	M75	W	130,9	7°	ja
Ayrton Huracan-X	M76	W	135,7	6°	ja

Für Bühnenstrahler mit Abstrahlwinkel von weniger als 10° wird das Leuchtdichte Potential erreicht, d.h. es gilt näherungsweise $L_{\text{Bühnenstrahler}} = L_{\text{Lichtquelle}}$. (in der letzten Spalte der Tabelle 122 mit ja bezeichnet).

Bei den mit **rein** bezeichneten Bühnenstrahlern (Abstrahlwinkel mehr als 10°) wird das Leuchtdichte Potential nicht abgerufen. Bei diesen Bühnenstrahlern liegt der Fokus nicht auf einem möglichst gutem Beam, sondern auf anderen Aspekten wie ein schönes Farbspiel oder eine diffuse Ausleuchtung (Fluter).

Betrachtet man nur die diejenigen LED-Strahler für die das Leuchtdichte Potential ausnutzt wurde und fassen wir die beiden Gruppen RGBW LED und W LED zusammen, so ergibt sich ein Bereich von 18-136 Mcd/m². Der Tabelle 121 entnimmt man, dass die zugehörigen L_B Bereiche von 43-130 W/(m²·sr) und die L_R Bereiche von 450-1500 W/(m²·sr) gehen.

Tabelle 123 Ergebnisse der Bühnenstrahler mit farblicher Angabe der Risikogruppe

Lichtquelle	Leuchtdichte in Mcd/m ²	L_B in kW/m ² sr	L_R in kW/m ² sr
UHP	1.400-3.200	1.700-3.800	20.000-44.000
HMI SA	150-450	130-430	1.600-5.100
HMI	30-210	44-200	560-2.400
CDM	19	11	150
LED RGBW	18-24	43-96	450-990
LED W	60-140	60-130	700-1.500
LED $\beta > 10^\circ$	1-11	2-6	20-70
Laser	1.200	1100	12.000

RG4m=3 **RG4m=2** **RG4m=1** **RG4m=0**

Die L_B und L_R Strahldichte Bereiche der Tabelle 123 lassen sich grafisch darstellen

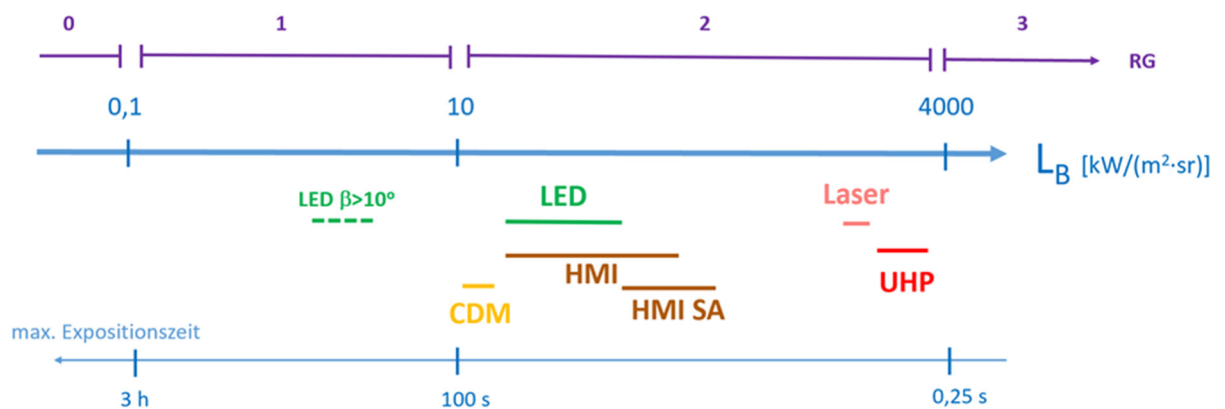


Abbildung 213 gewichtete Strahldichte L_B (als Strahl) der verschiedenen Bühnenstrahler klassifiziert nach Lichtquellen

Die Wertebereiche der Strahldichte sind qualitativ angegeben (\approx logarithmisch). Ganz oben in violett sind die Risikogruppen angegeben. Alle Strahler liegen im Wesentlichen in Risikogruppe RG=2. LEDs mit $\beta > 10^\circ$ liegen in RG=1. Ganz unten in hellblau ist die maximale Expositionszeit abzulesen.

Während unsere Bühnenstrahler bezogen auf Blaulichtgefährdung L_B im Wesentlichen in der Risikogruppe 2 liegen, ändert sich das Bild, wenn wir die thermische Gefährdung für die Netzhaut L_R betrachten:

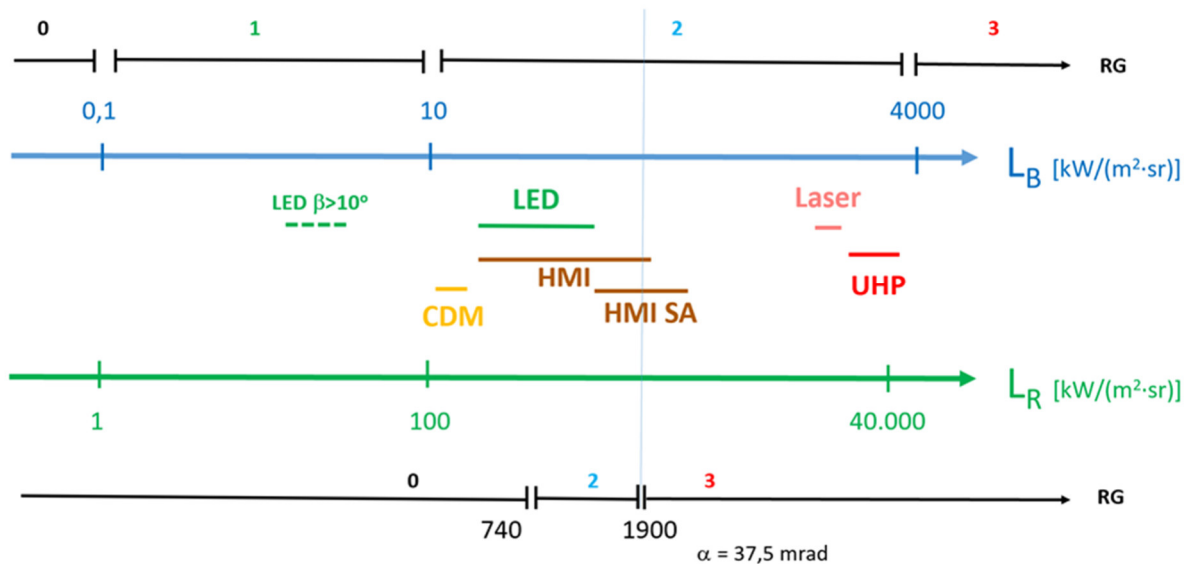


Abbildung 214 gewichtete Strahldichte L_x (als Strahl) der verschiedenen Bühnenstrahler klassifiziert nach Lichtquellen.

Zusätzlich zu L_B ist nun auch L_R angegeben (als grüner Zahlenstrahl). Die farblich eingetragenen Wertebereiche der Bühnenstrahler klassifiziert nach den Lichtquellen bleiben in ihrer Position erhalten, da L_R ungefähr $10 \cdot L_B$ ist. Unten ist die Risikogruppe für L_R eingetragen sowie die Grenzen unter der Annahme, dass die Größe der scheinbaren Quelle 37,5 mrad beträgt.

Die Risikogrenzen für die gewichtete Strahldichten der thermischen Netzhaut Schädigung L_R liegen bei $28.000/\alpha$ (RG=0 zu RG=2) und $70.700/\alpha$ (RG=0 zu RG=2). RG=1 existiert bei L_R nicht. α ist die Größe der scheinbaren Quelle. Um auch für L_R konkrete Zahlen anzugeben, haben wir als Größe der scheinbaren Quelle einen typischen Wert von 150 mm angenommen und damit $\alpha = 0,15\text{m}/4\text{m} = 37,5$ mrad. Mit diesen Werten ergeben sich für die Risikogrenzen: 740 kW/m²sr (RG=0 zu RG=2) und 1900 kW/m²sr (RG=0 zu RG=2). An der unteren Zahlengeraden liest man nun ab, dass UHP-Bühnenstrahler im roten Bereich (RG=3) liegen und auch vereinzelt HMI und HMI short arc-Strahler im roten Bereich liegen.

Wird die Größe der scheinbaren Quelle mit Hilfe der 50%-Methode ermittelt, rutschen die meisten HMI und HMI short arc-Strahler wieder in den grünen Bereich der Risikogruppe 2.

Der UV-Bereich

Kommen wir nun zu den Ergebnissen im ultravioletten Bereich und betrachten die gewichteten Bestrahlungsstärken E_S und E_{UVA} .

Tabelle 124 links: Wertebereiche der Bühnenstrahler im UV Bereich (Tabelle 124 ist ein Ausschnitt von Tabelle 121)
rechts: UHP-Bühnenstrahler mit gemessenen gewichteten Bestrahlungsstärken E_S und E_{UVA} .
Farblich gekennzeichnet ist die Risikogruppe

Lichtquelle	E_S in mW/m^2	E_{UVA} in W/m^2
UHP	0-6,3	0-160
HMI SA	<0,1	< 3
HMI	1-9	12-91
CDM	0,1	1,6
LED RGBW	klein	klein
LED W	klein	klein
LED $\beta > 10^\circ$	klein	klein
Laser	klein	klein

			E_S	E_{UVA}
M46	Clay Paky Sharpy	UHP	2,039E-03 W/m^2	5,086E+01 W/m^2
M47	Clay Paky Mythos ²	UHP	5,580E-05 W/m^2	1,646E+00 W/m^2
M48	Robe Megapointe	UHP	5,918E-06 W/m^2	1,571E-01 W/m^2
M60	Robe Pointe	UHP	5,478E-05 W/m^2	1,591E+00 W/m^2
M64	Elation Smarty Hybrid	UHP	1,437E-03 W/m^2	3,875E+01 W/m^2
M74	GLP GT-1	UHP	6,315E-03 W/m^2	1,593E+02 W/m^2

RG4m=3 RG4m=2 RG4m=1 RG4m=0

Auffallend sind die Werte für Bühnenstrahler mit HMI- und UHP-Leuchtmitteln. Für UHP-Bühnenstrahler ergeben sich sogar Werte für E_{UVA} von 160 W/m^2 , die zu RG4m=3 gehören. Allerdings muss man sagen, dass diese hohen Werte nur für vereinzelte Strahler auftreten. Von den 6 UHP-Bühnenstrahler liegt nur einer im roten Bereich.

Einen systematischen Zusammenhang zwischen Risikogruppe und Lichtquelle des Bühnenstrahlers wie für die Strahldichten ergeben sich bei den Bestrahlungsstärken E_S und E_{UVA} nicht. Eine Ursache hoher UV-Emissionen könnten fehlende UV blockende Filter sein.

Zusammenfassung der Kernaussagen

Fassen wir unsere Ergebnisse kurz zusammen. Es ergeben sich folgende Kernaussagen:

A) Betrachtet man die gewichteten Strahldichten L_B und L_R ...

- 6) ...so überschreiten besonders die Bühnenstrahler mit UHP-Lampen und Lasern die Expositionsgrenzwerte der $RG4m=2$. Sie gehören somit der $RG4m=3$ an.
- 7) Die restlichen Bühnenstrahler mit LED, CDM, HMI und HMI SA Brennern gehören meist der $RG4m=2$ an, wobei vereinzelt Strahler mit HMI und HMI SA Brennern auch $RG4m=3$ haben können. Bei der Ermittlung der Risikogruppen von L_R mittels 50%-Methode rutschen die meisten Strahler wieder in die Risikogruppe 2.
- 8) Insgesamt gibt es eine klare Rangfolge in der Höhe der Exposition von künstlicher optischer Strahlung der Bühnenstrahler mit Entladungslampen: $UHP > HMI SA > HMI > CDM$
- 9) Strahler mit LED Lichtquellen haben ähnliche L_B und L_R Werte wie HMI-Bühnenstrahler
- 10) Mit Hilfe der empirischen Regeln: $L_R \approx 10 \cdot L_B \approx \frac{1}{100} \cdot L_v$ und $L_v = \frac{2 \cdot \eta \cdot P_e}{\pi^2 \cdot d^2}$ kann das Gefährdungspotential meist schon mit Hilfe der Datenblätter der Bühnenstrahler abgeschätzt werden.

B) für den UV-Bereich gilt:

- 1) Vereinzelt treten UV-Grenzwertüberschreitungen bei den Bühnenstrahlern mit UHP und HMI Lichtquellen auf – bei einem UHP-Bühnenstrahler ergibt sich sogar $RG4m=3$
- 2) Die Problematik im UV-Bereich ließe sich leicht durch eine beschichtete Scheibe oder beschichtete Linse beheben.

C) Insgesamt ergibt sich folgendes stark vereinfachte Bild:

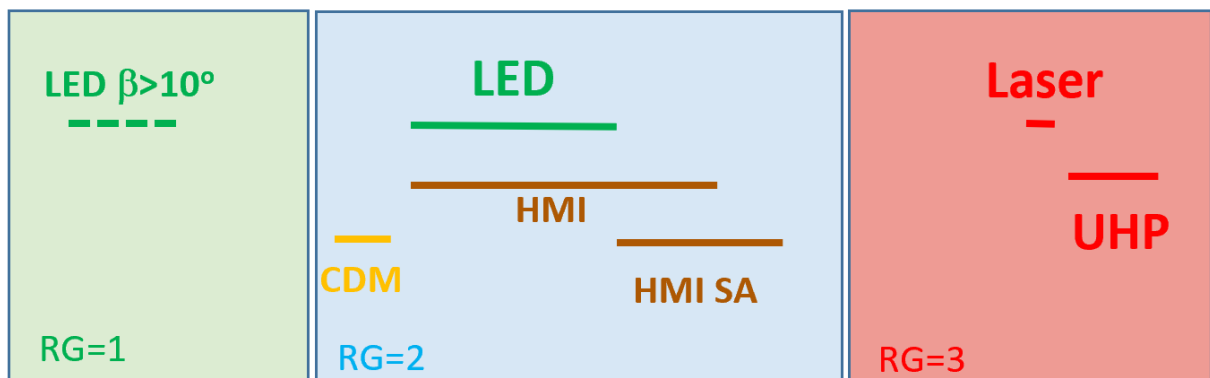


Abbildung 215 Stark vereinfachte Übersicht der Kernaussagen.

Zukünftige Entwicklungen

Prognosen sind schwierig, vor allem, wenn sie die Zukunft betreffen.

Die in diesem Abschnitt getroffenen Aussagen sind die persönlichen Meinungen der Autoren.

Technologische Durchbrüche folgen im Bereich der Bühnenstrahler immer den technologischen Durchbrüchen bei den Lichtquellen. Die Analyse folgt daher der Einteilung der Bühnenstrahler in die 3 Klassen: LEDs, Entladungslampen und Laser (Abbildung 216).



Abbildung 216 Einteilung der Bühnenstrahler in die 3 Klassen: LEDs [2], Entladungslampen [1] und Laser [3]

Zuerst werden die *Entladungslampen* betrachtet:

Im Bereich der Entladungslampen sehen wir keine grundlegend neuen Entwicklungen mehr. D.h. es werden neben den bekannten Entladungstypen CDM, HMI, HMI SA und UHP keine weiteren neuen Entladungslampen mehr entwickelt, da die großen Hersteller Osram, Philips und General Electric die Forschung an Gasentladungslampen eingestellt haben. Dennoch werden es Erweiterungen der Parameter innerhalb der bekannten Entladungstypen geben. Wichtig wird dabei die Erweiterung der Leistung von UHP Lampen sein, die zurzeit bei maximal 470 Watt liegt. Sollte dies gelingen, werden die UHP Lampen die restlichen Entladungstypen CDM, HMI und HMI SA sukzessive verdrängen, da sie ihnen in Leuchtdichte und Lebensdauer überlegen sind. Unabhängig von der UHP Entwicklung werden die CDM, HMI und HMI SA Lampen zusätzlich von verbesserten High Power LED Lampen „bedroht“. Die UV Problematik von einzelnen Bühnenstrahler mit Entladungslampen lässt sich leicht technologisch beheben, so dass dieser Aspekt in Zukunft keine Rolle mehr spielen wird.

Kommen wir nun zu den *LEDs*:

Bei den LEDs werden wir weitere Durchbrüche in der Effizienz sehen. Eine Verdopplung der Effizienz von heute 100 lm/W auf 200 lm/W gilt als sicher, da solche Effizienzen in Labormuster und auch bei einzelnen Typen schon Realität sind. Durch die höhere Effizienz wird das Wärmemanagement erleichtert, was wiederum eine höhere Leistungsdichte zulässt. Daher kann erwartet werden, dass die Leuchtdichte von heute 20-140 Mcd/(m²·sr) auf über 500 Mcd/(m²·sr) ansteigen wird. Dieser Überlegung liegt die Verdopplung der Effizienz und einer weiteren Verdopplung der Leistungsdichte durch eine geringere Wärmeentwicklung zugrunde, so dass man die 4fache Leuchtdichte in Zukunft erwarten kann. Damit drängen die LEDs in die Bereiche der Entladungslampen vom Typ CDM, HMI und auch HMI SA ein und werden diese zumindest in den kleineren Wattagen verdrängen, weil sie in Lebensdauer und Farbvariationsmöglichkeiten den Entladungslampen überlegen sind.

Das größte Entwicklungspotential haben mit Sicherheit die *Laser*:

Der einzige heute erwerbbarer Bühnenscheinwerfer, der eine Laserlichtquelle aufweist, ist der Clay Paky Xtylos mit insgesamt 24 (8 Laser pro Farbe) monochromatischen Halbleiterlasern à 12,5 Watt, also insgesamt 300 Watt. Er hat eine Leuchtdichte von 1.200 Mcd/(m²·sr) und liegt damit im Bereich der UHP-

Lampen. Letztlich ist die Leuchtdichte eines Lasers beugungsbegrenzt auf $L_V = \Phi / (2\lambda)^2$, was bei einer Effizienz von 200lm/W, 300W Leistung und einer mittleren Wellenlänge von 550nm sagenhafte $6 \cdot 10^{10}$ Mcd/(m²·sr) ergibt und damit weit jenseits der heutigen maximalen Leuchtdichten liegt. Somit wird in Zukunft von den Lasern, insbesondere von den Halbleiterlasern, auch Diodenlaser genannt, noch einiges zu erwarten sein. Abbildung 217 zeigt nochmals sehr vereinfacht das gegenwärtige und zukünftige Gefahrenpotential der Bühnenscheinwerfer.

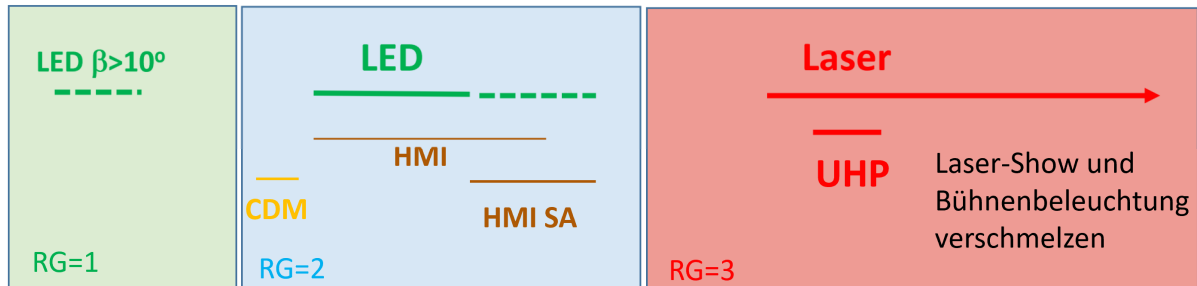


Abbildung 217 gegenwärtige und zukünftige Gefahrenpotential der Bühnenscheinwerfer

Zur Abbildung 217 sind noch einige Bemerkungen hilfreich:

- (1) Die dünnen Linienbreiten bei den CDM, HMI und HMI SA Bühnenscheinwerfern sollen andeuten, dass sie an Bedeutung abnehmen und von den LEDs (teilweise auch von den UHP-Strahlern) sukzessive vom Markt verdrängt werden. Eventuell werden HMI SA Strahler mit hoher Leistung sich noch etwas länger im Markt behaupten können.
- (2) Die Laser sind mit einem Pfeil nach rechts eingezeichnet, um anzudeuten, dass ihre Leuchtdichte nahezu unbegrenzt ist. Laser-Show und Bühnenbeleuchtung verschmelzen und werden von einem Strahler, der dann beide Funktionen hat, ermöglicht.

7. Auflistung der für das Vorhaben relevanten Veröffentlichungen, Schutzrechtsanmeldungen und erteilten Schutzrechte von nicht am Vorhaben beteiligten Forschungsstellen

An dieser Stelle sind die grundlegenden zur Zeit existierenden Normen und Verordnungen zu nennen:

- a) Bundesministerium für Arbeit und Soziales, „Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS Inkohärente optische Strahlung),“ Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Bonn, 2014.
- b) DIN EN 62471, „Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen,“ 2008.

Darüber hinaus sind natürlich auch Datenblätter der gemessenen Bühnenstrahler sowie Berichte über technologische Neuerungen (siehe Kapitel „Grundlagen“, Seite 13) zu erwähnen. Dazu möchten wir auf unsere ausführliche Literaturliste im Abschnitt 10 A (Seite 198ff) verweisen.

8. Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich des Forschungszwecks/-ziels, Schlussfolgerungen

Ausgangspunkt des vorliegenden Forschungsvorhabens war die Tatsache, dass zu Beginn des Forschungsprojektes kein Überblick existierte, welche Bühnenscheinwerfer zu einer Schädigung von Auge und Haut führen.

In Abstimmung mit der DGUV, dem IFA sowie einigen BGs (BGETEM, VBG) sollte deshalb eine Vermessung verschiedener Scheinwerfertypen bezüglich der optischen Strahlungsgefährdung vermessen und beurteilt werden.

In Abschnitt 4 „Forschungszweck/-ziel“ (Seite 8) wurden die einzelnen Ziele des vorliegenden Forschungsprojektes formuliert. Sie sind an dieser Stelle nochmals in kursiver Schrift aufgelistet:

- a) *40 Bühnenscheinwerfern unter Mitarbeit von Prof. Greule ausgewählt (20 zu Beginn des Forschungsprojektes und 20 nach einem Jahr)*
- b) *Von diesen 40 Bühnenscheinwerfern werden wichtige lichttechnische Größen wie die spektrale Strahldichte und die spektrale Bestrahlungsstärke im ultravioletten, im sichtbaren und im infraroten Spektralbereich vermessen*
- c) *des Weiteren werden von einigen wenigen Bühnenscheinwerfern baugleiche Strahler vermessen, um die Streuung und Qualität zu überprüfen*
- d) *anhand der Messergebnisse werden dann effektive Strahldichten und effektive Bestrahlungsstärken berechnet, wobei in die Berechnung verschiedenste Bewertungsfunktionen, wie die Blaulichtgefährdung, die aktinische UV-Gefährdung und die thermische Schädigung berücksichtigt werden*
- e) *neben der Messung mit Hilfe eines Spektrometers (spektrale Bestrahlungsstärke) wird auch eine integrale Messung mit Messgeräten, die die Wirkfunktionen als optische Filter verwenden, durchgeführt*
- f) *Aufgrund der Messdaten der effektiven Strahldichten und Bestrahlungsstärken werden die Bühnenscheinwerfer in Gefährdungsklassen eingeteilt.*
- g) *wichtig ist auch eine einfache, in der Praxis leicht umzusetzende Messmethode, damit obige Gefährdungspotentiale vor Ort bewertet werden können*
- h) *Diese Einteilung und die bei der Vermessung erhaltenen Daten sollen dann Einzug in Normen und Verordnungen halten.*

Die oben genannten Ziele wurden vollumfänglich erreicht, wenn man davon absieht, dass nicht 40 sondern 38 Strahler untersucht wurden. Auf den Punkt h) gehen wir im folgenden Abschnitt 9 (Seite 197) ein.

9. Aktueller Umsetzungs- und Verwertungsplan

Der vorliegende Bericht liefert eine Klassifikation und Gefährdungseinschätzung von Bühnenstrahlern.

Diese Daten sollen in Zukunft eine Grundlage bilden, die Gefährdung von Bühnenstrahlern in Normen und Verordnungen zu beurteilen.

Neben der Verwertung in „Normen und Verordnungen“ werden aber sicherlich die Hersteller von Bühnenstrahlern eigene Anstrengungen unternehmen, die Gefährdung von Anwendern zu verringern. Ein Anstoß in diese Richtung möchten wir dadurch erreichen, dass wir den vorliegenden Bericht an führende Hersteller versenden.

10. Anhang

A Literatur

- [1] OSRAM, „Entladungslampen,“ [Online]. Available: https://www.osram.de/ecat/Entladungslampen-Entertainment-Spezialbeleuchtung/de/de/GPS01_3169658/. [Zugriff am 15 November 2021].
- [2] LED ENGIN, „Datenblatt LuxiGen Multi-Color Emitter Series LZ4-04MDCA,“ LED ENGIN, San Jose, 2018.
- [3] OSRAM, „OSRAM entwickelt Laserdioden für die Automobilbeleuchtung,“ [Online]. Available: <https://www.lasercomponents.com/de/news/osram-entwickelt-laserdioden-fuer-die-automobilbeleuchtung/>. [Zugriff am 15 November 2021].
- [4] R. Scholl, „Nicht veröffentlichte Abbildung Forschungslabor Philips Aachen,“ Forschungslabor Philips Aachen, Aachen, unbekannt.
- [5] ChemgaPedia, „Selbstabsorption und -umkehr,“ Wiley Information Services GmbH, [Online]. Available: http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/13/vlu/analytik/aas/spektrallinien.vlu/Page/vsc/de/ch/13/pc/analytik/aas/aas4_lb4.vscml.html. [Zugriff am 15 November 2021].
- [6] G. Derra, H. Moench, E. Fischer, H. Giese, U. Hechtfischer, G. Heusler, A. Koerber, U. Niemann, F.-C. Noertemann, P. Pekarski, J. Pollmann-Retsch, A. Ritz und U. Weichmann, „UHP lamp systems for projection applications,“ Philips Research Laboratories, Weisshausstrasse 2, D-52066 Aachen, Germany, 2005.
- [7] Signify GmbH, „MSR Platinum (Theater),“ [Online]. Available: <https://www.lighting.philips.de/prof/konventionelle-lampen-und-leuchtstofflampen/speziellampen/studio-buehnen-und-tv-beleuchtung/theaterbeleuchtung/msr-platinum-theater>. [Zugriff am 15 November 2021].
- [8] Philips, „MSD Platinum 5 R 1CT/8,“ [Online]. Available: https://www.lighting.philips.de/api/assets/v1/file/PhilipsLighting/content/fp928190805314-pss-de_de/928190805314_EU.de_DE.PROF.FP.pdf. [Zugriff am 15 November 2021].
- [9] OSRAM SYLVANIA Inc., „SIRIUS HRI Lamps NAFTA (EN).pdf,“ OSRAM SYLVANIA Inc., Wilmington, 2018.
- [10] Philips, „CDM-SA/T 150W/942 1CT/12,“ [Online]. Available: https://www.lighting.philips.de/api/assets/v1/file/PhilipsLighting/content/fp928086605103-pss-de_de/928086605103_EU.de_DE.PROF.FP.pdf. [Zugriff am 15 November 2021].

- [11] OSRAM, „HCI-T 150 W/942 NDL PB,“ [Online]. Available: https://www.cp-lighting.co.uk/ZMP_2046944_HCI-T_150_W_942_NDL_PB.pdf. [Zugriff am 15 November 2021].
- [12] OSRAM, „MASTERColour CDM-T 250W/942 G12 1CT/12,“ [Online]. Available: https://www.lighting.philips.de/api/assets/v1/file/PhilipsLighting/content/fp928094205131-pss-de_de/928094205131_EU.de_DE.PROF.FP.pdf. [Zugriff am 15 November 2021].
- [13] OSRAM, „Technisch-wissenschaftliche Abhandlungen der Osram-Gesellschaft,“ Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1973.
- [14] LED-TECH.DE optoelectronics GmbH, „Osram Ostar Stage RGBW auf Kupfer-Rundplatine,“ [Online]. Available: <https://www.led-tech.de/de/Osram-Ostar-Stage-RGBW-auf-Kupfer-Rundplatine>. [Zugriff am 15 November 2021].
- [15] RS Components GmbH, „OSRAM OSTAR Stage SMD LED RGBW, Cluster 4-LEDs,“ [Online]. Available: [https://de.rs-online.com/web/p/led/9154705/?cm_mmc=DE-PLA-DS3A_-google_-CSS_DE_DE_Displays_und_Optoelektronik_Whoop_-_\(DE:Whoop!\)+LED_-9154705&matchtype=&pla-334072879579&gclid=CjwKCAiAp8iMBhAqEiwAJb94zx19HmUYTksDG6j1hEpzwXs4lZR-95iqN5T5dUP1oU3vI0YEi95](https://de.rs-online.com/web/p/led/9154705/?cm_mmc=DE-PLA-DS3A_-google_-CSS_DE_DE_Displays_und_Optoelektronik_Whoop_-_(DE:Whoop!)+LED_-9154705&matchtype=&pla-334072879579&gclid=CjwKCAiAp8iMBhAqEiwAJb94zx19HmUYTksDG6j1hEpzwXs4lZR-95iqN5T5dUP1oU3vI0YEi95). [Zugriff am 15 November 2021].
- [16] Cree LED, „XLamp XP-L,“ [Online]. Available: <https://cree-led.com/products/xlamp-leds-discrete/>. [Zugriff am 15 November 2021].
- [17] Lumileds Holding B.V., „LUXEON Rebel Color Line,“ [Online]. Available: <https://lumileds.com/products/color-leds/luxeon-rebel-color/>. [Zugriff am 15 November 2021].
- [18] K. Bressler, E. Hering und J. Gutekunst, „Optoelektronik,“ in *Elektronik für Ingenieure*, Berlin, Heidelberg, springer-Lehrbuch, 1998.
- [19] Clay Paky SpA, „Clay Paky Xtylos,“ sintattica, 2021. [Online]. Available: <https://www.claypaky.it/en/products/xtylos#details>. [Zugriff am 23 April 2021].
- [20] Production Partner, „Clay Paky Xtylos im Test,“ *Production Partner*, pp. 60-75, Juli 2019.
- [21] OSRAM, „Lichterfüllung Laserlampen für Scheinwerfer,“ [Online]. Available: <https://www.osram-group.de/de-de/innovation/laserlight>. [Zugriff am 15 November 2021].
- [22] D. G, „wikipedia: BMW automobile in Tallinn, Estonia,“ 19 April 2016. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/File:BMW_automobile_in_Toompea.JPG. [Zugriff am 15 November 2021].
- [23] Lichttechnisches Institut Karlsruhe, „Yumpu: Xenon-Hochdrucklampen,“ [Online]. Available: <https://www.yumpu.com/de/document/view/5216319/seite-lti>. [Zugriff am 15 November 2021].

- [24] L. Udovičić, F. Mainusch, M. Janßen, D. Nowack und G. Ott, „Photobiologische Sicherheit von Licht emittierenden Dioden (LED) Projekt F2115,“ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BauA), Dortmund/Berlin/Dresden , 2013.
- [25] M. Janßen und G. Ott, „Messverfahren zur Bewertung inkohärenter optischer Strahlung - Projekt F2254,“ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund, 2016.
- [26] M. Wittlich, „Gefährdung durch künstliche optische Strahlung,“ in *Fachveranstaltung des ABS*, 2013.
- [27] „CCD Fundamentals - Quantum Efficiency,“ [Online]. Available: http://www.pi-j.jp/tech_note/html/tqe.htm. [Zugriff am 23 September 2021].
- [28] Instrument Systems Konica Minolta Group, „Daten CAS140CT Array Spectrometer,“ München.
- [29] D. Đ. Konjhodžić, „Stray light correction for array spectroradiometers (an_Streulichtkorrektur_de_V1.0),“ Instrument Systems GmbH, München.
- [30] Y. Zong, S. W. Brown, C. B. Johnson, K. R. Lykke und Y. Ohno, „Simple spectral stray light correction method for array spectroradiometers,“ National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, 2006.
- [31] Gigahertz-Optik, „LDM-9811 Lichtdetektor für den Strahlenschutz,“ [Online]. Available: : <https://www.gigahertz-optik.de/de-de/produkt/LDM-9811>. [Zugriff am 12 März 2020].
- [32] A. Körber, U. Weichmann und J. E. Lawler, „Continuum radiation in high-pressure mercury lamps,“ in *Light Sources 2004 Proceedings of the 10th International Symposium on the Science and Technology of Light Sources*, Toulouse, Taylor & Francis Group, 2004, pp. 199-202.
- [33] DIN Deutsches Institut für Normung e. V., *DIN EN ISO 62471:03-2009 Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2009, p. 55.
- [34] D. Sliney und M. Wolbarsht, *Safety with Lasers and Other Optical Sources*, New York: Springer Science+Business Media, 1980, p. 1035.
- [35] G. C. Holst, *CCD Arrays, Cameras and Displays*, 2 Hrsg., Bellingham, Washington: Spie - the International Society for Optical Engineering, 1998, p. 378.
- [36] Arri AG, „Arri L7-C,“ [Online]. Available: <https://www.arri.com/en/lighting/led/l-series-c/l7-c>. [Zugriff am 22 10 2020].
- [37] SGM Light A/S, „SGM Light SGM P5,“ [Online]. Available: <https://sgmlight.com/products/entertainment/p%C2%B75>. [Zugriff am 22 10 2020].
- [38] ROBE lighting s. r. o., „Robe Robin Spiider,“ [Online]. Available: <https://www.robelighting.de/spiider/>. [Zugriff am 22 10 2020].
- [39] Ayrton SAS, „Ayrton Ghibli,“ [Online]. Available: <https://www.ayrton.eu/produit/ghibli/>. [Zugriff am 22 10 2020].

- [40] JB-Lighting Lichtanlagentechnik GmbH, „JB Lighting P18,“ [Online]. Available: <https://www.jb-lighting.de/P18>. [Zugriff am 21 10 2020].
- [41] Elation Professional B.V., „KL FRESNEL 8,“ CertiPro Solutions, LLC, 2021. [Online]. Available: www.elationlighting.com/kl-fresnel-8. [Zugriff am 10 Mai 2021].
- [42] ROBE lighting s.r.o., „ESPRITE™,“ Appio, [Online]. Available: www.robelighting.de/esprite. [Zugriff am 10 Mai 2021].
- [43] VisionTwo GmbH, „HY B-EYE K25,“ [Online]. Available: www.visiontwo.de/marken/claypaky/led-moving-lights/hy-b-eye-k25/. [Zugriff am 11 Mai 2021].
- [44] JB-Lighting, Lichtanlagentechnik GmbH, „P12 Wash,“ [Online]. Available: www.jb-lighting.de/P12Wash. [Zugriff am 10 Mai 2021].
- [45] GLP, German Light Products GmbH, „JDC1,“ [Online]. Available: www.glp.de/de/produkte/strobes-led/jdc1. [Zugriff am 11 Mai 2021].
- [46] GLP, German Light Products GmbH, „KNV Cube,“ [Online]. Available: www.glp.de/de/produkte/creative-led-system/knv-cube. [Zugriff am 11 Mai 2021].
- [47] GLP German Light Products GmbH, „impression X4,“ [Online]. Available: <https://www.glp.de/de/produkte/moving-lights-led/impression-x4?cntid=0&stid=0>. [Zugriff am 10 Juni 2021].
- [48] Lightpower GmbH, „ERA 800 Performance,“ [Online]. Available: <https://www.lightpower.de/produkt/era-800-performance-4022393/>. [Zugriff am 10 Juni 2021].
- [49] Lightpower GmbH, „Huracán-X,“ Lightpower GmbH, [Online]. Available: <https://www.lightpower.de/produkt/huracan-x-4021388/>. [Zugriff am 10 Juni 2021].
- [50] Clay Paky, „Sharp,“ Clay Paky SpA, 2021. [Online]. Available: <https://www.claypaky.it/en/products/sharpy>. [Zugriff am 25 Juni 2021].
- [51] Clay Paky, „Mythos 2,“ Clay Paky SpA, 2021. [Online]. Available: <https://www.claypaky.it/en/products/mythos2>. [Zugriff am 25 Juni 2021].
- [52] „MegaPointe®,“ ROBE lighting s.r.o., 2021. [Online]. Available: <https://www.robelighting.de/megapointe>. [Zugriff am 25 Juni 2021].
- [53] Elation Professional, „SMARTY HYBRID,“ CertiPro Solutions, LLC, 2021. [Online]. Available: <https://www.elationlighting.com/smarty-hybrid>. [Zugriff am 25 Juni 2021].
- [54] ROBE lighting s.r.o., „Pointe,“ 2021. [Online]. Available: <https://www.robe.cz/pointe>. [Zugriff am 25 Juni 2021].
- [55] GLP German Light Products GmbH, „GT-1 FL,“ [Online]. Available: <https://www.glp.de/de/produkte/moving-lights-discharge/gt-1?cntid=0&stid=0>. [Zugriff am 10 Juni 2021].

