

„FixtureCheck“:
Methode zum Vergleich der Farbwiedergabe-Qualität
von Weißlicht bei LED-Scheinwerfern

Master-Thesis
zur Erlangung des akademischen Grades M.A.

Matthias Held



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Design, Medien und Information
Department Medientechnik

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Carolin Liedtke

Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Roland Greule

Hamburg, 18.08.2022

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen	6
1.1 Farbräume	6
1.1.1 CIE-XYZ-Farbraum	6
1.1.2 CIE-USC-Farbtafel	8
1.1.3 CIE-L*U*V*-Farbraum	9
1.2 Farbwiedergabewerte	10
1.2.1 CIE: Color Redrendering Index (CRI)	10
1.2.2 EBU: Television Lighting Consistency Index (TLCI)	14
1.2.3 ANSI/IES: Method for Evaluating Light Source Color Rendition (TM-30-20)	16
1.2.4 SMPTE Standart: Spectral Similarity Index (SSI)	22
1.2.5 Full Spectrum Index (FSI) & Full Spectrum Color Index (FSCI)	24
1.2.6 Feeling of Contrast Color Rendering Index (FCI)	25
1.2.7 Gamut Area Index (GAI)	26
1.2.8 Memory Color Quality Metric (MCQM)	28
1.3 Nutzwertanalyse	29
1.3.1 Verfahren einer Nutzwertanalyse	29
1.3.2 Gewichtung	32
1.3.3 Skalenniveau	33
2 Scheinwerfermessung	35
2.1 Ziel der Messung	35
2.2 Auswahl der Scheinwerfer	35
2.3 Messaufbau und Durchführung	37
2.4 Messwerte und Auswertung	38
3 Erarbeitung der FixtureCheck-Methode	41
3.1 Ziele der FixtureCheck-Methode	41
3.2 Angewandte Nutzwertanalyse	41
3.2.1 Zieldefinition	42
3.2.2 Bestimmung der Kriterien	42
3.2.3 Skalierung der Kriterien	46
3.2.4 Gewichtung der Kriterien	51
3.2.5 Bestimmung des Gesamtnutzwerts („Ähnlichkeitsfaktor“)	54
3.3 Evaluierung der Gewichtungen	55
3.3.1 Fall 1: Gleiche Gewichtung aller Kriterien	55
3.3.2 Fall 2: Starke Gewichtung der spektrumsnahen Kriterien	56

Inhaltsverzeichnis

3.3.3	Fall 3: Schwache Gewichtung der spektrumsnahen Kriterien	58
3.3.4	Fall 4: Angewandte Gewichtung für die FixtureCheck-Methode	59
3.3.5	Nativer Fall: Gleiche Gewichtung aller Kriterien	61
3.3.6	Nativer Fall: Angewandte Gewichtung für die FixtureCheck-Methode	61
3.4	Redundanzüberprüfung der spektrumsnahen Kriterien	62
3.5	Ablauf der FixtureCheck-Methode	63
4	Ergebnisse und Ausblick	67
4.1	Ergebnisse	67
4.2	Ausblick	68
5	Anhang	71
5.1	Materialliste	71
5.2	Scheinwerfer Informationen	71
5.2.1	Robe Robin Viva CMY	71
5.2.2	JB-Lighting P12 Profile	72
5.2.3	JB-Lighting VaryScan P7	72
5.2.4	JB-Lighting VaryScan P7	72
5.2.5	Expolite TourLED Pr0 28 Zoom IP33	72
5.2.6	Arri L-7C	73
5.2.7	Clay Paky K-Eye K10 HCR	73
5.2.8	ETC Source 4 LED Series 2 Lustr	73
5.2.9	ETC Source 4 LED Series 3	73
5.2.10	JETI SpectraVal 1511 (scv1511)	74
5.3	Gemessene Spektren als Grafiken	75
5.4	Gemessene Spektren als Tabelle	98
	Abbildungsverzeichnis	141
	Tabellenverzeichnis	143
	Literaturverzeichnis	145

Abstract

The basic idea of the "FixtureCheck-method" lies in the comparison of white light under various criteria. For a long time, the CRI was considered by lighting fixture manufacturers to be the benchmark of light quality and is still presented today as an important argument for buying a lighting fixture. Increasingly often an "Ra+" value is stated in the datasheet, which declares that every requirement for color rendering quality is met. This makes a comparison of light quality obsolete; any lighting fixture can supposedly produce equally good color rendering values. However, as is known in practice, two lighting fixtures with the same "Ra+" value can emit quite different light. Other color rendering values are too complex (TM-30) or are not considered trustworthy. Lighting designers therefore prefer to rely on their own white light experience. The FixtureCheck-method deals with current color rendering values in detail and has made its task to make this information usable for a white light comparison. With the methodology of a weighted sum model, the various criteria such as SSI, FSI, Rf are brought into a complex context. The result helps the user to compare the white light of two lighting fixtures and supports him with the calculated "similarity factor" to find a proper decision. For Instance, this can be helpful in the planning of theatrical lighting and in the lighting design of catwalks. Often a fixture model is not available in a higher quantity, so that several models have to be used in combination, or for monetary reasons a fixture has to be substituted - there are many possible cases when the FixtureCheck-method can be used. The program should be simple for the user. The white light spectra of the fixtures measured with a spectrometer (with an adjusted CCT or native) are inserted into the FixtureCheck Microsoft Excel file and the comparison is made automatically. With the FixtureCheck-method the lighting designer has a meaningful tool at hand, which is a good alternative to the rather meager data sheets of the lighting fixture manufacturers and should facilitate the daily work for him. In developing this method, the following key questions are to be answered:

- Which parameters should be included in the FixtureCheck-method without creating redundancy?
- How can these various parameters be brought into a context together to produce a single result value?
- Does the FixtureCheck method produce predictable results?

Zusammenfassung

Der Grundgedanke der hier neu eingeführten „FixtureCheck-Methode“ liegt im Vergleich von Weißlicht unter verschiedenen Kriterien. Für lange Zeit galt der CRI bei Scheinwerferherstellern als Maßstab der Lichtqualität und wird bis heute ähnlich wie die Pferdestärke bei Fahrzeugen als Aushängeschild eines Scheinwerfermodells präsentiert. Immer öfter wird auch ein „ R_a +“-Wert angegeben, der aussagt, dass jedem Anspruch an Farbwiedergabequalität genüge getan wird. Dadurch wird ein Lichtqualitätsvergleich obsolet, jeder Scheinwerfer kann angeblich gleich gute Farbwiedergabewerte erzeugen. Zwei Scheinwerfer mit demselben „ R_a +“-Wert können jedoch ganz unterschiedliches Licht emittieren, wie in der Praxis bekannt ist. Andere Farbwiedergabewerte sind zu komplex (TM-30) oder werden als nicht vertrauenswürdig eingestuft. Die Lichtdesigner bzw. Lichtplaner verlassen sich daher lieber auf ihre eigenen Erfahrungswerte.

Für die FixtureCheck-Methode wird sich ausführlich mit aktuellen Farbwiedergabewerten befasst und sie hat es sich zur Aufgabe gemacht, diese Informationen für einen Weißlichtvergleich nutzbar zu machen. Mit der Methodik einer Nutzwertanalyse sollen die verschiedenen Kriterien wie zum Beispiel SSI, FSI, R_f in einen komplexen Gesamtzusammenhang gebracht werden. Das Ergebnis hilft dem Anwender das Weißlicht zweier Scheinwerfer zu vergleichen und sich durch den errechneten „Ähnlichkeitsfaktor“ eine Tendenz zu erschließen. Dies ist zum Beispiel hilfreich bei der Planung im Theaterlichtbereich sowie bei der Lichtplanung von Laufstegen. Oft ist ein Scheinwerfermodell in einer höheren Stückzahl nicht verfügbar, so dass man mehrere Modelle kombiniert benutzen muss oder aus monetären Gründen soll ein Scheinwerfer substituiert werden - es gibt viele mögliche Fälle, wann die FixtureCheck-Methode gebraucht werden kann. Dabei soll das Programm für den Anwender simpel gestaltet sein. Mit dem Spektrometer gemessene Weißlichtspektren der Scheinwerfer (bei einer angepassten CCT oder nativ) werden in die FixtureCheck-Microsoft-Excel-Datei eingefügt und damit ergibt sich der Vergleich ganz automatisch. Auf diese Weise hat der Lichtplaner ein aussagekräftiges Tool zur Hand, das eine gute Alternative zu den eher dürftigen Datenblättern der Scheinwerferhersteller darstellt und den Arbeitssalltag der Lichtplanung erleichtern soll. Bei der Erschließung dieser Methode sollen folgende Leitfragen beantwortet werden:

- Welche Parameter müssen in die FixtureCheck-Methode einbezogen werden, ohne dass Redundanz entsteht?
- Wie kann man diese verschiedenen Parameter in einen Gesamtzusammenhang zu einem einzelnen Ergebniswert führen?
- Erzeugt die FixtureCheck-Methode vorhersehbare Ergebnisse?

1 Grundlagen

1.1 Farbräume

Um die Lichtfarben eines Scheinwerfers kategorisieren zu können, werden diesen Koordinaten in Farbräumen zugeteilt. Die für diese Arbeit relevanten Farbräume sollen an dieser Stelle kurz erläutert werden.

1.1.1 CIE-XYZ-Farbraum

Die Internationale Beleuchtungskommission (CIE) hat 1931 mit drei virtuellen Primärvalenzen einen neuen Farbraum erklärt, da im RGB-Farbraum nicht alle reellen Farben dargestellt werden konnten¹. Aus den Untersuchungen von Wright und Guild² wird ein „farbmetrischer Normalbetrachter CIE 1931“ definiert, für den bei einer 2° Gesichtsfeldgröße die drei XYZ-Spektralwertfunktionen gelten³ (s. Abbildung 1.1).

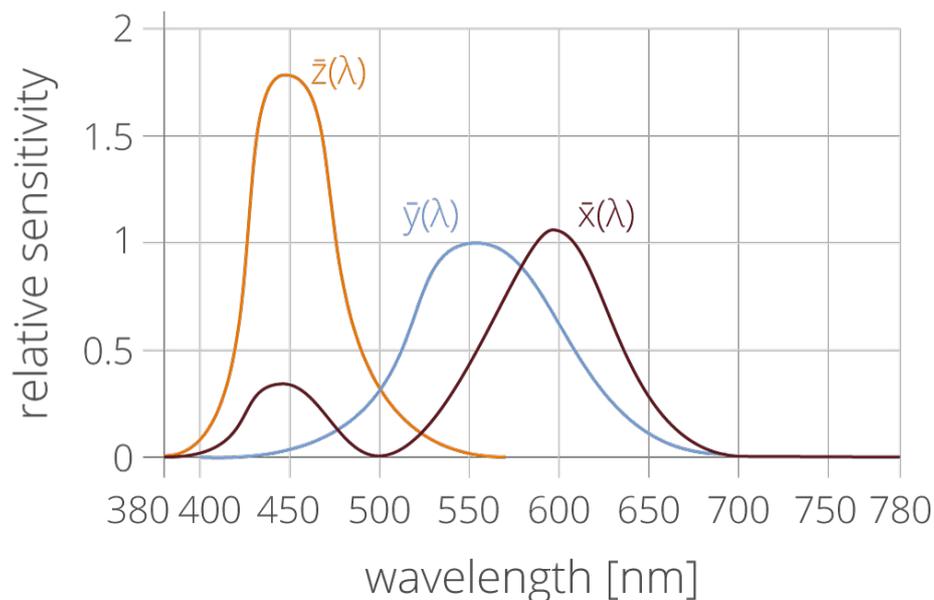


Abbildung 1.1: XYZ Spektralwertfunktionen des 2°-Normalbetrachters⁴

¹ (Greule 2021:85)

² (Service 2016)

³ (Gigahertz-Optik 2022)

⁴ <https://www.gigahertz-optik.com/assets/Uploads/Abb.-II.21-neu.png>[letzter Zugriff: 08.08.2022]

1 Grundlagen

Die Funktion \bar{y} entspricht dabei der spektralen Empfindlichkeitskurve $V(\lambda)$ für das photopische Sehen. Die XYZ-Tristimulus-Werte eines Spektrums $\varphi(\lambda)$ der Wellenlängen λ_2 bis λ_1 werden anhand der XYZ-Spektralwertfunktionen ermittelt⁵ (s. Gleichung 1.1 bis 1.3). Die Konstante k kann dabei beispielsweise so gewählt werden, dass $Y=100$ entspricht.

$$X = k \int_{\lambda_2}^{\lambda_1} \varphi(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot d(\lambda) \quad (1.1)$$

$$Y = k \int_{\lambda_2}^{\lambda_1} \varphi(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot d(\lambda) \quad (1.2)$$

$$Z = k \int_{\lambda_2}^{\lambda_1} \varphi(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot d(\lambda) \quad (1.3)$$

Aus den XYZ-Tristimulus-Werten werden die xy-Farbkoordinaten eines Spektrums bestimmt, die dann im zweidimensionalen Raum dargestellt werden (s. Gleichung 1.4 und 1.5).

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (1.4)$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (1.5)$$

Der xy-Farbraum erstreckt sich über den gesamten sichtbaren Wellenlängenbereich $380 \text{ nm} < \lambda < 780 \text{ nm}$ und wird umgangssprachlich „Farbschuh“ genannt (s. Abbildung 1.2).

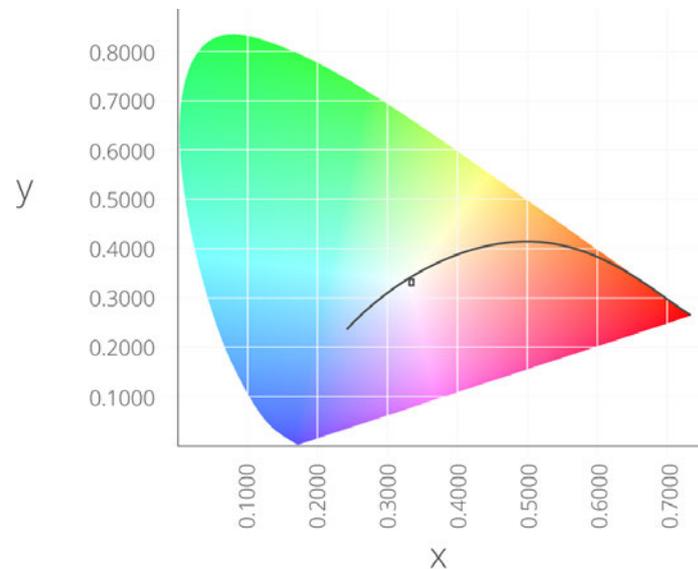


Abbildung 1.2: Darstellung des xy-Farbraums mit eingezeichneter Koordinate⁶

⁵ (Greule 2021:87)

Auf Abbildung 1.2 ist außerdem der Plank'sche Kurvenzug eingezeichnet. Anhand dieser Kurve wird die korrelierte Farbtemperatur (CCT) eines xy-Farbots verortet.

1.1.2 CIE-USC-Farbtafel

Eines der größten Probleme des CIE-XYZ-Farbraums ist, dass die Farbabstände im xy-Diagramm nicht so dargestellt werden, wie sie in der Realität sind. Der Rotbereich ist stark gestaucht, wohingegen der Grünbereich sehr gestreckt ist. Um diesem Phänomen entgegenzuwirken hat die CIE 1960 und 1967 die USC-Farbtafel definiert. Dafür werden die xy-Koordinaten in u'v'-Koordinaten umgewandelt⁷ (s. Gleichung 1.6 und 1.7).

$$u' = \frac{4x}{(-2x + 12y + 3)} \quad (1.6)$$

$$v' = \frac{9y}{(-2x + 12y + 3)} \quad (1.7)$$

Die xy-Farbtafel wird speziell gestaucht und gestreckt, sodass die u'v'-Koordinaten auf der neu entstandenen Farbtafel die Farbabstände der Farborte deutlich präziser aufzeigen (s. Abbildung 1.3).

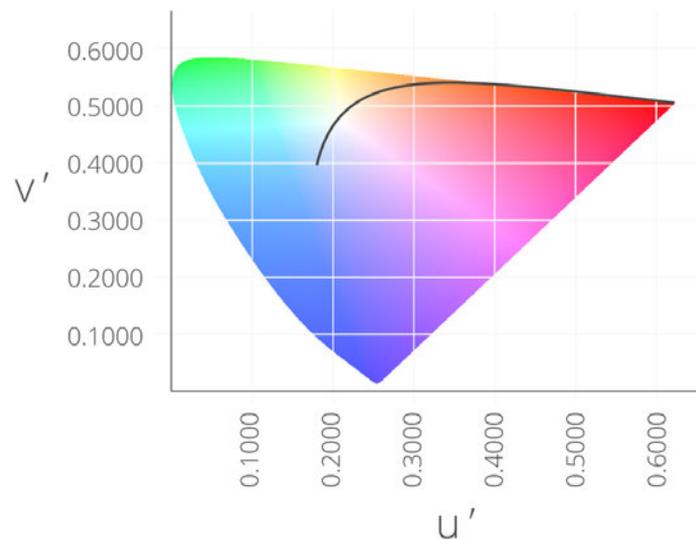


Abbildung 1.3: Darstellung des u'v'-Farbraums mit Plank'schem Kurvenzug⁸

⁶ <https://www.gigahertz-optik.com/assets/Uploads/Abb.-II.22-a-neu.png>[letzter Aufruf: 08.08.2022]

⁷ (Greule 2021:90)

⁸ <https://www.gigahertz-optik.com/assets/Uploads/Abb.-II.22-b-neu.png>[letzter Aufruf: 08.08.2022]

Auf der $u'v'$ -Farbtafel wird auch der $\Delta u'v'$ berechnet, der anzeigt wie sehr ein Farbort mit zugeteilter CCT von der Plank'schen Kurve abweicht. Ein $\Delta u'v' > 0$ beschreibt einen grünstichiges Weißlicht, ein $\Delta u'v' < 0$ dagegen ein magentastichiges⁹. Der $\Delta u'v'$ wird im nativen Vergleich bei der FixtureCheck-Methode benötigt, um den Farbortsabstand der gemessenen Spektren zur Plank'schen Kurve zu vergleichen. Bei einem angepassten Vergleich ist der $\Delta u'v'$ so minimal wie möglich zu halten und daher nicht von Belang.

1.1.3 CIE-L*U*V*-Farbraum

Der Nachteil der zweidimensionalen Farbräume besteht darin, dass nur Farben gleicher Helligkeit miteinander verglichen werden können. Daher hat die CIE 1976 den dreidimensionalen $L^*U^*V^*$ -Farbraum entwickelt. Mithilfe der XYZ-Tristimuluswerte und $u'v'$ -Farbkoordinaten einer Standardlichtart (z. B. D65) können die Helligkeit L^* und die Farbwerte u^* und v^* errechnet werden. L^* ist dabei abschnittsweise definiert¹⁰ (s. Gleichung 1.8 bis 1.10).

$$L^* = \begin{cases} 116 \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_{D65}}} - 16 & \text{für } \frac{216}{24389} \leq \frac{Y}{Y_{D65}} \leq 1 \\ \frac{24389}{27} \cdot \frac{Y}{Y_{D65}} & \text{für } 0 \leq \frac{Y}{Y_{D65}} \leq \frac{216}{24389} \end{cases} \quad (1.8)$$

$$u^* = 13L^*(u' - u'_{D65}) \quad (1.9)$$

$$v^* = 13L^*(v' - v'_{D65}) \quad (1.10)$$

Farbkoordinaten in einem dreidimensionalen Raum darzustellen ist nicht trivial und erweist sich nur als schwer praktikabel (s. Abbildung 1.4).

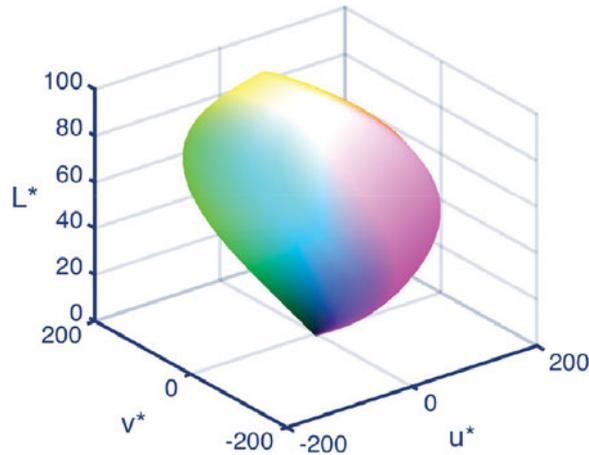


Abbildung 1.4: Darstellung des dreidimensionalen $L^*U^*V^*$ -Farbraums¹¹

⁹ (Ohno 2011)

¹⁰ (Greule 2021:91)

Im $L^*U^*V^*$ -Farbraum kann der $\Delta E_{u^*v^*}^*$ berechnet werden. ΔE_{uv}^* wird als Schreibweise des $\Delta E_{u^*v^*}^*$ deklariert, um Verwechslungen mit den $u'v'$ -Koordinaten vorzubeugen. Der ΔE_{uv}^* steht für den empfindungsgemäßen Abstand zweier Farborte¹² (s. Gleichung 1.11).

$$\Delta E_{uv}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta u^*)^2 + (\Delta v^*)^2} \quad (1.11)$$

Ein $\Delta E_{uv}^* < 1$ zeigt an, dass sich die Lichtfarben optisch nicht voneinander unterscheiden. Dieser Wert wird bei der FixtureCheck-Methode als Farbortsvergleich im angepassten Fall genutzt werden. Beim nativen Spektrumsvergleich stellt der ΔE_{uv}^* zum $\Delta u'v'$ redundante Ergebnisse dar und wird also dabei nicht mit betrachtet.

Andere Farbräume wie der CIE-L*A*B*-Farbraum sind für die FixtureCheck-Methode nicht relevant und werden daher an dieser Stelle nicht weiter erwähnt.

1.2 Farbwiedergabewerte

Farbwiedergabewerte versuchen mit verschiedenen Ansätzen eine Aussage über die Lichtqualität zu treffen. In diesem Kapitel sollen alle für diese Arbeit relevanten Themen vorgestellt werden.

1.2.1 CIE: Color Rendering Index (CRI)

Um die Farbqualität eines Scheinwerfers einschätzen zu können, hat die Internationale Beleuchtungskommission (CIE) 1974 die von D. Nickerson und C. W. Jerome entwickelte Methode standardisiert¹³. Bei der Color Rendering Index-Berechnung werden acht verschiedene Farbdifferenzwerte ΔE_i aus Farbsamplevergleichen gebildet. Dazu wird das Referenzspektrum abhängig von der gemessenen Farbtemperatur des Testspektrums entweder als ein schwarzer Strahler (< 5000 K) oder als ein Tageslichtspektrum (> 5000 K) bestimmt¹⁴. Die dann berechneten acht Farbdifferenzwerte der Test- und Referenzleuchte werden auf einer Skala von 0 bis 100 aufgespannt und speziell gewichtet, sodass eine Standardleuchtstoffröhre (CIE-Normlichtart F4) mit einem CRI Ergebniswert von $R_a = 51$ die Mitte der Skala darstellt (Gleichung 1.12).

$$R_i = 100 - 4,6\Delta E_i \quad (1.12)$$

Die ausgerechneten Indizes R_i werden arithmetisch gemittelt und es entsteht der R_a -Wert, mit dem Wertebereich $0 < R_a < 100$ ¹⁵ (Gleichung 1.13).

¹¹ https://www.spiedigitallibrary.org/ContentImages/ebooks/FG42/Images/FG42_ch046.jpg [letzter Aufruf: 08.08.2022]

¹² (academic.com 2022)

¹³ (Smet & Ryckaert & Pointer & Deconinck & Hanselaer 2011:8153)

¹⁴ (Davis & Ohno 2006)

¹⁵ (Bernstädt 2018)

1 Grundlagen

$$R_a = \sum_{i=1}^8 R_i \quad (1.13)$$

Ein R_a -Wert von 100 bedeutet eine exakte Übereinstimmung von der Farbwiedergabequalität von Test- und Referenzlichtquelle. Andere CRI-Ergebnisse können wie folgt eingeschätzt werden (Tabelle 1.1):

Stufen des CRI R_a		
1A	$R_a \geq 90$	sehr hohe Anforderung
1B	$90 > R_a \geq 80$	sehr hohe Anforderung
2A	$80 > R_a \geq 70$	hohe Anforderung
2B	$70 > R_a \geq 60$	hohe Anforderung
3	$60 > R_a \geq 40$	mittlere Anforderung
4	$40 > R_a \geq 20$	geringe Anforderung

Tabelle 1.1: Einschätzung der CRI R_a -Werte¹⁶

Das Ergebnis des CRI wird meist in einem Balkendiagramm mit den acht Referenzfarben und dem Gesamtwert R_a dargestellt (s. Abbildung 1.5).

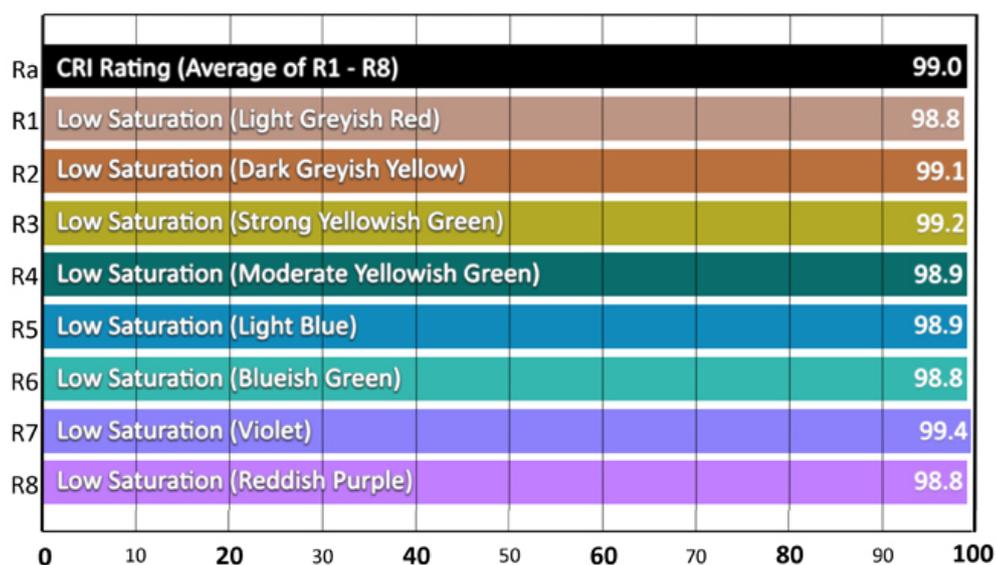


Abbildung 1.5: Die acht Color Test Samples (CTS) des CRI von gemessenem Sonnenlicht¹⁷

¹⁶ (Hentschel 1994: 111)

¹⁷ <https://www.premiumbeat.com/blog/color-rendering-index-leds/> [letzter Aufruf: 08.06.2022]

Aufruf:

1 Grundlagen

Der CRI hat sich im Laufe der Zeit als Standardwert für Farbwiedergabe etabliert. Seit der Einführung von LED-Scheinwerfern häufen sich jedoch die Probleme mit diesem Wert:

- Alle acht Munsell Referenzfarben sind Pastelltöne. Speziell LED-Scheinwerfer können dies mit ihren peakigen Spektren ausnutzen und hohe CRI-Werte erzielen, ohne gute saturierte Farben aufzuweisen. Später hat die CIE daher vollsaturierte Referenzfarben hinzugefügt¹⁸ (s. Abbildung 1.6) und den CRI auf 15 Werte erweitert.
- Der Farbabstand der ΔE_i -Werte wird im CIE 1964 U*V*W* Farbraum berechnet. Dieser Farbraum ist so veraltet und uneinheitlich, dass die CIE nicht mehr empfiehlt, diesen Farbraum überhaupt zu benutzen¹⁸.
- Der R_a -Wert wird arithmetisch gemittelt. Dadurch fallen einzelne sehr schlechte R_i -Werte kaum ins Gewicht des CRIs mit ein. Ein Scheinwerfer mit beispielsweise einem sehr schlechten Rotanteil kann so trotzdem einen guten R_a -Wert erzielen¹⁸.
- Die Grenzen des CRI sind schwer zu interpretieren. Eine Leuchte mit einer korrelierten Farbtemperatur (CCT) von ca. 5000 K kann je nach Messungengenauigkeit entweder den schwarzen Strahler als Referenzlichtquelle zugeteilt bekommen oder das Tageslichtspektrum. Je nachdem würde ein unterschiedlicher CRI-Wert entstehen. Außerdem kann eine Leuchte mit einer CCT von 2000 K bzw. 20000 K Farbtemperatur einen R_a -Wert von 100 erreichen. Jedoch werden die Farben bei solchen extremen Farbtemperaturen nicht mehr realistisch dargestellt¹⁸.
- Auch negative R_i -Werte sind möglich. Es ist fraglich, wie so ein Teilergebnis zu interpretieren ist.
- Der CRI betrachtet nur die Natürlichkeit der Farben. Farbsättigung und visuelle Klarheit der Farben werden außer Acht gelassen¹⁹.

¹⁸ (Davis & Ohno 2006)

¹⁹ (Rea & Freyssinier 2008: 199)

1 Grundlagen



Abbildung 1.6: Die verschiedenen R_i Farbreferenzen²⁰

Aus den genannten Gründen wird bei der FixtureCheck-Methode, die speziell auf LED-Scheinwerfer ausgerichtet ist, der CRI nicht miteinbezogen. Mit seinen 99 Referenzfarben ist der TM-30 deutlich besser dafür geeignet, eine Aussage über die Qualität von LED-Spektren zu treffen (s. Kapitel 1.2.3). Der CRI R_a -Wert würde höchstens eine Tendenz liefern, die zum TM-30 R_f -Wert redundant wäre.

²⁰ https://www.waveformlighting.com/d_waveform/wp-content/uploads/2018/01/tcs.png[letzter Aufruf: 08.06.2022]

1.2.2 EBU: Television Lighting Consistency Index (TLCI)

Da Farbwiedergabewerte bisher keinen Bezug zum Kameralicht hatten, hat die European Broadcast Union (EBU) 2012 den Television Lighting Consistency Index bestimmt. Dazu werden 24 Farben auf einer mit dem Referenzlicht beleuchteten Testtafel von einer „Standardkamera“ abgefilmt. Dieselbe Testtafel wird dann von dem zu testenden Scheinwerfer beleuchtet und erneut abgefilmt. Die daraus gewonnenen Daten werden miteinander verglichen. Auch hier gibt es für verschiedene Farbtemperaturen entsprechende Referenzlichtquellen. Von den 24 Referenzwerten werden die letzten sechs nicht in die Gesamtauswertung miteinbezogen werden, weil sie nur verschiedene Graustufen von weiß bis schwarz darstellen²¹ (Gleichung 1.14).

$$\Delta E_a^* = \left(\sum_{i=1}^{18} (\Delta E_i^*)^4 \right)^{\frac{1}{4}} \quad (1.14)$$

Diese Zwischenwerte ΔE_a^* werden so skaliert, dass sie nicht negativ werden können und auf diese Weise erhält man den Ergebniswert des TLCI Q_a (Gleichung 1.15).

$$Q_a = \frac{100}{1 + \left(\frac{\Delta E_a^*}{k}\right)^p} \quad (1.15)$$

Auch der Q_a -Wert variiert im Wertebereich $0 < Q_a < 100$. Die Parameter k und p werden beim TLCI so angepasst, dass eine Standard Tageslichtleuchtstoffröhre einen Q_a -Wert von 50 erreicht und ein ausgewogenes Verhältnis zwischen hohen und niedrigen TLCI-Werten entsteht²². Ähnlich wie beim CRI wird der Q_a -Wert in verschiedene Größenordnungen unterschiedlich interpretiert (s. Tabelle 1.2).

Stufen des TLCI Q_a	
$100 \geq Q_a \geq 85$	Farben korrigierbar bzw. Korrektur nicht notwendig
$85 > Q_a \geq 75$	nach Korrektur noch akzeptabel
$75 > Q_a \geq 50$	Aufarbeitung sehr zeitaufwendig
$50 > Q_a \geq 25$	verbesserbar - nicht mehr zu retten
$25 > Q_a \geq 0$	ist und bleibt nicht akzeptierbar

Tabelle 1.2: Einschätzung der TLCI Q_a -Werte²³

Der TLCI erzeugt folglich aus dem Vergleich zwischen Referenzlichtquelle und Licht des zu testenden Scheinwerfers ein Aufwands-(bzw. Kosten-)äquivalent für den Coloristen in der Bildnachbearbeitung. Die Ergebnisse werden nebeneinander dargestellt (s. Abbildung 1.7). Links ist die Farbtabelle mit den 24 Farben illustriert. In den farbigen Quadraten ist ein kleines Farbquadrat erkennbar. Das innere Farbquadrat stellt

²¹ (Roberts 2015)

²² (Roberts 2015: 22)

²³ (Bernstädt 2018)

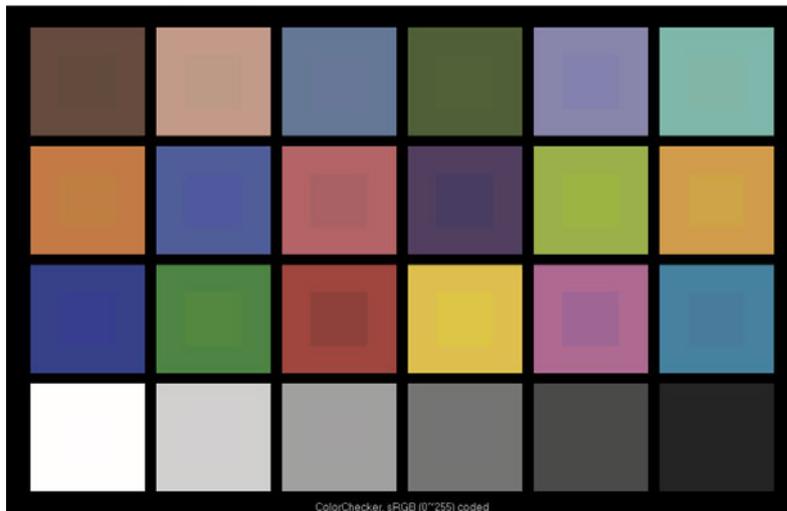
1 Grundlagen

die Referenzfarbe bei einer CCT von 7754 K dar. Das äußere Quadrat zeigt die Farbe unter dem Testspektrum an. Je weniger die Übergänge beider Quadrate sichtbar sind, desto näher reicht der getestete Scheinwerfer an die Referenzlichtquelle heran. Bei einem Q_a -Wert von 49 erkennt man teils starke Unterschiede auf der Farbtafel. Der High End SolaWash Pro 2000 wird als „verbesserbar - nicht mehr zu retten“ eingestuft. Auch rechts im Empfehlungsdiagramm für den Coloristen sind diese Diskrepanzen deutlich zu erkennen. Für zwölf Farbtöne wird mit „+“ oder „-“ dargestellt wie stark dieser Farbton in seiner „Lightness“ „Chroma“ oder „Hue“ anzupassen ist. Rechts unten wird das zugeordnete Referenzspektrum mit dem Testspektrum verglichen.

Der TLCI bezieht sich auf eine Farbwiedergabe in der Kamera. Da jeder Kamerasensor das Licht deutlich unterschiedlich zum Auge bzw. Spektrometer wahrnimmt, funktioniert der TLCI in seiner „eigene“ Messumgebung. Daher wird der TLCI bei der FixtureCheck-Methode keine weitere Rolle spielen.

High End SolaWash Pro 2000 - Standard Mode (6500): CCT = D7754 (-0.0)

TLCI-2012 : 49 (D7754)



EBU : TLCI-2012
NRK - Be

Sector	Lightness	Chroma	Hue
R	+++++	+++	+
R/Y	0	0	-----
Y	-	--	-----
Y/G	-	-	0
G	--	-	++
G/C	0	+	+++
C	++	0	-
C/B	+++	0	-----
B	+	---	---
B/M	++	--	+++++
M	+++	-	+++++
M/R	+++++	0	+++++

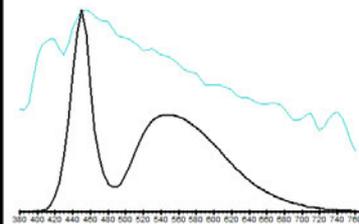


Abbildung 1.7: Ergebnisprotokoll der TLCI-Messung eines High End Systems SolaWash Pro 2000 LED-Scheinwerfers²⁴

²⁴ <https://tech.ebu.ch/tlci-2012> [letzter Aufruf: 06.06.2022]

1.2.3 ANSI/IES: Method for Evaluating Light Source Color Rendition (TM-30-20)

Die Illuminating Engineering Society (IES) hat 2015 eine Alternative zum CRI veröffentlicht. Der Ermittlung der TM-30 Ergebniswerte werden im Wesentlichen drei Komponenten zuteil²⁵:

1. Angepasster Übergang der Referenzlichtquelle: Beim TM-30 wird bei der Auswahl der Referenzlichtquelle zwischen drei Fällen unterschieden. Falls die korrelierte Farbtemperatur des gemessenen Scheinwerfers unter 4000 K liegt, wird ein Plank'scher Strahler als Referenz gewählt. Liegt die CCT in einem Wertebereich von $4001\text{ K} < \text{CCT} < 4999\text{ K}$, wird die Referenz proportional zwischen dem Plank'schen Strahler und der CIE Tageslichtreferenz überblendet. In jedem anderen Fall, wenn die gemessene korrelierte Farbtemperatur über 5000 K liegt, wird stets eine entsprechende CIE Tageslichtreferenz als Vergleich genommen.
2. 99 Referenzfarben: Der TM-30 nutzt 99 Referenzfarben, die aus 105.000 Farbtönen realer Objekte statistisch ermittelt wurden. Die Spektren der Farben stammen größtenteils aus der Datenbank der Universität Leeds, die auch die „Standard Object Colour Spectra“- (SOCS) Datenbank beinhaltet (s. Abbildung 1.8).
3. Nutzung des CAM02-UCS-Farbraums: Der CAM02-UCS-Farbraum hat eine bessere Farbabstandsgleichheit als der CIELAB-Farbraum und wird beim TM-30 zusammen mit dem CIE 1964 10°-Normalbeobachter in die Rechnungen mit einbezogen. Dadurch wird sichergestellt, dass aufkommende Farbunterschiede entsprechend skaliert sind. Nur bei Bestimmung der CCT (s. Punkt 1) wird der CIE 1931 2°-Normalbeobachter angewandt, da er in der Definition der CCT-Berechnung festgelegt ist.

²⁵ (IES 2020: 1)

1 Grundlagen



Abbildung 1.8: Alle neunundneunzig Referenzfarben des TM-30²⁶

²⁶ <https://agustos.com/wp-content/uploads/2017/10/TM30-color-samples-image.png>
[letzter Aufruf: 08.06.2022]

1 Grundlagen

Der TM-30 berechnet zuerst die Tristimulus-Werte $X_{10,t}$, $Y_{10,t}$ und $Z_{10,t}$ des gemessenen Lichts²⁷ (Gleichung 1.16 - 1.19).

$$X_{10,t} = k_t \int_{380}^{780} S_t(\lambda) \bar{x}_{10}(\lambda) d\lambda \quad (1.16)$$

$$Y_{10,t} = k_t \int_{380}^{780} S_t(\lambda) \bar{y}_{10}(\lambda) d\lambda \quad (1.17)$$

$$Z_{10,t} = k_t \int_{380}^{780} S_t(\lambda) \bar{z}_{10}(\lambda) d\lambda \quad (1.18)$$

mit:

$$k_t = \frac{100}{\int_{380}^{780} S_t(\lambda) \bar{y}_{10}(\lambda) d\lambda} \quad (1.19)$$

Dabei ist k_t so gewählt, dass stets $Y_{10,t} = 100$ gilt. Aus diesen Werten wird die korrelierte Farbtemperatur des Testscheinwerfers ausgerechnet und entsprechend das Referenzlicht bestimmt (s. Punkt 1). Anschließend werden für jeden der 99 Referenzfarben R_i jeweils die Tristimuluswerte unter dem Testlicht $X_{10,t,i}$, $Y_{10,t,i}$ und $Z_{10,t,i}$ und dem Referenzlicht $X_{10,r,i}$, $Y_{10,r,i}$ und $Z_{10,r,i}$ bestimmt (Gleichung 1.20 - 1.23).

$$X_{10,t/r,i} = k_t \int_{380}^{780} S_{t/r}(\lambda) R_i(\lambda) \bar{x}_{10}(\lambda) d\lambda \quad (1.20)$$

$$Y_{10,t/r,i} = k_t \int_{380}^{780} S_{t/r}(\lambda) R_i(\lambda) \bar{y}_{10}(\lambda) d\lambda \quad (1.21)$$

$$Z_{10,t/r,i} = k_t \int_{380}^{780} S_{t/r}(\lambda) R_i(\lambda) \bar{z}_{10}(\lambda) d\lambda \quad (1.22)$$

mit:

$$k_{t/r} = \frac{100}{\int_{380}^{780} S_{t/r}(\lambda) \bar{y}_{10}(\lambda) d\lambda} \quad (1.23)$$

²⁷ (IES 2020: 3)

1 Grundlagen

Damit die 99 Differenzwerte im CAM02-UCS Farbraum berechnet werden können, gelten folgende Parameter als festgelegt²⁸:

- $Y_b = 20 \text{ cd/m}^2$: Leuchtdichte des Hintergrunds
- $F = 1$: Umgebungsparameter
- $N_c = 1$: Umgebungsparameter
- $c = 0,69$: Umgebungsparameter
- $L_A = 100 \text{ cd/m}^2$: Leuchtdichte des Adaptionfelds
- $D = 1$: Adaptionsgrad

Diese Parameter sind für alle TM-30-Berechnungen gleich. Der Lichtreflexionsfaktor von Test- und Referenzlicht wird auf $Y_w = 100$ festgelegt. Aus den vorhandenen Parametern berechnen sich die Zwischenwerte des CAM02-USC Farbraums wie folgt (Gleichung 1.24 - 1.28):

$$k = \frac{1}{5L_A + 1} = 0,0020 \quad (1.24)$$

$$F_L = \frac{1}{5}k^4(5L_A) + \frac{1}{10}(1 - k^4)^2(5L_A)^{\frac{1}{3}} = 0,7937 \quad (1.25)$$

$$n = \frac{Y_b}{Y_w} = 0,2000 \quad (1.26)$$

$$N_{bb} = N_{cb} = 0,725n^{-0,2} = 1,0003 \quad (1.27)$$

$$z = 1,48 + \sqrt{n} = 1,9272 \quad (1.28)$$

Mithilfe dieser Werte und der Nutzung der chromatischen Adaption Transformation des CAM02-USC Farbraums werden die Farbkoordinaten $CES_{t/r,i} = (J'_{t/r,i}, a'_{t/r,i}, b'_{t/r,i})$ der 99 CES für Test- und Referenzspektren bestimmt. Von diesen Werten wird dann der euklidische Abstand für jeden CES bestimmt²⁹ (Gleichung 1.29):

$$\Delta E_{Jab,i} = \sqrt{(J'_{t,i} - J'_{r,i})^2 + (a'_{t,i} - a'_{r,i})^2 + (b'_{t,i} - b'_{r,i})^2} \quad (1.29)$$

²⁸ (IES 2020: 5)

²⁹ (IES 2020: 6-7)

1 Grundlagen

Schließlich werden alle errechneten euklidischen Abstände arithmetisch gemittelt, mit 6,73 skaliert und von 100 abgezogen³⁰ (Gleichung 1.30).

$$R'_f = 100 - 6,73 \left[\frac{1}{99} \sum_{i=1}^{99} (\Delta E_{Jab,i}) \right] \quad (1.30)$$

Der R'_f -Wert wird nun so skaliert, dass der kleinstmögliche Wert 0 ist und somit keine negativen Ergebnisse erreicht werden können (Gleichung 1.31)

$$R_f = 10 \ln \left[e^{\frac{R'_f}{10}} + 1 \right] \quad (1.31)$$

Der auf diese Weise errechnete R_f -Wert ist das erste Ergebnis der 50 numerischen TM-30-Ausgabewerte. Zusätzlich gibt es auch eine graphische Ausgabe. Neben dem Farbwiedergabewert aller 99 Referenzfarben R_f wird ebenso das Farbgamut aller Referenzfarben R_g , 16 lokale Farbwiedergabewerte $R_{f,hj}$, 16 lokale Farbwertunterschiedswerte $R_{cs,hj}$ und 16 lokale Farbwinkelunterschiedswerte $R_{hs,hj}$ berechnet. Letztere werden genutzt, um die vektorielle Darstellung der Farbverschiebung des Farbgamuts im Verhältnis zum Referenzwert zu ermöglichen (s. Abbildung 1.9).

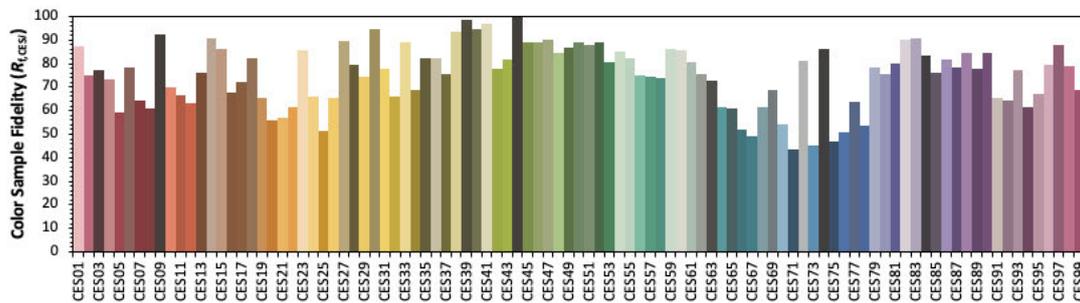
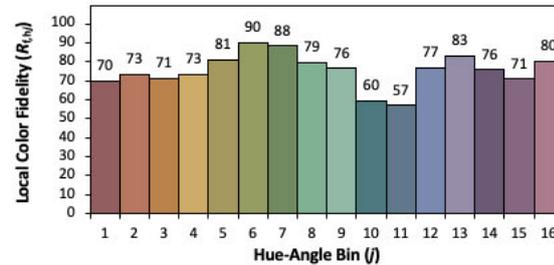
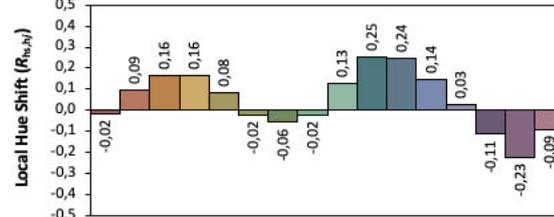
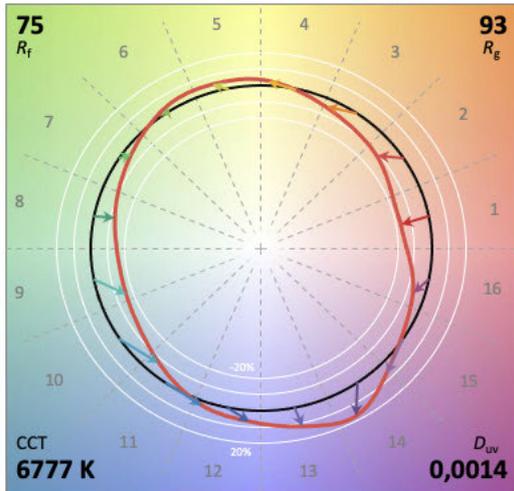
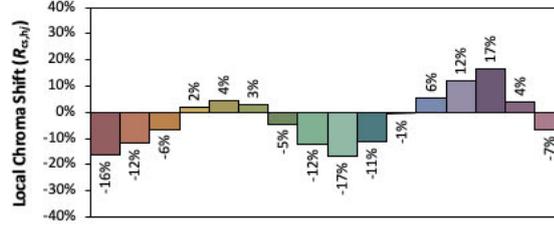
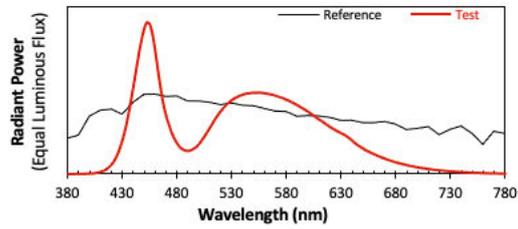
Die Hauptaussagen einer TM-30-Messung ergeben den R_f und R_g -Wert, die auch in einem zweidimensionalen Graphen dargestellt werden können. Der R_g -Wert zeigt ähnlich wie der GAI (s. Kapitel 1.2.7) das Farbgamut auf und kann zwischen 60 und 140 variieren. Werte $R_g < 100$ stellen dabei eine Farbuntersättigung und Werte $R_g > 100$ eine Farbübersättigung dar. Daraus folgt ein optimaler TM-30-Wert von $R_f=100$ und $R_g=100$. Je nach Anwendungsfall kann eine Farbübersättigung aber auch gewollt sein. Die farblichen Abweichungen des R_g -Werts werden in 16 Farbbereichen mit jeweils einem Vektorpfeil aufgezeigt (s. Abbildung 1.9). Der TM-30 ist der aktuell umfangreichste Farbwiedergabewert und mit dem genutzten CAM02-UCS-Farbraum am besten dafür geeignet, eine Aussage über die Farbwiedergabequalität eines LED-Scheinwerfers zu treffen. Auf der anderen Seite ist selbst für einen erfahrenen Lichtplaner eine Einschätzung der 50 Ergebniswerte des TM-30 nicht trivial. Die FixtureCheck-Methode bezieht den R_f und R_g mit ein, da diese Werte die größten Aussagen des TM-30 treffen.

³⁰ (IES 2020: 8)

ANSI/IES TM-30-18 Color Rendition Report

Source: Daylight
Date: 20.06.22

Manufacturer: Robe
Model: Robin Viva CMY



Notes: This is a recommended method for displaying ANSI/IES TM-30-18 information.

x 0,3090
 y 0,3218
 u' 0,1980
 v' 0,4639

CIE 13.3-1995 (CRI)	
R_a	76
R_g	-11

Colors are for visual orientation purposes only. Created with the ANSI/IES TM-30-18 Calculator Version 2.00.

Abbildung 1.9: Ergebnisprotokoll einer TM-30 Messung eines Robe Robin Viva CMY mit allen 50 Ergebnissen. Der Report wurde mit dem ANSI/IES TM-30-18 Calculator Version 2.00 erstellt.

1 Grundlagen

Schließlich wird der Vektor F quadratisch aufsummiert um aus dessen Wurzel ein Ergebniswert e zu bekommen³⁴ (Gleichung 1.36).

$$e = \sqrt{\sum_i^{30} F_i^2} \quad (1.36)$$

Der Ergebniswert e wird auf 0 bis 100 skaliert und ganzzahlig gerundet. Der daraus resultierende Wert s ist der Ausgabewert des SSI³⁵ (Gleichung 1.37).

$$s = \text{round}(100 - 32e) \quad (1.37)$$

Der SSI Wert wird dann als „ $SSI[spd_r]s$ “ ausgegeben. Dabei gibt spd_r die Referenz an, wie zum Beispiel „P3225“ für einen Plank’schen Schwarzstrahler bei einer korrelierten Farbtemperatur von 3225 K spricht³⁵. Der SSI wird für die FixtureCheck-Methode erweitert. Das ganze Spektrum wird benötigt, um auch eine Aussage über die (tiefen) Rottöne $\lambda = 675\text{nm} - 780\text{nm}$ treffen zu können. Dafür wird die Rechnung des SSI soweit angepasst, dass das gesamte Spektrum in 41 10 nm Intervalle aufgeteilt wird. Der SSI-Berechnung wird dann Schritt für Schritt mit den neuen Eingangswerten Folge geleistet (s. Gleichung 1.32 und folgende) und dementsprechend an die neue Anzahl der 10 nm-Intervalle angepasst. Dieser abgeänderte SSI wird dann bei der FixtureCheck-Methode mit jeweils einem Testscheinwerfer- und Referenzscheinwerferspektrum als Spektrumsvergleicher genutzt.

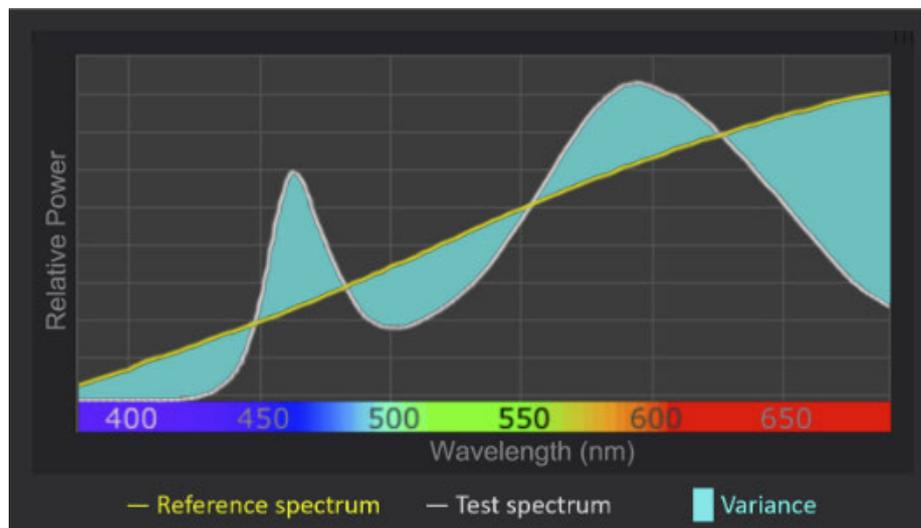


Abbildung 1.10: Ergebnisprotokoll einer SSI-Messung mit zusätzlicher Darstellung der spektralen Differenzen³⁶

³⁵ (SMPTE 2020: 8)

³⁶ (Academy of Motion Picture Arts and Sciences 2020: 4)

1.2.5 Full Spectrum Index (FSI) & Full Spectrum Color Index (FSCI)

Der Full Spectrum Index ist der zweite Farbwiedergabewert, der als Spektrumsvergleich dient. Im Gegensatz zum SSI wird beim FSI das gemessene Spektrum mit dem „idealen“ Spektrum verglichen, das auf allen Wellenlängen des sichtbaren Spektrums gleich verteilt ist. Bei diesem Vergleich kommen besonders die Lücken im Spektrum zum Vorschein. Zuerst wird das gemessene Spektrum normiert³⁷ (Gleichung 1.38).

$$SPD(\lambda)_{normalized} = \frac{SPD(\lambda)}{\int_{380}^{730} SPD(\lambda)d\lambda} \quad (1.38)$$

Danach wird die spektrale Gesamtleistung berechnet (Gleichung 1.39).

$$C(\lambda_c) = \int_{380}^{\lambda_c} SPD(\lambda)d\lambda \quad (1.39)$$

Als Nächstes werden die quadrierten Differenzen der Gesamtleistungen zwischen dem Testspektrum und dem idealen Spektrum bestimmt (Gleichung 1.40).

$$D(\lambda_c) = (C(\lambda_c) - C_{EE}(\lambda_c))^2 \quad (1.40)$$

Das ideale Spektrum C_{EE} wird wie folgt berechnet :

$$EE(\lambda) = k, \text{ mit } k = \frac{1}{\int_{380}^{730} d\lambda} = \frac{1}{350} \quad (1.41)$$

$$C_{EE}(\lambda_c) = \int_{380}^{\lambda_c} EE(\lambda)d\lambda = \frac{\lambda_c - 380}{730 - 380} \quad (1.42)$$

Diese Differenz D wird integriert :

$$I = \int_{380}^{730} D(\lambda)d\lambda \quad (1.43)$$

Nun wird für jeden Schritt $\omega = 1nm$ des gemessenen Spektrums der Differenz I berechnet, aufeinander addiert und durch die Gesamtzahl der Schritte dividiert. Im Gesamten ergibt sich folgende Berechnung für den FSI³⁸:

$$FSI = \frac{\int_0^{730-380} \int_{380+\omega}^{730+\omega} \left[\int_{380+\omega}^{\lambda_c} SDP_p(\lambda)d\lambda - C_{EE}(\lambda_c - \omega) \right]^2 d\lambda_c d\omega}{730 - 380} \quad (1.44)$$

³⁷ (Rea & Deng & Lei 2004: 28)

³⁸ (Rea & Deng & Lei 2004: 29)

Aus dem FSI berechnet sich der Full Spectrum Color Index (FSCI) durch eine Skalierung von 0-100 vom FSI (Gleichung 1.45).

$$FSCI = 100 - 5,1 \cdot FSI \quad (1.45)$$

Der FSCI ist so skaliert, dass eine floureszierende warmweiße Lampe einen FSCI-Wert von 50 erhält. Bei der FixtureCheck-Methode soll der FSI bzw. FSCI helfen, Ähnlichkeiten der Spektren kenntlich zu machen. Mit der Interpretation des FSI ist jedoch Vorsicht geboten, da aus dem Ergebnis nur bestimmt werden kann, dass es Löcher in den Spektren gibt, nicht wo diese liegen.

1.2.6 Feeling of Contrast Color Rendering Index (FCI)

Mit dem Feeling of Contrast Index aus dem Jahre 2007 wird versucht einzuschätzen wie gut sich Farben unter einer Testlichtquelle unterscheiden lassen unter der Annahme, dass hohe Farbkontraste eine hohe Farbsättigung bunter Objekte zur Folge haben³⁹. Die visuelle Klarheit eines Scheinwerfers lässt sich wie folgt in sechs Schritten bestimmen⁴⁰:

1. Auswahl der Vierfarben-Kombination: Vier speziell ausgewählte Munsell-Farbtöne Rot (5R 4/12), Grün (5.5G 5/8), Blau (4.5PB 3.2/6) und Gelb (5Y 8.2/10) reichen aus, um die Farbkontraste eines Scheinwerfers darzustellen.
2. Bestimmung der Tristimulus X-,Y- und Z-Werte dieser vier Farbkomponenten unter dem Licht der Testleuchte bei einer Beleuchtungsstärke von 1000 lx.
3. Die Tristimulus X-,Y- und Z-Werte der entsprechenden Farben unter der Referenzlichtquelle D65 werden gebildet (1000 lx).
4. Das Farbgamut der Testleuchte wird aus der Summe zweier Dreiecke (Rot - Gelb - Grün und Rot - Blau - Grün) im CIELAB-Farbraum berechnet.
5. Das Farbgamut der Referenzlichtquelle D65 wird berechnet.
6. Der FCI wird aus beiden Farbgamuts bestimmt:

$$FCI = \left[\frac{G(T, E_t = 1000lx)}{G(D65, E_t = 1000lx)} \right]^{1,5} \cdot 100 \quad (1.46)$$

³⁹ (Smet & Ryckaert & Pointer & Deconinck & Hanselaer 2011: 8155)

⁴⁰ (Hashimoto & Yano & Shimizu & Nayatni 2006: 364-365)

Der FCI gibt an, wie gut Farbkontraste unter einer bestimmten Leuchte sichtbar sind. Dieser Farbwiedergabewert fließt nicht mit in die FixtureCheck-Methode mit ein, da sich der FCI hauptsächlich an Körperfarben orientiert. Zum einen betrachtet die visuelle Klarheit einer Lichtquelle nicht in welcher physischen Konstellation farbliche Objekte zueinander betrachtet werden. So werden beispielsweise optische Phänomene wie der Crispending-Effekt⁴¹ oder ein Simultankontrast beim FCI nicht mit eingerechnet. Zum anderen nutzt der FCI den CIELAB-Farbraum, der vorwiegend Körperfarben behandelt. Diese große Thematik der Körperfarben würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen und wird daher im Folgenden vernachlässigt.