- [56] Martin Lighting, „Downloads,“ [Online]. Available: <https://www.martin.com/en/products/mac-viper-profile#downloads>. [Zugriff am 21 10 2020].
- [57] Varilite, „Philips Varilite VL3500 Wash,“ pa&light.com - Veranstaltungstechnik , 2021. [Online]. Available: <https://pa-and-light.com/Philips-Varilite-VL3500-Wash>. [Zugriff am 25 Juni 2021].
- [58] GLP German Light Products GmbH, „HIGHLANDER Wash,“ GLP German Light Products GmbH, 2021. [Online]. Available: <https://www.glp.de/de/produkte/moving-lights-discharge/highlander-wash?cntid=0&stid=0>. [Zugriff am 25 Juni 2021].
- [59] ROBE lighting s.r.o., „BMFL™ WashBeam,“ ROBE lighting s.r.o., 2021. [Online]. Available: <https://www.robelighting.de/bmfl-washbeam>. [Zugriff am 25 Juni 2021].
- [60] ROBE lighting s.r.o., „MMX Spot,“ ROBE lighting s.r.o., 2021. [Online]. Available: <https://www.robe.cz/mmx-spot>. [Zugriff am 25 Juni 2021].
- [61] VariLite, „VL6000 BEAM,“ 2021. [Online]. Available: <https://www.vari-lite.com/global/products/vl6000-beam>. [Zugriff am 25 Juni 2021].
- [62] B & H Foto & Electronics, „bhphotovideo,“ [Online]. Available: https://www.bhphotovideo.com/c/product/141812-REG/Arri_505305_Arrisun_5_575W_HMI.html. [Zugriff am 21 10 2020].
- [63] ARRI AG, „D12 Highly innovative lampheads for studio and location lighting,“ 2021. [Online]. Available: <https://www.arri.com/en/lighting/daylight/true-blue-d/d12#F0.0000D12>. [Zugriff am 22 Juni 2021].
- [64] Lightpower GmbH (Major-Lighting), „ETC S4 PARNeI 250W,“ [Online]. Available: <https://www.major-lighting.com/de/produkte/scheinwerfer/par-scheinwerfer/major/source-four-parnel-cdm/010135-source-four-parnel-cdm.html>. [Zugriff am 22 10 2020].
- [65] ETC visual environment technologies , „Source Four HID PARNeI™ CE User Guide,“ Electronic Theatre Controls, Inc., London W3 6UU United Kingdom, 2003.
- [66] T. Kerkhoff, „Prüfbericht I Photobiologische Sicherheit Projekt BoSS (PB zur-Diskussion),“ BG ETEM, Köln, 30.10.2020.
- [67] Instrument Systems Konica Minolta Group, „Datenblatt Einkoppeloptiken EOP-xxx und ISP 40,“ München.
- [68] Gigahertz-Optik GmbH, „Datenblatt LDM-9811,“ Türkenfeld, 2019.
- [69] Gigahertz_Optik GmbH, „LDM-9811 Kalibrierschein 1941019,“ Türkenfeld, 2019-07.
- [70] Martin lighting, „Martin Atomic 3000 LED,“ [Online]. Available: <https://www.martin.com/en/products/atomic-3000-led#specifications>. [Zugriff am 22 10 2020].

- [71] visual environment technologies, „ETC S4 LUSTR+2,“ [Online]. Available: <https://www.etconnect.com/Products/Lighting-Fixtures/Source-Four-LED-Series-2/Dokumentation.aspx>. [Zugriff am 22 10 2020].
- [72] Elation Professional B.V., „ELATION I KL FRESNEL 8 I Product Specification Sheet,“ Elation Professional, EW Kerkrade, The Netherlands, 2020.
- [73] ROBE lighting s.r.o., „Robin Esprite User Manual Version 2.9,“ Roznov pod Radhostem, 2021.
- [74] ROBE lighting s .r. o., „Robin Esprite Photometric Diagrams,“ ROBE lighting s .r. o., Roznov pod Radhostem, 2019.
- [75] Clay Paky S.p.A., „HY B-EYE K25 Instruction Manual,“ Clay Paky S.p.A., Seriate, 2019.
- [76] Clay Paky S.p.A., „HY B-EYE K25 Photometric Diagrams,“ Clay Paky S.p.A., Seriate, 2019.
- [77] CLAY PAKY S.p.A., „HY B-EYE Series Safety Information FIS01I - Rev.A - 03/20,“ CLAY PAKY S.p.A., Seriate, 2021.
- [78] JB-Lighting, Lichtanlagentechnik GmbH, „P12 Wash Bedienungsanleitung Version 1.00,“ JB-Lighting, Blaustein, 2020.
- [79] JB-Lighting, Lichtanlagentechnik GmbH, „P12 Wash Photometrische Daten,“ Blaustein, 2020.
- [80] GLP, German Light Products GmbH, „GLP JDC1 User Manual Revision 4.0,“ German Light Products GmbH, Karlsbad, 2019.
- [81] GLP, German Light Products GmbH, „GLP JDC1 Photometric Report Report 2019-07-19-2,“ Karlsbad, 2019.
- [82] G. L. P. GLP, „KNV Quick Start and Safety Manual Rev. A,“ German Light Products GmbH, Karlsbad, 2018.
- [83] GLP German Light Products GmbH, „impression X4 User Manual EN Rev C 20200706,“ Karlsbad, 2021.
- [84] GLP German Light Products GmbH, „Impression X4 Photometric Data,“ Karlsbad, 2021.
- [85] Lightpower GmbH, „ERA 800 Performance - Technische Daten,“ [Online]. Available: <https://www.lightpower.de/produkt/era-800-performance-4022393/#tab-technical-data>. [Zugriff am 10 juni 2021].
- [86] Martin HARMAN PROFESSIONAL INC., „Photometric Report Martin ERA 800 Narrow - Rev. 201904,“ HARMAN Professional, NORTHRIDGE CA 91329 USA, 2019.
- [87] HARMAN PROFESSIONAL DENMARK, „ERA 800 Performance - Sicherheits- und Installationshandbuch,“ HARMAN PROFESSIONAL DENMARK, Aarhus Dänemark, 2018-2020.

- [88] Lightpower GmbH, „Huracán-X - Technische Daten,“ [Online]. Available: <https://www.lightpower.de/produkt/huracan-x-4021388/#tab-technical-data>. [Zugriff am 10 Juni 2021].
- [89] Ayrton SAS, „HURACÁN-X - PHOTOMETRIC DIAGRAM,“ Ayrton Digital Lighting, Villebon-sur-Yvette France, 2021.
- [90] Clay Paky, „Claypaky_Xtylos_Photometrics_07.2019,“ Clay Paky S.p.A., Seriate, 2019.
- [91] Clay Paky, „XTYLOS User Information,“ Clay paky S.p.A., Seriate, 2020.
- [92] Clay Paky, „SharpY INSTRUCTION MANUAL,“ Clay Paky S.p.A., Seriate, 2016.
- [93] Clay Paky, „SharpY Phtometrics,“ Clay Paky S.p.A., Seriate, 2014.
- [94] Clay Paky, „Mythos2 INSTRUCTION MANUAL,“ Clay Paky S.p.A., Seriate, 2017.
- [95] Clay Paky, „Mythos Mythos2 Photometrics,“ Clay paky S.p.A., Seriate, 2017.
- [96] Robe Lighting s.r.o., „User_manual_Robin_MegaPointe.pdf,“ Robe Lighting, Palackeho, 2020.
- [97] Robe Lighting s.r.o., „Robin MegaPointe Photometric Diagram,“ Robe Lighting s.r.o., 2017.
- [98] ELATION PROFESSIONAL, „Smarty Hybrid User Manual,“ ELATION PROFESSIONAL, Kerkrade, 2020.
- [99] ELATION PROFESSIONAL, „ELATION SMARTY HYBRID PHOTOMETRIC TEST REPORT.pdf,“ ELATION PROFESSIONAL, Kerkrade, 2018.
- [100] Robe Lighting, „Robin Pointe User Manual,“ Robe Lighting, Palackeho, 2019.
- [101] GLP German Light Products GmbH, „GT-1 FL - Technische Daten,“ [Online]. Available: <https://www.glp.de/de/produkte/moving-lights-discharge/gt-1/print?print=1>. [Zugriff am 10 Juni 2021].
- [102] GLP German Light Products GmbH, „GLP GT-1 Cut Sheet EN,“ Karlsbad, 2021.
- [103] GLP German Light Products GmbH, „GT-1 - User Manual,“ Karlsbad, 2019.
- [104] Martin Lighting, „Photometrics,“ [Online]. Available: <http://www.martin.com/en/products/mac-viper-profile/photometric>. [Zugriff am 21 10 2020].
- [105] Vari-Lite, „VL3500 User Manual,“ Vari-Lite A Division of Genlyte Thomas Group LLC, Dallas, 2004.
- [106] German Light Products GmbH, „Highlander Wash User Manual – Revision B,“ German Light Products GmbH, Karlsbad, 2019.
- [107] German Light Products GmbH, „Highlander Quick Start and Safety Manual,“ German Light Products GmbH, Karlsbad, 2019.
- [108] Robe Lighting -, „Robe Robin BMFL Wash User Manual,“ Robe Lighting -, Palackeho, 2019.

- [109] Robe Lighting, „Robin BMFL Wash Photometric Diagram,“ Robe Lighting, Palackeho, 2019.
- [110] Robe Lighting, „Robe Robin MMX Spot User Manual,“ Robe Lighting, Palackeho, 2018.
- [111] VarLite, „VL6000 Beam Luminaire Users Manual,“ Vari-Lite, Dallas, 2017.
- [112] ARRI AG, „Arri Arrisun5 Event,“ [Online]. Available: <https://www.arri.com/en/lighting/daylight/arrisun-event/arrisun-5-event>. [Zugriff am 21 10 2020].
- [113] Arri AG, „arri-true-blue-d-series-brochure-en-data,“ Arnold & Richter Cine Technik GmbH & Co. Betriebs KG, München, 2021.
- [114] LIGHTEQUIP, „ARRI EB MAX 1.8 Elektronisches High Speed Vorschaltgerät,“ [Online]. Available: <https://www.lightequip.de/Licht/Vorschaltgeraete/ARRI-EB-MAX-1-8-Elektronisches-High-Speed-Vorschaltgeraet::12960.html>. [Zugriff am 22 Juni 2021].
- [115] Instrument Systems Konica Minolta Group, „Test Certificate CAS140CT-152 S/N:937414216,“ München, 2019.
- [116] Instrument Systems Konica Minolta Group, „Test Certificate CAS140CT-171 S/N:796414219,“ München, 2019.
- [117] Instrument Systems Konica Minolta Group, „Test Certificate CAS140CT-152 TOP200-100 S/N: 75520116 UV Lens 105mm S/N:5083204,“ München, 2019.
- [118] Bundesministerium für Arbeit und Soziales, „Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS Inkohärente optische Strahlung),“ Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Bonn, 2014.
- [119] DIN EN 62471, „Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen,“ 2008.
- [120] ETC, „Datenblatt Source Four® 150W HID PARNeI,“ ETC, PO Box 620979, Middleton WI 53562 0979 USA, 2010.
- [121] ROBE lighting s.r.o., „Spiider,“ Appio, 2021. [Online]. Available: www.robelighting.de/spiider. [Zugriff am 16 März 2021].
- [122] Instrument Systems Konica Minolta Group, „CAS140 - Array spectrometer,“ Instrument Systems GmbH, München.
- [123] INSTRUMENT SYSTEMS GmbH, „Blaulichtgefährdung mit CAS140,“ INSTRUMENT SYSTEMS GmbH, München.

B Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1 STARK VEREINFACHTE ÜBERSICHT DER KERNAUSSAGEN.....	5
ABBILDUNG 2 (ENGL. FIGURE 2) HIGHLY SIMPLIFIED OVERVIEW OF THE KEY STATEMENTS	6
ABBILDUNG 3 TECHNOLOGIEN	12
ABBILDUNG 4 HID-BRENNER [1]	13
ABBILDUNG 5 RGBW-LED [2].....	13
ABBILDUNG 6 LASER-DIODE [3]	13
ABBILDUNG 7 XENON-BRENNER [1]	13
ABBILDUNG 8 HMI DIGITAL [1]	14
ABBILDUNG 9 HMI 24000W DXS [1]	14
ABBILDUNG 10 HMI LOK-IT! [1]	14
ABBILDUNG 11 AUFBAU HID-BRENNER DER HMI-FAMILIE [1].....	14
ABBILDUNG 12 TYPISCHES SPEKTRUM EINER HMI/MSR LAMPE [4] EIGENE MESSUNG DES BÜHNENSTRAHLERS ARRISUN 5 MIT DEM PHILIPS MSR 575W BRENNER. OBEN RECHTS EIN REINES QUECKSILBERSPEKTRUM MIT DEN EMISSIONSWELLENLÄNGEN VON HG. DIE WELLENLÄNGEN DIESER LINIEN SIND AUCH BEIM HMI SPEKTRUM EINGETRAGEN.....	15
ABBILDUNG 13 PHOTO EINER SHARXS HTI ENTLADUNG (OBEN RECHTS [1]) UND TYPISCHES SPEKTRUM EINES HTI BRENNERS. EIGENE MESSUNG DES BÜHNENSTRAHLERS VARILITE VL 3500 - SPOT.....	16
ABBILDUNG 14 SELBSTUMKEHR: EMISSIONSLINIE (BLAU) UND ABSORPTION (GRÜN) ERGEBEN DAS ROT EINGEZEICHNETE LINIENPROFIL. [5].....	16
ABBILDUNG 15 UHP-BRENNER [4]	17
ABBILDUNG 16 BRENNENDE ENTLADUNG ZWISCHEN DEN ELEKTRODEN [4].....	17
ABBILDUNG 17 TYPISCHE SPEKTREN DER UHP-LAMPEN ABHÄNGIG VOM HG DRUCK [6].....	17
ABBILDUNG 18 SPW KURVE MIT DEN EINZELNEN ZERFALLS-VERBINDUNGEN VON WO ₂ BR ₂ [6] DA DER DAMPFDRUCK AN DER ELEKTRODENSPIITZE (ELECTRODE TIP) UND AN DER WAND (WALL) GRÖßER ALS DER DAMPFDRUCK BEI CA. 2500 K IST, WIRD WOLFRAM IN DIESEM BEREICH ANGESAMMELT UND NICHT MEHR AUF DER WAND DES BRENNERS. ES TRITT DANN KEINE ABSCHWÄRZUNG DER GEFÄßWAND AUF.....	18
ABBILDUNG 19 SIRIUS HRI [1]	18
ABBILDUNG 20 MSR PLATINUM [7].....	18
ABBILDUNG 21 MSD PLATINUM (MIT REFLEKTOR) [8].....	18
ABBILDUNG 22 TYPISCHES SPEKTRUM EINER UHP-LAMPE (PHILIPS MSD PLATINUM 480W) EIGENE MESSUNG DES BÜHNENSTRAHLERS ELATION SMARTY HYBRID. GUT ZU ERKENNEN SIND DIE SELBSTUMGEKEHRTEN UND STARK DRUCKVERBREITERTEN HG-LINIEN BEI 436NM, 546NM UND 577NM. OBERHALB VON 800NM IST DIE ENTLADUNG OPTISCH DICHT.	19
ABBILDUNG 23 PHILIPS CDM 150W [10]	20
ABBILDUNG 24 OSRAM POWER BALL 150W [11]	20
ABBILDUNG 25 PHILIPS MASTER COLOUR CDM-T 250W/942 [12]	20
ABBILDUNG 26 LEUCHTENDE „FLÄCHE“ EINES UHP BRENNERS (UMRISSE IN BLAU)	21
ABBILDUNG 27 LEUCHTENDER „ZYLINDER“ EINES UHP BRENNERS (UMRISSE IN BLAU).....	21
ABBILDUNG 28 ABHÄNGIGKEIT DER LEUCHTDICHTE $L_v = f(P_e)$	23
ABBILDUNG 29 DESIGNREGEL IN DER LICHTTECHNIK.....	24
ABBILDUNG 30 ABHÄNGIGKEIT DER LEUCHTDICHTE DER QUECKSILBERHOCHDRUCKENTLADUNG VON DAMPFDRUCK [13].....	24
ABBILDUNG 31 RANGFOLGE ERREICHBARE LEUCHTDICHTE DER LAMPENFAMILIEN: CDM, HMI, HMI SA UND UHP.....	24
ABBILDUNG 32 FOTO LUXIGEN LZ 4 [2]	26
ABBILDUNG 33 GRÖßE LUXIGEN LZ 4 [2]	26
ABBILDUNG 34 SPEKTRUM EINER LUXIGEN LZ 4 ROTE KURVE: NUR BLAUE + WEIßE DYES AN (BW). BLAUE KURVE: ALLE 4 DYES AN (RGBW)	26
ABBILDUNG 35 OSRAM OSTAR: AUF KUPFER-RUNDPLATINE [14]	27
ABBILDUNG 36 OSRAM OSTAR: RGBW- LED LICHTQUELLE [15]	27

ABBILDUNG 37 CREE XP-L HIGH DENSITY LED [16].....	27
ABBILDUNG 38 CREE XP-L HIGH INTENSITY LED [16].....	27
ABBILDUNG 39 VERSCHIEDENE LUXEON REBEL LEDs [17].....	28
ABBILDUNG 40 EMISSIONSSPEKTREN DER VERSCHIEDEN FARBIGEN LEDs [17]	28
ABBILDUNG 41 FOTO LUXIGEN LZ 4 [2].....	28
ABBILDUNG 42 GRÖÖE LUXIGEN LZ 4 [2].....	28
ABBILDUNG 43 TEMPERATUR ABHÄNGIGE EMISSION DER FARBIGEN DYES BEZOGEN AUF 20 °C. BESONDERS STARK IST DER EFFIZIENZ- VERLUST DER ROTEN ALINGAP LED MIT 0,7 %/°C.	29
ABBILDUNG 44 AUFBAU EINES INFRAROTEN HALBLEITERLASER AUS GAAS [18].....	30
ABBILDUNG 45 CLAY PAKY XTYLOS [19].....	31
ABBILDUNG 46 3x8 LASERDIODEN, DIE ÜBER DICHROITISCHE SPIEGEL ZUSAMMENGEFÜHRT WERDEN [20].....	31
ABBILDUNG 47 EIN BLAUER DIODENLASER REGT EINEN GELBEN PHOSPHOR AN [3]	31
ABBILDUNG 48 SCHEINWERFER MIT BLAUEM LASER, GELBEM PHOSPHOR UND REFLEKTOR [21]	32
ABBILDUNG 49 BMW I8 [22].....	32
ABBILDUNG 50 SCHEINWERFER MARTIN ATOMIC 3000 (XENON)	32
ABBILDUNG 51 EMISSIONS-SPEKTRUM MIT TYPISCHEM XE-VIELLINIEN-SPEKTRUM	32
ABBILDUNG 52 XENON-GLEICHSTROM-HÖCHSTDRUCKLAMPEN [23]	33
ABBILDUNG 53 ÜBERBLICK ÜBER DIE SCHÄDIGUNG VON UV-, SICHTBARER UND IR-STRALHUNG VON AUGEN UND HAUT (ENTNOMMEN AUS [25] (LINKS) UND [24] (RECHTS)).....	34
ABBILDUNG 54 ÜBERBLICK ÜBER DIE SCHÄDIGUNG VON UV-, SICHTBARER UND IR-STRALHUNG VON AUGEN (OBEN) UND HAUT (UNTEN) (ENTNOMMEN AUS [26]).....	34
ABBILDUNG 55 DEFINITION DER STRAHLDICHTEN (TEILWEISE ENTNOMMEN AUS [25]).....	36
ABBILDUNG 56 OPTISCHE ABBILDUNG DER LEUCHTETEN FLÄCHE DER LICHTQUELLE AUF DER NETZHAUT DURCH DIE AUGENLINSE	37
ABBILDUNG 57 OPTISCHE ABBILDUNG UND EINFLUSS DES RAUMWINKELS Ω	37
ABBILDUNG 58 EFFEKTE, DIE ZUR AKTINISCHEN UV WIRKFUNKTION $S_{UV}(\lambda)$ BEITRAGEN (TEILWEISE ENTNOMMEN AUS [25]).....	37
ABBILDUNG 59 PHOTOCHEMISCHE UND THERMISCHE SCHÄDIGUNG DER NETZHAUT MIT ZUGEHÖRIGEN WIRKFUNKTIONEN $B(\lambda)$ UND $R(\lambda)$ (TEILWEISE ENTNOMMEN AUS [25])	38
ABBILDUNG 60 SCHÄDIGUNG VON HORNHAUT UND TRÜBUNG DER AUGENLINSE (UNTEN) UND HAUT (OBEN) (TEILWEISE ENTNOMMEN AUS [25])	39
ABBILDUNG 61 SCHEMATISCHE DARSTELLUNG VON BESTRAHLUNGSSTÄRKMESSUNGEN.....	41
ABBILDUNG 62 STANDARDMETHODE	41
ABBILDUNG 63 ALTERNATIVE METHODE.....	41
ABBILDUNG 64: INSTRUMENT SYSTEMS CAS 140CT-152 200NM-800NM	42
ABBILDUNG 65 : INSTRUMENT SYSTEMS CAS 140CT-171 780NM-1650NM.....	42
ABBILDUNG 66: AUFBAU FRONT ILLUMINATED CCD UND BACK THINNED CCD [27]	42
ABBILDUNG 67 BACK-THINNED CCD [28]	42
ABBILDUNG 68: INNENANSICHT ARRAY-SPEKTROMETER [25].....	43
ABBILDUNG 69 STREULICHTKORREKTUR EINER WEIÖEN LED [29]	43
ABBILDUNG 70: TYPISCHE STREULICHT-MATRIX AM BEISPIEL CAS 140CT [29].....	43
ABBILDUNG 71 ILLUSTRATION OF A LSF OF A SPECTROGRAPH (A) AND THE SDF (B) [30]	43
ABBILDUNG 72 GIGAHERTZ OPTIK LDM-9811	44
ABBILDUNG 73: PRINZIP DER INTEGRALEN MESSUNG	44
ABBILDUNG 74: DETEKTORANSICHT MIT FILTER.....	44
ABBILDUNG 75 MESSKOPF FÜR BLAULICHTGEFÄHRDUNG $B(\lambda)$ PHOTOCHEMISCHE SCHÄDIGUNG [31]	44
ABBILDUNG 76: MESSKOPF FÜR DIE THERMISCHE SCHÄDIGUNG DER NETZHAUT $R(\lambda)$ [31].....	45
ABBILDUNG 77: MESSKOPF FÜR DIE THERMISCHE SCHÄDIGUNG DER NETZHAUT IM IR (SCHWACHER VISUELLER REIZ) [31].....	45
ABBILDUNG 78 LINEARER VERGLEICH $R_{LDM}(\lambda)$ UND DER SPEKTRALEN EMPFINDLICHKEITSKURVE GEMÄÖ DER NORM DIN EN 62471:2009-03: $R_{NORM}(\lambda)$	45
ABBILDUNG 79 LOGARITHMISCHER VERGLEICH $R_{LDM}(\lambda)$ UND DER SPEKTRALEN EMPFINDLICHKEITSKURVE GEMÄÖ DER NORM DIN EN 62471:2009-03: $R_{NORM}(\lambda)$	46
ABBILDUNG 80: MODULARER AUFBAU DES PRÜFSTANDES.....	47

ABBILDUNG 81: MESSWAGEN, AUSSCHNITT: LDM AUF SPINDELANGETRIEBENER LINEARFÜHRUNG	47
ABBILDUNG 82: BLICKDICHTER MOLTON-AUFBAU	48
ABBILDUNG 83: LAMPENWAGEN MIT BLENDENHALTER	48
ABBILDUNG 84: LINKS: AUSRICHTUNG DES LDMS, RECHTS: AUSRICHTUNG DES LAMPENWAGENS.....	49
ABBILDUNG 85: LDM MIT DICHTEFILTER UND OKULAR-KAMERA	49
ABBILDUNG 86: 1: ÜBERGANG VOM BRENNPUNKT ZUM SCHATTENWURF BEI DEM STRAHLER CLAY PAKY SHARPY, 2: VERMEIDUNG DES SCHATTENWURFS AUF DEM EOP, 3: LEUCHTBILD DER QUELLE.....	50
ABBILDUNG 87: SPEKTRUM $\partial E/\partial \lambda (\lambda)$ EINER PHILIPS MSD 20R 470 WATT LAMPE VOM UHP-TYP (BLAU) SOWIE GEWICHTUNGSFUNKTION $S_{UV}(\lambda)$ (BRAUN)	51
ABBILDUNG 88: ZEIGT DIE SPEKTREN ZWEIER MESSUNGEN AN EINEM HMI-STRAHLER ZUSAMMEN MIT DER FUNKTION $S_{UV}(\lambda)$. λ_{ECHT} IST HIER 294NM.	52
ABBILDUNG 89 SPEKTRUM ETC S4 PARNEL CDM1 MIT „EXTRAPOLATION DER BREMSSTRAHLUNG“	53
ABBILDUNG 90 NOTATIONEN	55
ABBILDUNG 91 GAUßVERTEILUNG (LINKS) UND ERWEITERUNGSFAKTOR (RECHTS)	55
ABBILDUNG 92: HEATMAP DER LEUCHTDICHTE DES STRAHLERS ETC S4 PARNEL CDM.	60
ABBILDUNG 93: SCHEINBAREN QUELLENGRÖßE DES STRAHLERS ETC S4 PARNEL CDM BEI EINEM SCHWELLWERT VON 50%.	60
ABBILDUNG 94 AKTINISCHES UV MIT DER GRENZKURVE UND DER MAXIMALEN EXPOSITIONSZEIT T_{MAX}	61
ABBILDUNG 95 EINTEILUNG IN RISIKOGRUPPEN (RG) DES AKTINISCHEN UV'S.....	62
ABBILDUNG 96 RISIKOGRUPPEN-EINTEILUNG FÜR DIE GEFAHR EINER LINSENTRÜBUNG DURCH UV-A.....	63
ABBILDUNG 97 RISIKOGRUPPEN-EINTEILUNG FÜR DIE PHOTOCHEMISCHE NETZHAUTSCHÄDIGUNG	64
ABBILDUNG 98 AUGENBEWEGUNGEN, DIE ZU EINER VERGRÖßERUNG DER WINKELAUSDEHNUNG FÜHREN	64
ABBILDUNG 99 EFFEKTIVE WINKELAUSDEHNUNG α_{EFF} EINER LICHTQUELLE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER EXPOSITIONSDAUER	65
ABBILDUNG 100 : BEREICH DER LICHTQUELLE ÜBER DEN GEMITTELT WIRD FÜR EINEN ABSTAND VON 20 CM, 4M UND 8M BEI EINER WINKELAUSDEHNUNG VON 1,7 MRAD (EIGENE MESSUNG DES ROBE MMX STRAHLERS)	66
ABBILDUNG 101 : RISIKOGRUPPEN-EINTEILUNG FÜR DIE THERMISCHE NETZHAUTSCHÄDIGUNG.....	67
ABBILDUNG 102 : RISIKOGRUPPEN-EINTEILUNG FÜR E_{IR} . E_{IR} BEINHÄLTET DIE GEFAHR DER LINSENTRÜBUNG (GRAUER STAR) UND THERMISCHE SCHÄDIGUNG DER HORNHAUT DURCH IR LICHT (AUGE IR)	67
ABBILDUNG 103 VERSCHIEDENE BÜHNENSCHNITTWERFER (BEMERKUNG: BILDER NICHT MAßSTABSGETREU).....	69
ABBILDUNG 104: AUSSCHNITT AUS EINEM SHOWFILE DOT2ONPC MIT VERSCHIEDENEN FIXTURES	69
ABBILDUNG 105 AUSSCHNITT VON FARB-EINSTELLMÖGLICHKEITEN DOT2ONPC EINES LED-SCHNITTWERFERS	69
ABBILDUNG 106 VERGLEICH BW (ROTE KURVE) UND RGBW (BLAUE KURVE) ROBE ROBIN SPIIDER	70
ABBILDUNG 107 VERGLEICH DER BELEUCHTUNGSSTÄRKE E_V VON LED-SCHNITTWERFERN MIT BW- UND RGBW-ANSTEUERUNG	71
ABBILDUNG 108 VERGLEICH DER BLAULICHT-GEWICHTETEN BESTRAHLUNGSSTÄRKE E_B MIT BW- UND RGBW-ANSTEUERUNG	71
ABBILDUNG 109: Bsp. ZOOM-/ FOCUS-EINSTELLMÖGLICHKEITEN DOT2ONPC	72
ABBILDUNG 110 ABSCHATTUNG DURCH LEUCHTMITTEL JB LIGHTING P18 SPOT (1kW LED-ENGINE)	72
ABBILDUNG 111 EXTRAPOLATION IR-B STRAHLUNG BIS 3000NM AM BEISPIEL ETC S4 PARNEL	73
ABBILDUNG 112 EXTRAPOLIERTER IR-B-STRALUNG UND FAKTOREN ZUR BERECHNUNG.....	73
ABBILDUNG 113 VON DEN ROHDATEN ZUM STECKBRIEF (BEISPIELDATEN ETC S4 PARNEL).....	77
ABBILDUNG 114 BEISPIEL-STECKBRIEF (BEISPIELDATEN ETC S4 PARNEL)	77
ABBILDUNG 115 SCHEINWERFER ARRI L7-C [36]	79
ABBILDUNG 116 SPEKTRUM @4M CCT: 6250K, GM: -1 (MAGENTA), 15° SPOT	79
ABBILDUNG 117 SPEKTREN @4M: VERGLEICH EINER AUSWAHL VERSCHIEDENER BETRIEBSEINSTELLUNGEN (0013) CCT: 6250K, GM: - 1 (MAGENTA), 15° SPOT (0010) CCT: 10000K, GM: -1 (MAGENTA), 15° SPOT (0009) CCT: 5000K, GM: -1 (MAGENTA), 15° SPOT (0006) HUE: 240, SÄTTIGUNG: 100 %, 15° SPOT.....	80
ABBILDUNG 118 SCHEINWERFER SGM P5 [37]	82
ABBILDUNG 119 SPEKTRUM @4M ROT: B W – BLAU: RGB W	82
ABBILDUNG 120 SCHEINWERFER MARTIN ATOMIC 3000 LED	84
ABBILDUNG 121 SPEKTRUM MARTIN ATOMIC 3000 LED @4M, BLITZ 5Hz 0.1s DAUER	84
ABBILDUNG 122 SCHEINWERFER ETC S4 LUSTR+2.....	86
ABBILDUNG 123 SPEKTRUM ETC S4 LUSTR+2 @4M, MIT DIFFUSOR.....	86

ABBILDUNG 124 SCHEINWERFER ROBE ROBIN SPIIDER [38].....	88
ABBILDUNG 125 SPEKTRUM ROBE ROBIN SPIIDER @4M, 4°, B W.....	88
ABBILDUNG 126 SCHEINWERFER AYRTON GHIBLI [39].....	90
ABBILDUNG 127 SPEKTRUM AYRTON GHIBLI @4M, 7° SPOT.....	90
ABBILDUNG 128 SCHEINWERFER JB LIGHTING P18 [40].....	92
ABBILDUNG 129 SPEKTRUM JB LIGHTING P18 @4M, SPOT 7°.....	92
ABBILDUNG 130 SCHEINWERFER ELATION KL FRESNEL 8" [41].....	94
ABBILDUNG 131 SPEKTRUM ELATION KL FRESNEL 8" @4M, ZOOM NARROW (= 11.0°).....	94
ABBILDUNG 132 SCHEINWERFER ROBE ESPRITE SPOT [42].....	96
ABBILDUNG 133 SPEKTRUM ROBE ESPRITE SPOT @4M, FOCUS 50.5% CENTER, ZOOM NARROW (= 5.5°).....	96
ABBILDUNG 134 SCHEINWERFER CLAY PAKY HY B-EYE K25 [43].....	98
ABBILDUNG 135 SPEKTRUM CLAY PAKY HY B-EYE K25 @4M, ZOOM NARROW (= 4.0°), BW (RT), RGBW (BL).....	98
ABBILDUNG 136 SCHEINWERFER JB LIGHTING P12 WASH [44].....	100
ABBILDUNG 137 SPEKTRUM JB LIGHTING P12 WASH @4M, FOCUS NEAR, ZOOM NARROW (= 6.0°).....	100
ABBILDUNG 138 SCHEINWERFER GLP JDC 1 [45].....	102
ABBILDUNG 139 SPEKTRUM GLP JDC 1@4M, BW (RT), RGBW (BL).....	102
ABBILDUNG 140 SCHEINWERFER GLP KNV CUBE [46].....	104
ABBILDUNG 141 SPEKTRUM GLP KNV CUBE @4M, 120° ABSTRAHLWINKEL, W (RT), RGBW (BL).....	104
ABBILDUNG 142 SCHEINWERFER GLP X4 IMPRESSION [47].....	106
ABBILDUNG 143 SPEKTRUM GLP X4 IMPRESSION @4M, ZOOM NARROW (= 7.0°), RGBW (ROT) BW(BLAU).....	106
ABBILDUNG 144 SCHEINWERFER MARTIN ERA 800 PERFORMANCE [48].....	108
ABBILDUNG 145 SPEKTRUM MARTIN ERA 800 PERFORMANCE @4M, FOCUS NEAR, ZOOM NARROW (= 7.0°).....	108
ABBILDUNG 146 SCHEINWERFER AYRTON HURACAN-X [49].....	110
ABBILDUNG 147 SPEKTRUM AYRTON HURACAN X @4M, FOCUS NEAR, ZOOM NARROW (= 6.0°).....	110
ABBILDUNG 148 SCHEINWERFER CLAY PAKY XTYLOS [19].....	113
ABBILDUNG 149 SPEKTRUM @4M, 1.1° ABSTRAHLWINKEL.....	113
ABBILDUNG 150 SCHEINWERFER CLAY PAKY SHARPY [50].....	116
ABBILDUNG 151 SPEKTRUM CLAY PAKY SHARPY @4M, FOCUS NEAR (SPOT), 3.8°.....	116
ABBILDUNG 152 SCHEINWERFER CLAY PAKY MYTHOS2 [51].....	118
ABBILDUNG 153 SPEKTRUM CLAY PAKY MYTHOS2 @4M, FOCUS NEAR, ZOOM NARROW (= BEAM MODE 2.5°).....	118
ABBILDUNG 154 SCHEINWERFER ROBE ROBIN MEGAPOINTE [52].....	120
ABBILDUNG 155 SPEKTRUM ROBE ROBIN MEGAPOINTE @4M, FOCUS NEAR, ZOOM NARROW (= BEAM MODE 1.8°).....	120
ABBILDUNG 156 SCHEINWERFER ELATION SMARTY HYBRID [53].....	122
ABBILDUNG 157 SPEKTRUM ELATION SMARTY HYBRID @4M, 1% FOCUS, ZOOM 1.7°/ 12.8° (SPOT).....	122
ABBILDUNG 158 SCHEINWERFER ROBE POINTE [54].....	124
ABBILDUNG 159 SPEKTRUM ROBE POINTE @4M, FOCUS=74%, ZOOM=2.5° (NARROW).....	124
ABBILDUNG 160 SCHEINWERFER GLP GT 1 [55].....	126
ABBILDUNG 161 SPEKTRUM GLP GT 1 @4M, FOCUS NEAR (SPOT, 3.5°).....	126
ABBILDUNG 162 SCHEINWERFER MARTIN MAC VIPER PROFILE [56].....	129
ABBILDUNG 163 SPEKTRUM MARTIN MAC VIPER PROFILE @4M, FOCUS NEAR, ZOOM NARROW (= 10°).....	129
ABBILDUNG 164 SCHEINWERFER VARILITE VL 3500 SPOT [57].....	131
ABBILDUNG 165 SPEKTRUM VARILITE VL 3500 SPOT @4M, FOCUS NEAR, ZOOM NARROW (= 10°).....	131
ABBILDUNG 166 SCHEINWERFER GLP HIGHLANDER [58].....	133
ABBILDUNG 167 SPEKTRUM GLP HIGHLANDER @4M, FOCUS NEAR, ZOOM NARROW (= 5°).....	133
ABBILDUNG 168 SCHEINWERFER ROBE BMFL WASH [59].....	135
ABBILDUNG 169 SPEKTRUM ROBE BMFL WASH @4M, FOCUS NEAR, ZOOM NARROW (= 4.5°).....	135
ABBILDUNG 170 SCHEINWERFER ROBE MMX SPOT [60].....	137
ABBILDUNG 171 SPEKTRUM ROBE MMX SPOT @4M, FOCUS NEAR, ZOOM NARROW (= 8.5°).....	137
ABBILDUNG 172 SCHEINWERFER VARILITE VL 6000 BEAM [61].....	139
ABBILDUNG 173 SPEKTRUM VARILITE VL 6000 @4M, FOCUS NEAR, ZOOM NARROW (= 6.4°).....	139
ABBILDUNG 174 SCHEINWERFER ARRI ARRISUN 5 [62].....	142