1.2.7 Gamut Area Index (GAI)

Der Gamut Area Index versucht dem CRI eine zusätzliche Aussage über die Farbsättigung hinzuzufügen. Der einzelne R_a -Wert ist nicht ausreichend, um die Farbwiedergabequalität eines Scheinwerfers zu bestimmen, denn die Farbwiedergabe einer Lichtquelle setzt sich aus der Natürlichkeit der Farben, der Sättigung der Farben und der guten Unterscheidbarkeit der Farbnuancen zusammen⁴². Der R_a -Wert gibt nur eine Aussage über die Natürlichkeit der Farben an (s. Kapitel 1.2.1). Mit dem GAI wird eine Fläche GA_{EES} über die acht Munsell TCS des CRI im CIE 1976 u', v' -Farbraum aufgespannt. Eine zweite Fläche $GA_{testsource}$ wird aus den gemessenen $R_1 - R_8$ -Werten gebildet und der gemessene Oktaeder wird durch den Referenzoktaeder dividiert⁴³ (Gleichung 1.47):

$$GAI = 100 \frac{GA_{testsource}}{GA_{EES}} \quad (1.47)$$

Ein R_a - und GAI-Wert im Wertebereich $80 < R_a$ bzw. $GAI < 100$ einer Testlampe verspricht eine natürliche und lebendige Farbwiedergabe⁴⁴. Diese Wertekombination kann quasi als Vorreiter des TM-30 mit seinem R_f -Wert und R_g -Wert angesehen werden. Ein anderer Interpretationsansatz liegt darin, den R_a -Wert mit dem GAI-Wert zu kombinieren⁴⁵ (s. Gleichung 1.48).

$$GAI_R_a = \frac{GAI + R_a}{2} \quad (1.48)$$

⁴¹ (Takasaki 1967)

⁴² (Rea & Freyssinier 2008: 199)

⁴³ (Smet & Ryckaert & Pointer & Deconinck & Hanselaer 2011: 8155)

⁴⁴ (Smet & Ryckaert & Pointer & Deconinck & Hanselaer 2011: 8155)

⁴⁵ (Smet & Ryckaert & Pointer & Deconinck & Hanselaer 2011: 8156)

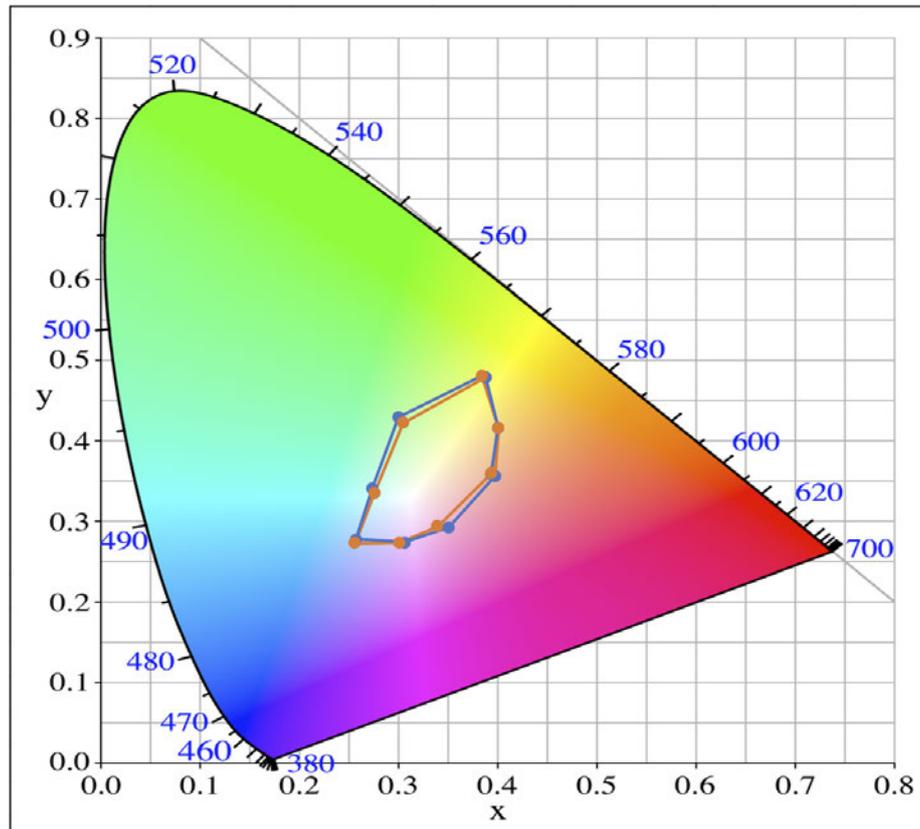


Abbildung 1.11: Darstellung der R_{1-8} -Werte eines Testscheinwerfers (orange Kurve) und Referenzlichtquelle (blaue Kurve) im x,y -Farbraum

Der GAI hilft eine Einschätzung über die Farbsättigung einer Leuchte zu treffen und soll bei der FixtureCheck-Methode mit einbezogen werden. Leider wird in der Literatur nicht die explizite Rechenvorschrift für den GAI erwähnt und ohne diese lässt sich der GAI nicht in der FixtureCheck-Methode umsetzen⁴⁶. Alternativ wird dafür der R_g -Wert des TM-30 genutzt, der als aktuellere Variante des GAI angesehen werden kann.

⁴⁶ (Rea & Freyssinier 2008: 192-202)

1.2.8 Memory Color Quality Metric (MCQM)

Bei der Memory Color Quality Metric werden zehn Alltagsgegenstände mit einer Testlichtquelle beleuchtet. Es wird gemessen wie sehr sich diese Objekte unter der Testlicht zu ihrer normalen Farberscheinung unterscheiden.

1. Zuerst werden die 10°-Normalbeobachter Tristimulus X-,Y- und Z-Werte für alle Objekte berechnet.
2. Die 10°-Normalbeobachter Tristimulus X-,Y- und Z-Werte der entsprechenden Objekte unter der Referenzlichtquelle D65 werden gebildet. Der IPT Weißpunkt wird mit der chromatischen Adaptionstransformation CAT02 errechnet.
3. Die 10°-Normalbeobachter Tristimulus X-,Y- und Z-Werte werden in IPT-Koordinaten $X_i = (P_i, T_i)$ umgerechnet.
4. Zehn $S_i(X_i)$ -Werte werden gebildet, die angeben, wie sehr sich die Objektfarben an den originalen Farben orientieren (Gleichung 1.49):

$$S_i(X_i) = e^{-\frac{1}{2}[(X_i - a_{i,1})^T] \begin{pmatrix} a_{i,3} & a_{i,5} \\ a_{i,5} & a_{i,4} \end{pmatrix} (X_i - a_{i,2})} \quad (1.49)$$

5. Berechnung des Ergebnisses S_a (Gleichung 1.50):

$$S_a = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n S_i} \quad (1.50)$$

Ein S_a -Wert von 1 sagt aus, dass alle zehn Objekte unter dem Testlicht genauso wie erwartet aussehen.

Da die MCQM sich auch stark an den Körperfarben orientiert wie der FCI (s. Kapitel 1.2.6), eignet sich auch der MCQM nicht dafür mit in die FixtureCheck-Methode einbezogen zu werden.

Weitere Werte, die auf dem CRI basieren wie der CAM02USC CRI⁴⁷, Judd's Flattery Index⁴⁸, Thornton's Color Preference Index⁴⁹ und Rank order Color Rendering Index⁵⁰ und andere Werte wie der Color Quality Scale⁵¹, Color Discrimination Capability⁵² und der Colour Harmony Rendering Index⁵³ werden nicht weiter in dieser Arbeit behandelt, da sie entweder zu redundanten Ergebnissen führen oder nicht für diesen Anwendungsfall geeignet sind.

⁴⁷ (Luo 2011: 75-87)

⁴⁸ (Judd 1967: 593-598)

⁴⁹ (Thornton 1972: 593-598)

⁵⁰ (Bodrogi & Brückner & Khanh 2010: 272-285)

⁵¹ (Davis & Ohno 2006)

⁵² (Royer & Houser & Wilkerson 2012)

⁵³ (Szabó & Bodrogi & Schanda 2009)

1.3 Nutzwertanalyse

Um die genannten Farbwiedergabewerte in ein Verhältnis zueinander zu bringen wird für die FixtureCheck-Methode eine Nutzwertanalyse angewandt. Diese qualitative Bewertungsmethode hilft bei einer Auswahl verschiedener Entscheidungsalternativen unter Berücksichtigung selbstgewählter Parameter eine Lösung zu finden. Für jede Entscheidungsmöglichkeit wird ein Gesamtnutzwert berechnet, der dann in einem Ranking verordnet wird. Der höchste Gesamtnutzwert zeigt die bestmögliche Alternative für die Entscheidungsfindung auf. Typische Anwendungsfälle sind zum Beispiel Kaufentscheidungen, im Projektmanagement oder beim Vergaberecht. Das Verfahren der Nutzwertanalyse kann in verschiedene Schritte unterteilt werden, die im Folgenden erörtert werden sollen.

1.3.1 Verfahren einer Nutzwertanalyse

- **Zieldefinition:** Zu Beginn sollte genauestens definiert werden, welche Fragestellung geklärt werden soll und welche Umstände dazugehören⁵⁴. Bei einer Kaufentscheidung ist ein mögliches Ziel zum Beispiel die Wirtschaftlichkeit, die sich aus Kriterien wie Einkaufspreis, laufende Kosten und Nutzungsdauer zusammensetzt.
- **Bestimmung und Gewichtung der Kriterien:** Zuerst müssen die Kriterien bestimmt werden, aufgrund derer eine Entscheidung getroffen werden soll. Dafür ist wichtig, dass die gewählten Kriterien unabhängig voneinander sind, um das Ergebnis der Nutzwertanalyse nicht zu verfälschen. Es werden zwei Kategorien gebildet: Muss- und Kann-Ziele⁵⁵. Muss-Ziele sind unabdingbar für die Entscheidung. Wenn sie nicht erfüllt sind, fällt die Alternative weg. Daher stehen diese Kriterien außen vor. Kann-Ziele hingegen werden unterschiedlich stark gewichtet und fließen in die Entscheidungsfindung mit ein. Jedes Kann-Ziel erhält somit einen Gewichtungsfaktor (Gf), der prozentual angibt, wie viel Einfluss es auf die Entscheidung hat. Um den Gf-Wert zu bestimmen, können beispielsweise jedes Mal zwei Kann-Ziele miteinander vergleichen und daraus bestimmen, welcher Wert für die Nutzwertanalyse eine größere Rolle spielt oder gleich wichtig ist (s. Tabelle 1.3).

⁵⁴ (LeXWARE 2022)

⁵⁵ (Bundesministerium des Innern und für Heimat 2007)

⁵⁶ (Bundesministerium des Innern und für Heimat 2007)

Kriterien	A	B	C	D	Summe je Kriterium	Gewichtungsfaktor Gf (%)
A	X	2	2	2	6	50,0
B	0	X	2	2	4	33,3
C	0	0	X	1	1	8,3
D	0	0	1	X	1	8,3
Summe					12	100

Tabelle 1.3: Gewichtung der Beispiel Kann-Ziele A,B,C und D⁵⁶

- **Beurteilung der Alternativen:** Im nächsten Schritt wird beobachtet wie gut ein Kriterium die Anforderung der Lösung der Entscheidungsfrage erfüllt. Dazu wird zum Beispiel eine 10 Punkte Skala genutzt und so die Abstufungen des Zielerfüllungsfaktors Zf festgelegt⁵⁷. Eine 10 steht also für eine überragende Übereinstimmung bei der Entscheidungsfindung, dagegen eine 0 für ein nicht erfülltes Kriterium (s. Tabelle 1.4). Für jedes Kriterium werden die Werte individuell auf die Skala transformiert (s. Kapitel 1.3.3).

Erfüllung des Kriteriums	Zielerfüllungsfaktor
nicht erfüllt	0
gerade noch ausreichend	1
ausreichend	2
ausreichend - befriedigend	3
befriedigend	4
befriedigend - gut	5
gut	6
gut - sehr gut	7
sehr gut	8
sehr gut - überragend	9
überragend	10

Tabelle 1.4: Abstufungen einer 10 Punkte Skala zur Einschätzung des Zielerfüllungsfaktors Zf⁵⁸

- **Teilnutzwerte:** Die Teilnutzwerte einer Nutzwertanalyse ergeben sich aus der Multiplikation der Gewichtungsfaktoren mit den Zielerfüllungsfaktoren⁵⁸ (s. Gleichung 1.51).

$$TN = Gf \cdot Zf \quad (1.51)$$

⁵⁷ (LeXWARE 2022)

⁵⁸ (Bundesministerium des Innern und für Heimat 2007)

- **Gesamtnutzwert:** Aus der Summe der Teilnutzwerte ergibt sich dann der Gesamtnutzwert eines Kriteriums, das Ergebnis einer Nutzwertanalyse⁵⁸ (s. Gleichung 1.52). Die verschiedenen Gesamtnutzwerte werden schließlich in eine Rangfolge gebracht. Das Kriterium mit dem Größten GN sollte als Entscheidungsergebnis herangezogen werden.

$$GN = \sum TN \quad (1.52)$$

- **Sensitivitätsanalyse:** Die Sensitivitätsanalyse untersucht die Auswirkungen von Änderungen der Eingangsvariablen auf den Gesamtnutzwert. Dies wird zum Beispiel bei Werten angewandt, die von Marktschwankungen beeinflusst werden. Sie kann ebenso zur Risikobewertung dienen. Durch geringe Varianzen der Eingangsvariablen der Nutzwertanalyse entstehen Varianzen des Gesamtnutzwerts. Als Ergebnis der Sensitivitätsanalyse wird der prozentuale Anteil des Einflusses der Eingangswerte auf die Varianz dargestellt.

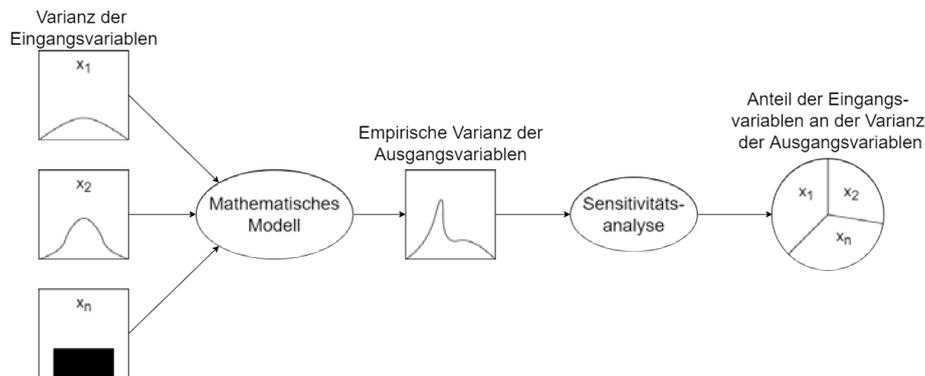


Abbildung 1.12: Vorgang einer Sensitivitätsanalyse⁵⁹

Der größte Vorteil einer Nutzwertanalyse liegt bei der Entscheidungshilfe, auch komplexe Sachverhalte nachvollziehbar einordnen zu können. Man sollte das Ergebnis jedoch differenziert betrachten, da die mathematische Einordnung der einzelnen Kriterien dem Ergebnis eine Objektivität anhaftet, die durch die subjektiven Gewichtung der Werte (s. Kapitel 1.3.1 unter „Bestimmung und Gewichtung der Kriterien“) so nicht gegeben ist.

⁵⁹ <https://de.wikipedia.org/wiki/Sensitivit%C3%A4tsanalyse/media/Datei:GlobaleSensitivit%C3%A4tsanalyse.png>, letzter Zugriff: 27.06.2022

1.3.2 Gewichtung

Das zentrale Element einer Nutzwertanalyse stellt die Gewichtung der einzelnen Kriterien dar. Folgende Methoden können dafür genutzt werden:

Bei einer „Swing-Gewichtung“ wird beobachtet wie weit die einzelnen Werte der Kriterien auseinanderliegen. Das Kriterium mit dem größten Werteabstand zwischen dem besten Wert und dem schlechtesten Wert erhält die größte Gewichtung⁶⁰.

Die „Direct Ranking“ Methode wird oft wegen ihrer simplen Berechnungsweise praktisch genutzt. Der Anwender teilt dabei die Kriterien in ein Ranking nach der Wichtigkeit der Werte ein (z. B. von 0 bis 10). Nach der Zuordnung aller Kriterien werden die Rohgewichte r auf 1 normiert und durch die Summe der Gewichte geteilt, um die Gewichtung w zu berechnen⁶¹ (s. Gleichung 1.53). Ein großer Nachteil dieser Methodik ist, dass die einzelnen Kriterien meist zusammenhangslos eingeordnet werden und dadurch keine Plausibilitätsüberprüfung möglich ist.

$$w_j = \frac{r_j}{\sum_{j=1}^n r_j} \quad (1.53)$$

Bei der Präferenzanalyse werden die Kriterien paarweise verglichen, um eine Gewichtung zu etablieren. Dabei wird nach jedem Vergleich das Kriterium, das mehr Gewicht erhalten soll, notiert. Es wird festgehalten, wie oft ein Kriterium notiert wird. Danach wird der Rang des Kriteriums und der umgekehrte Rang (umgekehrte Reihenfolge) festgelegt (s. Abbildung 1.13). Zusätzlich wird die Summe der vergebenen Ränge und die festgelegte Summe aller Gewichtungen (z. B. 100) benötigt. Aus diesen Werten wird die Gewichtung berechnet (s. Gleichung 1.54).

$$\text{Gewicht} = \frac{\sum \text{Gewichte}}{\sum \text{Ränge}} \cdot \text{umgedrehter Rang} \quad (1.54)$$

⁶⁰ (Voß & Höveler 2017)

⁶¹ (DeWiki 2022)

⁶² <https://de.wikipedia.org/wiki/Nutzwertanalyse/media/Datei:Pr%C3%A4ferenzanalyseExcel.JPG> [letzter Aufruf: 06.06.2022]

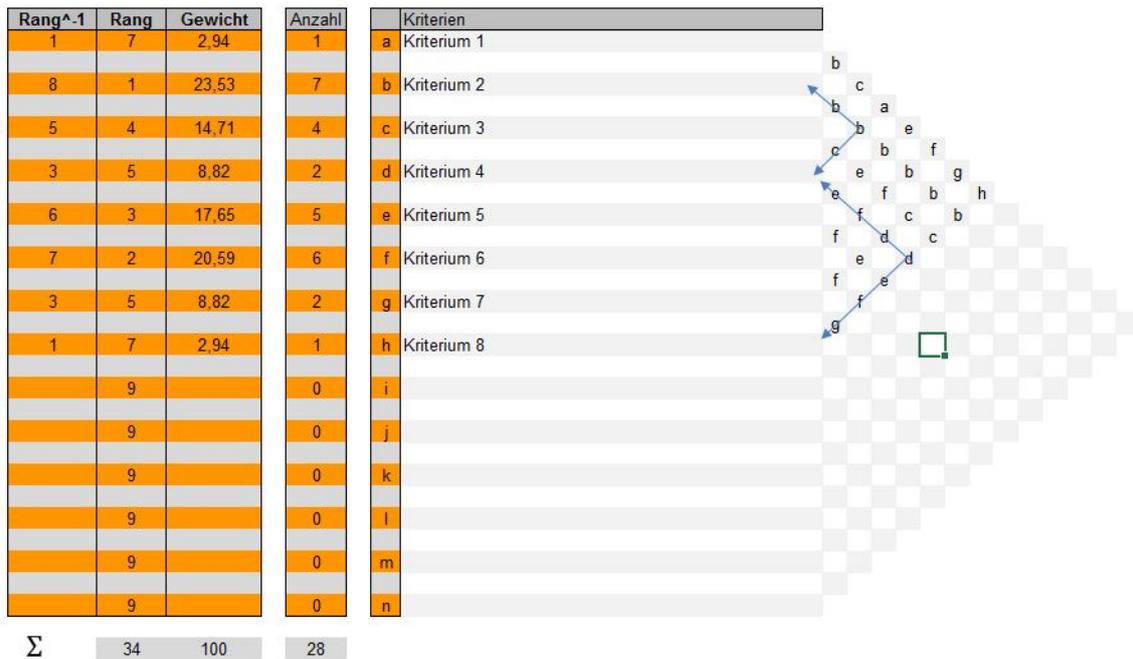


Abbildung 1.13: Tabelle einer Präferenzanalyse mit 28 von 91 Schritten⁶²

1.3.3 Skalenniveau

Da die Werte der Kriterien bei der Nutzwertanalyse zu den entsprechenden Skalenwerten transformiert werden, werden im Folgenden mögliche relevante Skalen aufgelistet (s. Abbildung 1.14):

1. **Nominalskala:** Eine Nominalskala gibt nur die Gleichheit bzw. Ungleichheit eines Merkmals an und ist somit die niedrigste Messstufe. Sie kann daher nicht unterscheiden wie gut ein Merkmal zutrifft⁶³.
2. **Ordinalskala:** Auch die Ordinalskala trifft eine Aussage über die Gleichheit bzw. Ungleichheit eines Merkmals. Zusätzlich zeigt sie eine gewisse Rangfolge auf, die Abstände zwischen den einzelnen Rängen sind jedoch unterschiedlich groß⁶⁴.
3. **Intervallskala:** Bei der Intervallskala sind die Abstände zwischen verschiedenen Stufen gleich groß, es gibt aber keinen definierten Nullpunkt⁶⁵.
4. **Verhältnisskala:** Eine Verhältnisskala vereint alle bis hierher genannten Skalen und verfügt über einen bestimmten Nullpunkt⁶⁶.

⁶³ (Methodenportal Universität Leipzig 2021)

⁶⁴ (Journalistik.Eichstätt 2017)

⁶⁵ (Methodenportal Universität Leipzig 2021)

⁶⁶ (Journalistik.Eichstätt 2017)

5. **Absolutskala:** Die Absolutskala hat den höchsten Informationsgehalt und hat im Gegensatz zu einer Verhältnisskala noch eine vordefinierte natürliche Einheit⁶⁷.

Die Nominalskala eignet sich am ehesten dafür, Muss-Ziele zu erkennen, ist aber ansonsten kaum für eine Nutzwertanalyse geeignet, da nur oberflächliche Aussagen getroffen werden können. Die Ordinalskala zeigt zwar eine Rangfolge auf, kann aber nicht den Abstand zwischen den Rängen beurteilen und daher eignen sich am besten Kardinalskalen (Intervallskala, Verhältnisskala oder Absolutskala) für eine Nutzwertanalyse.

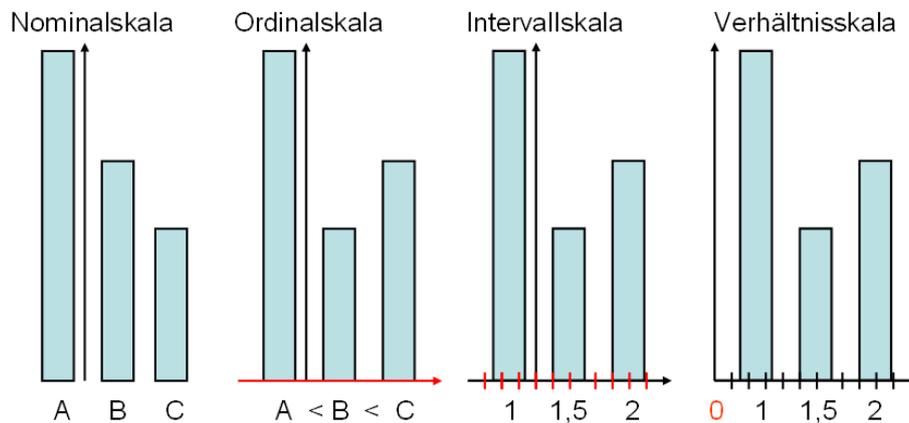


Abbildung 1.14: Bildhafte Darstellung der verschiedenen Skalen⁶⁸

⁶⁷ (Statistik für Psychologie 2022)

⁶⁸ <https://de.wikipedia.org/wiki/Skalenniveau/media/Datei:Skalenniveau.png>, letzter Zugriff: 26.06.2022

2 Scheinwerfermessung

2.1 Ziel der Messung

Um die Werte der Nutzwertanalyse gewichten und skalieren zu können, sind Messungen von Testscheinwerfern nötig. Anhand dieser Messungen werden Erfahrungen gesammelt und somit kann eingeschätzt werden wie sehr verschiedene Kriteriums-werte variieren und wie sich die theoretischen Angaben der Kriterien mit den realen Messwerten decken. Diese Basis dient auch als Grundlage für die Unterscheidung eines nativen und angepassten Messfalls (s. Kapitel 3.2.3). Folgende Aussagen sollen geprüft werden:

1. Weißlicht von Scheinwerfern mit der gleichen Engine haben hohe „Ähnlichkeitsfaktoren“.
2. Die „Ähnlichkeitsfaktoren“ variieren je nach Anwendungsfall.
3. Die ausgewählten Kriterien sind nicht redundant zueinander.

2.2 Auswahl der Scheinwerfer

Für den praktischen Test der FixtureCheck-Methode sind verschiedene Scheinwerfer ausgewählt worden (s. Tabelle 2.1). Diese Scheinwerfer stellen eine Mischung aus reinweißen LED-Engines und Standard RGBW LED-Engines dar, die am meisten auf dem LED-Scheinwerfermarkt verbreitet sind. Zusätzlich wird versucht mit Multispektralen LED-Engines mit bis zu acht LED-Farben (der ETC „Source 4 LED Series 3“ mischt sein Weißlicht aus Red, Green, Blue, Indigo, Cyan, Lime, Amber und Deep Red) auch Spezialfälle abzudecken. Damit keine redundanten Daten zu erzeugen, wurde eine überschaubare Anzahl an Scheinwerfern gewählt.

2 Scheinwerfermessung

Hersteller	Scheinwerfer	LED-Engine
Robe	„Robin Viva CMY“	weiße LED-Engine
JB-Lighting	„P12 Profile“	weiße LED-Engine
JB-Lighting	„VaryScan P7“	weiße LED-Engine
Expolite	„TourLED Pro 28 Zoom IP33“	RGBW LED-Engine
Arri	„L-7C“	RGBW LED-Engine
Clay Paky	„K-Eye K10 HCR“	multispektrale LED-Engine
ETC	„Source 4 LED Series 2 Lustr“	multispektrale LED-Engine
ETC	„Source 4 LED Series 3“	multispektrale LED-Engine

Tabelle 2.1: Auflistung der Scheinwerfer zum Testen der FixtureCheck-Methode

Es ist zu erwarten, dass das Weißlicht der Scheinwerfer mit einer sehr ähnlichen LED-Engine auch am besten zusammen passt (s. Abbildung 2.1 und 2.2). Umso spannender wird das Ergebnis der FixtureChek-Methode, wenn man unterschiedliche LED-Engines miteinander vergleicht (s. Abbildung 2.3).

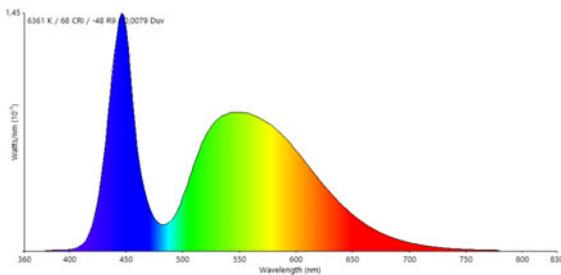


Abbildung 2.1: Natives Spektrum des Varyscan P7

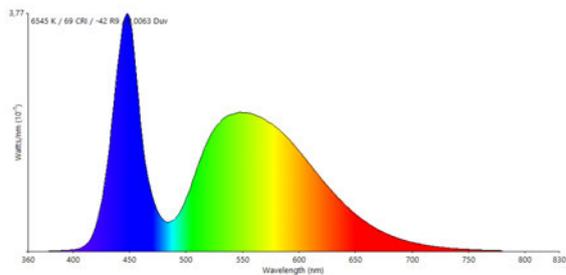


Abbildung 2.2: Natives Spektrum des P12 Profile

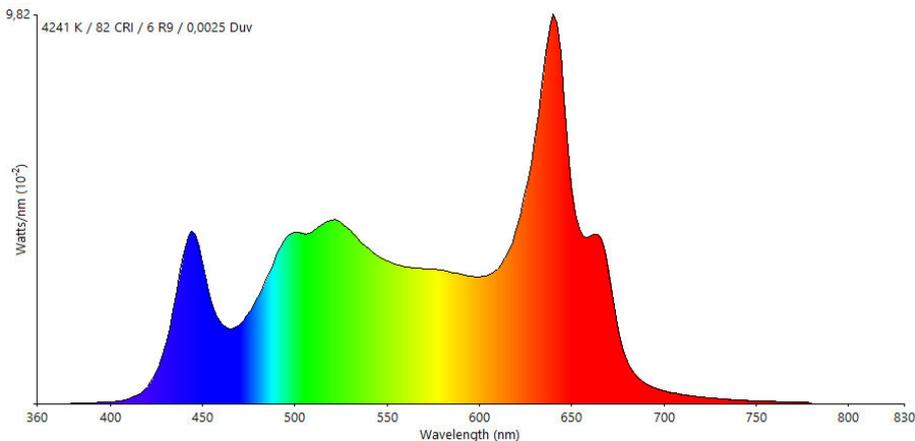


Abbildung 2.3: Natives Spektrum des Source 4 LED Series 3

2.3 Messaufbau und Durchführung

Um die Scheinwerfer optimal zu vergleichen, ist es wichtig dieselben Messbedingungen für jeden Scheinwerfer herzustellen. Der Messabstand von Scheinwerfer zu Messgerät beträgt in diesem Fall 5 m (s. Abbildung 2.4). Das Licht der Scheinwerfer wird direkt mit einem Spektrometer „JETI Spectraval 1511 (scv1511)“ gemessen. (Die Umgebungsbeleuchtungsstärke lag bei den Messungen bei 0,004 lx). Alle Scheinwerfer werden vor der Messung mindestens 30 min lang betrieben, damit sichergestellt ist, dass sich der Scheinwerferoutput stabilisiert hat¹. Da die FixtureCheck-Methode verschiedene Arten eines Scheinwerfervergleichs ermöglicht, werden die Scheinwerfer jeweils nativ und auf eine CCT von 3200 K, 4000 K und 5600 K bei einer Beleuchtungsstärke von 500 lx eingemessen. Dazu werden die Lichtfarben über DMX mit einem Lichtstellpult „GrandMA 2 light“ von MA Lighting auf die verschiedenen korrelierten Farbtemperaturen arretiert. Die drei CCT-Fälle sind so gewählt, dass eine kaltweiße, neutralweiße und warmweiße Situation entsteht und damit repräsentativ aufgezeigt werden soll, dass die FixtureCheck-Methode mit jeglicher festgelegter CCT funktioniert.

FixtureCheck-Methode: Messaufbau



Abbildung 2.4: Schematische Darstellung der direkten Messung der LED-Scheinwerfer zur Verifizierung des FixtureCheck-Methode

¹ (DIN-Normenausschuss Lichttechnik 2019: 25)

2.4 Messwerte und Auswertung

Zur Bestimmung der relevanten Werte wird das sichtbare Spektrum von 380 nm bis 780 nm gemessen und in die Software „LED ColorCalculator 7.77“ der Osram Sylvania Inc. eingefügt². (Dies kann unter Umständen dazu führen, dass diese Weißlichtspektren in der Anwendung der FixtureCheck-Methode bei einzelnen Kriterien zu geringen Abweichungen führen. Die Tendenzen der FixtureCheck-Methode werden dadurch aber nicht weiter beeinflusst.)

1. FSI
2. TM-30 R_f und R_g
3. CCT [K]
4. $\Delta u'v'$

Bei der Spektrumsmessung wurde zusätzlich die Beleuchtungsstärke E mitgemessen. Der SSI wie der ΔE_{uv}^* nicht bestimmt werden, da diese Werte zwei Spektren simultan zur Auswertung nutzen. Die nativen Messungen zeigen wie unterschiedlich die Scheinwerfer zueinander sind und dass die FixtureCheck-Methode für den nativen Vergleich breit aufgestellt sein muss, um diese Werte miteinander vergleichen zu können. Große Unterschiede sind beispielsweise bei der gemessenen CCT der TourLED Pro 28 Zoom IP33 sichtbar. Bei einem Wert von $CCT_{TourLED} = 26170$ K und bei der Beleuchtungsstärke sticht der P12 Profile mit einer $E_{P12} = 12885$ lx heraus (s. Tabelle 2.2). Die TM-30 Werte sind an dieser Stelle nicht miteinander zu vergleichen, da sie unterschiedlichen Referenzspektren angehören.

Nativ	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
SSI								
FSI	3,96	4,23	6,5	6,4	7,51	4,99	6,13	5,1
R_f	83	89	71	71	93	67	74	88
R_g	112	112	93	92	104	120	93	107
ΔE_{uv}^*								
E [lx]	2749	3253	4912	12690	4165	2578	5608	2838
$\Delta u'v'$	-0,0252	-0,0182	0,0095	0,0075	-0,0002	-0,0327	0,0018	0,0033
CCT [K]	9799	4030	6361	6545	3543	26170	6734	4241
u'	0,211	0,2322	0,1949	0,1951	0,2347	0,2115	0,1981	0,2196
v'	0,4261	0,4846	0,4741	0,4706	0,5102	0,3859	0,4644	0,5001

Tabelle 2.2: Messergebnisse bei nativen Einstellungen. SSI und ΔE_{uv}^* können nur im Zusammenhang mit zwei Spektren gemessen werden und sind daher nicht angegeben.

² <https://www.osram.us/cb/tools-and-resources/applications/led-colorcalculator/index.jsp>, letzter Zugriff 20.06.2022

2 Scheinwerfermessung

Die Messergebnisse auf eine angepasste CCT zeigen, wie nahe das Weißlicht der Scheinwerfer aneinander angepasst wurde. Die Beleuchtungsstärke E sowie die CCT, $\Delta u'v'$ und die $u'v'$ -Koordinaten unterscheiden sich so minimal, dass ein aussagekräftiger Vergleich der TM-30- und Spektren-Werte vorgenommen werden kann. Je nach LED-Scheinwerfer ist eine kaltweiße oder warmweiße CCT näher an der nativen CCT des Scheinwerfers und damit in seiner Weißlichtumgebung effizienter als in der anderen Farbtemperaturregion (s. Tabelle 2.3 bis 2.5). Diese Ergebniswerte werden genutzt, um die verschiedenen Skalen und Gewichtungen bei der FixtureCheck-Methode einschätzen zu können (s. Kapitel 3.2.3 und Kapitel 3.2.4).

3200 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
SSI								
FSI	7,83	7,3	9,24	7,6	8,59	11,38	8,32	7,48
R_f	89	89	68	73	81	47	76	80
R_g	97	107	97	105	106	115	101	101
ΔE_{uv}^*								
E [lx]	499	509	503	500	509	509	504	508
$\Delta u'v'$	-0,0006	0,0007	0,0003	0,0001	-0,0005	0,0004	0,0002	0,0003
CCT [K]	3207	3210	3206	3196	3215	3193	3218	3196
u'	0,2440	0,2435	0,2437	0,2441	0,2437	0,2441	0,2434	0,2440
v'	0,5166	0,5178	0,5175	0,5175	0,5165	0,5179	0,5171	0,5177

Tabelle 2.3: Messergebnisse bei CCT = 3200 K

4000 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
SSI								
FSI	5,89	6,97	7,12	5,82	6,62	7,66	6,63	5
R_f	89	65	68	70	86	65	74	84
R_g	101	115	95	100	105	120	97	104
ΔE_{uv}^*								
E [lx]	499	499	508	500	501	506	501	513
$\Delta u'v'$	-0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	-0,0002	-0,0007	0,0012	0,0007
CCT [K]	4000	4011	3997	4002	4001	4001	3996	4007
u'	0,2253	0,2247	0,2225	0,2249	0,2252	0,2253	0,2247	0,2247
v'	0,5012	0,5019	0,5021	0,502	0,5014	0,5009	0,5027	0,5021

Tabelle 2.4: Messergebnisse bei CCT = 4000 K

2 Scheinwerfermessung

5600 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
SSI								
FSI	4,83	5,81	5,72	5,22	5,6	5,1	5,71	3,52
R_f	94	62	70	69	82	86	73	88
R_g	105	120	97	97	106	112	95	106
ΔE_{uv}^*								
E [lx]	512	503	510	508	502	516	515	504
$\Delta u'v'$	0,0003	-0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0005	-0,0004
CCT [K]	5603	5599	5599	5599	5600	5610	5601	5612
u'	0,2059	0,2064	0,2061	0,2061	0,2061	0,2058	0,2058	0,2063
v'	0,4764	0,4758	0,4762	0,4762	0,4762	0,4764	0,4766	0,4757

Tabelle 2.5: Messergebnisse bei CCT = 5600 K

3 Erarbeitung der FixtureCheck-Methode

3.1 Ziele der FixtureCheck-Methode

Das Hauptziel der FixtureCheck-Methode ist der Vergleich des Weißlichts von LED-Scheinwerfern. Mit der Anwendung kann eine Entscheidungshilfe geschaffen werden, welches Scheinwerferlicht am besten zum Referenzlicht passt. Alternativ kann der Ergebniswert auch als qualitative Aussage zur Ähnlichkeit des Weißlichts genutzt werden - Ähnlichkeitsfaktor. Dabei soll so objektiv wie möglich vorgegangen werden. Es muss nicht zwingend der Scheinwerfer mit der besten Weißlichtqualität auch das beste Pendant zum Referenzscheinwerfer darstellen, sondern das ähnlichste Weißlicht. Das Ergebnis der FixtureCheck-Methode soll einfach und verständlich die Aussage des Weißlichtsvergleichs transportieren und die verschiedenen Aussagen der Farbwiedergabewerte in einem Wert zusammenfassen. Folglich gibt es drei Grundanforderungen an die FixtureCheck-Methode:

- Kombination mehrerer Weißlichtqualitätsmerkmale
- Objektivität
- Ein Ergebniswert (Ähnlichkeitsfaktor)

3.2 Angewandte Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse bildet die Basis der Methode, um die drei Grundanforderungen zu erfüllen. Die verschiedenen Messwerte können in Form der Kriterien in das System einfließen, wobei je nach Aussage des Kriteriums eine entsprechende Gewichtung vorgenommen werden kann. Dadurch dass die Eingangswerte der Kann-Ziele sich auf Messwerte stützen und individuelle Wahrnehmung als Kriterien außen vor gelassen werden, entsteht eine faktenbasierte Betrachtungsweise. Diese wird nur durch die subjektive Festlegung der Gewichtungen in ihrer Objektivität eingeschränkt. Damit trotzdem eine verifizierte Aussage darüber treffen zu können, werden im Kapitel 3.2.5 verschiedene Fälle betrachtet. Der Gesamtnutzwert in Form des Ähnlichkeitsfaktors fasst die Kriterien zusammen und kann anhand der Ergebnisskala eindeutig interpretiert werden.

Die Nutzwertanalyse ist einerseits dafür geeignet, mehrere Gesamtnutzwerte verschiedener Vergleiche gegenüberzustellen und zur Entscheidungshilfe in einer Rangfolge zu bringen. Ebenso kann der Gesamtnutzwert eines Vergleichs alleinstehend eine Aussage über die Ähnlichkeit des Weißlichts zweier Scheinwerfer treffen. Im Wertebereich $0 \leq x \leq 10$ gibt dieser Nutzwert an, wie gut die Lichtqualität beider Scheinwerfer zusammenpasst. Zu beachten ist trotz der scheinbaren Systematik die enthaltene Subjektivität des Entwicklers bei der Gewichtung und der Zielerfüllung der Kriterien.

3.2.1 Zieldefinition

Das Gesamtziel, das den besten Gesamtnutzwert ergibt, ist eine maximale Ähnlichkeit des Weißlichts unter Betrachtung der gewählten Kriterien.

3.2.2 Bestimmung der Kriterien

Als erster Schritt zur Erarbeitung der Nutzwertanalyse werden Muss- und Kann-Ziele festgelegt. Muss-Ziele sind Ausschlusskriterien und Kann-Ziele sind unabhängige Faktoren, die einen unterschiedlich großen Einfluss auf die Entscheidung inne haben. Alle genannten Farbwiedergabewerte und lichttechnischen Parameter hängen unweigerlich mit dem Spektrum eines Scheinwerfers zusammen. Sie basieren so zwar auf denselben Werten, liefern aber unterschiedliche Aussagen über das Weißlicht. Daher können sie trotzdem als unabhängig angesehen werden. Die Summe der Kann-Ziele steht für die Ähnlichkeit des Weißlichts der Scheinwerfer. Für den Fall eines nativen Weißlichtvergleichs werden andere Kriterien zu Rate gezogen, als bei einem Vergleich auf eine angepasste CCT. Diesen beiden Fallunterscheidungen werden bei der Skalierung und Gewichtung der Kriterien genauer betrachtet (s. Kapitel 3.2.3 und 3.2.4).

1. Fall: Angepasster Fall

Sind die Anwendungsbedingungen der zu vergleichenden Scheinwerfer bereits festzulegen, wird dieser Fall gewählt. Er setzt voraus, dass CCT und Beleuchtungsstärke als bekannt gegeben und die Scheinwerfer für die Messung dementsprechend eingerichtet werden. Eine Möglichkeit dafür ist die Verwendung zweier unterschiedlicher Scheinwerfermodelle im selben Anwendungsbereich, zum Beispiel als Vorderlicht. Dieser Vergleich ist durch das angepasste Weißlicht präziser in der Aussage und macht einen Vergleich mit Referenzfarben (TM-30) möglich.

2. Fall: Nativer Fall

Ist kein spezieller Anwendungsfall vorgegeben, werden native Werte für die FixtureCheck-Methode verwendet. Hier ist eine Verwendung des TM-30 nicht mehr möglich, dafür fließen die CTT, der $\Delta u'v'$ und die Beleuchtungsstärke E in den Vergleich mit ein. Dieser Fall ist durch die große Spannweite der Beleuchtungsstärke- und CCT-Werte weniger präzise, eignet sich aber für eine tendenzielle Aussage über die Ähnlichkeit des Weißlichts.

Muss-Ziele (Rahmenbedingungen)

Folgende Rahmenbedingungen sollen eingehalten werden:

- LED-Scheinwerfer: Die FixtureCheck-Methode ist speziell für LED-Scheinwerfer vorgesehen und nicht auf die speziellen Eigenschaften von Entladungslampen, Leuchtstoffröhren oder Glühlichtlampen optimiert. Beispielsweise wird der Wechsel von mechanischer zu elektrischer Dimmung (Art des Dimmverhaltens bei einigen Entladungslampen) und die damit einhergehenden Lichtqualitätsänderungen nicht berücksichtigt. Daher ist dies ein klares Ausschlusskriterium. Nur LED-Scheinwerfer sind für die FixtureCheck-Methode geeignet.
- Architekturleuchten: Die FixtureCheck-Methode nimmt keinen Bezug zu relevanten lichtqualitativen Aussagen in der Architekturbeleuchtung. Der in der Architekturbeleuchtung hochangesehene CRI wird als redundant angesehen (s. Kapitel 1.2.1). Daher sollten Architekturleuchten nicht mit dieser Methode miteinander verglichen werden.

Kann-Ziel: SSI

Der SSI wurde für die FixtureCheck-Methode angepasst (s. Kapitel 1.2.4) und macht es auf diese Weise möglich, zwei Spektren miteinander zu vergleichen. Als direkter „Spektrumsvergleich“ stellt er den wichtigsten Wert der Kann-Ziele dar. Bei $SSI \stackrel{!}{=} 100$ ist das Kriterium maximal erfüllt und es liegen identische Spektren vor.

Kann-Ziel: FSI

Der FSI vergleicht das Spektrum eines Scheinwerfers mit dem „idealen“ Spektrum. Dieses Kann-Ziel dient dazu, Löcher in den gemessenen Spektren auffindig zu machen und zu beziffern. Der FSI ist damit nicht so wichtig wie der SSI. Ein $FSI \stackrel{!}{=} 0$ erfüllt das Ziel dieses Kriteriums und entspricht dem Einheitsspektrum.

Kann-Ziel: TM-30

Die TM-30 R_f - und R_g -werte gehen als einziger Farbwiedergabewert mit Referenzfarben und Farbgamut in die FixtureCheck-Methode mit ein und sind daher sehr wichtig. Diese Werte werden anhand von Referenzspektren und aus dem Vergleich von Referenzfarben errechnet und somit nicht so direkt aus dem Scheinwerferspektrum wie der SSI oder FSI berechnet. Da der TM-30 sowohl für Test- als auch Referenzscheinwerfer ermittelt wird, muss ein Betrag der Differenz der beiden Messwerte gebildet werden (s. Gleichung 3.1 und 3.2). Das Kann-Ziel ist erfüllt wenn für beide Differenzen $\Delta R_f \stackrel{!}{=} 0$ und $\Delta R_g \stackrel{!}{=} 0$ gilt.

$$\Delta R_f = |R_{f,test} - R_{f,ref}| \stackrel{!}{=} 0 \quad (3.1)$$

$$\Delta R_g = |R_{g,test} - R_{g,ref}| \stackrel{!}{=} 0 \quad (3.2)$$

Kann-Ziel: ΔE_{uv}^*

Der ΔE_{uv}^* -Wert gibt die Farbdistanz, die zwei Farborte im CIE-L*U*V* zueinander haben. Nach Definition ist ein optischer Lichtunterschied bis $\Delta E_{uv}^* = 1$ nicht wahrnehmbar. Das Kann-Ziel liegt also bei $\Delta E_{uv}^* \leq 1$. Bei allen Werten $\Delta E_{uv}^* > 1$ wird die FixtureCheck-Methode eine Warnung ausgeben, dass theoretisch ein sichtbarer Unterschied vorhanden ist.

Kann-Ziel: CCT

Die CCT wird bei der FixtureCheck-Methode verglichen, um herauszufinden, ob ein nativer Scheinwerfervergleich oder ein eingemessener Vergleich angewandt wird. Ab einem Unterschied von $\Delta CCT > 100$ K wird automatisch von einem nativen Scheinwerfervergleich ausgegangen. Bei unterschiedlichen CCT muss beachtet werden, dass die TM-30 Werte nicht mehr miteinbezogen werden können, da nun unterschiedliche Referenzspektren pro Scheinwerfer genutzt werden (s. Kapitel 1.2.3). Je geringer der ΔCCT , desto eher ist das Kann-Ziel erfüllt (s. Gleichung 3.3).

$$\Delta CCT = |CCT_{test} - CCT_{ref}| \stackrel{!}{=} 0 \quad (3.3)$$

Kann-Ziel: $\Delta u'v'$

Der $\Delta u'v'$ gibt an, wie weit ein Farbort von der Plank'schen Kurve bei einer dazugehörigen CCT entfernt ist. Dieser Wert ist nur für eine native Messung wichtig und dient zur Kontrolle beim Lichtqualitätsvergleich. Laut Definition muss $\Delta u'v' \leq 0,0050$ gelten, sonst werden Farbunterschiede sichtbar (grünstichig bzw. magentastichig), die unter Umständen dazu führen können, dass Scheinwerferlicht sehr unterschiedlich zueinander wirkt. Falls dieser Wert den Wertebereich überschreitet, wird bei der FixtureCheck-Methode eine Warnung ausgegeben. Das Kann-Ziel ist erfüllt, wenn $\Delta u'v'$ im Wertebereich $0,0000 \leq \Delta u'v' \leq 0,0050$ liegt.

Kann-Ziel: Beleuchtungsstärke E

Schließlich spielt bei einem nativen Vergleich auch der Helligkeitsunterschied ΔE_{Bel} mit ein. Insbesondere für die gemeinsame Nutzung verschiedener Scheinwerfer ist ein ähnlicher Output-Wert elementar. Ein neuer Scheinwerfer ist keine Alternative, wenn er deutlich zu dunkel ist. Daher wird auch an dieser Stelle eine Warnung angezeigt, wenn sich Test- und Referenzlichtquelle zu sehr $\Delta E_{Bel} > 500$ lx unterscheiden. Das Kann-Ziel ist erfüllt, wenn sich Test- und Referenzbeleuchtungsstärke um mehr als 500 lx unterscheiden.

$$\Delta E_{Bel} = |E_{Bel,test} - E_{Bel,ref}| \stackrel{!}{\leq} 0 \quad (3.4)$$

3.2.3 Skalierung der Kriterien

Für die Nutzwertanalyse ist eine entsprechende Skalierung der einzelnen Kriterien essenziell. Der klassische Wertebereich einer Skala liegt bei $0 \leq x \leq 10$ und wird bei dieser FixtureCheck-Methode auf alle Kriterien angewandt. Dadurch entstehen keine Probleme bei der Überlegung wie viele Nachkommastellen aussagekräftig sind und es sind nicht unnötig viele Zwischenschritte zulässig (s. Tabelle 3.1).

Teilnutzwert TN	Einschätzung des Weißlichtvergleichs
$0 \leq TN < 1$	extrem unterschiedlich
$1 \leq TN < 2$	sehr unterschiedlich
$2 \leq TN < 3$	unterschiedlich
$3 \leq TN < 4$	relativ unterschiedlich
$4 \leq TN < 5$	kaum unterschiedlich
$5 \leq TN < 6$	leicht ähnlich
$6 \leq TN < 7$	relativ ähnlich
$7 \leq TN < 8$	ähnlich
$8 \leq TN < 9$	sehr ähnlich
$9 \leq TN < 10$	hervorragend ähnlich
$TN = 10$	identisch

Tabelle 3.1: Abstufungen einer 10 Punkte Skala zur Einschätzung des Teilnutzwerts bei der FixtureCheck-Methode¹

Transformationsfunktion des SSI

Der SSI beziffert den Unterschied der gemessenen Spektren (s. Kapitel (1.2.4)). Unter gewissen Umständen kann die SSI-Messung jedoch auch zu negativen Werten führen (s. Anhang Messung). Bei der FixtureCheck-Methode soll verglichen werden, wie ähnlich sich Spektren sind. SSI-Werte im Wertebereich $SSI < 0$ mit in die Skala des SSI einzubeziehen, würde dazu führen, dass die meisten positiven Werte auf eine Skala projiziert werden, die zu weit auseinandergezogen wurde. Ein Unterschied $SSI = 14$ ist deutlich interessanter als eine Spanne von $SSI = 135$, die nur aufzeigt, dass sich die Scheinwerfer sehr stark spektral unterscheiden. Daher werden die negativen Werte des SSI als untere Grenze mit 0 gleichgesetzt. Die theoretische Obergrenze wird von $SSI = 100$ dargestellt und so ist eine adäquate Skala des SSI gewährleistet (s. Gleichung 3.5).

$$f_{SSI}(x_{SSI}) = \begin{cases} 0,1x & \text{für } 0 < x \leq 100 \\ 0 & \text{für } x \leq 0 \end{cases} \quad (3.5)$$

Transformationsfunktion des FSI

Der FSI bzw. FSCI ist ein weiterer Wert, der ein Spektrenvergleich zwischen den gemessenen Scheinwerfern ermöglicht. Je kleiner der gemessene FSI wird, desto ähnlicher ist das gemessene Spektrum dem „idealen“ Spektrum (s. Kapitel 1.2.5). Auch hier muss eine vernünftige Abgrenzung zu theoretischen FSI-Werten vorgenommen werden, um eine passende Skala zu finden. Bei der FixtureCheck-Methode wird der FSI jeweils vom Referenz- und Testspektrum gemessen und ein ΔFSI -Wert gebildet. Je größer ΔFSI wird, desto unterschiedlicher sind sich die Scheinwerfer. Bei den Messungen sind vereinzelt Werte von $\Delta FSI < 10$ aufgefallen (s. Anhang Messung). Um die Skala des FSI nicht unnötig zu strecken, wird die Obergrenze auf $\Delta FSI = 10$ festgelegt, da die meisten Werte $\Delta FSI < 5$ sind (s. Gleichung 3.6. Bei dem FSI zeigt sich, dass die Skalenbildung ein nicht trivialer Vorgang für die FixtureCheck-Methode darstellt. Es muss gelingen sowohl sehr unterschiedliche Spektren vergleichen, sowie die verschiedenen Nuancen ähnlicher Spektren herausarbeiten zu können. Bei dem direkten Vergleich der theoretischen Skalen mit den an den gemessenen Werten angepassten Skalen (s. Kapitel 3.2.5) wird dies besonders deutlich.

$$f_{\Delta FSI}(x_{\Delta FSI}) = \begin{cases} -x + 10 & \text{für } 0 < x \leq 10 \\ 0 & \text{für } 10 < x \end{cases} \quad (3.6)$$

Transformationsfunktion des TM-30

Für den Vergleich mit Referenzfarben bei der FixtureCheck Methode ist der TM-30 R_f - und R_g -Wert verantwortlich (s. Kapitel 1.2.3). Theoretisch kann der ΔR_f -Wert im Wertebereich $0 < \Delta R_f < 100$ variieren. Praktisch ist es jedoch kaum möglich, dass das Spektrum eines LED-Scheinwerfer diese Grenzwerte annimmt. Ein $R_f = 100$ ist mit den schmalbandigen LEDs der Scheinwerfer kaum zu erreichen, wenn die Referenzlichtquelle eine Glühlichtquelle bzw. eine Tageslichtquelle darstellt. Ähnlich ist ein $R_f = 0$ nicht praxisnah, allenfalls kann durch eine CCT, die sehr von dem Plank'schen Kurvenzug abweicht, ein nicht messbarer R_f -Wert erreicht werden (s. Anhang native Messung der TourLED). Aus den genannten Gründen wird maximal von einem $\Delta R_f = 50$ ausgegangen und so bei der FixtureCheck-Methode als Obergrenze angenommen (s. Gleichung 3.7).

3 Erarbeitung der FixtureCheck-Methode

Der R_g -Wert hat seine Grenzen bei $R_g = 60$ und $R_g = 140$. Auch wenn der „optimale“ Scheinwerfer eine TM-30 Wertekombination von $R_f = R_g = 100$ erreichen soll, sind die $R_g \neq 100$ -Werte eine interessante Aussage über die Unter- bzw. Übersättigung der Farben eines Scheinwerfers. Deswegen wird bei der FixtureCheck-Methode die volle Bandbreite von $\Delta R_g = 80$ mit in die Skala einbezogen und für den einzelnen Scheinwerfer angegeben, wie sich die Farbsättigung verhält (Gleichung 3.8).

$$f_{\Delta R_f}(x_{\Delta R_f}) = \begin{cases} -0,2x + 10 & \text{für } 0 < x \leq 50 \\ 0 & \text{für } 50 < x \end{cases} \quad (3.7)$$

$$f_{\Delta R_g}(x_{\Delta R_g}) = \begin{cases} -0,125x + 10 & \text{für } 0 < x \leq 80 \\ 0 & \text{für } 80 < x \end{cases} \quad (3.8)$$

Transformationsfunktion des ΔE_{uv}^*

Die Farbdistanzen ΔE_{uv}^* der gemessenen Scheinwerfer liegen meist im Wertebereich $0 < \Delta E_{uv}^* < 3$. Die Definition des ΔE_{uv}^* gibt vor, dass $\Delta E_{uv}^* > 1$ dafür steht, dass der Unterschied zwischen zwei Lichtquellen mit dem bloßen Auge sichtbar ist². Das Ziel der FixtureCheck-Methode liegt darin, einen passenden Testscheinwerfer zum Referenzscheinwerfer zu finden und daher wird das Licht mit einem $\Delta E_{uv}^* > 1$ als sichtbar unterschiedlich eingestuft und in der Ausgabe vermerkt (Gleichung 3.9). Die maximale Obergrenze des ΔE_{uv}^* verschiebt sich bei einer nativen Messung stark, weil bei den Messungen ein Wertebereich von $0 < \Delta E_{uv}^* < 285$ entstanden ist. Dieser große Werteunterschied führt dazu, dass eine Aussage des ΔE_{uv}^* im nativen Vergleich sehr schwierig ist. Außerdem liegt mit dem $\Delta u'v'$ eine gewisse Redundanz vor, da beide Werte einen Farbortunterschied beziffern. Aus diesen Gründen wird der ΔE_{uv}^* bei einem nativen Vergleich außen vor gelassen.

$$f_{\Delta E_{uv}^*}(x_{\Delta E_{uv}^*}) = \begin{cases} 10 & \text{für } 0 < x \leq 1 \\ -2x + 10 & \text{für } 1 < x \leq 5 \\ 0 & \text{für } x \leq 5 \end{cases} \quad (3.9)$$

Sofern man bei der FixtureCheck-Methode einen nativen Spektrumsvergleich anwendet, werden auch die korrelierte Farbtemperatur, der $\Delta u'v'$ und die Beleuchtungsstärke E mit in Betracht gezogen. Falls die zu betrachtenden Scheinwerfer mit einer festen CCT gemessen werden, sind diese Werte nach Vorschrift der FixtureCheck-Methode von Test- und Referenzscheinwerfer sehr ähnlich eingestellt und spielen daher bei der Nutzwertanalyse keine weitere Rolle.

² (academic.com 2022)

Transformationsfunktion der CCT im nativen Fall

Mit dem $\Delta u'v'$ mit einhergehend muss stets die CCT einer Lichtquelle angegeben werden. Im Falle eines nativen Vergleiches hilft die Auswertung des ΔCCT auch eine Aussage über die Anpassungsfähigkeit des Spektrums zu machen. Eine Lichtquelle bei 7000 K verliert zwar etwas Output, wenn sie auf eine CCT von 5600 K angepasst wird, hat aber gute Möglichkeiten ein ausgeglicheneres Spektrum zu erreichen, wenn die einzelnen Farbe individuell angesteuert werden. Scheinwerfer mit einer nativen korrelierten Farbtemperatur von 5600 K können nicht weiter im Spektrum angeglichen werden. Außerdem sind Farbwiedergaben in stark unterschiedlichen CCT sehr verschieden. Da der TM-30 Wert, wie die meisten Farbwiedergabewerte, für jede CCT ein anderes Referenzspektrum wählt, ist eine Aussage eines Farbwiedergabewertes bei verschiedenen CCT nicht möglich. Der ΔCCT hat sein Maximum bei 10000 K, weil unter diesen Bedingungen das Ergebnis der FixtureCheck-Methode eindeutig ausfällt: Die Scheinwerfer passen nicht zusammen (Gleichung 3.10). (Zusätzlich liegt die reale Grenze der berechenbaren CCT in der Anwendung bei $CCT = 19960,58$ K. Alle höheren CCT-Werte werden zusammen mit dem $\Delta u'v'$ approximiert und weichen daher vom tatsächlichen Messwert ab.)

$$f_{\Delta CCT}(x_{\Delta CCT}) = \begin{cases} 10 & \text{für } 0 < x \leq 50 \\ -0,0001x + 10,05 & \text{für } 50 < x \leq 100000 \\ 0 & \text{für } 10000 < x \end{cases} \quad (3.10)$$

Transformationsfunktion des $\Delta u'v'$ im nativen Fall

Der $\Delta u'v'$ wird im CIEL*U*V*-Farbraum berechnet und gibt den Abstand des Farborts zum Plank'schen Kurvenzug an. Auch bei diesem Wert gibt es eine optisch sichtbare Grenze: Ab $\Delta u'v' = \pm 0,0050$ ist ein Grün- bzw. Magentastich bei der Lichtquelle mit dem bloßen Auge zu erkennen³. Auf diese Weise kann es dazu kommen, dass Scheinwerfer mit sehr ähnlicher CCT sehr unterschiedlich wirken. Damit der Nutzer bei einem nativen Vergleich mit der FixtureCheck-Methode nicht dieser optischen Fehleinschätzung obliegt, werden alle $\Delta(\Delta u'v')$ im Wertebereich $0,0000 < \Delta u'v' < 0,0050$ bevorzugt und größere Abweichungen werden in der Ausgabe vermerkt (Gleichung 3.11). Ab $\Delta u'v' = 0,1000$ ist der Farbort sehr weit von dem Plank'schen Kurvenzug entfernt und kann eventuell nicht mehr einer spezifischen CCT zugeordnet werden. So gilt dieser Wert als obere Grenze für $\Delta u'v'$.

$$f_{\Delta(\Delta u'v')}(x_{\Delta(\Delta u'v')}) = \begin{cases} 10 & \text{für } 0,0000 < x \leq 0,0050 \\ -100,5x + 10,05 & \text{für } 0,0050 < x \leq 0,1000 \\ 0 & \text{für } 0,1000 < x \end{cases} \quad (3.11)$$

³ (Davis & Ohno 2006)

Transformationsfunktion der Beleuchtungsstärke E im nativen Fall

Die Höhe der Beleuchtungsstärke wirkt sich auch auf die Farbwiedergabe eines Scheinwerfers aus. Farben erscheinen bei $E = 200$ lx anders als bei einer Beleuchtungsstärke von 3000 lx. Dieser Umstand wird bisher in keinem bekannten Farbwiedergabewert eingerechnet. Die FixtureCheck-Methode weist also darauf hin, wenn zwei Scheinwerfer eine zu große Abweichung in der Beleuchtungsstärke mit sich bringen. Diese Beleuchtungsstärkedifferenz wird auf 3000 lx festgesetzt, alles unter einem Wert von 500 lx ist ideal (s. Gleichung 3.12).

$$f_{\Delta E}(x_{\Delta E}) = \begin{cases} 10 & \text{für } 0 < x \leq 500 \\ -0,003x + 10 & \text{für } 500 \leq x \leq 3000 \\ 0 & \text{für } 3000 < x \end{cases} \quad (3.12)$$

Überprüfung der Transformationsfunktion anhand der Teilnutzwerte TN

Zur Kontrolle der Zielerfüllung der Kriterien mithilfe der Transformationsfunktionen wird geprüft, in welchen Bereichen die Teilnutzwerte liegen. Sollten die Teilnutzwerte eines Kriteriums nur gering variieren, ist der Wertebereich des Messwerts voraussichtlich zu groß angesetzt. Um qualitative Aussagen treffen zu können, werden Teilnutzwerte über die gesamte Spannweite der Skala angestrebt. Dies wird bei den gewählten Kriterien überwiegend erreicht. Beispielhaft werden die Teilnutzwerte des ΔR_f bei CCT = 4000 K und CCT = 5600 K betrachtet. Bei einer CCT = 4000 K fällt auf, dass Teilnutzwerte in dem Wertebereich $7 \leq TN \leq 10$ schwanken (s. Tabelle 3.2). Damit wird die Spanne von $0 \leq TN \leq 10$ nicht voll ausgenutzt und diese sollte daher angepasst werden. In der Tabelle 3.3 bewegt sich der ΔR_f im Wertebereich $4,75 \leq TN \leq 10$. Bei CCT = 3200 K wird also die Skala deutlich besser ausgenutzt. Es zeigt sich, dass die Skalierung des ΔR_f sinnvoll ist, um die verschiedenen Schwankungen darstellbar zu machen.

Rf	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		7	7,375	7,625	9,625	7	8,125	9,375
L7C	7		9,625	9,375	7,375	10	8,875	7,625
P7	7,375	9,625		9,75	7,75	9,625	9,25	8
P12	7,625	9,375	9,75		8	9,375	9,5	8,25
S4 S2	9,625	7,375	7,75	8		7,375	8,5	9,75
TourLED	7	10	9,625	9,375	7,375		8,875	7,625
Viva	8,125	8,875	9,25	9,5	8,5	8,875		8,75
S4 S3	9,375	7,625	8	8,25	9,75	7,625	8,75	

Tabelle 3.2: TN des R_f -Wert bei CCT = 4000K

Rf	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		10	7,375	8	9	4,75	8,375	8,875
L7C	10		7,375	8	9	4,75	8,375	8,875
P7	7,375	7,375		9,375	8,375	7,375	9	8,5
P12	8	8	9,375		9	6,75	9,625	9,125
S4 S2	9	9	8,375	9		5,75	9,375	9,875
TourLED	4,75	4,75	7,375	6,75	5,75		6,375	5,875
Viva	8,375	8,375	9	9,625	9,375	6,375		9,5
S4 S3	8,875	8,875	8,5	9,125	9,875	5,875	9,5	

Tabelle 3.3: N des R_f -Wert bei CCT = 4000K

3.2.4 Gewichtung der Kriterien

Die Gewichtung der Kriterien ist für die Nutzwertanalyse ein entscheidender Prozess, weil sie das Ergebnis grundlegend beeinflusst. Eine AHP oder eine Präferenzanalyse für die FixtureCheck-Methode hilft beispielsweise nicht weiter (s. Kapitel 1.3.2), da diese Methoden aus zwei Kriterien das wichtigeren herausarbeiten, eine Rangfolge einer Wichtigkeit bei den genutzten Farbwiedergabewerten aber nicht zutrifft. Bei einem Vergleich des Weißlichts kommt es primär auf das Spektrum eines Scheinwerfers an. Daher werden die Kriterien nach spektrumsnaher Berechnungsmethode gewichtet. Je direkter der Wert aus dem ursprünglichen Spektrum gerechnet wird, desto höher ist er im Ranking vertreten. Dies hängt mit dem grundlegenden Problem der FixtureCheck-Methode zusammen, dass es theoretisch sehr viele Möglichkeiten gibt ein Weißlichtspektrum aus LED-Lichtfarben zu mischen und damit denselben R_f zu erreichen. Es liegt in der Verantwortung des Nutzers dieser Anwendung, das Weißlicht so zu mischen, dass ein geeignetes Vergleichsspektrum entsteht, obwohl jederzeit viele andere Möglichkeiten existieren. Spektrumsnahe Werte errechnen sich direkter aus dem Spektrum und sind daher von diesem Problem weniger betroffen. Damit sind diese Kriterien verlässlicher als beispielweise der TM-30.

Gewichtung des SSI

Der SSI ist am nächsten am Spektrum und bekommt daher die größte Gewichtung. Dieser Wert ist am besten dafür geeignet, Ähnlichkeiten und Unterschiede der Spektren aufzuzeigen (s. Gleichung 3.13).

$$TN_{SSI} = 0,35 \cdot Zf \quad (3.13)$$

Gewichtung des FSI

Der FSI kann Löcher in Spektren beziffern und betrachtet mit seinen Aussagen das Weißlicht sehr spektrennah. Daher bekommt der FSI die zweithöchste Gewichtung der FixtureCheck-Methode (s. Gleichung 3.14).

$$TN_{\Delta FSI} = 0,2 \cdot Zf \quad (3.14)$$

Gewichtung des TM-30

Um die Qualität von Weißlicht einschätzen zu können, wird bei der FixtureCheck-Methode der TM-30 repräsentativ für die bekannten Farbwiedergabewerte miteinbezogen. Da sich die R_f - und R_g -Werte auf 99 Referenzfarben beziehen und sich aus einem Vergleich mit einem Referenzspektrum ergeben, sind diese Werte ferner vom ursprünglich gemessenen Spektrum anzusiedeln. Dennoch sollen diese Werte aussagekräftig mit in die FixtureCheck-Methode einbezogen werden und bekommen gemeinsam so viel Aussagekraft wie der SSI selbst (s. Gleichung 3.15 und 3.16).

$$TN_{\Delta R_f} = 0,175 \cdot Zf \quad (3.15)$$

$$TN_{\Delta R_g} = 0,175 \cdot Zf \quad (3.16)$$

Gewichtung des ΔE_{uv}^*

Schließelich soll auch die Distanz der Farborte in einem Farbraum zu einem gewissen Grad die Ähnlichkeit von Weißlicht zweier Scheinwerfer bei der FixtureCheck-Methode mit einfließen. Dabei kommt dem ΔE_{uv}^* die Hälfte des Einflusses des FSI zugute (s. Gleichung 3.17).

$$TN_{\Delta E_{uv}^*} = 0,1 \cdot Zf \quad (3.17)$$

Gewichtung der Kriterien im nativen Fall

Im nativen Fall kommen der CCT-, $\Delta u'v'$ -, und der Beleuchtungsstärkevergleich hinzu. Dies ändert die Gewichtung der einzelnen Kriterien (s. Tabelle 3.4). Der TM-30 kann nicht weiter mitgeführt werden, da verschiedene Referenzspektren nicht vergleichbar sind. Der ΔE_{uv}^* wird ersetzt durch den $\Delta u'v'$, da seine Wertespanne deutlich zu groß wäre und eine sehr ähnliche Aussage zum $\Delta u'v'$ darstellt. Die Gewichtung von SSI und FSI ändern sich nicht und sie bleiben im selben Verhältnis wie bei der FixtureCheck-Methode im angepassten CCT Fall. CCT und $\Delta u'v'$ sind als Verortungswerte an der Plank'schen Kurve gleichstark gewichtet. Die Beleuchtungsstärke E variiert am stärksten und fällt daher am wenigsten ins Gewicht (s. Gleichung 3.18 bis 3.20).

$$TN_{\Delta CCT} = 0,175 \cdot Zf \quad (3.18)$$

$$TN_{\Delta(\Delta u'v')} = 0,175 \cdot Zf \quad (3.19)$$

$$TN_{\Delta E_{bel}} = 0,1 \cdot Zf \quad (3.20)$$

Kriterium	Gewichtung angepasster Fall	Gewichtung nativer Fall
SSI	0,35	0,35
ΔFSI	0,20	0,20
TM-30 ΔR_f	0,175	0
TM-30 ΔR_g	0,175	0
ΔE_{uv}^*	0,10	0
ΔCCT	0	0,175
$\Delta(\Delta u'v')$	0	0,175
ΔE_{Bel}	0	0,1

Tabelle 3.4: Gewichtung der Kriterien in beiden Fällen⁴

⁴ (Bundesministerium des Innern und für Heimat 2007)

3.2.5 Bestimmung des Gesamtnutzwerts („Ähnlichkeitsfaktor“)

Der Ergebniswert der Nutzwertanalyse GN ist auch das Hauptergebnis der FixtureCheck-Methode und wird „Ähnlichkeitsfaktor“ genannt. Dieser Faktor befindet sich im Wertebereich $0 < GN < 10$ und ist damit genauso wie die Teilnutzwerte skaliert. $GN = 10$ bedeutet, dass das Spektren des gemessenen Weißlichts identisch sind. Folgende Aufteilung der Interpretation des Ähnlichkeitsfaktors wird bei der FixtureCheck-Methode angewandt:

Gesamtnutzwert GN	Einschätzung des Weißlichtvergleichs
$0 \leq GN < 1$	extrem unterschiedlich
$1 \leq GN < 2$	sehr unterschiedlich
$2 \leq GN < 3$	unterschiedlich
$3 \leq GN < 4$	relativ unterschiedlich
$4 \leq GN < 5$	kaum unterschiedlich
$5 \leq GN < 6$	leicht ähnlich
$6 \leq GN < 7$	relativ ähnlich
$7 \leq GN < 8$	ähnlich
$8 \leq GN < 9$	sehr ähnlich
$9 \leq GN < 10$	hervorragend ähnlich
$GN = 10$	identisch

Tabelle 3.5: Abstufungen einer 10 Punkte Skala zur Einschätzung des „Ähnlichkeitsfaktor“ GN bei der FixtureCheck-Methode⁵

Im Folgenden werden verschiedene Gewichtungen der Kriterien und deren Auswirkung auf den GN-Wert bei der FixtureCheck-Methode ausgewertet. Alle möglichen Weißlichtvergleiche der gemessenen Scheinwerfer werden betrachtet (s. Kapitel (2)). In den folgenden Tabellen sind jeweils die höchsten Werte (grün) sowie die niedrigsten Werte (rot) einer Zeile gekennzeichnet.

3.3 Evaluierung der Gewichtungen

Das Ziel der Variationen ist, wie bereits erwähnt, eine fundierte Entscheidung über die Gewichtungen treffen zu können. In den folgenden Fällen werden die Gewichtungen unterschiedlich angepasst, damit die Größe des Einflusses dieser auf die Gesamtnutzwerte beziehungsweise die Rangfolgen geprüft werden kann. Es können damit Schwankungen und unabhängige Tendenzen besser verdeutlicht werden.

3.3.1 Fall 1: Gleiche Gewichtung aller Kriterien

Wenn alle Kriterien gleich gewichtet werden mit $G_f = 0,2$, kann ein neutraler Vergleich der Gesamtnutzwerte erfolgen. LED-Scheinwerfer liegen nativ meist bei einer kaltweißen CCT und daher weichen ihre Spektren bei $CCT = 3200$ K am meisten von ihren ursprünglichen Spektren ab. Dies spiegelt sich auch bei den Gesamtnutzwerten der Nutzwertanalyse wieder. Die GN erreichen an dieser Stelle die kleinsten Werte mit einem Durchschnitt $\overline{GN} = 7,55$ und einer Spannweite von $GN_{max} - GN_{min} = 4,85$ (s. Tabelle 3.6). Folglich sind die Werte bei $CCT = 5600$ K sich am ähnlichsten $\overline{GN} = 7,94$ und weisen die kleinsten Differenzen $GN_{max} - GN_{min} = 3,19$ zueinander auf (s. Tabelle 3.8). Auffällig ist, dass sich das Weißlicht der TourLED Pro 28 Zoom IP33 bei $CCT = 3200$ K als kaum kompatibel zu den anderen Weißlicht der Scheinwerfer einordnet, bei $CCT = 5600$ K jedoch solide GN-Werte im Wertebereich $7 < GN_{TourLED} < 9$ aufweist. Dagegen ist der L7-C mit seinen GN-Werten von moderaten Wertebereich bei $CCT = 3200$ K und $CCT = 4000$ K auf den letzten Platz im Weißlichtvergleich bei $CCT = 5600$ K abgefallen. Das im Vergleich ähnlichste Weißlicht der Scheinwerfer teilt sich über die drei Tabellen hinweg auf die verschiedenen Scheinwerfer auf, dagegen kann das unähnlichste Weißlicht meist zwei (bzw. einem) Scheinwerfern pro CCT zugeteilt werden.

3200 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		8,16	7,00	7,24	8,66	4,38	7,62	8,25
L7C	8,28		7,52	8,27	8,30	5,54	7,87	8,83
P7	7,42	7,66		8,79	7,95	5,83	9,12	7,81
P12	7,74	8,51	8,75		8,28	5,51	9,24	8,54
S4 S2	8,66	8,34	7,67	7,98		5,71	8,30	8,46
TourLED	4,94	5,92	5,83	5,51	6,13		5,27	6,37
Viva	8,04	8,03	9,12	9,24	8,60	5,27		8,09
S4 S3	8,13	8,67	7,47	8,06	8,16	5,85	7,71	

Tabelle 3.6: GN bei 3200 K mit $G_f = 0,2$

3 Erarbeitung der FixtureCheck-Methode

4000 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		7,04	6,78	7,32	9,25	7,03	7,10	8,33
L7C	7,08		7,61	7,48	8,20	8,66	7,04	7,04
P7	7,16	7,63		9,22	7,40	6,72	9,35	7,49
P12	7,80	7,60	9,20		8,00	6,69	9,26	7,68
S4 S2	9,27	8,10	7,12	7,68		7,66	7,42	8,35
TourLED	7,25	8,56	6,66	6,67	7,82		6,22	6,57
Viva	7,50	7,12	9,35	9,24	7,72	6,32		8,00
S4 S3	8,11	7,25	7,11	7,24	7,93	6,21	7,64	

Tabelle 3.7: GN bei 4000 K mit Gf=0,2

5600 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		6,59	7,50	7,52	8,96	8,77	7,71	8,51
L7C	6,65		7,31	7,23	8,07	7,27	6,57	6,97
P7	7,80	7,29		9,74	8,13	8,08	9,55	7,54
P12	7,84	7,25	9,72		8,02	8,12	9,35	7,60
S4 S2	8,94	7,97	7,77	7,62		8,75	7,56	8,70
TourLED	8,97	7,13	7,92	8,00	9,01		8,05	8,11
Viva	7,99	6,55	9,53	9,33	7,92	8,25		7,06
S4 S3	8,27	6,67	7,10	7,16	8,32	7,73	6,70	

Tabelle 3.8: GN bei 5600 K mit Gf=0,2

3.3.2 Fall 2: Starke Gewichtung der spektrumsnahen Kriterien

Bei einer Aufteilung zu einer spektrumsnahen Gewichtung mit $TN_{SSI} = TN_{FSI} = 0,4 \cdot Zf$ und $TN_{Rf} = TN_{Rg} = TN_{\Delta E_{uv}^*} = \frac{0,2}{3} \cdot Zf$ spielen der TM-30 und der ΔE_{uv}^* eine kleinere Rolle, da ihre Werte nicht so stark das Spektrum beurteilen wie der SSI und FSI (s. Kapitel 1.2.4 und 1.2.5). Durch die neuen Gewichtungen haben sich durchschnittlich die GN-Werte aller drei Tabellen verschlechtert und damit sind gleichzeitig die Spannweiten ΔGN noch größer geworden. Im Vergleich zu den gleich gewichteten TN im Fall 1 ist beispielsweise bei 3200 K das arithmetische Mittel auf $\overline{GN} = 6,87$ abgesunken und die Spannweite hat sich auf $GN_{max} - GN_{min} = 5,19$ vergrößert (s. Tabelle 3.9). Interessanterweise bleiben die Positionen des unpassendsten Weißlichts sehr ähnlich zur gleichverteilten Gewichtung. Kleine Änderungen machen sich zum Beispiel bei CCT = 3200 K bemerkbar, da die TourLED Pro 28 Zoom IP33 jetzt am schlechtesten zum P12 Profile passt. Insgesamt verschieben sich nur fünfmal die verschiedenen größten GN-Werte in den drei Tabellen, bleiben aber sehr unterschiedlich verteilt.

3 Erarbeitung der FixtureCheck-Methode

3200 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		8,01	6,20	6,64	8,23	3,74	6,94	8,50
L7C	8,25		6,86	7,69	8,14	4,22	7,55	8,52
P7	7,04	7,14		8,25	7,13	4,56	8,93	6,58
P12	7,64	8,17	8,17		7,13	3,91	8,84	7,71
S4 S2	8,23	8,22	6,57	6,53		5,17	7,14	8,12
TourLED	4,86	4,98	4,56	3,91	6,01		4,07	5,52
Viva	7,78	7,87	8,93	8,84	7,74	4,07		7,28
S4 S3	8,26	8,20	5,90	6,75	7,52	4,48	6,52	

Tabelle 3.9: GN bei 3200 K mit Gf=0,8 für SSI & FSI

4000 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		6,99	6,18	6,68	8,87	6,45	6,69	8,31
L7C	7,07		6,25	5,91	8,22	8,46	6,13	6,62
P7	6,94	6,29		8,77	7,17	5,66	9,19	6,42
P12	7,64	6,15	8,73		7,27	5,45	8,92	7,15
S4 S2	8,91	8,02	6,61	6,63		7,34	7,07	7,84
TourLED	6,89	8,26	5,54	5,41	7,66		5,43	6,20
Viva	7,49	6,29	9,19	8,88	7,67	5,63		6,96
S4 S3	7,87	6,23	5,66	6,27	7,00	5,48	6,24	

Tabelle 3.10: GN bei 4000 K mit Gf=0,8 für SSI & FSI

5600 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		6,70	6,94	7,04	8,76	8,37	7,24	8,20
L7C	6,82		6,11	5,88	8,05	7,35	5,89	6,26
P7	7,54	6,07		9,55	7,44	7,85	9,38	6,65
P12	7,68	5,92	9,51		7,28	8,00	9,05	6,83
S4 S2	8,72	7,85	6,72	6,48		8,02	6,85	7,81
TourLED	8,77	7,07	7,53	7,76	8,54		7,68	7,44
Viva	7,80	5,85	9,34	9,01	7,57	8,08		6,52
S4 S3	7,72	5,66	5,77	5,95	7,05	6,68	5,80	

Tabelle 3.11: GN bei 5600 K mit Gf=0,8 für SSI & FSI

3.3.3 Fall 3: Schwache Gewichtung der spektrumsnahen Kriterien

Falls diese Gewichtung umgekehrt wird und als eine Aufteilung zu einer spektrumsfernen Gewichtung mit $TN_{SSI} = TN_{FSI} = 0,2 \cdot Zf$ und $TN_{Rf} = TN_{Rg} = TN_{\Delta E_{uv}^*} = \frac{0,8}{3} \cdot Zf$ aufgefasst wird, erhält man folgende drei Tabellen (s. Tabelle 3.12 bis 3.14). Die Anwendung dieser Gewichtung führt dazu, dass sich durchschnittlich alle GN-Werte aller drei Tabellen leicht erhöhen und die Spannweite der Tabellenwerte verringert wird. Im Vergleich zu den gleich gewichteten TN im Fall 1 steigt beispielsweise bei 4000 K das arithmetische Mittel von $\overline{GN_{Fall1}}=7,66$ auf $\overline{GN_{Fall3}}=8,00$ und die Spannweite verkleinert sich von $GN_{max,Fall1} - GN_{min,Fall1} = 3,15$ auf $\Delta GN_{Fall3} = 2,89$ (s. Tabelle 3.10). Auch bei einer CCT = 3200 K ist der Unterschied zur gleichwertigen Gewichtung gering. Nur die TourLED Pro 28 Zoom IP33 passt mit seinem Weißlicht durch die Änderung der Gewichtung am schlechtesten zum Weißlicht des Robin Viva CMY. Zusätzlich passt der Source 4 LED Series 2 Lustr mit am besten zum Weißlicht des Robin Viva CMY. Alle anderen grün und rot markierten Werte sind bei denselben Scheinwerfern geblieben (s. Tabelle 3.12). Bei CCT = 5600 K teilen sich die Ungleichheit des Weißlichts wieder auf den L-7C und den Robin Viva CMY bzw. K-Eye K10 HCR auf (s. Tabelle 3.12). Damit spielt die starke Gewichtung der spektrumsnahen Kriterien eine größere Rolle bei der FixtureCheck-Methode als die starke Gewichtung der spektrumsfernen Kriterien.

3200 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		8,23	7,40	7,54	8,88	4,70	7,95	8,12
L7C	8,29		7,85	8,56	8,38	6,21	8,02	8,99
P7	7,61	7,92		9,06	8,35	6,47	9,21	8,42
P12	7,79	8,68	9,04		8,85	6,31	9,43	8,95
S4 S2	8,88	8,40	8,21	8,70		5,98	8,88	8,63
TourLED	4,98	6,40	6,47	6,31	6,19		5,87	6,79
Viva	8,16	8,10	9,21	9,43	9,03	5,87		8,50
S4 S3	8,06	8,91	8,25	8,71	8,48	6,53	8,31	

Tabelle 3.12: GN bei 3200 K mit Gf=0,2 für SSI & FSI

3 Erarbeitung der FixtureCheck-Methode

4000 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		7,06	7,07	7,64	9,44	7,32	7,31	8,34
L7C	7,08		8,29	8,26	8,19	8,76	7,49	7,25
P7	7,26	8,30		9,44	7,51	7,25	9,43	8,02
P12	7,88	8,32	9,43		8,36	7,31	9,44	7,94
S4 S2	9,45	8,14	7,37	8,20		7,82	7,60	8,61
TourLED	7,43	8,71	7,22	7,30	7,90		6,61	6,75
Viva	7,51	7,53	9,43	9,43	7,75	6,66		8,52
S4 S3	8,23	7,76	7,83	7,72	8,40	6,57	8,34	

Tabelle 3.13: GN bei 4000 K mit $G_f=0,2$ für SSI & FSI

5600 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		6,53	7,78	7,76	9,06	8,97	7,95	8,66
L7C	6,56		7,91	7,90	8,08	7,23	6,91	7,33
P7	7,93	7,90		9,84	8,48	8,19	9,63	7,98
P12	7,92	7,91	9,83		8,39	8,18	9,50	7,98
S4 S2	9,05	8,03	8,30	8,19		9,12	7,91	9,15
TourLED	9,07	7,16	8,11	8,12	9,25		8,24	8,45
Viva	8,09	6,90	9,62	9,49	8,09	8,34		7,33
S4 S3	8,54	7,18	7,76	7,76	8,96	8,26	7,15	

Tabelle 3.14: GN bei 5600 K mit $G_f=0,2$ für SSI & FSI

3.3.4 Fall 4: Angewandte Gewichtung für die FixtureCheck-Methode

Mit der Gewichtung, die bei der FixtureCheck-Methode angewandt wird (s. Kapitel 3.2.4), gibt es die geringsten Unterschiede zur gleichverteilten Gewichtung. Dies liegt zum einen daran, dass bei Fall 2 und 3 sehr extreme Gewichtungsfälle angenommen werden. Zum anderen ist es bei der FixtureCheck-Methode wichtig, dass die spektrumsnahen Kriterien eine hohe Gewichtung erhalten sollen und gleichzeitig die anderen Kriterien noch genug Wirkung auf das Gesamtergebnis GN mit sich bringen. Bei CCT = 3200 K passt das Weißlicht der TourLED Pro 28 Zoom IP33 am schlechtesten zum Weißlicht des Robin Viva CMY. Ansonsten sind alle anderen negativen extremen Rankings der Scheinwerfer bei CCT = 3200 K gleich geblieben. Die positiven Rankings haben sich dagegen auf fünf Positionen geändert (s. Tabelle 3.15). Im kaltweißen korrelierten Farbtemperaturbereich ist das Weißlicht des Source 4 LED Series 2 Lustr kaum geeignet mit dem des Robin Viva CMY zusammen genutzt zu werden. Das Weißlicht des L-7C ist in diesem Bereich am wenigsten mit dem Weißlicht anderer Scheinwerfer kompatibel (s. Tabelle 3.15). Durch die für die FixtureCheck-Methode genutzte Gewichtung ändert sich teilweise das Ranking des Weißlicht der Scheinwerfer und sorgen für einen ausgewogenen Vergleich der Kriterien.

3 Erarbeitung der FixtureCheck-Methode

3200 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		8,03	6,29	6,51	8,25	3,64	6,95	8,32
L7C	8,24		6,91	7,62	8,24	4,46	7,53	8,43
P7	7,03	7,15		8,48	7,15	4,72	8,96	6,94
P12	7,38	8,04	8,41		7,44	4,39	8,96	7,79
S4 S2	8,25	8,31	6,66	6,91		5,13	7,35	8,31
TourLED	4,62	5,12	4,72	4,39	5,87		4,26	5,69
Viva	7,69	7,81	8,96	8,96	7,88	4,26		7,55
S4 S3	8,11	8,15	6,34	6,95	7,78	4,78	6,89	

Tabelle 3.15: GN bei 3200 K mit den Gf, die bei der FixtureCheck-Methode angewandt werden.

4000 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		6,67	6,14	6,56	9,00	6,33	6,64	8,35
L7C	6,74		6,38	6,26	7,86	8,56	6,11	6,63
P7	6,81	6,42		9,00	6,94	5,73	9,19	6,68
P12	7,40	6,47	8,97		7,28	5,77	9,04	7,16
S4 S2	9,03	7,68	6,45	6,72		7,12	6,90	8,17
TourLED	6,71	8,39	5,62	5,74	7,40		5,43	6,26
Viva	7,34	6,25	9,19	9,00	7,43	5,61		7,25
S4 S3	7,96	6,39	6,02	6,39	7,44	5,63	6,62	

Tabelle 3.16: GN bei 4000 K mit den Gf, die bei der FixtureCheck-Methode angewandt werden.

5600 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		6,20	6,78	6,77	8,74	8,32	7,09	8,37
L7C	6,30		6,08	5,98	7,66	7,00	5,68	6,26
P7	7,30	6,05		9,66	7,36	7,62	9,36	6,84
P12	7,33	6,02	9,62		7,24	7,65	9,12	6,91
S4 S2	8,70	7,48	6,73	6,54		8,16	6,81	8,25
TourLED	8,67	6,76	7,34	7,44	8,61		7,51	7,76
Viva	7,58	5,64	9,32	9,09	7,44	7,86		6,66
S4 S3	7,95	5,74	6,07	6,14	7,59	7,10	6,03	

Tabelle 3.17: GN bei 5600 K mit den Gf, die bei der FixtureCheck-Methode angewandt werden.

3.3.5 Nativer Fall: Gleiche Gewichtung aller Kriterien

Im nativen Fall wechselt die Gewichtung der Kriterien. Der TM-30 kann mit seinen Referenzspektren nicht mehr mit einbezogen werden und der ΔE_{uv}^* wird auch nicht weiter betrachtet. Dafür werden die Beleuchtungsstärke, die CCT sowie der $\Delta u'/v'$ mit in den Gesamtnutzwert eingerechnet. Eine gleiche Gewichtung aller Kriterien führt zu folgendem Ergebnis:

nativ	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		6,77	5,74	5,36	5,53	7,15	5,80	7,38
L7C	7,21		6,05	5,16	7,86	5,84	5,80	8,77
P7	5,86	6,09		7,81	7,48	4,18	8,85	6,95
P12	5,46	5,20	7,81		5,98	3,86	7,53	6,43
S4 S2	5,73	7,82	7,28	5,76		4,79	6,95	8,16
TourLED	7,15	5,14	4,02	3,74	4,31		4,09	6,16
Viva	5,88	5,66	8,79	7,51	7,07	4,13		6,58
S4 S3	7,44	8,65	6,71	6,21	8,10	6,46	6,46	

Tabelle 3.18: GN bei einer nativen Scheinwerfermessung mit gleichen Gewichtungen

3.3.6 Nativer Fall: Angewandte Gewichtung für die FixtureCheck-Methode

Wählt man für die Gewichtungen im nativen Fall aus Kapitel 3.2.4, die auch in der FixtureCheck-Methode zur Anwendung kommen, erhält man die Ergebnisse wie in Tabelle 3.19.

nativ	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		5,93	5,93	5,88	5,41	7,05	6,36	7,05
L7C	6,70		5,70	5,24	7,89	5,39	5,72	8,38
P7	6,14	5,77		8,71	7,01	4,48	8,81	7,06
P12	6,05	5,31	8,71		6,28	4,41	8,34	6,84
S4 S2	5,76	7,82	6,66	5,89		4,90	6,63	8,37
TourLED	7,05	4,16	4,20	4,20	4,06		4,67	5,68
Viva	6,50	5,47	8,71	8,31	6,84	4,74		6,90
S4 S3	7,16	8,17	6,64	6,45	8,26	6,20	6,69	

Tabelle 3.19: GN bei einer nativen Scheinwerfermessung mit den Gf, die bei der FixtureCheck-Methode angewandt werden

3.4 Redundanzüberprüfung der spektrumsnahen Kriterien

Durch die Eigenschaft, dass alle Werte, die in die Nutzwertanalyse einfließen, unterschiedliche Aussagen über Weißlicht und Weißlichtqualität machen, wird eine Redundanz, wie es beim TM-30 R_f und CRI R_a wäre, vermieden. Am Ähnlichsten sind die Kriterien SSI und FSI. Zur Kontrolle soll überprüft werden, ob die FixtureCheck-Methode mit dem SSI und FSI eine Redundanz aufweist und ob ein Kriterium eingespart werden kann. Wenn man die Gewichtung des FSI auf den Zf-Wert des SSI aufsummiert, erhält man einen Teilnutzwert von $TN_{SSI} = 0,55 \cdot Zf$. Ohne den FSI ergeben sich dann Gesamtnutzwerte, die durchschnittlich um $\Delta GN < 1,22$ von den eigentlichen GN der FixtureCheck-Methode abweichen und die Spannweite ($\Delta GN < 1,5$) der Werte pro Tabelle erheblich erhöht (s. Tabelle ?? bis ??). Das Ergebnis dieser theoretischen Überlegung zeigt, dass der FSI relevant für die FixtureCheck-Methode ist und mit einer Gewichtung von $Zf = 0,2$ entsprechend mit in das Vergleichsergebnis einbringt.

3200 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		7,42	5,18	5,13	7,76	2,43	5,79	7,91
L7C	7,75		6,30	6,70	7,98	3,52	6,89	7,85
P7	6,33	6,68		8,33	6,10	3,15	8,86	6,03
P12	6,51	7,36	8,22		6,45	3,15	8,71	6,75
S4 S2	7,76	8,09	5,33	5,63		4,21	6,09	7,93
TourLED	3,97	4,56	3,15	3,15	5,37		2,87	5,29
Viva	6,94	7,33	8,86	8,71	6,91	2,87		6,64
S4 S3	7,58	7,41	5,09	5,43	7,10	3,86	5,59	

Tabelle 3.20: GN bei 3200 K ohne FSI

4000 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		5,88	4,99	5,13	8,76	5,50	5,53	8,03
L7C	5,99		4,67	4,77	7,29	8,18	4,52	5,99
P7	6,04	4,73		8,94	5,96	3,99	9,03	5,89
P12	6,45	5,10	8,89		6,36	4,44	8,86	6,24
S4 S2	8,82	7,01	5,19	5,48		6,41	5,67	7,86
TourLED	6,10	7,91	3,83	4,39	6,85		3,86	5,73
Viva	6,63	4,74	9,03	8,80	6,49	4,13		6,47
S4 S3	7,42	5,46	4,84	5,03	6,70	4,74	5,48	

Tabelle 3.21: GN bei 4000 K ohne FSI

5600 K 500 lx	K-Eye	L7C	P7	P12	S4 S2	TourLED	Viva	S4 S3
K-Eye		5,30	5,80	5,65	8,51	7,70	6,24	8,12
L7C	5,46		4,32	4,30	6,96	6,25	3,94	5,54
P7	6,62	4,27		9,64	6,25	6,97	9,08	6,20
P12	6,53	4,36	9,58		6,16	6,88	8,88	6,17
S4 S2	8,46	6,68	5,26	5,06		7,42	5,45	8,03
TourLED	8,25	5,86	6,53	6,55	8,13		6,75	7,24
Viva	7,01	3,88	9,03	8,83	6,44	7,30		6,04
S4 S3	7,46	4,71	4,99	4,96	6,99	6,19	5,05	

Tabelle 3.22: GN bei 5600 K ohne FSI

3.5 Ablauf der FixtureCheck-Methode

Im Folgenden soll die Abhandlung der FixtureCheck-Methode angeführt werden und als Anleitung für den Endnutzer dienen:

1. **Auswahl der Scheinwerfer:** Als erster Schritt ist zu bestimmen, welche LED-Scheinwerfer verglichen werden sollen. Dabei ist wichtig festzulegen, welcher Scheinwerfer das Referenzlicht und das Testlicht abbildet, da diese Auswahl zu unterschiedlichen Ergebnissen führt. Jeder Scheinwerfer wird für eine spektrale Messung benötigt.
2. **Auswahl der Vergleichsmethode:** Die FixtureCheck-Methode erkennt automatisch, ob ein nativer Vergleich oder ein Vergleich einer festen CCT vorgenommen werden soll. Es wird empfohlen für den Anwendungsfall der festen CCT ein Lichtstellpult für die Farbanpassung der Scheinwerfer zu nutzen.
3. **Messaufbau:** Der zu messende Scheinwerfer wird beispielsweise auf einem Stativ aufgebaut. Das Messgerät wird in einem anwendungstypischen Abstand x zum Scheinwerfer angebracht. Falls keine genaue Abstandsgröße vordefiniert ist, kann beispielsweise ein Abstand von $x = 5$ m genutzt werden. Damit die FixtureCheck-Methode einen guten Scheinwerfervergleich hervorbringen kann, ist es sehr wichtig, dass für beide Scheinwerfer dieselben Messbedingungen eingestellt werden. Das Messgerät ist dann genau auf die Mitte des Scheinwerferbeams auszurichten (s. Abbildung 3.1) und die Umgebungshelligkeit ist dabei sehr gering zu halten.

FixtureCheck-Methode: Messaufbau

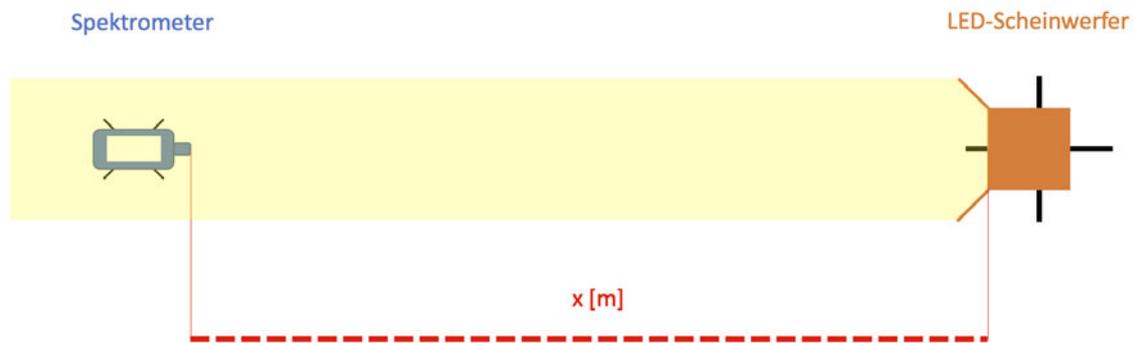


Abbildung 3.1: Graphische Darstellung des Messaufbaus bei der FixtureCheck-Methode

4. **Stabilisierung des Outputs des LED-Scheinwerfers:** Es wird empfohlen die zu messenden Scheinwerfer mind. 30 min lang vor der Messung bei voller Lichtausgabe zu betreiben⁶. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass eventuelle Schwankungen in den Helligkeiten der LEDs nach Einschalten des LED-Scheinwerfers nicht mit in die Messung einfließen.
5. **Scheinwerfermessung:** Nach der Stabilisierungsphase werden entweder die Scheinwerferspektren direkt nativ gemessen oder auf eine spezielle CCT eingestellt und gemessen. Die ΔCCT und der $\Delta(\Delta u'/v')$ sollten für den anwendungsbezogenen Fall so gering wie möglich gehalten werden. Für einen besseren Scheinwerferspektrenvergleich bei einer vorbestimmten CCT wird empfohlen, eine anwendungstypische Beleuchtungsstärke festzulegen (z.B. 500 lx).
6. **Datenübertragen ins FixtureCheck-Programm:** Die gemessenen Spektren werden in die Excel-Datei an die entsprechende Stelle eingefügt (s. Abbildung 3.2). In dem Feld neben dem eingefügten Spektrum kann der Abstand der einzeln gemessenen Wellenlängen $\Delta\lambda$ angegeben werden. Falls der Abstand nicht $\Delta\lambda = 1$ nm beträgt, werden die fehlenden Schritte automatisch interpoliert. Des weiteren sind die Scheinwerferbezeichnungen und die gemessenen Beleuchtungsstärken in die dafür vorgesehen Tabellenfelder zu ergänzen.

⁶ (DIN-Normenausschuss Lichttechnik 2019: 25)

FixtureCheck-Methode					
Bitte Testspektrum einfügen!			Bitte Referenzspektrum einfügen!		
Testscheinwerfer			Referenzscheinwerfer		
name:	HY K-Eye K15		name:	Robin Viva CMY	
E [lux]:	2749		E [lux]:	5608	
nm	Spektrum 1	Abstand in nm	nm	Spektrum 2	Abstand in nm
380	0,00030162	1	380	0,00031198	1
381	0,00037657		381	0,00036215	
382	0,00040408		382	0,00040509	
383	0,00039083		383	0,00044127	
384	0,00040078		384	0,00037869	
385	0,00039493		385	0,00029448	
386	0,00028499		386	0,00017647	
387	0,00024393		387	0,00018082	
388	0,00027158		388	0,00030823	
389	0,00034215		389	0,00031213	
390	0,00041991		390	0,00028952	
391	0,00049530		391	0,00029264	
392	0,00055842		392	0,00034085	
393	0,00060580		393	0,00044510	
394	0,00055324		394	0,00046220	
395	0,00048645		395	0,00045636	
396	0,00062786		396	0,00051237	
397	0,00073420		397	0,00052720	
398	0,00079042		398	0,00048086	
399	0,00081742		399	0,00049054	
400	0,00083709		400	0,00052285	
401	0,00100490		401	0,00058582	
402	0,00112541		402	0,00066144	
403	0,00116457		403	0,00076055	
404	0,00131337		404	0,00084903	
405	0,00151178		405	0,00093172	
406	0,00168732		406	0,00094596	
407	0,00188709		407	0,00101061	
408	0,00214552		408	0,00118654	
409	0,00241711		409	0,00132766	
410	0,00269525		410	0,00144837	
411	0,00316254		411	0,00171121	
412	0,00367282		412	0,00197140	
413	0,00428985		413	0,00221626	

Abbildung 3.2: Einfügen der gemessenen Spektren bei der FixtureCheck-Methode

7. **Ergebnisauslesung des FixtureCheck-Programm:** In dem zweiten Blatt der Excel-Datei kann direkt das Ergebnis des Scheinwerfervergleichs angesehen werden (s. Abbildung 3.3). Es wird der Ähnlichkeitsfaktor mit seinem Interpretationspendant rechts oben im Tabellenblatt angezeigt. Darunter sind die fünf Eingangsvariablen im Vergleich als Balkendiagramm dargestellt. Links oben wird im Tabellenblatt der Vergleichsfall angegeben. Darunter ist ein Spektrenvergleich mit den zusätzlichen Warnung der einzelnen Kriterien abgebildet.

3 Erarbeitung der FixtureCheck-Methode

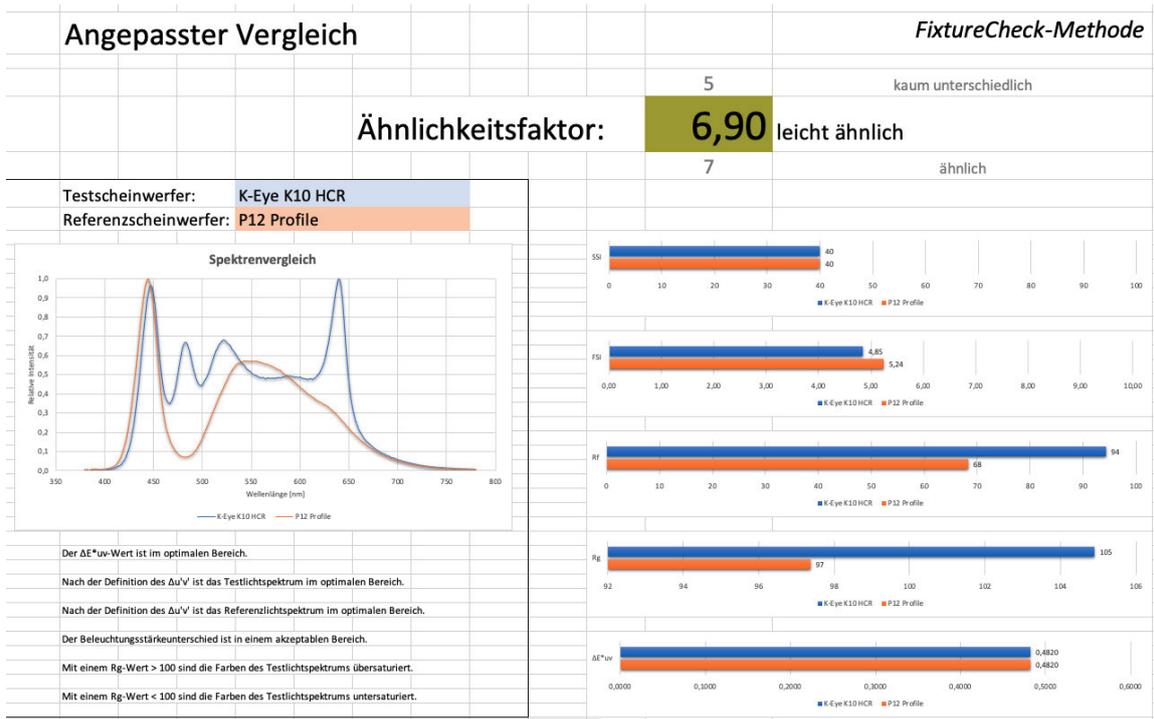


Abbildung 3.3: Einfügen der gemessenen Spektren bei der FixtureCheck-Methode

4 Ergebnisse und Ausblick

4.1 Ergebnisse

Insgesamt ist die Nutzwertanalyse eine gute Basis für die Erfassung der Ähnlichkeit von Weißlicht und kombiniert systematisch unterschiedliche Messwerte zu einem Ergebnis. In Folge der Recherche lassen sich die Kriterien auf fünf Eingangsvariablen reduzieren. Mit dem SSI und dem ΔE_{uv}^* sind zwei Faktoren enthalten, die einen direkten Vergleich des Weißlichts im Spektrum und im Farbraum angeben. Der FSI und der TM-30 dagegen stellen in der FixtureCheck-Methode den Bezug der verschiedenen Qualitätsmerkmale des Weißlichts dar. Dabei basiert der FSI wiederum auf dem Spektrum und der TM-30 auf Referenzfarben. Zusätzliche Kriterien wie der CRI würden eine ungewollte Redundanz erzeugen, bei weniger Werten würde die Aussagekraft des Ähnlichkeitsfaktors deutlich eingeschränkt werden.

Wie in Kapitel 3.2.5 beschrieben wird der Gesamtnutzwert der Analyse als Ähnlichkeitsfaktor des Weißlichts zweier Scheinwerfer genutzt. Trotzdem besteht durch die gleiche Skalierung auch die Möglichkeit, diesen Faktor von verschiedenen Vergleichen ins Verhältnis zu setzen. Somit beschränkt sich die FixtureCheck-Methode nicht nur auf einen Ergebniswert, sondern kann auch als Unterstützung bei der Entscheidung für passende Scheinwerferalternativen genutzt werden. Die Gewichtungen, die die Teilnutzwerte im Endeffekt zum Gesamtnutzwert führen, wurden in Kapitel 3.2.4 unter gegebenen Voraussetzungen geprüft. Trotz allem besteht die Möglichkeit, nach deutlich mehr Anwendungen diese flexibel anzupassen.

Die in Kapitel 2.2 formulierte Vermutung, dass die Scheinwerfer mit ähnlicher LED-Engine am besten zusammen passen, wird anhand der FixtureCheck-Methode bestätigt. Bei CCT = 5600 K passt das Weißlicht des Varyscan P7 am besten zu dem des P12 Profile, was bedeutet, dass in diesem Fall vorhersehbare Ergebnisse entstehen. Auf der anderen Seite spielt das Weißlicht des Source 4 LED Series 2 Lustr und Source 4 Series 3 am besten zusammen mit dem des HY K-Eye K15 (s. Tabelle 3.17). Dies beweist, dass die FixtureCheck-Methode mit realen Scheinwerfern funktioniert und keineswegs nur eine redundante Feststellung ist. Viel interessanter wird die Aussage, dass das Weißlicht eines L-7C „leicht ähnlich“ zum Weißlicht des Source 4 Series 3 ist und auch diese Scheinwerfer zusammen genutzt werden können. Das Ziel der FixtureCheck-Methode ist nicht, dem Anwender die gesamte Entscheidung abzunehmen. Sie soll mit einem praxistauglichen Weißlichtvergleich und ihrem „Ähnlichkeitsfaktor“ dem Lichtplaner helfen, eine adäquate Entscheidung treffen zu können, ohne viele Messungen und Werte miteinander vergleichen zu müssen.

4.2 Ausblick

Wie gut die FixtureCheck-Methode auch funktioniert, um die Ähnlichkeit von Weißlicht darzustellen, gibt sie nicht wieder in welcher Form sich die Unterschiede bemerkbar machen. Der SSI zum Beispiel zeigt durch die integrale Berechnungsweise, dass die Spektren sich unterscheiden, trifft aber keine Aussage darüber, an welcher Stelle des Spektrums ein Unterschied vorliegt. Diese Eigenschaft trifft jedes der gewählten Kriterien. Damit der Anwender über den Vergleich hinaus Feststellungen über die Farbunterschiede treffen kann, müsste zusätzlich zu der Nutzwertanalyse eine neue Methode entwickelt werden. Für diese wird ein einzelner Ergebniswert nicht mehr aussagekräftig sein können, weil die Farbunterschiede dann nicht mehr gegeneinander aufgerechnet werden dürfen.

Eine interessante Erweiterung der FixtureCheck-Methode stellt der Bezug zur Fernsehkamera dar. Gerade bei TV-Produktionen ist ein gutes Weißlicht nötig, um ein sende-fähiges Fernsehbild zu kreieren. Die Standardfarbkurven einer Kamera sind deutlich verschieden zu den Wahrnehmungskurven des Auges (s. Abbildung 4.1). Daher sollten die Kriterien für einen Kameraweißlichtvergleich ausgetauscht werden.

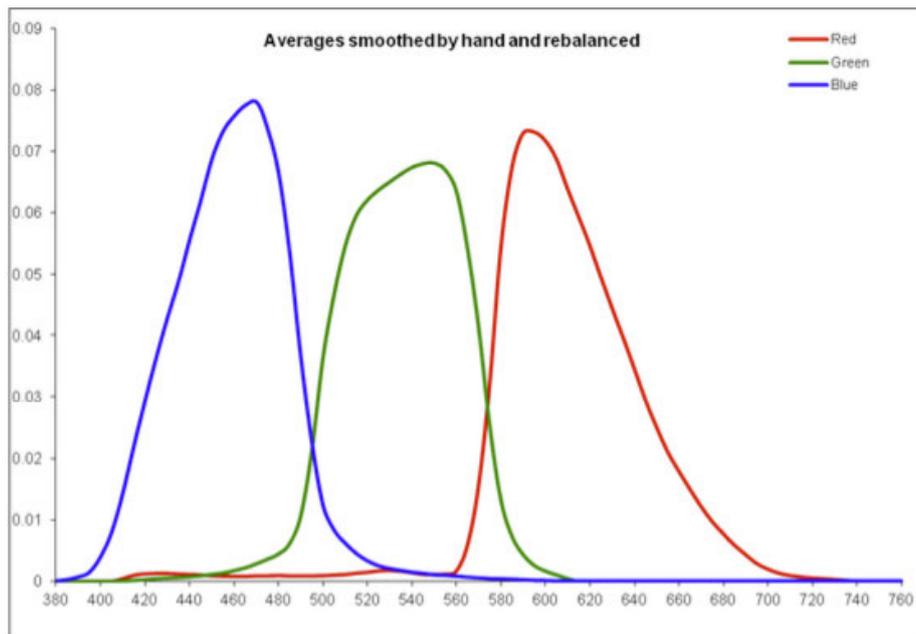


Abbildung 4.1: Spektrale Kamerakurven der „Standard“-Fernsehkamera der EBU¹

¹ (EBU 2012: 12)

4 Ergebnisse und Ausblick

Im angewandten Fall müsste der Weißpunkt des Scheinwerfer nicht im Farbraum (xy-Farbkoordinaten), sondern mit Hilfe des Weißabgleichs der Kamera bestimmt werden. Der TLCI ersetzt den TM-30, die Y -, C_b -, Cr -Werte sind die neuen Farbartskordinaten und die Beleuchtungsstärke wird mit der Leuchtdichte L ersetzt. Es sind weitere relevante Parameter für eine Kameraweißlichtvergleich zu finden und in Kriterien umzuwandeln. Mit neuen Gewichtungen ist die Fixture-Check Methode auch auf Fernsehkameraweißlicht erweiterbar. Für diese Erweiterung wird dann die Gültigkeit im Zusammenhang mit einem Kamerabild zu überprüfen sein.

Die FixtureCheck-Methode eignet sich gut um ein Weißlichtvergleich numerisch abzuwickeln. Ein optischer Vergleich dagegen stellt sich deutlich schwieriger dar. Wird Weißlicht in Kombination mit Hauttönen auf Bildern verglichen, spielt stets das rot grün Verhältnis die entscheidende Rolle. Bei einem Test mit vier Hauttypen wird beispielsweise das optimierte Weißlicht des Source 4 LED Series 2 Lustr mit dem eines X4 L verglichen. Ein Vergleich der Messdaten zeigt, dass der Source 4 LED Series 2 Lustr deutlich bessere Farbwiedergabewerte aufweist (s. Tabelle 4.1).

Scheinwerfer	E	CCT	$\Delta u'v'$	CRI	TLCI	R_f	R_g
Source 4 LED Series 2 Lustr	536 lx	5399 K	0,000	96	95	95	103
X4 L	537 lx	5394 K	0,000	66	60	78	117

Tabelle 4.1: Auflistung der Scheinwerfer zum Testen der FixtureCheck-Methode

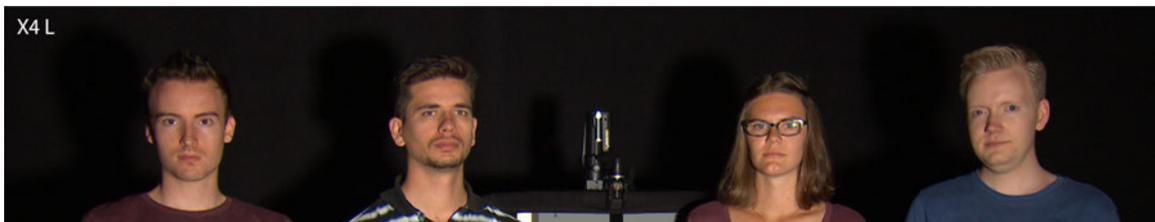


Abbildung 4.2: Optischer Vergleich des Source 4 LED Series 2 mit dem X4 L. Die Druckfarben sind nicht farbecht.

Jedoch wird bei einer Umfrage das Weißlicht des X4 L optisch bevorzugt, da es (zufälligerweise) rotstichig ist, damit der Sehgewohnheit der Umfrageprobanden entspricht und die Farben zusätzlich übersättigt sind (s. Tabelle 4.2). Umgekehrt wird ein Grünstich im Weißlicht dafür sorgen, dass die Hauttöne blass und krank aussehen und unabhängig der Farbwiedergabequalität würde dieses Weißlicht schlecht bewertet. Die Problematik dieser subjektiven Einschätzung von Weißlicht ist der Grund dafür, dass in dieser Arbeit von einem optischen Vergleich abgesehen wurde. Um das Problem angehen zu können, wäre ein neuer Ansatz für die FixtureCheck-Methode nötig. Eventuell können neue Kriterien Abhilfe schaffen, die einen optischen Vergleich miteinbeziehen. Dafür sind verschiedene biologische und psychologische Aspekte der Seh Wahrnehmung zu betrachten und einzuschätzen (s. Abbildung 4.3). Nachdem die optischen Kriterien eine neue Gewichtung der FixtureCheck-Methode mit sich bringt, wäre es sehr interessant zu beobachten wie weit sich die Vergleichsmethode mit den neuen Parametern ändert und welche neuen Probleme damit entstehen.