ABBILDUNG 175 SPEKTRUM ARRI ARRISUN 5 @4M, SPOT 5°	142
ABBILDUNG 176 SCHEINWERFER ARRI ARRISUN 5 [62].....	144
ABBILDUNG 177 SPEKTRUM ARRI ARRISUN 5 @4M, SPOT 5°	144
ABBILDUNG 178 SCHEINWERFER ARRI ARRISUN 5 [62].....	146
ABBILDUNG 179 SPEKTRUM ARRI ARRISUN 5 @4M, SPOT 5°	146
ABBILDUNG 180 SCHEINWERFER ARRI ARRISUN 5 [62].....	148
ABBILDUNG 181 SPEKTRUM ARRI ARRISUN 5 @4M, SPOT 5°	148
ABBILDUNG 182 SCHEINWERFER ARRI ARRISUN 5 [62].....	150
ABBILDUNG 183 SPEKTRUM ARRI ARRISUN 5 @4M, SPOT 5°	150
ABBILDUNG 184 SCHEINWERFER ARRI ARRISUN 5 [62].....	152
ABBILDUNG 185 SPEKTRUM ARRI ARRISUN 5 @4M, BL LINSE SPOT 10°	152
ABBILDUNG 186 SCHEINWERFER ARRI TRUE BLUE D12 [63]	154
ABBILDUNG 187 SPEKTRUM ARRI TRUE BLUE D12 @4M, SPOT 6.5° (353HZ: BLAU, 75HZ: ROT)	154
ABBILDUNG 188 SCHEINWERFER ETC S4 PARNEL [64].....	157
ABBILDUNG 189 SPEKTRUM ETC S4 PARNEL @4M, SPOT 25° (ANSCHLAG LINKS)	157
ABBILDUNG 190 SCHEINWERFER MARTIN ATOMIC 3000 (XENON)	161
ABBILDUNG 191 SPEKTRUM MARTIN ATOMIC 3000 (XENON) @0.5M, 4Hz/ 10MS	161
ABBILDUNG 192 VERGLEICH 2 MESSUNGEN BEI GLEICHEN EINSTELLUNGEN (4Hz, 10MS, INT=125MS)	162
ABBILDUNG 193 VERGLEICH BEI EINSTELLUNGEN ROT: 4Hz, 10MS, BLAU: 0.3Hz, 1SEC (INT=125MS).....	163
ABBILDUNG 194 ETC S4 PARNEL SEITENANSICHT.....	167
ABBILDUNG 195 ETC S4 PARNEL FRONT	167
ABBILDUNG 196 ETC S4 PARNEL BEDIENUNG FOCUS [65]	167
ABBILDUNG 197 AUSRICHTUNG VERTIKAL ().....	168
ABBILDUNG 198 AUSRICHTUNG HORIZONTAL (-).....	168
ABBILDUNG 199 SCHEINWERFER ETC S4 PARNEL [64].....	172
ABBILDUNG 200 SPEKTRUM ETC S4 PARNEL @4M, ROT: SPOT 25° (ANSCHLAG LINKS) - BLAU: FLOOD 45° (ANSCHLAG RECHTS)..	172
ABBILDUNG 201 SCHEINWERFER ETC S4 PARNEL [64].....	173
ABBILDUNG 202 SPEKTRUM ETC S4 PARNEL @4M, ROT: SPOT 25° (E-SPOT-MAX)	173
ABBILDUNG 203 VERGLEICH BELEUCHTUNGSSTÄRKE E_V (H-BRS, BG ETEM, BAUA)	177
ABBILDUNG 204 VERGLEICH BESTRAHLUNGSSTÄRKE E_B (H-BRS, BG ETEM, BAUA)	178
ABBILDUNG 205 ÜBERSICHT LICHTQUELLEN.	180
ABBILDUNG 206 KOMPRIMIERTE DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE SOWIE EMPIRISCHE REGELN ZWISCHEN DEN GEWICHTETEN STRAHLDICHTEN L _V , L _B UND L _R	183
ABBILDUNG 207 VERANSCHAULICHUNG: ABBILDUNG MIT HILFE EINER LINSE.....	185
ABBILDUNG 208 LEUCHTDICHTE DER ENTLADUNGSLAMPEN ALS FUNKTION DER LEUCHTDICHTE DER BÜHNENSTRAHLER.	186
ABBILDUNG 209 AUSSCHNITT AUS ABBILDUNG 208 (BIS 500 MCD/M ²).	186
ABBILDUNG 210 GEWICHTETE STRAHLDICHTEN L _B DER BÜHNENSTRAHLER ALS FUNKTION DER GEWICHTETEN STRAHLDICHTEN L _B DER LICHTQUELLEN (ENTLADUNGSLAMPEN)	187
ABBILDUNG 211 GEWICHTETE STRAHLDICHTEN L _R DER BÜHNENSTRAHLER ALS FUNKTION DER GEWICHTETEN STRAHLDICHTEN L _R DER LICHTQUELLEN (ENTLADUNGSLAMPEN)	187
ABBILDUNG 212 GEWICHTETE STRAHLDICHTEN L _V DER BÜHNENSTRAHLER ALS FUNKTION VON (2H/π ²)·(PE/D ²) (LINKS) UND ALS FUNKTION VON PE ALLEINE (RECHTS).....	188
ABBILDUNG 213 GEWICHTETE STRAHLDICHTEN L _B (ALS STRAHL) DER VERSCHIEDENEN BÜHNENSTRAHLER KLASSIFIZIERT NACH LICHTQUELLEN	189
ABBILDUNG 214 GEWICHTETE STRAHLDICHTEN L _X (ALS STRAHL) DER VERSCHIEDENEN BÜHNENSTRAHLER KLASSIFIZIERT NACH LICHTQUELLEN.	190
ABBILDUNG 215 STARK VEREINFACHTE ÜBERSICHT DER KERNAUSSAGEN.....	192
ABBILDUNG 216 EINTEILUNG DER BÜHNENSTRAHLER IN DIE 3 KLASSEN: LEDs [2], ENTLADUNGSLAMPEN [1] UND LASER [3]	193
ABBILDUNG 217 GEGENWÄRTIGE UND ZUKÜNFTIGE GEFAHREN-POTENTIAL DER BÜHNENSCHNITTLAMPEN	194
ABBILDUNG 218 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [36]	218
ABBILDUNG 219 TECHNISCHE DATEN (HERST.) [37].....	219

ABBILDUNG 220 PHOTOMETRIE (HERST.) [37]	219
ABBILDUNG 221 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [70]	221
ABBILDUNG 222 PHOTOMETRIE [70]	221
ABBILDUNG 223 SPEKTREN @4M: VERGLEICH EINER AUSWAHL VERSCHIEDENER BETRIEBSEINSTELLUNGEN (0201) 5HZ, 0.1SEC (0001) 2HZ, 1SEC	222
ABBILDUNG 224 TECHNISCHE DATEN (HERST.) [71]	223
ABBILDUNG 225 PHOTOMETRIE (HERST.) [71]	224
ABBILDUNG 226 7 VERGLEICH MIT/OHNE DIFFUSOR @4M ROT: OHNE DIFFUSOR – GRÜN: MIT DIFFUSOR	224
ABBILDUNG 227 7-FARB-ARRAY	224
ABBILDUNG 228 LEUCHTBILD OHNE LINSENTUBUS	224
ABBILDUNG 229 MESSUNG DES SPEKTRUMS MIT AUSRICHTUNG AUF EINE INDIGO-LED	225
ABBILDUNG 230 TECHNISCHE DATEN (HERST.) [38]	226
ABBILDUNG 231 PHOTOMETRIE (HERST.) [38]	226
ABBILDUNG 232 VERGLEICH SPEKTREN @ 4M BEI VERSCHIEDENEN EINSTELLUNGEN: ROT B W – BLAU: RGB W	227
ABBILDUNG 233 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [39]	228
ABBILDUNG 234 PHOTOMETRIE (HERST.) [39]	228
ABBILDUNG 235 RISIKOBEWERTUNG (HERST.) [39]	228
ABBILDUNG 236 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [40]	229
ABBILDUNG 237 PHOTOMETRIE (HERST.) [40]	229
ABBILDUNG 238 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [41]	230
ABBILDUNG 239 PHOTOMETRIE (HERST.) ZOOM 11.0° [72]	231
ABBILDUNG 240 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [73]	233
ABBILDUNG 241 PHOTOMETRIE (HERST.) ZOOM 5.5° [74]	233
ABBILDUNG 242 RISIKOGRUPPE LT. HERSTELLER [73]	233
ABBILDUNG 243 LED LIGHT SOURCE (LED-ENGINE) [73, P. 57]	233
ABBILDUNG 244 FIXTURE HEAD (LED-ENGINE) [73, P. 56]	233
ABBILDUNG 245 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [75]	234
ABBILDUNG 246 PHOTOMETRIE (HERST.) ZOOM 4.0° [76]	235
ABBILDUNG 247 RISIKOBEWERTUNG HERST. [77]	235
ABBILDUNG 248 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [78]	236
ABBILDUNG 249 PHOTOMETRIE (HERST.) ZOOM 6° (11.0°) [79]	237
ABBILDUNG 250 RISIKOBEWERTUNG HERST. [78, P. 7]	237
ABBILDUNG 251 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [80]	238
ABBILDUNG 252 PHOTOMETRIE (HERST.) [81]	239
ABBILDUNG 253 RISIKOEINSTUFUNG (HERST.) [80, P. 8]	239
ABBILDUNG 254 SPEKTREN @20CM: VERGLEICH DAUER- UND BLITZLICHT (M73-03) CCT: BLITZLICHT, 5HZ, 0.10S IMPULSDAUER (M73-02) CCT: DAUERLICHT, 17HZ, 0.64S IMPULSDAUER	239
ABBILDUNG 255 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [82]	242
ABBILDUNG 256 RISIKOEINSTUFUNG (HERST.) [82]	242
ABBILDUNG 257 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [83]	243
ABBILDUNG 258 PHOTOMETRIE (HERST.) ZOOM 7.0°, RGBW [84]	243
ABBILDUNG 259 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [85]	244
ABBILDUNG 260 PHOTOMETRIE (HERST.) ZOOM 7.0° [86]	245
ABBILDUNG 261 RISIKOEINSTUFUNG (HERST.) [87]	245
ABBILDUNG 262 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [88]	246
ABBILDUNG 263 PHOTOMETRIE (HERST.) ZOOM 6.0° [89]	247
ABBILDUNG 264 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN)	248
ABBILDUNG 265 PHOTOMETRIE (HERST.) ABSTRAHLWINKEL 1.1° [90]	249
ABBILDUNG 266 RISIKOBEWERTUNG LT. HERSTELLER, LASERKLASSE DER ENGINE [91]	250
ABBILDUNG 267 FARBRAUM	250
ABBILDUNG 268 RGB (400NM-700NM)	250

ABBILDUNG 269 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [92]	251
ABBILDUNG 270 PHOTOMETRIE (HERST.).....	252
ABBILDUNG 271 RISIKOGRUPPE LT. HERSTELLER [93]	252
ABBILDUNG 272 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [94]	253
ABBILDUNG 273 PHOTOMETRIE (HERST.) BEAM MODE 2.5° [95].....	253
ABBILDUNG 274 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [96]	256
ABBILDUNG 275 PHOTOMETRIE (HERST.) BEAM MODE 1.8° [97].....	256
ABBILDUNG 276 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [98]	257
ABBILDUNG 277 PHOTOMETRIE (HERST.) ZOOM 2.3° [99]	257
ABBILDUNG 278 RISIKOGRUPPE LT. HERSTELLER [98]	258
ABBILDUNG 279 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [100].....	260
ABBILDUNG 280 PHOTOMETRIE (HERST.) BEAM MODE 2.5° [100].....	261
ABBILDUNG 281 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [101]/ [102]	262
ABBILDUNG 282 RISIKOBEWERTUNG (HERST.) [103].....	262
ABBILDUNG 283 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [56]	264
ABBILDUNG 284 PHOTOMETRIE (HERST.) ZOOM 10° [104]	264
ABBILDUNG 285 RISIKOBEWERTUNG (HERST.) [104].....	264
ABBILDUNG 286 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [105]	266
ABBILDUNG 287 PHOTOMETRIE (HERST.) [105].....	267
ABBILDUNG 288 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [106]	268
ABBILDUNG 289 PHOTOMETRIE (HERST.) [107].....	269
ABBILDUNG 290 RISIKOBEWERTUNG HERST. (SAFETY MANUAL EN, DATASHEET) [107]	269
ABBILDUNG 291 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [108]	271
ABBILDUNG 292 PHOTOMETRIE (HERST.) ZOOM 4.5° [109]	271
ABBILDUNG 293 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [110]	273
ABBILDUNG 294 PHOTOMETRIE (HERST.) [110].....	273
ABBILDUNG 295 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [111]	274
ABBILDUNG 296 PHOTOMETRIE (HERST.) [111].....	275
ABBILDUNG 297 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [112]	276
ABBILDUNG 298 PHOTOMETRIE MIT VORSATZLINSEN (HERST.) [112].....	276
ABBILDUNG 299 ELEKTR. VORSCHALTGERÄT EB 575/ 1200 [112].....	276
ABBILDUNG 300 VORSATZLINSE BL „SPOT 10°“	277
ABBILDUNG 301 VORSATZLINSE SW „NARROW FLOOD 10°x20°“	277
ABBILDUNG 302 VORSATZLINSE GN „FLOOD 20°x45°“.....	277
ABBILDUNG 303 VORSATZLINSE RT „SUPER FLOOD 50°“	278
ABBILDUNG 304 VORSATZLINSE SR „FORSTED FRESNEL“	278
ABBILDUNG 305 TRANSMISSION SCHUTZSCHEIBE ARRISUN5 (ROT).....	278
ABBILDUNG 306 TECHNISCHE DATEN (HERSTELLERANGABEN) [113]	279
ABBILDUNG 307 PHOTOMETRIE (HERST.) [113].....	280
ABBILDUNG 308 GEFAHRENKLASSE (HERST.) [113]	280
ABBILDUNG 309 ELEKTR. VORSCHALTGERÄT EB MAX 1.8 [114]	280
ABBILDUNG 310 TECHNISCHE DATEN (HERST.) [64].....	281
ABBILDUNG 311 PHOTOMETRIE 150W(!) CDM (HERST.)	282
ABBILDUNG 312 PHILIPS MASTER COLOUR CDM-T 250W/ 942.....	282
ABBILDUNG 313 PHILIPS MASTER COLOUR CDM-T 250W/ 942 (LICHTBOGEN HORIZONTAL).....	283
ABBILDUNG 314 PHILIPS MASTER COLOUR CDM-T 250W/ 942 (LICHTBOGEN VERTIKAL)	283
ABBILDUNG 315 TECHNISCHE DATEN (HERST.).....	283
ABBILDUNG 316 PB BG ETEM „ZUSAMMENFASSUNG DER BESTRAHLUNGSSTÄRKEERGEBNISSE“	284
ABBILDUNG 317 PB BG ETEM „ZUSAMMENFASSUNG DER STRAHLDICHEMESSERGEBNISSE – 100MRAD“	284
ABBILDUNG 318 PB BG ETEM „ZUSAMMENFASSUNG DER STRAHLDICHEMESSERGEBNISSE – 11MRAD“	284
ABBILDUNG 319 PB BG ETEM „ZUSAMMENFASSUNG DER STRAHLDICHEMESSERGEBNISSE – 1.7MRAD“	285

ABBILDUNG 320 (ORIGINAL-)MESSWERTE BAUA SPOT	285
ABBILDUNG 321 (ORIGINAL-)MESSWERTE BAUA FLOOD	285

C Technische Daten Spektrometer

UV/VIS-Spektrometer CAS140 CT-152

Modell UV/ VIS [28]

Wellenlängenbereich 200 - 800 nm

Spektrale Auflösung 2,7 nm (100µm Spalt)

0,6 nm/Pixel Datenpunktintervall

Filterrad mit UV Dichtefiltersatz OD1, OD2, OD3, OD4

15 Bit AD-Wandler

Detektorkühlung auf -10°C

1024x128 Pixel (Binning-Mode) back-illuminated CCD-Detektor

Brennweite, Gitter ca. 120 mm f/3.5 / Plangitter

Spektralradiometrische Genauigkeit +/-3,5%

Streulicht (breitbandig für Normlichtart A) $5 \cdot 10^{-4}$

Wellenlängengenauigkeit +/-0,3 nm

Empfindlichkeitsbereich für Bestrahlungsstärke $5 \cdot 10^{-8}$ – $500 \text{ W}/(\text{m}^2\text{nm})$

Signalempfindlichkeit bei 1s Integrationszeit $1 \cdot 10^{-6}$ $\text{W}/(\text{m}^2\text{nm})$



UV/VIS-Spektrometer CAS140 CT-171

Modell IR1 [28]

Wellenlängenbereich 780 - 1650 nm

Spektrale Auflösung 9 nm (100µm Spalt)

2,1 nm/Pixel Datenpunktintervall

Filterrad mit UV Dichtefiltersatz OD1, OD2, OD3, OD4

15 Bit AD-Wandler

Detektorkühlung auf -10°C

512 Pixel InGaAs Dioden-Array

Brennweite, Gitter ca. 120 mm f/3.5 / Plangitter

Spektralradiometrische Genauigkeit +/-5%

Streulicht (breitbandig für Normlichtart A) $1 \cdot 10^{-3}$

Wellenlängengenauigkeit +/-0,5 nm

Empfindlichkeitsbereich für Bestrahlungsstärke $3 \cdot 10^{-6}$ – $3 \cdot 10^4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{nm})$

Signalempfindlichkeit bei 1s Integrationszeit $2 \cdot 10^{-4}$ $\text{W}/(\text{m}^2\text{nm})$



Messunsicherheiten

Tabelle 125 Messunsicherheiten CAS140CT

Wellenlänge λ nm	relative Unsicherheit	Wellenlänge λ nm	relative Unsicherheit
$200 \leq \lambda < 250$	9.3%	$780 \leq \lambda < 800$	1.9%
$250 \leq \lambda < 300$	3.6%	$800 \leq \lambda < 900$	1.8%
$300 \leq \lambda < 360$	3.8%	$900 \leq \lambda < 1200$	1.9%
$360 \leq \lambda < 400$	2.1%	$1200 \leq \lambda < 1400$	2.0%
$400 \leq \lambda < 450$	1.7%	$1400 \leq \lambda < 1500$	2.2%
$450 \leq \lambda < 500$	1.5%	$1500 \leq \lambda < 1600$	2.4%
$500 \leq \lambda < 550$	1.4%	$1600 \leq \lambda < 1650$	2.5%
$550 \leq \lambda < 800$	1.3%		

Einkoppelloptik EOP-146

Modell EOP-146 [67]

Kosinusanpassung: gut

Lichtdurchsatz: mittel

Wellenlängenbereich 190 - 2500 nm

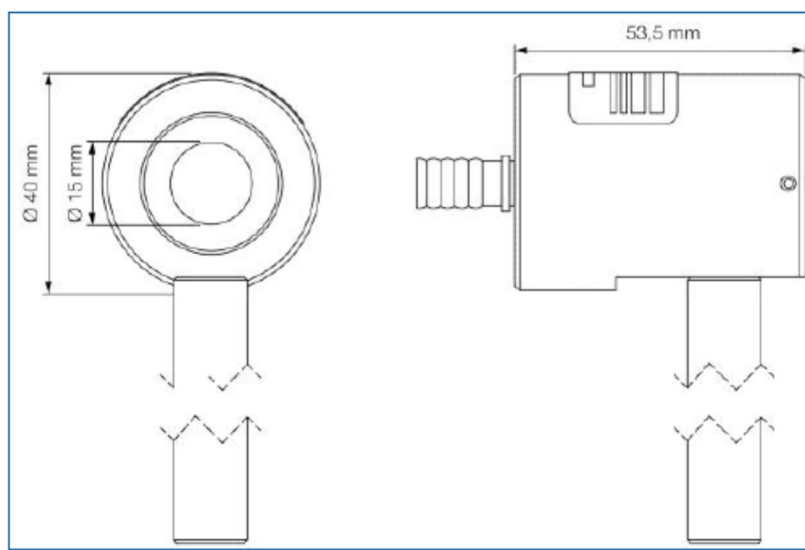
Akzeptanzwinkel für Abweichung $< 5\% \sim \pm 38^\circ$

15mm Detektorfläche

Größte Abmessung eines Objektes in 1 Meter Entfernung 156 cm

Für ausgedehnte Lichtquellen

Außendurchmesser 40 mm



Technische Zeichnung EOP-146

D Technische Daten Leucht-/ Strahldichte Messgerät

Gigahertz-Optik LDM-9811, Anzeigegerät P9710-1, Detektor PD-16BLH, PD-16RTH-2, PD-16RTHA-2

Modell LDM-9811+PD-16BLH [68]

Spektrale Funktion: Blaulichtgefährdung

Aktinisch

typische Empfindlichkeit:

1,7 mrad; $0,2 \text{ nA/W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

11 mrad; $5,7 \text{ nA/W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

100 mrad; $380 \text{ nA/W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

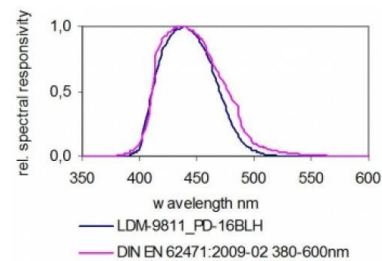
Imax: 1 mA

sensitive Fläche Cosinus Diffusor: 50 mm Ø Cosinus

Kabellänge: 2m



Temperaturbereich: (5 - 40) °C



Modell LDM-9811+PD-16RTH [68]

Spektrale Funktion: Retina

Aktinisch

typische Empfindlichkeit:

1,7 mrad; $0,3 \text{ nA/W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

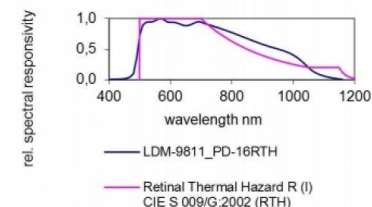
11 mrad; $11 \text{ nA/W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

100 mrad; $780 \text{ nA/W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

Imax: 1 mA

sensitive Fläche Cosinus Diffusor: 50 mm Ø Cosinus

Kabellänge: 2m



Temperaturbereich: (5 - 40) °C

Modell LDM-9811+PD-16RTHA [68]

Spektrale Funktion: Retina

Aktinisch

typische Empfindlichkeit:

1,7 mrad; $0,2 \text{ nA/W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

11 mrad; $5 \text{ nA/W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

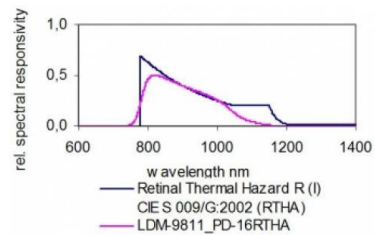
100 mrad; $360 \text{ nA/W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

Imax: 1 mA

sensitive Fläche Cosinus Diffusor: 50 mm Ø Cosinus

Kabellänge: 2m

Temperaturbereich: (5 - 40) °C



Aufgrund der Beschränkungen in der Photodiodendetektortechnologie ist die längerwellige Empfindlichkeit der retinalen thermischen Detektoren auf 1150 nm anstelle von 1400 nm, wie spezifiziert, begrenzt.

Tabelle 126 Spotdurchmesser LDM-9811

Measurement Spot Diameters (mm)			
FOV distance	LDM-9811		
	100 mrad	11 mrad	1.7 mrad
0.30 m	19.2	2.2	0.4
0.50 m	39.8	4.4	0.8
1.00 m	89.6	9.9	1.8
2.00 m	180.2	20.9	3.8
10.00 m	986	109	19.8

Tabelle 127 Übersicht Spezifikation LDM-98-11

typical Specifications									
Model	λresp	Wavelength Range	Typical Sensitivity			Imax mA	Sensing Area Lens	cable m	Operation Temp.
			*) nA/cd*m ² or **) nA/W/m ² sr	*) nA/cd*m ² or **) nA/W/m ² sr	*) nA/cd*m ² or **) nA/W/m ² sr				
LDM-9811			1.7 mrad	11 mrad	100 mrad	1	5.8 x 5.8	2	5-40°C
PD-16BLH	BLH	400-520	0.2 **)	5.7 **)	380 **)	1	5.8 x 5.8	2	5-40°C
PD-16RTH	RTH	500-1200	0.3 **)	11 **)	780 **)	1	5.8 x 5.8	2	5-40°C
PD-16RTHA	RTHA	800-1200	0.2 **)	5 **)	360 **)	1	5.8 x 5.8	2	5-40°C
PD-16VL01	V(λ)	380-400	0.00004 *)	0.00015 *)	1.1 *)	1	5.8 x 5.8	2	5-40°C

Tabelle 128 Messbereiche LDM-9811

Messbereiche LDM-9811				
Detektor	λresp	1.7mrad	11mrad	100mrad
PD-16BLH	BLH	26.0 MW/(m ² xsr)	600.0 kW/(m ² xsr)	8.0 kW/(m ² xsr)
PD-16RTH	RTH	5.0 MW/(m ² xsr)	113.0 kW/(m ² xsr)	1.5 kW/(m ² xsr)
PD-16RTHA	RTHA	3.0 MW/(m ² xsr)	68.0 kW/(m ² xsr)	900.0 W/(m ² xsr)
PD-16VL01	V(λ)	5.338 Gcd/m ²	118.270 Mcd/m ²	1.567 Mcd/m ²

Messunsicherheit

Die relative Messunsicherheit ($k=2$) wird mit $\pm 5\%$ angegeben. [69]

Tabelle 129 Optometer P9710-1 [68]

Modell P-9710-1 [68]

Optometer. Transimpedanzverstärker mit variablen Anstiegszeiten in den 8 Verstärkungsstufen. Vorrangige Anwendung in CW-Messungen.

Anzeige:

CW Integrationszeit: 100 μ s – 5,9999 s

Pulsintegrationszeit: 10 ms – 199,99 s

Datenlogger: Max. 12288 Einträge, dauerhaft gespeichert im Flash-Speicher

Messbereiche: 8 (2,000 mA bis 0,1 pA) manuell oder autorange



Bereich (A/V)	Bereich max.	Anstiegszeit (10 - 90)% Variante -1	Verstärkungsfehler \pm Offsetfehler (@ 20 °C)	Verstärkung (A/V) Analogausgang
1x10 ⁻³	$\pm 2,000$ mA	2 ms	0,2% $\pm 0,001$ mA	1x10 ⁻³
1x10 ⁻⁴	$\pm 200,0$ μ A	2 ms	0,2% $\pm 0,1$ μ A	1x10 ⁻³
1x10 ⁻⁵	$\pm 20,00$ μ A	3 ms	0,2% $\pm 0,01$ μ A	1x10 ⁻⁵
1x10 ⁻⁶	$\pm 2,000$ μ A	3 ms	0,2% $\pm 0,001$ μ A	1x10 ⁻⁵
1x10 ⁻⁷	$\pm 200,0$ nA	4 ms	0,2% $\pm 0,1$ nA	1x10 ⁻⁷
1x10 ⁻⁸	$\pm 20,00$ nA	4 ms	0,2% $\pm 0,01$ nA	1x10 ⁻⁷
1x10 ⁻⁹	$\pm 2,000$ nA	10 ms	0,5% ± 2 pA	1x10 ⁻⁹
1x10 ⁻¹⁰	$\pm 200,0$ pA	10 ms	0,5% ± 2 pA	1x10 ⁻⁹

E Datenblätter

Scheinwerfer mit LED-Leuchtmittel

Arri L7-C

- Scheinwerfer mit Stufenlinse und 220W LED-Engine
- RGB W: weißes (CCT: 2.800 K - 10.000 K) oder farbiges Licht mit einstellbarer Farbtemperatur und Grün- / Magenta-Sättigung
- Einstellbarer Fokus 15° bis 50°
- DMX-Steuerung

*Datenblatt***Technische Daten****Abmessungen und Gewicht**

Abmessungen	Siehe Maßbilder auf Seite 3
Gewicht (active, manuelle Version, ohne Zubehör)	8,2 kg
Gewicht (active, P.O. Version, ohne Zubehör)	9,8 kg

Leuchtmittel

Typ	ARRI LED Light Engine
Typ. Lebensdauer L70	50.000 h
Weißlicht	2.800 K - 10.000 K (L7-C)
.....	2.600 K - 3.600 K (L7-TT)
.....	5.000 K - 6.500 K (L7-DT)
Farblicht	RGBW Farbmischung
Farbwiedergabe	typ. CRI >94
Grün-Magenta-Sättigung	+/- 1/8 (nominal)

Optisches System

Art	fokussierbare Stufenlinse
Limbdurchmesser	175 mm / 7"
Halbstrahlwinkel	15° - 50°

Dynamische Funktionen

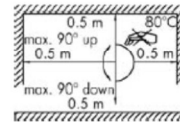
Dimmer	elektronisch, 0 - 100 %
Farbmischung	RGBW-Farbmischung
.....	(Farbton und -sättigung, nur L7-C)

Steuerung und Programmierung

DMX-Kanäle	3-14 Kanäle, abhängig von Typ und Modus
Einstellung und Adressierung	Über Geräteremü oder RDM
DMX-Norm	ESTA DMX512A
RDM-Norm	ESTA DMX512A
Firmware-Update	Über USB-Schnittstelle und ALSM

Konstruktion

Farbe	Blau/Silber oder Schwarz
Gehäuse	Kunststoffgehäuse mit Aluminiumrahmen
Schutzart	IP 20
Schutzklasse	I

**Installation**

Befestigung	28 mm Zapfen
Orientierung	+/- 90°
Minimaler Freiraum um das Gerät	0,5 m
Minimaler Betrachtungsabstand Lichtaustrittsfläche	0,5 m

Anschlüsse

Netzeingang	Neutrik® PowerCON® True1
DMX- / RDM-Ein-/Ausgang	5-pol., verriegelbare XLR-Verbinder
USB-Anschluss	Mini-USB-A

Abbildung 218 Technische Daten (Herstellerangaben) [36]

SGM P5

- Wash-Scheinwerfer mit 44 Einzellinsen-RGBW-LEDs
- Einzelleistung 10 Watt, Gesamtleistung 440 Watt
- Linsen 43°, 21°, 15°; Messung mit 43° Linsen, Abstrahlwinkel lt. Herst. 34.7°
- DMX-Steuerung

*Datenblatt***PHYSICAL**

Length x width x height	497 x 185 x 300 mm (19.6 x 7.3 x 11.8 in.)
Weight	8.9 kg (19.6 lbs.)

LIGHT SOURCE AND OPTICS

Illumination source	44 x 10 W RGBW power LEDs
Expected lifetime	50,000 hours
Luminous flux	25,800 lumens
Spread angle	15°, 21° or 43° (depending on the P-5 model)

CONSTRUCTION

Housing	Aluminium
Finish	Electrostatic powder coating

INSTALLATION

Orientation	Any
Minimum distance between units	Horizontal: 0 mm, Vertical: 40 mm (1.6 in.)

OPERATING CONDITIONS

Ambient temperature range (T_a)	-10° to 40° C (14° to 104° F)
Maximum relative humidity	98%
IP rating	IP 65

PROGRAMMING AND CONTROL

Control interface	USITT DMX 512-A (serial cable) or W-DMX™ G4 (wireless)
DMX channel requirements	3, 4, 6, 8, 9 or 10 channels (mode dependent)
Local control	5 button panel with OLED graphical display
Software update	via Windows PC and SGM USB 5-Pin-XLR upload cable

CONNECTIONS

AC power input.....	1.6# (15 AWG) mains cable prepared for direct tie-in or user-supplied cord cap
DMX data input	Neutrik locking 5-pin XLR male
Driver data output	Neutrik locking 5-pin XLR female

ELECTRICAL

AC power	208–250V, 50/60 Hz
Maximum power consumption (all LEDs on).....	410 W
Standby power consumption (all LEDs off)	8 W

TYPICAL POWER AND CURRENT

208 V, 60 Hz	405 W, 1.9 A, 0.99 PF
230 V, 50 Hz	405 W, 1.7 A, 0.988 PF
240 V, 50 Hz	405 W, 1.6 A, 0.988 PF
240 V, 50 Hz	405 W, 1.55 A, 0.988 PF
Peak inrush current	14 A

PF power factor is measured at full load with all LEDs 100% driven.