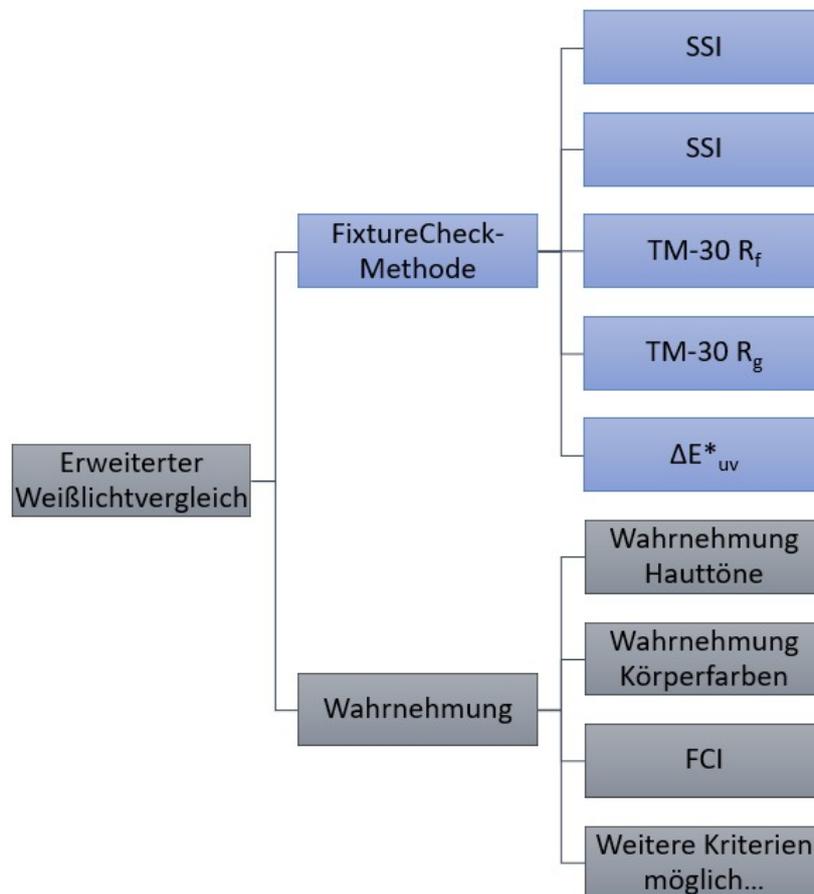


Abbildung 4.3: Beispiel für die Erweiterung der FixtureCheck-Methode mit einem optischen Vergleich

5 Anhang

5.1 Materialliste

- Robe Robin Viva CMY
- JB-Lighting P12 Profile
- JB-Lighting VaryScan P7
- Expolite TourLED Pr0 28 Zoom IP33
- Arri L-7C
- Clay Paky K-Eye K10 HCR
- ETC Source 4 LED Series 2 Lustr
- ETC Source 4 LED Series 3
- MA Lighting GrandMA 2 light
- JETI SpectraVal 1511 (scv1511)

5.2 Scheinwerfer Informationen

5.2.1 Robe Robin Viva CMY

- Seriennummer: 1800688047
- Display System (3.0) 1.7
- Module M 1.4
- Module D 1.7
- Module G 1.2
- Module O 1.5
- Module C 1.3
- DMX Mode 1
- DMX Adressen 32

5.2.2 JB-Lighting P12 Profile

- HP Version
- Seriennummer: 122270
- Softwareversion 1.1.2
- Total Operation Time: 324,8h
- DMX Mode 2
- DMX Adressen 63

5.2.3 JB-Lighting VaryScan P7

- Seriennummer: 821624
- Softwareversion 1.28
- Total Operation Time: 3853,6h
- DMX Mode 2
- DMX Adressen 63

5.2.4 JB-Lighting VaryScan P7

- Seriennummer: 821624
- Softwareversion: 1.28
- Total Operation Time: 3853,6h
- DMX Mode 2
- DMX Adressen 31

5.2.5 Expolite TourLED Pr0 28 Zoom IP33

- Seriennummer: M015070700680039
- Softwareversion: V2.1
- DMX AR2.Z
- DMX Adressen 7

5.2.6 Arri L-7C

- Seriennummer: L1.0003648-680
- Softwareversion: 2.05.0
- Total Operation Time: 2358h
- DMX Mode 6
- DMX Adressen 16

5.2.7 Clay Paky K-Eye K10 HCR

- Seriennummer: BZ005624
- Softwareversion: Aleda fw 2.55.2
- Total Operation Time: 493h
- CPU Board 0.2
- com.dev 0.14
- 0: PT-3f 0.10 0.1
- 1: HcrK10 0.10 0.1
- DMX Mode Extended RGB mit CCMode RAW
- DMX Adressen 32

5.2.8 ETC Source 4 LED Series 2 Lustr

- Seriennummer: 1.7.0.9.0.13 (1)
- Softwareversion: 2.05.0
- DMX Mode Direct
- DMX Adressen 10

5.2.9 ETC Source 4 LED Series 3

- Seriennummer: 4345518
- Softwareversion: 1.1.2.56
- Array: 2.1.0.10 CSA21
- DMX Mode 12 Channels
- DMX Adressen 12

5.2.10 JETI Spectral 1511 (scv1511)

- Seriennummer:1510424
- Softwareversion: Software 1.10.7
- Calibration: Cert Date: 24.11.2021 - Due Date: 24.11.2022, N.I.S.T. TRACEABLE
- Standard diffusor for specbos and spectral ACC 032
- Illuminance accuracy $\pm 2.4\%$
- Illuminance reproducibility $\pm 0.5\%$
- Chromaticity accuracy ± 0.002 xy (Illuminant A)
- Color reproducibility ± 0.0005 xy (Illuminant A)

5.3 Gemessene Spektren als Grafiken

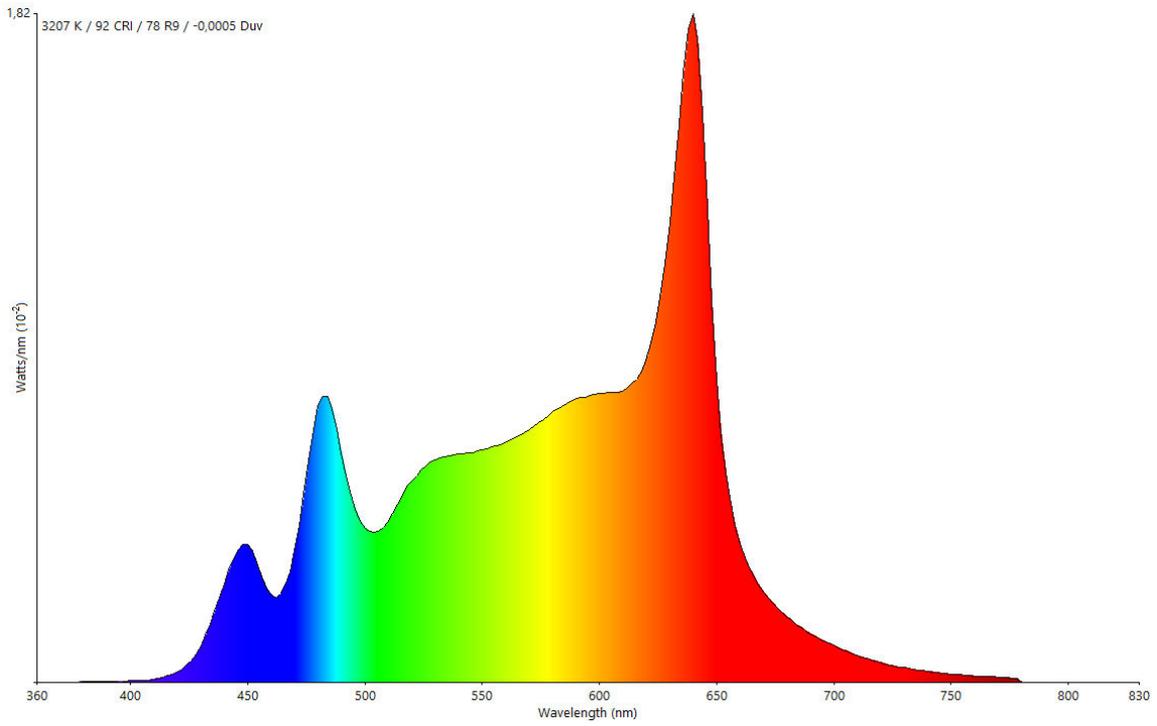


Abbildung 5.1: Spektrum K-Eye 3200K

5 Anhang

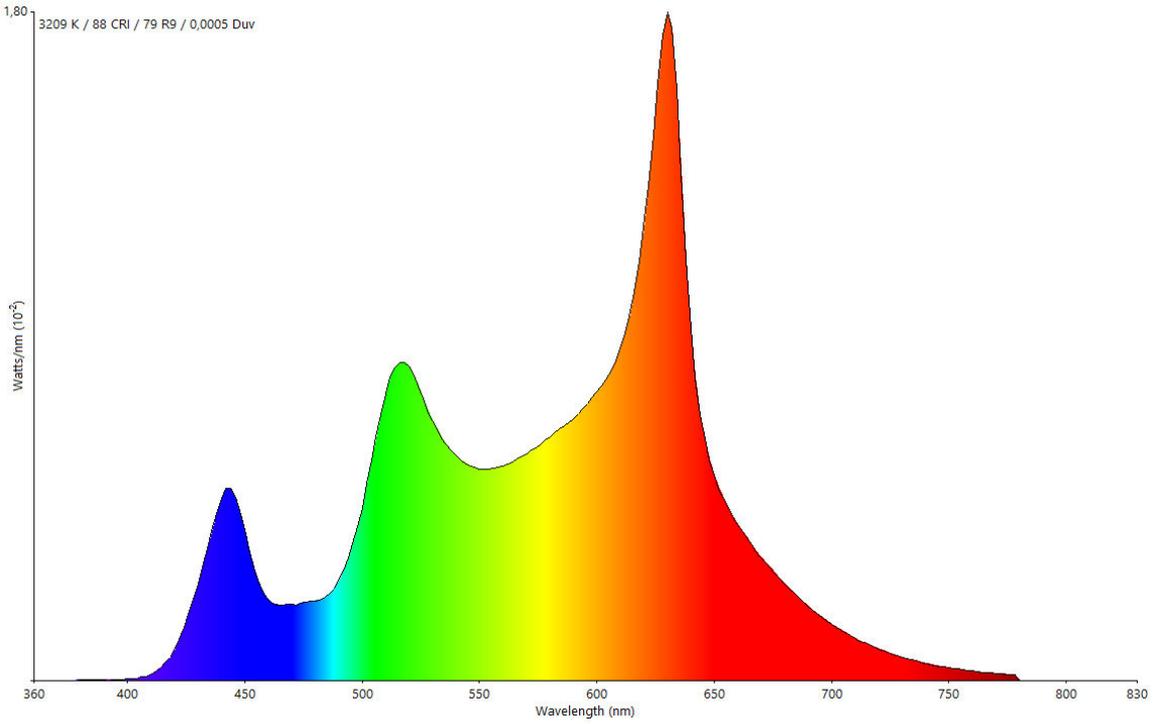


Abbildung 5.2: Spektrum Arri L7C 3200K

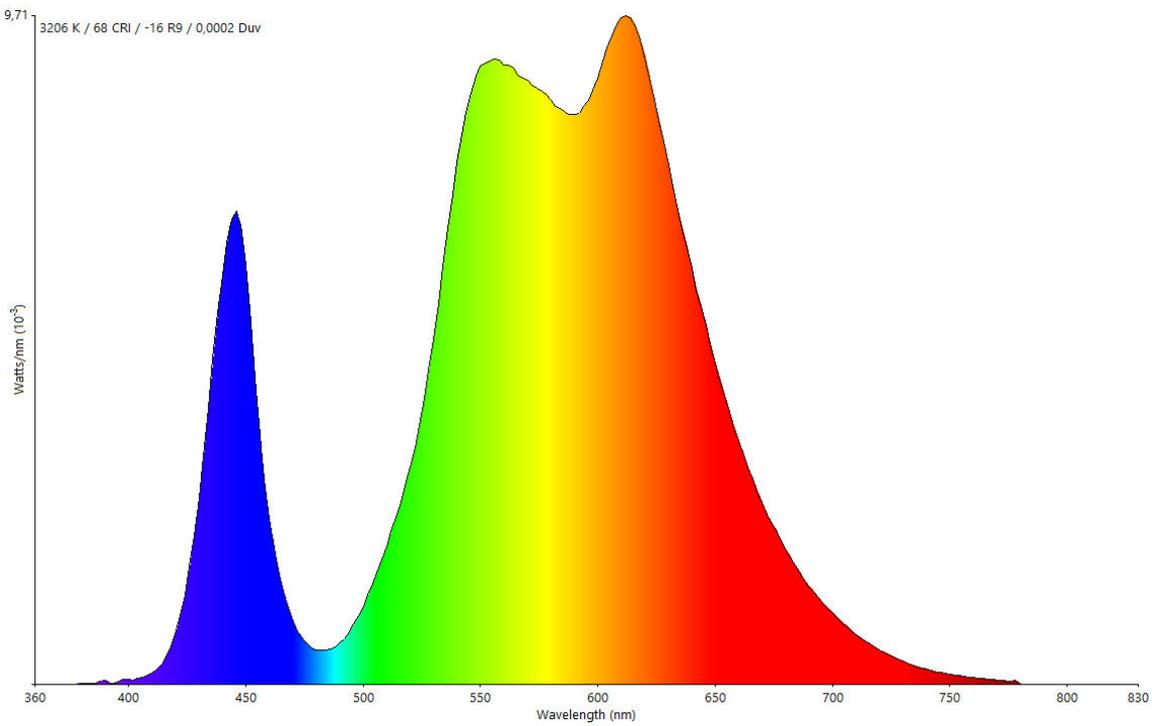


Abbildung 5.3: Spektrum VaryScan P7 3200K

5 Anhang

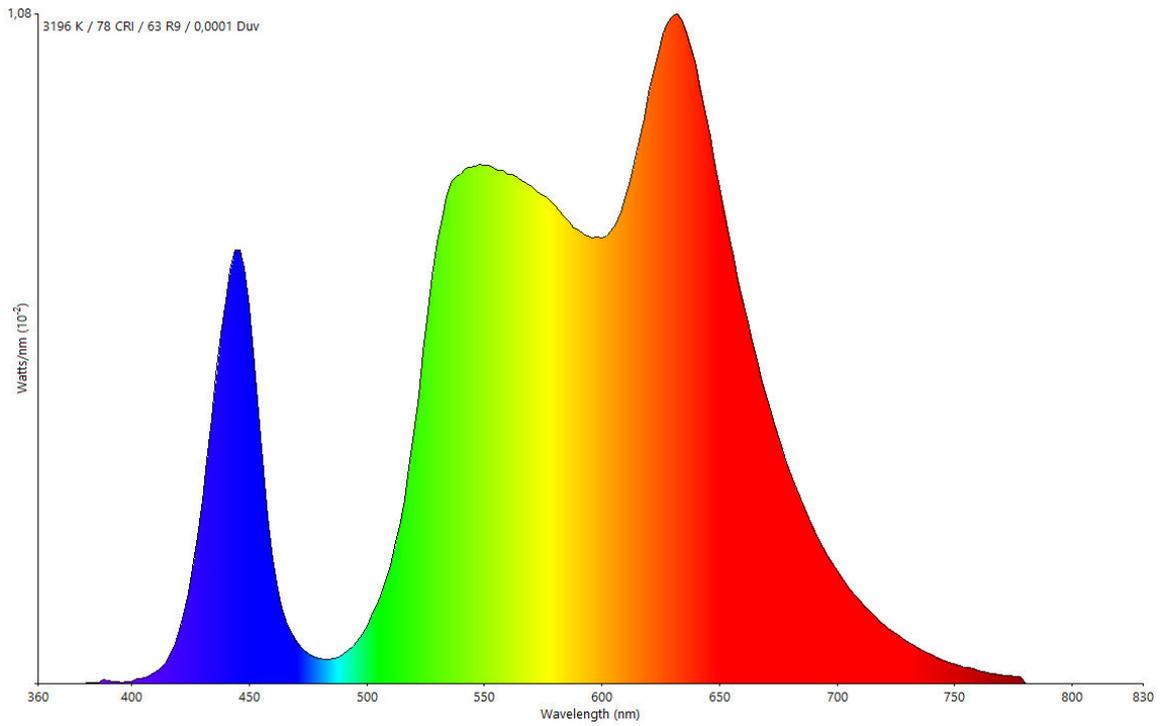


Abbildung 5.4: Spektrum P12 Profile 3200K

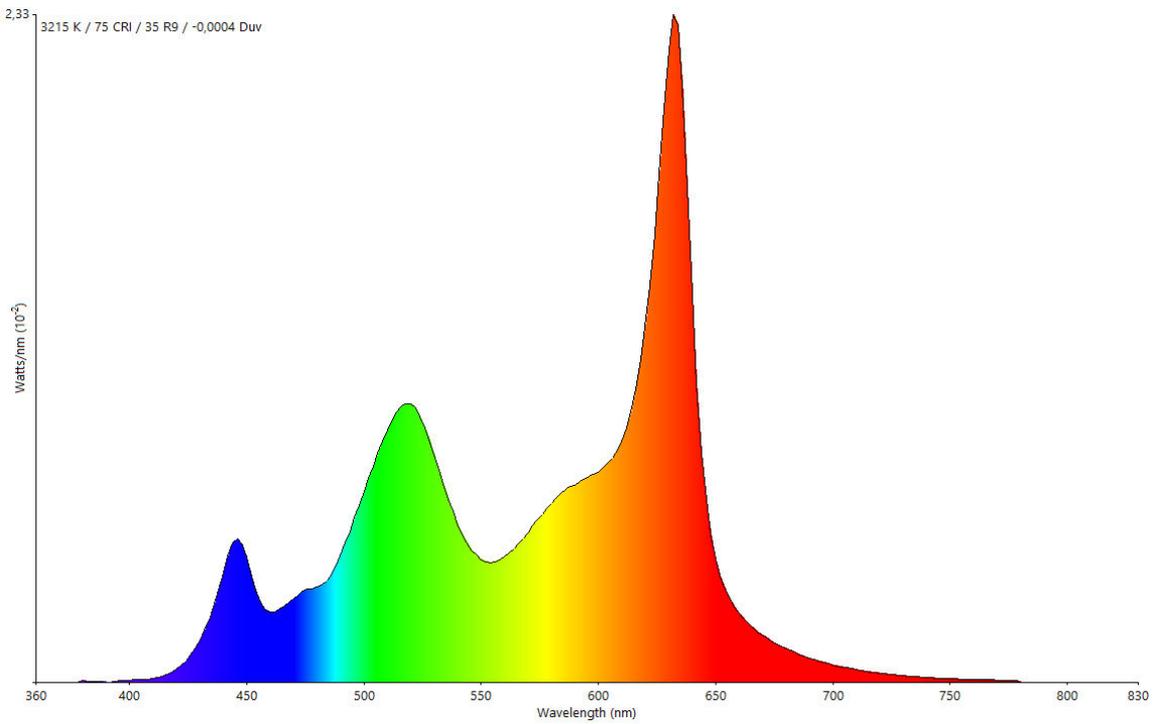


Abbildung 5.5: Spektrum Source4 S2 3200K

5 Anhang

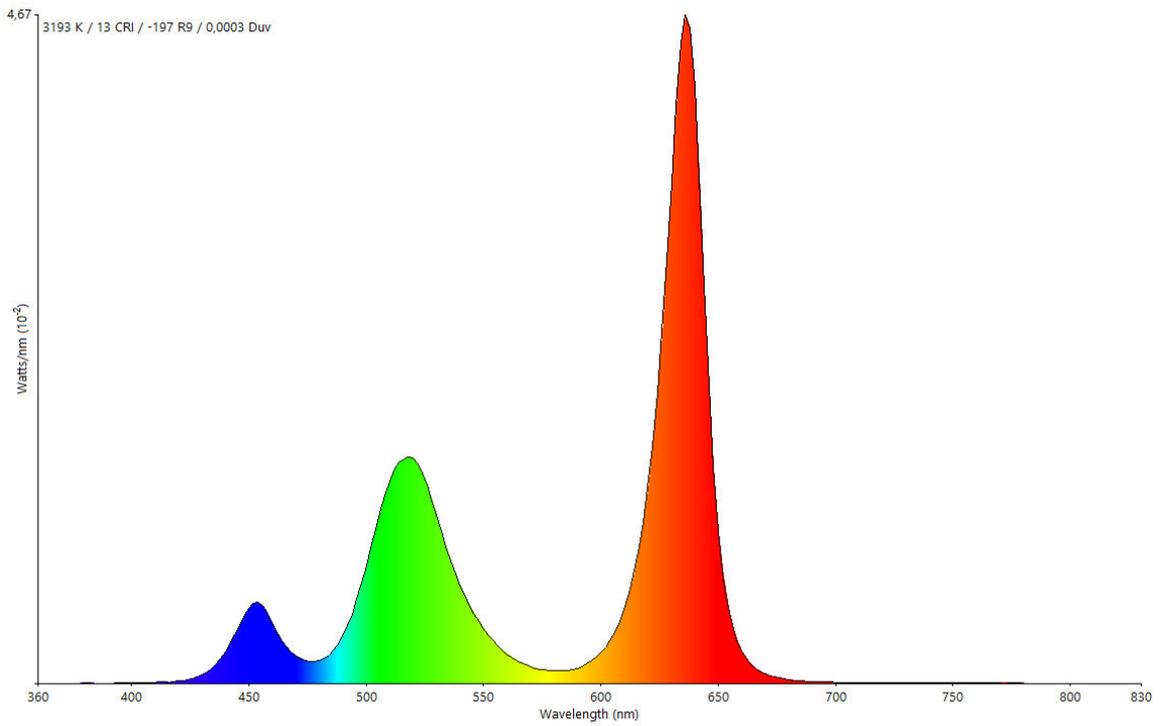


Abbildung 5.6: Spektrum TourLED 3200K

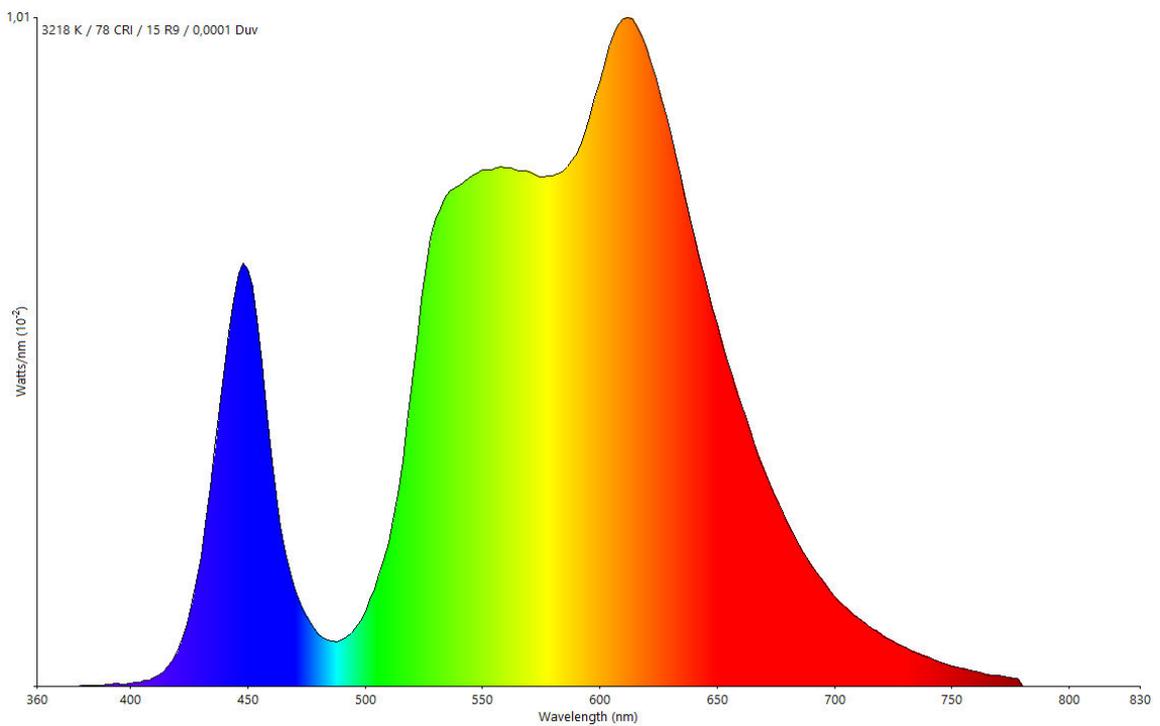


Abbildung 5.7: Spektrum Viva CMY 3200K

5 Anhang

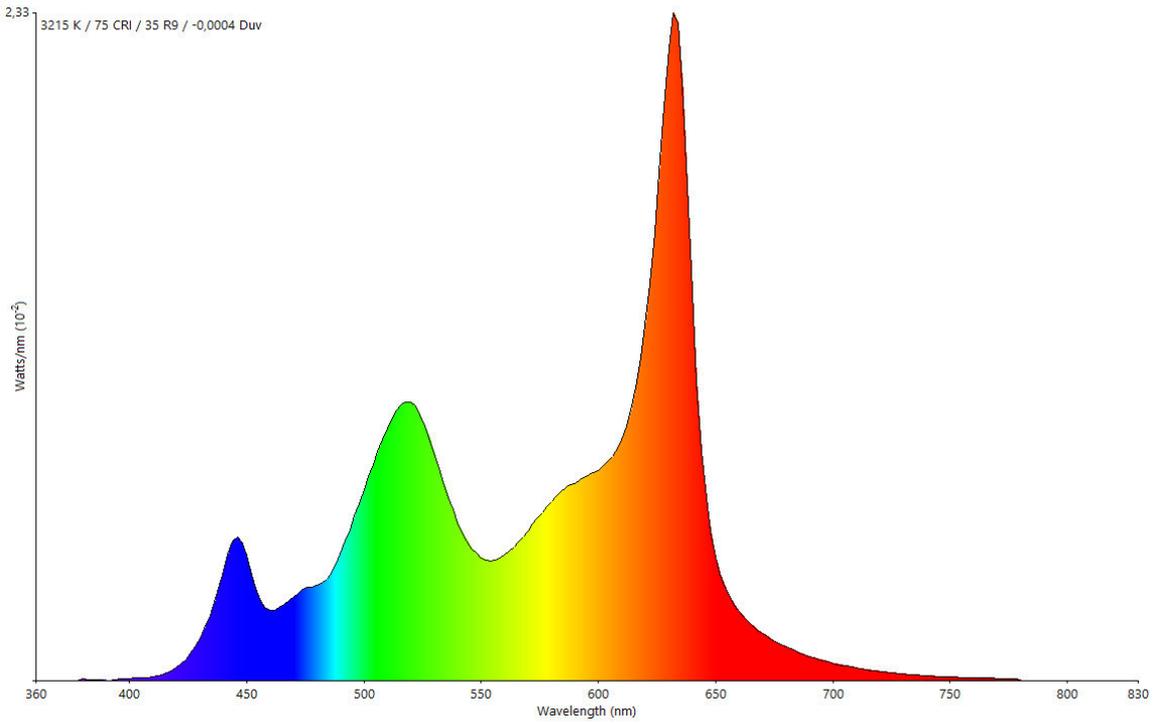


Abbildung 5.8: Spektrum Source4 S2 3200K

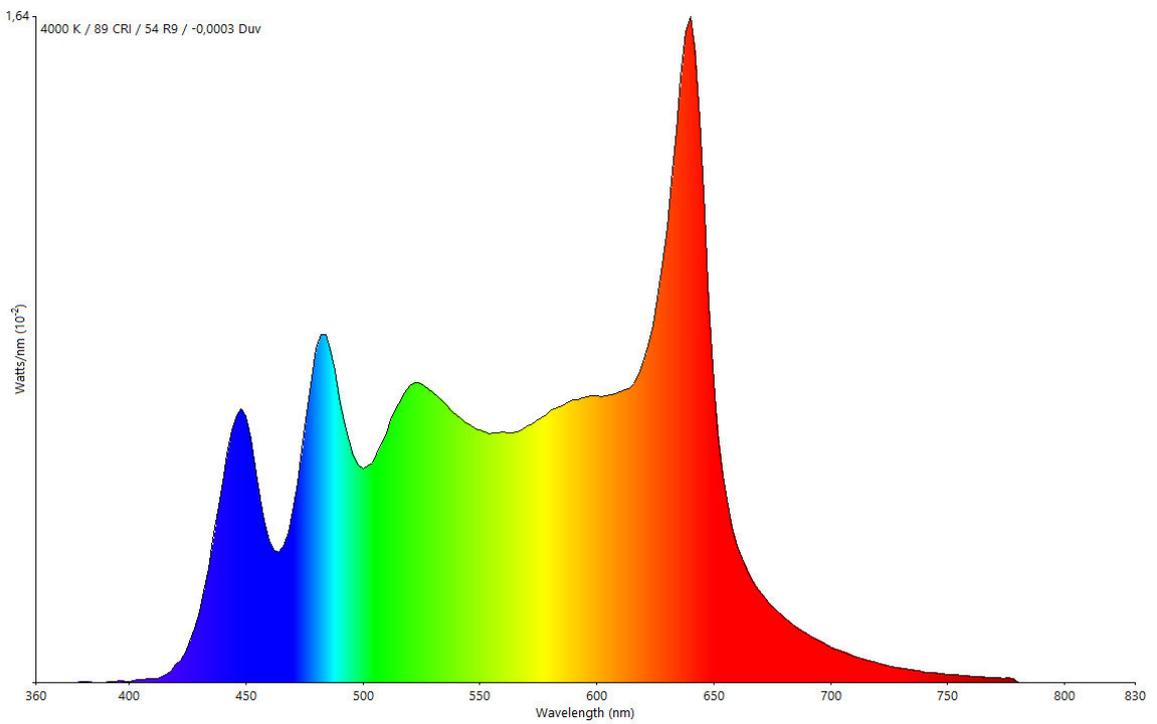


Abbildung 5.9: Spektrum K-Eye 4000K

5 Anhang

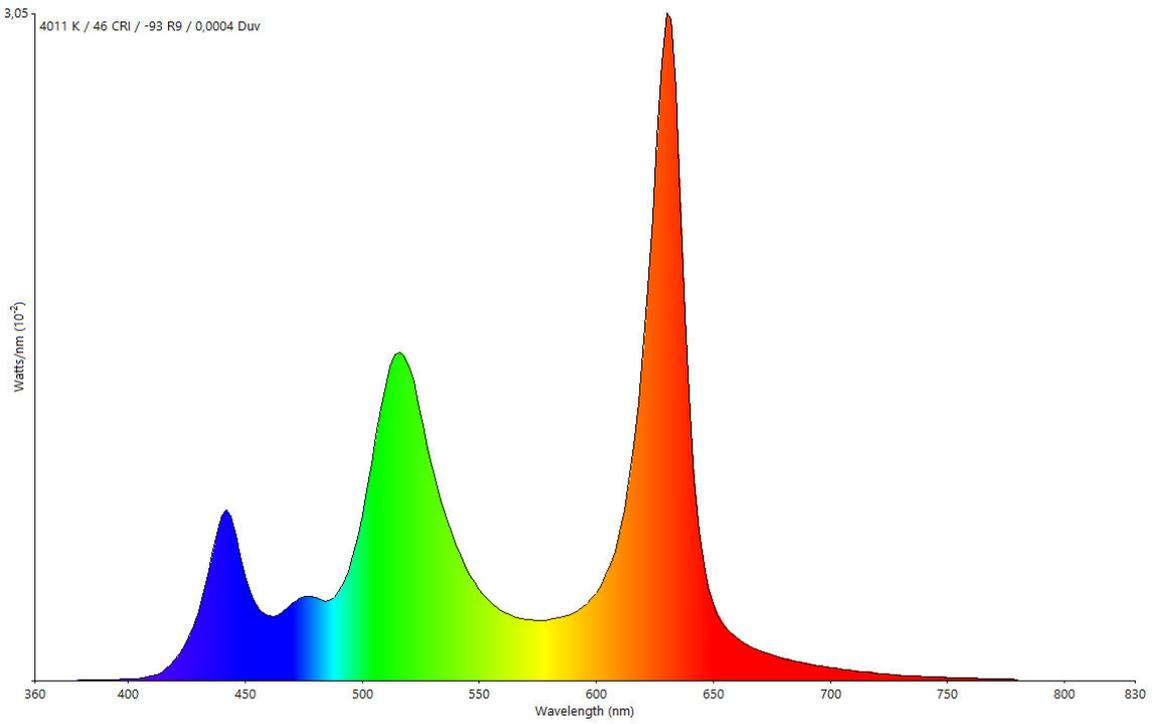


Abbildung 5.10: Spektrum Arri L7C 4000K

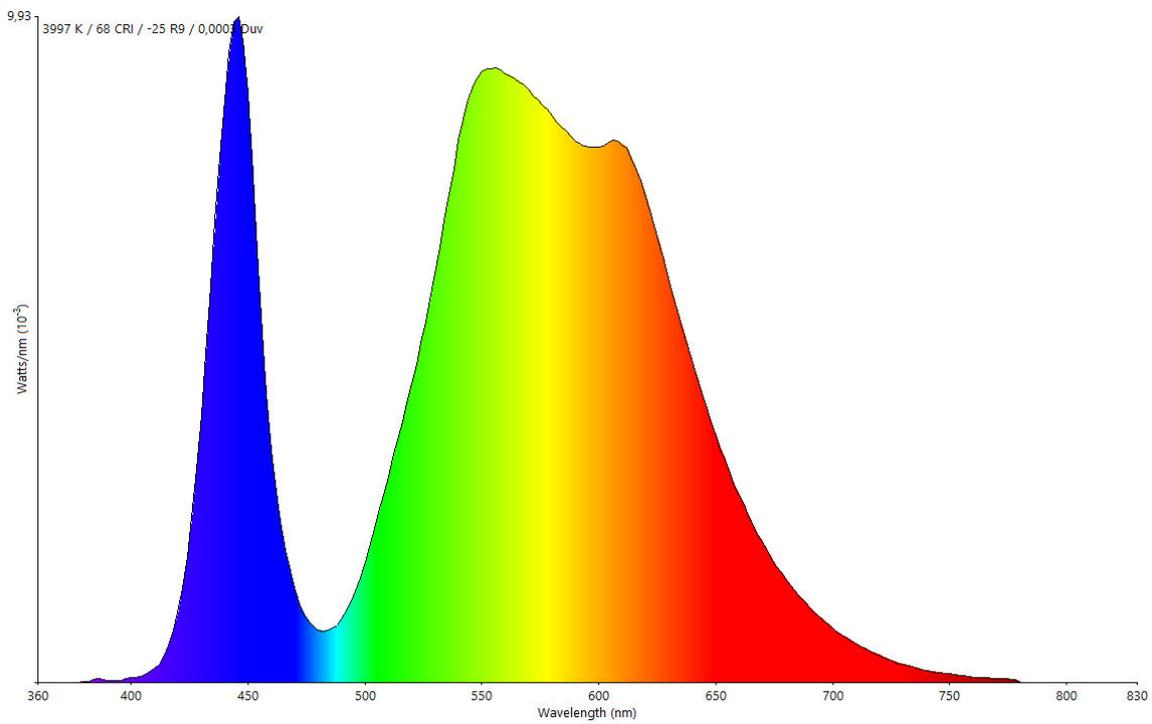


Abbildung 5.11: Spektrum VaryScan P7 4000K

5 Anhang

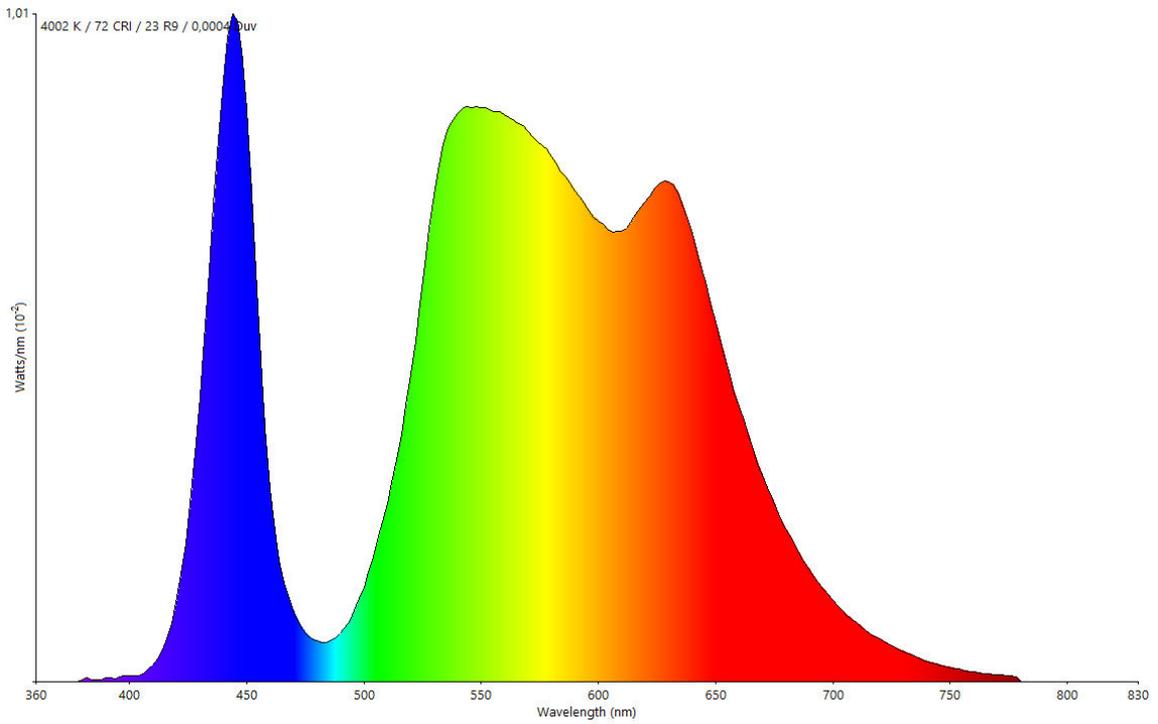


Abbildung 5.12: Spektrum P12 Profile 4000K

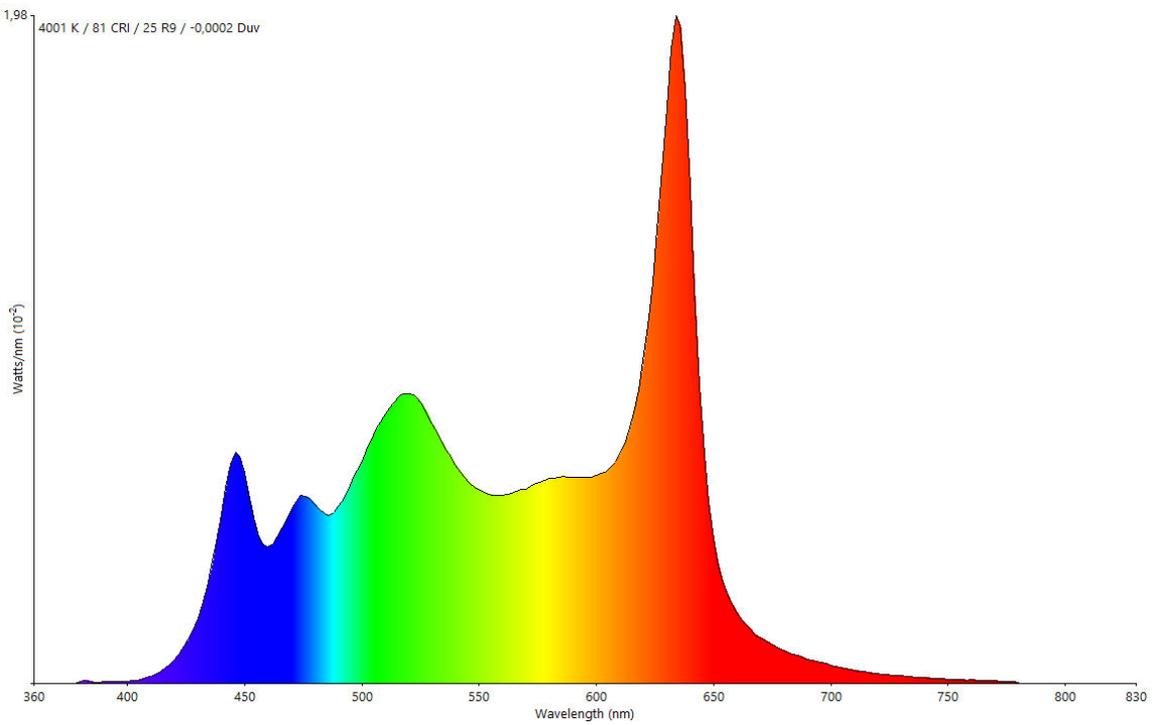


Abbildung 5.13: Spektrum Source4 S2 4000K

5 Anhang

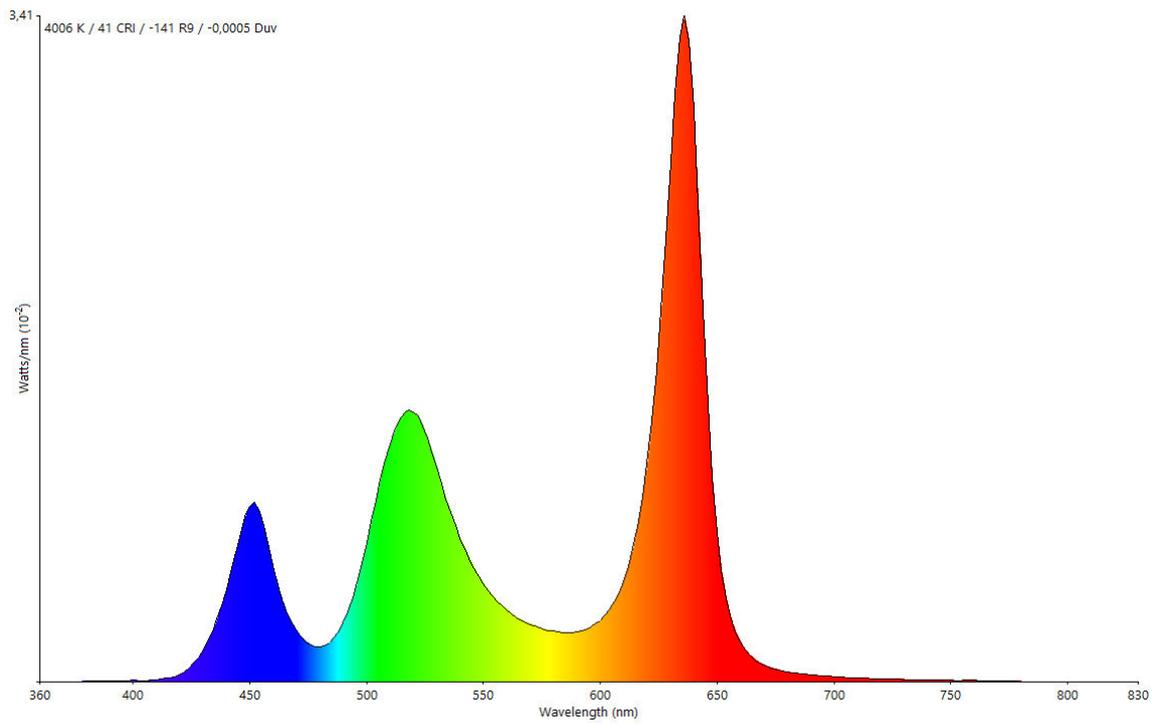


Abbildung 5.14: Spektrum TourLED 4000K

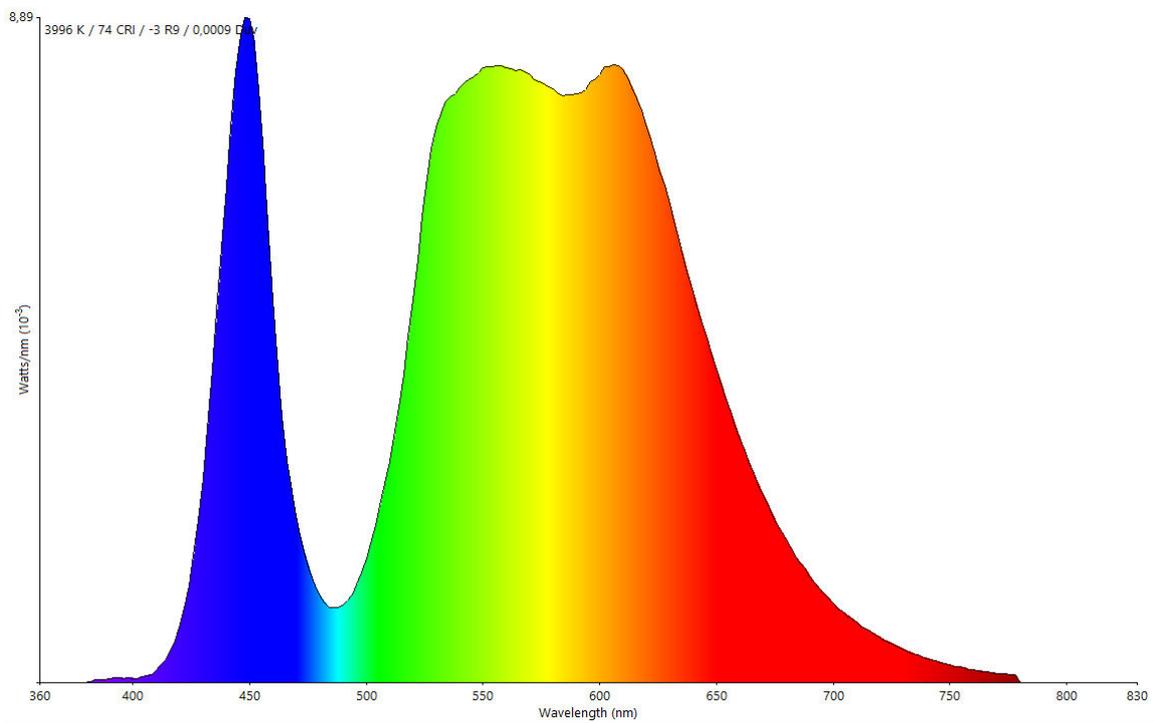


Abbildung 5.15: Spektrum Viva CMY 4000K

5 Anhang

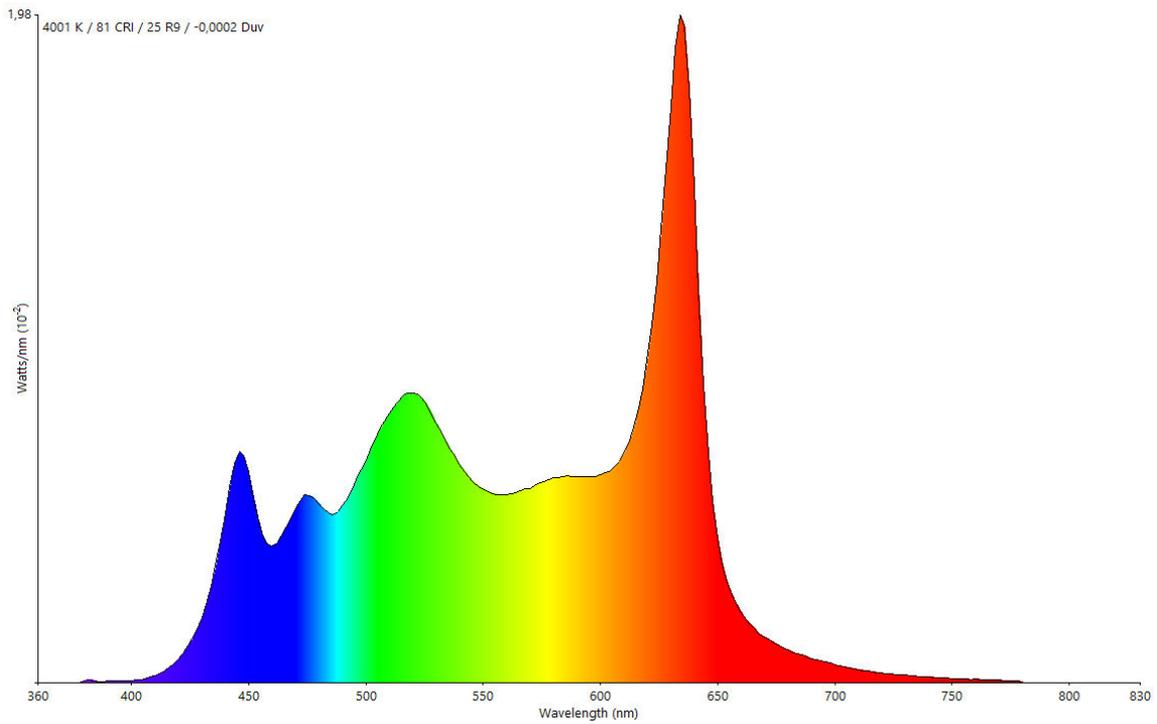


Abbildung 5.16: Spektrum Source4 S2 4000K

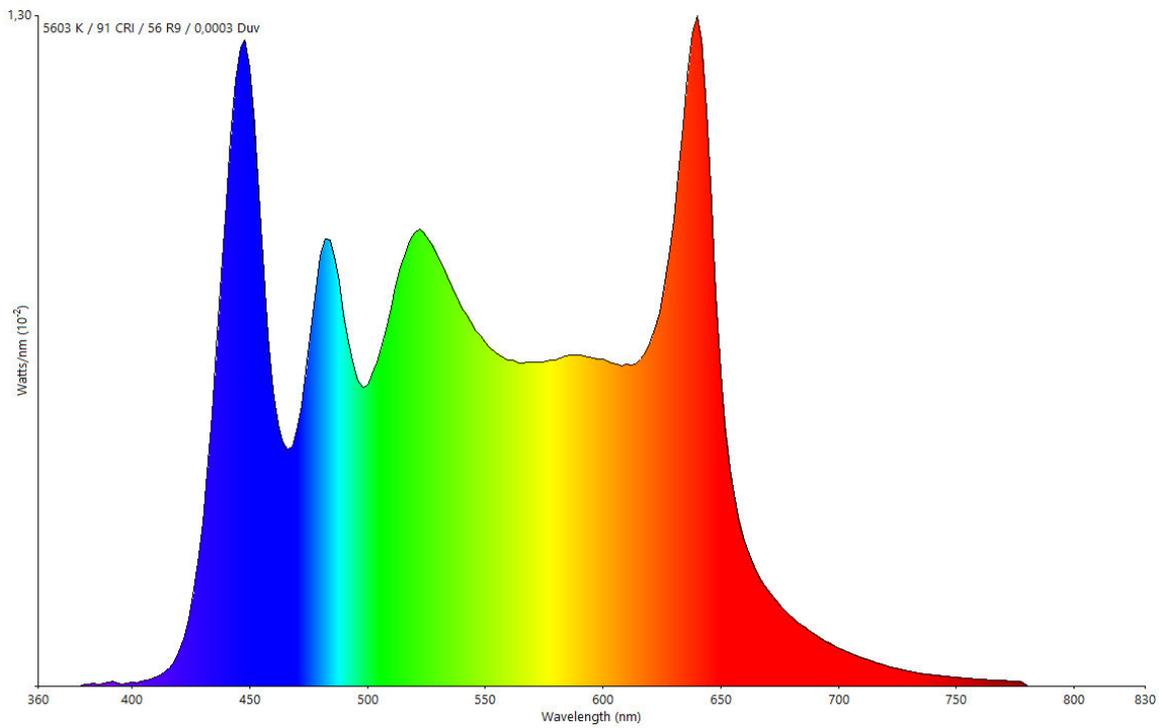


Abbildung 5.17: Spektrum K-Eye 5600K

5 Anhang

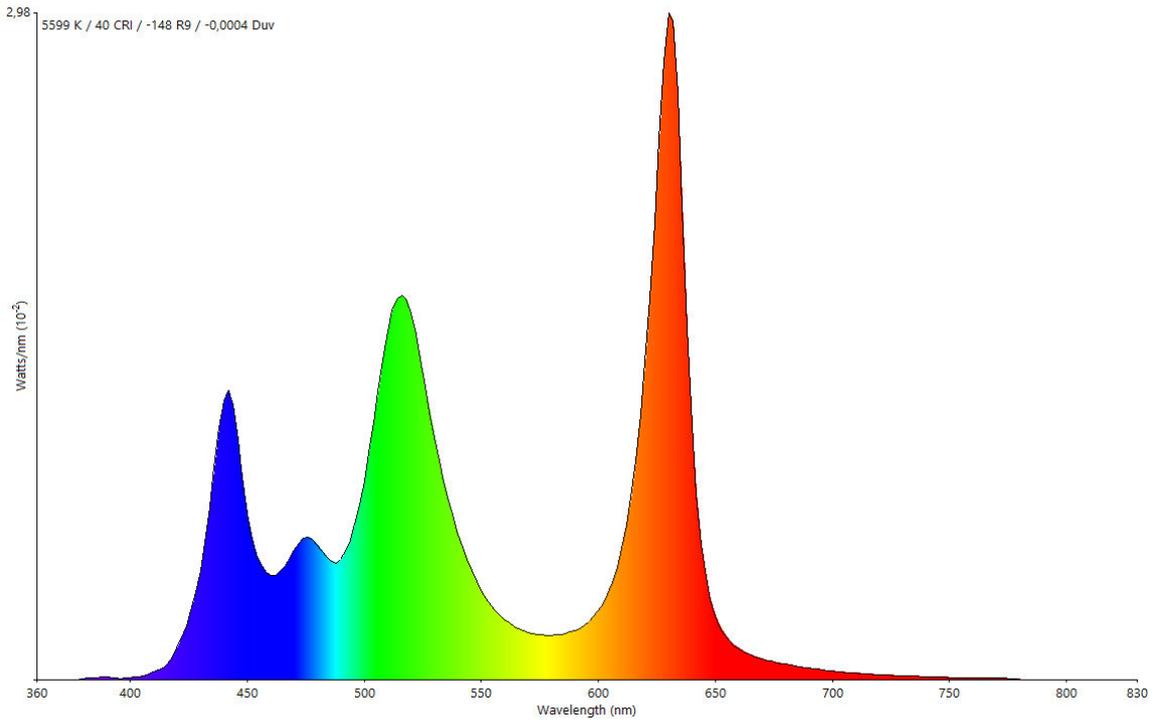


Abbildung 5.18: Spektrum Arri L7C 5600K

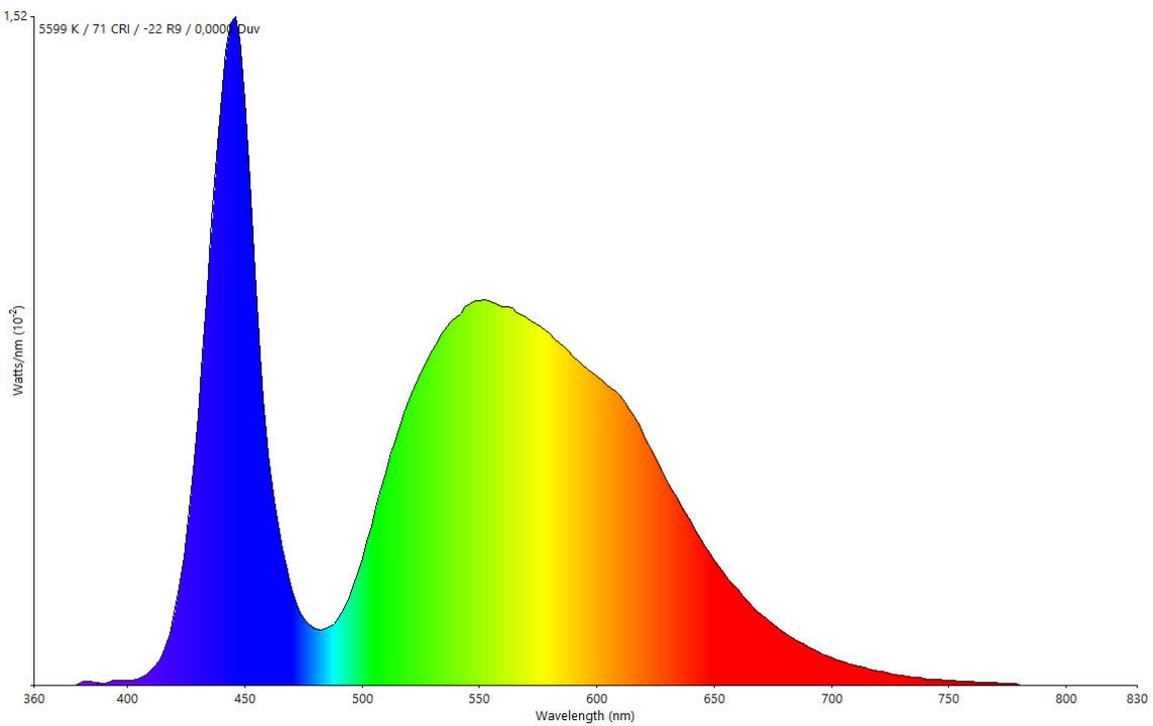


Abbildung 5.19: Spektrum VaryScan P7 5600K

5 Anhang

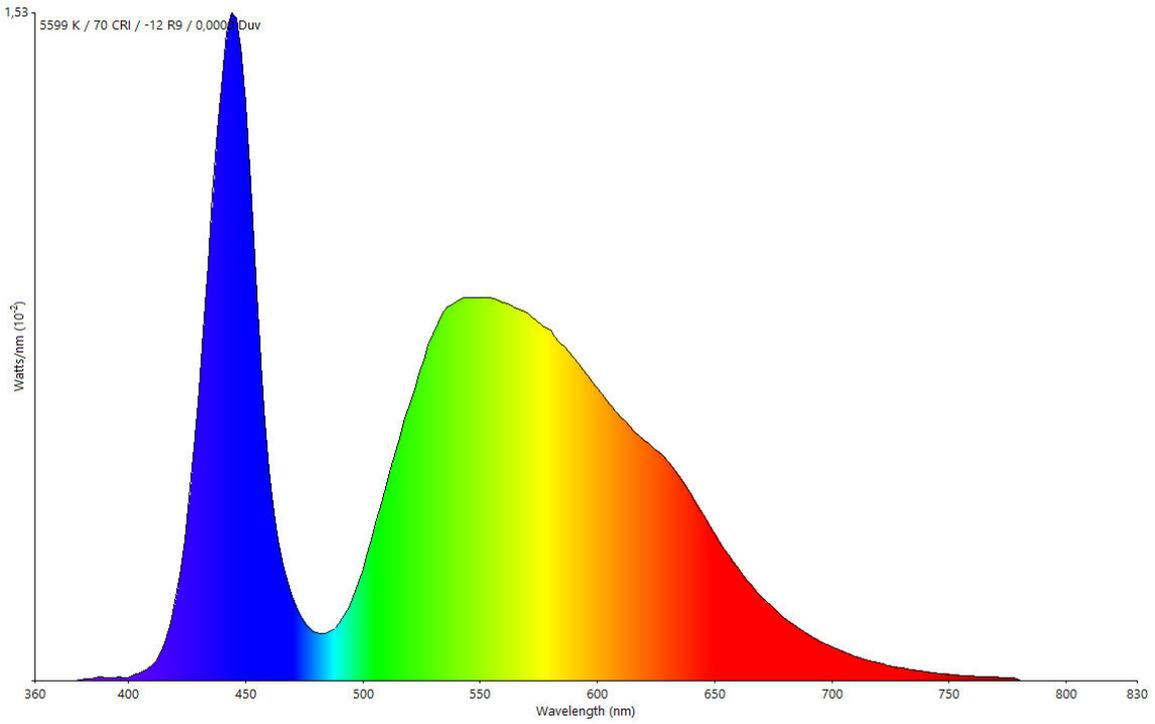


Abbildung 5.20: Spektrum P12 Profile 5600K

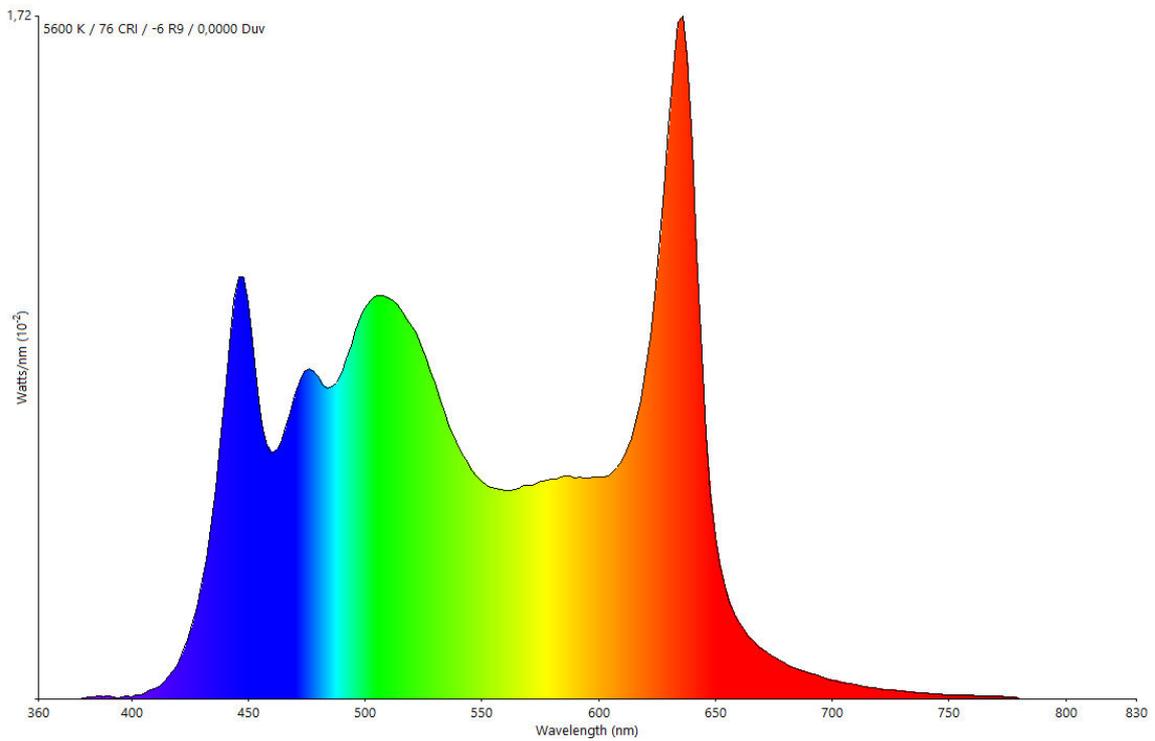


Abbildung 5.21: Spektrum Source4 S2 5600K

5 Anhang

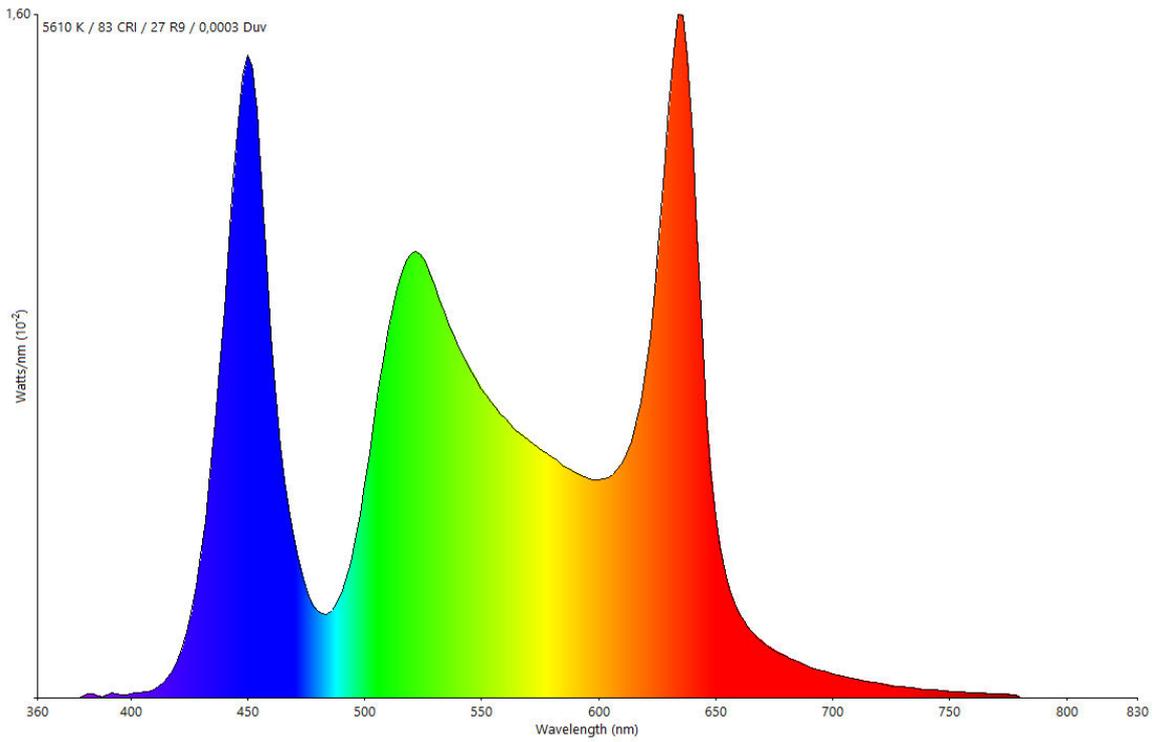


Abbildung 5.22: Spektrum TourLED 5600K

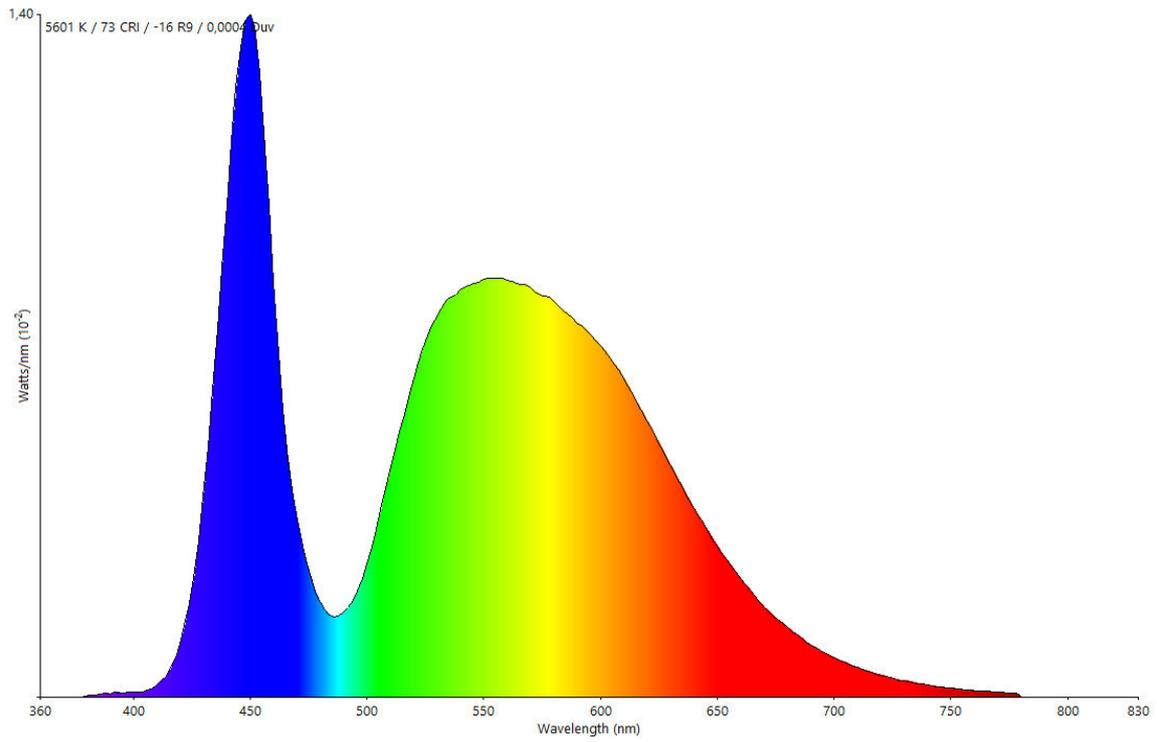


Abbildung 5.23: Spektrum Viva CMY 5600K

5 Anhang

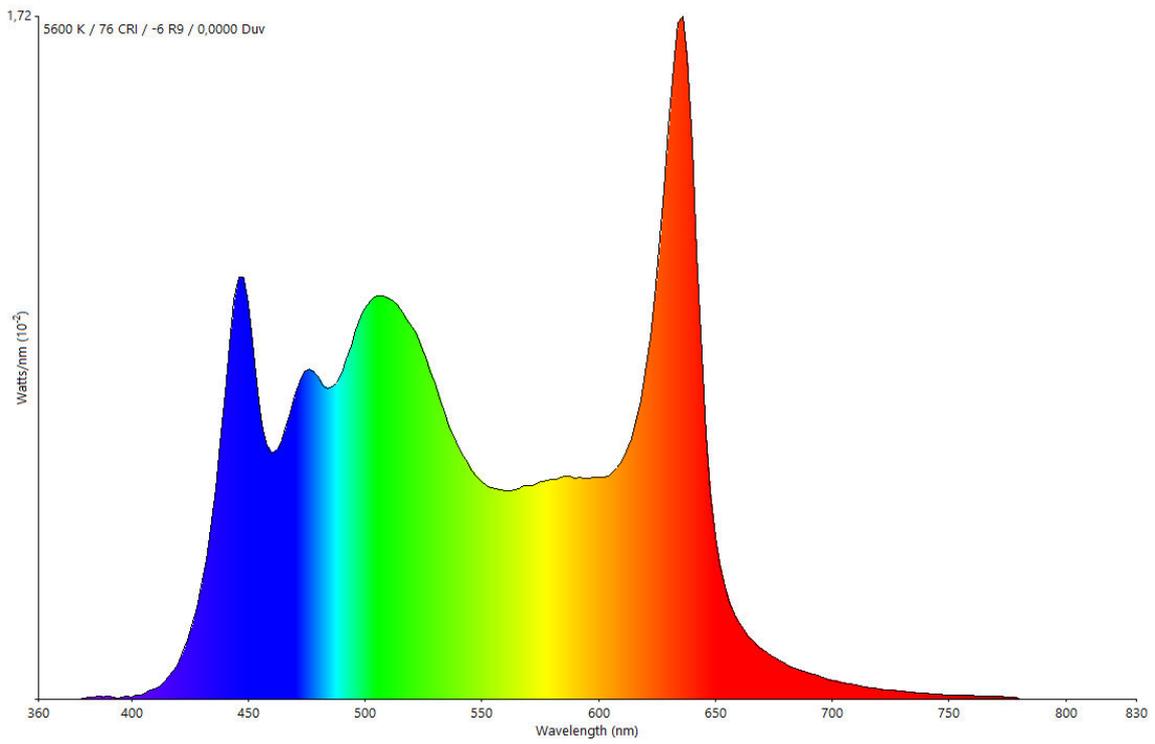


Abbildung 5.24: Spektrum Source4 S2 5600K

5 Anhang

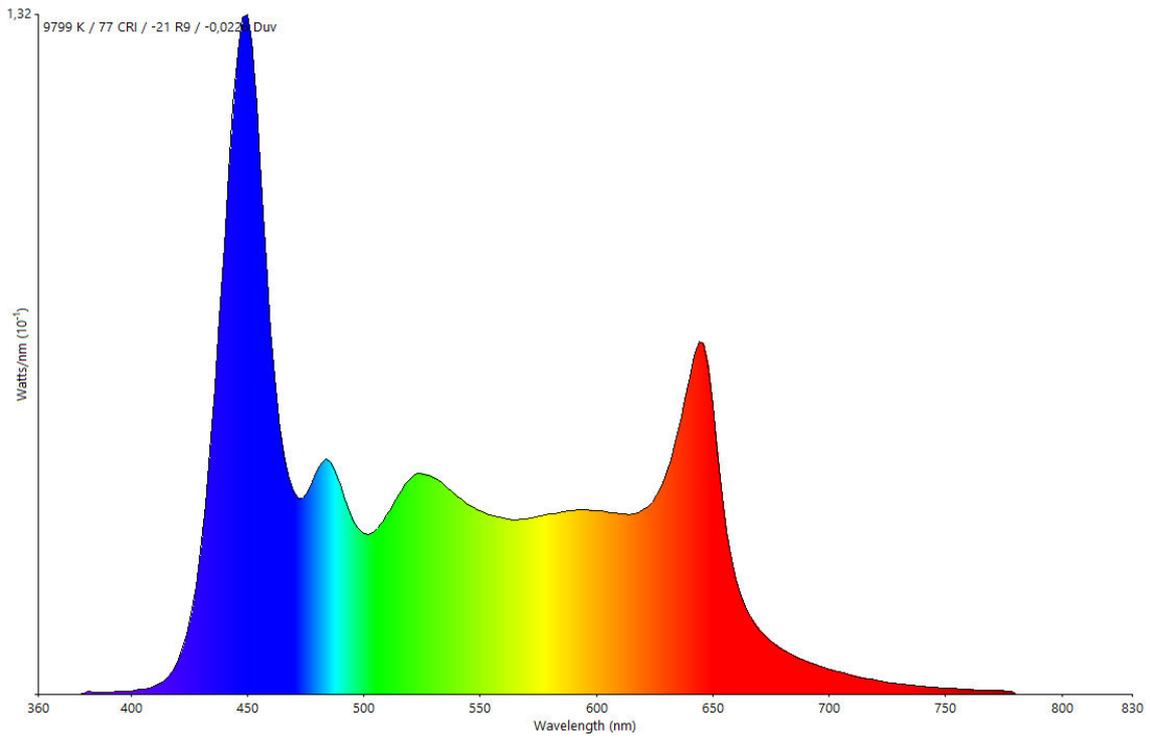


Abbildung 5.25: Spektrum K-Eye nativK

5 Anhang

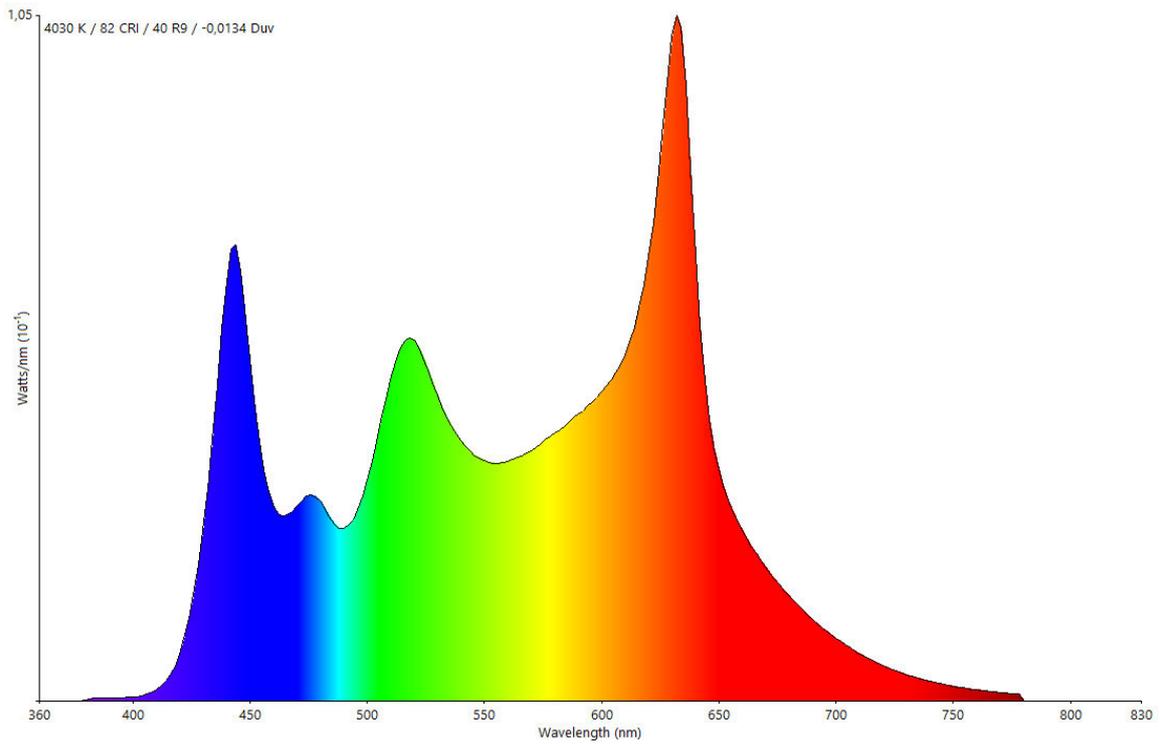


Abbildung 5.26: Spektrum Arri L7C nativK

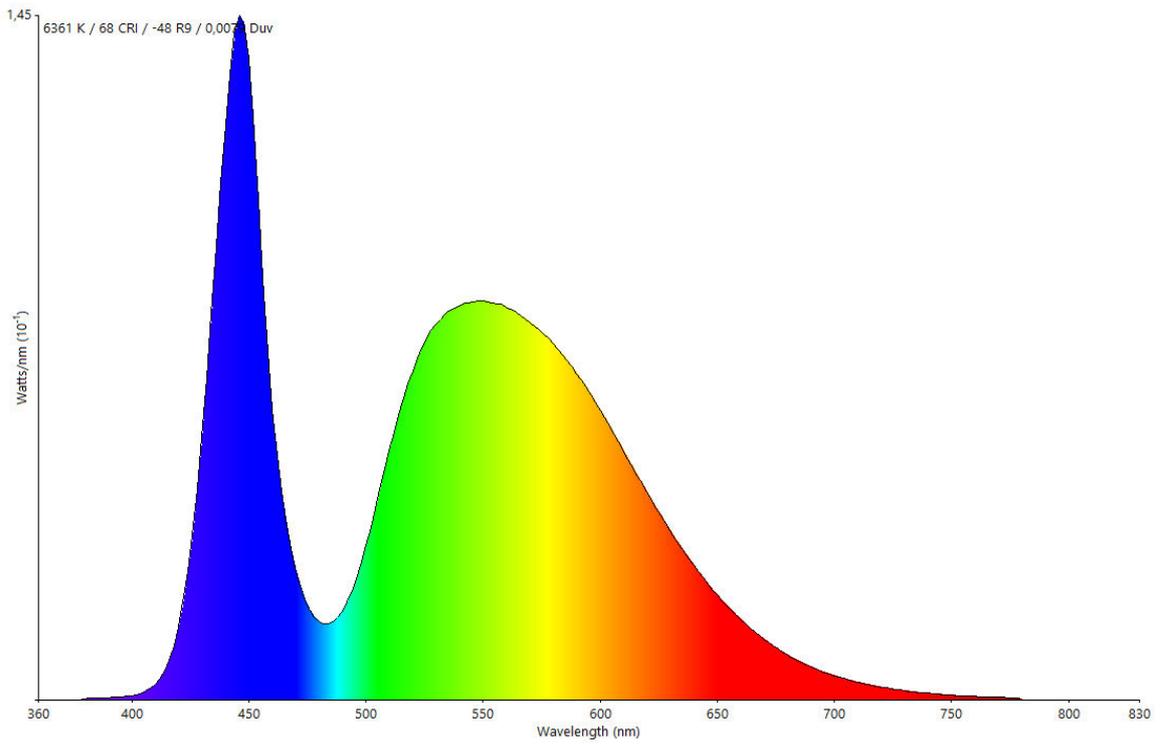


Abbildung 5.27: Spektrum VaryScan P7 nativK

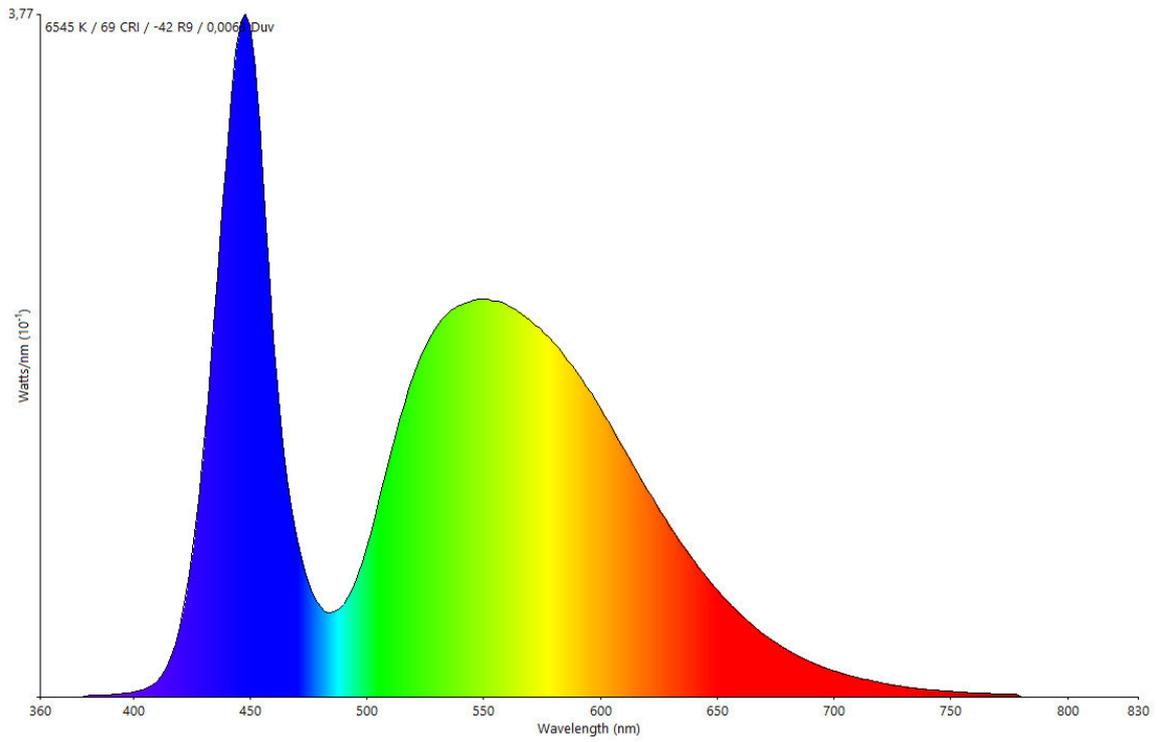


Abbildung 5.28: Spektrum P12 Profile nativK

5 Anhang

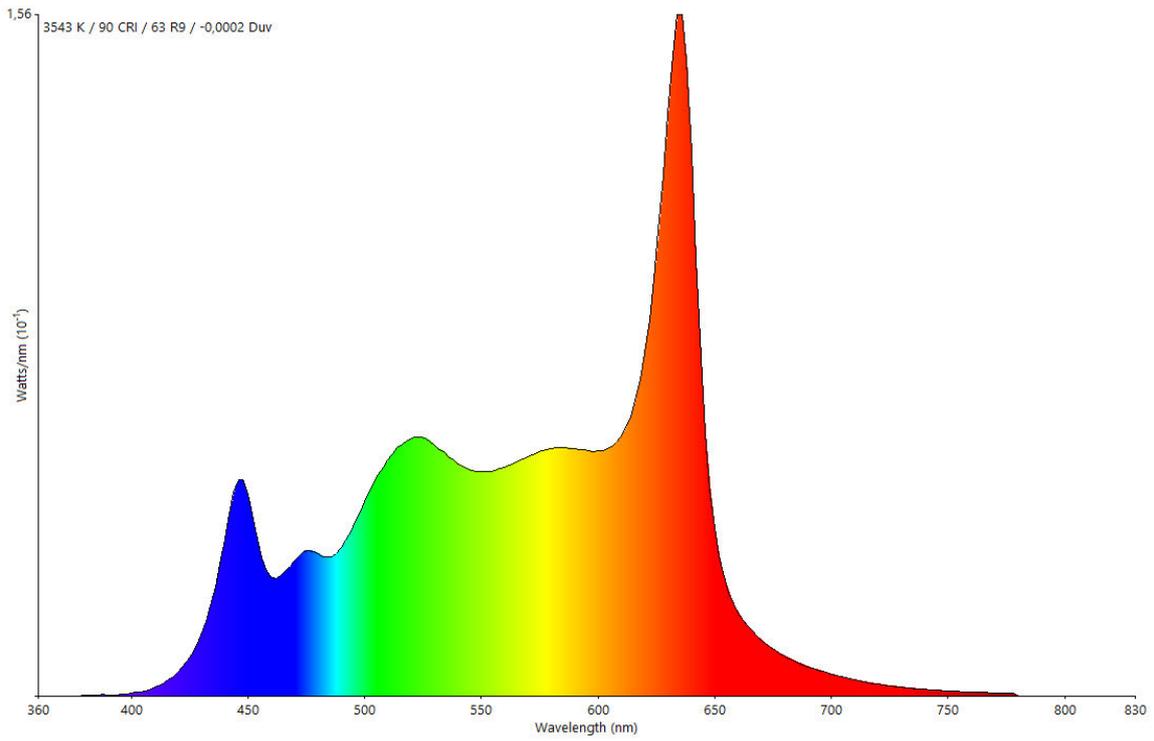


Abbildung 5.29: Spektrum Source4 S2 nativK

5 Anhang

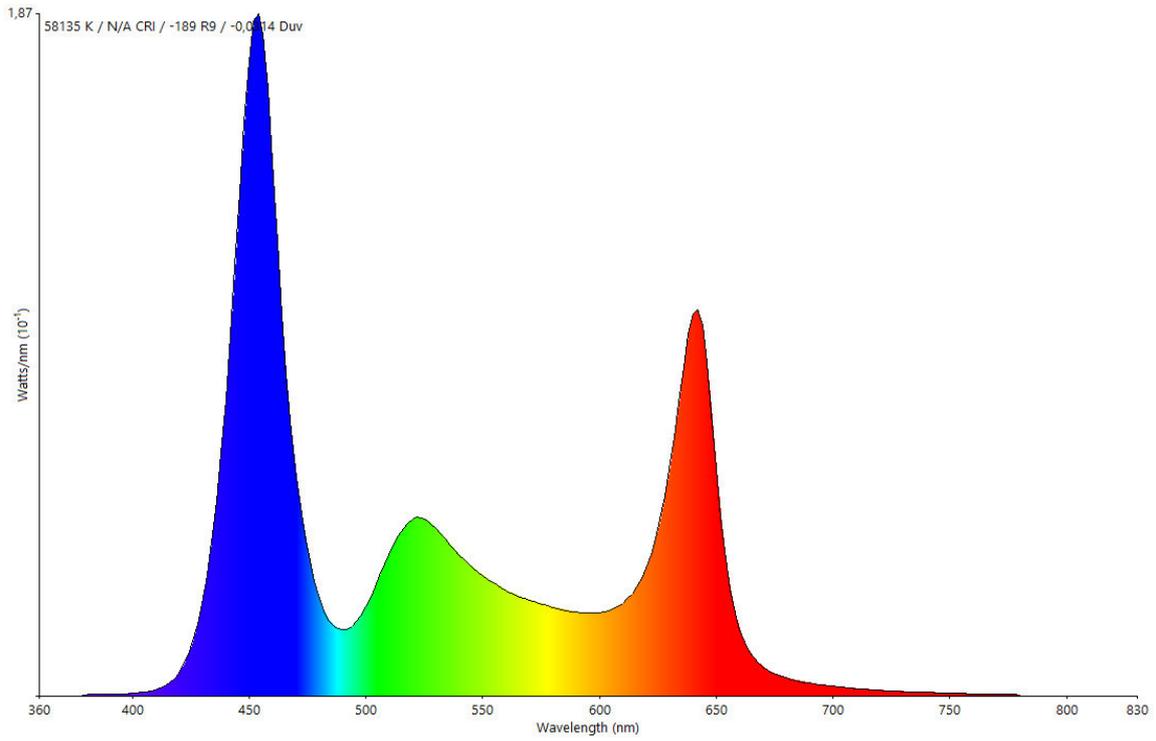


Abbildung 5.30: Spektrum TourLED nativK

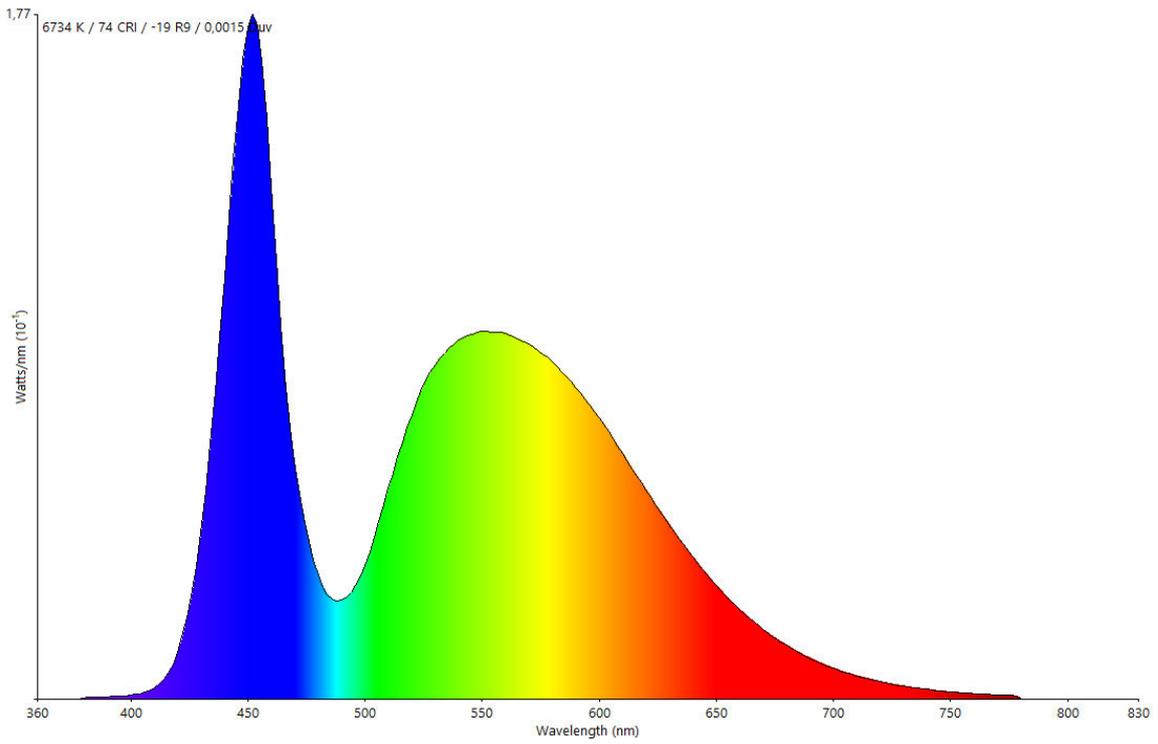


Abbildung 5.31: Spektrum Viva CMY nativK

5 Anhang

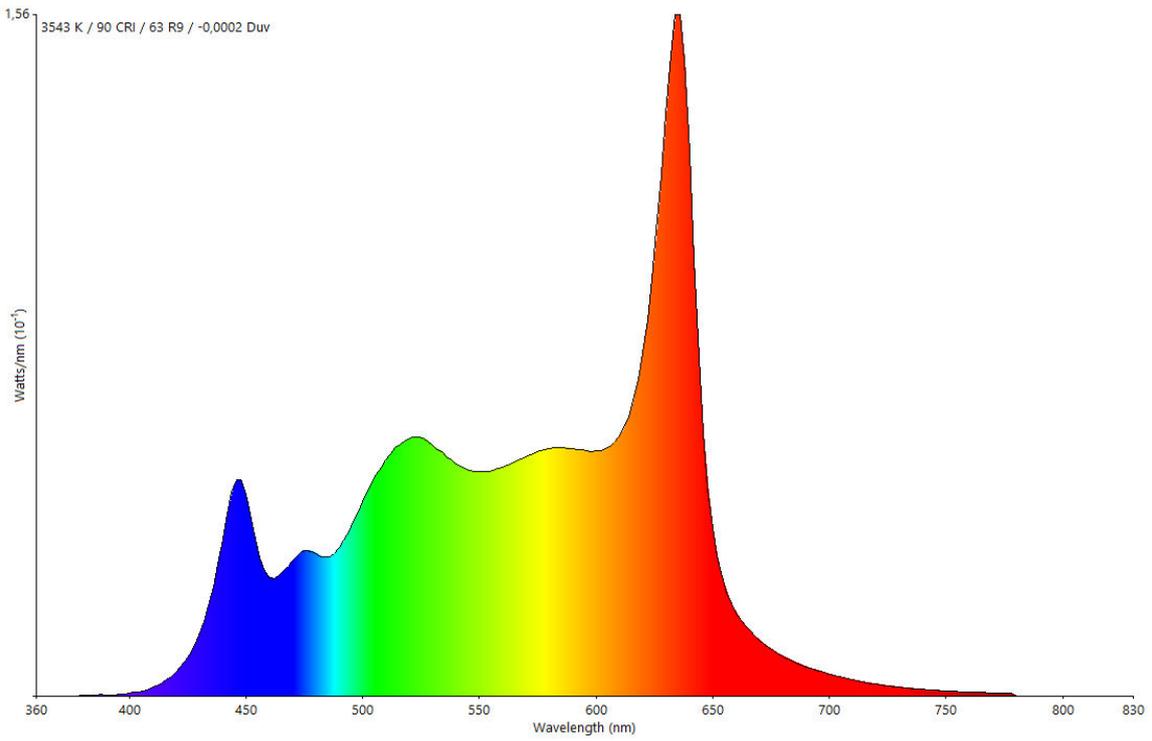


Abbildung 5.32: Spektrum Source4 S2 nativK

5.4 Gemessene Spektren als Tabelle

Spektren bei 3200K, 500lx

λ [nm]	Strahlungsflussdichte [Watt*m ⁻² *nm]							
	K-Eye	Arri	P7	P12	Source4 S2	TourLED	Viva CMY	Source4 S3
380	0,0000054512	0,0000002604	0,0000001537	0,0000000000	0,0001474064	0,0000047396	0,0000024002	0,0000000000
381	0,0000017293	0,0000015225	0,0000008985	0,0000000000	0,0000649958	0,0000015035	0,0000007614	0,0000000000
382	0,0000006007	0,0000020714	0,0000008462	0,0000003837	0,0000213887	0,0000000000	0,0000003967	0,0000007128
383	0,0000017030	0,0000020034	0,0000001156	0,0000010879	0,0000116371	0,0000000000	0,0000011248	0,0000020211
384	0,0000009187	0,0000009751	0,0000000000	0,0000005868	0,0000073779	0,0000000000	0,0000006067	0,0000010902
385	0,0000000000	0,0000000000	0,0000020227	0,0000015470	0,0000045323	0,0000000000	0,0000001066	0,0000000000
386	0,0000000000	0,0000000000	0,0000146166	0,0000111792	0,0000030036	0,0000000000	0,0000007706	0,0000000000
387	0,0000004608	0,0000004891	0,0000254724	0,0000292705	0,0000015870	0,0000000000	0,0000007798	0,0000005469
388	0,0000013905	0,0000014759	0,0000347051	0,0000560778	0,0000002658	0,0000000000	0,0000001306	0,0000016502
389	0,0000015350	0,0000008630	0,0000536666	0,0000542799	0,0000000000	0,0000000000	0,0000185957	0,0000009649
390	0,0000013910	0,0000000000	0,0000670927	0,0000436015	0,0000000000	0,0000000000	0,0000365974	0,0000000000
391	0,0000004978	0,0000000000	0,0000240096	0,0000161985	0,0000000000	0,0000000000	0,0000204837	0,0000000000
392	0,0000010975	0,0000000000	0,0000034374	0,0000100300	0,0000000000	0,0000000000	0,0000229631	0,0000030390
393	0,0000035584	0,0000000000	0,0000111451	0,0000304414	0,0000000000	0,0000000000	0,0000486604	0,0000098535
394	0,0000022658	0,00000096505	0,0000131719	0,0000192987	0,0000195549	0,0000000000	0,0000411391	0,0000156259
395	0,0000000000	0,0000214752	0,0000150223	0,0000005148	0,0000445264	0,0000009809	0,0000245423	0,0000234665
396	0,0000000000	0,0000251710	0,0000390465	0,0000079453	0,0000666086	0,0000151398	0,0000230305	0,0000653935
397	0,0000000000	0,0000224562	0,0000582589	0,0000158437	0,0000683884	0,0000249002	0,0000248954	0,0000766112
398	0,0000000000	0,0000101322	0,0000707121	0,0000246066	0,0000399648	0,0000283196	0,0000318186	0,0000423400
399	0,0000171052	0,0000180790	0,0000725247	0,0000184286	0,0000411588	0,0000410337	0,0000315851	0,0000302584
400	0,0000394263	0,0000335638	0,0000696895	0,0000080377	0,0000537102	0,0000556285	0,0000290882	0,0000279275
401	0,0000267765	0,0000435004	0,0000504118	0,0000462346	0,0000613654	0,0000215697	0,0000435282	0,0000534374
402	0,0000266083	0,0000453002	0,0000444291	0,0000711206	0,0000728623	0,0000075759	0,0000530676	0,0000664730
403	0,0000483990	0,0000327943	0,0000617180	0,0000730277	0,0000913160	0,0000286310	0,0000541442	0,0000577757
404	0,0000548040	0,0000431793	0,0000799809	0,0000794343	0,0001004192	0,0000489806	0,0000598212	0,0000761417
405	0,0000539795	0,0000641168	0,0000985045	0,0000878786	0,0001050818	0,0000687790	0,0000675875	0,0001069189
406	0,0000539228	0,0000913890	0,0000929846	0,0000839589	0,0000830854	0,0000279189	0,0000786508	0,0001172346
407	0,0000531553	0,0001051065	0,0000987352	0,0000941228	0,0000676508	0,0000072638	0,0000861753	0,0001265865
408	0,0000507952	0,0000900626	0,0001292813	0,0001350556	0,0000662166	0,0000303680	0,0000862726	0,0001345332
409	0,0000624328	0,0001137288	0,0001383267	0,0001551795	0,0000825001	0,0000510652	0,0001024677	0,0001590008
410	0,0000820311	0,0001594420	0,0001350466	0,0001633282	0,0001088537	0,0000703021	0,0001278081	0,0001928246
411	0,0000902008	0,0001996147	0,0001788952	0,0002004000	0,0001293322	0,0000703698	0,0001464876	0,0001900103
412	0,0000993509	0,0002412184	0,0002176795	0,0002372726	0,0001458107	0,0000807969	0,0001646405	0,0002045112
413	0,0001129016	0,0002889466	0,0002386769	0,0002712856	0,0001533385	0,0001210267	0,0001830147	0,0002692746
414	0,0001304940	0,0003452904	0,0002833756	0,0003163124	0,0001851139	0,0001096029	0,0002125920	0,0003038318
415	0,0001507105	0,0004071380	0,0003437207	0,0003685018	0,0002329586	0,0000637015	0,0002495283	0,0003180374
416	0,0001706646	0,0004715813	0,0003833360	0,0004344414	0,0002490098	0,0000565145	0,0002941463	0,0003468622
417	0,0001874620	0,0005355870	0,0004383613	0,0005060592	0,0002711840	0,0000673432	0,0003408909	0,0003814259
418	0,0001947348	0,0005992257	0,0005501948	0,0005937197	0,0003229135	0,0001243177	0,0003934565	0,0004308336
419	0,0002250870	0,0006882049	0,0006390066	0,0006925875	0,0003790210	0,0001533419	0,0004446300	0,0004833269
420	0,0002730612	0,0007960850	0,0007092706	0,0007993233	0,0004380568	0,0001604817	0,0004943203	0,0005377972
421	0,0003061670	0,0009532197	0,0008461259	0,0009430832	0,0005039844	0,0001561135	0,0005962548	0,0006334971
422	0,0003448667	0,0011133145	0,0009898764	0,0010957666	0,0005721879	0,0001621999	0,0007045565	0,0007234820
423	0,0004137608	0,0012577103	0,0011242360	0,0012631632	0,0006454605	0,0002161692	0,0008092883	0,0007680190
424	0,0004715184	0,0014143429	0,0012841963	0,0014500865	0,0007276570	0,0002519029	0,0009291219	0,0008487491
425	0,0005187459	0,0015803582	0,0014654135	0,0016525582	0,0008170100	0,0002709782	0,0010612314	0,0009610382
426	0,0005700920	0,0017871938	0,0016976130	0,0018612866	0,0009336184	0,0003340732	0,0012125632	0,0010553760

5 Anhang

427	0,0006345290	0,0019942315	0,0019327224	0,0020809188	0,0010533160	0,0004006564	0,0013740212	0,0011576143
428	0,0007612427	0,0021746375	0,0021466320	0,0023563709	0,0011688514	0,0004483874	0,0015740296	0,0013176500
429	0,0008718106	0,0023691634	0,0024049017	0,0026451494	0,0013038873	0,0005084665	0,0017658510	0,0014844318
430	0,0009657816	0,0025773016	0,0027069770	0,0029464182	0,0014581141	0,0005807745	0,0019488300	0,0016574695
431	0,0011055735	0,0028221053	0,0029920721	0,0032628658	0,0016242971	0,0006748188	0,0021966547	0,0017973681
432	0,0012578820	0,0030702264	0,0032855431	0,0035846957	0,0017934687	0,0007735354	0,0024628305	0,0019469677
433	0,0014230094	0,0032877283	0,0036528431	0,0039175008	0,0019637922	0,0008702729	0,0027510356	0,0022017368
434	0,0015867221	0,0035331276	0,0040087300	0,0042559528	0,0021593805	0,0010062897	0,0030187922	0,0024529364
435	0,0017456328	0,0038048610	0,0043451177	0,0045942385	0,0023791197	0,0011829698	0,0032587603	0,0026952262
436	0,0019294313	0,0040328844	0,0047347559	0,0049590445	0,0026303974	0,0013358998	0,0035860372	0,0028824270
437	0,0021139106	0,0042493617	0,0051134274	0,0053159948	0,0028909764	0,0014925898	0,0039215851	0,0030611939
438	0,0022941481	0,0045042583	0,0053867710	0,0056353468	0,0032135811	0,0017551686	0,0042205502	0,0033171637
439	0,0024793296	0,0047295647	0,0056587334	0,0059184949	0,0035219333	0,0020043569	0,0045282396	0,0035150708
440	0,0026739780	0,0049235740	0,0059337155	0,0061634867	0,0038195292	0,0022428868	0,0048521385	0,0036475911
441	0,0028705395	0,0050785882	0,0061900919	0,0064164945	0,0041135797	0,0024756934	0,0051082500	0,0037034423
442	0,0030608636	0,0052087745	0,0064319177	0,0066622868	0,0044042164	0,0027160732	0,0053461330	0,0037312752
443	0,0032054240	0,0052329955	0,0066133315	0,0068453257	0,0046940068	0,0030521672	0,0056132685	0,0037126796
444	0,0033457158	0,0051998275	0,0067624322	0,0069846576	0,0049065840	0,0033855297	0,0058640165	0,0036547043
445	0,0034787391	0,0050939948	0,0068684911	0,0070664310	0,0050167379	0,0037103942	0,0060904400	0,0035474703
446	0,0036063550	0,0049266089	0,0068726529	0,0069922614	0,0050154508	0,0040354246	0,0062607747	0,0033880251
447	0,0037183640	0,0047480064	0,0068339353	0,0068710949	0,0049730978	0,0043511258	0,0063972697	0,0032228974
448	0,0037308833	0,0045465218	0,0066432245	0,0066768336	0,0048283599	0,0046824850	0,0064062987	0,0030711531
449	0,0037412224	0,0043275043	0,0064080874	0,0064180894	0,0046345681	0,0049782495	0,0063811320	0,0028946481
450	0,0037481819	0,0040815661	0,0061124933	0,0060740290	0,0043759981	0,0052356174	0,0063122842	0,0026836796
451	0,0036842748	0,0037832396	0,0057520804	0,0056607653	0,0040593848	0,0054706838	0,0062212908	0,0025473316
452	0,0035924037	0,0034808852	0,0053688241	0,0052329190	0,0037339421	0,0056755291	0,0061092346	0,0024320329
453	0,0034159378	0,0032364434	0,0048749594	0,0047822986	0,0034307129	0,0056811756	0,0058266070	0,0022748220
454	0,0032371600	0,0030117059	0,0044158841	0,0043327580	0,0031648078	0,0056507974	0,0055380267	0,0021755866
455	0,0030531691	0,0028096172	0,0039962196	0,0038793592	0,0029437700	0,0055731720	0,0052381424	0,0021496785
456	0,0028588965	0,0026321223	0,0036072231	0,0034189450	0,0027556982	0,0053859358	0,0048943675	0,0021080815
457	0,0026755600	0,0024719451	0,0032432464	0,0029787456	0,0025922184	0,0051661178	0,0045481162	0,0020680562
458	0,0025699891	0,0023483589	0,0029046967	0,0026149089	0,0025123440	0,0048771923	0,0041889100	0,0020760809
459	0,0024655036	0,0022419544	0,0026161939	0,0022774597	0,0024557999	0,0045481649	0,0038467218	0,0020885152
460	0,0023590857	0,0021549439	0,0023857924	0,0019656057	0,0024280252	0,0041562883	0,0035171746	0,0021065475
461	0,0022950857	0,0020987164	0,0021795358	0,0017164876	0,0024229475	0,0038287930	0,0031901794	0,0021158920
462	0,0022536344	0,0020560084	0,0019841259	0,0014954534	0,0024309281	0,0035279982	0,0028727551	0,0021267333
463	0,0023052128	0,0020473356	0,0017981590	0,0013320281	0,0025041262	0,0032540133	0,0026154915	0,0021888122
464	0,0023814538	0,0020372572	0,0016235689	0,0011856192	0,0025578039	0,0029807207	0,0023827449	0,0022672833
465	0,0024925473	0,0020250024	0,0014631446	0,0010615048	0,0025846331	0,0027057546	0,0021818820	0,0023691247
466	0,0026376983	0,0020224934	0,0013331645	0,0009505750	0,0026453840	0,0025076897	0,0020118315	0,0024411071
467	0,0027951369	0,0020252002	0,0012173290	0,0008515258	0,0027160309	0,0023401166	0,0018581249	0,0025053076
468	0,0030019152	0,0020439922	0,0011049061	0,0008004683	0,0027842018	0,0021647649	0,0017169075	0,0026065415
469	0,0032516335	0,0020502811	0,0010049739	0,0007433066	0,0028424414	0,0020071101	0,0015843593	0,0027029858
470	0,0035622081	0,0020398391	0,0009194194	0,0006768655	0,0028882004	0,0018694142	0,0014604198	0,0027944893
471	0,0038964616	0,0020296472	0,0008339979	0,0006184464	0,0029597784	0,0017906064	0,0013620467	0,0029283116
472	0,0042416448	0,0020237258	0,0007524759	0,0005656896	0,0030375764	0,0017297970	0,0012736055	0,0030772282
473	0,0046689073	0,0020620002	0,0007014081	0,0005388144	0,0031021452	0,0016486209	0,0011906356	0,0032611127
474	0,0051066460	0,0020926412	0,0006584298	0,0005069122	0,0031649485	0,0015748309	0,0011201202	0,0034286460
475	0,0055584739	0,0021127792	0,0006265657	0,0004681289	0,0032252717	0,0015112001	0,0010667178	0,0035736336
476	0,0060132727	0,0021117978	0,0005852101	0,0004518236	0,0032510960	0,0014930247	0,0009993613	0,0037833122

5 Anhang

477	0,0064616989	0,0021063938	0,0005429904	0,0004413878	0,0032647637	0,0014901008	0,0009296504	0,0040103544
478	0,0068555426	0,0021235234	0,0005203984	0,0004153109	0,0032664012	0,0014905617	0,0008771578	0,0042097473
479	0,0072226899	0,0021382776	0,0005018227	0,0003994110	0,0032782054	0,0015180015	0,0008274170	0,0044480743
480	0,0075571539	0,0021498268	0,0004883836	0,0003968986	0,0033034092	0,0015815612	0,0007807994	0,0047402471
481	0,0077039258	0,0021512484	0,0004838740	0,0003860402	0,0033510763	0,0016452069	0,0007453802	0,0050230252
482	0,0077873988	0,0021537288	0,0004825353	0,0003734100	0,0034059835	0,0017119075	0,0007148866	0,0053007067
483	0,0078399975	0,0022002355	0,0004844946	0,0003679489	0,0034691246	0,0018188058	0,0006943601	0,0055935497
484	0,0078100886	0,0022430109	0,0004880502	0,0003716925	0,0035320839	0,0019524314	0,0006834721	0,0059079716
485	0,0076635313	0,0022805315	0,0004938359	0,0003883819	0,0035947702	0,0021239469	0,0006860819	0,0062533312
486	0,0074579299	0,0023207737	0,0005018931	0,0003973589	0,0037178053	0,0023044631	0,0006813029	0,0066017087
487	0,0072218782	0,0023656444	0,0005119284	0,0004044448	0,0038664149	0,0024923955	0,0006739200	0,0069526021
488	0,0068945517	0,0024527558	0,0005360511	0,0004203366	0,0040599701	0,0027121555	0,0006671387	0,0072822930
489	0,0065683445	0,0025528100	0,0005601600	0,0004378792	0,0042431979	0,0029733391	0,0006726951	0,0075742902
490	0,0062452058	0,0026716538	0,0005841918	0,0004578072	0,0044108227	0,0032946192	0,0006963887	0,0078102634
491	0,0059240687	0,0028029082	0,0006185008	0,0004876858	0,0046347641	0,0036486024	0,0007197458	0,0080627690
492	0,0056048520	0,0029413103	0,0006564247	0,0005214580	0,0048745405	0,0040156139	0,0007431815	0,0083118279
493	0,0053175507	0,0031205301	0,0006934832	0,0005599527	0,0050535550	0,0044004157	0,0007702318	0,0084335492
494	0,0050670656	0,0032995564	0,0007419542	0,0005970150	0,0052552818	0,0048327058	0,0008001080	0,0085358188
495	0,0048760226	0,0034771735	0,0008079322	0,0006316087	0,0054912802	0,0053363089	0,0008342211	0,0086073871
496	0,0046895622	0,0036914676	0,0008702443	0,0006779913	0,0057310635	0,0058725816	0,0008765517	0,0085996454
497	0,0045068351	0,0039200437	0,0009310195	0,0007298720	0,0059713994	0,0064242709	0,0009227515	0,0085563542
498	0,0043738856	0,0041387122	0,0009854320	0,0007946905	0,0061827349	0,0069861753	0,0009780789	0,0084351742
499	0,0042614264	0,0043648549	0,0010473486	0,0008575613	0,0064064062	0,0075628384	0,0010426569	0,0083412171
500	0,0041824432	0,0046012260	0,0011207061	0,0009168870	0,0066480954	0,0081586526	0,0011214217	0,0082913942
501	0,0041273165	0,0049496704	0,0012017029	0,0009917241	0,0068903600	0,0087977287	0,0012126124	0,0081556403
502	0,0040820597	0,0053410356	0,0012868440	0,0010740206	0,0071336036	0,0094613481	0,0013087941	0,0079855835
503	0,0040768946	0,0056275217	0,0013732746	0,0011623595	0,0073463077	0,0101066731	0,0013847726	0,0078786754
504	0,0040719652	0,0059244462	0,0014561855	0,0012451911	0,0075579924	0,0107347128	0,0014676254	0,0077582354
505	0,0040683769	0,0062326737	0,0015317529	0,0013174064	0,0077646728	0,0113223051	0,0015600329	0,0076202027
506	0,0041072150	0,0065646369	0,0016206622	0,0014070027	0,0079967294	0,0119521908	0,0016812330	0,0075173909
507	0,0041621723	0,0069009458	0,0017142318	0,0015053484	0,0082349309	0,0125916748	0,0018121040	0,0074329497
508	0,0042078817	0,0071622618	0,0018015779	0,0016434105	0,0084131177	0,0131335242	0,0019192394	0,0074229410
509	0,0042763300	0,0074389884	0,0018943629	0,0017703159	0,0086012773	0,0136533254	0,0020340491	0,0074059408
510	0,0043816417	0,0077439888	0,0019971454	0,0018813296	0,0088073615	0,0141448895	0,0021627791	0,0073764626
511	0,0044792671	0,0079833082	0,0021067316	0,0020285815	0,0089777475	0,0145295406	0,0023353162	0,0073626967
512	0,0045761345	0,0081947618	0,0022197687	0,0021921506	0,0091362686	0,0148743829	0,0025253817	0,0073549458
513	0,0046925291	0,0083314543	0,0023210719	0,0023539993	0,0093048299	0,0151853414	0,0026819605	0,0073694780
514	0,0048242077	0,0084472434	0,0024257004	0,0025285424	0,0094587461	0,0154391835	0,0028841547	0,0073850630
515	0,0049765145	0,0085303997	0,0025332427	0,0027183983	0,0095886839	0,0156040060	0,0031504449	0,0074031589
516	0,0050917730	0,0085676023	0,0026431752	0,0029463626	0,0096509503	0,0156992780	0,0034141800	0,0073869613
517	0,0051971140	0,0085878608	0,0027553204	0,0031881968	0,0096895724	0,0157705892	0,0036793588	0,0073592191
518	0,0053377697	0,0085897414	0,0028907733	0,0034594291	0,0097186770	0,0158332597	0,0039921949	0,0073241266
519	0,0054308532	0,0085524897	0,0030231280	0,0037385391	0,0097410396	0,0158383399	0,0043017804	0,0072866956
520	0,0054620572	0,0084621368	0,0031530050	0,0040317117	0,0097536626	0,0157657638	0,0046111706	0,0072447309
521	0,0055201677	0,0083526408	0,0032880987	0,0043248334	0,0096816996	0,0155608628	0,0049135665	0,0071907957
522	0,0055911892	0,0082330956	0,0034262042	0,0046261973	0,0095795854	0,0153064218	0,0052201454	0,0071284961
523	0,0057025275	0,0080870753	0,0035729817	0,0049874010	0,0094479655	0,0149898569	0,0055703649	0,0070329939
524	0,0057859229	0,0079298028	0,0037446343	0,0053333030	0,0092751042	0,0146551644	0,0058716223	0,0069374072
525	0,0058347470	0,0077609413	0,0039453198	0,0056574638	0,0090542125	0,0143027562	0,0061104290	0,0068432091
526	0,0058903118	0,0075968041	0,0041413486	0,0060020466	0,0088697405	0,0138355037	0,0063640219	0,0067474715

5 Anhang

527	0,0059443971	0,0074343305	0,0043383608	0,0063344114	0,0086904181	0,0133327061	0,0066109084	0,0066547967
528	0,0059782825	0,0072653305	0,0045561173	0,0065675145	0,0084730654	0,0127696433	0,0067990610	0,0065779871
529	0,0060126451	0,0071179078	0,0047775120	0,0068301596	0,0082203635	0,0122400045	0,0069568060	0,0064821789
530	0,0060474360	0,0069923432	0,0050039680	0,0071258103	0,0079277381	0,0117422617	0,0070825825	0,0063650629
531	0,0060762087	0,0068785907	0,0052601052	0,0073209684	0,0076625365	0,0111526593	0,0071547730	0,0062580032
532	0,0061002430	0,0067648960	0,0055229922	0,0074960487	0,0074059475	0,0105583532	0,0072229993	0,0061521587
533	0,0061076262	0,0066364827	0,0057927197	0,0076843090	0,0071580384	0,0100308253	0,0073321947	0,0060395519
534	0,0061210343	0,0065212677	0,0060646994	0,0078458264	0,0069063571	0,0095116622	0,0074035934	0,0059571611
535	0,0061403179	0,0064188642	0,0063388570	0,0079817045	0,0066512166	0,0090008166	0,0074387470	0,0059039226
536	0,0061605852	0,0063377888	0,0066151961	0,0080761155	0,0063907742	0,0085226777	0,0074966539	0,0058286890
537	0,0061779683	0,0062585413	0,0068752655	0,0081477342	0,0061464262	0,0080619725	0,0075462774	0,0057566535
538	0,0061813567	0,0061621653	0,0070857836	0,0081586633	0,0059477996	0,0076074468	0,0075468257	0,0057042606
539	0,0061884487	0,0061064111	0,0073280746	0,0081713730	0,0057213864	0,0071893076	0,0075504665	0,0056419840
540	0,0061986435	0,0060846426	0,0075963440	0,0081855841	0,0054723515	0,0068024157	0,0075567162	0,0055716408
541	0,0061940316	0,0059927627	0,0077957728	0,0082498323	0,0052954584	0,0064706795	0,0076057203	0,0055002987
542	0,0061946184	0,0059109598	0,0079798061	0,0083050421	0,0051419390	0,0061403674	0,0076433331	0,0054399399
543	0,0062186418	0,0058918746	0,0081450907	0,0083079720	0,0050318596	0,0057835940	0,0076236817	0,0054153160
544	0,0062313360	0,0058604462	0,0082996221	0,0083083725	0,0048745865	0,0054546821	0,0076679504	0,0053993277
545	0,0062360323	0,0058207253	0,0084451941	0,0083075473	0,0046846618	0,0051502805	0,0077593791	0,0053902858
546	0,0062289360	0,0057761504	0,0085701475	0,0083234282	0,0045974853	0,0048540933	0,0077416679	0,0053827956
547	0,0062384355	0,0057431789	0,0086966315	0,0083398456	0,0045186550	0,0045740406	0,0077321808	0,0053817072
548	0,0062948745	0,0057405320	0,0088346759	0,0083524436	0,0044342189	0,0043251953	0,0077691419	0,0053964395
549	0,0063105941	0,0057209041	0,0089215809	0,0083428072	0,0043474517	0,0040768947	0,0077978061	0,0053943025
550	0,0063014657	0,0056917343	0,0089762311	0,0083204992	0,0042612563	0,0038337270	0,0078217359	0,0053823507
551	0,0063374502	0,0057016094	0,0089952471	0,0083365897	0,0042337444	0,0035809094	0,0078184424	0,0054055212
552	0,0063590130	0,0057029781	0,0090161133	0,0083431359	0,0042065866	0,0033471093	0,0078138331	0,0054238166
553	0,0063428476	0,0056801694	0,0090444556	0,0083230296	0,0041725599	0,0031502296	0,0078080433	0,0054271042
554	0,0063796730	0,0056888447	0,0090519475	0,0082960306	0,0041682782	0,0029656750	0,0078140440	0,0054304920
555	0,0064448274	0,0057145089	0,0090486158	0,0082658464	0,0041800765	0,0027889680	0,0078266158	0,0054341282
556	0,0064360766	0,0057190775	0,0090703997	0,0082593942	0,0042024818	0,0026105803	0,0078548397	0,0054821127
557	0,0064379054	0,0057317729	0,0090792452	0,0082583539	0,0042328376	0,0024385903	0,0078735218	0,0055130128
558	0,0064612517	0,0057604100	0,0090622907	0,0082670171	0,0042784132	0,0022777900	0,0078732578	0,0055100435
559	0,0064852452	0,0057677277	0,0090218783	0,0082284193	0,0043257069	0,0021414721	0,0078589310	0,0055473496
560	0,0065103850	0,0057666104	0,0089726132	0,0081717195	0,0043740480	0,0020177277	0,0078396775	0,0056038345
561	0,0065609400	0,0058012116	0,0089655658	0,0082073295	0,0044352286	0,0019143362	0,0078573133	0,0056895937
562	0,0065995323	0,0058329243	0,0089749279	0,0082042394	0,0045000255	0,0018075186	0,0078570531	0,0057548620
563	0,0066188174	0,0058601009	0,0090111969	0,0081381062	0,0045709916	0,0016947769	0,0078276919	0,0057869904
564	0,0066346316	0,0058908568	0,0089458595	0,0081331730	0,0046613725	0,0016026576	0,0078122635	0,0058182456
565	0,0066526390	0,0059228032	0,0088505193	0,0081463279	0,0047569381	0,0015196172	0,0078036268	0,0058514118
566	0,0067117715	0,0059535383	0,0088339401	0,0080941990	0,0048386145	0,0014377640	0,0078065974	0,0059132865
567	0,0067551146	0,0059934383	0,0088128113	0,0080589363	0,0049262156	0,0013579337	0,0078071797	0,0059700726
568	0,0067773385	0,0060458473	0,0087859635	0,0080468375	0,0050217950	0,0012810832	0,0078048627	0,0060201042
569	0,0068278650	0,0060648829	0,0087842046	0,0080185998	0,0051169674	0,0012190967	0,0078005842	0,0060762175
570	0,0068840368	0,0060829949	0,0087831393	0,0079876818	0,0052151086	0,0011616029	0,0077953105	0,0061347251
571	0,0069211225	0,0061661440	0,0087310424	0,0079693245	0,0053386331	0,0011024991	0,0077852562	0,0061986552
572	0,0069606575	0,0062224256	0,0086899901	0,0079404600	0,0054563896	0,0010501963	0,0077626413	0,0062506570
573	0,0070030543	0,0062485751	0,0086611254	0,0078995312	0,0055680955	0,0010053262	0,0077256735	0,0062893621
574	0,0070489711	0,0062652128	0,0086440357	0,0078700231	0,0056621764	0,0009779854	0,0077174614	0,0063405790
575	0,0070965728	0,0062946131	0,0086267315	0,0078455498	0,0057565041	0,0009543993	0,0077152036	0,0063880320
576	0,0071493207	0,0063982822	0,0085948086	0,0078328056	0,0058731176	0,0009296008	0,0077104428	0,0064036381