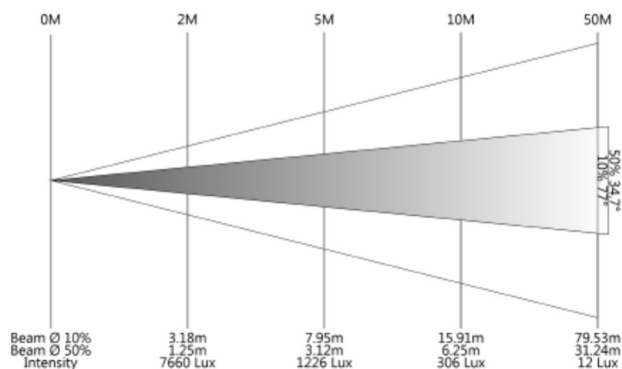
FUSES

Main fuse (not user-replaceable).....	T5A
---------------------------------------	-----

ACCESSORIES

SGM USB 5-Pin-XLR upload cable.....	P/N 40500201
-------------------------------------	--------------

Abbildung 219 Technische Daten (Herst.) [37]

*Photometrie***Lux Diagram**

Manufacturer	SGM
Luminaire	P-5 43deg All on raw LM-79
Measurement Date	10-08-2017
Power Consumption	430 W
Light Output	16 769 lm
Field Angle	77.0 deg
Beam Angle	34.7 deg

Abbildung 220 Photometrie (Herst.) [37]

Martin Atomic LED

- Flutter-Scheinwerfer mit Strobe-Array und RGB Backlight sowie Reflektor mit Linsen
- LED-Engine
 - Strobe array: 228 x Cree XLamp XP-L, 10 W white LEDs (color temperature 5700 K)
 - Backlight: 64 x Osram RGB LEDs
- Röhre mit Beam-Array für Blitzeffekte (ca. \varnothing 17mm), Backlight, Reflektor mit Linsen
- DMX-Steuerung

Datenblatt

Physical

Length: 245 mm (9.7 in.)

Width: 425 mm (16.8 in.)

Height: 240 mm (9.5 in.)

Weight: 7.8 kg (17.2 lbs.)

All data including mounting bracket

Dynamic Effects

Strobe: 0.289 - 16.667 Hz, variable flash rate, intensity and duration

Special effects: Blinder, ramp up/down, random flash, lightning. spikes, pre-programmed FX

Aura (secondary LED array illumination) color mixing: RGB

Control and Programming

Control systems: DMX, RDM

DMX channels: 3/4/14

Setting and addressing: Control panel with backlit monochrome graphic display

DMX compliance: USITT DMX512-A

RDM compliance: ANSI/ESTA E1.20 RDM

Transceiver: RS-485

Firmware update: USB memory key or via DMX with Martin™ M-DMX interface

Optics and Photometric Data

Max. total output: 180 000 lumens*

Beam (strobe) array

Light source: 228 x Cree XLamp XP-L, 10 W white LEDs (color temperature 5700 K)

Resolution: 8-bit

Dimming, above 16.7% output intensity: Current-controlled, flicker-free

Dimming, below 16.7% output intensity: PWM (refresh rate 6000 Hz)

Minimum LED lifetime: 50 000 hours**

Aura (backlight) array

Light source: 64 x Osram RGB LEDs

Resolution: 8 bits per color plus 8-bit dimming

Dimming: PWM (refresh rate 1001 Hz)

Minimum LED lifetime: 50 000 hours**

For full photometric data, click on **Photometrics in menu bar*

***To >70% output, figure obtained under manufacturer's test conditions*

Construction

Color: Black

Housing: Steel, high-impact thermoplastic, flame-retardant to UL 94 5VA

Protection rating: IP 20

Installation

Mounting points: Two pairs of quarter-turn fastener points, M12 holes in adjustable bracket

Orientation: Any

Minimum distance to combustible materials: 200 mm (8 in.) from fixture

Minimum distance to illuminated surfaces: 1 m (3 ft. 4 in.) from fixture

Location: Indoor use only, must be fastened to structure or surface

Connections

AC power: Neutrik PowerCON TRUE1 male socket

DMX data in/out: 5-pin locking XLR

Atomic Colors color gel scroller: 4-pin locking XLR

Software upload: USB 2.0

Electrical

AC power: 100-240 V~ nominal, 50/60 Hz

Power supply unit: Auto-ranging electronic switch mode

Maximum power consumption: 740 W

Rated current consumption: 3.5 - 8.4 A

Peak current consumption: 17.7 A

Typical half-cycle RMS inrush current: 17.7 A

Typical Power and Current

100 V, 60 Hz: 663 W, 6.8 A, PF 0.98

120 V, 60 Hz: 655 W, 5.7 A, PF 0.96

208 V, 60 Hz: 645 W, 3.5 A, PF 0.89

230 V, 50 Hz: 642 W, 3.2 A, PF 0.88

240 V, 50 Hz: 642 W, 3.1 A, PF 0.87

Measurements made at nominal voltage with all LEDs at full strobe intensity. Allow for a deviation of +/- 10%. Allow for peak currents that exceed these figures when using the blinder effect. PF = power factor.

Thermal

Cooling: Forced air (temperature-regulated, low noise, user-definable fan settings)

Maximum ambient temperature (Ta max.): 40° C (104° F)

Typical heat dissipation (calculated, +/- 10%): 2270 BTU/hr.

Abbildung 221 Technische Daten (Herstellerangaben) [70]

Photometrie

Standard Lens (135° X 82°)

Distance (m.)	2	4	6	8	10	Efficacy
1/10 peak C ₀	9.7	19.3	29.0	38.6	48.3	67.5 lumens per watt
1/10 peak C ₉₀	3.5	7.0	10.4	13.9	3.5	Half-peak diameter C ₀
1/2 peak C ₀	5.4	10.8	16.2	21.6	27.0	2.70 X distance(m)
1/2 peak C ₉₀	2.6	5.2	7.8	10.4	13.0	Half-peak diameter C ₉₀
Illuminance (lux)	25250	6312	2806	1578	1010	1.30 X distance(m)
						One-tenth peak diameter C ₀
						4.83 X distance(m)
						One-tenth peak diameter C ₉₀
						1.74 X distance(m)
						Illuminance
						101000 / distance ² (lux)
						Total Output
						180000 (lumens)

Abbildung 222 Photometrie [70]

Ermittlung der relevanten Einstellungen

Tests mit verschiedenen Einstellungen haben ergeben, dass die höchsten Werte bei einer Blitzfrequenz von 5Hz und einer Blitzdauer von 0,1s zu messen sind. Der Blitz kann als ein „Dauerblitz“ wahrgenommen werden.

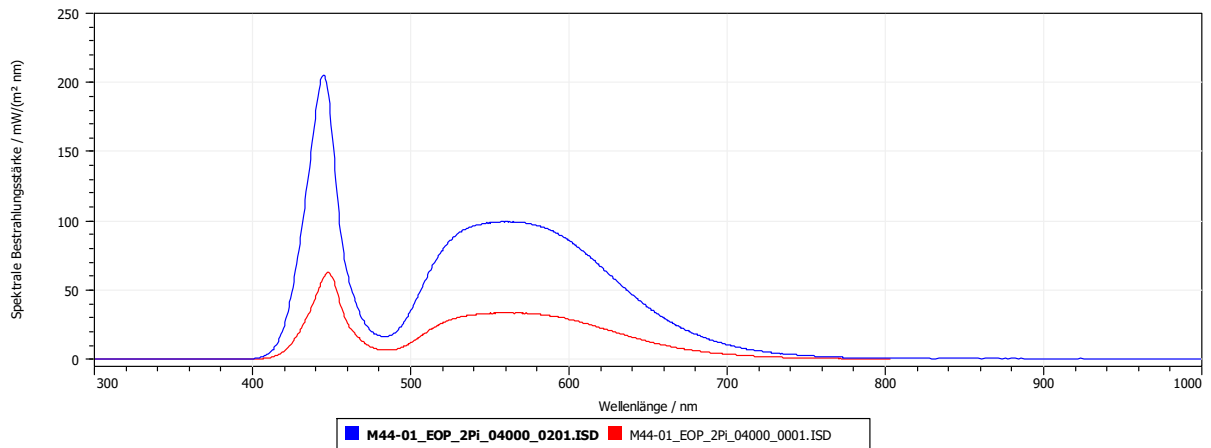


Abbildung 223 Spektren @4m: Vergleich einer Auswahl verschiedener Betriebseinstellungen

(0201) 5Hz, 0.1sec

(0001) 2Hz, 1sec

ETC S4 Lustr+ S2

- LED-Scheinwerfer mit 7-Farb LED-Array und Vorsatz-Linsentuben für feste Abstrahlwinkel
- LED-Engine
 - Spezielles 7-Farb-, x7 LED-Array: **RGB + Amber Indigo Cyan Lime + W** (RGB AICL W)
 - 60 Luxeon® Rebel LED-Emitter
- Total maximal 220W
- 8667 Lumen (Output), 51.9 lm/W
- Optik:
 - Diffuser, Soft-Fokus Diffusor (75mm)
- DMX-Steuerung

Datenblatt

Elektrische Eigenschaften

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Universal-Spannungsversorgung für 100 – 240 V, 50/60 Hz • Mit Neutrik® PowerCon® Eingangs- und Durchgangssteckverbindern • Maximal insgesamt zwölf Source Four LED-Scheinwerfer bei Stromweiterleitung | <ul style="list-style-type: none"> • 1,8 m Neutrik PowerCon-Kabel mit offenen Enden • Optional 1,8 m PowerCon-Kabel mit Schukostecker. • Benötigt Versorgungsversorgung durch eine nicht gedimmte Spannungsversorgung |
|--|--|

LEDs

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 60 Luxeon Rebel LED-Emitter (Lustr+ und Series 2 Lustr) • 33 Osram OSOLON Square und 27 Luxeon Rebel LEDs (Studio HD) • 30 Osram OSOLON Square und 30 Luxeon Rebel LEDs (Daylight) • 24 Osram OSOLON Square und 36 Luxeon Rebel LEDs (Tungsten HD) | <ul style="list-style-type: none"> • 60 Luxeon Rebel ES LED-Emitter (Tungsten) • Siehe <i>Hinweis zu LED-Scheinwerfern</i> auf Seite 12 • 50.000 h LED-Lebensdauer • 20.000 h LED-Lebensdauer (Series 2 Lustr) |
|---|--|

Optik

- Kompatibel mit allen ETC Source Four-Linsentuben. Für optimale Ergebnisse die bevorzugten Linsentuben verwenden. Siehe *Bevorzugte Linsenoptionen* auf Seite 14

Linsen mit Festbrennweiten

Modell	Beschreibung
LED50LT	LED-spezifische 50°-EDLT mit montierten Linsen
LED50LT-1	LED-spezifische 50°-EDLT (Weiß) mit montierten Linsen
436EDLT	36°-EDLT mit montierter Linse
436EDLT-1	36°-EDLT (Weiß) mit montierter Linse
426EDLT	26°-EDLT mit montierter Linse
426EDLT-1	26°-EDLT (Weiß) mit montierter Linse
419EDLT	19°-EDLT mit montierter Linse
419EDLT-1	19°-EDLT (Weiß) mit montierter Linse
490LT	90° mit montierter Linse
490LT-1	90° (Weiß) mit montierter Linse
470LT	70° mit montierter Linse
470LT-1	70° (Weiß) mit montierter Linse
414LT	14° mit montierter Linse
414LT-1	14° (Weiß) mit montierter Linse
410LT	10° mit montierter Linse
410LT-1	10° (Weiß) mit montierter Linse
405LT	5° mit montierter Linse
405LT-1	5° (Weiß) mit montierter Linse

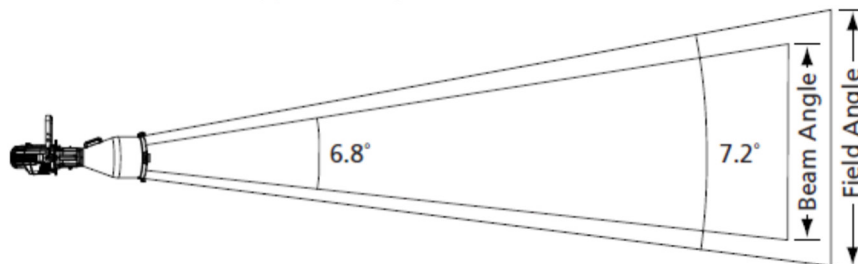
Abbildung 224 Technische Daten (Herst.) [71]

Photometrie

Source Four LED Series 2 Lustr 5°

Mode	Degree	Candela	Field Lumens	Beam Lumens	Power Consumption	Efficacy (lpw)
Boost Full - Cold	5°	593,643	4,990	4,684	167	29.9
Regulated Full	5°	551,867	4,638	4,354	160	29.0
Regulated 3200K	5°	478,358	4,021	3,774	121	33.2
Regulated 5600K	5°	339,508	2,854	2,679	121	23.6

Metric conversions: For meters, multiply feet by 0.3048
For lux, multiply footcandles by 10.76



Throw Distance (d)	10ft 3.0m	15ft 4.6m	20ft 6.1m	30ft 9.1m	742.9ft 226.4m
Field Diameter	1.3ft 0.4m	1.9ft 0.6m	2.5ft 0.8m	3.8ft 1.2m	-
Illuminance (fc)	5,519	2,453	1,380	613.2	1
Illuminance (lux)	59,402	26,401	14,851	6,600	10.76

For field diameter at any distance, multiply distance by 0.126
For beam diameter at any distance, multiply by 0.119

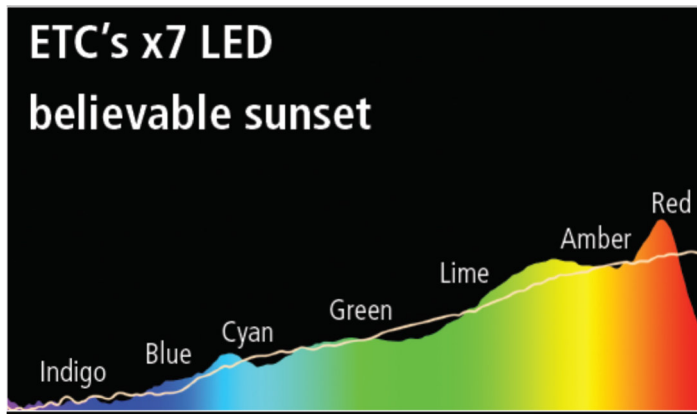


Abbildung 225 Photometrie (Herst.) [71]

Spektren mit/ ohne Diffusor

In Messabständen ab 2m ergeben sich größere Werte mit Diffusor (vgl. Abbildung 226). In Abbildung 227 und Abbildung 228 ist zu erkennen, dass sich im Zentrum des 7-Farb-LED-Arrays keine LED befindet. Dadurch ergibt sich bei der zentral ausgerichteten Messung ohne Diffusor ein „Schatten“ auf dem Messdetektor. Ohne Linsentubus ist eine andere Ausrichtung nicht möglich, da es sich um einzelne Abbildungen der farbigen LEDs handelt.

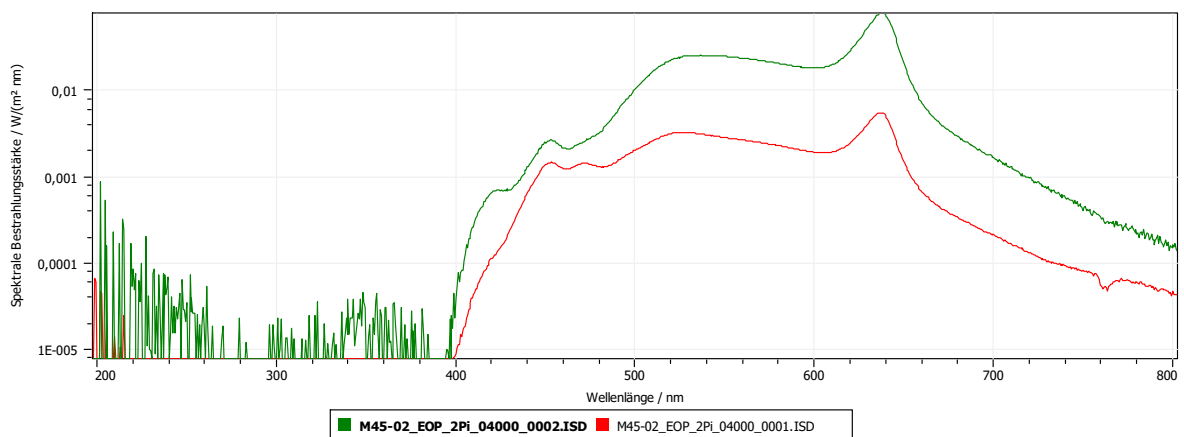


Abbildung 226 7 Vergleich mit/ohne Diffusor @4m rot: ohne Diffusor – grün: mit Diffusor

LED-Array



Abbildung 227 7-Farb-Array

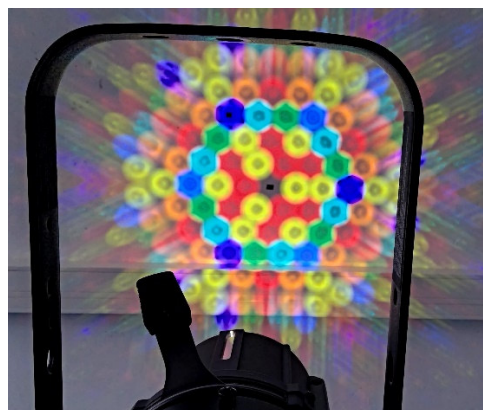


Abbildung 228 Leuchtbild ohne Linsentubus

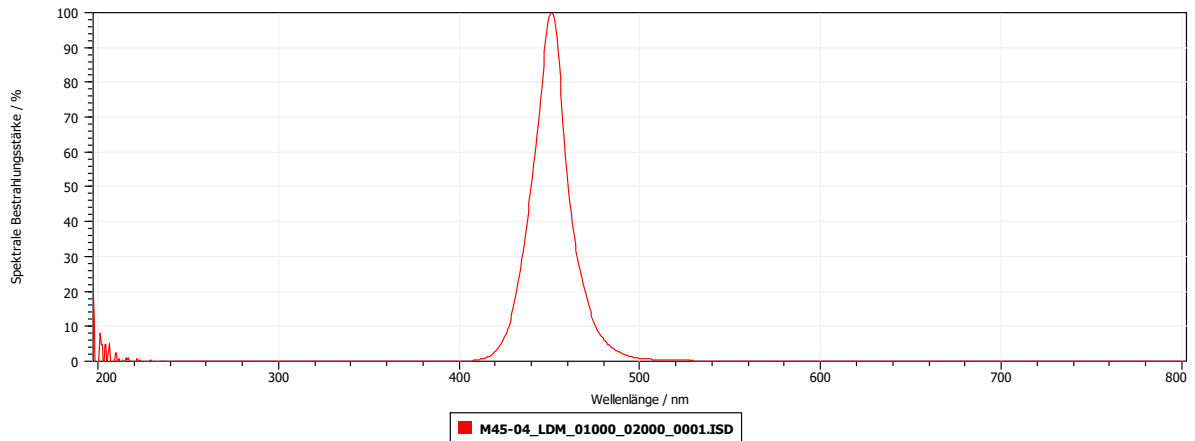


Abbildung 229 Messung des Spektrums mit Ausrichtung auf eine Indigo-LED

Robe Spiider

- LED-WashBeam Moving Head Scheinwerfer
- LED-Engine
 - 19 RGBW Multi-Chip LEDs, 18x 40W, 1x 60W
- 4° - 50° (Narrow/ Wide)
- DMX-Steuerung

Datenblatt

Electrical

Power supply:.....electronic auto-ranging
 Input voltage range:..... supply 100-240V, 50-60Hz
 Fuse:.....T 8 A
 Max. power consumption600W (power factor= 0.98; I=2.7A at 230V)

Optic

Light source: 19 RGBW LED multichips
 RGBW or CMY colour mixing
 19 controllable LED multichips (pixels)
 LED life expectancy: min. 50.000 hours

Virtual colour wheel

66 preset colours
 CTC in range of 2700K-8000K
 Halogen lamp effect at whites 2700K and 3200K
 Rainbow effect with in both directions with variable speed

Zoom

Linear motorized zoom
 Min. beam angle: 4° (1/2 beam)
 Max. beam angle: 50°(1/10 beam)

Effect	Flower effect rotating in both directions 10 Flower effect macros
Strobe	Strobe effect with variable speed (0.3 - 20Hz)
Dimmer	Smooth dimmer from 0 - 100 %
Control	Graphic touch screen for fixture setting and addressing Gravitation sensor for auto screen positioning Battery backup of the touch screen Readout fixture and LED module usage, receiving DMX values, temperatures, etc Built-in analyzer for easy fault finding, error messages Built-in demo sequences Individual pixel control of each LED Stand-alone operation 3 user editable programs, each up to 100 steps Supported protocols: USITT DMX 512, RDM, ArtNet, MANet, MANet2, sACN, Kling-Net Support of RDM (Remote Device Management) 10 DMX modes (49, 27, 33, 90, 27,47, 91,110,104,123 control channels)

Abbildung 230 Technische Daten (Herst.) [38]

Photometrie

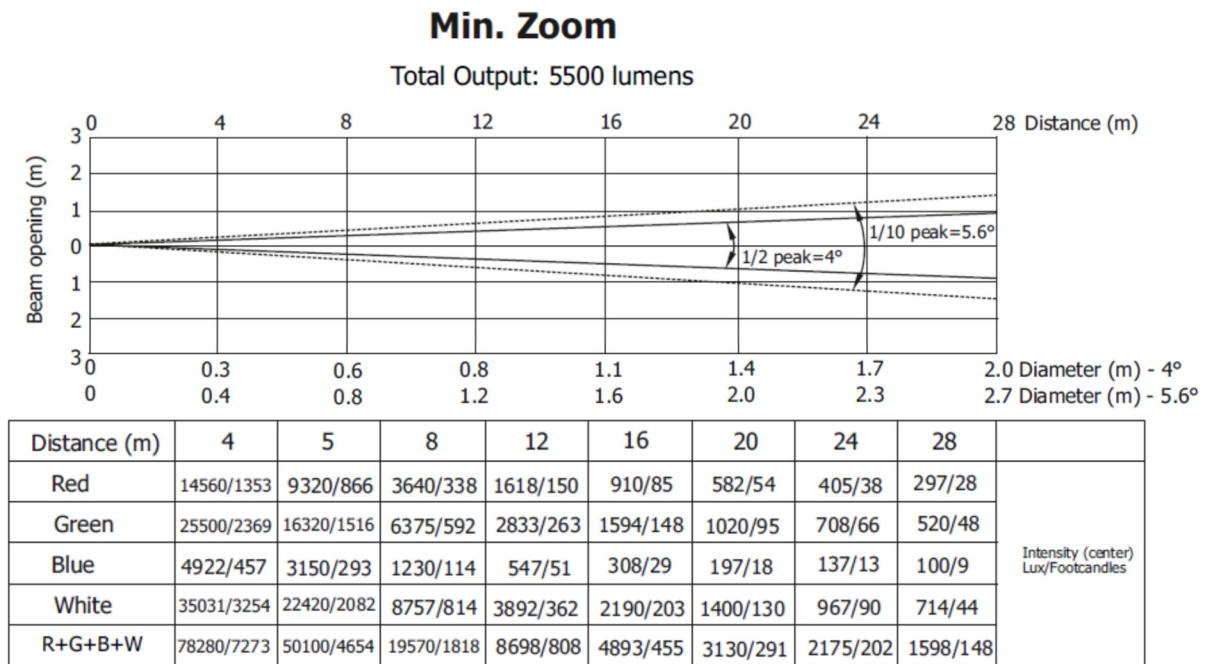


Abbildung 231 Photometrie (Herst.) [38]

Vergleich von Spektren verschiedener Einstellungen

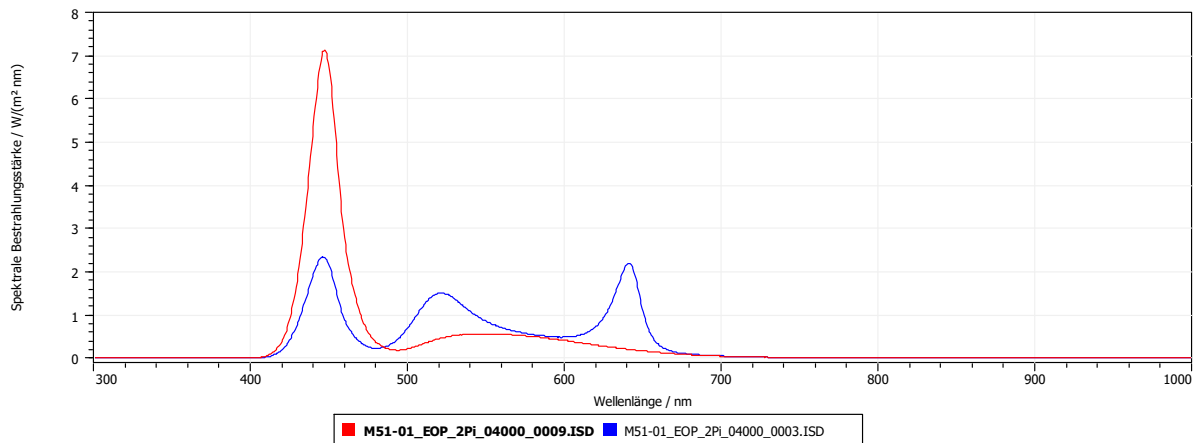


Abbildung 232 Vergleich Spektren @ 4m bei verschiedenen Einstellungen: rot B W – blau: RGB W

Ayrton Ghibli

- Kopfbewegter LED-Beam Scheinwerfer (Moving Head)
- LED-Engine
 - 36000 lm 8000 K white light engine
- 13 elements 8:1 zoom high-resolution optic system, 7°-56° Beam
- DMX-Steuerung

Datenblatt

OPTICAL

- High-efficiency optical system
- Opening angle of the beam: 7° to 56°

LIGHT SOURCE

- White LED module
- Brightness: up to 24,000 lumens
- Estimated lifespan of LED emitters: 25,000 hours
- Guaranteed "no-flicker" effect perfectly suited for television applications and all video recorded events

DIMMER, STROBE

- Electronic dimmer for light adjustment from 0 to 100% without color change (16-bit)
- High-speed strobe effect in white or color at 1 to 25 flashes/second
- Pre-programmed variable strobe effects

GOBO SIZE

- GOBO size : 30mm diameter
- Image size : 22mm diameter

POWER SUPPLY

- Electronic power distribution with Power Factor Correction (PFC) from 110-240 VAC, 50/60 Hz
- 900 Watt maximum power
- Power supply via powerCON Trueone connector
- Supplied power cable without plug
- Optional battery for addressing without external power source: Li-ion ICR14500 ≥ 350mAh – 3,7V

OPERATING PARAMETERS

- Operating positions: on floor or attached to a support
- Maximum authorized ambient temperature (Ta Max): 45°C
- Minimum authorized ambient temperature (Ta Min): -5°C
- Minimum projection distance: 5 m

DIMENSIONS

- Product: 494 mm x 729 mm x 281 mm (L x H x D)
- Protective foam: 655 mm x 590 mm x 555mm (L x H x D)

WEIGHT

- Product: 35,6 kg
- Product in packaging with accessories: 50,6kg

PRODUCT CODE

- 011450: GHIBLI AUTOMATED LUMINAIRE

Abbildung 233 Technische Daten (Herstellerangaben) [39]

*Photometrie***Intensity**

Distance (m)	5		10		15		20	
unit	lux	diameter	lux	diameter	lux	diameter	lux	diameter
White	42820	0,64	10940	1,28	6215	1,91	3476	2,54

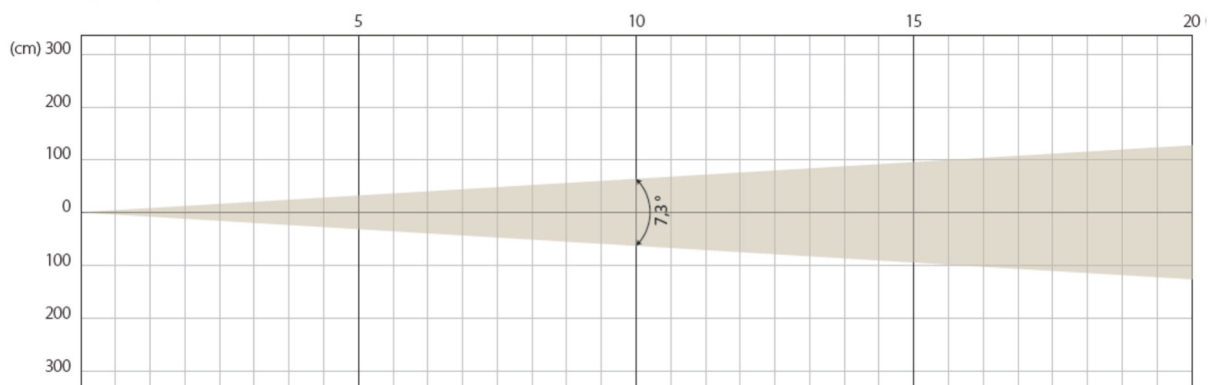
Beam opening

Abbildung 234 Photometrie (Herst.) [39]

*Risikobewertung lt. Hersteller***WARNING!**

*This unit contains Class 2 LED emitters (EN60625-1: 1994)
Blue Light Hazard : Risk Group 2*

Abbildung 235 Risikobewertung (Herst.) [39]

JB Lighting P18 Spot

- 1000W Kopfbewegter LED-Profil-Scheinwerfer (Moving Head)
- LED-Enginge
 - Weißlicht LED-Modul
- 7°-56° Zoom
- DMX-Steuerung

- 350W white LED
 - Unbekannt, 3000k warm white
- 11.0°– 57.0° Zoom
- DMX-Steuerung

Datenblatt

SOURCE

350W >96CRI 3,000K Warm White LED

50,000 Hour Average LED Life*

*May vary depending on several factors including but not limited to:
Environmental Conditions, Power/Voltage, Usage Patterns (On-Off Cycling), Control and Dimming.

PHOTOMETRIC DATA

14,000+ Total Lumen Output

43,673 LUX 4,057 FC @6.6' (2m) (Min Zoom / Full ON)

4,169 LUX 387 FC @6.6' (2m) (Max Zoom / Full ON)

Zoom Range 11° - 57°

Beam Angle 10.8° - 56.8°

Field Angle 16.6° - 75.5°

EFFECTS

Motorized Zoom

Electronic Dimmer and Strobe

Variable 16-bit Dimming Modes and Curves

COLOR

Warm White 3,000K

CONTROL / CONNECTIONS

Manual and DMX Controlled Dimmer, Shutter and Zoom

Dimmer and Zoom Rotary Dials

(5) DMX Channel Modes (2 / 3 / 3 / 6 / 7)

4 Button Control Panel LCD Menu Display

RDM (Remote Device Management)

3/5pin DMX and IP65 Locking Power Cable In/Out

With Wired Digital Communication Network

SIZE / WEIGHT

Length: 23.95" (608.4mm)

Width: 12.89" (327.5mm)

Vertical Height: 17.95" (456mm)

Weight: 28.0 lbs. (12.7kg)

ELECTRICAL / THERMAL

AC 100-240V - 50/60Hz

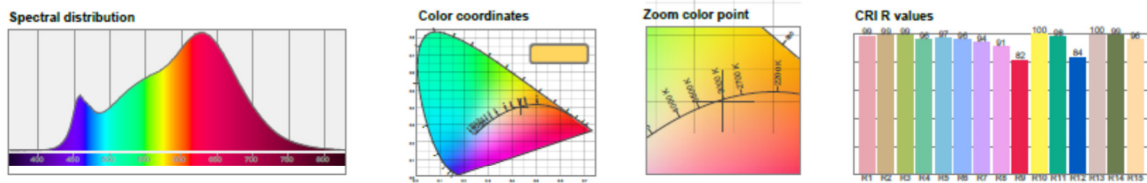
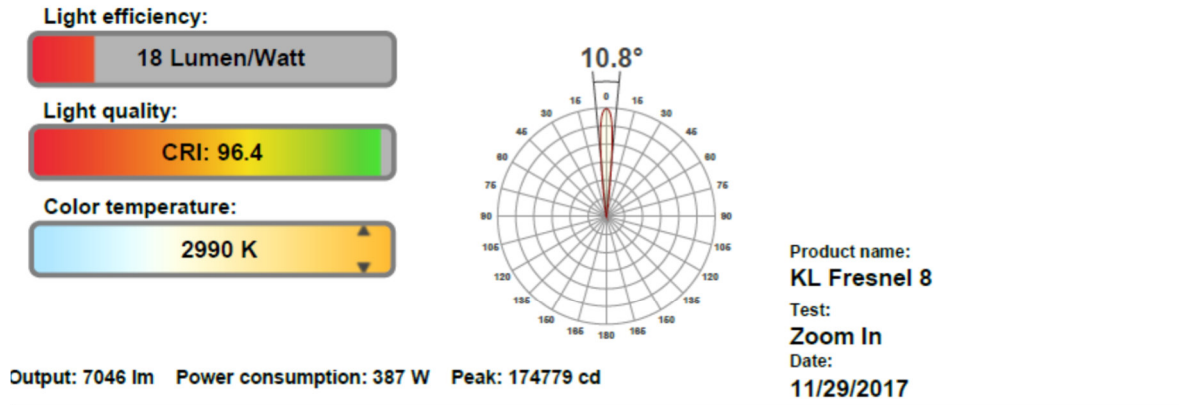
430W Max Power Consumption

5°F to 113°F (-15°C to 45°C)

Power Linking: 3Pcs @ 110V / 6Pcs @ 240V

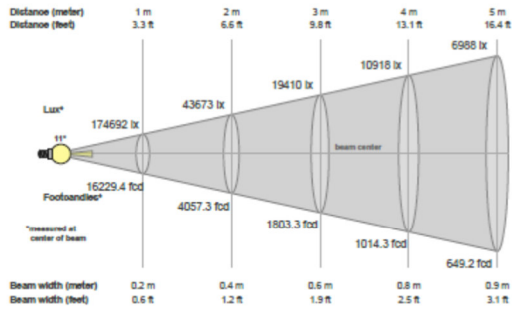
Abbildung 238 Technische Daten (Herstellerangaben) [41]

Photometrie



Color temperature	Color rendering index	Red component	Color fidelity	Color gamut	Color quality scale	Color coordinate de 1931	Color coordinate de 1931	Color coordinate	Color coordinate	Color deviation from black body
CCT	CRI	CRI R9	TM30 Rf	TM30 Rg	CQS	x	y	u	v	Δuv
2990 K	96.4	81.5	91.0	97.8	93.6	0.436	0.401	0.251	0.347	0.0010

Beam details



Beam angles

Beam angle 50%	Field angle 10%	Cutoff angle 2,5%
10.8°	16.6°	22.9°

Beam intensities

Peak intensity	Int. ratio in 120° cone	Int. ratio in 90° cone
174779 cd	98.2%	96.7%

Power

Power	Power factor	Power frequency
387 W	1.0	0 Hz

Nominal voltage	Voltage	Current
230 V	118 V	3.28 A

Beam intensities from 1-20m

1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m	16m	17m	18m	19m	20m
3.3ft	6.6ft	9.8ft	13.1ft	16.4ft	19.7ft	23ft	26.2ft	29.5ft	32.8ft	36.1ft	39.4ft	42.7ft	45.9ft	49.2ft	52.5ft	55.8ft	59.1ft	62.3ft	65.6ft
174692lx	43673lx	19410lx	10918lx	6988lx	4853lx	3565lx	2730lx	2157lx	1747lx	1444lx	1213lx	1034lx	891lx	776lx	682lx	604lx	539lx	484lx	437lx
16229.4 fcd	4057.3 fcd	1803.3 fcd	1014.3 fcd	649.2 fcd	450.8 fcd	331.2 fcd	253.6 fcd	200.4 fcd	162.3 fcd	134.1 fcd	112.7 fcd	96 fcd	82.8 fcd	72.1 fcd	63.4 fcd	56.2 fcd	50.1 fcd	45 fcd	40.6 fcd

Abbildung 239 Photometrie (Herst.) Zoom 11.0° [72]

Robe Esprite Spot

- Kopfbewegter Scheinwerfer (Moving Light)
- 650W white LED-Engine

- Keine Angaben, 6700 K
- 5.5°– 50.0° Zoom
- DMX-Steuerung

Datenblatt

Electrical

Power supply: electronic auto-ranging
 Input voltage range: 100-240V, 50-60Hz
 Fuse: T 12 A
 Max. power consumption: 950W (Power factor 0.98)

Optic

Light source: TE™ 650W White LED Engine (Transferable)
 Colour temperature: 6700K
 CRI: 70/80/90, remotely selectable
 Light source warranty: 4 years or 20 000 hours

Colour wheel 1

five dichroic filters (deep red, deep blue, orange, green, congo blue) + open

Colour wheel 2

one multicolour filter, two dichroic filters (lavender, laser green), CRI filter 80, CRI filter 90
 + open

CMY + CTO mixing module

Smooth CMY colour mixing system
 Variable CTO: 3000K - 6.700K

Virtual colour wheel

66 preset colours

Effect wheel

Aluminium effect wheel rotating in both directions with variable speed

Zoom

Linear motorized zoom
 Min. beam angle :5.5°
 Max. beam angle: 50°

Strobe

Strobe effect with variable speed (0.3 - 20Hz)

Dimmer

Smooth dimmer from 0 - 100 % (8 or 16 bit (internal 18 bit))

Temperatures

Maximum/Minimum ambient operating temperature : +45°C/-5°C
 Maximum housing temperature : 80° C

Minimum distances

Min. distance from flammable surfaces: 1 m
 Min. distance to lighted object: 3 m

Total heat dissipation

3240 BTU/hr (calculated)

Ingress protection rating

IP20

Weight

28.2 kg (Robin Esprite)
 29.4 kg (Robin Esprite FS)

Abbildung 240 Technische Daten (Herstellerangaben) [73]

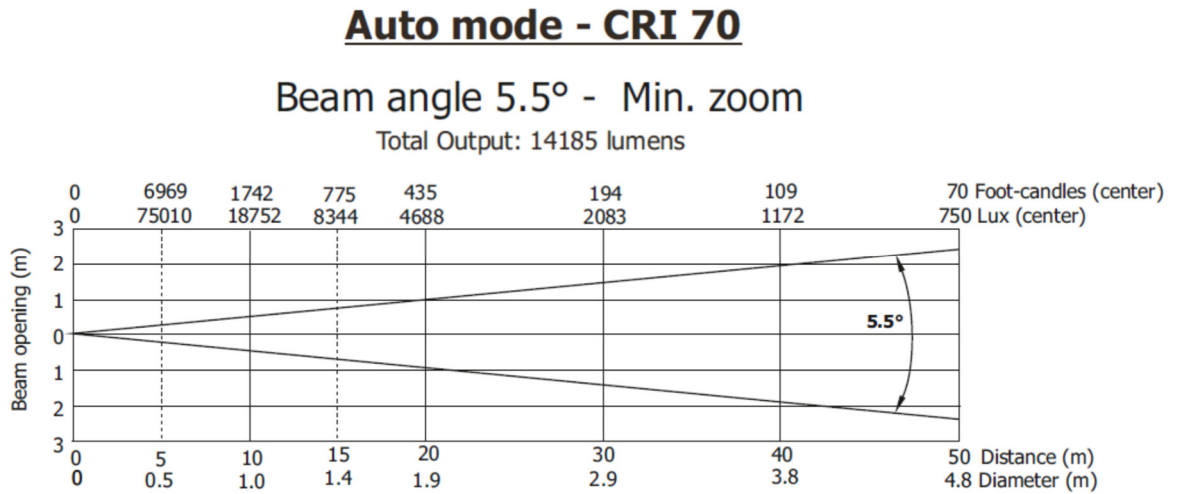
Photometrie

Abbildung 241 Photometrie (Herst.) Zoom 5.5° [74]

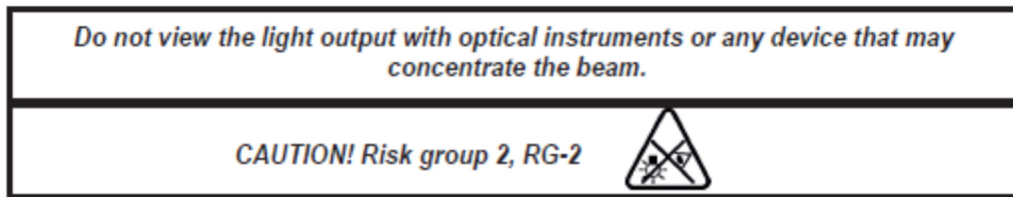
Risikogruppe (Herst.)

Abbildung 242 Risikogruppe lt. Hersteller [73]

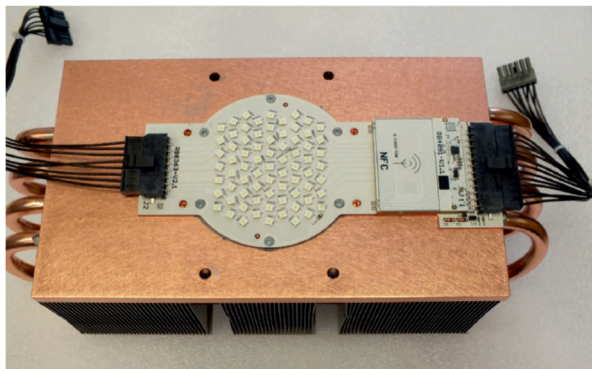
Lichtquelle - LED-Engine

Abbildung 243 LED Light Source (LED-Engine) [73, p. 57]

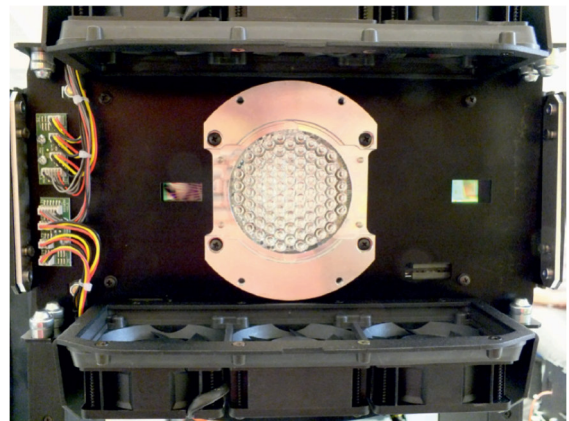


Abbildung 244 Fixture Head (LED-Engine) [73, p. 56]

Clay Paky HY B-Eye K25

- Kopfbewegter LED-Wash-/ Beam-Scheinwerfer (Moving Light)
- 1110W LED-Engine mit RGBW-LEDs

- 37 Osram Ostar RGBW LEDs à 30W (40W) (2500-8000K)
- 4.0°– 51° Zoom
- DMX-Steuerung

Datenblatt

POWER SUPPLIES

100-240V 50/60Hz

INPUT POWER

1250 VA at 230V 50Hz

LIGHT SOURCE

37 RGBW LEDs driven at 30 Watt

- Type: OSRAM OSTAR - Stage II LE RTDUW S2WN

- Color Temperature: 6,000 K

- Life: 50,000 hrs

OPTICS

4°-51° Electronic Zoom Range (pending)

EFFECTS SECTION

Three operating modes: wash, beam, FX (Kaleido effects)

Bi-directional Rotating Front Lens

Digital Wash-Beam Framing effect

Beam edge softening control (in Wash mode)

Pixel Patterning Macros with enhanced control

0-100% linear electronic dimmer

Adjustable speed stop/strobe effect, with instantaneous blackout

Dedicated channel for color temperature setting

White CT Emulation 2500-8000K

RGBW auto-tuning to lamp CT Emulation

Tungsten Lamp Emulation

Slow Strobe: 1 flash/sec; Fast Strobe: 25 flash/sec

CONTROL AND PROGRAMMING

DMX protocol signal: USITT DMX 512

Art-Net / RDM

Display: Graphic LCD backlit b/w Display

Pan/Tilt Resolution: 16 bit

Dimmer Resolution: 16 bit

Movement control: Vectorial

DMX signal connection: 3 and 5 pole XLR input and output

Software upload through DMX input

BODY

Aluminum structure with die-cast plastic cover

Two side handles for transportation

PAN & TILT lock for transport and maintenance

MOVING BODY

Movement by means of two stepper motors, controlled by microprocessor

Automatic repositioning of PAN and TILT after accidental movement not controlled by control unit

Travel:

- PAN = 540°

- TILT = 210°

ELECTRONICS

Long-life auto-charging buffer battery

Preset color and graphic effect macros

Function reset controllable from a central control unit

Menu-driven internal self-test function

Ethernet ready with RJ45 socket

Display: backlit black-and-white graphic LCD display

Electronic check-up of every single parameter with error alarm

DMX level monitoring on each channel

Automatic internal data transmission error diagnostics

Firmware upgrade even when the unit is not connected to the power supply

Firmware transfer from one light to another

SAFETY DEVICES

Automatic power safety derating in case of overheat of the LED board

Forced ventilation

WORKING POSITION

Working in any position

Hanging system: with fast-lock omega clamps (1/4 turn) on the base

CE MARKING

In conformity with the European Directives:

• 2014/35/EU - Safety of electrical equipment supplied at low voltage (LVD)

• 2014/30/EU - Electromagnetic Compatibility (EMC)

• 2011/65/EU - Restriction of the use of certain hazardous substances (RoHS)

• 2009/125/EC - EcoDesign requirements for Energy-related Products (ErP)

ETL

This product is available, on demand, with cETLus Listed Mark, that complies with the UL 1573, UL 8750 and CSA C22.2 No. 166 standards.

WEIGHT

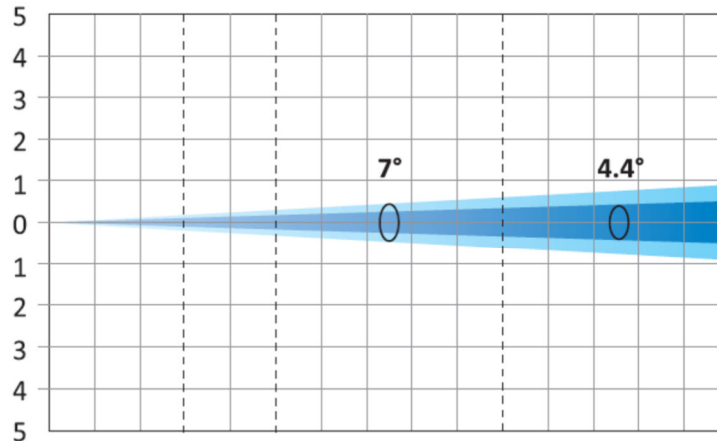
27 Kg

Abbildung 245 Technische Daten (Herstellerangaben) [75]

Photometrie

Minimum Zoom - Fan Speed Mode @ FULL (7° 10% - 4.4° 50%)**Total Output: 10200 lumens (FULL COLORS)**

Red	lux (fc)	0	51144 (4751)	18412 (1710)	4603 (428)	2046 (190)
Green	lux (fc)	0	73728 (6849)	26542 (2466)	6636 (616)	2949 (274)
Blue	lux (fc)	0	13056 (1213)	4700 (437)	1175 (109)	522 (48.5)
White	lux (fc)	0	114819 (10667)	41335 (3840)	10334 (960)	4593 (427)
Full colors	lux (fc)	0	194444 (18064)	70000 (6503)	17500 (1626)	7778 (723)



Distance	m (ft in)	0	3 (9' 10")	5 (16' 5")	10 (32' 10")	15 (49' 3")
Diameter 10%	m (ft in)	0	0.37 (1' 2")	0.61 (2' 0")	1.22 (4' 0")	1.83 (6' 0")
Diameter 50%	m (ft in)	0	0.23 (0' 9")	0.38 (1' 3")	0.77 (2' 6")	1.15 (3' 9")

Abbildung 246 Photometrie (Herst.) Zoom 4.0° [76]

Risikobewertung lt. Hersteller


Risk Group 2
 According to
 EN 62471

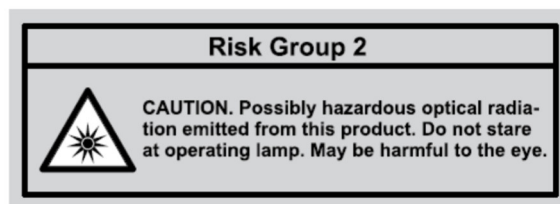
PHOTOBIOLOGICAL SAFETY

Abbildung 247 Risikobewertung Herst. [77]

JB Lighting P12 Wash

- Kopfbewegter LED-Wash-Scheinwerfer (Moving Light)
- 640W LED-Engine (Weißlicht LED-Modul)
 - Unbekannt, 5800/ 6800 K
- 6.0° - 54.0° (11.0°– 66.0°) Zoom
- DMX-Steuerung

Datenblatt

8. Spezifikationen**Maße und Gewicht**

Länge	264 mm
Breite	421 mm
Höhe	682 mm
Gewicht netto	23 kg

Elektronik

Netzanschluss	100-240 V AC, 50-60Hz
Maximale Leistungsaufnahme	800 VA
Leistungsaufnahme im Standby	100 VA

Temperatur

Maximale Umgebungstemperatur	45 °C
Minimale Umgebungstemperatur	5 °C

Optik, Photometrische Daten

Lichtquelle	Weißlicht LED-Modul 640W
Lichtstärke HP	25000 Lumen @ 20°C
Lichtstärke HC	19000 Lumen @ 20°C
Lichtstärke WW	17000 Lumen @ 20°C

Effekte

Pan	546,74°
Tilt	281,16°
Zoom	11° - 66°

Konstruktion

Farbe	schwarz
Gehäuse	PC ABS
Schutzklasse	IP 20
Einschubtechnik	ja

Installation

Aufstellungsort	Innenraum
Aufnahme	2x Omega Bügel
Position	jede
Gerätemindestabstand zu brennbaren Gegenständen	0,5 m
Mindestabstand Lichtaustritt -> beleuchtete Fläche	2,0 m

Anschlüsse

Netzanschluss	Neutrik powerCON TRUE1
Netzdurchgang	Neutrik powerCON TRUE1
DMX/RDM in / out USITT DMX512	5-pin, in/out XLR
Ethernet in / out	Neutrik etherCON
Micro-USB	Softwareupdate

Abbildung 248 Technische Daten (Herstellerangaben) [78]

Photometrie

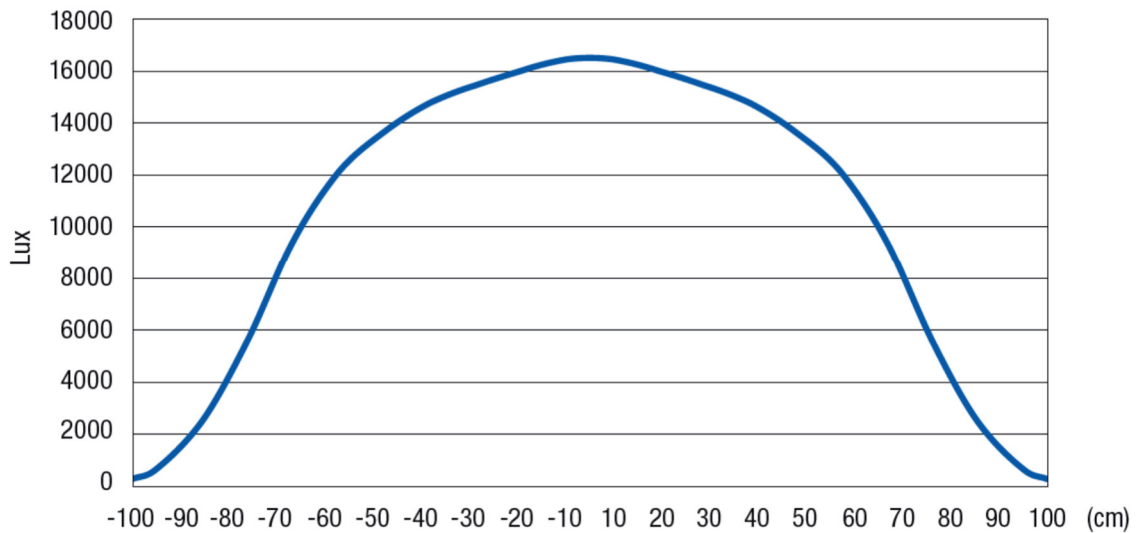
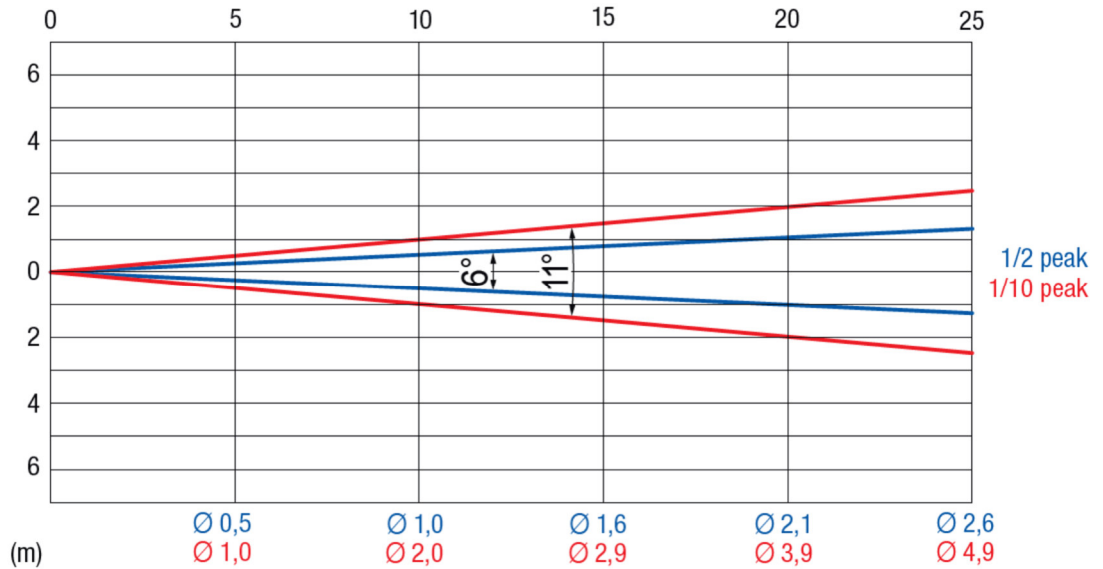


Abbildung 249 Photometrie (Herst.) Zoom 6° (11.0°) [79]

Risikobewertung lt. Hersteller



ACHTUNG: AUGENSCHÄDEN! Blicken Sie bei Betrieb nicht für längere Zeit in die Lichtquelle. Dies kann für die Augen schädlich sein. Achtung möglicherweise gefährliche Strahlung - Risikogruppe 2 in Anlehnung an DIN EN 62471

Abbildung 250 Riskibewertung Herst. [78, p. 7]

GLP JDC 1

- 1200W Hybrid-Scheinwerfer, White Light Strobe kombiniert mit RGB Pixel Segmenten und motorisierten Tilt von 188°
- W(hite) LED-Array-Röhre, RGB-Array
 - cool W(hite): 216 x CREE XP L LED à 10W,

- RGB: 1320 x OSRAM LRTB GRTG à 0.5W, Rot (625 nm), Echtgrün (528 nm), Blau (470 nm)
- 117° Abstrahlwinkel
- DMX-Steuerung

Datenblatt

12. Technical Specifications

Plate LEDs

LED type: OSRAM LRTB GRTG
 LED count: 1320
 LED colors: RGB
 LED segments: 12 (2 x 6)

Beam LEDs

LED type: CREE XP L LED
 LED count: 216
 LED color: Cool white
 LED segments: 12

Movement

Resolution: 8 - 16 bit
 Position feedback: Yes
 Tilt: 185 °

Connectors

Signal connection: XLR 5-pin input and output
 Power input: Neutrik powerCON TRUE1

Operating conditions

Mains voltage: 100-240 VAC / 50-60 Hz
 Power (@ 230V): 1200 W
 Fuse: 6.3 x 32 mm T1.5A
 Maximum ambient temperature: 45° C / 113° F
 Operating position: Any

Shipping options

Single fixture: Cardboard
 Four packs: 4-fixture and 8-fixture incl. flightcase

Dimensions and weight

Length: 154 mm (6.1 in)
 Width: 390 mm (15.3 in)
 Height (head horizontal): 284 mm (11.2 in)
 Weight: 10.8 kg (24 lbs.)
 Weight incl. bracket: 12 kg (26.5 lbs.)

Abbildung 251 Technische Daten (Herstellerangaben) [80]

Photometrie

Table 1: Summary of beam opening angles for different fixture configurations.

Beam	Beam Angle (50%)		Field Angle (10%)		Cutoff Angle (3%)	
	CO	C90	CO	C90	CO	C90
Beam	117	73	143	87	151	122
Full All	117	73	144	88	153	138
Plate Red	106	103	151	146	162	158
Plate Green	107	102	151	146	163	158
Plate Blue	104	101	150	146	162	158
Plate Full	107	103	152	146	163	158

Table 2: Summary of luminous flux and intensity for different fixture configurations.

Beam	Total Lumen Output (lm)	Peak Luminous Intensity (cd)
Beam	59 626	38 815
Full All	74 329	45 633
Plate Red	3014	1244
Plate Green	8869	3633
Plate Blue	1944	815
Plate Full	13195	5386

Abbildung 252 Photometrie (Herst.) [81]

Risikoeinstufung lt. Hersteller

The JDC1 is classified as a Risk Group 3 lighting fixture according to EN 62471. Possibly hazardous radiation emitted. Do not stare into the light output from the product. May be harmful to the eyes.

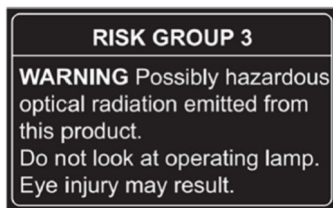


Abbildung 253 Risikoeinstufung (Herst.) [80, p. 8]

Der Hybridscheinwerfer kann auch im Strobo-/ Blitz-Modus eingesetzt werden. Im Blitzmodus sind bei LED-Scheinwerfern höhere Messwerte zu erwarten. Da eine Triggerung zu einer synchronen Messung nicht zur Verfügung steht, liegen keine reproduzierbaren Messwerte vor. In Abbildung 254 sind zwei aufgenommene Spektren im Dauerlicht- und Blitzmodus dargestellt. Im Blitzmodus ist die Leistung des Scheinwerfers größer. Messwerte sind dazu bei 4m aufgenommen worden (vgl. Tabelle 130). Bezüglich der Einstufung in eine Risikogruppe kann dies zu Höhereinstufungen führen.

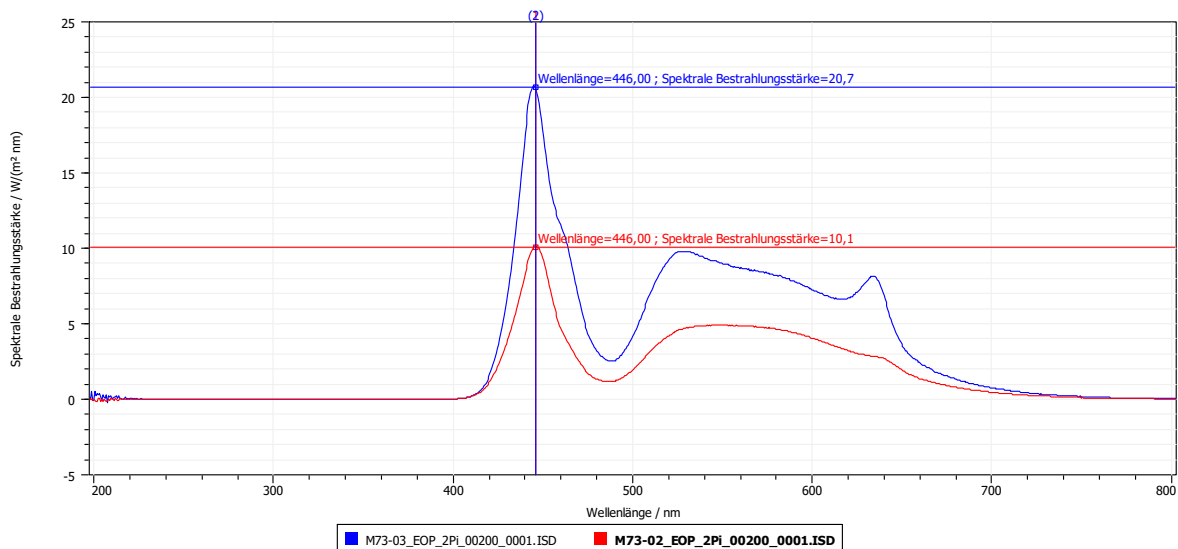


Abbildung 254 Spektren @20cm: Vergleich Dauer- und Blitzlicht
 (M73-03) CCT: Blitzlicht, 5Hz, 0.10s Impulsdauer
 (M73-02) CCT: Dauerlicht, 17Hz, 0.64s Impulsdauer

Tabelle 130 GLP JDC 1 (BW, RGBW) – Relevante Messwerte Blitzlicht 5Hz, 0.1s Dauer

Messung [mm]		8000	4000	2000	1000	500	200
E_V [lux]	*2) *5)	3.410E+02	1.981E+03 1.279E+03	5.020E+03	1.844E+04	7.144E+04	5.100E+05 2.982E+05
E_S [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	*2),*3)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E_B [$W \cdot m^{-2}$]	*2) *5)	4.175E-01	2.428E+00 1.535E+00	5.931E+00	2.239E+01	8.564E+01	5.749E+02 3.368E+02
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*3)	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06	1.000E-06
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	*2)*4) *5)*4)	1.223E+00	7.024E+00 4.538E+00	1.767E+01	6.568E+01	2.532E+02	1.753E+03 1.032E+03
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2) *1)*5)	3.869E+03 3.522E+03	4.014E+03 4.181E+03	1.022E+04 1.018E+04	1.018E+04 1.022E+04	1.119E+04 1.125E+04	n.m. n.m.
$L_{R(LDM/RTH)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2) *1)*5)	5.144E+03 4.553E+03	5.565E+03 5.787E+03	1.061E+04 1.062E+04	1.195E+04 1.187E+04	1.451E+04 1.455E+04	n.m. n.m.
$L_{R(Kor)}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2)	4.383E+04	4.571E+04	1.129E+05	1.137E+05	1.264E+05	n.m.
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*1)*2) *1)*5)	1.101E+01 9.955E+00	1.140E+01 1.188E+01	2.330E+01 2.315E+01	2.543E+01 2.552E+01	2.939E+01 2.966E+01	n.m. n.m.

Anmerkungen:

*1) $\gamma=1.7\text{mrad}$ / $L_{R(Kor)} = 10 \cdot L_B + L_{R(LDM/RTH)}$

*2) B W(hite), 5Hz, 0.1s Dauer, Ausrichtung=W(hite), zentral

*3) 200/315nm-400nm Rauschen

*4) $E_{IR}, E_H - 1665\text{nm}$

*5) B W(hite), 17Hz, 0.65s Dauer, Ausrichtung=W(hite), zentral

Ab einem Abstand kleiner 31.8cm müsste für eine Einzel-LED der Größe (3.45 x 3.45) mm E_B zur Auswertung herangezogen werden. Bei diesem Abstand ergibt sich entsprechend eine Einstufung in Risikogruppe RG=3 (Tabelle 131) im Vergleich zum Steckbrief auf S.Fehler! Textmarke nicht definiert. (Einstufung RG4m=1). Die größeren Strahldichten bei einem Messwinkel von 1.7mrad führen ebenfalls zu einer Höhereinstufung (RG=2 bzw. RG=3).

Tabelle 131 GLP JDC 1 (BW, RGBW) – Auswertung Blitzlicht @20cm/ 50cm Messabstand

0.50 m	Werte	α / rad (Winkel Quelle)	Grenzwerte	Maximale Expositionszeit sec	Risikogruppe RG
E_S [$W \cdot m^{-2}$]	1.000E-06		$E_S \cdot t < 30$	2.880E+04	0
E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$]	1.000E-06		$E_{UVA} \cdot t < 10\,000$ für $t < 10^4$ s $E_{UVA} < 10$ für $t \geq 10^4$ s	2.880E+04	0
E_B [$W \cdot m^{-2}$] kleine Quelle	*4) 5.749E+02		$E_B \cdot t < 100$ für $t \leq 100$ s $E_B < 1$ für $t > 100$ s	1.740E-01	3
E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$]	1.000E-06		$E_{IR} < 18\,000 \cdot t^{-0.75}$ für $t \leq 10^4$ s $E_{IR} < 100$ für $t > 10^4$ s	2.880E+04	0
E_H [$W \cdot m^{-2}$]	*4) 1.753E+03		$E_H \cdot t \leq 20\,000 \cdot t^{-0.75}$ für $t \leq 10$ s	8.479E+01	keine Zuordnung
L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*3) 1.119E+04		$L_B \cdot t < 10^6$ für $t \leq 10^4$ s	8.938E+01	2
L_R [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*3) 1.264E+05	*1) 5.680E-01 *2) 6.900E-03	$L_R \leq 50\,000 \cdot \alpha^{-1} \cdot t^{-0.25}$	2.353E-01 2.880E+04	*1):3 *2):k.A. 0
L_{IR} [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$]	*3) 2.939E+01	*1) 5.680E-01 *2) 6.900E-03	$L_{IR} \leq 6\,000 \cdot \alpha^{-1}$		0 0

*1) Öffnung/ Linsendurchmesser \varnothing 284 mm*2) scheinbare Quelle \varnothing 3.45 mm

*3) Messwerte @50cm

*3) Messwerte @20cm

GLP KNV Cube

- Kopfbewegter Wash-Scheinwerfer (Moving Light)
- • 25 x (1 x 30W Hyper White, 16 x 0.5W RGB)
 - LED-Typen unbekannt
- Abstrahlwinkel 120°, kein Zoom, Focus
- DMX-Steuerung

*Datenblatt***LIGHT SOURCE**

Light Source Type	5x5 RGB Pixel (each 16 x 0.25W) 5x5 White Pixel (each 1 x 30W)
Light Source Lifetime	50,000 h (L70)
LED refresh rate	9,600 Hz (White LED) 38,400 Hz (RGB LED)

OPTICAL SYSTEM

Total Output	up to 2,200 lm
Output Angle	60° half peak 120° field angle 120° cutoff angle

DYNAMIC EFFECTS

Color mixing	RGBW, independently variable 0 – 100 %
Dimmer / Shutter	0 – 100 % continuous elect- ronic dimming, regular and random strobe and pulse effects, instant open and blackout
Pattern Effects	3 Layer FX-Engine

CONTROL AND PROGRAMMING

DMX channels	10, 17, 37, 83, 29, 102, 202
Control Modes	8
Control Protocols	DMX (USIT DMX512-A) RDM (ANSI/ESTA E1.20) Art-Net sACN
High-Res Channels	Dimming, Layer-Master
Dimming Curves	linear, soft
Fan Modes	regulated, high, medium, low
Setting and addressing	control panel with backlit graphic display 4 Button Navigation DMX RDM
Others	Stand Alone 1 capture Scene 3 FX-Layer Output Limitation Pixel Rotation and Mirror
Firmware Update	DMX Link via DProg In/Out

CONNECTIONS

Power connection	Power-Data Connector EN3
Signal connection	Power-Data Connector EN3 In/Out

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Power input	100 – 240 VAC nominal, 50 – 60 Hz
Power supply unit	External KNV PSU
incl. power cable	Power-Data Cable EN3
EEC	A
EEL	0.218
Ec (kWh/1,000h)	742

THERMAL SPECIFICATIONS

Cooling Type	Combined convection and forced air
max. surface temperature (Ta = 40 °C)	55°C / 131°F
max. ambient temperature (Ta max.)	45°C / 115°F
min. ambient temperature (Ta min.)	5°C / 40°F

INSTALLATION

Mounting	Combined installation bracket, optional floorstand yoke
Orientation	any
Location	dry location, temporary out- door

CONSTRUCTION

Housing Color	black
Housing Material	high-impact flame-retardant thermoplastic, Aluminum
Protection Rating	IP54
Construction Features	modular system

DIMENSIONS & WEIGHT

Length	250 mm / 9.8 in
Width	250 mm / 9.8 in
Height	250 mm / 9.8 in
Weight	9.3 kg / 20.5 lbs

APPROVALS AND CLASSIFICATIONS

EN 62471 Classification	Risk Group 3
-------------------------	--------------

Light source**White LEDs**

LED power: 30 W
Number of LEDs: 25
Color temperature: 5000 K
CRI: >80
Lifetime: 50 000 hrs. to > 70% luminous output

RGB LEDs

LED power: 0.25 W
Number of LEDs: 400
Lifetime: 50 000 hrs. to > 70% luminous output

Optics

Total output: 55 030 Lumens

White LEDs

Beam angle: 120°

RGB LEDs

Beam angle: 120°

Abbildung 255 Technische Daten (Herstellerangaben) [82]

Photometrie

k.A.