5 Anhang

577	0,0071908414	0,0064543096	0,0085775859	0,0078063938	0,0059716084	0,0009024940	0,0077157077	0,0064377333
578	0,0072219729	0,0064661058	0,0085743554	0,0077677141	0,0060529779	0,0008734220	0,0077304859	0,0064889886
579	0,0072899868	0,0065261203	0,0085213765	0,0077242898	0,0061589772	0,0008553848	0,0077309246	0,0065222916
580	0,0073547208	0,0065854871	0,0084631420	0,0076870257	0,0062612335	0,0008433075	0,0077316632	0,0065546585
581	0,0073881206	0,0066167501	0,0084110543	0,0076726493	0,0063379327	0,0008461432	0,0077403032	0,0065931891
582	0,0074169512	0,0066591725	0,0083789127	0,0076173949	0,0064147297	0,0008469146	0,0077516775	0,0066142105
583	0,0074421924	0,0067099944	0,0083614216	0,0075306930	0,0064917204	0,0008460974	0,0077648980	0,0066218448
584	0,0075046585	0,0067803995	0,0083522815	0,0075082714	0,0065793960	0,0008661614	0,0077922770	0,0066811506
585	0,0075541105	0,0068414199	0,0083358994	0,0074815126	0,0066577738	0,0008843563	0,0078241417	0,0067206197
586	0,0075595451	0,0068724086	0,0082978337	0,0074278023	0,0067084624	0,0008925942	0,0078647533	0,0066942139
587	0,0075893899	0,0069126312	0,0082741026	0,0073757363	0,0067809244	0,0009173238	0,0079115308	0,0067121549
588	0,0076340009	0,0069583394	0,0082591916	0,0073248604	0,0068663954	0,0009520109	0,0079619030	0,0067570466
589	0,0076702786	0,0070024298	0,0082609454	0,0073171211	0,0068513382	0,0010030334	0,0079798250	0,0067208892
590	0,0077080930	0,0070560762	0,0082650916	0,0073009115	0,0068681406	0,0010520161	0,0080294678	0,0066972553
591	0,0077485770	0,0071285860	0,0082723109	0,0072642635	0,0069545497	0,0010958923	0,0081448689	0,0067025847
592	0,0077439228	0,0071950556	0,0082868025	0,0072244112	0,0070049289	0,0011676607	0,0082291917	0,0067072990
593	0,0077203383	0,0072589092	0,0083070239	0,0071854522	0,0070389440	0,0012524057	0,0083003054	0,0067119352
594	0,0077495790	0,0073305209	0,0083869424	0,0072020399	0,0070861383	0,0013434731	0,0084111310	0,0067173327
595	0,0077767319	0,0074027855	0,0084408655	0,0071948208	0,0071314391	0,0014437377	0,0085335146	0,0067216296
596	0,0078004450	0,0074760265	0,0084535354	0,0071497462	0,0071736505	0,0015586812	0,0086741863	0,0067240381
597	0,0078172863	0,0075456473	0,0085315526	0,0071630622	0,0072130497	0,0016830827	0,0087973779	0,0067382510
598	0,0078319180	0,0076160332	0,0086297049	0,0071923723	0,0072511605	0,0018163917	0,0089143834	0,0067574717
599	0,0078486953	0,0077043855	0,0087006786	0,0071800835	0,0072859969	0,0019992024	0,0090281142	0,0067852428
600	0,0078509463	0,0077923490	0,0087882853	0,0071653505	0,0073385076	0,0021651619	0,0091436408	0,0068143046
601	0,0078342785	0,0078785309	0,0088950322	0,0071467855	0,0074117633	0,0023093583	0,0092598113	0,0068440173
602	0,0078411772	0,0079538962	0,0090369105	0,0071934606	0,0075053644	0,0025038194	0,0094207865	0,0068902000
603	0,0078560627	0,0080287407	0,0091735654	0,0072495025	0,0075931378	0,0027198378	0,0095814072	0,0069455517
604	0,0078828342	0,0081123005	0,0092329051	0,0072696884	0,0076211438	0,0029770951	0,0096771248	0,0070265053
605	0,0078837989	0,0082115159	0,0093081457	0,0073180767	0,0076928274	0,0032500931	0,0097755262	0,0070784477
606	0,0078601492	0,0083255584	0,0093983846	0,0073931180	0,0078058577	0,0035383790	0,0098764289	0,0071028378
607	0,0078760984	0,0084674776	0,0094993990	0,0074898782	0,0079516015	0,0039155978	0,0099663684	0,0072039732
608	0,0078936428	0,0086161897	0,0095908937	0,0075903595	0,0080967362	0,0043053203	0,0100409128	0,0073167610
609	0,0078969317	0,0087721506	0,0096434660	0,0076914341	0,0082213744	0,0046866661	0,0100676995	0,0074293327
610	0,0079128417	0,0089528598	0,0096790609	0,0078177946	0,0084067229	0,0051815534	0,0101085044	0,0076112303
611	0,0079372345	0,0091513622	0,0097017211	0,0079622194	0,0086358624	0,0057598363	0,0101587095	0,0078431862
612	0,0080060527	0,0093677249	0,0097102683	0,0080853673	0,0088742254	0,0062844622	0,0101279074	0,0079841257
613	0,0080723304	0,0095872655	0,0097045142	0,0082176421	0,0091318744	0,0068649543	0,0101080005	0,0081488651
614	0,0081254769	0,0098093290	0,0096672381	0,0083734086	0,0094311511	0,0075792470	0,0101265733	0,0083818777
615	0,0081691212	0,0101256806	0,0096180653	0,0085545825	0,0098114348	0,0083478692	0,0100705130	0,0086410762
616	0,0082088036	0,0104910498	0,0095619676	0,0087482743	0,0102346023	0,0091459489	0,0099756021	0,0089147099
617	0,0083201183	0,0108517243	0,0094463077	0,0089047458	0,0107224543	0,0101155588	0,0098979718	0,0092656329
618	0,0084455661	0,0112642660	0,0093424513	0,0090888329	0,0112486584	0,0111665129	0,0098287551	0,0096266877
619	0,0085942000	0,0117616116	0,0092603441	0,0093185911	0,0118352607	0,0123457634	0,0097751187	0,0100015340
620	0,0087576317	0,0122383838	0,0091251693	0,0095098177	0,0124308301	0,0136392863	0,0096652211	0,0104046308
621	0,0089361706	0,0127226357	0,0089671451	0,0096852984	0,0130493679	0,0150010432	0,0095336306	0,0108246281
622	0,0092125959	0,0133450661	0,0087988504	0,0098463986	0,0138438544	0,0165546866	0,0094146596	0,0112959092
623	0,0094987248	0,0140019246	0,0086338304	0,0100058159	0,0147071583	0,0183077400	0,0093011689	0,0118077928
624	0,0097945041	0,0146958418	0,0084748942	0,0101619195	0,0156485200	0,0202935223	0,0091960331	0,0123658269
625	0,0101148672	0,0153913656	0,0083340782	0,0103061581	0,0166771987	0,0223464644	0,0090612351	0,0129887974
626	0,0104646949	0,0160992934	0,0081911491	0,0104466435	0,0177515230	0,0245038649	0,0089242888	0,0136586244

5 Anhang

627	0,0109169662	0,0168351298	0,0080249920	0,0105775557	0,0189001251	0,0269999748	0,0088203203	0,0144545505
628	0,0113943904	0,0174435931	0,0078672851	0,0106539121	0,0200505144	0,0295650287	0,0086763173	0,0153011367
629	0,0118931705	0,0179364522	0,0077177085	0,0106813172	0,0211995478	0,0321850509	0,0084969706	0,0161909504
630	0,0124978894	0,0180924396	0,0075414508	0,0107455123	0,0221286098	0,0349814809	0,0083894589	0,0171259761
631	0,0131119148	0,0180740861	0,0073677993	0,0107940128	0,0229350620	0,0377572660	0,0082683565	0,0180341587
632	0,0137224559	0,0176682597	0,0072145843	0,0107872756	0,0234697995	0,0404318473	0,0080837540	0,0188565520
633	0,0144241103	0,0169529380	0,0070463837	0,0107406108	0,0234792764	0,0427912934	0,0079281816	0,0196312258
634	0,0151861657	0,0160383256	0,0068680691	0,0106684016	0,0231548094	0,0449586484	0,0077905274	0,0203782815
635	0,0158971012	0,0148469808	0,0067317826	0,0105880396	0,0221464658	0,0461824858	0,0076256747	0,0206510943
636	0,0165985224	0,0136491113	0,0066001539	0,0104916589	0,0208912304	0,0469580109	0,0074652244	0,0206907109
637	0,0172849776	0,0124510295	0,0064754472	0,0103639821	0,0191812779	0,0468970193	0,0073147363	0,0202937698
638	0,0177977929	0,0113474721	0,0063342306	0,0102177709	0,0173081345	0,0458985893	0,0071410615	0,0195715281
639	0,0182125000	0,0102957732	0,0061853946	0,0100656031	0,0153652714	0,0444160546	0,0069615318	0,0186793288
640	0,0182562009	0,0094690273	0,0060378544	0,0099538919	0,0135408109	0,0418176104	0,0068557235	0,0173906291
641	0,0180673979	0,0087276613	0,0058767094	0,0097868629	0,0118276576	0,0388101288	0,0067187322	0,0160354713
642	0,0175669825	0,0081107999	0,0056994059	0,0095475512	0,0102846386	0,0352830371	0,0065415677	0,0146059468
643	0,0166323749	0,0075951650	0,0055876543	0,0093602752	0,0090478470	0,0315512574	0,0064057317	0,0134450685
644	0,0155385333	0,0071306837	0,0054855938	0,0091853263	0,0079377936	0,0277705405	0,0062777759	0,0123800851
645	0,0142296092	0,0068110772	0,0053429388	0,0090064257	0,0071026354	0,0241070040	0,0061357302	0,0114738783
646	0,0128991173	0,0065015279	0,0052089859	0,0088080997	0,0063455579	0,0207214273	0,0059884942	0,0107925418
647	0,0115461338	0,0062007162	0,0050828207	0,0085912077	0,0056598059	0,0175886616	0,0058360783	0,0103192163
648	0,0102909328	0,0059471984	0,0049151217	0,0083713178	0,0051557222	0,0149389276	0,0057200205	0,0100529252
649	0,0091333883	0,0057158854	0,0047600681	0,0081614852	0,0046940577	0,0125275497	0,0056072328	0,0098536150
650	0,0082238814	0,0055310134	0,0046584968	0,0079815164	0,0042849549	0,0106272453	0,0054888962	0,0097720755
651	0,0074148195	0,0053481066	0,0045432862	0,0078006736	0,0039563000	0,0090275058	0,0053587087	0,0098026203
652	0,0066716764	0,0051676528	0,0044204892	0,0076208459	0,0036793215	0,0076210215	0,0052222050	0,0099044675
653	0,0061605259	0,0050396723	0,0043006413	0,0074057402	0,0034644481	0,0065245770	0,0050798815	0,0100992370
654	0,0056795674	0,0049109568	0,0041836828	0,0072063813	0,0032608869	0,0055320814	0,0049530199	0,0103125585
655	0,0052494567	0,0047797741	0,0040726957	0,0070388475	0,0030773875	0,0047281636	0,0048560075	0,0105564391
656	0,0048621941	0,0046543936	0,0039553347	0,0068602171	0,0029168795	0,0040476572	0,0047435123	0,0107810960
657	0,0045005663	0,0045308893	0,0038364271	0,0066744550	0,0027664698	0,0034330408	0,0046257916	0,0110020481
658	0,0042206216	0,0043977550	0,0037235316	0,0064512361	0,0026212524	0,0029828781	0,0045132360	0,0112717305
659	0,0039730363	0,0042883033	0,0036192167	0,0062744268	0,0024966331	0,0025760848	0,0043998330	0,0114998115
660	0,0037655677	0,0042079406	0,0035257387	0,0061544329	0,0023974144	0,0022233196	0,0042859426	0,0116769563
661	0,0035661451	0,0041113717	0,0034280609	0,0059964396	0,0022996249	0,0019384703	0,0041859190	0,0116625393
662	0,0033777343	0,0040132307	0,0033294071	0,0058258520	0,0022063122	0,0016824049	0,0040879287	0,0115559889
663	0,0032276890	0,0039226973	0,0032297394	0,0056356178	0,0021301648	0,0014845351	0,0039848263	0,0112330909
664	0,0031028292	0,0038454822	0,0031348199	0,0054896767	0,0020457525	0,0012999722	0,0038798243	0,0107003514
665	0,0029977770	0,0037787503	0,0030436585	0,0053785532	0,0019548782	0,0011259016	0,0037733668	0,0100030526
666	0,0028634174	0,0036437212	0,0029702080	0,0051947283	0,0018860562	0,0010029782	0,0036383854	0,0090984553
667	0,0027362171	0,0035262284	0,0028889056	0,0050180405	0,0018166126	0,0008925811	0,0035230514	0,0081644377
668	0,0026289169	0,0034602635	0,0027844336	0,0048682368	0,0017404036	0,0008002486	0,0034569226	0,0071833701
669	0,0025353347	0,0033892910	0,0027039119	0,0047383225	0,0016813060	0,0007143793	0,0033701571	0,0062588114
670	0,0024486155	0,0033159587	0,0026348234	0,0046182997	0,0016314663	0,0006331936	0,0032738540	0,0053741365
671	0,0023539650	0,0032376673	0,0025463822	0,0044853650	0,0015952355	0,0005812331	0,0031853352	0,0047022421
672	0,0022807309	0,0031605851	0,0024602556	0,0043543363	0,0015452625	0,0005249367	0,0030956649	0,0041008762
673	0,0022378909	0,0030849464	0,0023771116	0,0042255367	0,0014754144	0,0004622021	0,0030040044	0,0035980806
674	0,0021577905	0,0030385290	0,0023286491	0,0040977355	0,0014172369	0,0004323889	0,0029306230	0,0031811124
675	0,0020702567	0,0029875585	0,0022869671	0,0039746114	0,0013629462	0,0004077637	0,0028604215	0,0028031802
676	0,0020006866	0,0028668705	0,0022297803	0,0038778498	0,0013129161	0,0003611327	0,0027806400	0,0025136080

5 Anhang

677	0,0019406397	0,0027826894	0,0021580083	0,0037473156	0,0012679511	0,0003210505	0,0027019489	0,0022579506
678	0,0018892233	0,0027313842	0,0020732535	0,0035866697	0,0012275977	0,0002869170	0,0026243454	0,0020331849
679	0,0018281791	0,0026563259	0,0020050366	0,0034934143	0,0012089501	0,0002668246	0,0025390433	0,0018748270
680	0,0017743308	0,0025849200	0,0019446780	0,0034036734	0,0011840812	0,0002469158	0,0024607912	0,0017255157
681	0,0017421291	0,0025297773	0,0018997409	0,0033019523	0,0011357074	0,0002231272	0,0024030061	0,0015794269
682	0,0016767329	0,0024666577	0,0018406681	0,0031991061	0,0010944529	0,0002041517	0,0023274882	0,0014587516
683	0,0015943812	0,0023998581	0,0017741705	0,0030962918	0,0010573570	0,0001878453	0,0022432693	0,0013529667
684	0,0015598435	0,0023553444	0,0017103987	0,0030062827	0,0010264183	0,0001701046	0,0021950357	0,0012780794
685	0,0015257802	0,0023006034	0,0016589313	0,0029216239	0,0009883617	0,0001581641	0,0021345164	0,0012011935
686	0,0014923876	0,0022301766	0,0016261584	0,0028450007	0,0009393926	0,0001550557	0,0020551655	0,0011211556
687	0,0014408654	0,0021669338	0,0015606948	0,0027477941	0,0009128402	0,0001403814	0,0019930184	0,0010573894
688	0,0013870046	0,0021076961	0,0014915821	0,0026483780	0,0008904748	0,0001251452	0,0019382928	0,0009986288
689	0,0013494884	0,0020570951	0,0014564193	0,0025686780	0,0008521209	0,0001266169	0,0018948042	0,0009383396
690	0,0013133340	0,0019989318	0,0014172315	0,0024897663	0,0008226731	0,0001206916	0,0018399131	0,0008925429
691	0,0012782967	0,0019336378	0,0013742141	0,0024113224	0,0008013003	0,0001079743	0,0017743875	0,0008599241
692	0,0012467806	0,0018833161	0,0013329560	0,0023280375	0,0007722876	0,0001007723	0,0017296247	0,0008100062
693	0,0012113233	0,0018352388	0,0012914152	0,0022498202	0,0007480021	0,0000946880	0,0016849006	0,0007668919
694	0,0011639740	0,0017881831	0,0012483233	0,0021862856	0,0007386773	0,0000898282	0,0016334695	0,0007472550
695	0,0011316132	0,0017451544	0,0012042597	0,0021166683	0,0007178471	0,0000815569	0,0015923836	0,0007191814
696	0,0011071636	0,0017040798	0,0011598935	0,0020442486	0,0006909070	0,0000717231	0,0015563165	0,0006870647
697	0,0010724482	0,0016516109	0,0011219289	0,0019875085	0,0006678727	0,0000727328	0,0014947634	0,0006743126
698	0,0010438333	0,0015993969	0,0010900049	0,0019308522	0,0006442860	0,0000713528	0,0014404655	0,0006558406
699	0,0010246234	0,0015478549	0,0010674124	0,0018746363	0,0006199897	0,0000663593	0,0013974570	0,0006288021
700	0,0009927492	0,0015076928	0,0010299310	0,0018141679	0,0005926270	0,0000623258	0,0013492541	0,0006053825
701	0,0009572317	0,0014709511	0,0009891921	0,0017536326	0,0005672018	0,0000593933	0,0013031496	0,0005832445
702	0,0009239941	0,0014348946	0,0009577042	0,0017024663	0,0005609362	0,0000617591	0,0012820751	0,0005626471
703	0,0008949548	0,0013956156	0,0009239830	0,0016450259	0,0005457850	0,0000625437	0,0012505855	0,0005394472
704	0,0008700859	0,0013532292	0,0008881136	0,0015814992	0,0005219210	0,0000617742	0,0012089066	0,0005137196
705	0,0008585010	0,0013204822	0,0008655913	0,0015290598	0,0005116567	0,0000564399	0,0011852848	0,0004910615
706	0,0008402156	0,0012842304	0,0008416809	0,0014803874	0,0005016274	0,0000522196	0,0011580503	0,0004726775
707	0,0007945562	0,0012317017	0,0008067004	0,0014370013	0,0004858193	0,0000534334	0,0011105889	0,0004656497
708	0,0007573640	0,0011971536	0,0007723581	0,0013961802	0,0004693656	0,0000507309	0,0010795846	0,0004561084
709	0,0007254006	0,0011737527	0,0007383873	0,0013569316	0,0004525011	0,0000455947	0,0010587833	0,0004450043
710	0,0007161756	0,0011315873	0,0007121663	0,0013140446	0,0004291320	0,0000409620	0,0010272123	0,0004306097
711	0,0007002063	0,0010900800	0,0006884843	0,0012700805	0,0004117472	0,0000350929	0,0010000102	0,0004176477
712	0,0006726784	0,0010498049	0,0006689366	0,0012242796	0,0004044346	0,0000271043	0,0009802679	0,0004071169
713	0,0006540138	0,0010273530	0,0006413879	0,0011882450	0,0003859466	0,0000370928	0,0009493665	0,0003895154
714	0,0006378036	0,0010093995	0,0006129784	0,0011547174	0,0003660774	0,0000502448	0,0009152780	0,0003714842
715	0,0006180255	0,0009818657	0,0005952898	0,0011154832	0,0003606264	0,0000457523	0,0008833374	0,0003653037
716	0,0006012827	0,0009584895	0,0005763301	0,0010778509	0,0003520394	0,0000423659	0,0008629215	0,0003446708
717	0,0005873308	0,0009389319	0,0005560415	0,0010415163	0,0003404072	0,0000400144	0,0008533698	0,0003101294
718	0,0005638461	0,0008989074	0,0005337604	0,0009969340	0,0003330528	0,0000430086	0,0008360035	0,0003168240
719	0,0005433239	0,0008619369	0,0005094484	0,0009597805	0,0003249953	0,0000434520	0,0008123647	0,0003224301
720	0,0005337811	0,0008397450	0,0004805761	0,0009451334	0,0003137974	0,0000354711	0,0007747798	0,0003121693
721	0,0005100227	0,0008224753	0,0004679252	0,0009126640	0,0003024433	0,0000420564	0,0007485697	0,0002959626
722	0,0004796406	0,0008071099	0,0004629635	0,0008715912	0,0002911266	0,0000547774	0,0007285535	0,0002776025
723	0,0004668370	0,0007745856	0,0004387164	0,0008450910	0,0002819615	0,0000329173	0,0007130275	0,0002809326
724	0,0004539386	0,0007449902	0,0004215329	0,0008208291	0,0002725420	0,0000190823	0,0006953493	0,0002787719
725	0,0004408417	0,0007192043	0,0004138253	0,0007994679	0,0002627274	0,0000160466	0,0006746594	0,0002691606
726	0,0004256936	0,0007008700	0,0003911296	0,0007764056	0,0002568015	0,0000219203	0,0006513631	0,0002555603

5 Anhang

727	0,0004106909	0,0006823900	0,0003674797	0,0007503749	0,0002497683	0,0000286487	0,0006295257	0,0002420771
728	0,0003981911	0,0006555648	0,0003546401	0,0007132409	0,0002340652	0,0000300754	0,0006162053	0,0002329510
729	0,0003925205	0,0006321087	0,0003439569	0,0006841788	0,0002275332	0,0000256858	0,0006013361	0,0002291421
730	0,0003917298	0,0006110337	0,0003348031	0,0006608566	0,0002275565	0,0000171278	0,0005853384	0,0002291334
731	0,0003709818	0,0005911786	0,0003105657	0,0006389222	0,0002169244	0,0000204187	0,0005661365	0,0002135794
732	0,0003555670	0,0005765157	0,0002912943	0,0006172363	0,0002057787	0,0000215530	0,0005461731	0,0001994758
733	0,0003502619	0,0005708243	0,0002813435	0,0005961698	0,0001943356	0,0000185002	0,0005252807	0,0001886613
734	0,0003339278	0,0005561885	0,0002691135	0,0005761055	0,0001945947	0,0000143381	0,0005153537	0,0001859386
735	0,0003176702	0,0005387017	0,0002567100	0,0005551351	0,0001957040	0,0000118648	0,0005066865	0,0001860993
736	0,0003196737	0,0005209121	0,0002472687	0,0005282558	0,0001826180	0,0000200166	0,0004873291	0,0001884365
737	0,0003131634	0,0005038930	0,0002381034	0,0005071522	0,0001740318	0,0000247677	0,0004706173	0,0001830182
738	0,0002999056	0,0004875424	0,0002291873	0,0004907097	0,0001690512	0,0000268003	0,0004560638	0,0001714512
739	0,0002971640	0,0004710796	0,0002207310	0,0004781908	0,0001657339	0,0000317622	0,0004472331	0,0001757132
740	0,0002902482	0,0004549372	0,0002136946	0,0004617718	0,0001619283	0,0000312393	0,0004379234	0,0001704559
741	0,0002744845	0,0004393545	0,0002092695	0,0004375909	0,0001570337	0,0000201065	0,0004271463	0,0001458096
742	0,0002730026	0,0004298891	0,0001936649	0,0004179784	0,0001496365	0,0000168344	0,0004006351	0,0001382648
743	0,0002745750	0,0004203227	0,0001763429	0,0004009021	0,0001417535	0,0000153985	0,0003730038	0,0001370283
744	0,0002630506	0,0003958606	0,0001736958	0,0003898863	0,0001364856	0,0000077680	0,0003745656	0,0001375544
745	0,0002492925	0,0003801410	0,0001686324	0,0003734015	0,0001328413	0,0000062919	0,0003632032	0,0001357190
746	0,0002335378	0,0003724275	0,0001613836	0,0003519825	0,0001306867	0,0000104243	0,0003401044	0,0001317399
747	0,0002269628	0,0003625986	0,0001527233	0,0003403432	0,0001295842	0,0000145814	0,0003332284	0,0001317149
748	0,0002208528	0,0003530893	0,0001453835	0,0003281012	0,0001283289	0,0000194358	0,0003234386	0,0001313356
749	0,0002139738	0,0003446980	0,0001412487	0,0003125959	0,0001265269	0,0000258381	0,0003039920	0,0001293945
750	0,0002125310	0,0003340243	0,0001382712	0,0003045761	0,0001233885	0,0000203571	0,0002980358	0,0001208131
751	0,0002120652	0,0003225276	0,0001349625	0,0002983875	0,0001191301	0,0000118469	0,0002959005	0,0001098622
752	0,0002004377	0,0003125420	0,0001246387	0,0002811147	0,0001100716	0,0000204010	0,0002780946	0,0001026183
753	0,0001962396	0,0003060046	0,0001189938	0,0002639190	0,0001055188	0,0000248054	0,0002694607	0,0001017793
754	0,0001996599	0,0003030075	0,0001181498	0,0002468195	0,0001055885	0,0000249517	0,0002702356	0,0001075057
755	0,0001883100	0,0002907561	0,0001135931	0,0002452346	0,0000910452	0,0000110730	0,0002663389	0,0001043073
756	0,0001792433	0,0002782964	0,0001075461	0,0002449395	0,0000811385	0,0000020497	0,0002576218	0,0000993080
757	0,0001801753	0,0002680966	0,0000989413	0,0002432964	0,0000869894	0,0000091451	0,0002384316	0,0000925040
758	0,0001756700	0,0002596228	0,0000933482	0,0002328160	0,0000903386	0,0000102864	0,0002284298	0,0000886561
759	0,0001685548	0,0002521489	0,0000893826	0,0002180211	0,0000914172	0,0000090216	0,0002229806	0,0000860712
760	0,0001605524	0,0002473389	0,0000882914	0,0002011642	0,0000803841	0,0000112737	0,0002215239	0,0000826503
761	0,0001545503	0,0002393663	0,0000854393	0,0001897688	0,0000774981	0,0000097819	0,0002148851	0,0000795002
762	0,0001507165	0,0002279860	0,0000806875	0,0001842785	0,0000834232	0,0000042411	0,0002026549	0,0000766460
763	0,0001522392	0,0002174003	0,0000803330	0,0001721315	0,0000776837	0,0000080736	0,0001901400	0,0000688303
764	0,0001510512	0,0002077954	0,0000781906	0,0001613504	0,0000736781	0,0000113278	0,0001786615	0,0000643060
765	0,0001408600	0,0002006645	0,0000698280	0,0001567013	0,0000784186	0,0000097009	0,0001702152	0,0000702785
766	0,0001426718	0,0001940104	0,0000676688	0,0001522270	0,0000818505	0,0000095617	0,0001650289	0,0000741054
767	0,0001501555	0,0001879768	0,0000685875	0,0001478878	0,0000842014	0,0000101146	0,0001618679	0,0000768162
768	0,0001369030	0,0001938918	0,0000636603	0,0001459658	0,0000751442	0,0000078973	0,0001679974	0,0000793440
769	0,0001286659	0,0001890706	0,0000588653	0,0001398440	0,0000681511	0,0000049140	0,0001663206	0,0000777284
770	0,0001277657	0,0001687338	0,0000543019	0,0001276886	0,0000642068	0,0000008448	0,0001533485	0,0000701234
771	0,0001217358	0,0001739537	0,0000500115	0,0001233807	0,0000608014	0,0000000000	0,0001457038	0,0000701749
772	0,0001153851	0,0001816266	0,0000463757	0,0001214943	0,0000581251	0,0000000000	0,0001396131	0,0000710905
773	0,0001141020	0,0001687189	0,0000456296	0,0001214018	0,0000583365	0,0000000000	0,0001344284	0,0000664941
774	0,0001150337	0,0001609870	0,0000432149	0,0001157616	0,0000608013	0,0000076603	0,0001272756	0,0000591787
775	0,0001176917	0,0001572846	0,0000394995	0,0001057974	0,0000650229	0,0000212918	0,0001185871	0,0000497420
776	0,0001020552	0,0001574188	0,0000397924	0,0001069850	0,0000610385	0,0000086060	0,0001214149	0,0000536872

5 Anhang

777	0,0000942929	0,0001554949	0,0000418619	0,0001077390	0,0000560293	0,0000050418	0,0001202030	0,0000543369
778	0,0001012277	0,0001498107	0,0000467601	0,0001071022	0,0000497505	0,0000187667	0,0001113610	0,0000485225
779	0,0000992417	0,0001404904	0,0000429371	0,0001002981	0,0000521602	0,0000118837	0,0001109696	0,0000457793
780	0,0000940235	0,0001315677	0,0000383009	0,0000928962	0,0000566565	0,0000032669	0,0001102455	0,0000444426















5 Anhang

Spektren bei 4000K, 500lx

λ [nm]	Strahlungsflussdichte [Watt*m ⁻² *nm]							
	K-Eye	Arri	P7	P12	Source4 S2	TourLED	Viva CMY	Source4 S3
380	0,0000721039	0,0000004413	0,000037729	0,000092619	0,0000432160	0,0000004712	0,0000000000	0,000097699
381	0,0000228729	0,0000025802	0,000011968	0,0000541514	0,0000836804	0,0000027549	0,0000000000	0,0000571212
382	0,0000000000	0,0000024300	0,000012472	0,0000557373	0,0000905572	0,0000025945	0,0000067751	0,0000548833
383	0,0000000000	0,0000003319	0,0000035361	0,0000203996	0,0000687138	0,0000003544	0,0000192097	0,0000104300
384	0,0000000000	0,0000065260	0,0000414558	0,0000159347	0,0000471874	0,0000000000	0,0000354272	0,0000262891
385	0,0000000000	0,0000115494	0,0000748513	0,0000175587	0,0000275406	0,0000003101	0,0000455424	0,0000505959
386	0,0000000000	0,0000038415	0,0000584054	0,0000208911	0,0000129043	0,0000022407	0,0000233083	0,0000651792
387	0,0000000000	0,0000024869	0,0000441571	0,0000242747	0,0000117225	0,0000120034	0,0000177528	0,0000512887
388	0,0000000000	0,0000075036	0,0000319372	0,0000277451	0,0000240520	0,0000297556	0,0000288970	0,0000085895
389	0,0000000000	0,0000043875	0,0000208150	0,0000366260	0,0000322933	0,0000338152	0,0000412931	0,0000078406
390	0,0000000000	0,0000000000	0,0000136995	0,0000472943	0,0000382644	0,0000346647	0,0000520832	0,0000187046
391	0,0000000000	0,0000000000	0,0000324800	0,0000647149	0,0000366851	0,0000374659	0,0000517549	0,0000412789
392	0,0000006913	0,0000006580	0,0000344552	0,0000597198	0,0000366060	0,0000406666	0,0000577616	0,0000419561
393	0,0000022413	0,0000021336	0,0000154222	0,0000267611	0,0000384073	0,0000443485	0,0000716484	0,0000152733
394	0,0000100174	0,0000013586	0,0000140615	0,0000313888	0,0000368039	0,0000397932	0,0000624289	0,0000366031
395	0,0000197250	0,0000033821	0,0000183255	0,0000475552	0,0000341438	0,0000332304	0,0000475626	0,0000684551
396	0,0000318066	0,0000522038	0,0000232027	0,0000619274	0,0000308555	0,0000325723	0,0000505621	0,0000467183
397	0,0000347730	0,0000736394	0,0000318793	0,0000744173	0,0000349828	0,0000336442	0,0000564483	0,0000391920
398	0,0000242252	0,0000547585	0,0000463910	0,0000843547	0,0000502267	0,0000373031	0,0000667410	0,0000526382
399	0,0000145449	0,0000617134	0,0000581268	0,0000864956	0,0000462155	0,0000497311	0,0000639774	0,0000687781
400	0,0000062336	0,0000775700	0,0000683632	0,0000856819	0,0000356405	0,0000649309	0,0000559346	0,0000851378
401	0,0000248050	0,0000597853	0,0000731000	0,0000882481	0,0000524667	0,0000679286	0,0000382924	0,0000856521
402	0,0000408590	0,0000533737	0,0000740072	0,0000894552	0,0000637234	0,0000558096	0,0000368759	0,0000910124
403	0,0000527751	0,0000668392	0,0000681631	0,0000882600	0,0000653685	0,0000168262	0,0000639811	0,0001049727
404	0,0000610663	0,0000712175	0,0000808986	0,0000859604	0,0000772259	0,0000180140	0,0000724126	0,0001123498
405	0,0000675858	0,0000713262	0,0001021585	0,0000831886	0,0000937195	0,0000379035	0,0000720632	0,0001165974
406	0,0000540517	0,0001073332	0,0001156843	0,0001186004	0,0001142380	0,0000388225	0,0000939268	0,0001424244
407	0,0000540870	0,0001375785	0,0001335291	0,0001540039	0,0001407104	0,0000552742	0,0001051622	0,0001683857
408	0,0000835912	0,0001557957	0,0001613608	0,0001898559	0,0001807590	0,0001059727	0,0000935245	0,0001950724
409	0,0000883177	0,0001724617	0,0001850055	0,0002123585	0,0001869544	0,0001048558	0,0001155588	0,0002283768
410	0,0000788594	0,0001881819	0,0002061684	0,0002271459	0,0001737748	0,0000741164	0,0001567656	0,0002653411
411	0,0000824448	0,0002310456	0,0002235903	0,0002926427	0,0002151798	0,0000988299	0,0002002526	0,0002713344
412	0,0000902755	0,0002682001	0,0002547449	0,0003535084	0,0002574132	0,0001194433	0,0002368415	0,0002883528
413	0,0001076840	0,0002884433	0,0003232212	0,0003981263	0,0002962811	0,0001229307	0,0002567141	0,0003386476
414	0,0001298310	0,0003396919	0,0003903282	0,0004676386	0,0003400857	0,0001550313	0,0002939159	0,0004038496
415	0,0001550452	0,0004114427	0,0004562109	0,0005534843	0,0003869968	0,0002061171	0,0003425413	0,0004787229
416	0,0001911004	0,0005218855	0,0005377017	0,0006390790	0,0004327158	0,0002006330	0,0004093426	0,0005106949
417	0,0002309213	0,0006312078	0,0006321231	0,0007349347	0,0004850012	0,0002000799	0,0004795819	0,0005506711
418	0,0002806725	0,0007286436	0,0007658009	0,0008662678	0,0005599988	0,0002319740	0,0005573794	0,0006299402
419	0,0003506616	0,0008204180	0,0008955717	0,0010199926	0,0006216587	0,0002793580	0,0006384983	0,0007205644
420	0,0004357254	0,0009070856	0,0010212539	0,0011897869	0,0006725169	0,0003383389	0,0007215356	0,0008192514
421	0,0004740958	0,0010445522	0,0012013727	0,0013915377	0,0007544568	0,0004324100	0,0008420538	0,0009418462
422	0,0005206686	0,0011976418	0,0013967280	0,0016052905	0,0008490310	0,0005190015	0,0009731435	0,0010687061
423	0,0006251357	0,0013846838	0,0016222589	0,0018485316	0,0009766855	0,0005563421	0,0011253736	0,0011991048
424	0,0007318816	0,0015722593	0,0018661725	0,0020980162	0,0010801105	0,0006615056	0,0012864885	0,0013375072
425	0,0008395615	0,0017584320	0,0021240294	0,0023505801	0,0011608957	0,0008261627	0,0014539139	0,0014817084
426	0,0009842546	0,0019797985	0,0024582019	0,0026813436	0,0012847753	0,0009370699	0,0016861282	0,0016744747

5 Anhang

427	0,0011385121	0,0022145477	0,0028072832	0,0030353540	0,0014167961	0,0010464544	0,0019264882	0,0018849914
428	0,0013128600	0,0024924754	0,0031756381	0,0034475061	0,0015557103	0,0011995486	0,0021591836	0,0021472724
429	0,0015081344	0,0027888460	0,0035661181	0,0038697735	0,0017226939	0,0013849066	0,0024211416	0,0024262755
430	0,0017238284	0,0031028331	0,0039776169	0,0043008790	0,0019173921	0,0016021183	0,0027117062	0,0027212104
431	0,0019684498	0,0035059238	0,0044233630	0,0047261161	0,0020977180	0,0018143555	0,0030418327	0,0030700213
432	0,0022224404	0,0039258687	0,0048852443	0,0051612157	0,0022884831	0,0020301885	0,0033874847	0,0034380852
433	0,0024924863	0,0043242722	0,0053971784	0,0056638420	0,0025628048	0,0022736548	0,0037723049	0,0038482137
434	0,0027931958	0,0047876516	0,0059060458	0,0061907843	0,0028354511	0,0025516018	0,0041650978	0,0042702486
435	0,0031218376	0,0053138164	0,0064017390	0,0067345118	0,0031009086	0,0028621469	0,0045590443	0,0046971583
436	0,0035023134	0,0057780072	0,0068925388	0,0072274085	0,0034623256	0,0031935735	0,0049658965	0,0051414399
437	0,0038784126	0,0062236212	0,0073688027	0,0076978660	0,0038351731	0,0035264775	0,0053698191	0,0055745154
438	0,0042029828	0,0067403607	0,0078411095	0,0081917042	0,0041872614	0,0039000979	0,0058091180	0,0059804796
439	0,0045432103	0,0071970606	0,0082808177	0,0086658005	0,0045708106	0,0042781486	0,0062253217	0,0063273305
440	0,0049086425	0,0075909830	0,0086896086	0,0091249402	0,0049993455	0,0046690403	0,0066219732	0,0066101873
441	0,0052641099	0,0077571311	0,0090603914	0,0094634004	0,0054077874	0,0051551705	0,0070229071	0,0068630552
442	0,0056109123	0,0078351333	0,0094055014	0,0097585837	0,0058066719	0,0056584351	0,0074222862	0,0070843073
443	0,0059314981	0,0077287743	0,0096506134	0,0100052220	0,0061998533	0,0061049638	0,0078263585	0,0071248181
444	0,0062128566	0,0074946764	0,0098612807	0,0101364307	0,0065222819	0,0065918684	0,0081751573	0,0070972246
445	0,0064399389	0,0071007978	0,0100256684	0,0101181256	0,0067490819	0,0071239566	0,0084481713	0,0069833648
446	0,0065696155	0,0066318588	0,0099514680	0,0099883217	0,0068441129	0,0076045105	0,0086469467	0,0066776312
447	0,0066660523	0,0061577898	0,0098035660	0,0098221248	0,0068779097	0,0080506694	0,0088122610	0,0063295764
448	0,0067363156	0,0056328647	0,0095454260	0,0095252065	0,0067048024	0,0084618023	0,0089023321	0,0059642511
449	0,0066984354	0,0051674553	0,0092299138	0,0091553260	0,0065041801	0,0087826353	0,0089291684	0,0056024952
450	0,0065266781	0,0047634444	0,0088358418	0,0086868378	0,0062643385	0,0089981573	0,0088774696	0,0052361889
451	0,0063119160	0,0044064396	0,0083032573	0,0081330953	0,0059100822	0,0091367140	0,0087663230	0,0048511923
452	0,0060730629	0,0040768911	0,0077293129	0,0075536115	0,0055331514	0,0092242893	0,0086214741	0,0044734883
453	0,0056721442	0,0038110508	0,0070452384	0,0068566658	0,0052006888	0,0090458081	0,0082850764	0,0041484989
454	0,0052739580	0,0035710689	0,0063985223	0,0061745915	0,0048728076	0,0088083216	0,0079139107	0,0038578436
455	0,0048744965	0,0033614365	0,0057923148	0,0055037316	0,0045468239	0,0084914811	0,0074932377	0,0036078734
456	0,0045244103	0,0032243341	0,0052166635	0,0048700407	0,0043306168	0,0080213376	0,0070284676	0,0034183357
457	0,0042035341	0,0031175688	0,0046778578	0,0042751911	0,0041645722	0,0075183422	0,0065629101	0,0032603106
458	0,0039005620	0,0030394968	0,0042249338	0,0037475334	0,0040872365	0,0069853365	0,0060550251	0,0031660576
459	0,0036508795	0,0029810920	0,0038121971	0,0032860547	0,0040370550	0,0064502869	0,0055701935	0,0030760504
460	0,0034643183	0,0029464156	0,0034409667	0,0028993824	0,0040204450	0,0058969410	0,0051018382	0,0029885060
461	0,0033253952	0,0029214858	0,0031265376	0,0025621895	0,0040602537	0,0053962719	0,0046415105	0,0029278107
462	0,0032104647	0,0029037744	0,0028376848	0,0022510249	0,0041202694	0,0049234457	0,0041962243	0,0028803791
463	0,0031767699	0,0029303516	0,0025922295	0,0020124500	0,0042084484	0,0045128004	0,0038371561	0,0028783995
464	0,0031804478	0,0029713525	0,0023612143	0,0017973973	0,0043205035	0,0041339517	0,0035068747	0,0028806465
465	0,0032359657	0,0030326037	0,0021480758	0,0016130396	0,0044665135	0,0037956977	0,0032134744	0,0028886116
466	0,0033397708	0,0031353162	0,0019651844	0,0014724416	0,0046094196	0,0034857319	0,0029599514	0,0029253007
467	0,0034662971	0,0032463423	0,0017989299	0,0013520399	0,0047481530	0,0032010241	0,0027312195	0,0029735341
468	0,0036920426	0,0033210926	0,0016467279	0,0012503379	0,0048819313	0,0029907249	0,0025480563	0,0030485228
469	0,0039262014	0,0034147866	0,0015095678	0,0011531974	0,0050190127	0,0027952038	0,0023739376	0,0031384621
470	0,0041752621	0,0035346631	0,0013893462	0,0010600045	0,0051621988	0,0026149256	0,0022079855	0,0032492943
471	0,0045041736	0,0035900695	0,0012665153	0,0009820330	0,0052778614	0,0024292428	0,0020494113	0,0033756419
472	0,0048615012	0,0036288318	0,0011482288	0,0009102577	0,0053840397	0,0022511807	0,0018995228	0,0035070329
473	0,0052948763	0,0037179325	0,0010718726	0,0008421372	0,0054972957	0,0021497755	0,0017968878	0,0036559282
474	0,0057217138	0,0037974569	0,0010031468	0,0007803471	0,0055639053	0,0020416343	0,0016854005	0,0038340831
475	0,0061393055	0,0038637737	0,0009449169	0,0007272678	0,0055664561	0,0019242982	0,0015618199	0,0040522428
476	0,0066054905	0,0038625875	0,0009017280	0,0006916646	0,0055438571	0,0018551947	0,0014691467	0,0042748307

5 Anhang

477	0,0070794007	0,0038405020	0,0008636257	0,0006622771	0,0055114819	0,0018035142	0,0013857170	0,0045009332
478	0,0074922957	0,0038238975	0,0008245052	0,0006360282	0,0054555136	0,0017649939	0,0012879263	0,0047572702
479	0,0078767107	0,0038155080	0,0007916072	0,0006185088	0,0053852173	0,0017436970	0,0012127990	0,0050329467
480	0,0082261748	0,0038176762	0,0007666264	0,0006124122	0,0052946863	0,0017450216	0,0011670763	0,0053366448
481	0,0084158162	0,0037535362	0,0007607146	0,0005988036	0,0052074369	0,0017820552	0,0011170155	0,0056554954
482	0,0085455330	0,0036736886	0,0007609024	0,0005840246	0,0051250880	0,0018292573	0,0010669146	0,0059760473
483	0,0085942328	0,0036365750	0,0007616537	0,0005795678	0,0050702730	0,0018709058	0,0010234675	0,0063075178
484	0,0085603630	0,0036094703	0,0007669480	0,0005822027	0,0050171294	0,0019515350	0,0009944033	0,0066673115
485	0,0084097045	0,0035961763	0,0007786093	0,0005947943	0,0049659094	0,0020871507	0,0009854459	0,0070676225
486	0,0082014001	0,0036349360	0,0007962323	0,0006133342	0,0049569243	0,0022267320	0,0009905067	0,0074877272
487	0,0079645363	0,0036949317	0,0008166903	0,0006344416	0,0049688334	0,0023721892	0,000996310	0,0079141127
488	0,0076547212	0,0037924964	0,0008450417	0,0006599301	0,0050632873	0,0025571724	0,0009991144	0,0082855359
489	0,0073310391	0,0039014125	0,0008830899	0,0006891403	0,0051541581	0,0027638788	0,0010062305	0,0086515486
490	0,0069884363	0,0040268126	0,0009352939	0,0007237497	0,0052396929	0,0030019175	0,0010245819	0,0090087597
491	0,0066817073	0,0042110245	0,0009892889	0,0007668270	0,0053149670	0,0032734369	0,0010591091	0,0093181207
492	0,0063905351	0,0044190951	0,0010456405	0,0008131869	0,0053916094	0,0035616059	0,0010989358	0,0096017030
493	0,0061529283	0,0046692413	0,0011273346	0,0008633781	0,005483842	0,0039165818	0,0011322240	0,0097713736
494	0,0059185888	0,0049570184	0,0012058779	0,0009180793	0,0057008016	0,0042777333	0,0011736898	0,0099092822
495	0,0056912499	0,0053017382	0,0012790066	0,0009794779	0,0058456028	0,0046461862	0,0012276817	0,0099970858
496	0,0055467486	0,0056750090	0,0013566172	0,0010678563	0,0060181631	0,0050556060	0,0012998911	0,0100435215
497	0,0054331811	0,0060640903	0,0014381255	0,0011659860	0,0061984371	0,0054882996	0,0013798261	0,0100678781
498	0,0053221128	0,0065078002	0,0015500821	0,0012487393	0,0063223515	0,0060164841	0,0014673639	0,0099941229
499	0,0052461561	0,0069854865	0,0016643782	0,0013344539	0,0064422221	0,0065528831	0,0015572284	0,0098890187
500	0,0052265863	0,0075135169	0,0017815479	0,0014242382	0,0065549709	0,0070983451	0,0016501322	0,0097354026
501	0,0052620538	0,0081095179	0,0018967656	0,0015327841	0,0067269361	0,0076340163	0,0017488936	0,0095865212
502	0,0053163325	0,0087369600	0,0020132800	0,0016501772	0,0069209137	0,0081737985	0,0018521955	0,0094315430
503	0,0053288915	0,0093052092	0,0021404785	0,0017677920	0,0070668728	0,0087295311	0,0019733324	0,0092143859
504	0,0053782517	0,0099037729	0,0022750212	0,0018826133	0,0072073989	0,0092914719	0,0020992546	0,0090083011
505	0,0054873981	0,0105397710	0,0024188502	0,0019906192	0,0073373262	0,0098523870	0,0022304678	0,0088268625
506	0,0055975540	0,0111743083	0,0025421689	0,0021313766	0,0074860403	0,0103839776	0,0023660356	0,0086678931
507	0,0057091769	0,0118065584	0,0026579579	0,0022833197	0,0076387565	0,0108992568	0,0025037530	0,0085188994
508	0,0058443436	0,0124385494	0,0027891904	0,0024117239	0,0077351182	0,0113523518	0,0026561794	0,0083787169
509	0,0059810793	0,0130054154	0,0029205241	0,0025417415	0,0078473070	0,0117841919	0,0028066173	0,0082550770
510	0,0061218158	0,0134761832	0,0030538497	0,0026761947	0,0079855760	0,0121878227	0,0029560528	0,0081545870
511	0,0062763022	0,0139418698	0,0031943175	0,0028329563	0,0080694531	0,0125134292	0,0031105727	0,0080910797
512	0,0064374450	0,0144017394	0,0033388353	0,0030009488	0,0081345711	0,0128129667	0,0032711907	0,0080368879
513	0,0065936902	0,0147187862	0,0034732831	0,0031721503	0,0082363887	0,0131252569	0,0034600055	0,0079461187
514	0,0067260724	0,0149280268	0,0036087208	0,0033502645	0,0083300038	0,0133890678	0,0036641621	0,0078779656
515	0,0068206815	0,0149731895	0,0037430410	0,0035350790	0,0084105474	0,0135762141	0,0038870949	0,0078467585
516	0,0069187669	0,0150122550	0,0038787411	0,0037366661	0,0085026193	0,0137344847	0,0041168510	0,0077444505
517	0,0070179323	0,0150305394	0,0040160172	0,0039442454	0,0085883137	0,0138725255	0,0043508445	0,0076305476
518	0,0071190744	0,0148389767	0,0041748584	0,0041713083	0,0085652280	0,0139023355	0,0046241604	0,0076333055
519	0,0072084922	0,0146268574	0,0043168492	0,0044018145	0,0085586295	0,0138823461	0,0048726944	0,0075804600
520	0,0072829260	0,0143827249	0,0044382508	0,0046397431	0,0085725710	0,0137948192	0,0050917215	0,0074527281
521	0,0073340743	0,0140527749	0,0045793406	0,0048850144	0,0085729666	0,0137163764	0,0053578846	0,0073891809
522	0,0073732969	0,0136779456	0,0047293091	0,0051394566	0,0085613689	0,0136210517	0,0056410972	0,0073388523
523	0,0073743861	0,0131668827	0,0049007298	0,0054449877	0,0084892617	0,0133739132	0,0059404101	0,0072435948
524	0,0073565284	0,0126467279	0,0050685353	0,0057271297	0,0084195268	0,0131162920	0,0062318615	0,0071542075
525	0,0073162366	0,0121215982	0,0052306482	0,0059782966	0,0083540468	0,0128494259	0,0065112878	0,0070734518
526	0,0072885694	0,0116133067	0,0053775960	0,0063027973	0,0082326093	0,0124931255	0,0067470125	0,0070267763

5 Anhang

527	0,0072607739	0,0111177447	0,0055243799	0,0066289785	0,0081008935	0,0121215355	0,0069631340	0,0069771788
528	0,0072077344	0,0106504820	0,0056995475	0,0068559262	0,0079885713	0,0117816702	0,0071342976	0,0068483442
529	0,0071624940	0,0101854249	0,0058944188	0,0071002334	0,0078424787	0,0114137581	0,0072913645	0,0067432933
530	0,0071249753	0,0097192883	0,0061113602	0,0073643483	0,0076588484	0,0110128685	0,0074339376	0,0066627532
531	0,0070605946	0,0092537724	0,0062899727	0,0076022272	0,0075533193	0,0105712881	0,0075239120	0,0066076165
532	0,0069963492	0,0088114911	0,0064685360	0,0078210010	0,0074564515	0,0101264216	0,0076050441	0,0065544403
533	0,0069616584	0,0084783801	0,0066931885	0,0079764143	0,0073154505	0,0097017077	0,0077015184	0,0064823248
534	0,0069233206	0,0081126244	0,0068979984	0,0081352590	0,0071692720	0,0093208056	0,0077632189	0,0064098878
535	0,0068815866	0,0077157044	0,0070837782	0,0082974752	0,0070182590	0,0089822538	0,0077915876	0,0063372531
536	0,0067964191	0,0074089725	0,0072724748	0,0083826359	0,0069064801	0,0086359543	0,0078261806	0,0062739103
537	0,0067112081	0,0071121678	0,0074596078	0,0084474596	0,0068012278	0,0082989279	0,0078553296	0,0062268805
538	0,0066461722	0,0067645680	0,0076495602	0,0084857582	0,0066827654	0,0079735088	0,0078566230	0,0062318686
539	0,0066020048	0,0064674008	0,0078665241	0,0085377797	0,0065646057	0,0076350624	0,0078901030	0,0062064211
540	0,0065753490	0,0062129139	0,0081055584	0,0086011642	0,0064469890	0,0072865392	0,0079503601	0,0061557137
541	0,0065230947	0,0059556728	0,0082587483	0,0086371709	0,0063496072	0,0070432969	0,0079908481	0,0061252979
542	0,0064691262	0,0057150237	0,0084000044	0,0086671131	0,0062579997	0,0068125964	0,0080202326	0,0060922964
543	0,0064190049	0,0055262982	0,0085408128	0,0086884241	0,0061745381	0,0065725969	0,0080207128	0,0060404000
544	0,0063780651	0,0052882882	0,0086596049	0,0086905162	0,0060854041	0,0063165806	0,0080444365	0,0060038825
545	0,0063448204	0,0050169984	0,0087615636	0,0086791074	0,0059935336	0,0060520481	0,0080856307	0,0059795452
546	0,0063088112	0,0048110218	0,0088624788	0,0086790537	0,0059261342	0,0058040797	0,0080944954	0,0059817034
547	0,0062683553	0,0046248630	0,0089513255	0,0086836846	0,0058635994	0,0055749536	0,0081075591	0,0059896266
548	0,0062136576	0,0044695286	0,0090086671	0,0086965813	0,0058049753	0,0053839547	0,0081384394	0,0060058479
549	0,0061943698	0,0043011018	0,0090603451	0,0086865924	0,0057666288	0,0052001212	0,0081754083	0,0060109640
550	0,0061981702	0,0041279672	0,0091086760	0,0086635732	0,0057422406	0,0050245513	0,0082164890	0,0060097968
551	0,0061879464	0,0040011256	0,0091322558	0,0086782140	0,0056871870	0,0048359414	0,0082124495	0,0060115763
552	0,0061642358	0,0038741371	0,0091485274	0,0086849836	0,0056430466	0,0046629570	0,0082144384	0,0060077585
553	0,0061100238	0,0037376467	0,0091502138	0,0086689338	0,0056249254	0,0045211642	0,0082339476	0,0059900621
554	0,0060936305	0,0036312912	0,0091512982	0,0086296961	0,0056006809	0,0043706193	0,0082318159	0,0059999441
555	0,0060977814	0,0035418368	0,0091524183	0,0085786599	0,0055735390	0,0042165086	0,0082184657	0,0060247339
556	0,0061150942	0,0034564897	0,0091632232	0,0086267802	0,0055766051	0,0040990198	0,0082393565	0,0060390414
557	0,0061252545	0,0033754121	0,0091603510	0,0086489955	0,0055719993	0,0039822545	0,0082516035	0,0060631180
558	0,0061211536	0,0033018558	0,0091304414	0,0086191207	0,0055517538	0,0038653190	0,0082462571	0,0061061883
559	0,0061278721	0,0032192665	0,0090964763	0,0085977330	0,0055501712	0,0037617530	0,0082292937	0,0061411610
560	0,0061391790	0,0031348897	0,0090618602	0,0085797970	0,0055576351	0,0036652868	0,0082080465	0,0061708240
561	0,0061362462	0,0031063646	0,0090512298	0,0085383532	0,0055779535	0,0035801180	0,0082082466	0,0061502429
562	0,0061330518	0,0030612167	0,0090463651	0,0085136800	0,0055961752	0,0034767704	0,0082034042	0,0061545537
563	0,0061294932	0,0029888377	0,0090509978	0,0085163838	0,0056111043	0,0033434643	0,0081904181	0,0061995583
564	0,0061320014	0,0029362108	0,0090046802	0,0084861034	0,0056185196	0,0032628951	0,0081717217	0,0062330057
565	0,0061378552	0,0028943301	0,0089468813	0,0084470387	0,0056277226	0,0032033164	0,0081561241	0,0062619364
566	0,0061530366	0,0028841823	0,0089674750	0,0084396230	0,0056911828	0,0031454604	0,0081964546	0,0062887154
567	0,0061746510	0,0028646681	0,0089529893	0,0084259259	0,0057315227	0,0030813509	0,0081992328	0,0063206098
568	0,0062051427	0,0028326895	0,0088916044	0,0084041402	0,0057408226	0,0030090933	0,0081517032	0,0063595854
569	0,0062486757	0,0027838212	0,0088719919	0,0083610265	0,0057380450	0,0029664867	0,0081313913	0,0063599907
570	0,0062915312	0,0027400451	0,0088563210	0,0083130483	0,0057374745	0,0029319181	0,0081180643	0,0063579469
571	0,0063015390	0,0027680893	0,0087767550	0,0082721195	0,0057781497	0,0028902592	0,0080949749	0,0064201820
572	0,0063235940	0,0027712444	0,0087329514	0,0082358223	0,0058294527	0,0028422225	0,0080601880	0,0064544779
573	0,0063592691	0,0027463043	0,0087292089	0,0082045032	0,0058929077	0,0027867500	0,0080119657	0,0064573344
574	0,0064087180	0,0027474800	0,0086938190	0,0081610594	0,0059178118	0,0027442082	0,0080301727	0,0064879097
575	0,0064571617	0,0027518830	0,0086490264	0,0081202156	0,0059355548	0,0027050752	0,0080481518	0,0065253331
576	0,0064860730	0,0027434038	0,0085915877	0,0081047825	0,0059606061	0,0026677860	0,0079915744	0,0065665750

5 Anhang

577	0,0065072866	0,0027407339	0,0085620023	0,0080897831	0,0059785816	0,0026315814	0,0079604024	0,0065782945
578	0,0065214670	0,0027435504	0,0085586618	0,0080755292	0,0059901003	0,0025966604	0,0079531961	0,0065628115
579	0,0066002472	0,0027645266	0,0085044638	0,0080005664	0,0060425335	0,0025938224	0,0079418205	0,0065949159
580	0,0066703919	0,0027857555	0,0084466144	0,0079285800	0,0060821337	0,0025864507	0,0079267399	0,0066137524
581	0,0066753510	0,0027981087	0,0084012251	0,0078977611	0,0060539512	0,0025451697	0,0078995141	0,0065592179
582	0,0067017125	0,0028217623	0,0083597300	0,0078497350	0,0060494033	0,0025225537	0,0078719615	0,0065408813
583	0,0067441496	0,0028539730	0,0083206986	0,0077881951	0,0060625035	0,0025138690	0,0078437591	0,0065496190
584	0,0067496664	0,0028786149	0,0082823576	0,0077040333	0,0061039963	0,0025136384	0,0078274970	0,0065569030
585	0,0067623624	0,0029016745	0,0082490757	0,0076412750	0,0061375191	0,0025131400	0,0078263091	0,0065594647
586	0,0068030851	0,0029222122	0,0082291908	0,0076416086	0,0061427549	0,0025098993	0,0078630193	0,0065495050
587	0,0068406673	0,0029402018	0,0081933202	0,0076046544	0,0061261143	0,0025007899	0,0078608083	0,0065504190
588	0,0068762076	0,0029565774	0,0081478454	0,0075451250	0,0060962122	0,0024881399	0,0078349041	0,0065579568
589	0,0069190082	0,0030200565	0,0080937698	0,0074807776	0,0060885515	0,0025151280	0,0078454190	0,0065245566
590	0,0069442835	0,0030764080	0,0080570667	0,0074198569	0,0060850222	0,0025415607	0,0078605538	0,0064961511
591	0,0069324323	0,0031154238	0,0080554359	0,0073652798	0,0060881073	0,0025645599	0,0078823861	0,0064792616
592	0,0069409550	0,0031808331	0,0080251473	0,0073270008	0,0060938218	0,0025870650	0,0078800202	0,0064766896
593	0,0069594789	0,0032581359	0,0079836330	0,0072955609	0,0061004285	0,0026104071	0,0078684808	0,0064801154
594	0,0069866935	0,0033286462	0,0079917747	0,0072317904	0,0060932691	0,0026640150	0,0079092575	0,0064586111
595	0,0070022875	0,0034069820	0,0079894103	0,0071716692	0,0060919263	0,0027199256	0,0079649992	0,0064401744
596	0,0069993534	0,0034977471	0,0079702317	0,0071170679	0,0060996490	0,0027795053	0,0080443316	0,0064264180
597	0,0070169677	0,0036071430	0,0079786882	0,0070661824	0,0060933930	0,0028517936	0,0080580462	0,0064178636
598	0,0070388289	0,0037236045	0,0079930845	0,0070195376	0,0060870126	0,0029308376	0,0080507906	0,0064113655
599	0,0070330832	0,0038424706	0,0079727962	0,0070028174	0,0061264445	0,0030299146	0,0080627684	0,0064079800
600	0,0070268225	0,0039774293	0,0079727806	0,0069688110	0,0061615152	0,0031329017	0,0081079832	0,0063932017
601	0,0070190976	0,0041312534	0,0079968572	0,0069127275	0,0061903054	0,0032399263	0,0081931168	0,0063636239
602	0,0070101013	0,0043274656	0,0080002025	0,0069059179	0,0062070003	0,0033924518	0,0082267719	0,0063463383
603	0,0070071407	0,0045396818	0,0080047186	0,0068990462	0,0062216302	0,0035525201	0,0082420221	0,0063380544
604	0,0070382300	0,0047741652	0,0080423056	0,0068293984	0,0062406760	0,0036881426	0,0082259756	0,0063622649
605	0,0070547782	0,0050244457	0,0080708865	0,0067936075	0,0062985521	0,0038628923	0,0082296121	0,0063866145
606	0,0070574297	0,0052899951	0,0080908142	0,0067897031	0,0063931882	0,0040749207	0,0082517377	0,0064110044
607	0,0070782664	0,0055715034	0,0080928413	0,0067946185	0,0064644541	0,0042932068	0,0082491181	0,0064758721
608	0,0070966987	0,0058882100	0,0080802747	0,0068012547	0,0065410976	0,0045226548	0,0082384405	0,0065456962
609	0,0070979059	0,0063123345	0,0080275425	0,0068096854	0,0066470562	0,0047835409	0,0082133938	0,0066113405
610	0,0071288464	0,0067498759	0,0080116872	0,0068136497	0,0067667319	0,0051081237	0,0081872229	0,0066699136
611	0,0071807366	0,0071982498	0,0080216711	0,0068138223	0,0068961918	0,0054794882	0,0081594322	0,0067230458
612	0,0071828977	0,0077996308	0,0079756171	0,0068556385	0,0070717822	0,0059077635	0,0080831619	0,0068312570
613	0,0071851568	0,0084245977	0,0079103414	0,0068971277	0,0072592318	0,0063461698	0,0080821777	0,0069505667
614	0,0071952123	0,0090755962	0,0078086981	0,0069314299	0,0074660102	0,0067950246	0,0079448050	0,0070869192
615	0,0072472281	0,0098596426	0,0077267610	0,0069917562	0,0077156233	0,0073404760	0,0078745120	0,0072325802
616	0,0073222098	0,0107136120	0,0076552778	0,0070654740	0,0079884320	0,0079372217	0,0078008171	0,0073835895
617	0,0074567474	0,0116697111	0,0075688421	0,0071209550	0,0083364479	0,0086399319	0,0077250117	0,0075820926
618	0,0075871635	0,0126762421	0,0074752888	0,0071735808	0,0086948764	0,0093945751	0,0076353086	0,0077861931
619	0,0077093981	0,0137586536	0,0073708749	0,0072210317	0,0090675681	0,0102303016	0,0075230918	0,0079979634
620	0,0078669915	0,0150259352	0,0072687080	0,0072536078	0,0095341578	0,0111608338	0,0074430991	0,0082579022
621	0,0080427900	0,0163843066	0,0071622258	0,0072829215	0,0100414416	0,0121506760	0,0073687957	0,0085375465
622	0,0082692149	0,0179026649	0,0070194961	0,0073426715	0,0105875517	0,0133364434	0,0072449978	0,0088281810
623	0,0085133948	0,0194950684	0,0068831733	0,0074085864	0,0111942684	0,0145880769	0,0071278553	0,0091402623
624	0,0087776827	0,0211649652	0,0067564989	0,0074818445	0,0118711977	0,0159101857	0,0070204902	0,0094764165
625	0,0090829635	0,0229697381	0,0066463510	0,0074932253	0,0126320848	0,0174203935	0,0069108289	0,0098557634
626	0,0094132642	0,0248239038	0,0065375369	0,0075008431	0,0134336735	0,0190188917	0,0068035675	0,0102555122

5 Anhang

627	0,0098052050	0,0266773694	0,0064225327	0,0075640293	0,0143015814	0,0207591439	0,0067176741	0,0106879963
628	0,0102367962	0,0283293663	0,0062822572	0,0075805053	0,0152060912	0,0226581776	0,0066289229	0,0111974319
629	0,0107028471	0,0297965745	0,0061198224	0,0075551868	0,0161410665	0,0246944621	0,0065379564	0,0117745469
630	0,0111749312	0,0305903999	0,0059775467	0,0075537840	0,0170668284	0,0266500609	0,0063902225	0,0123045005
631	0,0116831632	0,0309762157	0,0058460758	0,0075470883	0,0179824589	0,0285254553	0,0062520964	0,0128660625
632	0,0123036863	0,0304090112	0,0057416764	0,0075192439	0,0188821158	0,0302099058	0,0061659306	0,0135466430
633	0,0129106862	0,0290823685	0,0056137543	0,0074656457	0,0194947367	0,0317456759	0,0060416373	0,0141961626
634	0,0135112209	0,0272682013	0,0054704304	0,0073954882	0,0199270011	0,0331923044	0,0058926685	0,0148282152
635	0,0142016480	0,0246436650	0,0053682869	0,0073084739	0,0198674483	0,0339517826	0,0057886979	0,0153538005
636	0,0148777821	0,0219626324	0,0052608589	0,0072133200	0,0195610601	0,0343209769	0,0056768955	0,0158150698
637	0,0155221494	0,0192080222	0,0051407466	0,0071028736	0,0187915173	0,0339544689	0,0055471703	0,0161554514
638	0,0159984582	0,0166232394	0,0050147001	0,0069991944	0,0176368946	0,0329366447	0,0054306043	0,0162547933
639	0,0163813562	0,0141393493	0,0048857419	0,0068975147	0,0162968662	0,0315812479	0,0053195376	0,0162268870
640	0,0164295082	0,0122085143	0,0047589556	0,0067879628	0,0147420971	0,0294494837	0,0052121444	0,0158514089
641	0,0162132202	0,0104696208	0,0046485749	0,0066627915	0,0131572220	0,0270724810	0,0051055442	0,0153027432
642	0,0156420725	0,0090104037	0,0045620995	0,0065184375	0,0115493940	0,0243903252	0,0050016731	0,0145264076
643	0,0148339846	0,0078101391	0,0044424968	0,0063769613	0,0100915308	0,0216991041	0,0048883270	0,0136937467
644	0,0139124305	0,0067275132	0,0043154799	0,0062388733	0,0087223080	0,0190188985	0,0047751924	0,0128485823
645	0,0127335732	0,0059386206	0,0041996134	0,0061189777	0,0076538379	0,0164738358	0,0046802326	0,0120372596
646	0,0115278904	0,0052391204	0,0040864729	0,0059897847	0,0067390686	0,0141571553	0,0045819070	0,0113393237
647	0,0102950514	0,0046215895	0,0039756113	0,0058516184	0,0059657504	0,0120490088	0,0044802052	0,0107455865
648	0,0092024852	0,0042080455	0,0038739491	0,0056890710	0,0053105356	0,0103693878	0,0043783825	0,0103042302
649	0,0081885314	0,0038351437	0,0037766306	0,0055413231	0,0047203866	0,0088402275	0,0042775370	0,0099568573
650	0,0073492245	0,0035011337	0,0036879837	0,0054467270	0,0042755617	0,0075844049	0,0041788840	0,0098294769
651	0,0066368579	0,0032124764	0,0035829339	0,0053184905	0,0038828284	0,0065098094	0,0040916091	0,0097746229
652	0,0060065993	0,0029533614	0,0034684113	0,0051703141	0,0035242154	0,0055521767	0,0040122408	0,0097665797
653	0,0054932052	0,0027845862	0,0034039642	0,0050294961	0,0032422586	0,0048484736	0,0039002780	0,0099066570
654	0,0050350216	0,0026159393	0,0033264503	0,0048938790	0,0029869652	0,0042000704	0,0037942129	0,0100644159
655	0,0046783683	0,0024452666	0,0032232087	0,0047685082	0,0027801789	0,0036495006	0,0037009269	0,0102494458
656	0,0043415009	0,0023174897	0,0031189741	0,0046275828	0,0026141072	0,0031889094	0,0036192804	0,0105016077
657	0,0040199298	0,0022089049	0,0030160978	0,0044825203	0,0024655156	0,0027771688	0,0035399334	0,0107796681
658	0,0037683466	0,0021202701	0,0029283860	0,0043539446	0,0023261600	0,0024954270	0,0034319276	0,0110578649
659	0,0035393221	0,0020312870	0,0028497359	0,0042486808	0,0021972233	0,0022371700	0,0033404096	0,0113380592
660	0,0033385072	0,0019422807	0,0027823862	0,0041720410	0,0020814191	0,0020083386	0,0032692116	0,0116197016
661	0,0031801980	0,0018482295	0,0027251701	0,0040536415	0,0019680043	0,0017840737	0,0031830149	0,0118222858
662	0,0030383727	0,0017621301	0,0026599475	0,0039334981	0,0018625409	0,0015810456	0,0030929744	0,0119927611
663	0,0029263295	0,0017141863	0,0025504573	0,0038440350	0,0017881774	0,0014634580	0,0029998200	0,0120995919
664	0,0028036063	0,0016532669	0,0024723743	0,0037312810	0,0017143719	0,0013456564	0,0029306508	0,0120484816
665	0,0026725368	0,0015821812	0,0024189695	0,0036002817	0,0016410266	0,0012277184	0,0028803332	0,0118734414
666	0,0025508057	0,0015214120	0,0023348374	0,0035096699	0,0015748099	0,0011258613	0,0027861023	0,0113991035
667	0,0024402959	0,0014682558	0,0022561982	0,0034111681	0,0015027408	0,0010334331	0,0027005084	0,0108150861
668	0,0023524045	0,0014300905	0,0021946563	0,0032849259	0,0014143530	0,0009585488	0,0026416702	0,0100185411
669	0,0022756132	0,0013860032	0,0021394784	0,0031964025	0,0013659107	0,0008909077	0,0025754746	0,0090995329
670	0,0022047546	0,0013396853	0,0020874329	0,0031252248	0,0013372191	0,0008279646	0,0025061143	0,0081233044
671	0,0021368459	0,0013064306	0,0020289055	0,0030108923	0,0013026828	0,0007864553	0,0024416379	0,0071455996
672	0,0020594919	0,0012776956	0,0019653129	0,0029172232	0,0012645608	0,0007449759	0,0023782105	0,0062372612
673	0,0019683091	0,0012553278	0,0018942215	0,0028527910	0,0012211577	0,0007033749	0,0023160461	0,0054245789
674	0,0019090876	0,0012069701	0,0018333648	0,0027889637	0,0011794773	0,0006602092	0,0022463950	0,0047314341
675	0,0018580783	0,0011560863	0,0017752697	0,0027167085	0,0011379511	0,0006206690	0,0021752574	0,0040946734
676	0,0018038123	0,0011323270	0,0017175124	0,0025979418	0,0010952464	0,0006042417	0,0021086240	0,0035935989

5 Anhang

677	0,0017500853	0,0011003825	0,0016709829	0,0025016688	0,0010555034	0,0005680390	0,0020489187	0,0031593219
678	0,0016969178	0,0010611377	0,0016345916	0,0024257258	0,0010184779	0,0005141529	0,0019955126	0,0027857742
679	0,0016387654	0,0010294707	0,0015822704	0,0023621144	0,0009928828	0,0005058197	0,0019514772	0,0024783400
680	0,0015858976	0,0010024610	0,0015322568	0,0022998366	0,0009632738	0,0004964275	0,0019042487	0,0022123547
681	0,0015481994	0,0009853205	0,0014928018	0,0022367563	0,0009192021	0,0004702578	0,0018451447	0,0020357806
682	0,0014965075	0,0009640794	0,0014408755	0,0021800566	0,0008884568	0,0004447958	0,0017847873	0,0018561789
683	0,0014377643	0,0009404268	0,0013828378	0,0021264063	0,0008649784	0,0004202599	0,0017240480	0,0016764164
684	0,0013992321	0,0009027405	0,0013508685	0,0020374763	0,0008349879	0,0004194545	0,0016667394	0,0015404425
685	0,0013597824	0,0008714260	0,0013136892	0,0019665084	0,0008161768	0,0004110402	0,0016184076	0,0014192137
686	0,0013188745	0,0008497868	0,0012685068	0,0019228396	0,0008143906	0,0003910052	0,0015836985	0,0013203189
687	0,0012822694	0,0008353090	0,0012347293	0,0018523746	0,0007952018	0,0003748881	0,0015573703	0,0012265281
688	0,0012489608	0,0008222385	0,0012028110	0,0017802384	0,0007683360	0,0003611064	0,0015281571	0,0011382196
689	0,0012262361	0,0008042182	0,0011603385	0,0017431557	0,0007258653	0,0003536722	0,0014656902	0,0010700174
690	0,0011874672	0,0007806918	0,0011197442	0,0016961101	0,0006997078	0,0003460817	0,0014146512	0,0010110648
691	0,0011338742	0,0007520410	0,0010807535	0,0016397659	0,0006884248	0,0003383148	0,0013739355	0,0009604678
692	0,0011068719	0,0007281281	0,0010408591	0,0015756713	0,0006581685	0,0003201861	0,0013247858	0,0009032416
693	0,0010791104	0,0007049952	0,0010052333	0,0015180404	0,0006336533	0,0003008574	0,0012816510	0,0008496609
694	0,0010407569	0,0006823276	0,0009811461	0,0014798756	0,0006303968	0,0002814702	0,0012570767	0,0008076538
695	0,0010168044	0,0006673810	0,0009527716	0,0014361441	0,0006159174	0,0002741444	0,0012242004	0,0007767589
696	0,0010002806	0,0006565592	0,0009222246	0,0013897532	0,0005956793	0,0002732698	0,0011868999	0,0007518174
697	0,0009675060	0,0006424895	0,0008961005	0,0013550826	0,0005874861	0,0002684986	0,0011508324	0,0007223476
698	0,0009299469	0,0006263127	0,0008650321	0,0013158448	0,0005704037	0,0002627110	0,0011187820	0,0006916918
699	0,0008853383	0,0006070330	0,0008266385	0,0012699014	0,0005399430	0,0002554162	0,0010929974	0,0006594022
700	0,0008560173	0,0005858389	0,0008005002	0,0012184638	0,0005206524	0,0002446081	0,0010552249	0,0006363594
701	0,0008319501	0,0005654973	0,0007755930	0,0011687079	0,0005038995	0,0002342714	0,0010149458	0,0006139005
702	0,0008121922	0,0005495974	0,0007347854	0,0011417313	0,0004817262	0,0002341976	0,0009830342	0,0005772060
703	0,0007942836	0,0005400604	0,0007104921	0,0011104801	0,0004674219	0,0002232462	0,0009594544	0,0005537298
704	0,0007782238	0,0005209027	0,0007024711	0,0010750745	0,0004608761	0,0002016139	0,0009441051	0,0005432819
705	0,0007582312	0,0005049747	0,0006820257	0,0010410106	0,0004479726	0,0002018838	0,0009173826	0,0005258121
706	0,0007367777	0,0004897540	0,0006594360	0,0010051854	0,0004336262	0,0002035207	0,0008917944	0,0005065621
707	0,0007120073	0,0004748337	0,0006352711	0,0009623147	0,0004173253	0,0001994036	0,0008742299	0,0004844862
708	0,0006881975	0,0004631209	0,0006128849	0,0009349331	0,0004022596	0,0001961781	0,0008500253	0,0004699910
709	0,0006649701	0,0004533951	0,0005915890	0,0009171548	0,0003879513	0,0001935063	0,0008216863	0,0004601948
710	0,0006343861	0,0004366784	0,0005696654	0,0008901833	0,0003791144	0,0001783236	0,0008039068	0,0004337018
711	0,0006110367	0,0004214805	0,0005481826	0,0008610412	0,0003689989	0,0001693426	0,0007779597	0,0004151657
712	0,0005998642	0,0004088847	0,0005273968	0,0008283196	0,0003566740	0,0001708824	0,0007381452	0,0004101230
713	0,0005829789	0,0004106511	0,0005167171	0,0007967458	0,0003483922	0,0001631790	0,0007229236	0,0004008896
714	0,0005645149	0,0004134410	0,0005061762	0,0007655450	0,0003406562	0,0001535029	0,0007137465	0,0003888322
715	0,0005474592	0,0003920704	0,0004744629	0,0007333470	0,0003275357	0,0001505433	0,0006907921	0,0003669860
716	0,0005306975	0,0003839700	0,0004544269	0,0007103241	0,0003113959	0,0001505125	0,0006715803	0,0003533721
717	0,0005141130	0,0003884756	0,0004454084	0,0006959114	0,0002922793	0,0001532733	0,0006558191	0,0003475279
718	0,0005041627	0,0003660370	0,0004292577	0,0006775344	0,0002965637	0,0001539425	0,0006372802	0,0003383985
719	0,0004916340	0,0003413921	0,0004140479	0,0006584719	0,0002941266	0,0001528141	0,0006185314	0,0003284633
720	0,0004703021	0,0003195610	0,0004036795	0,0006389870	0,0002665935	0,0001476003	0,0006002420	0,0003175054
721	0,0004556812	0,0003049894	0,0003867211	0,0006202948	0,0002543127	0,0001367596	0,0005797850	0,0003088155
722	0,0004443250	0,0002945131	0,0003663586	0,0006016674	0,0002503926	0,0001231233	0,0005586716	0,0003012193
723	0,0004264041	0,0002905286	0,0003459142	0,0005735433	0,0002553091	0,0001123621	0,0005475615	0,0002908916
724	0,0004091034	0,0002849102	0,0003327099	0,0005536674	0,0002501605	0,0001048933	0,0005354249	0,0002814646
725	0,0003925509	0,0002770473	0,0003292415	0,0005448568	0,0002313507	0,0001018450	0,0005218312	0,0002732072
726	0,0003765969	0,0002671936	0,0003127972	0,0005205224	0,0002246874	0,0001124165	0,0005051021	0,0002591551

5 Anhang

727	0,0003636537	0,0002574678	0,0002944675	0,0004949640	0,0002207961	0,0001206750	0,0004884000	0,0002450083
728	0,0003626425	0,0002501726	0,0002810578	0,0004795953	0,0002162968	0,0001055506	0,0004747736	0,0002361384
729	0,0003552319	0,0002399324	0,0002708843	0,0004677302	0,0002146693	0,0001004766	0,0004582006	0,0002298688
730	0,0003432307	0,0002275713	0,0002630138	0,0004583570	0,0002150945	0,0001025898	0,0004394971	0,0002254519
731	0,0003362614	0,0002222753	0,0002601868	0,0004334471	0,0002061092	0,0001044338	0,0004278761	0,0002196229
732	0,0003276979	0,0002166026	0,0002511622	0,0004175540	0,0001997733	0,0001019624	0,0004145168	0,0002143109
733	0,0003163072	0,0002100573	0,0002314691	0,0004178678	0,0001984234	0,0000921777	0,0003980533	0,0002100028
734	0,0003094422	0,0002080997	0,0002258872	0,0003984684	0,0001879872	0,0000846415	0,0003837043	0,0002034644
735	0,0003027575	0,0002059088	0,0002225570	0,0003745141	0,0001753256	0,0000791492	0,0003709259	0,0001967892
736	0,0002899501	0,0001952503	0,0002085979	0,0003586154	0,0001657506	0,0000808523	0,0003632325	0,0001930806
737	0,0002814890	0,0001881710	0,0001956842	0,0003451224	0,0001627189	0,0000887070	0,0003520862	0,0001849368
738	0,0002765121	0,0001839606	0,0001836428	0,0003335861	0,0001649004	0,0001014298	0,0003382310	0,0001732929
739	0,0002593399	0,0001799283	0,0001769008	0,0003170401	0,0001666081	0,0000935369	0,0003270168	0,0001687206
740	0,0002448040	0,0001778053	0,0001709698	0,0003006717	0,0001637445	0,0000813100	0,0003175437	0,0001649201
741	0,0002363011	0,0001792461	0,0001660737	0,0002850496	0,0001522827	0,0000627432	0,0003110803	0,0001619230
742	0,0002355989	0,0001753163	0,0001607736	0,0002810718	0,0001482522	0,0000668213	0,0002980121	0,0001566642
743	0,0002364475	0,0001692717	0,0001551186	0,0002794318	0,0001450426	0,0000763971	0,0002846116	0,0001519043
744	0,0002293706	0,0001617903	0,0001480625	0,0002661083	0,0001299529	0,0000695185	0,0002843741	0,0001556892
745	0,0002235582	0,0001581789	0,0001429997	0,0002526921	0,0001223996	0,0000702758	0,0002757581	0,0001509835
746	0,0002189151	0,0001581031	0,0001397666	0,0002392282	0,0001217300	0,0000779863	0,0002595373	0,0001385592
747	0,0002111234	0,0001502700	0,0001301837	0,0002337537	0,0001262369	0,0000697005	0,0002489532	0,0001334163
748	0,0002014138	0,0001423569	0,0001232302	0,0002278389	0,0001258881	0,0000635103	0,0002424854	0,0001307069
749	0,0001880538	0,0001357799	0,0001233570	0,0002193770	0,0001137385	0,0000651043	0,0002440536	0,0001319755
750	0,0001900142	0,0001354009	0,0001220263	0,0002116405	0,0001062367	0,0000607899	0,0002326625	0,0001268282
751	0,0001964191	0,0001374262	0,0001199415	0,0002037801	0,0001013011	0,0000536110	0,0002167755	0,0001196383
752	0,0001857919	0,0001379506	0,0001167112	0,0001923949	0,0001019569	0,0000430345	0,0002092431	0,0001182067
753	0,0001777602	0,0001366038	0,0001085341	0,0001876920	0,0001041882	0,0000407248	0,0002056271	0,0001174565
754	0,0001723965	0,0001333402	0,0000952953	0,0001898424	0,0001080316	0,0000468902	0,0002060284	0,0001174049
755	0,0001678625	0,0001301145	0,0000951644	0,0001706105	0,0001025855	0,0000555104	0,0002049876	0,0001161192
756	0,0001639192	0,0001238131	0,0000940644	0,0001551818	0,0000938975	0,0000634819	0,0001995891	0,0001150911
757	0,0001612132	0,0001099489	0,0000867486	0,0001554635	0,0000799751	0,0000691008	0,0001838970	0,0001150675
758	0,0001551071	0,0001044406	0,0000827496	0,0001515899	0,0000856265	0,0000619719	0,0001715012	0,0001037222
759	0,0001477559	0,0001024092	0,0000797728	0,0001467215	0,0000990108	0,0000505970	0,0001616063	0,0000888592
760	0,0001441584	0,0000967257	0,0000716201	0,0001518760	0,0000984702	0,0000569223	0,0001628764	0,0000926864
761	0,0001401396	0,0000947733	0,0000674103	0,0001455413	0,0000948652	0,0000567976	0,0001607168	0,0000939014
762	0,0001356728	0,0000968612	0,0000674631	0,0001267900	0,0000879510	0,0000497055	0,0001548622	0,0000923041
763	0,0001403892	0,0000866950	0,0000687322	0,0001200167	0,0000805791	0,0000389093	0,0001489107	0,0000822955
764	0,0001417723	0,0000787495	0,0000684521	0,0001155802	0,0000733347	0,0000327949	0,0001448807	0,0000755933
765	0,0001311202	0,0000811088	0,0000636685	0,0001131592	0,0000667144	0,0000404239	0,0001460181	0,0000806799
766	0,0001204672	0,0000841815	0,0000623620	0,0001088524	0,0000665460	0,0000435787	0,0001363702	0,0000778661
767	0,0001098921	0,0000871368	0,0000626700	0,0001038244	0,0000695187	0,0000441965	0,0001214041	0,0000712432
768	0,0001043996	0,0000755831	0,0000566872	0,0001078733	0,0000641897	0,0000399197	0,0001212469	0,0000766884
769	0,0001041269	0,0000691378	0,0000531822	0,0001051426	0,0000637372	0,0000357367	0,0001215888	0,0000776939
770	0,0001114223	0,0000701484	0,0000532972	0,0000926118	0,0000703562	0,0000317242	0,0001226536	0,0000722593
771	0,0001065266	0,0000736325	0,0000526554	0,0000920910	0,0000621903	0,0000289705	0,0001129245	0,0000711649
772	0,0000990453	0,0000758123	0,0000523316	0,0000931967	0,0000524897	0,0000266885	0,0001036466	0,0000706199
773	0,0000946713	0,0000685578	0,0000544907	0,0000869698	0,0000542646	0,0000251447	0,0001103435	0,0000672624
774	0,0000953742	0,0000644263	0,0000521791	0,0000821525	0,0000556969	0,0000294318	0,0001092578	0,0000635019
775	0,0001000330	0,0000627260	0,0000463835	0,0000784315	0,0000568632	0,0000382634	0,0001021093	0,0000594261
776	0,0001022385	0,0000612153	0,0000410912	0,0000758388	0,0000545029	0,0000329296	0,0001037574	0,0000621877

5 Anhang

777	0,0000992836	0,0000576305	0,0000378249	0,0000746337	0,0000522907	0,0000319730	0,0001029075	0,0000616001
778	0,0000875756	0,0000504728	0,0000380469	0,0000757695	0,0000505506	0,0000393984	0,0000972445	0,0000548394
779	0,0000828441	0,0000536079	0,0000373431	0,0000731253	0,0000521538	0,0000366190	0,0000921465	0,0000535959
780	0,0000804733	0,0000589076	0,0000370672	0,0000694482	0,0000542247	0,0000321745	0,0000859407	0,0000554374

5 Anhang

Spektren bei 5600K, 500lx

λ [nm]	Strahlungsflussdichte [Watt*m ⁻² *nm]							
	K-Eye	Arri	P7	P12	Source4 S2	TourLED	Viva CMY	Source4 S3
380	0,0000612128	0,000050283	0,0000755373	0,0000514733	0,0000175974	0,0000477652	0,0000407386	0,0000574022
381	0,0000263807	0,0000293987	0,0001148752	0,0000163284	0,0000193652	0,0000633237	0,0000404117	0,0000467473
382	0,0000298345	0,0000635927	0,0000982285	0,0000163343	0,0000259304	0,0000799630	0,0000398922	0,0000473723
383	0,0000658790	0,0001055854	0,0000341840	0,0000463133	0,0000364803	0,0000972624	0,0000392332	0,0000576209
384	0,0000469963	0,0000905447	0,0000712125	0,0000373152	0,0000471501	0,0000887664	0,0000259729	0,0000487047
385	0,0000223684	0,0000644333	0,0001070282	0,0000283201	0,0000593549	0,0000704976	0,0000197454	0,0000393081
386	0,0000156006	0,0000309361	0,0000482134	0,0000541896	0,0000814216	0,0000234486	0,0000594044	0,0000435120
387	0,0000228482	0,0000549463	0,0000297310	0,0000743832	0,0000739407	0,0000047370	0,0000832617	0,0000668648
388	0,0000442698	0,0001370558	0,0000515742	0,0000890952	0,0000366435	0,0000142929	0,0000914978	0,0001097369
389	0,0000605034	0,0001297067	0,0000494797	0,0000736227	0,0000536941	0,0000393899	0,0000655669	0,0000903661
390	0,0000746595	0,0001030342	0,0000409014	0,0000536770	0,0000776502	0,0000679455	0,0000409514	0,0000615357
391	0,0000875392	0,0000909954	0,0000256596	0,0000503639	0,0000579182	0,0001027011	0,0000831843	0,0000697319
392	0,0000860702	0,0000782767	0,0000393125	0,0000529096	0,0000385875	0,0001124010	0,0001014156	0,0000764864
393	0,0000666951	0,0000648133	0,0000889755	0,0000627651	0,0000199059	0,0000907379	0,0000895368	0,0000814008
394	0,0000457799	0,0000501029	0,0001037673	0,0000585243	0,0000128500	0,0000771671	0,0000851235	0,0000943222
395	0,0000265849	0,0000362791	0,0001061089	0,0000522260	0,0000124146	0,0000661065	0,0000830322	0,0001077348
396	0,0000294746	0,0000342344	0,0000925280	0,0000758287	0,0000494648	0,0000495589	0,0000786903	0,0000979778
397	0,0000383185	0,0000393338	0,0000866120	0,0000821259	0,0000654441	0,0000424878	0,0000849538	0,0000995835
398	0,0000562063	0,0000515657	0,0000919450	0,0000627754	0,0000503895	0,0000493516	0,0001071110	0,0001181030
399	0,0000661061	0,0000676558	0,0001038479	0,0000514357	0,0000444711	0,0000626661	0,0001042626	0,0001037653
400	0,0000720894	0,0000791985	0,0001172407	0,0000449852	0,0000433200	0,0000782262	0,0000926017	0,0000781256
401	0,0000579626	0,0001116518	0,0001031350	0,0000886365	0,0000778142	0,0000947479	0,0001082408	0,0000897086
402	0,0000530759	0,0001274682	0,0000992027	0,0001215582	0,0000964346	0,0001034978	0,0001117722	0,0001141194
403	0,0000643410	0,0001142548	0,0001130659	0,0001361808	0,0000874342	0,0000986968	0,0000940162	0,0001615384
404	0,0000816466	0,0001264192	0,0001294869	0,0001535676	0,0001014054	0,0001157586	0,0001026627	0,0001911717
405	0,0001015842	0,0001502895	0,0001469363	0,0001720725	0,0001259366	0,0001428315	0,0001235281	0,0002122185
406	0,0001009269	0,0001737679	0,0001689106	0,0002009175	0,0001494182	0,0001256548	0,0001369807	0,0001975411
407	0,0001078352	0,0001979504	0,0001966204	0,0002311414	0,0001813630	0,0001216953	0,0001489772	0,0002000636
408	0,0001315615	0,0002244205	0,0002374457	0,0002650970	0,0002325403	0,0001467335	0,0001583480	0,0002401608
409	0,0001498088	0,0002697112	0,0002772904	0,0002985731	0,0002468256	0,0001663341	0,0001921216	0,0002926946
410	0,0001648558	0,0003255932	0,0003164251	0,0003316540	0,0002399680	0,0001827535	0,0002397223	0,0003521397
411	0,0001842559	0,0003634585	0,0003859811	0,0003741561	0,0002698330	0,0002268983	0,0002822985	0,0003770826
412	0,0002086948	0,0004055365	0,0004525860	0,0004392198	0,0003072017	0,0002643096	0,0003253248	0,0004101860
413	0,0002465784	0,0004625438	0,0005101813	0,0005641309	0,0003606385	0,0002820903	0,0003718867	0,0004702424
414	0,0002833072	0,0005325734	0,0006041214	0,0006758087	0,0004249907	0,0003420941	0,0004220078	0,0005644236
415	0,0003191002	0,0006109989	0,0007219393	0,0007781254	0,0004963505	0,0004300580	0,0004742884	0,0006809939
416	0,0003461706	0,0007141568	0,0008415917	0,0009358331	0,0005707416	0,0004845742	0,0005773439	0,000774593
417	0,0003887388	0,0008316375	0,0009724632	0,011080209	0,0006435811	0,0005431570	0,0006861896	0,0008828919
418	0,0004844386	0,0009907335	0,011422545	0,013148143	0,0007126076	0,0006262796	0,0008015104	0,010258364
419	0,0005729165	0,011791930	0,013702732	0,015508639	0,0007906097	0,0007432631	0,0009283528	0,011744836
420	0,0006550723	0,013888228	0,016414720	0,018076173	0,0008749598	0,0008854934	0,010630834	0,013263499
421	0,0007718221	0,016221616	0,018951230	0,020898321	0,010086819	0,0009838627	0,012526614	0,015329489
422	0,0009080213	0,018624923	0,021736896	0,023941805	0,011521299	0,011012390	0,014567156	0,017561740
423	0,011021352	0,021167950	0,025597581	0,027715344	0,013069126	0,013176792	0,016876585	0,020149342
424	0,012957116	0,024042180	0,029165969	0,032043610	0,014787906	0,015264248	0,019257050	0,022929114
425	0,014868033	0,027183489	0,032437329	0,036823245	0,016642264	0,017261607	0,021676989	0,025852641
426	0,017472976	0,030786516	0,037622292	0,041610159	0,018344018	0,019734133	0,024560741	0,029696174

5 Anhang

427	0,0020360127	0,0034502548	0,0043106563	0,0046683717	0,0020200436	0,0022443203	0,0027735553	0,0033756392
428	0,0024122172	0,0038506836	0,0048585971	0,0053335133	0,0023009691	0,0025988883	0,0032038561	0,0038221798
429	0,0027767617	0,0043174840	0,0054670479	0,0059951056	0,0025702872	0,0029547031	0,0036562143	0,0043104922
430	0,0031283993	0,0048495710	0,0061344342	0,0066510303	0,0028270812	0,0033106328	0,0041293070	0,0048392698
431	0,0036278452	0,0054636496	0,0068265557	0,0073118291	0,0031458137	0,0036940127	0,0046217019	0,0054667845
432	0,0041598458	0,0061179395	0,0075295412	0,0079866364	0,0034868066	0,0041066314	0,0051283196	0,0061222553
433	0,0046843793	0,0069028646	0,0082621874	0,0087389764	0,0038778740	0,0046592685	0,0056932614	0,0068097950
434	0,0052596308	0,0077153960	0,0090133601	0,0095187892	0,0042956221	0,0052390243	0,0063015065	0,0075250776
435	0,0058795098	0,0085423465	0,0097706678	0,0103141307	0,0047346893	0,0058371995	0,0069457341	0,0082570701
436	0,0065752712	0,0095180966	0,0105972660	0,0111399640	0,0052884104	0,0064284074	0,0075685624	0,0091081149
437	0,0072752390	0,0104793449	0,0113977915	0,0119345430	0,0058557741	0,0070130837	0,0081741802	0,0099312646
438	0,0080084360	0,0112519889	0,0120351648	0,0125989457	0,0064237798	0,0076832672	0,0088164440	0,0104930664
439	0,0087201519	0,0119301420	0,0126992802	0,0132310796	0,0070362005	0,0083559631	0,0094560547	0,0110367704
440	0,0094204176	0,0125083549	0,0134068809	0,0138356946	0,0077136191	0,0090449009	0,0101046562	0,0115683805
441	0,0100614692	0,0128272630	0,0139583314	0,0143845714	0,0083215746	0,0098103412	0,0107677323	0,0119449568
442	0,0106808723	0,0130213321	0,0144477806	0,0148856711	0,0089088284	0,0105909204	0,0114251681	0,0122348572
443	0,0113040794	0,0128024357	0,0148297882	0,0151529482	0,0095301667	0,0113641245	0,0120441039	0,0121870652
444	0,0118191078	0,0123439259	0,0151096575	0,0153205643	0,0100524444	0,0121078183	0,0125707027	0,0120194417
445	0,0121878785	0,0115857217	0,0152555722	0,0153593357	0,0104398119	0,0128031053	0,0129714453	0,0117019348
446	0,0124531087	0,0107061851	0,0152410934	0,0151642705	0,0106375709	0,0134534246	0,0133538788	0,0110706134
447	0,0126546020	0,0098312507	0,0151482016	0,0149000601	0,0107533370	0,0140573537	0,0137089846	0,0103769519
448	0,0125862860	0,0089483221	0,0146857408	0,0144848326	0,0106473427	0,0145328563	0,0139400853	0,0096689391
449	0,0124019016	0,0081270513	0,0141013213	0,0139456412	0,0104054567	0,0148721308	0,0140651506	0,0089587907
450	0,0120695447	0,0073616830	0,0133530785	0,0132411634	0,0099908264	0,0150491320	0,0140604074	0,0082291156
451	0,0116059930	0,0068183624	0,0125629151	0,0124402391	0,0094725635	0,0149746056	0,0139833876	0,0076374271
452	0,0110877520	0,0063527790	0,0117559823	0,0116108589	0,0089244034	0,0148027080	0,0138544735	0,0070980291
453	0,0103113798	0,0058908083	0,0107407267	0,0106186365	0,0082785798	0,0143784934	0,0133896874	0,0065491431
454	0,0095471220	0,0055286722	0,0097592302	0,0096193067	0,0077030357	0,0137731899	0,0128526266	0,0060746385
455	0,0087893141	0,0052905799	0,0088096886	0,0085991642	0,0072109985	0,0129269902	0,0122155228	0,0056901644
456	0,0080396940	0,0051032200	0,0079109859	0,0076867908	0,0068458130	0,0120039682	0,0115391482	0,0053804021
457	0,0073269884	0,0049398512	0,0070731027	0,0068447557	0,0065441354	0,0110872860	0,0108671824	0,0051146351
458	0,0067072448	0,0047855483	0,0063954867	0,0060716908	0,0063597850	0,0101435899	0,0101056424	0,0049529371
459	0,0061634304	0,0046761155	0,0057769343	0,0053842185	0,0062293964	0,0092638830	0,0093282860	0,0047934982
460	0,0057044268	0,0046220084	0,0052190280	0,0047908453	0,0061654117	0,0084436440	0,0085073462	0,0046316307
461	0,0053592945	0,0046085837	0,0047619184	0,0042834789	0,0061982703	0,0076685653	0,0077474939	0,0045109852
462	0,0050654695	0,0046152293	0,0043513846	0,0038185610	0,0062616814	0,0069311930	0,0070274077	0,0044100450
463	0,0048942524	0,0047003038	0,0040436935	0,0034577082	0,0063215730	0,0063629622	0,0064429257	0,0043679576
464	0,0047470295	0,0048008586	0,0037297807	0,0031463361	0,0064315859	0,0058471615	0,0059008032	0,0043432132
465	0,0046315773	0,0049235505	0,0034041610	0,0029008359	0,0066119248	0,0053993350	0,0054124006	0,0043421055
466	0,0045806111	0,0050637997	0,0031029421	0,0026455340	0,0068091068	0,0049749710	0,0049785389	0,0043438482
467	0,0045639043	0,0052121939	0,0028236765	0,0023996095	0,0070083583	0,0045786975	0,0045808635	0,0043528708
468	0,0046654611	0,0054155163	0,0025998971	0,0022089381	0,0072097121	0,0042670381	0,0042418271	0,0044208160
469	0,0047924211	0,0056050482	0,0023809653	0,0020423779	0,0074183093	0,0039674515	0,0039453490	0,0045090658
470	0,0049544790	0,0057790448	0,0021638028	0,0019040590	0,0076391590	0,0036773347	0,0036986117	0,0046249958
471	0,0051865833	0,0059295840	0,0019898409	0,0017628002	0,0078210169	0,0034084763	0,0034457585	0,0047342947
472	0,0054442035	0,0060696224	0,0018338639	0,0016256273	0,0079855959	0,0031542076	0,0031972177	0,0048488717
473	0,0057669307	0,0061958992	0,0016993729	0,0015238403	0,0081203188	0,0029478011	0,0029819288	0,0050587240
474	0,0061282138	0,0063044948	0,0015866566	0,0014264149	0,0082271165	0,0027425741	0,0027845340	0,0052684868
475	0,0065421338	0,0063887310	0,0015038564	0,0013350144	0,0082954903	0,0025390571	0,0026117698	0,0054779711
476	0,0069450839	0,0063766196	0,0014471485	0,0012618647	0,0083015178	0,0023755434	0,0024505968	0,0056929781

5 Anhang

477	0,0073418683	0,0063284256	0,0013989698	0,0011965456	0,0082845321	0,0022312166	0,0022951937	0,0059115042
478	0,0077284977	0,0062224484	0,0013471675	0,0011456452	0,0082304107	0,0021394486	0,0021488825	0,0061548861
479	0,0080832162	0,0061208831	0,0013051593	0,0011072578	0,0081678682	0,0020648239	0,0020259509	0,0064515783
480	0,0083981052	0,0060237158	0,0012757017	0,0010850986	0,0080928112	0,0020121749	0,0019328522	0,0068216837
481	0,0085895480	0,0058853552	0,0012636202	0,0010694986	0,0079858606	0,0019754881	0,0018537756	0,0071495021
482	0,0087291348	0,0057353077	0,0012569714	0,0010571866	0,0078763910	0,0019461804	0,0017806726	0,0074667152
483	0,0087534174	0,0055772193	0,0012484726	0,0010555133	0,0078285138	0,0019365405	0,0017130280	0,0078547861
484	0,0087051747	0,0054513349	0,0012562876	0,0010638501	0,0078067128	0,0019396410	0,0016679741	0,0082528724
485	0,0085542321	0,0053701187	0,0012870169	0,0010862410	0,0078211200	0,0019605754	0,0016544968	0,0086657281
486	0,0083635306	0,0052757502	0,0013155224	0,0011103091	0,0078486487	0,0020198859	0,0016400539	0,0091030244
487	0,0081512198	0,0051843720	0,0013450089	0,0011367619	0,0078811821	0,0020941553	0,0016287916	0,0095465389
488	0,0078731612	0,0052025429	0,0013935347	0,0011833080	0,0079221411	0,0021830439	0,0016641263	0,0099135150
489	0,0075635112	0,0052484899	0,0014532072	0,0012329134	0,0080209623	0,0022893941	0,0017006777	0,0102818665
490	0,0072088648	0,0053353284	0,0015291180	0,0012869004	0,0082048211	0,0024211383	0,0017389700	0,0106514529
491	0,0069338519	0,0055098064	0,0016190384	0,0013762814	0,0083685632	0,0025688378	0,0017826006	0,0109560349
492	0,0066871537	0,0057166965	0,0017150308	0,0014777601	0,0085255747	0,0027259562	0,0018295924	0,0112294155
493	0,0064505062	0,0059414207	0,0018268449	0,0015704799	0,0087003553	0,0029376061	0,0018993953	0,0114024404
494	0,0062349609	0,0062111649	0,0019444051	0,0016731656	0,0088775672	0,0031595813	0,0019757649	0,0115094559
495	0,0060541368	0,0065495668	0,0020701974	0,0017907621	0,0090577258	0,0033962598	0,0020619372	0,0115131965
496	0,0059379840	0,0069320669	0,0022116708	0,0019260293	0,0092680005	0,0036609723	0,0021755972	0,0115078420
497	0,0058484623	0,0073349590	0,0023610506	0,0020693801	0,0094841669	0,0039409430	0,0023001592	0,0114891591
498	0,0058025876	0,0077704087	0,0025320598	0,0022251410	0,0095990667	0,0042767248	0,0024237142	0,0113188648
499	0,0057885718	0,0082624800	0,0027025934	0,0023799603	0,0097164277	0,0046202166	0,0025615504	0,0111091129
500	0,0058253272	0,0088406993	0,0028711388	0,0025321647	0,0098371012	0,0049734070	0,0027210243	0,0108388584
501	0,0059339359	0,0094528450	0,0030763039	0,0027149166	0,0099266547	0,0053168059	0,0028939918	0,0105987660
502	0,0060700628	0,0100902044	0,0032937955	0,0029122053	0,0100034045	0,0056646946	0,0030747570	0,0103640910
503	0,0061828674	0,0107972629	0,0034257838	0,0031112977	0,0100826540	0,0060822629	0,0032605909	0,0101241666
504	0,0062982193	0,0114984174	0,0035981851	0,0033071171	0,0101327828	0,0064816345	0,0034485822	0,0098746510
505	0,0064163393	0,0121760856	0,0038330190	0,0034937570	0,0101365136	0,0068435030	0,0036364317	0,0096173819
506	0,0065711591	0,0128816194	0,0040430187	0,0036736484	0,0101412676	0,0072065114	0,0038489729	0,0094133888
507	0,0067412916	0,0135970867	0,0042430481	0,0038527637	0,0101457480	0,0075672072	0,0040697459	0,0092303359
508	0,0069340751	0,0143285625	0,0044491782	0,0040747695	0,0101341249	0,0078948649	0,0042741606	0,0090326202
509	0,0071398993	0,0150086094	0,0046463927	0,0042861560	0,0101166849	0,0082091191	0,0044696510	0,0088925060
510	0,0073690491	0,0156160665	0,0048320896	0,0044835969	0,0100882574	0,0085061903	0,0046536052	0,0088407038
511	0,0075772206	0,0160938791	0,0050295236	0,0046714571	0,0100448084	0,0088086727	0,0048592867	0,0087013275
512	0,0077798226	0,0165195657	0,0052300646	0,0048575288	0,0099953599	0,0091115614	0,0050745367	0,0085288801
513	0,0079865684	0,0168397938	0,0053698057	0,0050351988	0,0099833978	0,0093325939	0,0052642454	0,0084345903
514	0,0081577119	0,0170567982	0,0055318290	0,0052270645	0,0099244870	0,0095628075	0,0054518502	0,0083357987
515	0,0082727989	0,0171167891	0,0057243771	0,0054365573	0,0097983155	0,0098029748	0,0056327743	0,0082340903
516	0,0084150002	0,0171620653	0,0059109911	0,0056405505	0,0097072320	0,0099659307	0,0058085221	0,0081689307
517	0,0085607675	0,0171844663	0,0060872780	0,0058384894	0,0096295434	0,0101017948	0,0059810796	0,0081136142
518	0,0086522124	0,0170045053	0,0061880052	0,0060067928	0,0095487495	0,0102357705	0,0061503478	0,0080161466
519	0,0087399464	0,0167423813	0,0063191936	0,0061711784	0,0094560159	0,0103281429	0,0063382251	0,0079287400
520	0,0088230265	0,0163661748	0,0064916385	0,0063320970	0,0093450239	0,0103658751	0,0065526061	0,0078522913
521	0,0088801224	0,0159167311	0,0066472738	0,0064907019	0,0092854031	0,0103992395	0,0067168205	0,0077482941
522	0,0089193768	0,0154364455	0,0067916417	0,0066544961	0,0092262598	0,0104227945	0,0068654033	0,0076369428
523	0,0088789738	0,0149099675	0,0068828566	0,0068647321	0,0090498181	0,0103807166	0,0070079814	0,0075419091
524	0,0088208388	0,0143332209	0,0069851150	0,0070343548	0,0088883579	0,0103410026	0,0071496198	0,0074242452
525	0,0087422706	0,0137018000	0,0071004214	0,0071531417	0,0087475309	0,0103053860	0,0072892630	0,0072806350
526	0,0086752864	0,0130971862	0,0072238834	0,0073420615	0,0085906591	0,0101715770	0,0074287851	0,0072075046

5 Anhang

527	0,0086150031	0,0125060318	0,0073385363	0,0075395928	0,0084293498	0,0100192937	0,0075611350	0,0071530306
528	0,0085726006	0,0119268462	0,0073863532	0,0076813563	0,0082570013	0,0099029415	0,0076513671	0,0070953500
529	0,0084808015	0,0113640790	0,0074853199	0,0078123914	0,0080909923	0,0097725309	0,0077377925	0,0070206886
530	0,0083350143	0,0108148020	0,0076394021	0,0079323552	0,0079303305	0,0096257287	0,0078202931	0,0069269906
531	0,0082423078	0,0102716396	0,0077286438	0,0080675339	0,0077511468	0,0094497371	0,0079039467	0,0068414171
532	0,0081592585	0,0097447935	0,0078060359	0,0081988393	0,0075701405	0,0092785563	0,0079858236	0,0067597890
533	0,0080651962	0,0092842264	0,0078969936	0,0082965545	0,0073972116	0,0091612894	0,0080593844	0,0066879287
534	0,0079718904	0,0088318704	0,0079942907	0,0083955305	0,0072035994	0,0090088685	0,0081464634	0,0066301873
535	0,0078794514	0,0083876564	0,0080977695	0,0084958118	0,0069902612	0,0088228261	0,0082466299	0,0065861281
536	0,0077542326	0,0079874710	0,0081598602	0,0085469557	0,0068691678	0,0086952169	0,0082259537	0,0065173266
537	0,0076386594	0,0076015326	0,0082182863	0,0085856728	0,0067530696	0,0085833718	0,0082036355	0,0064559470
538	0,0075717546	0,0072072219	0,0082916061	0,0086078250	0,0065795222	0,0084804541	0,0082537403	0,0064335804
539	0,0074753481	0,0068421184	0,0083326492	0,0086387186	0,0064384885	0,0083455197	0,0083086393	0,0064042263
540	0,0073546200	0,0065021663	0,0083467671	0,0086768726	0,0063248736	0,0081842571	0,0083674576	0,0063691507
541	0,0072886760	0,0061847616	0,0083948710	0,0087212609	0,0061997348	0,0080683485	0,0084116289	0,0063001608
542	0,0072304741	0,0058870303	0,0084517385	0,0087574121	0,0060859190	0,0079668100	0,0084448603	0,0062475424
543	0,0071723441	0,0056393292	0,0085233722	0,0087628960	0,0060125395	0,0078909233	0,0084475097	0,0062633934
544	0,0070856358	0,0053752382	0,0086014850	0,0087629157	0,0059312181	0,0077911070	0,0084601787	0,0062611508
545	0,0069793805	0,0051023719	0,0086841786	0,0087595875	0,0058453927	0,0076753626	0,0084807364	0,0062460959
546	0,0069032399	0,0048607040	0,0086777689	0,0087637264	0,0057347991	0,0075928142	0,0084902469	0,0061973962
547	0,0068436271	0,0046166675	0,0086872395	0,0087637438	0,0056380959	0,0075082236	0,0085031415	0,0061633999
548	0,0068182070	0,0043492147	0,0087596525	0,0087488078	0,0055805161	0,0074055244	0,0085264484	0,0061749253
549	0,0067606644	0,0041339007	0,0087610886	0,0087493839	0,0055243197	0,0073036862	0,0085579317	0,0061658419
550	0,0066849456	0,0039552379	0,0087193989	0,0087606317	0,0054706131	0,0072050163	0,0085949658	0,0061448303
551	0,0066286765	0,0037806164	0,0087474624	0,0087644347	0,0054190332	0,0071344231	0,0086141363	0,0061141567
552	0,0065753653	0,0036152502	0,0087664967	0,0087614369	0,0053694476	0,0070602429	0,0086217236	0,0061016263
553	0,0065242595	0,0034651621	0,0087569641	0,0087426260	0,0053220221	0,0069718529	0,0086041201	0,0061300671
554	0,0064997543	0,0033042486	0,0087424445	0,0087518302	0,0053031439	0,0069010047	0,0086015249	0,0061430359
555	0,0064898678	0,0031386838	0,0087256990	0,0087762888	0,0052998418	0,0068402407	0,0086073043	0,0061479044
556	0,0064374672	0,0030575971	0,0087087600	0,0087476744	0,0052813705	0,0067751962	0,0085939160	0,0061531442
557	0,0063967475	0,0029607620	0,0086839206	0,0087226694	0,0052698728	0,0067004812	0,0085913520	0,0061536022
558	0,0063788486	0,0028312116	0,0086432735	0,0087050574	0,0052718429	0,0066063630	0,0086096978	0,0061445471
559	0,0063522921	0,0027399491	0,0086213105	0,0086795769	0,0052548420	0,0065502073	0,0085857048	0,0061591952
560	0,0063236274	0,0026667547	0,0086080781	0,0086512060	0,0052301077	0,0065118732	0,0085439909	0,0061847730
561	0,0063423829	0,0025966948	0,0085914536	0,0086327300	0,0052259029	0,0064764013	0,0085386133	0,0062127141
562	0,0063467043	0,0025225484	0,0085969539	0,0086138655	0,0052306374	0,0064166896	0,0085321777	0,0062170795
563	0,0063275700	0,0024415183	0,0086386672	0,0085944073	0,0052500328	0,0063173130	0,0085240965	0,0061830750
564	0,0062885335	0,0023669486	0,0085916260	0,0085602138	0,0052543882	0,0062489803	0,0084940881	0,0062015839
565	0,0062497010	0,0022984246	0,0085151219	0,0085242813	0,0052567718	0,0061971279	0,0084611536	0,0062378544
566	0,0062946464	0,0022613280	0,0084676325	0,0085226988	0,0053010610	0,0061911382	0,0084819228	0,0062506505
567	0,0063154206	0,0022159571	0,0084408330	0,0085059990	0,0053345553	0,0061637140	0,0084884749	0,0062611217
568	0,0063038098	0,0021596313	0,0084423491	0,0084693059	0,0053536308	0,0061077071	0,0084761900	0,0062686911
569	0,0062992510	0,0021193843	0,0084033902	0,0084416419	0,0053635392	0,0060597041	0,0084425617	0,0062997413
570	0,0062974653	0,0020861244	0,0083546017	0,0084144290	0,0053694532	0,0060153026	0,0084032737	0,0063339269
571	0,0062994703	0,0020676812	0,0083178451	0,0083682899	0,0053650654	0,0059771583	0,0083655376	0,0063403147
572	0,0062998080	0,0020457463	0,0082837633	0,0083306576	0,0053716944	0,0059275210	0,0083340594	0,0063394718
573	0,0062981984	0,0020197541	0,0082524614	0,0083023685	0,0053907238	0,0058646370	0,0083094142	0,0063303997
574	0,0062938009	0,0020094762	0,0082111150	0,0082433869	0,0054310353	0,0058451201	0,0082717730	0,0063502034
575	0,0062938712	0,0020012043	0,0081728065	0,0081834719	0,0054693248	0,0058263583	0,0082396077	0,0063718575
576	0,0063190607	0,0019852970	0,0081598240	0,0081516425	0,0054745633	0,0057628521	0,0082482479	0,0063709604