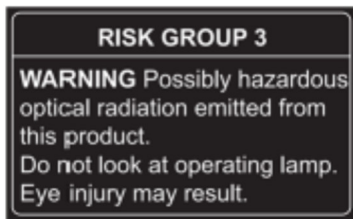
Risikoeinstufung lt. Hersteller

Abbildung 256 Risikoeinstufung (Herst.) [82]

GLP X4 Impression

- Kopfbewegter Wash-Scheinwerfer (Moving Light)
- 19x RGBW LEDs á 15 Watt (285 W)
 - Osram Ostar (2.500 – 10.000 K), Multichip RGBW
- 7° – 50° Zoomoptik
- DMX-Steuerung

Datenblatt

6 Technical Specifications

Power supply	
Power consumption	350 VA (Watt)
Power Input	~100-240 V AC, 50-60 Hz (wide range input)
Fuse protection	Micro-fuse 5x20 mm, T5A
Operational Parameters	
Max. Ambient Temperature	5° - 45°C (integrated overheating switch)
Mounting Position	Any (see relevant chapter)
Lighting System - Additive Color mixing	
LED Type	19 x Osram Ostar RGBW multi-chip
Lifetime	50,000 h
Wavelength optimized for maximum presentable color space	
Optical System	
Full RGBW / High efficient Collimator cluster	
Shutter / Dimmer (8/16 Bit)	
Strobe- Effect with variable speed between 1 - 10 flashes per second, Random-Strobe, Pulse-Effects	
Continuous Dimmer 0 - 100%	
Zoom	
7 to 50 degree continuous zoom	
Optical Patterns	
Several hundred pre-defined beam patterns with direct access and manipulation	
DMX Control	
Standard USITT DMX-512, 5 pin XLR; [+] = Pin 3 / [-] = Pin 2 / [Ground] = Pin 1 / Pin 4&5 N.C. Die DMX- Addressing starts at the DMX channel [001].	
Pan / Tilt (8/16 Bit)	
Pan- movement	623° in min. 3,2 seconds (Position Feedback)
Tilt- movement	295° in min. 1,5 seconds (Position Feedback)
Weights and Measures	
Width of the base	341 mm
Length of the base	145 mm
height (head vertical)	375 mm (incl. standing foot/tripod)
Weight (net)	8.0 kg

Abbildung 257 Technische Daten (Herstellerangaben) [83]

Photometrie

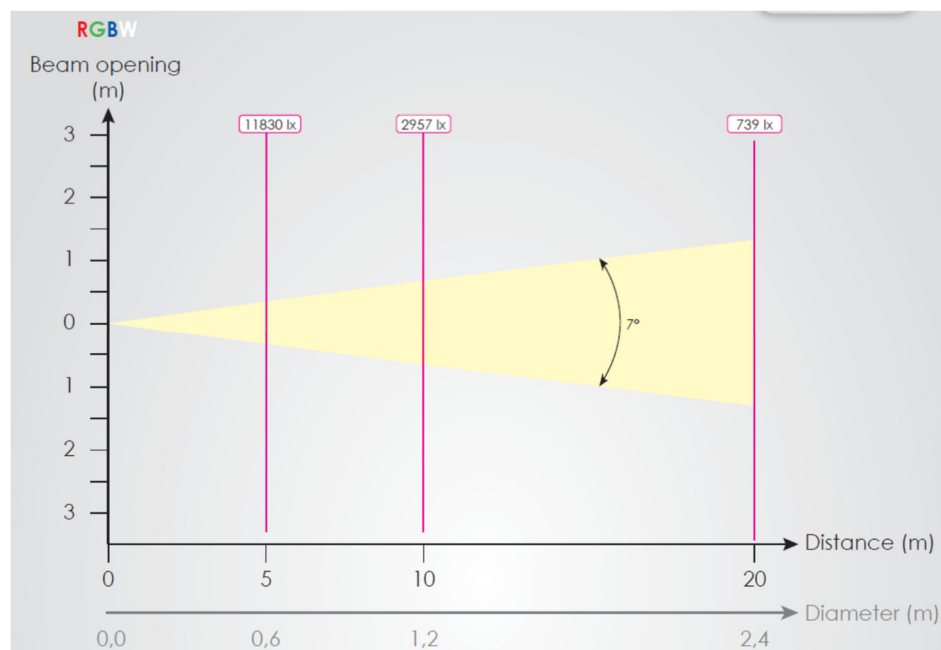


Abbildung 258 Photometrie (Herst.) Zoom 7.0°, RGBW [84]

Martin Era 800

- Kopfbewegter LED-Profil-Scheinwerfer (Moving Light)
- 800W Weiß-LED-Engine (6500 K)
 - LED-Typ unbekannt
- 7° - 56° Zoom
- DMX-Steuerung

Datenblatt

Technische Daten	
Farbe	schwarz
Betriebsspannung/ Versorgungsspannung	100-240V
Netzfrequenz	50Hz, 60Hz
Leistung	1.240W
Leistung des Leuchtmittels	800W
Farbtemperatur	6.500K
Abstrahlwinkel/Zoom	7°-56°
Steckverbinder eingangsseitig	XLR5, powerCON TRUE1
Steckverbinder ausgangsseitig	XLR5, powerCON TRUE1
Goborad 1	6 Gobos + offen, rotierbar, wechselbar
Goborad 2	7 Gobos + offen, statisch
CMY-Farbmischsystem	ja
Farbrad 1	6 Farben + Open
CTO	stufenlos
Iris	ja
Prisma	4-fach, 6-fach, rotier- und indexierbar
Frostfilter	2 (leicht / kräftig)
Animation Wheel 1	Metall, rotier- und indexierbar
Blendenschieber	4, komplett schließend
Pan/Tilt	540°/260°
Maße	431x290x801mm
Gewicht (ohne Verpackung)	41kg
IP-Klassifizierung	IP20

Abbildung 259 Technische Daten (Herstellerangaben) [85]

Photometrie

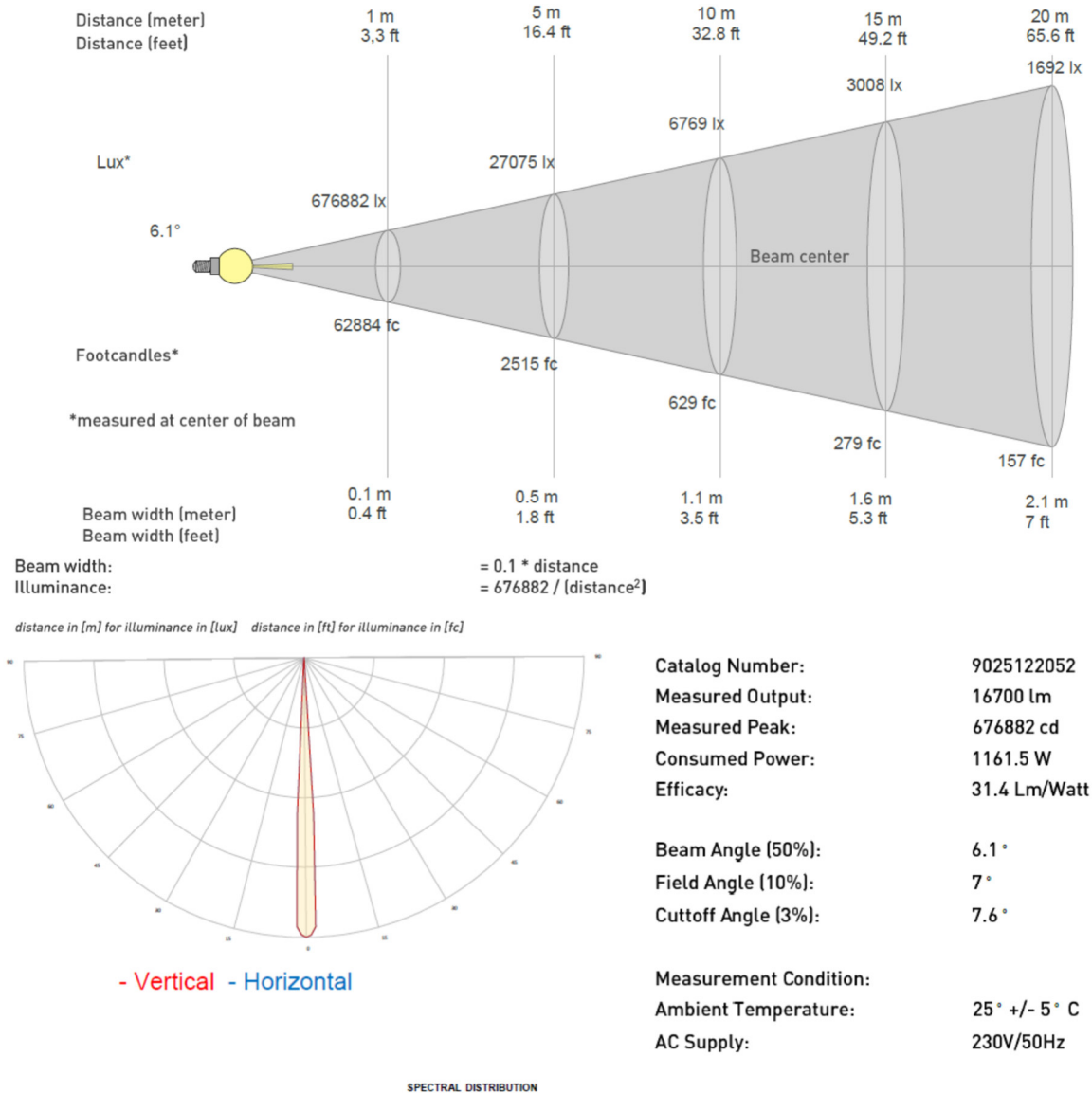


Abbildung 260 Photometrie (Herst.) Zoom 7.0° [86]

Risikoeinstufung lt. Hersteller



SCHUTZ VOR AUGENVERLETZUNGEN

- Dieses Gerät entspricht der Risikogruppe 3 nach EN 62471, wenn alle photobiologischen Risiken berücksichtigt werden, und der Risikogruppe 2 nach IEC/TR 62778 nur für blaues Licht. Dieses Gerät gibt potenziell gefährliche optische Strahlung ab. Es fällt in die unten aufgeführten Risikogruppenkategorien sowohl nach EN 62471 als auch nach IEC/TR 62778 unter Worst-Case-Bedingungen:

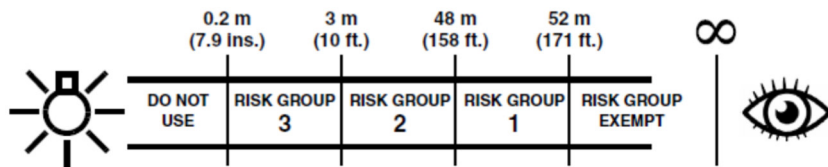


Abbildung 261 Risikoeinstufung (Herst.) [87]

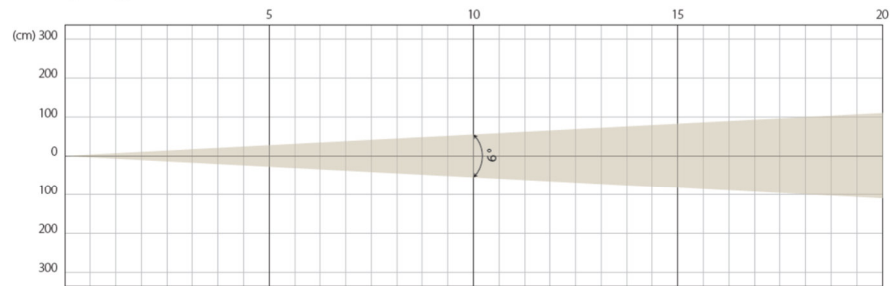
Ayrton Huracan-X

- Kopfbewegter LED-Profil-Scheinwerfer (Moving Light)
- 1000W Weiß-LED-Engine (7000 K)
 - LED-Typ unbekannt
- 6.0° - 62.0° Zoom
- DMX-Steuerung

Datenblatt

Technische Daten	
Farbe	schwarz
Betriebsspannung/ Versorgungsspannung	100–240V
Netzfrequenz	50Hz, 60Hz
Leistung	1400W
Leistung des Leuchtmittels	1000W
Farbtemperatur	7000K
Abstrahlwinkel/Zoom	6°–60°
Steckverbinder eingangsseitig	powerCON TRUE1, etherCON, XLR 5
Steckverbinder ausgangsseitig	etherCON, XLR 5
Goborad 1	5 Gobos + offen, rotierbar, wechselbar
Goborad 2	7 Gobos + offen, rotierbar, wechselbar
CMY-Farbmischsystem	ja
Farbrad 1	6 Farben + Open
CTB	stufenlos
CTO	stufenlos
Iris	ja
Prisma	5-fach, 4-fach, rotier- und indexierbar
Frostfilter	2 (leicht / kräftig)
Animation Wheel 1	rotierbar, farbig
Animation Wheel 2	rotierbar
Batteriegepuffertes Display	ja
Blendenschieber	4, komplett schließend
Pan/Tilt	540°/270°
Maße	494 x 832 x 302 mm
Gewicht (ohne Verpackung)	44kg
IP-Klassifizierung	IP20

Abbildung 262 Technische Daten (Herstellerangaben) [88]

*Photometrie***MIN ZOOM****Beam opening****Intensity**

Distance (m)	5		10		15		20	
unit	lux	diameter	lux	diameter	lux	diameter	lux	diameter
White	96980	0,52	23440	1,04	10450	1,56	5913	2,08

Abbildung 263 Photometrie (Herst.) Zoom 6.0° [89]

Scheinwerfer mit LASER-Leuchtmittel

Clay Paky Xtylos

- Beam-Scheinwerfer mit 300W RGB-Laser-Engine
- RGB W: weißes (2500K – 6500K), komplettes Farbspektrum
- Abstrahlwinkel 1.1° (0.5° mit Lochgobo, bis 7° mit Frost oder unscharf fokussiert)
- DMX-Steuerung

Datenblatt

POWER SUPPLIES

AC power input 100-240V, 50/60 Hz.
In/Out (Max 4 fixtures – 1600VA).

INPUT POWER

400 VA @230Vac - 50Hz.

LIGHT SOURCE

- Tailor-made laser engine, enclosed in a sealed module contained in the fixture.
- Long lasting light source (10,000 hours) with minimal decay.
- Solid, flat field, saturated, ultra-concentrated light beam without any visible hotspots.

OPTICS

Aperture: 1°-7° range (up to 0.5° using beam diameter reducers).

CHANNELS

30 control channels.

EFFECTS SECTION

- RGB Laser based system.
- Very precise 0-100% digital dimmer, dimmer Resolution: 24 bit.
- Fast digital stop/strobe effect.
- N°1 Fix Gobos disk.
- N°1 Rotating Gobos disk.
- N°1 Rotating Prisms disk: Convex plane, Pyramid 6 facets, Linear 6 facets, Frost.
- N°1 Rotating Prism with 16 facets.
- Effects Macro (currently not implemented).
- 1° Aperture - Beam mode.
- Pan and Tilt Resolution: 16 bit.
- Focus Indexing Resolution: 16 bit.
- Rotation gobo Resolution: 16 bit - Rotating gobo indexing.
- Rotating 3prisms Resolution: 8 bit - Rotating 3prisms indexing.
- RGB colour calibration - RGB derating to preserve laser diodes.
- Real-time colour control algorithm when not in raw mode (CTO channel > 0).
- Laser driver safety control logic at firmware level to switch-off light output in a safe state, when parameters outside of working range (redundant with hardware level safety).
- Linear Virtual CTO.
- Pan/Tilt Resolution 16 bit.
- Focus Resolution 16 bit.

ELECTRONICS

- Control signal USITT DMX 512.
- Long life self-charging battery.
- Display Graphic LCD backlit b/w Display.
- Function reset via on-board menu.
- Function reset from the lighting desk.
- "AUTOTEST" function from menu.
- Electronic monitoring with status error reporting and logging.
- Cooling system monitoring.
- DMX level monitoring on all channels.
- Internal data transmission diagnostics.
- Upgrade with no power (CPU only) firmware.
- Firmware upload from another fixture (CPU only).
- Firmware Upgrade via Web Server.
- Protocols/Functions: RDM, Web Server, ArtNet.
- Extremely reliable communication RS485 bus.

INPUTS

- DMX 512, 5 pin In & Out connector.
- Ethernet.
- Neutrik PowerCon True1 (IN & OUT).

IP RATING

IP 20 - Protected against the entry of solid bodies larger than 12mm (0.47"); No protection against the entry of liquids.

MOTORS

11 Stepper motors, microprocessor controlled.

MOVING BODY

- PAN range 540°.
- TILT range 251°.
- Fast speed (Pan 2.46 sec – Tilt 1.68 sec)

Accuracy:

Resolution ± 0,28° (Range 0,56°)

BODY

- Aluminum and steel structure with plastic covers.
- Two side handles for transportation.
- Device locking PAN and TILT mechanisms for transportation and maintenance.

WORKING POSITION

- Working in any position.
- Hanging system: with fast-lock omega clamps (1/4 turn) on the base.
- Optional safety chain.

SAFETY SPECIFICATIONS

- Minimum distance of illuminated objects 10 meters (32' 10").
- Minimum distance from flammable materials 0.2 meters (8").
- Max ambient temperature 40°C (104°F).
- Max temperature of the external surface 60°C (140°F).
- Safety devices Bipolar circuit breaker with thermal protection
- Automatic break in power supply in case of overheating
- Forced ventilation with axial fans

NOISE LEVEL

51.5 dBA (background 34.0)

CE MARKING

- In conformity with the European Directives:
- 2014/35/EU - Safety of electrical equipment supplied at low voltage (LVD).
 - 2014/30/EU - Electromagnetic Compatibility (EMC).
 - 2011/65/EU - Restriction of the use of certain hazardous substances (RoHS).
 - 2009/125/EC - EcoDesign requirements for Energy-related Products (ErP).

ETL

This product is available, on demand, with cETLus Listed Mark.

PACKAGING

- Carton box + Polystyrene
- Carton box + Foam shell
- Flight case + Foam shell (2 position)

WEIGHT

24 Kg (52.13 lbs).

Abbildung 264 Technische Daten (Herstellerangaben)

Photometrie

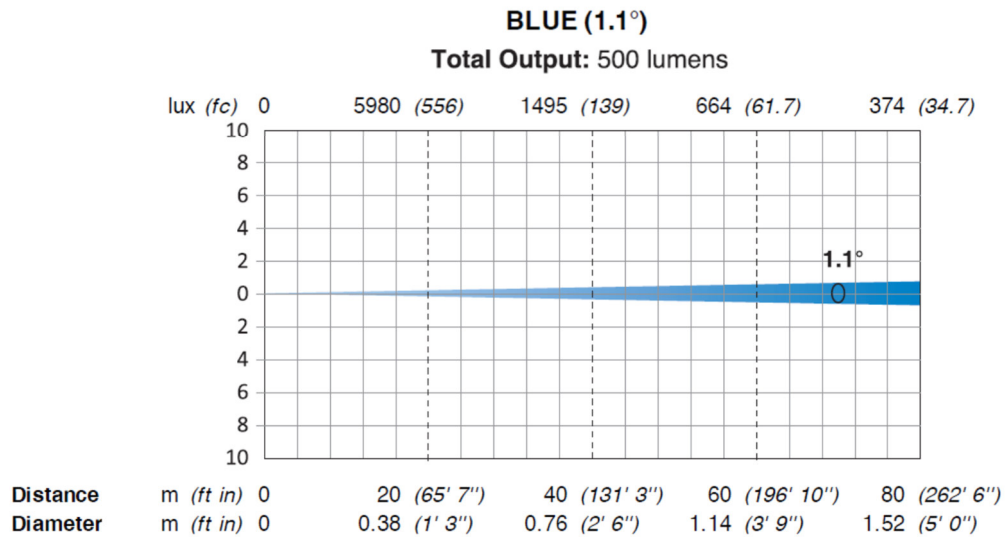
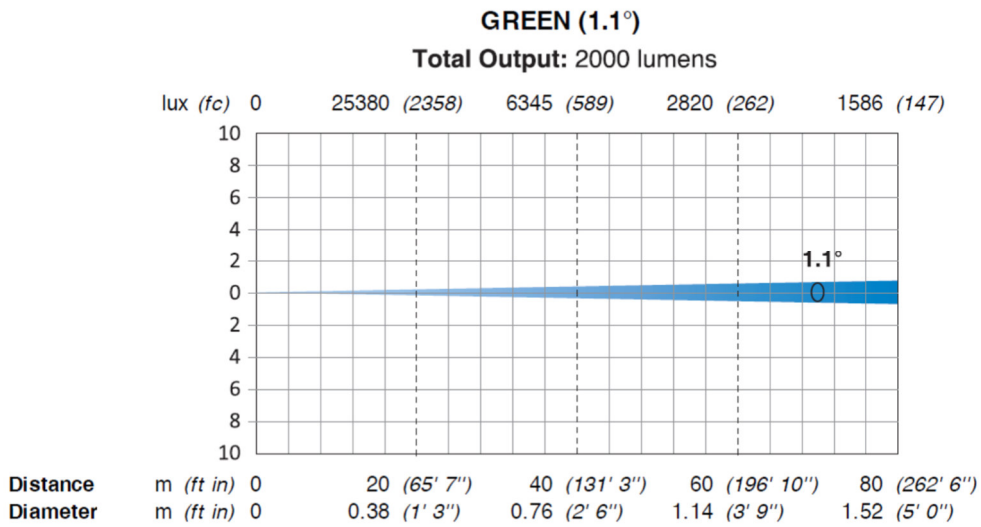
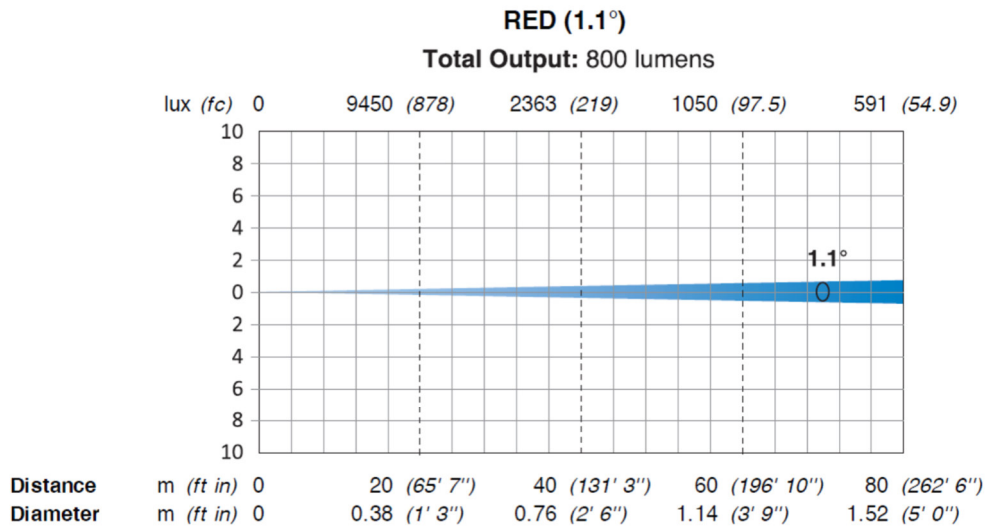


Abbildung 265 Photometrie (Herst.) Abstrahlwinkel 1.1° [90]

Risikobewertung lt. Hersteller

RISK GROUP 3 - Warnung: von diesem Produkt geht möglicherweise eine gefährliche optische Strahlung aus. Schauen Sie nicht unmittelbar in die eingeschaltete Lampe, hieraus könnten Augenverletzungen resultieren. EN/IEC 62471 - Gefahrenabstand: siehe Handbuch
CLASS 1 laser product: EN/IEC 60825-1 2014

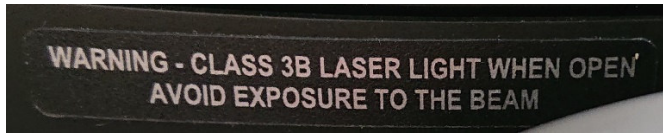


Abbildung 266 Risikobewertung lt. Hersteller, Laserklasse der Engine [91]

Weitere Informationen

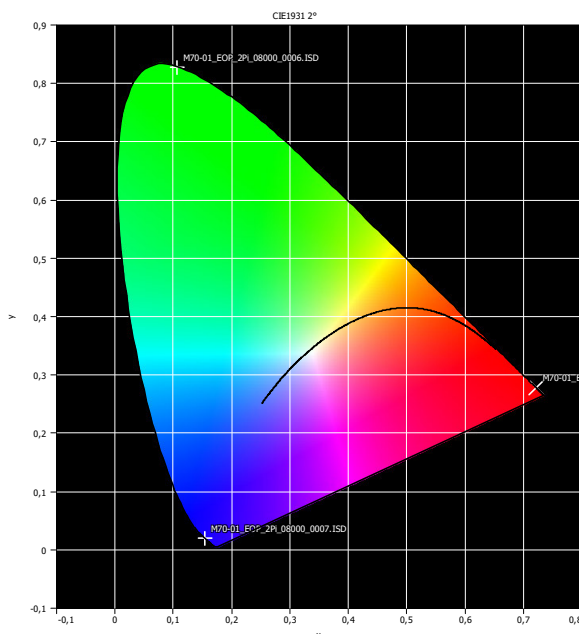


Abbildung 267 Farbraum

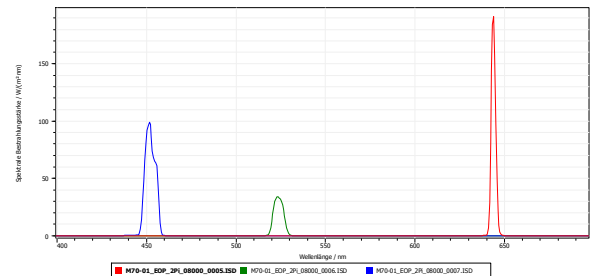


Abbildung 268 RGB (400nm-700nm)

Scheinwerfer mit Kurzbogenbrenner und Reflektor (UHP)

Clay Paky Sharpy

- Kopfbewegter Beam-Scheinwerfer (Moving Beam)
- 189W/ 190W Entladungslampe mit Kurzbogenbrenner in einem Reflektorsystem
 - Philips MSD Platinum 5R (8000K) mit 1.2mm Elektrodenabstand (Option lt. Hersteller)
 - OSRAM SIRIUS HRI® 190W+ (8200 K) mit 0.8mm Bogenlänge (Standard lt. Hersteller)
- Einstellbarer Fokus
- Abstrahlwinkel: (0°) bis 3.8°; Standard: 3.8°
- DMX-Steuerung

Datenblatt

TECHNICAL INFORMATION

Power supplies available
115/230V 50/60Hz

Input power:
350VA a 230V 50Hz.

Total output
Max 8000 lumens

Lamp:
Lamp system with a short arc burner in a reflector
Philips MSD Platinum 5R (L10103)
- Output Lamp power: 189W
- Colour temperature 8000 K
- Luminous flux 7950lm
- Average life 2000 h
- Any working position

Osram Sirius HRI 190+ (LAM002)
- Output Lamp power: 190W
- Colour temperature 8200 K
- Luminous flux 8100lm
- Average life 3000h
- Any working position

Motors:
13 stepper motors, operating with microsteps,
totally microprocessor controlled.

Channels:
Max 20 control channels.

Inputs:
DMX 512
Ethernet

Movable body:

- Movement by means of two stepper motors, controlled by microprocessor.
- Automatic repositioning of PAN and TILT after accidental movement not controlled by control unit.
- Travel:
 - PAN = 540°
 - TILT = 252°
- Maximum speeds:
 - PAN = 2.45 sec
 - TILT = 1.30 sec

- Resolution:
 - PAN = 2.11°
 - PAN FINE = 0.008°
 - TILT = 0.98°
 - TILT FINE = 0.004°
- Accuracy:
 - Resolution $\pm 0,15^\circ$ (Range 0,3°)

IP20 protection rating:

- Protected against the entry of solid bodies larger than 12mm (0.47").
- No protection against the entry of liquids.

Safety Devices:

- Bipolar circuit breaker with thermal protection.
- Automatic break in power supply in case of overheating or failed operation of cooling system.

Cooling:

Forced ventilation with axial fans.

Body:

- Aluminium structure with die-cast plastic cover.
- Two side handles for transportation.
- Device locking PAN and TILT mechanisms for transportation and maintenance.

Working position

Functioning in any position.

Weights:

about 19 Kg (41lbs 13ozs).

Abbildung 269 Technische Daten (Herstellerangaben) [92]

Photometrie

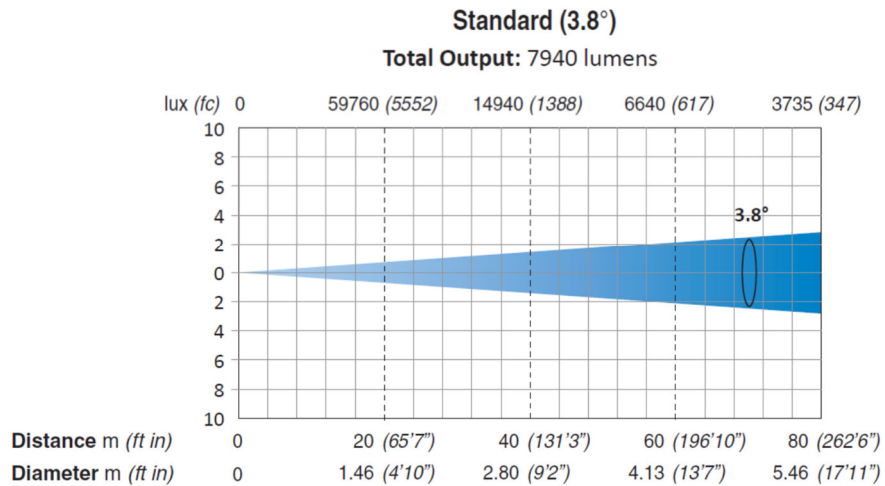


Abbildung 270 Photometrie (Herst.)

Risikogruppe (Herst.)

**PHOTOBIOLOGICAL SAFETY**

CAUTION. Do not look directly at the light source.

Do not look at the light beam with optical devices or any other tool that could cause light convergence.

Abbildung 271 Risikogruppe lt. Hersteller [93]

Clay Paky Mythos2

- Kopfbewegter Beam-Scheinwerfer (Moving Beam)
- 470W/ 440W Entladungslampe mit Kurzbogenbrenner in einem Reflektorsystem
 - Mythos: Philips MSD Platinum 20R (7800 K) mit 1.2mm Elektrodenabstand, 470W
 - Mythos2: Osram Sirius HRI® 440W X (7000 K) mit 1.3 mm Elektrodenabstand, 440W
- Einstellbarer Zoom 4° bis 31° (fixed gobos), 6.7° bis 50° (rotating gobos), BEAM mode mit 2.5° Apertur und "Pipe"-Effekt
- DMX-Steuerung

Datenblatt

Power supplies

- 115/230V 50/60 Hz
- Automatic Power supply switching

Input power

700VA at 230V 50Hz

Total lumen output

Max 24.000 lumens

Light source Mythos

470W discharge lamp

- Type: Philips MSD Platinum 20RB - LAM00K
- Life: 1,500hrs
- Luminous flux: 23.000 lm
- Cap by faston TM 250 (6.35 mm)

Light source Mythos2

440W discharge lamp

- Type: Osram SIRIUS HRI@ 440W - LAM00J
- Life: 1,500hrs
- Luminous flux: 23.000 lm
- Cap by faston Tyco 187 (4,8 mm)

Motors

20 stepper motors, operating with microsteps, totally microprocessor controlled.

Channels

30/34 control channels.

Inputs

- DMX 512
- Ethernet

Moving body

Automatic repositioning of PAN and TILT after accidental movement not controlled by control unit.

PAN

- Angle Rotation: 540°
- Fast speed: 3.517 sec
- Normal Speed: 4.038 sec
- Resolution PAN: 2.11°
- Resolution PAN FINE: 0.008°

Accuracy:

Resolution $\pm 0,3^\circ$ (Range 0,6°)

TILT

- Angle Rotation: 244°
- Fast speed: 2.180 sec
- Normal Speed: 2.274 sec
- Resolution TILT: 0.96°
- Resolution TILT FINE: 0.004°

Accuracy:

Resolution $\pm 0,3^\circ$ (Range 0,6°)

Noise level

50 dBA

Weight

32 Kg (70.54 lbs)

IP rating

- IP20
- Protected against the entry of solid bodies larger than 12mm (0.47").
- No protection against the entry of liquids.

Safety devices

- Bipolar circuit breaker with thermal protection.
- Automatic break in power supply in case of overheating or failed operation of cooling system.

Cooling

Forced ventilation with fans.

Body

- Aluminium structure with plastic cover.
- Two side handles for transportation.
- Device locking PAN and TILT mechanisms for transportation and maintenance.

Working position

- Any Working Position
- Hanging system: with fast-lock omega clamps (1/4 turn) on the base

Optics

- 157mm diam. front lens
- Electronic focusing for a perfectly sharp light beam along its entire length
- Zoom ranging from 4,5° to 30,8° for fixed gobos sharp focusing
- Zoom range from 6,5° to 47,3° for rotating gobos sharp focusing
- BEAM mode with 2,5° aperture and "pipe" effect

Color system

- CMY color system based on 3 gradually fading color wheels
- 11 color filters on three wheels
- 2 CT0 filters (3,200K and 2,500K) + 1 CTB filter

Effects section

- 2 gobo wheels
- Wheel with 6 HQ dichroic, indexable and interchangeable rotating gobos.
- Interchangeable and variable rotation wheel with 18+1 fixed metal gobos (including 6 beam reducers).
- Selectable gobo-shake function
- Advanced Visual Effect Disc (Animation disc)
- 2 indexable and interchangeable rotating prisms (8-facet and linear prism)
- Frost unit to soften the beam edge
- 0-100% Mechanical dimmer
- Mechanical shutter and adjustable speed strobe effect

Control and programming

- 30/34 DMX 512 control channels
- DMX protocol signal: USITT DMX 512
- Display: Graphic LCD backlit b/w Display
- Pan/Tilt Resolution: 16 bit
- Gobo Indexing Resolution: 16 bit
- Focus Indexing Resolution: 16 bit
- Dimmer Resolution: 16 bit
- Movement control: vectorial
- DMX signal connection: 3 and 5 pole XLR input and output
- Software upload through DMX input

Electronics

- Long life self-charging buffer battery.
- Pre-set macros.
- Function reset from control unit
- ON/OFF lamp control from the lighting desk.
- Function reset from the lighting desk.
- "AUTOTEST" function from menu
- ETHERNET Ready.
- Electronic monitoring with status error
- Cooling system monitoring
- DMX level monitoring on all channels
- Internal data transmission diagnostics
- Firmware Upgrade with no power
- Firmware upload from another fixture

Abbildung 272 Technische Daten (Herstellerangaben) [94]

Photometrie

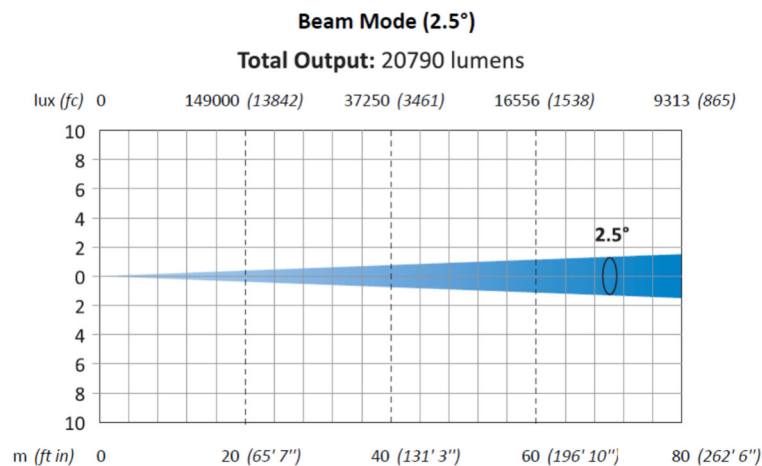


Abbildung 273 Photometrie (Herst.) Beam Mode 2.5° [95]

Robe Robin MegaPointe

- Kopfbewegter Beam-Scheinwerfer (Moving Beam)
- 470W Entladungslampe mit Kurzbogenbrenner in einem Reflektorsystem

- OSRAM SIRIUS HRI 470 W RO (7500 K), 1.3mm Bogen (Standard lt. Hersteller)
- 1.8°– 21° beam mode, 3°– 42° spot mode
- DMX-Steuerung

Datenblatt

Electrical

Power supply:.....electronic auto-ranging
 Input voltage range:.....100-240V, 50-60Hz
 Fuse:.....T 8 A
 Max. power consumption:.....670 W (power factor 0.97)

Lamp

Approved model: Osram Sirius HRI 470W RO
 Lamp life: 1500 hrs (Standard mode, 470W)
 2000 hrs (Eco mode, 380W)

Ballast

Electronic

Optical System

Beam range: 3°- 42° (spot application)
 1.8°- 21° (beam application)
 CRI : 80 (Standard), 90+ (High CRI), switchable by DMX command
 CTC: 6500K

Colour wheel

13 dichroic filters (deep red, deep blue, yellow, light green, magenta, lavender, pink, dark green,
 CTO 2700K, blue, orange, CTO 3200K, Kongo blue) + white

Virtual Colour wheel

66 preset colours

Static gobo wheel

10 metal gobos and 4 beam reducers

Rotating gobo wheel

9 glass gobos can be indexed and rotated in both directions at different speeds
 Gobo wheel continuous rotation
 Glass gobos: outside diameter=15.9 mm, image diameter=12.5 mm, thickness=1.1 mm,
 high temperature borofloat or better glass
 "Slot&lock" system for easy replacement of gobos

Beam shaper

Four beam shapers with continuous rotation in both directions

Frost filters

Two separate, variable frost filters (light and medium)

Zoom

Linear motorized zoom

Focus

Motorized focus

Hot-Spot control

Motorized control of lamp position in order to change intensity of beam centre

Strobe

Strobe effect with variable speed (max.15 flashes/sec.)

Pan/Tilt

Pan movement range 540°
Tilt movement range 265°
16 bit movement resolution
Pan/Tilt electronic motion stabilizer
Automatic Pan/Tilt position correction
Remotely controllable speed of pan/tilt movement for easy programming
Pan/tilt-lock mechanism

Dimmer

Smooth dimmer from 0 - 100 %

Control

Graphic touch screen for fixture setting and addressing
Gravitation sensor for auto screen positioning
Battery backup of the touch screen
Readout fixture and lamp usage, receiving DMX values, temperatures, etc
Built-in analyzer for easy fault finding, error messages
Remotely switching on/off the lamp
Black out while head moving or prism wheel changing
Stand-alone operation
3 user editable programs, each up to 100 steps
Supported protocols: USITT DMX 512, RDM, ArtNet, MANet, MANet2, sACN
Support of RDM (Remote Device Management)
2 DMX modes (34, 39 control channels)

Wireless DMX/RDM module (only for wireless DMX version)

Compliance with USITT DMX-512 (1986 & 1990) and 512-A
Full DMX fidelity and frame integrity
Auto sensing of DMX frame rate and frame size
<5ms DMX latency
Operational frequency range of 2402-2480 MHz
Producer: LumenRadio

Connection

DMX in/Out: 3-pin and 5-pin XLR
Ethernet: 2 x RJ 45
Power IN: Neutrik TrueOne NAC3MPX

Temperatures

Maximum ambient temperature : 45° C
 Maximum housing temperature : 80° C

Minimum distances

Min. distance from flammable materials: 1 m
 Min. distance of illuminated objects (Standard mode): 18 m
 Min. distance of illuminated objects (Eco mode): 15 m
 Min. distance of illuminated objects (Close Proximity Mode): 8 m

Total heat dissipation

2490 BTU/h (calculated)

Weight

22 kg

Accessories

1x Omega adaptor CL-regular 2 pcs in box (P/N10980033)
 1x power cable

Optional accessories

Upgrade kit CRMX Universal 260 (P/N 99030100)
 Doughty Trigger Clamp (P/N 17030386)
 Safety wire 35 kg (P/N 99011963)
 Lamp Osram SIRIUS HRI 470W RO (P/N 14080061)

Abbildung 274 Technische Daten (Herstellerangaben) [96]

*Photometrie***Beam Application**

Min. Zoom (Max. Hot-Spot, Ratio 5:1)

Total Output: 12807 lumens

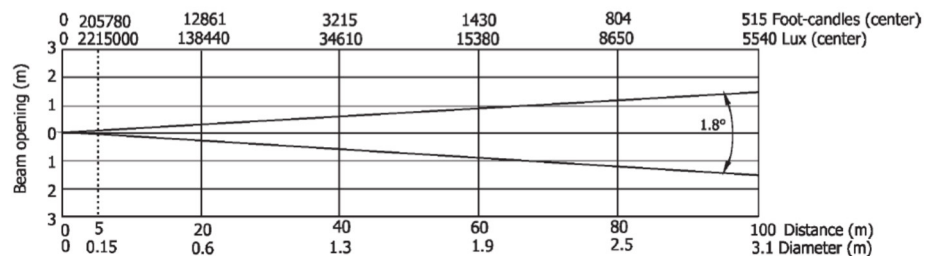


Abbildung 275 Photometrie (Herst.) Beam Mode 1.8° [97]

Elation Smarty Hybrid

- Kopfbewegter Beam-Scheinwerfer (Moving Beam)
- 370/470/480W Entladungslampe mit Kurzbogenbrenner in einem Reflektorsystem
 - Philips MSD Platinum 400 Flex 480W Reflector (8000K) mit 1.2mm Elektrodenabstand
- Einstellbarer Zoom 0.8° bis 29.0°/ dot2PC: 12.8° - 21.3°
 - Beam: Zoom Range 2° - 20°/ Beam Angle 0.8° - 6.5°
 - Spot: Zoom Range 3° - 30°/ Beam Angle 1.7° - 14.8°
 - Wash: Zoom Range 9° - 35°/ Beam Angle 6.8° - 29°
- DMX-Steuerung

Datenblatt

SOURCE

Philips MSD Platinum 400 Flex 480W Lamp
 Variable Lamp Power 370/470/480W
 Automated Lamp Hibernation with Instant Recovery
 Up to 4,000 Hour Lamp Life* *May vary depending on several factors including but not limited to: Environmental Conditions, Power/Voltage, Usage Patterns (On-Off Cycling), Control, Dimming, and Lamp Mode.

PHOTOMETRIC DATA

21,000+ Lumen Total Fixture Output
 1.5° Beam: 1,784,448 LUX (165,781 FC) @5m (16.4ft)
 3° Spot: 462,508 LUX (42,968 FC) @5m (16.4ft)
Beam
 Zoom Range 2° - 20°
 Beam Angle 0.8° - 6.5°
 Field Angle 1.8° - 16.2°
Spot
 Zoom Range 3° - 30°
 Beam Angle 1.7° - 14.8°
 Field Angle 3° - 26.5°
Wash
 Zoom Range 9° - 35°
 Beam Angle 6.8° - 29°
 Field Angle 12.8° - 39.4°

EFFECTS

Beam, Spot, and Wash Modes
 Motorized Zoom: 1° to 18° Beam and 3° to 27° Spot
 Full Frost Filter for Wash Effects
 16-Facet and 4-Facet Linear Rotating Prisms
 CMY Color, Gobo, and Prism Macros
 Motorized Focus with Auto-Focus Feature
 High Speed Shutter and Strobe

SIZE / WEIGHT

Length: 15.2" (385mm)
 Width: 15.9" (405mm)
 Vertical Height: 24.0" (610mm)
 Weight: 49.0 lbs. (22.2 kg)

ELECTRICAL / THERMAL

AC 100-240V - 50/60Hz
 480W Max Power Consumption
 14°F to 113°F (-10°C to 45°C)
 BTU/hr (+/-10%) 1636.8

COLOR

Full CMY Color Mixing System
 13 Colors including Quad Color, CTB, CTO, and UV

Abbildung 276 Technische Daten (Herstellerangaben) [98]

Photometrie

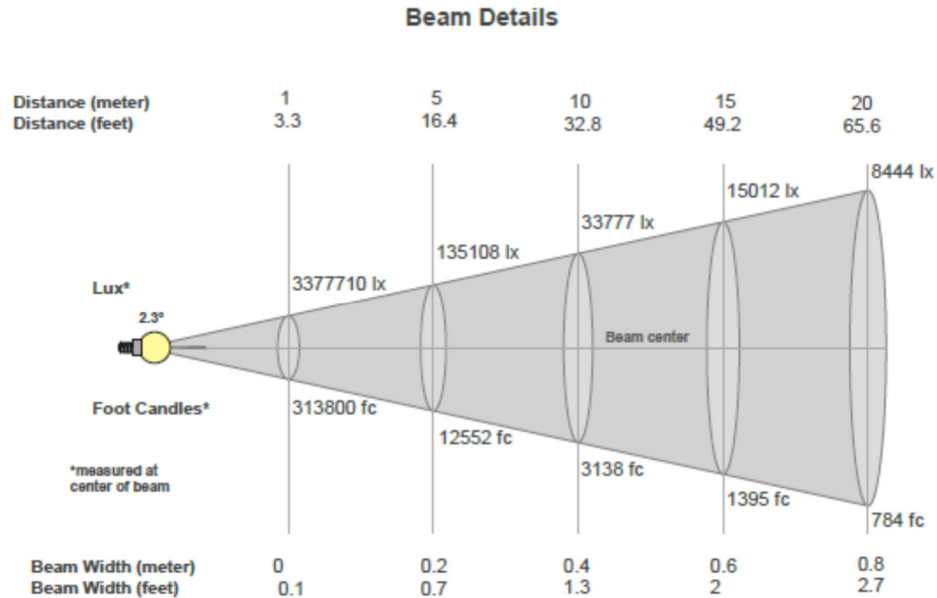


Abbildung 277 Photometrie (Herst.) Zoom 2.3° [99]

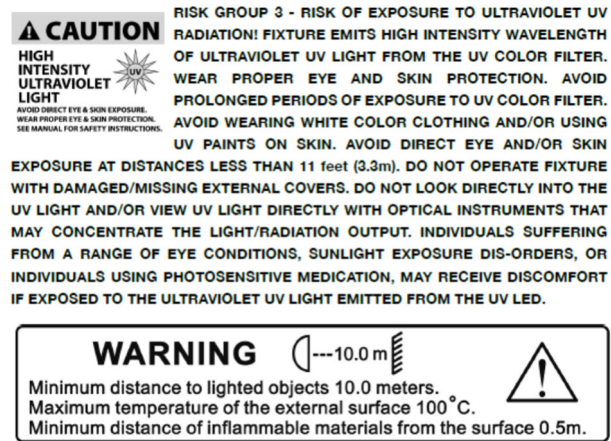
Risikogruppe (Herst.)

Abbildung 278 Risikogruppe lt. Hersteller [98]

Robe Pointe

- Kopfbewegter Beam-Scheinwerfer (Moving Head)
- 280W Entladungslampe mit Kurzbogenbrenner in einem Reflektorsystem
 - OSRAM SIRIUS HRI® 280W+ (7000 K) mit 0.9mm Bogenlänge (Standard lt. Hersteller)
- Einstellbarer Fokus/ Zoom 2.5° (Beam) bis 20.0° (Spot)
- DMX-Steuerung

Datenblatt

Electrical

Power supply:.....electronic auto-ranging
Input voltage range:..... 100-240V, 50/60Hz
Fuse:.....T 5 A/250V
Max. power consumption:.....470 W at 230V (I=2,05A, power factor 0.96)
Typical power consumption:..... 390W at 230V (I=1.8A, power factor 0.95)

Lamp

Approved model: Osram Sirius HRI 280W RO
Base FaP2.5
Lamp life: 2000 hrs (Standard mode)
3000 hrs (Eco mode)

Ballast

Electronic

Optical System

High luminous-efficiency glass reflector
Beam range: 5°-20° (spot application)
2.5°-10° (beam application)

Colour wheel

13 dichroic filters + white

Static gobo wheel

10 metal gobos & 4 beam reducers

Rotating gobo wheel

9 glass gobos can be indexed and rotated in both directions at different speeds
Gobo wheel continuous rotation
Glass gobos: outside diameter=15.9 mm, image diameter=12.5 mm, thickness=1.1 mm,
high temperature borofloat or better glass
"Slot&lock" system for easy replacement of gobos

Prisms

Rotating 6-facet linear prism with continuous rotation in both directions
Rotating 8-facet circular prism with continuous rotation in both directions

Frost filter

Separate, variable frost filter

Zoom

Linear motorized zoom

Strobe

Strobe effect with variable speed (max. 15 flashes/sec.)

Dimmer

Smooth dimmer from 0 - 100 %

Control

Graphic touch screen for fixture setting and addressing
Gravitation sensor for auto screen positioning
Battery backup of the touch screen
Readout fixture and lamp usage, receiving DMX values, temperatures, etc
Built-in analyzer for easy fault finding, error messages
Remotely switching on/off the lamp
Built-in demo sequences
Black-out while head moving, colour or gobo changing
Self-resettable thermo-fuse
Stand-alone operation
3 user editable programs, each up to 100 steps
Supported protocols: USITT DMX 512, RDM, ArtNet, MANet, MANet2, sACN
Support of RDM (Remote Device Management)
3 DMX modes (24,16, 30 control channels)

Wireless DMX/RDM module (only for wireless DMX version)

Compliance with USITT DMX-512 (1986 & 1990) and 512-A
Full DMX fidelity and frame integrity
Auto sensing of DMX frame rate and frame size
<5ms DMX latency
Operational frequency range of 2402-2480 MHz
Producer: LumenRadio

Pan/Tilt

Pan movement range 540°
Tilt movement range 270°
16 bit movement resolution
Automatic Pan/Tilt position correction
Remotely controllable speed of pan/tilt movement for easy programming
Pan/tilt-lock mechanism
Time of pan movement (0-255DMX, max. speed): 2.3 sec.
Time of tilt movement (0-255DMX, max. speed): 1.2 sec.

Connection

DMX in/Out: 3-pin and 5-pin XLR
Ethernet: RJ 45
Power In: Chassis connector Neutrik PowerCon, A-type, NAC3MPA

Rigging

Mounting points: 2 pairs of 1/4-turn locks
Mounting horizontally or vertically via 2 Omega brackets

Temperatures

Maximum ambient temperature : 45° C
Maximum housing temperature : 90° C

Minimum distances

Min. distance from flammable surfaces: 1 m
Min. distance to lit objects (Standard mode-280W): 10 m
Min. distance to lit objects (Eco mode-230W): 7.5 m

Total heat dissipation

1600 BTU/h (calculated)
469 Wh (calculated)

Weight

15 kg

Abbildung 279 Technische Daten (Herstellerangaben) [100]

Photometrie

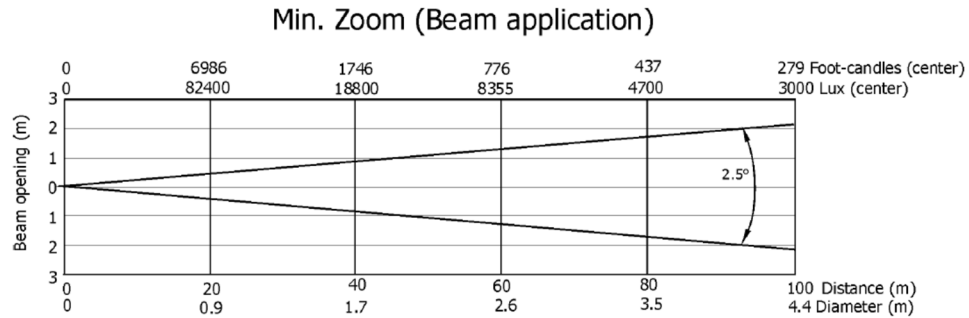


Abbildung 280 Photometrie (Herst.) Beam Mode 2.5° [100]

GLP GT-1

- Kopfbewegter Hybridscheinwerfer (Moving Spot/ Beam)
- 440W Entladungslampe mit Kurzbogenbrenner in einem Reflektorsystem
 - OSRAM SIRIUS HRI® 440W (7300 K) mit 0.8mm Bogenlänge (Standard lt. Hersteller)
 - PHILIPS MSD Platinum 20R 470W (7800 K)
- Einstellbarer Fokus 3.5° bis 56.7°
- DMX-Steuerung

Datenblatt

<p>LIGHT SOURCE</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Lamp: Philips MSD Platinum 20R 470W ○ Lamp lifetime: 1500h ○ Color temperature: 7800K <p>DESIGN</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Unique, patented baseless design <p>OPTICS</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Beam Mode: 2.5° ○ Spot Mode: 2.5°- 55° ○ High-quality optics with 145mm front lens for sharp and perfect beam over the entire zoom range <p>MOVEMENT</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 8 or 16 Bit resolution selectable ○ Position Feedback ○ 540° Pan, 280° Tilt ○ high resolution 3-phase stepping motors <p>DIMMER</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Dimmer: 0 - 100% <p>SHUTTER</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Shutter: 1 - 10Hz ○ Random-Strobe Effects 	<p>GOBO WHEEL 1</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 8 rotating, indexable glass gobos + open ○ all Gobos replaceable <p>GOBO WHEEL 2</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 14 Metal gobos plus 6 different pinholes <p>COLOR WHEEL</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 11 dichroic color filters, including CTO and CTB filter <p>CMY</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ CMY color mixing <p>EFFECTS WHEEL</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Bi-directional rotating Effects wheel <p>FOCUS</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 2 m – infinite (motoric) <p>FROST FILTER</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ stepless frost filter from soft- to hard edge <p>PRISM</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Three rotating and indexable prisms: <ul style="list-style-type: none"> - 3 way - 8 way - 6 way linear ○ slow to very fast rotation 	<p>CONTROL</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Protocols: DMX-512, W-DMX, ArtNet, ○ Backlit graphic-LCD ○ Intuitive Jog-Wheel control ○ Automatic display orientation ○ Auto-charging buffer battery ○ Over-temperature protection <p>POWER SUPPLY</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Power: 720 Watt @ 230 V ○ Power input: Auto sensing 100-240 VAC / 50-60Hz ○ Fuse protection: Microfuse 20mm, T 8A <p>CONNECTORS</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ DMX: XLR 3 & 5 pin ○ Mains voltage: Neutrik Powercon <p>OPERATING CONDITIONS</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Maximum ambient temperature: 45°C / 113°F <p>MOUNTING OPTIONS</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Omega bracket attachment ○ 2 attachment points for safety wires ○ Upright: Floor stand (supplied) with brackets for ratchet belt ○ Hanging (vertical): M10 socket-for half coupler, or other clamp ○ Side mount (horizontal): Optional adjustable bar for sideways truss installation 	<p>SHIPPING</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ cardboard box ○ 2 way tourpack in flight case (complete with half couplers) <p>HOUSING COLORS</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Standard color is black ○ For other colors please contact sales department <p>DIMENSIONS</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 472 mm x 229 mm x 618 mm ○ 18,6 in x 9 in x 24,3 in <p>WEIGHT</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 25 kg / 55 lbs <p style="text-align: right;">*Preliminary Data. Subject to change.</p>
---	--	--	--

LIGHT SOURCE		Color Wheel	
Lamp type	OSRAM SIRIUS HRI 440 W		11 color filters CTO 2,500 K CTB 9,000 K
Color temperature	7,300	Color mixing	
			CMY color mixing Fixed Colors
OPTICAL SYSTEM		ELECTRICAL SPECIFICATIONS	
Min. Zoom	3.5°	Power (Watt @ 230V)	720 W
Max. Zoom	56.7°		
MOVEMENT		DIMENSIONS & WEIGHT	
Pan	standard 537° extended 637°	Width	229 mm / 9 in
Tilt	262°	Length	472 mm / 18.6 in
		Height	618 mm / 24.3 in
		Weight	25 kg / 55 lbs
EFFECTS			
Prism	3 Prisms		
Gobo wheel 1	8 Gobos		
Gobo wheel 2	14 fixed Gobos plus 6 pinholes		

Abbildung 281 Technische Daten (Herstellerangaben) [101]/ [102]

Risikobewertung lt. Hersteller**Eye safety**

- The GT-1 is classified as a Risk Group 2 lighting fixture according to EN 62471. Possibly hazardous radiation emitted. Do not stare into the light output from the product. May be harmful to the eyes.

Abbildung 282 Risikobewertung (Herst.) [103]

Scheinwerfer mit Kurzbogenbrenner (HMI Short Arc)

Martin Mac Viper

- Kopfbewegter Profil-Scheinwerfer (Moving Light)
- 1000W Entladungslampe mit Kurzbogenbrenner
 - OSRAM HTI 1000/PS Lok-it (6000 K), 5.5 mm Bogen
- 10°– 44° Zoom
- DMX-Steuerung

*Datenblatt***Abmessungen und Gewicht**

Länge (Basis)	472 mm
Länge (Kopf)	566 mm
Breite	472 mm
Breite (Basis)	335 mm
Höhe (Kopf senkrecht nach oben)	731 mm
Höhe (maximal)	748 mm
Gewicht	36 kg
Minimaler Mittenabstand zwischen zwei Geräten	650 mm

Leuchtmittel

Typ	1000 W Kurzbogen-Entladungslampe
Freigegebene Leuchtmittel	Osram HTI 1000/PS Lok-it
Farbtemperatur	6000 K
Farbwiedergabe-Index CRI	>85
Durchschnittliche Lebensdauer	750 h
Sockel:	PGJ28 Lok-it
Ballast	Elektronisch

Dynamische Effekte

Farbmischung	CMY, unabhängig steuerbar von 0 - 100%
Einstellung der Farbtemperatur	CTO, einstellbar von 6000 - 3200 K
Farbrad	8 austauschbare dichroitische Farbfilter + offen, kontinuierliche Drehung, zufällige Farbe
Beam-Effekt-Rad	5 austauschbare Effekt + offen, indizierbar, kontinuierliche Drehung (Gobo + Goborad), Shake-Effekt
Breakup-Rad	5 austauschbare Effekt + offen, indizierbar, kontinuierliche Drehung (Gobo + Goborad), Shake-Effekt
Effektrad	Austauschbar, Gobo-Animations-Effekte und integrierte Gobos
Prisma	Austausch- und drehbares 4fach-Prisma
Iris	0 - 100%, Puls-Effekte
Dimmer / Shutter	0 - 100% Vollbereichsdimmer, gleichmäßige und zufälliger Strobe, Puls-Effekte, Shutter
Dimmer-Optionen	4 Dimmerkurven
Fokusobjektiv	Bereich abhängig vom Zoomwinkel, von 2 m / 6 m bis unendlich (ca.)
Zoom	10° - 44°
Pan	540°
Tilt	268°
Lagekorrektursystem	Absolute Lageüberwachung

Steuerung und Programmierung

DMX Kanäle	26/34
Einstellung und Adressierung	Gerätemenü mit hinterleuchtetem Display und Jogwheel oder per DMX
16-bit Auflösung	Beam-Effekte, Breakup-Effekte, Animationsrad, Fokus, Zoom, Pan, Tilt
DMX Norm	USITT DMX512-A
RDM Norm	ANSI/ESTA E1.20
Empfänger	RS-485, optisch isoliert
Firmware-Update	USB Speichermedium oder USB/DMX Interface (über DMX-Linie)

Konstruktion

Farbe	Schwarz
Gehäuse	Faserverstärkter, UV-beständiger Kunststoff
Reflektor	Glas, Kaltlicht
Schutzart	IP20

Installation

Befestigungspunkte	Acht Schnellverschluss-Aufnahmen, oktagonale
Orientierung	Beliebig
Minimaler Abstand zur beleuchteten Fläche	1,6 m
Minimaler Abstand zu brennbarem Material	0,3 m

Anschlüsse

Netzeingang	Neutrik PowerCon (für NAC3FCA Verbinder)
DMX und RDM Ein-/Ausgang	5-pol., verriegelb. XLR
USB Speichermedien	USB Anschluss

Anschlussdaten

Netzspannung	120-240 V (nominal), 50/60 Hz
Netzteil	Schaltnetzteil, automatisch anpassend
Typische RMS Stromaufnahme	16,2 A

Typische Leistungs- und Stromaufnahme

120 V, 60 Hz	1225 W, 10,3 A, PF 0,999
208 V, 60 Hz	1190 W, 5,8 A, PF 0,996
230 V, 50 Hz	1186 W, 5,2 A, PF 0,994
240 V, 50 Hz	1194 W, 5,0 A, PF 0,993

Messwerte bei Nominalspannung ermittelt. Mögliche Abweichung +/- 10%.

PF = Leistungsfaktor

Temperaturen

Maximale Umgebungstemperatur (T _a)	40° C
Maximale Gehäusetemperatur, stationär, T _a = 40° C	150° C
Kühlung	temperaturgeregelte Lüfterkühlung, Luftfilter, geringes Geräusch
Gesamtwärmestrom (berechnet, +/- 10% at 120 V, 60 Hz)	4180 BTU/h

Abbildung 283 Technische Daten (Herstellerangaben) [56]

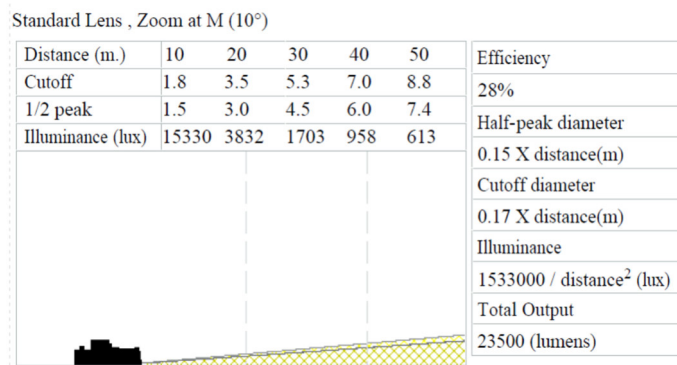
Photometrie

Abbildung 284 Photometrie (Herst.) Zoom 10° [104]

Risikobewertung lt. Hersteller

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">RISK GROUP 3:</p> <p>WARNING IR emitted from this product. Avoid eye exposure. Use appropriate shielding or eye protection. Do not look at operating lamp.</p> <p>Caution Possibly hazardous optical radiation emitted from this product. Do not stare at operating lamp. May be harmful to the eyes.</p> </div>	<p>Photobiologischer Sicherheitshinweis</p> <p>Der links abgebildete Aufkleber befindet sich auf dem Produkt. Wenn der Hinweis schlecht lesbar ist oder entfernt wurde, muss er durch einen neuen Aufkleber ersetzt werden. Verwenden Sie hierfür die abgebildete Vorlage.</p> <p>FCC Entsprechung</p> <p>Dieses Gerät entspricht Teil 15 der FCC Regel. Der Betrieb des Gerätes entspricht folgenden Voraussetzungen: (1) Dieses Gerät erzeugt keine gefährlichen Interferenzen, und (2) dieses Gerät wird nicht durch Einstreuung von Interferenzen, die unbeabsichtigtes Verhalten hervorrufen können, beeinflusst.</p> <p>Canadian Interference-Causing Equipment Regulations - Règlement sur le Matériel Brouilleur du Canada</p> <p>This Class A digital apparatus meets all requirements of the Canadian Interference-Causing Equipment Regulations. Cet appareil numérique de la classe A respecte toutes les exigences du Règlement sur le Matériel Brouilleur du Canada.</p>
---	---

Abbildung 285 Risikobewertung (Herst.) [104]

Varilite VL 3500

- Kopfbewegter Profil-Scheinwerfer (Moving Light)
- 1200W Entladungslampe mit Kurzbogenbrenner
 - OSRAM HTI 1200 W/D7/60 SharXS (6000 K), 7.0 mm Bogen
- 10°– 60° Zoom
- DMX-Steuerung

Datenblatt

APPENDIX B.

Technical Specifications



VL3500 Spot Luminaire



PROGRAMMABLE FUNCTIONS

Zoom Optics

13-element 6:1 zoom optics system covering a range of 10° to 60°.

Color System

A three-filter CYM cross-fading mechanism. A fixed color wheel with six interchangeable color filters and continuous wheel rotation for additional effects. It includes a variable CTO color temperature correction filter.

Intensity Control

Full field dimming designed for both smooth timed fades and quick dimming effects.

Strobe

High-performance dual blade strobe system capable of ultra-fast operation.

Rotating Gobo Wheel

Five rotatable, indexable gobo positions available on one wheel: six-position gobo wheels with five rotatable, indexable gobo positions and one open position.

Fixed Gobo Wheel

One, seven-position fixed gobo wheel with six positions and one open position.

Edge and Pattern Focus

Variable beam focus to soften edges of gobos or spots. Remarkable depth of field capability allows morphing effects between all pattern and effects wheels.

Pan and Tilt

Smooth, time-continuous motion using stepper motors with encoder correction. Pan range is 540°, Tilt range is 270°. 0.3° resolution.

Shutter Mechanism

The shutter mechanism is comprised of four frame blades that move independently or in unison on two planes for a crisp, sharp image. The entire assembly operates in a smooth, time-continuous motion using stepper motors (two per frame blade and one for the entire mechanism). The shutter mechanism can rotate 50° in either direction and the frame blades can tilt +/- 30°.

VARI*LITE® - VL3500™ SERIES LUMINAIRE USER'S MANUAL

_OPTICAL
Source

Osram HMI 1200 W/S Metal Halide Lamp, 6000°K, 85CRI

Output

24,000 lumens

Reflector

Precision glass reflector with dichroic cold mirror coating.

Color Filter

Fixed wheel color filters: .044" thick, 2.039" diameter.

Gobo

Gobos are E size. *Metal gobos are not acceptable.*


OPERATIONAL
Power Requirements

Standard AC power distribution from 200-264 VAC, 50/60 Hz. The unit requires 7 to 12 A depending on the AC supply voltage.

Operational Temperatures

VL3500 Luminaire: -20° to 122°F (-29° to 50°C) / VL3500Q Luminaire: -20° to 104°F (-29° to 40°C)

Cooling

Forced air cooled.

Control

Compatible with a wide variety of DMX512 consoles.

Weight

VL3500 Luminaire: 92 lbs. (41.8 kg) with rails / VL3500Q Luminaire: 95 lbs. (43.2 kg) with rails

Spacing

Hangs on 26.0 inch (66 cm) centers. All models can be mounted and operated in any orientation.


PHOTOMETRIC

VL3500 Spot Luminaires - 1200W Metal Halide

Fixture output = 24,000 lumens. All data taken with a seasoned light source at 20 hours of life.

Zoom Lens Position	CANDELA (cd)**	BEAM ANGLE (degrees)	BEAM DIAMETER TN*	FIELD ANGLE (degrees)	FIELD DIAMETER TN*
NFOV	1,201,000	9.0	0.157	10.0	0.175
MFOV	104,400	31.0	0.555	35.0	0.631
WFOV	40,930	48.0	0.849	56.0	1.063

* Multiply throw distance by Tn to determine coverage.

** To calculate center beam illuminance (I) at a specific distance (D): $I = \frac{cd}{D^2}$

-- if (D) is in feet, (I) is in foot candles

-- if (D) is in meters, (I) is in lux

Abbildung 286 Technische Daten (Herstellerangaben) [105]

Photometrie

**PHOTOMETRIC****VL3500 Spot Luminaires - 1200W Metal Halide**

Fixture output = 24,000 lumens. All data taken with a seasoned light source at 20 hours of life.

Zoom Lens Position	CANDELA (cd)**	BEAM ANGLE (degrees)	BEAM DIAMETER TN*	FIELD ANGLE (degrees)	FIELD DIAMETER TN*
NFOV	1,201,000	9.0	0.157	10.0	0.175
MFOV	104,400	31.0	0.555	35.0	0.631
WFOV	40,930	46.0	0.849	56.0	1.063

* Multiply throw distance by Tn to determine coverage.

** To calculate center beam illuminance (I) at a specific distance (D): $I = \frac{cd}{D^2}$

-- if (D) is in feet, (I) is in foot candles

-- if (D) is in meters, (I) is in lux

Abbildung 287 Photometrie (Herst.) [105]

GLP Highlander

- Kopfbewegter Profil-Scheinwerfer (Moving Light)
- 1400W Entladungslampe mit Kurzbogenbrenner
 - OSRAM HTI Lok-It 1400/ PS Brilliant PGJX28 (6000 K), 5.3 mm Bogen
- 5°– 44° Zoom
- DMX-Steuerung

*Datenblatt***LIGHT SOURCE**

Light Source Type	OSRAM Lok-it! 1400/PS Brilliant
Light Source Power	1,400 W
Light Source Lifetime	750 h (L70)
CCT	6,000 K
CRI (Ra)	95+
CQS	95+
TLCI	95+
TM-30 Rf	95+
TM-30 Rg	90+

OPTICAL SYSTEM

Total Output	23,000 lm
min. Zoom	4° beam angle (50%)
max. Zoom	61° field angle (10%)
Zoom Ratio	1:7
Focus	2m / 6.6 ft – infinity, motorized
Focus tracking	off, near, medium, far
Output Lens Diameter	230 mm / 9 in

DYNAMIC EFFECTS

Color mixing	fully Variable CMY, fixed colors
Color temperature control	variable CTO, 2,700 K – open
Color wheel 01	7 x dichroic filters + open, indexing, continuous
Color wheel 02	7 x dichroic filters + open, indexing, continuous
Framing	4 individual framing shutters with +/- 30° pitch control each, each blade covers 100% of the beam, additional gate rotation of 45°
Iris	virtual via Framing System
Performance Modes	fast, medium, smooth
Fan Modes	regulated, high
Dimmer / Shutter	0–100 % continuous mechanical dimming, regular and random strobe and pulse effects, instant open and blackout, separate mechanical shutter
Pan	670°
Tilt	264°

DIMENSIONS & WEIGHT

Height (Head straight up)	724 mm / 28.6 in
Height (Head vertical)	773 mm / 30.5 in
Width (across yoke)	492 mm / 19.4 in
Depth (head straight up)	773 mm / 30.4 in
min. center-to-center distance	730 mm / 28.8 in
Weight (netto)	29.5 kg / 65.1 lbs

APPROVALS AND CLASSIFICATIONS

EN 62471 Classification	Risk Group 2
-------------------------	--------------

CONTROL AND PROGRAMMING

DMX channels	26
Control Modes	1
Control Protocols	DMX (USIIT DMX512-A), RDM (ANSI/ESTA E1.20), Art-Net, sACN, Lumenradio CRMX DMX/RDM (optional)
High-Res Channels	Dimming, Pan, Tilt
Dimming Curves	linear, soft
Performance Modes	fast, medium, smooth
Fan Modes	regulated, high
Focus Tracking	off, near, medium, far
Framing Control Modes	P/I, L/R
Setting and addressing	control panel with backlit graphic display, Jog Dial Navigation, DMX, RDM
Others	Stand Alone Scene, Eco Lamp Mode, Auto Lamp On, manual options
Firmware Update	DMX Link via DProg

CONNECTIONS

Power connection	Neutrik powerCON TRUE1 In
Signal connection	XLR 5-Pin In/Out, Neutrik etherCON In

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Power input	100 – 240 V AC nominal, 50/60 Hz
Power supply unit	auto-ranging electronic switch-mode
Fuse	T15A 250V 6x32mm
Max. number of products per current line	1 x HIGHLANDER Wash @ 100 – 120 V, 60 Hz 2 x HIGHLANDER Wash @ 200 – 240 V, 50 Hz
Incl. power cable	US: 16 A, 14 AWG, UL listed, E304117, SJT, 4.9 ft EU: 16 A, 1.5mm ² , H05VV-F, 1.5 m
Max. power (@230 V)	1,750 W, 7.6 A, PF >0.9
Typ. power (@230 V)	1,750 W, 12 A
EEC	B
EEL	0.82
Ec (kWh/1,000h)	1173.0

THERMAL SPECIFICATIONS

Cooling Type	Combined convection and forced air
Max. surface temperature (Ta = 40°C)	100°C / 212°F
Max. ambient temperature (Ta max.)	45°C / 115°F
Min. ambient temperature	5°C / 40°F

Abbildung 288 Technische Daten (Herstellerangaben) [106]

Photometrie

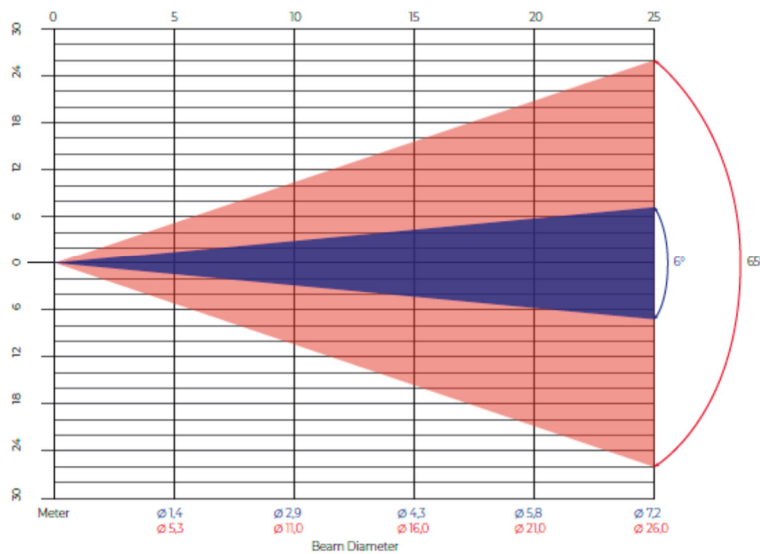
BEAM ANGLE

Abbildung 289 Photometrie (Herst.) [107]

Risikobewertung lt. Hersteller

**Eye safety**

- The Highlander Wash is classified as a Risk Group 3 lighting fixture according to EN 62471. Possibly hazardous radiation emitted. Do not stare into the light output from the fixture. May be harmful to the eyes.

APPROVALS AND CLASSIFICATIONS

EN 62471 Classification Risk Group 2

Abbildung 290 Risikobewertung Herst. (Safety Manual EN, Datasheet) [107]

Robe BMFL Wash

- Kopfbewegter Wash-Scheinwerfer (Moving Light)
- 1700W Entladungslampe mit Kurzbogenbrenner
 - OSRAM HTI Lok-It 1700/PS (8000 K), 5.2 mm Bogen
- 4.5°– 29° (55°) Zoom
- DMX-Steuerung

Datenblatt

Electrical

Power supply: electronic auto-ranging
Input voltage range: 200-240V, 50-60Hz
Power consumption:
Lamp power 1700W..... 2000W (power factor=0.99, I=8.96 A@230V)
Lamp power 1500W..... 1820W (power factor=0.99, I=8.04 A @230V)
Fuse: T 12 A/250V

Lamp

Osram Lok-it! HTI 1700/PS (140,000 lumens, CRI=92+, CCT=6000K,
750 hrs. life @ 1700W/1500W/Quiet mode)
Base: PGJ28 Lok-it!

Ballast

Electronic

Optical System

High luminous-efficiency glass reflector
Zoom range: 4,5°-29° (1/2 beam)
9°- 55° (1/10 beam)

Colour wheel 1

6 dichroic filters (deep red, deep blue, orange, green, magenta, congo blue) + open

Colour wheel 2

6 replaceable 'SLOT&LOCK' dichroic filters (pink, lavender, laser green, CTB,
minus 1/1 green, minus 1/2 green) + open

CMY + CTO mixing module

Smooth CMY colour mixing system
Colour temperature correction filter lowers colour temperature to 2700 K
98 colour macros

Frost filter

replaceable,variable frost filter 20°
Optional filters 10°and 30° included

Zoom

Linear motorized zoom

Strobe

Strobe effect with variable speed (up to 10 Hz)
Electronic strobe

Dimmer

Smooth dimmer from 0 - 100 %

Control

Graphic touch screen for fixture setting and addressing
Gravitation sensor for auto screen positioning
Battery backup of the touch screen
Readout fixture and lamp usage, receiving DMX values, temperatures, etc
Built-in analyzer for easy fault finding, error messages
Remotely switching on/off the lamp

Black-out while head moving or colour changing
 Pan/Tilt electronic motion stabilizer
 Stand-alone operation
 3 user editable programs, each up to 100 steps
 Supported protocols: USITT DMX 512, RDM, ArtNet, MANet, MANet2, sACN
 Support of RDM (Remote Device Management)
 2 DMX modes (25, 21 control channels)

Wireless DMX/RDM module (Wireless DMX version only)
 Compliance with USITT DMX-512 (1988 & 1990) and 512-A
 Full DMX fidelity and frame integrity
 Auto sensing of DMX frame rate and frame size
 <5ms DMX latency
 Operational frequency range of 2402-2480 MHz
 Producer: LumenRadio

Pan/Tilt
 Pan movement range 540°
 Tilt movement range 270°
 16 bit movement resolution
 Automatic Pan/Tilt position correction
 Remotely controllable speed of pan/tilt movement for easy programming
 Pan/tilt-lock mechanism

Rigging
 Mounting points: 2 pairs of 1/4-turn locks
 Mounting horizontally or vertically via 2 Omega brackets

Temperatures
 Maximum ambient temperature: 45°C (for CE)
 25°C (for cETLus)
 Maximum housing temperature : 170° C (at air vents in fixture head)

Minimum distances
 Min. distance from flammable surfaces: 1 m
 Min. distance to alight object: 8 m

Connection
 DMX data in/out: Locking 3-pin and 5-pin XLR
 ArtNet: RJ 45 (Neutrik Ethercon)
 AC power IN: Chassis connector Neutrik PowerCon, A-type, NAC3MPA

Total heat dissipation
 6480 BTU/h (calculated)

Weight (net)
 35 kg

Abbildung 291 Technische Daten (Herstellerangaben) [108]

Photometrie

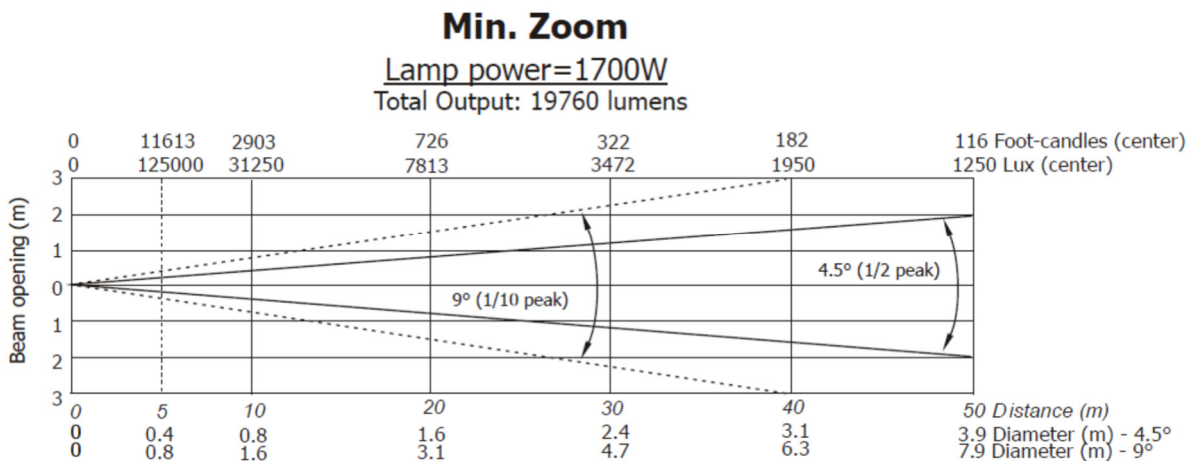


Abbildung 292 Photometrie (Herst.) Zoom 4.5° [109]

Robe MMX Spot

- Kopfbewegter Wash-Scheinwerfer (Moving Light)
- 1200W Entladungslampe mit Kurzbogenbrenner
 - Philips MSR Platinum 35 (7350 K), 3.0 mm Bogen
- 8.5°– 45.5° Zoom
- DMX-Steuerung

Datenblatt

SOURCE

- Lamp: Compact high-pressure metal halide lamp
- Base: PGJX36
- Approved model: Philips MSR Platinum 35, 1200 W equivalent
- Control: Automatic and remote on/off
- Ballast: Electronic

OPTICAL SYSTEM

- Fixture total lumen output: 26141 lm
- Dichroic glass reflector for maximising the light efficiency
- Beam angle: Zoom range: 8.5° - 46.5° (8.5° - 42.5° for gobo, 9.8° - 46.5° for open hole)

ELECTROMECHANICAL EFFECTS

- Cyan: 0-100%
- Magenta: 0-100%
- Yellow: 0-100%
- CTO: 0-100%
- Hot-spot control: Hot-or-not-spot
- Colour wheel: 6 dichroic filters + white
- Dual Graphic Wheel
- Rotating Gobo wheel 1: 7 rotating, indexable, replaceable "SLOT&LOCK" glass gobos + open
- Rotating Gobo wheel 2: 7 rotating, indexable, replaceable "SLOT&LOCK" glass gobos + open
- Iris: Motorized, stepless, pulse effects up to 3 Hz
- Prism: 5-facet prism rotating in both directions at different speeds
- Frost effect: Separate, variable
- Dimmer/Shutter: Full range dimming and variable strobe effect, Electronic strobbing "ZAP" effect
- Motorized zoom and focus
- Pan: 540°
- Tilt: 270°

CONTROL AND PROGRAMMING

- Setting & Addressing: ROBE Navigation System 2 (RNS2)
- Protocols: USITT DMX-512, RDM, ArtNet, MA Net, MA Net2
- Optional wireless version available: CRMX™ technology from Lumen Radio
- Control channels: 38, 31, 29, 40
- 4 DMX protocol modes
- 3-editable programs, each up to 100 steps
- Stand-alone operation
- QVGA Robe touch screen with battery backup gravitation sensor for auto screen positioning operation memory service log with RTC
- Pan/Tilt resolution: 8 or 16 bit
- Movement control: Tracking and vector
- Colour wheel positioning: 8 or 16bit
- Rotating gobo wheel positioning: 8 or 16bit
- Gobo indexing & rotation: 8 or 16bit
- Dual Graphic Wheel: 8 bit

- Iris: 8 or 16bit
- Frost: 8 bit
- Zoom: 8 or 16bit
- Focus: 8 or 16bit
- Dimmer: 8 or 16bit
- Ethernet port: Art-Net protocol, ready for ACN
- Data in/out: Locking 3-pin & 5-pin XLR
- Built-in analyser for easy fault finding

ROTATING GOBOS

- Glass gobos - outside diameter: 26.8 mm, image diameter: 22.0 mm, thickness: 1.1 mm, max. thickness: 4.0 mm, high temperature borofloat or better glass

THERMAL

- Maximum ambient temperature: 45 °C (104 °F)
- Maximum surface temperature: 100 °C (212 °F)

ELECTRICAL SPECIFICATION

- Power supply: Electronic auto-ranging
- Input voltage range: 100-240 V, 50/60 Hz
- Power consumption: 1020 W at 230 V / 50 Hz

MECHANICAL SPECIFICATION

- Height: 722 mm (28.4") - head in vertical position
- Width: 446 mm (17.6")
- Depth: 530 mm (20.8")
- Weight: 25.5 kg (56.2 lbs)
- Fixation option: Pan/Tilt-lock mechanism

RIGGING

- Mounting points: 2 pairs of ¼-turn locks
- 2 x Omega brackets with ¼-turn quick locks

Abbildung 293 Technische Daten (Herstellerangaben) [110]

Photometrie

Total Lumen output: 26141lm

Lamp: MSR Platinum 35

Beam angles are mesured at open beam

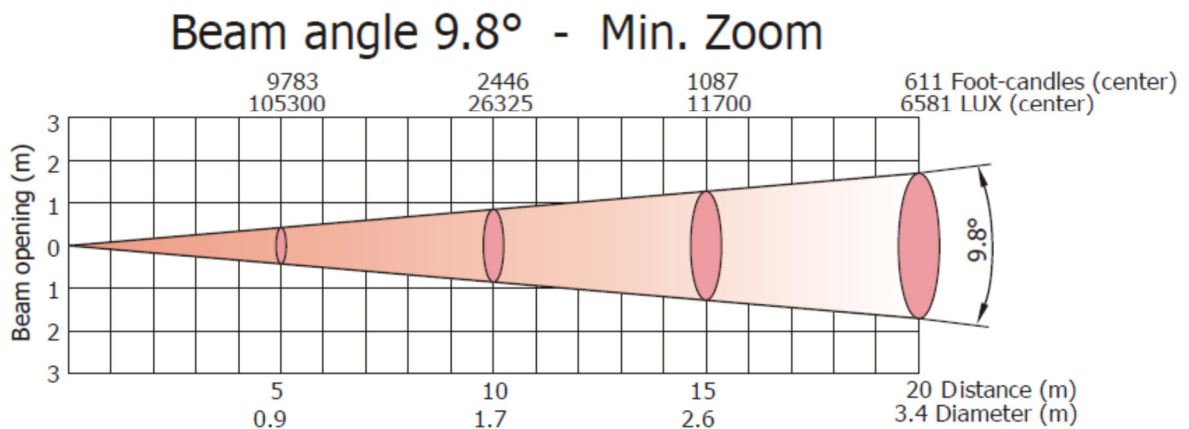


Abbildung 294 Photometrie (Herst.) [110]

Varilite VL 6000

- Kopfbewegter Wash-Scheinwerfer (Moving Light)
- 1500W Entladungslampe mit Kurzbogenbrenner
 - Philips MSR Gold FastFit 1500W (6300 K), 6.3 mm Bogen
- 6.4° Zoom
- DMX-Steuerung

Datenblatt

Optical

Note: VL6000 Beam Luminaires accept glass gobos only. Use of metal gobos in these luminaires may damage gobo assembly and will void the luminaire warranty.

Edge and Pattern Focus

Variable beam focus to soften edges of gobos.

Source

1500W Philips MSR Gold FastFit lamp running at 1500W.

Reflector

Precision faceted, elliptical glass reflector system with dichroic cold mirror coating.

Color Temperature

6000K

Fixture Output

56,000 lumens

Intensity Control

Full field dimming designed for smooth timed fades as well as quick dimming effects. It also features a high-performance dual blade strobe system capable of ultra-fast operation.

Mechanical**Fixed Color Wheels**

Three fixed color wheels each with six color filters are capable of producing a multi-color effect and variable wheel rotations. Less saturated colors allow for limited color mixing, which can be easily accessed from the console.

Rotating Gobo Wheel

One gobo wheel to offer seven rotatable, indexable gobo positions and one open position.

Edge and Pattern Focus

Variable beam focus to soften edges of gobos or iris.

Frost

Independent frost glass for softness control.

Intensity Control

Full field dimming designed for smooth timed fades as well as quick dimming effects.

Strobe

High-performance dual blade strobe system capable of ultra-fast operation.

Pan and Tilt

Smooth, time-controlled continuous motion by way of three-phase stepper motor systems.

- Range: Pan - 540°, Tilt - 240°.
- Accuracy: 0.3° resolution.

Weights

Unit weighs (luminaire only, without accessories) 61.5 lbs (28 kg).

Abbildung 295 Technische Daten (Herstellerangaben) [111]

Photometrie

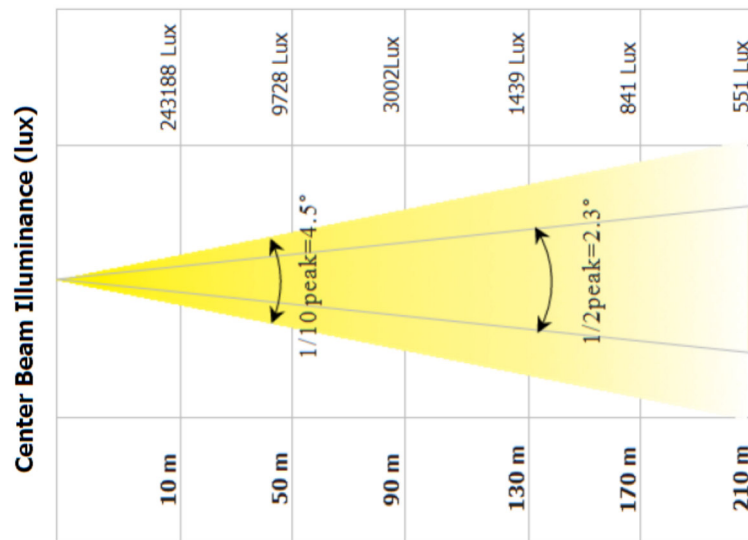


Abbildung 296 Photometrie (Herst.) [111]

Scheinwerfer mit HMI-Leuchtmittel

Arri Arrisun5

- PAR-Scheinwerfer mit Vorsatzlinsen sowie UV-Schutzglas
- 575W Metallhalogen-Entladungslampe
 - OSRAM HMI SEL 575W, 7mm/ 10mm Bogen
 - Philips MSR 575 HR 1CT/4 (6990 K), 7mm/ 10mm Bogen
- 5° Spot „noLens“, 8.8° - 50,2° mit Vorsatzlinsen (Spot/ Flood)
- DMX-Steuerung
- Externes Vorschaltgerät (El. Ballast)

Datenblatt

Accessories

L2.79671.0	4-Leaf Barndoor, outside silver, 197 mm
L2.79670.0	4-Leaf Barndoor, black, 197 mm
L0.77863.0	4 Lens Set (Spot, Narrow Flood, Flood, Super Flood) 175 mm
L2.77864.0	Spot Lens, 175 mm, blue
L2.77866.0	Narrow Flood Lens, 175 mm, black
L2.77868.0	Flood Lens, 175 mm, green
L2.77870.0	Super Flood Lens, 175 mm, red

Lamps

Metal Halide	HMI 575 W Osram, Longlife – 1000 h	230 V	G22
Metal Halide	MSR 575 W Philips HR	230 V	G22

Specifications

Weight	4.5 kg
Reflector	Facetted parabolic glass reflector
Cable Length	0.5 m
Lens Diameter	175 mm
Mounting	Spigot 16 mm (5/8")
Lamp Base	G22
Packed Size	475 x 380 x 320 mm
Packed Weight	6.1 kg
Protection Class	IP 20
Certifications	CE

Abbildung 297 Technische Daten (Herstellerangaben) [112]

Photometrie

Photometric Data for AS5 Event (Osram HMI 575 W/SE)

Lens Type	Focus	Beam Angle	Throw 10 m	Throw 15 m	
Spot	Spot	8.8°	8140	3616	Output (lux)
			1.6	2.3	Diameter (m)
Narrow Flood	Spot	9.4° x 21.2°	3985	1770	Output (lux)
			1.6 x 3.7	2.5 x 5.5	Diameter (m)
	Flood	38.8° x 48.8°	508	226	Output (lux)
			6.6 x 8.3	10 x 12.4	Diameter (m)
Flood	Spot	20° x 42.2°	1100	490	Output (lux)
			3.5 x 7.2	5.2 x 10.8	Diameter (m)
	Flood	40° x 61.2°	465	206	Output (lux)
			6.8 x 10.2	10.3 x 15.3	Diameter (m)
Super Flood	Spot	36°	880	391	Output (lux)
			6.2	9.3	Diameter (m)
	Flood	50.2°	481	214	Output (lux)
			8.5	12.7	Diameter (m)

Abbildung 298 Photometrie mit Vorsatzlinsen (Herst.) [112]

Elektronisches Vorschaltgerät für Arrisun5



- Gewicht: 8 kg
- Größe: (156 x 200 x 335)mm
- Lamp power: 575W/ 1200W
- Cold start and hot restrike

Abbildung 299 Elektr.
Vorschaltgerät EB 575/
1200 [112]

Vorsatzlinsen

Tabelle 132 Liste Vorsatzlinsen (Angaben ArriRental) Arrisun 5

Nr.	Scheinwerfer	Öffnungsweite	Bemerkung
1	blau/ blue	Spot 10°	Abbildung 300
2	schwarz/ black	Narrow-Flood 10° x 20°	Abbildung 301
3	grün/ green	Flood 20° x 45°	Abbildung 302
4	rot/ red	Super-Flood 50°	Abbildung 303
5	silber/ silver	Frosted Fresnel	Abbildung 304

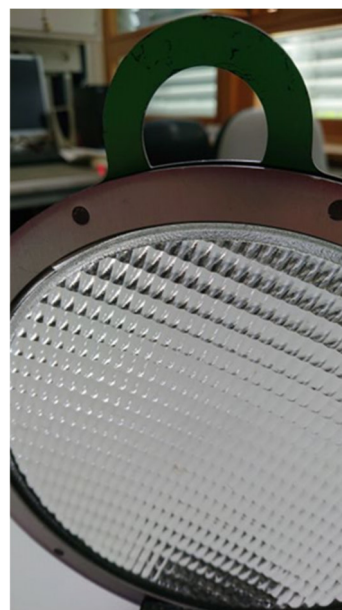
Abbildung 300 Vorsatzlinse bl
„Spot 10°“Abbildung 301 Vorsatzlinse sw
„Narrow Flood
10°x20°“Abbildung 302 Vorsatzlinse gn
„Flood 20°x45°“

Abbildung 303 Vorsatzlinse rt
„Super Flood 50“

Abbildung 304 Vorsatzlinse sr
„Forsted Fresnel“

Transmission Schutzscheibe

HMI-Brenner besitzen spektrale Anteile im UV-Bereich. Zum Schutz ist der Arrisun5 mit einer UV-Schutzscheibe ausgestattet. In Abbildung 305 wird die Transmission der Schutzscheibe und das Spektrum des HMI-Brenners verglichen. Die Schutzscheibe ist wirksam für Spektralanteile unterhalb 300nm bis 315nm. Die Spektralanteile oberhalb 300nm bzw. 315nm werden nicht rausgefiltert.

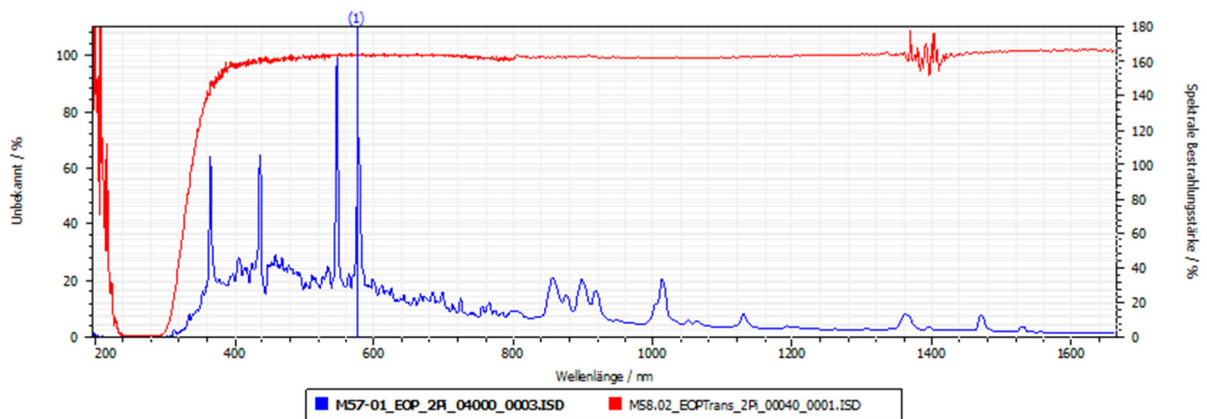


Abbildung 305 Transmission Schutzscheibe Arrisun5 (rot)

Arri True Blue D12

- Fresnel Spotlight mit Tageslichtcharakteristik
- Gewicht: 9.9kg
- 1200W Metallhalogen-Entladungslampe
 - KOTO Dis 1200 W/SE G38 HR UV (6000 K), 10mm (?) Bogen
 - OSRAM 53980 HMI 1200W/SEL/UVS XS, 10mm Bogen
 - PHILIPS MSR 1200 HR 1CT/2, 10mm Bogen
- 6.5° - 61.0° (Spot/ Flood)
- DMX-Steuerung
- Externes Vorschaltgerät (EB MAX 1.8 ALF CCL DMX AutoScan)

Datenblatt

Electronic Ballasts*

Part No.	Description
L2.76125.0	EB 575/1200W, 115/230V, int. (VEAM)
L2.76425.0	EB 575/1200W,ALF, 115/230V, int. (VEAM)
L2.76230.0	AC/DC EB 575/1200W, 115/230V AC, 24/48-60V DC int. (VEAM)
L2.76625.0	EB 1200/1800, ALF, 115/230 V, int. (VEAM)
L2.76626.0	EB 1200/1800, ALF, 115/230 V, int. (VEAM), DMX
L2.76626.A	EB 1200/1800, ALF, 115/230 V, int. (VEAM), DMX, USA - Version.
L2.76671.0	EB 575/1200/2500/4000W, ALF, 230V, int. (VEAM)

Conventional Ballasts*

Part No.	Description
L2.75012.E	CB 1200W, 230V, int. (VEAM)

Accessories

L2.39870.0	Four Leaf Barndoor
L2.39900.0	Eight Leaf Barndoor
L2.79890.0	Filter Frame
L2.79880.0	Variable Snoot
L2.79860.0	Set of 4 Scrims (without bag)
L2.88914.1	Scrim bag
L2.75600.0	Head to ballast cable, 575/1200W, 7m, int. (VEAM)
L2.75600.C	Head to ballast cable, 575/1200W, 15m, int. (VEAM)

Lamp Type

Metal Halide	HMI1200/SE G38
--------------	----------------

Specifications

Weight	9.9kg
Lens Diameter	175mm (6.9") low expansion borosilicate Fresnel lens
Reflector	Spherical specular high purity aluminium
Mounting	28mm (1 1/8")
Protection Class	IP23
Certification	NRTL-US-C, CE, TÜV GS, CB
Packed size	460x400x650mm
Packed weight	12.3kg

Abbildung 306 Technische Daten (Herstellerangaben) [113]

Photometrie

Photometric Data

Throw (m):		8	12	16
Spot:	Output (lux)	9246	4109	2312
7.5°	Diameter (m)	1.0	1.6	2.1
Medium:	Output (lux)	2154	957	538
30°	Diameter (m)	4.2	6.3	8.4
Flood:	Output (lux)	1092	485	273
50°	Diameter (m)	7.5	11.2	14.9

Abbildung 307 Photometrie (Herst.) [113]

Gefahrenklasse lt. Herst.

- Blicken Sie nicht direkt aus einer Entfernung unter Risikogruppe 2 in die Lichtaustrittsöffnung des Geräts.

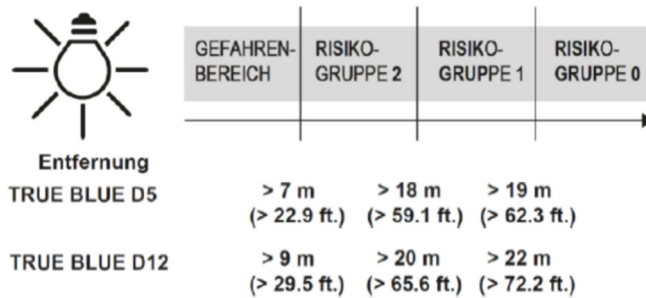


Abbildung 308 Gefahrenklasse (Herst.) [113]

Elektronisches Vorschaltgerät für Arri True Blue D12



- EB MAX 1.8 ALF CCL DMX AutoScan
- Gewicht: 8 kg
- Größe: (156 x 200 x 335)mm
- Lamp power: 575 bis 1.800 W
- Cold start and hot restrike
- Einstellmöglichkeiten für eine hohe Bildqualität bei hohen Bildfrequenzen (75Hz Standard, 270Hz-360Hz/900Hz-1200Hz High Speed)

Abbildung 309 Elektr. Vorschaltgerät
EB MAX 1.8 [114]

Scheinwerfer mit CDM-Leuchtmittel

ETC S4 PARnel

- PAR-Scheinwerfer
- 250W Entladungslampe
 - Philips Master Colour CDM-T 250W/ 942 (4200 K), 12.3mm Bogen
 - einseitig gesockelt, Keramik-Metallhalogendampf-Entladungslampe, 105 lm/ Watt
- 25°-45° (Spot/ Flood)
- DMX-Steuerung
- Externes Vorschaltgerät (El. Ballast) für CDM-Brenner

Datenblatt

Source Four[®] PARnel CDM

250W, silbergrau

Entladungslampe

PAR-Scheinwerfer mit Entladungslampe



Abbildung zeigt Scheinwerfer in Schwarz

- Externes, elektronisches Vorschaltgerät, am Bügel montiert
- Geringe Wärmeentwicklung
- Fokussierbar
- Aufnahme für dichroitische Farbfilter und Farbwechsler
- Energiesparendes CDM-Leuchtmittel
- Lange Lebensdauer des Leuchtmittels von 8.000 Stunden
- Umfangreiches optionales Zubehör
- Gehäuse in Schwarz, Weiß, Silbergrau (RAL 9006) und in jeder RAL-Farbe lieferbar

Der Source Four[®] PARnel CDM ist ein fokussierbarer CDM-Scheinwerfer mit der Lichtverteilung eines konventionellen Fresnel-Linsenscheinwerfers und der Vielseitigkeit eines Source Four[®] PAR mit CDM-Leuchtmittel.

Bei dem Source Four[®] PARnel CDM handelt es sich um den vielfach bewährten Original ETC Source Four[®] PARnel Scheinwerfer, der von Major speziell für den Einsatz von CDM-Leuchtmitteln aufgerüstet wurde.

Lieferumfang

Externes, elektronisches Vorschaltgerät mit Netzkabel mit Schukostecker und Farbfilterrahmen

Technische Daten

Abstrahlwinkel/Zoom	25°-45°
Betriebsspannung/	230V
Versorgungsspannung	
Filterzuschneitsgröße	190 x 190mm
Gewicht (ohne Verpackung)	5,6kg
IP-Klassifizierung	IP20
Leistung des Leuchtmittels	250W
Maße	273 x 260 x 279mm (ohne EVG)
Sockel/Lampentyp	G12
Steckverbinder eingangsseitig	Schuko Stecker

Abbildung 310 Technische Daten (Herst.) [64]

Photometrie

Source Four HID Zoom 25°- 50°

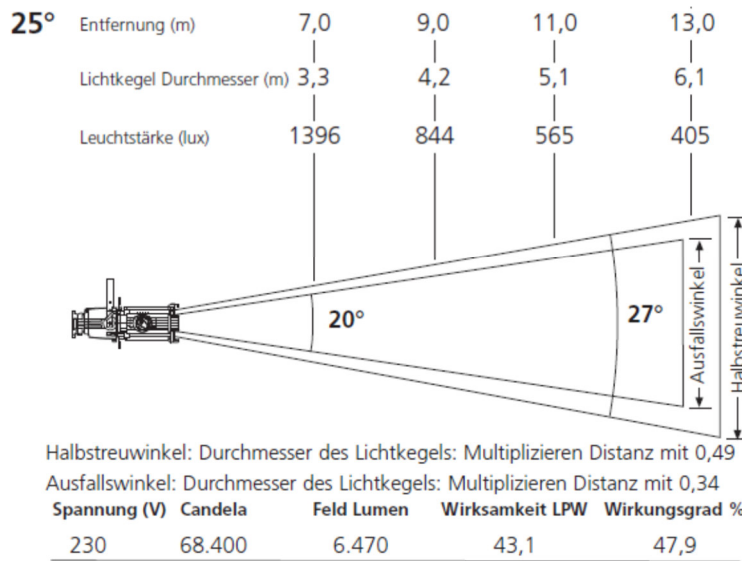


Abbildung 311 Photometrie 150W(!) CDM (Herst.)

Brenner

Abbildung 312 ist eine Aufnahme des verwendeten Leuchtmittels. Die Elektroden des Brenners sind durch die „trübe“ Kugel in der Mitte kaum zu erkennen. Der äußere Glaskolben blockiert UV-Strahlung.



Abbildung 312 Philips Master Colour CDM-T 250W/ 942

Bei eingeschaltetem Brenner erscheint meist die komplette Kugel gleichmäßig leuchtend, mithilfe von Dichtefiltern oder durch eine Abbildung kann jedoch der hellere Lichtbogen erkannt werden. Bei horizontalem Betrieb (Abbildung 313) ist dieser durch Konvektion gekrümmt, bei vertikalem Betrieb (Abbildung 314) nicht. An Abbildung 313 und Abbildung 314 kann u.a. die höhere Leucht-/ Strahldichte des Lichtbogens erkannt werden.



Abbildung 313 Philips Master Colour CDM-T 250W/
942 (Lichtbogen horizontal)

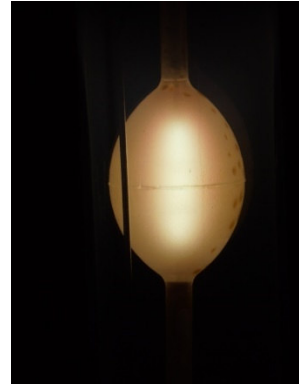


Abbildung 314 Philips Master Colour CDM-T 250W/
942 (Lichtbogen vertikal)

Scheinwerfer mit XENON-Leuchtmittel

Martin Atomic 3000

- Strobo-Scheinwerfer mit Reflektor (3000W)
- 1000W Metallhalogen-Entladungslampe
 - Philips MAX 15 Xenon Strobe-Röhre (1500W)
 - Philips XOP 15-OF (200-250 V), 312mm Bogen (1000W)
- Blitzdauer (engl. variable strobe): 0 - 650 ms, Blitzrate (engl. strobe rate): 0 - 25 Blitze/sec
- DMX-Steuerung

Datenblatt

ABMESSUNGEN / GEWICHT

Abmessungen (ohne Bügel): 245 x 425 x 240 mm
Gewicht: 7.5 kg

TEMPERATUREN

Maximale Umgebungstemperatur: 40° C

STEUERUNG UND PROGRAMMIERUNG

DMX-512 (1990) Steuerung: 1-, 3-, und 4-Kanal Modi
Steckerbelegung: 3-pol XLR - Pin 1 Schirm, Pin 2 Cold (-), Pin 3 Hot (+)
Kompatible Fernsteuerungen: Martin MC-1 und Detonator
Stand-alone Steuerung: via N.O. oder N.C. SPST switch
Stand-alone Optionen: wählbare Blitzfrequenz oder Blindereffekt

STROMVERSORGUNG

Netzkabel: 3-pol. 2.5 mm² Netzkabel
Netzspannung und -frequenz (XOP 7-OF): 90 - 260 V, 50 - 60 Hz
Netzspannung und -frequenz (XOP 15-OF): 125 - 260 V, 50 - 60 Hz
Spitzenstrom: 33 A
Typische Stromaufnahme (XOP 15-OF, volle Leistung) 8 A

SICHERUNGEN

Primärsicherung: 20 AT / 250 V, P/N 05020040

Abbildung 315 Technische Daten (Herst.)

Photometrie

k.A.

F Auszug Messwerte Prüfbericht BG ETEM – E-Spot-Max

Entfernung [m]	E-UVA [W/m ²]	E-S [W/m ²]	E-B [W/m ²]	E-IR [W/m ²]
0,2	158,9	0,0105	740,5	1796,8
0,5	68,7	0,0045	323,6	674,3
1	22,3	0,0015	104,1	207,5
2	6,2	0,0004	28,5	56,6
4	1,7	0,0001	7,5	15,2
8				

Abbildung 316 PB BG ETEM „Zusammenfassung der Bestrahlungsstärkeergebnisse“

Zusammenfassung 100 mrad / ohne MU			
Entfernung	BLH	RTH	IRA
0,2			
0,5	8,751	OVL	OVL
1	7,750	OVL	OVL
2	4,663	OVL	1,406
4	1,298	OVL	0,498
8			

Einheit kW/m²/sr

Abbildung 317 PB BG ETEM „Zusammenfassung der Strahldichtemessergebnisse – 100mrad“

Zusammenfassung 11 mrad / ohne MU			
Entfernung	BLH	RTH	IRA
0,2			
0,5	12,259	49,02	4,496
1	11,164	45,21	4,258
2	10,760	42,72	4,036
4	10,363	40,54	3,783
8			

Einheit kW/m²/sr

Abbildung 318 PB BG ETEM „Zusammenfassung der Strahldichtemessergebnisse – 11 mrad“

Zusammenfassung 1,7 mrad / ohne MU			
Entfernung	BLH	RTH	IRA
0,2			
0,5	13,247	51,29	4,926
1	12,318	52,28	4,492
2	12,196	44,23	4,296
4	11,821	44,28	4,126
8			

Einheit kW/m²/sr

Abbildung 319 PB BG ETEM „Zusammenfassung der Strahldichtemessergebnisse – 1.7mrad“

G (Original-)Messwerte BAuA – Spot/ Flood

Abstand (m)	Ev (klx)	EB (Wm-2)	LB (kWm-2sr-1)		
			1,7 mrad	11 mrad	100 mrad
0.20	987002.84	618.18			
0.50	392701.94	247.52	9.65	9.18	4.98
1.00	119180.46	74.96	9.17	8.16	4.92
1.75	44060.68	28.00	3.47	4.14	3.65
2.00	31038.92	19.46	3.16	4.30	2.91
4.00	7628.71	4.77	4.76	5.75	0.82
8.00	1882.89	1.18	6.20	6.00	0.19

Abbildung 320 (Original-)Messwerte BAuA Spot

Abstand (m)	Ev (klx)	EB (Wm-2)	LB (kWm-2sr-1)		
			1,7 mrad	11 mrad	100 mrad
0.20	962353.97	610.21			
0.50	185896.55	115.51	10.00	9.17	3.90
1.00	46217.02	28.47	8.76	7.41	2.97
1.75	15231.31	9.48	3.39	4.17	1.45
2.00	11411.33	7.01	3.11	4.28	1.10
4.00	2832.25	1.73	4.45	4.52	0.28
8.00	705.74	0.43	4.81	3.21	0.07

Abbildung 321 (Original-)Messwerte BAuA Flood

H Unterschriftenseite verpflichtend für Kooperationsprojekte

Projektnummer: _____

Titel: _____

Erklärung für das Berichtswesen in Kooperationsprojekten

Hiermit erklären die Unterzeichnenden, dass der zum __. __. ____ vorgelegte **Abschlussbericht** mit allen Kooperationspartnern abgestimmt ist.

_____ Datum:
Name, Institution

_____ Datum:
Name, Institution

_____ Datum:
Name, Institution

_____ Datum:
Name, Institution

_____ Datum:
Name, Institution

_____ Datum:
Name, Institution