5 Anhang

577	0,0063362548	0,0019757138	0,0081271173	0,0081132107	0,0054870721	0,0057142563	0,0082394954	0,0063742030
578	0,0063461558	0,0019721058	0,0080765740	0,0080691305	0,0055064298	0,0056799213	0,0082149426	0,0063814720
579	0,0063396033	0,0019645680	0,0080425057	0,0080587146	0,0055066199	0,0056500467	0,0081920828	0,0063613438
580	0,0063361525	0,0019641952	0,0080022787	0,0080333601	0,0055069493	0,0056173164	0,0081563680	0,0063448028
581	0,0063518030	0,0019911851	0,0079295642	0,0079352619	0,0055174786	0,0055707600	0,0080724028	0,0063547714
582	0,0063730394	0,0019993203	0,0078695249	0,0078517631	0,0055275843	0,0055317440	0,0080192263	0,0063477421
583	0,0063983728	0,0019931553	0,0078185272	0,0077786562	0,0055372196	0,0054980618	0,0079888220	0,0063275955
584	0,0064101791	0,0019944437	0,0077943387	0,0077241554	0,0055623077	0,0054493313	0,0079448204	0,0062893631
585	0,0064216468	0,0020051727	0,0077591354	0,0076763689	0,0055826778	0,0054032072	0,0079075787	0,0062627913
586	0,0064353031	0,0020396891	0,0076876931	0,0076422472	0,0055865967	0,0053675610	0,0078916934	0,0062719246
587	0,0064409565	0,0020754643	0,0076454573	0,0075888459	0,0055938466	0,0053459887	0,0078456473	0,0062685368
588	0,0064417193	0,0021118806	0,0076211647	0,0075238957	0,0056031030	0,0053330681	0,0077813992	0,0062575387
589	0,0064554658	0,0021453155	0,0075397003	0,0074477484	0,0055625184	0,0052822932	0,0077197346	0,0062285639
590	0,0064536491	0,0021839566	0,0074670455	0,0073782224	0,0055428605	0,0052499624	0,0076760088	0,0061972184
591	0,0064184830	0,0022331863	0,0074144083	0,0073219137	0,0055679620	0,0052567206	0,0076679924	0,0061611574
592	0,0064112801	0,0022834455	0,0073776629	0,0072470143	0,00555654418	0,0052057061	0,0076329201	0,0061170986
593	0,0064160749	0,0023349584	0,0073471839	0,0071650286	0,0055504110	0,0051313887	0,0075856783	0,0060706299
594	0,0063850291	0,0024121665	0,0072738682	0,0071122665	0,0055412787	0,0051489055	0,0075407733	0,0060505381
595	0,0063720448	0,0024962063	0,0072152719	0,0070493733	0,0055344735	0,0051386751	0,0074878507	0,0060331562
596	0,0063874827	0,0025911319	0,0071797182	0,0069701874	0,0055312151	0,0050843948	0,0074219861	0,0060198993
597	0,0063728348	0,0026814877	0,0071480009	0,0068926590	0,0055465815	0,0050716233	0,0073696549	0,0059811008
598	0,0063510536	0,0027748132	0,0071164895	0,0068177570	0,0055661014	0,0050731984	0,0073208908	0,0059346551
599	0,0063623917	0,0029089926	0,0070758572	0,0067650760	0,0055634072	0,0050739487	0,0072633094	0,0059021011
600	0,0063634752	0,0030560999	0,0070311948	0,0066929681	0,0055675721	0,0050725779	0,0072162921	0,0058815084
601	0,0063511057	0,0032182234	0,0069808772	0,0065963245	0,0055795230	0,0050679746	0,0071816470	0,0058750706
602	0,0063160079	0,0033986262	0,0069457984	0,0065394271	0,0055754904	0,0051001084	0,0071120931	0,0058571342
603	0,0062806040	0,0035886193	0,0069070020	0,0064862189	0,0055739809	0,0051328932	0,0070349851	0,0058364149
604	0,0062744683	0,0037987070	0,0068309763	0,0064040167	0,0056066809	0,0051210902	0,0069661396	0,0058168988
605	0,0062695662	0,0040374641	0,0067842342	0,0063399445	0,0056554600	0,0051466524	0,0068966395	0,0058018324
606	0,0062656970	0,0043036892	0,0067650276	0,0062928198	0,0057194384	0,0052075577	0,0068262665	0,0057908396
607	0,0062371338	0,0046239370	0,0067296709	0,0062096835	0,0057677478	0,0052643074	0,0067898710	0,0057659659
608	0,0062159844	0,0049713485	0,0066897132	0,0061257235	0,0058123744	0,0053212544	0,0067401228	0,0057554034
609	0,0062334345	0,0053789141	0,0066432825	0,0060589382	0,0058519240	0,0053803595	0,0066288618	0,0058013864
610	0,0062563572	0,0058331126	0,0065870208	0,0060135072	0,0059672173	0,0054614141	0,0065397091	0,0058293205
611	0,0062827785	0,0063222409	0,0065228789	0,0059827766	0,0061370738	0,0055581483	0,0064655814	0,0058438483
612	0,0062402595	0,0068733370	0,0064155210	0,0059197246	0,0062357798	0,0056901134	0,0063890738	0,0058837507
613	0,0062192775	0,0074655274	0,0063231217	0,0058606133	0,0063555115	0,0058293440	0,0063046743	0,0059267914
614	0,0062601888	0,0081392031	0,0062740713	0,0058165959	0,0065344867	0,0059791335	0,0062031357	0,0059732335
615	0,0063051562	0,0088991324	0,0061906908	0,0057469425	0,0067414752	0,0061746911	0,0061032289	0,0060477472
616	0,0063526653	0,0097062408	0,0060900024	0,0056646727	0,0069632909	0,0063942462	0,0060048949	0,0061369918
617	0,0064297506	0,0107431783	0,0060249361	0,0056278256	0,0072167894	0,0066310930	0,0059340038	0,0062286101
618	0,0065017384	0,0118134894	0,0059394182	0,0055849376	0,0075026228	0,0069002606	0,0058503275	0,0063360522
619	0,0065644692	0,0129297173	0,0058200415	0,0055323997	0,0078410295	0,0072221357	0,0057459042	0,0064696880
620	0,0066685501	0,0141860442	0,0056896909	0,0054940784	0,0082200137	0,0075915704	0,0056668110	0,0066266056
621	0,0067903053	0,0155182352	0,0055582102	0,0054594895	0,0086217486	0,0079847307	0,0055939368	0,0067898672
622	0,0069365735	0,0170250925	0,0054728599	0,0054185403	0,0090862734	0,0084239316	0,0055007589	0,0069274193
623	0,0070925625	0,0186308813	0,0053767339	0,0053657791	0,0095711322	0,0089204082	0,0054060552	0,0070883361
624	0,0072594318	0,0203451399	0,0052682927	0,0052989719	0,0100769596	0,0094839430	0,0053105991	0,0072771582
625	0,0074704322	0,0222446236	0,0051654053	0,0052663904	0,0106653171	0,0101354780	0,0052228597	0,0075307762
626	0,0077125306	0,0241892997	0,0050625383	0,0052394624	0,0113019771	0,0108162693	0,0051334772	0,0078016097

5 Anhang

627	0,0080468976	0,0260481440	0,0049593285	0,0052026002	0,0120523074	0,0115070433	0,0050322444	0,0080696628
628	0,0083692081	0,0277056989	0,0048410589	0,0051485731	0,0128189678	0,0122485236	0,0049341685	0,0084017067
629	0,0086799259	0,0291786013	0,0047096976	0,0050793911	0,0135982825	0,0130335256	0,0048392691	0,0087902762
630	0,0090746284	0,0299197959	0,0046172807	0,0050128776	0,0143811401	0,0137738437	0,0047630831	0,0091412502
631	0,0094848830	0,0302455779	0,0045275757	0,0049472669	0,0151555084	0,0144805888	0,0046808029	0,0095013795
632	0,0099161010	0,0296172217	0,0044334355	0,0048854313	0,0159124101	0,0151123501	0,0045753758	0,0099079846
633	0,0103852458	0,0282460401	0,0043528194	0,0048111690	0,0165520968	0,0156207682	0,0044869128	0,0102695362
634	0,0108801561	0,0263977408	0,0042805226	0,0047287477	0,0171195019	0,0160525477	0,0044089293	0,0106037125
635	0,0113949780	0,0237275222	0,0041765704	0,0046729634	0,0172779407	0,0161110794	0,0043125905	0,0108189368
636	0,0118870105	0,0209981377	0,0040719277	0,0046039162	0,0172603350	0,0160066716	0,0042200705	0,0109783561
637	0,0123337810	0,0181904098	0,0039674464	0,0045072015	0,0169157454	0,0155992189	0,0041359655	0,0110338746
638	0,0127142769	0,0156628701	0,0038905162	0,0044233891	0,0161938516	0,0149609438	0,0040465800	0,0109160979
639	0,0130478594	0,0132762950	0,0038229173	0,0043441722	0,0152764046	0,0141992509	0,0039547277	0,0107115341
640	0,0130871147	0,0113215247	0,0037201923	0,0042547607	0,0139160237	0,0131203331	0,0038654238	0,0103383266
641	0,0129592418	0,0095723247	0,0036136666	0,0041642727	0,0125407030	0,0119956906	0,0037854774	0,0099370896
642	0,0126072913	0,0081213064	0,0035034769	0,0040737091	0,0111607622	0,0108219863	0,0037194639	0,0095030520
643	0,0119882596	0,0069830398	0,0034275213	0,0039768030	0,0098538334	0,0096945990	0,0036383720	0,0091632944
644	0,0112589132	0,0059692161	0,0033544199	0,0038829300	0,0086012803	0,0085894737	0,0035553001	0,0088604137
645	0,0103299900	0,0052055648	0,0032483427	0,0038177479	0,0075707179	0,0075643414	0,0034857076	0,0086300553
646	0,0093878714	0,0045394434	0,0031530875	0,0037254522	0,0066356875	0,0066715460	0,0034097615	0,0084728436
647	0,0084317552	0,0039629336	0,0030676936	0,0036076996	0,0057879298	0,0059003523	0,0033277174	0,0083833119
648	0,0075552081	0,0035098944	0,0030063588	0,0035322054	0,0051274828	0,0052651642	0,0032448558	0,0084476171
649	0,0067460000	0,0031103043	0,0029366698	0,0034550804	0,0045325150	0,0046834767	0,0031662118	0,0085676845
650	0,0061029074	0,0028201066	0,0028316860	0,0033556067	0,0040565588	0,0042051976	0,0030999844	0,0087948389
651	0,0055230947	0,0025625789	0,0027551968	0,0032662165	0,0036769717	0,0038160397	0,0030262067	0,0090256352
652	0,0049851141	0,0023264975	0,0026970936	0,0031838153	0,0033591035	0,0034841173	0,0029483268	0,0092593487
653	0,0045702088	0,0021556333	0,0026315072	0,0030815910	0,0030828868	0,0031819857	0,0028783818	0,0096091300
654	0,0041969048	0,0019971140	0,0025590122	0,0029947592	0,0028301733	0,0029113353	0,0028119069	0,009694781
655	0,0038990259	0,0018602260	0,0024742800	0,0029378970	0,0026212694	0,0026999179	0,0027520330	0,0103438973
656	0,0036193510	0,0017254466	0,0023886027	0,0028642628	0,0024343671	0,0025160426	0,0026923505	0,0106797015
657	0,0033556124	0,0015964648	0,0023077135	0,0027847361	0,0022609757	0,0023459711	0,0026309538	0,0110044864
658	0,0031778517	0,0015171687	0,0022802530	0,0027102770	0,0021337729	0,0022013347	0,0025473907	0,0113856316
659	0,0029952669	0,0014464232	0,0022426192	0,0026392847	0,0020164850	0,0020734904	0,0024801124	0,0117227495
660	0,0028076572	0,0013863064	0,0021929022	0,0025728080	0,0019116711	0,0019664615	0,0024327962	0,0120055623
661	0,0026794123	0,0013106421	0,0021073652	0,0024866710	0,0018311743	0,0018713813	0,0023637146	0,0121576139
662	0,0025666771	0,0012388002	0,0020245364	0,0024001528	0,0017511473	0,0017797675	0,0022951114	0,0122257267
663	0,0024639667	0,0011973950	0,0019862201	0,0023297688	0,0016498451	0,0016912049	0,0022483808	0,0120564207
664	0,0023546463	0,0011455234	0,0019267959	0,0022705103	0,0015693171	0,0016182389	0,0021964001	0,0117255509
665	0,0022401699	0,0010854517	0,0018508226	0,0022200051	0,0015051192	0,0015575372	0,0021403167	0,0112679727
666	0,0021447418	0,0010525958	0,0017969116	0,0021619892	0,0014471232	0,0014953761	0,0020622642	0,0103681082
667	0,0020586922	0,0010164514	0,0017415751	0,0020972615	0,0013900606	0,0014360580	0,0019934574	0,0094175124
668	0,0019895858	0,0009669376	0,0016778280	0,0020169886	0,0013330204	0,0013826073	0,0019491157	0,0084127487
669	0,0019281938	0,0009403993	0,0016337625	0,0019538293	0,0012864135	0,0013467585	0,0018973680	0,0074024611
670	0,0018704087	0,0009237438	0,0015996592	0,0018994280	0,0012450151	0,0013182523	0,0018424296	0,0063993482
671	0,0018007690	0,0008665388	0,0015662268	0,0018455151	0,0011998325	0,0012512131	0,0017939505	0,0055505833
672	0,0017404836	0,0008337991	0,0015219028	0,0018001078	0,0011562701	0,0012032057	0,0017510573	0,0047815655
673	0,0016933640	0,0008359740	0,0014618098	0,0017667127	0,0011148593	0,0011822707	0,0017160047	0,0041236346
674	0,0016366746	0,0008103064	0,0014238973	0,0017244667	0,0010769998	0,0011462130	0,0016712175	0,0036182911
675	0,0015772112	0,0007779866	0,0013892855	0,0016760245	0,0010403287	0,0011061783	0,0016231225	0,0031680037
676	0,0015181379	0,0007525028	0,0013391060	0,0016077364	0,0010053040	0,0010681916	0,0015725710	0,0027922097

5 Anhang

677	0,0014670580	0,0007321777	0,0012926299	0,0015459695	0,0009750688	0,0010383146	0,0015395565	0,0024784930
678	0,0014232261	0,0007165092	0,0012495461	0,0014901490	0,0009491741	0,0010157556	0,0015223171	0,0022210472
679	0,0013794624	0,0007026788	0,0012214961	0,0014498514	0,0009086198	0,0009927885	0,0014752788	0,0020193084
680	0,0013389568	0,0006852147	0,0011887111	0,0014121220	0,0008686482	0,0009656580	0,0014276350	0,0018285580
681	0,0013067582	0,0006573043	0,0011383915	0,0013761606	0,0008343967	0,0009272656	0,0013870049	0,0016493167
682	0,0012566021	0,0006300463	0,0011022155	0,0013343664	0,0008068092	0,0008989611	0,0013447197	0,0015088955
683	0,0011976434	0,0006036322	0,0010739037	0,0012899351	0,0007830329	0,0008764657	0,0013021079	0,0013906701
684	0,0011813154	0,0005977193	0,0010460285	0,0012657826	0,0007629182	0,0008644458	0,0012813882	0,0012991347
685	0,0011621530	0,0005864423	0,0010136667	0,0012315997	0,0007440856	0,0008431993	0,0012538248	0,0012064188
686	0,0011386346	0,0005669642	0,0009744134	0,0011820645	0,0007271804	0,0008078454	0,0012157785	0,0011117792
687	0,0010997166	0,0005406840	0,0009597973	0,0011434371	0,0007087499	0,0007863162	0,0011710622	0,0010434916
688	0,0010580162	0,0005164847	0,0009469281	0,0011096242	0,0006895714	0,0007666872	0,0011264254	0,0009867127
689	0,0010256318	0,0005158338	0,0008999720	0,0010836256	0,0006679147	0,0007329180	0,0010924227	0,0009491205
690	0,0010009012	0,0005073204	0,0008650277	0,0010505784	0,0006459272	0,0007092348	0,0010627294	0,0009028121
691	0,0009830863	0,0004915549	0,0008409973	0,0010109652	0,0006235694	0,0006947206	0,0010368788	0,0008484132
692	0,0009393266	0,0004772588	0,0008066059	0,0009792262	0,0006107343	0,0006677368	0,0010106984	0,0008137318
693	0,0008980312	0,0004655233	0,0007776405	0,0009496111	0,0005975642	0,0006456528	0,0009806157	0,0007781414
694	0,0008713066	0,0004601289	0,0007663439	0,0009230410	0,0005804130	0,0006405304	0,0009399927	0,0007336842
695	0,0008565087	0,0004370406	0,0007328672	0,0008879607	0,0005564589	0,0006303213	0,0009190183	0,0006974835
696	0,0008475868	0,0004051438	0,0006881853	0,0008488639	0,0005290766	0,0006174163	0,0009081028	0,0006659235
697	0,0008146064	0,0004028729	0,0006739719	0,0008313542	0,0005106244	0,0006063970	0,0008726369	0,0006388228
698	0,0007829452	0,0003963228	0,0006627980	0,0008113340	0,0004928895	0,0005911278	0,0008475515	0,0006129129
699	0,0007534534	0,0003833260	0,0006562972	0,0007876215	0,0004763380	0,0005695030	0,0008383376	0,0005889464
700	0,0007313636	0,0003756006	0,0006200628	0,0007659245	0,0004631070	0,0005490374	0,0008058466	0,0005699542
701	0,0007124604	0,0003675789	0,0005792532	0,0007435302	0,0004519186	0,0005304397	0,0007688303	0,0005532224
702	0,0007000768	0,0003473747	0,0005684317	0,0007131261	0,0004477574	0,0005220921	0,0007493968	0,0005416961
703	0,0006806179	0,0003329407	0,0005566367	0,0006922273	0,0004347352	0,0005122594	0,0007344429	0,0005228176
704	0,0006542324	0,0003241995	0,0005439050	0,0006807061	0,0004130206	0,0005009845	0,0007239201	0,0004967371
705	0,0006316616	0,0003168046	0,0005272498	0,0006485529	0,0003974421	0,0004868882	0,0007040207	0,0004739073
706	0,0006124047	0,0003091399	0,0005078259	0,0006193522	0,0003858474	0,0004717148	0,0006808487	0,0004561304
707	0,0006011555	0,0002998102	0,0004810878	0,0006079740	0,0003834834	0,0004540796	0,0006511913	0,0004520583
708	0,0005798370	0,0002939920	0,0004646889	0,0005893957	0,0003732757	0,0004458001	0,0006360383	0,0004415455
709	0,0005522531	0,0002903530	0,0004546997	0,0005663370	0,0003581935	0,0004433285	0,0006298856	0,0004270302
710	0,0005437287	0,0002859653	0,0004474895	0,0005369001	0,0003521961	0,0004280466	0,0006066286	0,0004156225
711	0,0005313502	0,0002790939	0,0004336690	0,0005190805	0,0003393464	0,0004132007	0,0005831356	0,0003981235
712	0,0005122983	0,0002680691	0,0004087063	0,0005208059	0,0003148624	0,0003992082	0,0005593869	0,0003703130
713	0,0005004389	0,0002537394	0,0004026371	0,0005002066	0,0003043194	0,0003902403	0,0005459760	0,0003607748
714	0,0004887328	0,0002406775	0,0003992804	0,0004744038	0,0002990155	0,0003824553	0,0005353091	0,0003557663
715	0,0004621824	0,0002425966	0,0003728595	0,0004618818	0,0002977326	0,0003713267	0,0005199614	0,0003408406
716	0,0004454876	0,0002379459	0,0003527329	0,0004442276	0,0002860504	0,0003631963	0,0005030976	0,0003308227
717	0,0004380919	0,0002269988	0,0003384899	0,0004215709	0,0002643779	0,0003578742	0,0004846841	0,0003254242
718	0,0004239725	0,0002219741	0,0003355945	0,0004181408	0,0002657423	0,0003443345	0,0004692442	0,0003171872
719	0,0004093338	0,0002170649	0,0003294883	0,0004123573	0,0002651094	0,0003333043	0,0004553376	0,0003094391
720	0,0003955449	0,0002106382	0,0003113782	0,0003943600	0,0002519684	0,0003315713	0,0004446555	0,0003039340
721	0,0003810342	0,0002023544	0,0003034383	0,0003821562	0,0002415942	0,0003233838	0,0004355008	0,0002913420
722	0,0003662411	0,0001932717	0,0003005261	0,0003723765	0,0002327322	0,0003119613	0,0004266816	0,0002754818
723	0,0003528390	0,0001877556	0,0002904083	0,0003476210	0,0002249104	0,0003031033	0,0004061799	0,0002691219
724	0,0003435929	0,0001848076	0,0002742712	0,0003301037	0,0002208764	0,0002902786	0,0003897836	0,0002593626
725	0,0003399255	0,0001853213	0,0002498967	0,0003222982	0,0002219502	0,0002720133	0,0003788606	0,0002449467
726	0,0003251441	0,0001800349	0,0002432866	0,0003171197	0,0002210314	0,0002661064	0,0003657100	0,0002413926

5 Anhang

727	0,0003089447	0,0001722339	0,0002391496	0,0003110106	0,0002172732	0,0002636212	0,0003522917	0,0002387641
728	0,0002977818	0,0001595898	0,0002274809	0,0002982578	0,0002035115	0,0002630681	0,0003398328	0,0002290559
729	0,0002891753	0,0001542263	0,0002181233	0,0002878167	0,0001941390	0,0002587031	0,0003349570	0,0002196123
730	0,0002823870	0,0001540668	0,0002104079	0,0002790167	0,0001878962	0,0002516036	0,0003355017	0,0002103459
731	0,0002765408	0,0001481446	0,0002029435	0,0002635152	0,0001843742	0,0002381915	0,0003303164	0,0002062044
732	0,0002667246	0,0001448468	0,0001932828	0,0002536764	0,0001809043	0,0002304282	0,0003214252	0,0002039137
733	0,0002502178	0,0001463036	0,0001799806	0,0002538852	0,0001774504	0,0002326485	0,0003065657	0,0002045901
734	0,0002475615	0,0001448794	0,0001785032	0,0002441382	0,0001642222	0,0002281792	0,0002921317	0,0001964834
735	0,0002462213	0,0001427332	0,0001795960	0,0002321427	0,0001513676	0,0002210337	0,0002790636	0,0001875948
736	0,0002297489	0,0001414471	0,0001752745	0,0002244856	0,0001562590	0,0002107057	0,0002727009	0,0001887707
737	0,0002242702	0,0001332600	0,0001704072	0,0002167722	0,0001558154	0,0002006329	0,0002675442	0,0001822745
738	0,0002275516	0,0001196115	0,0001651223	0,0002090394	0,0001511325	0,0001907955	0,0002633642	0,0001696992
739	0,0002187830	0,0001149777	0,0001491980	0,0002039337	0,0001460828	0,0001880939	0,0002491122	0,0001627714
740	0,0002114591	0,0001145151	0,0001346700	0,0001971570	0,0001391967	0,0001870145	0,0002381100	0,0001609663
741	0,0002079127	0,0001210988	0,0001237100	0,0001869704	0,0001288632	0,0001883341	0,0002341087	0,0001682976
742	0,0002039398	0,0001154873	0,0001231361	0,0001812353	0,0001267815	0,0001842060	0,0002291126	0,0001614993
743	0,0001994541	0,0001067542	0,0001261027	0,0001759932	0,0001261324	0,0001782190	0,0002227830	0,0001497247
744	0,0001925822	0,0001058213	0,0001282332	0,0001636410	0,0001157249	0,0001726589	0,0002099842	0,0001380338
745	0,0001897804	0,0001012265	0,0001281946	0,0001565997	0,0001138259	0,0001687095	0,0002031637	0,0001317770
746	0,0001906950	0,0000933097	0,0001261827	0,0001544147	0,0001196820	0,0001662392	0,0002018076	0,0001304865
747	0,0001794573	0,0000969191	0,0001114169	0,0001508746	0,0001058031	0,0001608024	0,0001925654	0,0001276139
748	0,0001700610	0,0000980904	0,0000996962	0,0001467661	0,0000947796	0,0001555824	0,0001845282	0,0001230131
749	0,0001671291	0,0000915885	0,0000972299	0,0001416575	0,0000939571	0,0001514218	0,0001807067	0,0001148796
750	0,0001611844	0,0000876709	0,0000967044	0,0001372182	0,0000928585	0,0001429265	0,0001777300	0,0001148131
751	0,0001549989	0,0000851347	0,0000974243	0,0001324391	0,0000922604	0,0001333953	0,0001748221	0,0001180218
752	0,0001579386	0,0000853389	0,0001020589	0,0001223635	0,0000971730	0,0001308422	0,0001696034	0,0001204952
753	0,0001567550	0,0000834294	0,0000959725	0,0001169690	0,0001008937	0,0001296426	0,0001608993	0,0001208175
754	0,0001513462	0,0000793550	0,0000789041	0,0001163773	0,0001033887	0,0001298309	0,0001486316	0,0001189344
755	0,0001438246	0,0000738214	0,0000777160	0,0001105264	0,0000976845	0,0001261405	0,0001498555	0,0001138187
756	0,0001385407	0,0000697803	0,0000784740	0,0001043267	0,0000910323	0,0001226749	0,0001490313	0,0001059483
757	0,0001394225	0,0000698677	0,0000793852	0,0000988375	0,0000844739	0,0001209185	0,0001392180	0,0000922696
758	0,0001332401	0,0000625065	0,0000775564	0,0000964236	0,0000866076	0,0001190756	0,0001351547	0,0000916604
759	0,0001239493	0,0000533709	0,0000746411	0,0000953169	0,0000916877	0,0001169278	0,0001332984	0,0000969795
760	0,0001165270	0,0000622934	0,0000736961	0,0000931875	0,0000854029	0,0001120582	0,0001269706	0,0001014012
761	0,0001155554	0,0000681650	0,0000684156	0,0000902251	0,0000764478	0,0001090554	0,0001227656	0,0000974582
762	0,0001215679	0,0000707552	0,0000584460	0,0000863665	0,0000645987	0,0001080773	0,0001208614	0,0000844756
763	0,0001169569	0,0000613818	0,0000635877	0,0000850944	0,0000660118	0,0001067828	0,0001140364	0,0000843382
764	0,0001110225	0,0000551003	0,0000664044	0,0000829880	0,0000690947	0,0001030638	0,0001096106	0,0000838983
765	0,0001054488	0,0000612865	0,0000577272	0,0000778112	0,0000718531	0,0000931360	0,0001133159	0,0000781466
766	0,0001058806	0,0000569591	0,0000557361	0,0000748306	0,0000701850	0,0000947388	0,0001121848	0,0000715821
767	0,0001093095	0,0000475245	0,0000573924	0,0000730932	0,0000661408	0,0001019323	0,0001082319	0,0000649439
768	0,0001068849	0,0000532412	0,0000617233	0,0000741258	0,0000622395	0,0000931316	0,0000980612	0,0000700261
769	0,0001040592	0,0000581035	0,0000586394	0,0000753220	0,0000593690	0,0000882229	0,0000920860	0,0000724613
770	0,0001006770	0,0000616896	0,0000448365	0,0000767472	0,0000580168	0,0000889955	0,0000922405	0,0000710428
771	0,0001003488	0,0000612110	0,0000408509	0,0000693657	0,0000566965	0,0000838806	0,0000903396	0,0000712329
772	0,0000988030	0,0000589215	0,0000409493	0,0000613166	0,0000551354	0,0000786201	0,0000878212	0,0000703291
773	0,0000876027	0,0000531057	0,0000482992	0,0000613426	0,0000524144	0,0000801964	0,0000849820	0,0000621684
774	0,0000817369	0,0000482411	0,0000463160	0,0000584075	0,0000498123	0,0000776968	0,0000822752	0,0000572240
775	0,0000800244	0,0000441156	0,0000370611	0,0000531643	0,0000473018	0,0000720212	0,0000796709	0,0000547832
776	0,0000898320	0,0000335187	0,0000443569	0,0000565500	0,0000514054	0,0000720656	0,0000823681	0,0000606821

5 Anhang

777	0,0000893672	0,0000320851	0,0000484301	0,0000561982	0,0000520900	0,0000717899	0,0000805066	0,0000591788
778	0,0000705019	0,0000468601	0,0000459651	0,0000488981	0,0000464867	0,0000706361	0,0000704782	0,0000444196
779	0,0000655204	0,0000400067	0,0000403380	0,0000464043	0,0000441267	0,0000679803	0,0000691034	0,0000454003
780	0,0000640121	0,0000301869	0,0000342980	0,0000465927	0,0000436528	0,0000655574	0,0000694074	0,0000501002

5 Anhang

Spektren nativ

λ [nm]	Strahlungsflussdichte [Watt*m ⁻² *nm]							
	K-Eye	Arri	P7	P12	Source4 S2	TourLED	Viva CMY	Source4 S3
380	0,0003119801	0,0002078428	0,0002659895	0,0008118240	0,0003584244	0,0005248086	0,0003016220	0,0000230246
381	0,0003621454	0,0002594885	0,0003545508	0,0008898290	0,0001611874	0,0004118908	0,0003765700	0,0001346175
382	0,0004050872	0,0003177255	0,0003886663	0,0008766810	0,0001103659	0,0003405052	0,0004040820	0,0001798352
383	0,0004412732	0,0003806818	0,0003759166	0,0007863920	0,0001853035	0,0003059135	0,0003908260	0,0001677414
384	0,0003786872	0,0003475184	0,0003739138	0,0009497650	0,0001996592	0,0003489552	0,0004007760	0,0001312142
385	0,0002944814	0,0003132077	0,0003783667	0,010764000	0,0002038063	0,0003910872	0,0003949280	0,0000886125
386	0,0001764651	0,0003556090	0,0004045055	0,0008004960	0,0002138889	0,0003623984	0,0002849920	0,0000294740
387	0,0001808191	0,0004091757	0,0004267040	0,0007094280	0,0002477369	0,0003265967	0,0002439320	0,0000585139
388	0,0003082270	0,0004745190	0,0004451102	0,0008029550	0,0003058309	0,0002831396	0,0002715790	0,0001765522
389	0,0003121284	0,0004487719	0,0003833158	0,0009876660	0,0002205114	0,0003071885	0,0003421480	0,0002108418
390	0,0002895154	0,0003999856	0,0003309203	0,011613400	0,0001163434	0,0003396170	0,0004199060	0,0002174999
391	0,0002926420	0,0003315311	0,0004843656	0,011311200	0,0001068871	0,0003160844	0,0004953010	0,0001755959
392	0,0003408539	0,0003137851	0,0005567963	0,012262800	0,0001196066	0,0003196975	0,0005584150	0,0001706121
393	0,0004450960	0,0003595773	0,0005275444	0,014775900	0,0001599590	0,0003572499	0,0006058000	0,0002118225
394	0,0004622014	0,0003533988	0,0005526714	0,016280600	0,0002145383	0,0003599528	0,0005532420	0,0002648021
395	0,0004563595	0,0003377517	0,0005943902	0,017384900	0,0002754146	0,0003560099	0,0004864520	0,0003150533
396	0,0005123737	0,0004095421	0,0006356417	0,017785800	0,0003786902	0,0004083916	0,0006278590	0,0002959532
397	0,0005271976	0,0004662986	0,0006770323	0,018456100	0,0004392313	0,0004834411	0,0007341960	0,0003020751
398	0,0004808561	0,0005017656	0,0007193067	0,019535800	0,0004373448	0,0005937145	0,0007904220	0,0003457687
399	0,0004905380	0,0004982276	0,0007678555	0,021543100	0,0004531082	0,0006159900	0,0008174230	0,0003644266
400	0,0005228466	0,0004805483	0,0008191298	0,023870600	0,0004796355	0,0006046328	0,0008370930	0,0003746271
401	0,0005858198	0,0004894193	0,0009100722	0,026187000	0,0006447062	0,0006241429	0,010049000	0,0004386012
402	0,0006614446	0,0005257663	0,010029239	0,029034100	0,0007773785	0,0006854964	0,011254100	0,0004781064
403	0,0007605499	0,0006109839	0,011005500	0,032859400	0,0008552827	0,0008214338	0,011645700	0,0004751203
404	0,0008490334	0,0006980099	0,013182218	0,036730000	0,0009140852	0,0008715374	0,013133700	0,0005481121
405	0,0009317194	0,0007850170	0,015895780	0,040584400	0,0009634898	0,0008812501	0,015117800	0,0006557653
406	0,0009459613	0,0009739989	0,018197554	0,047220400	0,010526181	0,0009726948	0,016873200	0,0007439049
407	0,0010106112	0,0011347320	0,020715875	0,054225800	0,011693183	0,011014216	0,018870900	0,0008308361
408	0,0011865368	0,0012381238	0,023786705	0,062195700	0,013480301	0,013126572	0,021455200	0,0009182549
409	0,0013276605	0,0014002526	0,027422116	0,072230000	0,016539970	0,014970696	0,024171100	0,010447518
410	0,0014483748	0,0015953852	0,031366947	0,083407500	0,020315659	0,016654649	0,026952500	0,011931351
411	0,0017112104	0,0018857995	0,036591930	0,097511100	0,021072584	0,018577373	0,031625400	0,013609326
412	0,0019714023	0,0021817899	0,042782861	0,113134000	0,022522602	0,020772388	0,036728200	0,015343289
413	0,0022162598	0,0024913932	0,051555914	0,132928000	0,0226220541	0,023726761	0,042898500	0,017264389
414	0,0025276625	0,0028972824	0,060584431	0,156628000	0,029546561	0,027275413	0,050214000	0,019801666
415	0,0028821886	0,0033657363	0,069742881	0,182831000	0,032609326	0,031205665	0,058262200	0,022739721
416	0,0033841019	0,0039432189	0,083468472	0,214515000	0,036155662	0,036246704	0,067218000	0,025432138
417	0,0039349095	0,0045510744	0,097936138	0,247934000	0,039775870	0,041612323	0,076832900	0,028372115
418	0,0046133043	0,0052405065	0,113823746	0,286198000	0,043584311	0,047832931	0,088548000	0,032254447
419	0,0053426406	0,0060788829	0,132266753	0,332432000	0,048485348	0,054592074	0,102785000	0,036754196
420	0,0061054850	0,0070257459	0,152537759	0,384459000	0,054194341	0,061713962	0,118858000	0,041695938
421	0,0072303350	0,0082426448	0,178326089	0,444510000	0,060187846	0,072296123	0,138518000	0,047478623
422	0,0084463730	0,0095415225	0,205865757	0,509014000	0,066207619	0,084116232	0,159421000	0,053763566
423	0,0098229599	0,0110142448	0,237259393	0,586617000	0,072167719	0,098928334	0,183240000	0,061567976
424	0,0114750746	0,0125853227	0,271650275	0,671402000	0,079450570	0,113953121	0,208301000	0,070263698
425	0,0133563130	0,0142284117	0,308370936	0,761746000	0,087845804	0,129015002	0,234218000	0,079668045
426	0,015455103	0,0162053109	0,350121925	0,857583000	0,095159978	0,148940559	0,265721000	0,091509434

5 Anhang

427	0,0178888756	0,0182820437	0,0394291058	0,0958348000	0,0103103142	0,0170371803	0,0299493000	0,0103841624
428	0,0208019688	0,0206317062	0,0447495249	0,1082080000	0,0115332817	0,0195690112	0,0340694000	0,0116905342
429	0,0240968087	0,0231971660	0,0501627549	0,1209230000	0,0127657859	0,0223009389	0,0384154000	0,0132166442
430	0,0277649544	0,0259715596	0,0556522288	0,1339430000	0,0140040437	0,0252253772	0,0429750000	0,0149589233
431	0,0320797563	0,0290559319	0,0618587887	0,1483430000	0,0154211584	0,0289567727	0,0480786000	0,0168671611
432	0,0366505433	0,0322895470	0,0682711148	0,1633980000	0,0169415784	0,0329425919	0,0534486000	0,0188618266
433	0,0418704264	0,0359978266	0,0749339179	0,1805250000	0,0188460909	0,0373533243	0,0596802000	0,0211479251
434	0,0473063267	0,0398419667	0,0819225138	0,1976040000	0,0207651076	0,0421919370	0,0660573000	0,0234858445
435	0,0528721004	0,0437610961	0,0891373237	0,2143020000	0,0226628418	0,0474067481	0,0724705000	0,0258350841
436	0,0594475901	0,0481967931	0,0963531543	0,2323430000	0,0250222433	0,0534695836	0,0795107000	0,0285043528
437	0,0661417481	0,0526258303	0,1033198152	0,2501560000	0,0274565124	0,0596512209	0,0865387000	0,0311560550
438	0,0731959976	0,0569336139	0,1098369861	0,2672900000	0,0300634194	0,0663973581	0,0937199000	0,0336166424
439	0,0800179861	0,0608288750	0,1161128365	0,2839420000	0,0328988109	0,0735152758	0,1010540000	0,0360176323
440	0,0867000113	0,0643071225	0,1222140413	0,3003230000	0,0360621734	0,0812196232	0,1087100000	0,0383932555
441	0,0940074121	0,0670548857	0,1277238396	0,3159840000	0,0388215909	0,0897900707	0,1167780000	0,0402766345
442	0,1013689139	0,0693902209	0,1329789268	0,3311760000	0,0414854672	0,0986404775	0,1248430000	0,0419364904
443	0,1081316290	0,0701628284	0,1379167196	0,3452550000	0,0445131461	0,1083294904	0,1324180000	0,0430157313
444	0,1144464795	0,0699515724	0,1420045446	0,3571010000	0,0469508933	0,1181237759	0,1398320000	0,0435769657
445	0,1200975021	0,0684852437	0,1449511356	0,3659260000	0,0485941761	0,1279113038	0,1469370000	0,0436473623
446	0,1248504159	0,0657678090	0,1456547958	0,3719790000	0,0496105567	0,1380137189	0,1536490000	0,0427248580
447	0,1290313832	0,0627726304	0,1455777364	0,3767090000	0,0502915015	0,1478839674	0,1599900000	0,0417500646
448	0,1315346704	0,0592708304	0,1439262091	0,3771970000	0,0497090581	0,1578747363	0,1657370000	0,0398588675
449	0,1327822181	0,0557350297	0,1410601808	0,3754680000	0,0484878478	0,1667893992	0,1705160000	0,0377718586
450	0,1324961916	0,0520708041	0,1366236148	0,3709150000	0,0464530108	0,1745385760	0,1741730000	0,0353942726
451	0,1301721642	0,0487524953	0,1303462953	0,3621450000	0,0440045044	0,1808942495	0,1763300000	0,0331156460
452	0,1270314178	0,0455970746	0,1234908082	0,3517390000	0,0414549810	0,1863332420	0,1777910000	0,0309174737
453	0,1212158335	0,0423605561	0,1150223551	0,3354870000	0,0386241470	0,1877674748	0,1770170000	0,0287672158
454	0,1147110549	0,0394794399	0,1064231694	0,3176750000	0,0359491725	0,1878720283	0,1747750000	0,0268327382
455	0,1072382464	0,0370208790	0,0975530063	0,2976330000	0,0334425270	0,1862478695	0,1706000000	0,0251525426
456	0,0994666798	0,0350504594	0,0889642556	0,2765870000	0,0314368512	0,1815009032	0,1646700000	0,0237236002
457	0,0918605675	0,0333264956	0,0808608381	0,2559580000	0,0297126806	0,1757267180	0,1582910000	0,0224654088
458	0,0840837154	0,0318549332	0,0738830149	0,2351700000	0,0285805044	0,1670014291	0,1503200000	0,0216545336
459	0,0768611569	0,0306730776	0,0673848596	0,2156330000	0,0276728597	0,1574465673	0,1418610000	0,0209138104
460	0,0701649362	0,0298360025	0,0613355263	0,1971880000	0,0270315939	0,1465033342	0,1324990000	0,0202411713
461	0,0643872042	0,0290781875	0,0562387488	0,1802270000	0,0268746237	0,1353377261	0,1228940000	0,0197967067
462	0,0590791740	0,0283936947	0,0515721359	0,1641900000	0,0268946565	0,1243006527	0,1133810000	0,0194304445
463	0,0550319142	0,0281689433	0,0476710777	0,1511650000	0,0271314652	0,1142133326	0,1046680000	0,0190637405
464	0,0514256364	0,0280998674	0,0440514435	0,1390970000	0,0274732095	0,1045041886	0,0965117000	0,0188185470
465	0,0483974888	0,0282450272	0,0407882403	0,1282430000	0,0279622947	0,0952277480	0,0890497000	0,0187390589
466	0,0458163602	0,0283855778	0,0376658554	0,1183760000	0,0284872870	0,0869324200	0,0820944000	0,0188476087
467	0,0435023102	0,0285430506	0,0347087242	0,1092730000	0,0290262767	0,0793065648	0,0756017000	0,0190206542
468	0,0416215398	0,0288677869	0,0320252312	0,1017440000	0,0296685737	0,0728006187	0,0700740000	0,0192062369
469	0,0401584432	0,0292467534	0,0296558684	0,0946353000	0,0303254294	0,0667860890	0,0650601000	0,0194578537
470	0,0392110366	0,0296993695	0,0276500782	0,0879281000	0,0310087592	0,0612924036	0,0606157000	0,0197979665
471	0,0383719223	0,0301198697	0,0257995008	0,0819142000	0,0315609922	0,0564277003	0,0566499000	0,0203088470
472	0,0376543508	0,0305343974	0,0240433394	0,0762665000	0,0320818507	0,0518707665	0,0529372000	0,0208734236
473	0,0377680141	0,0310466515	0,0225187072	0,0713607000	0,0327868298	0,0478036736	0,0497670000	0,0214936383
474	0,0380254352	0,0313567854	0,0211182907	0,0667089000	0,0332741444	0,0439180798	0,0466150000	0,0221310332
475	0,0384796005	0,0313892827	0,0198888565	0,0624074000	0,0334623896	0,0402832311	0,0434896000	0,0227914721
476	0,0392952102	0,0314703422	0,0189539361	0,0589387000	0,0334232686	0,0369870977	0,0406386000	0,0235665727

5 Anhang

477	0,0402306677	0,0315313913	0,0181309154	0,0558319000	0,0333075018	0,0338607478	0,0379376000	0,0243702413
478	0,0412079359	0,0312007106	0,0174077422	0,0534209000	0,0331244582	0,0311273964	0,0356619000	0,0251095480
479	0,0423519915	0,0308511853	0,0168147810	0,0512477000	0,0329435593	0,0287375038	0,0336727000	0,0259502690
480	0,0437259510	0,0304705933	0,0163883913	0,0493662000	0,0327610332	0,0267803480	0,0320439000	0,0269321588
481	0,0444221653	0,0299337723	0,0161938557	0,0478536000	0,0323167251	0,0249172567	0,0303613000	0,0277045482
482	0,0449068678	0,0293521173	0,0160783373	0,0465683000	0,0318499483	0,0231572099	0,0287381000	0,0284319011
483	0,0454784227	0,0287312967	0,0160022151	0,0462426000	0,0319368316	0,0219084151	0,0276774000	0,0294733875
484	0,0456869909	0,0281183578	0,0160364667	0,0460594000	0,0319196954	0,0208216130	0,0267740000	0,0305029540
485	0,0453827097	0,0275132145	0,0162252794	0,0460738000	0,0317543324	0,0199585795	0,0260882000	0,0315169747
486	0,0448149393	0,0270129135	0,0165775161	0,0465537000	0,0319340780	0,0192840951	0,0256847000	0,0326198902
487	0,0441232853	0,0265594959	0,0169947011	0,0472229000	0,0322361723	0,0186855589	0,0253908000	0,0337738522
488	0,0431370274	0,0263224055	0,0174831318	0,0482154000	0,0325756101	0,0183204115	0,0253142000	0,0350628488
489	0,0419584128	0,0262092619	0,0180626118	0,0493937000	0,0331178249	0,0180856216	0,0253238000	0,0362794899
490	0,0405032059	0,0262798116	0,0187747019	0,0508433000	0,0339576131	0,0180439820	0,0254612000	0,0373873496
491	0,0391403788	0,0264872680	0,0197165808	0,0528316000	0,0347860591	0,0180865394	0,0257857000	0,0384585127
492	0,0378069015	0,0267478223	0,0207418859	0,0550260000	0,0356092684	0,0181765638	0,0261803000	0,0394967892
493	0,0365005563	0,0271007954	0,0217916024	0,0574412000	0,0364563023	0,0185414316	0,0266481000	0,0402933142
494	0,0352343552	0,0276082709	0,0229393414	0,0600894000	0,0374865603	0,0189945584	0,0273176000	0,0410594900
495	0,0340412267	0,0283545744	0,0242330642	0,0630855000	0,0387972559	0,0195831151	0,0282983000	0,0417747439
496	0,0331164985	0,0292179386	0,0257158006	0,0665519000	0,0399474182	0,0203266272	0,0293387000	0,0422992887
497	0,0323094209	0,0301417816	0,0272931770	0,0702259000	0,0410484165	0,0211487467	0,0304165000	0,0427352617
498	0,0318392432	0,0312744334	0,0291369661	0,0741308000	0,0422882397	0,0222416299	0,0316706000	0,0429070359
499	0,0314391414	0,0324608078	0,0309336485	0,0782428000	0,0434529565	0,0233658687	0,0330365000	0,0430764985
500	0,0311542119	0,0337241530	0,0326427812	0,0826533000	0,0444911009	0,0245318238	0,0345699000	0,0432424270
501	0,0309821054	0,0350425126	0,0345169758	0,0873686000	0,0456516820	0,0257657054	0,0362148000	0,0432689731
502	0,0308679697	0,0364132232	0,0364827390	0,0922585000	0,0468677249	0,0270526905	0,0379365000	0,0432303584
503	0,0311631869	0,0380825073	0,0385091593	0,0970868000	0,0480498397	0,0285498105	0,0399048000	0,0431676591
504	0,0314149274	0,0397010789	0,0405295841	0,1020700000	0,0490999786	0,0300382970	0,0418722000	0,0430215161
505	0,0315966655	0,0412078829	0,0425017708	0,1072090000	0,0499214008	0,0314844291	0,0438012000	0,0427520456
506	0,0320969891	0,0428503762	0,0446348580	0,1125640000	0,0507959474	0,0330772325	0,0459357000	0,0427425525
507	0,0327199470	0,0445351964	0,0468241374	0,1179520000	0,0516886097	0,0347099582	0,0481323000	0,0428342386
508	0,0333138088	0,0460948506	0,0489876372	0,1226270000	0,0525600128	0,0360957183	0,0500898000	0,0428924595
509	0,0339595765	0,0476147827	0,0510495728	0,1274490000	0,0533319881	0,0374930665	0,0521701000	0,0431049740
510	0,0346944626	0,0490905770	0,0529774192	0,1325700000	0,0539510023	0,0389274903	0,0544747000	0,0435613730
511	0,0354029445	0,0504975183	0,0548568870	0,1378050000	0,0547784777	0,0402779926	0,0564468000	0,0438386773
512	0,0361180067	0,0518673574	0,0567460578	0,1431310000	0,0556771702	0,0416082209	0,0583395000	0,0440593509
513	0,0369918254	0,0528491612	0,0587078935	0,1481220000	0,0563550316	0,0428737915	0,0606083000	0,0445245202
514	0,0378435080	0,0537550588	0,0605719623	0,1528590000	0,0569301923	0,0440277034	0,0627053000	0,0449205149
515	0,0386482980	0,0545349223	0,0622554900	0,1571280000	0,0573475997	0,0449943014	0,0645057000	0,0452112102
516	0,0393589171	0,0550089045	0,0639912058	0,1613730000	0,0577640833	0,0459139236	0,0664223000	0,0455089808
517	0,0400404597	0,0553556087	0,0657193855	0,1655800000	0,0581743652	0,0467970812	0,0683658000	0,0457979585
518	0,0407866593	0,0554501880	0,0672892634	0,1697290000	0,0585075301	0,0475095628	0,0703007000	0,0459532448
519	0,0414167758	0,0553798998	0,0686870496	0,1738810000	0,0588589579	0,0481036981	0,0720261000	0,0460945985
520	0,0418984269	0,0550847970	0,0698707467	0,1780780000	0,0592323915	0,0485450291	0,0734927000	0,0462140396
521	0,0422821445	0,0546313725	0,0712411637	0,1812960000	0,0593121667	0,0488257351	0,0751806000	0,0463623029
522	0,0426144308	0,0540954241	0,0726301120	0,1842330000	0,0593113291	0,0490220336	0,0768955000	0,0464756712
523	0,0427759149	0,0533206075	0,0736936949	0,1872920000	0,0594091304	0,0489392530	0,0782582000	0,0462486099
524	0,0428309501	0,0524726350	0,0747101276	0,1901640000	0,0594295488	0,0487655590	0,0796482000	0,0459405706
525	0,0427585196	0,0515476574	0,0756646234	0,1927940000	0,0593597171	0,0484861463	0,0810642000	0,0455400837
526	0,0427092197	0,0505027306	0,0766959275	0,1952320000	0,0591383111	0,0481793737	0,0823044000	0,0452182280

5 Anhang

527	0,0426532460	0,0494637744	0,0777161928	0,1976040000	0,0588576545	0,0478270122	0,0834809000	0,0449024750
528	0,0425004498	0,0486013749	0,0785567262	0,1999090000	0,0584218916	0,0472010737	0,0845668000	0,0444672964
529	0,0422990307	0,0476673972	0,0792854953	0,2021930000	0,0579173947	0,0465685362	0,0855531000	0,0440318650
530	0,0420420694	0,0466483615	0,0798950162	0,2044570000	0,0573330890	0,0459225981	0,0864343000	0,0435912111
531	0,0417777976	0,0457570139	0,0803165950	0,2061160000	0,0569319902	0,0451828185	0,0873383000	0,0431524234
532	0,0415147235	0,0448836934	0,0807626788	0,2076360000	0,0565937008	0,0444386916	0,0881774000	0,0427022902
533	0,0412626699	0,0439453804	0,0815544917	0,2091550000	0,0563676418	0,0437640353	0,0886816000	0,0421855962
534	0,0408643292	0,0431897183	0,0821260875	0,2105890000	0,0560029762	0,0430174709	0,0892984000	0,0416765114
535	0,0403260637	0,0426104514	0,0824870213	0,2119450000	0,0555059762	0,0422026032	0,0900248000	0,0411754753
536	0,0399104397	0,0419390570	0,0827421182	0,2129310000	0,0548485450	0,0414238133	0,0908055000	0,0407162946
537	0,0395389971	0,0412872356	0,0829679532	0,2138100000	0,0542787961	0,0406832565	0,0915237000	0,0402730178
538	0,0392090462	0,0407059142	0,0831269009	0,2144780000	0,0541007448	0,0399911860	0,0919638000	0,0398084839
539	0,0388639755	0,0401823165	0,0833826871	0,2150630000	0,0537344595	0,0392850077	0,0924130000	0,0393771753
540	0,0385072692	0,0397081439	0,0837190252	0,2155790000	0,0532124866	0,0385688190	0,0928691000	0,0389746842
541	0,0380726145	0,0392131273	0,0841230461	0,2164850000	0,0528538964	0,0378941345	0,0932003000	0,0386398759
542	0,0376723695	0,0387639092	0,0844435647	0,2172710000	0,0525449370	0,0372618552	0,0934917000	0,0382799986
543	0,0374110047	0,0384656851	0,0844507661	0,2174800000	0,0523199113	0,0367382862	0,0937002000	0,0377951612
544	0,0370838717	0,0381311767	0,0844180902	0,2178940000	0,0521053663	0,0361667041	0,0938950000	0,0374638105
545	0,0367147430	0,0377653656	0,0843629140	0,2184710000	0,0519048831	0,0355687870	0,0940850000	0,0372519338
546	0,0365386892	0,0374016393	0,0844768193	0,2185730000	0,0516932637	0,0349701972	0,0941216000	0,0369692809
547	0,0363212696	0,0371118698	0,0846005313	0,2188320000	0,0514944315	0,0343805529	0,0942790000	0,0367005398
548	0,0359294311	0,0370403528	0,0846959796	0,2195940000	0,0513147163	0,0337872921	0,0947860000	0,0364691051
549	0,0356968399	0,0368904161	0,0847049525	0,2195360000	0,0514107424	0,0333386289	0,0949875000	0,0361812340
550	0,0355715418	0,0366986830	0,0846700188	0,2189950000	0,0516826577	0,0329916220	0,0950066000	0,0358675483
551	0,0354290953	0,0364395264	0,0847336524	0,2193440000	0,0515967905	0,0324674956	0,0950239000	0,0358156180
552	0,0352106740	0,0362781299	0,0846886780	0,2194210000	0,0514901126	0,0319835740	0,0950351000	0,0356868764
553	0,0348112335	0,0363360076	0,0843748969	0,2187590000	0,0513652464	0,0315917204	0,0950210000	0,0353476036
554	0,0346515540	0,0363279092	0,0841834588	0,2182940000	0,0514441415	0,0312087450	0,0949113000	0,0351752368
555	0,0346223080	0,0362860653	0,0840619041	0,2179450000	0,0516334271	0,0308341315	0,0947550000	0,0350944890
556	0,0344979879	0,0363204074	0,0840269517	0,2181530000	0,0517627109	0,0303968826	0,0948818000	0,0349415076
557	0,0343941504	0,0363469603	0,0840298681	0,2180910000	0,0519206622	0,0300082326	0,0949594000	0,0348388593
558	0,0343295155	0,0363557597	0,0841010635	0,2174850000	0,0521340121	0,0297109522	0,0949337000	0,0348327657
559	0,0341968379	0,0364551208	0,0837100157	0,2166540000	0,0523088629	0,0292679046	0,0947724000	0,0346918436
560	0,0340379212	0,0365972552	0,0831298159	0,2157400000	0,0524708716	0,0287709714	0,0945521000	0,0344970624
561	0,0339745693	0,0367768636	0,0830680599	0,2151240000	0,0527650412	0,0285611928	0,0943114000	0,0344815345
562	0,0339299855	0,0369149053	0,0829303515	0,2144680000	0,0530077088	0,0282825788	0,0940292000	0,0344509869
563	0,0339162742	0,0369860419	0,0826692729	0,2137480000	0,0531678050	0,0278910810	0,0936797000	0,0343962472
564	0,0338558084	0,0371311299	0,0822077152	0,2127560000	0,0532960594	0,0276119119	0,0933784000	0,0343331093
565	0,0337916006	0,0373007579	0,0817112510	0,2117600000	0,0534303425	0,0273832302	0,0931180000	0,0342750236
566	0,0338614521	0,0374290038	0,0815685488	0,2116450000	0,0537681708	0,0271964592	0,0930198000	0,0342818801
567	0,0338996272	0,0375999848	0,0813239848	0,2110380000	0,0540651360	0,0269488679	0,0927750000	0,0342857026
568	0,0338963941	0,0378297301	0,0809460220	0,2097790000	0,0543085040	0,0266209818	0,0923367000	0,0342868423
569	0,0339468516	0,0380245601	0,0805135688	0,2086460000	0,0545639951	0,0264215041	0,0920408000	0,0341684309
570	0,0340198408	0,0382175772	0,0800930435	0,2075260000	0,0548285362	0,0262522086	0,0917718000	0,0340325370
571	0,0341381089	0,0384727794	0,0798466926	0,2061530000	0,0551325814	0,0260148245	0,0913649000	0,0340155199
572	0,0342439792	0,0386895764	0,0794864231	0,2049950000	0,0554041857	0,0257800354	0,0909465000	0,0339640789
573	0,0343359585	0,0388635788	0,0789952045	0,2040730000	0,0556397849	0,0255468707	0,0905123000	0,0338732126
574	0,0343113116	0,0392213163	0,0784081268	0,2030260000	0,0557479720	0,0253977784	0,0899842000	0,0338744263
575	0,0343006008	0,0395962321	0,0778611253	0,2019210000	0,0558840565	0,0252544760	0,0894537000	0,0339111352
576	0,0344872027	0,0398587339	0,0776076094	0,2006450000	0,0563008128	0,0250436683	0,0890036000	0,0340219539

5 Anhang

577	0,0346191973	0,0401105720	0,0772450567	0,1992990000	0,0565201813	0,0248303032	0,0886043000	0,0339481569
578	0,0347010211	0,0403524975	0,0767859239	0,1979000000	0,0565573321	0,0246165144	0,0882569000	0,0337048004
579	0,0347873190	0,0406937378	0,0762564838	0,1965400000	0,0567211471	0,0244316630	0,0878055000	0,0337657961
580	0,0348720664	0,0409990853	0,0756794128	0,1952310000	0,0568708366	0,0242665893	0,0872744000	0,0337933878
581	0,0349461947	0,0411236031	0,0749515716	0,1940380000	0,0568976423	0,0241503494	0,0864963000	0,0335340801
582	0,0350061222	0,0413153628	0,0743505778	0,1925600000	0,0569337010	0,0240246174	0,0857897000	0,0333778552
583	0,0350543376	0,0415574039	0,0738402208	0,1908520000	0,0569749106	0,0238902868	0,0851310000	0,0332977411
584	0,0351921540	0,0418931245	0,0732651546	0,1890450000	0,0570929469	0,0236932702	0,0844957000	0,0332575848
585	0,0353217046	0,0422270861	0,0726570807	0,1873080000	0,0571593132	0,0235260611	0,0838928000	0,0331910323
586	0,0354075115	0,0425340548	0,0719733898	0,1857780000	0,0570671184	0,0234538034	0,0833702000	0,0330431697
587	0,0354654675	0,0428885205	0,0713114526	0,1840690000	0,0569617187	0,0233160449	0,0827747000	0,0329358359
588	0,0355062765	0,0432706848	0,0706651551	0,1822560000	0,0568486848	0,0231388946	0,0821368000	0,0328535877
589	0,0355358953	0,0435169091	0,0699705934	0,1805720000	0,0567722498	0,0230773169	0,0813538000	0,0327882287
590	0,0355993673	0,0437561051	0,0692831766	0,1788850000	0,0567029949	0,0229796582	0,0805837000	0,0326994489
591	0,0357285927	0,0439826509	0,0686041207	0,1771630000	0,0566397615	0,0227993417	0,0798376000	0,0325578039
592	0,0357764184	0,0442818466	0,0679447410	0,1750180000	0,0565492132	0,0227192231	0,0790621000	0,0324499609
593	0,0357857797	0,0446188009	0,0672916665	0,1727000000	0,0564494607	0,0226874508	0,0782780000	0,0323569553
594	0,0357585752	0,0450613731	0,0664210394	0,1707090000	0,0563900585	0,0226698310	0,0774725000	0,0321971248
595	0,0357346759	0,0454415958	0,0655967780	0,1689390000	0,0563142298	0,0226732724	0,0767189000	0,0321050315
596	0,0357151577	0,0457226865	0,0648431364	0,1675100000	0,0562110026	0,0227095379	0,0760448000	0,0321192772
597	0,0356896221	0,0460237328	0,0639916200	0,1654800000	0,0561270909	0,0226520463	0,0751632000	0,0319947186
598	0,0356639208	0,0463491682	0,0631092648	0,1632460000	0,0560620274	0,0225791991	0,0742122000	0,0318384202
599	0,0356608321	0,0468350361	0,0622897275	0,1611490000	0,0561191284	0,0226751024	0,0733255000	0,0318478548
600	0,0356493613	0,0472441582	0,0614996102	0,1589950000	0,0561731003	0,0227495273	0,0725208000	0,0318973222
601	0,0356232477	0,0475510252	0,0607415826	0,1567580000	0,0562161672	0,0227943398	0,0718120000	0,0319922039
602	0,0355460329	0,0481123830	0,0599649498	0,1546450000	0,0562783256	0,0229662613	0,0710096000	0,0320431967
603	0,0354624693	0,0486916945	0,0591478101	0,1525080000	0,0563857276	0,0231789645	0,0701506000	0,0320966521
604	0,0354162961	0,0490203172	0,0581758759	0,1501760000	0,0567069175	0,0234373437	0,0691503000	0,0322192770
605	0,0352991229	0,0495049619	0,0572105859	0,1480740000	0,0569913572	0,0236398883	0,0681914000	0,0324324984
606	0,0351137604	0,0501372197	0,0562488720	0,1461820000	0,0572402646	0,0237893663	0,0672686000	0,0327312487
607	0,0351302296	0,0505915411	0,0555019227	0,1437180000	0,0577436511	0,0240596932	0,0661834000	0,0328843307
608	0,0351405044	0,0511143586	0,0547253388	0,1412110000	0,0582777987	0,0243999187	0,0651564000	0,0330963815
609	0,0350300963	0,0519558010	0,0537560978	0,1388950000	0,0587838436	0,0249143315	0,0644325000	0,0335822757
610	0,0350146482	0,0528685643	0,0528369412	0,1367120000	0,0594815614	0,0254416041	0,0635288000	0,0340364742
611	0,0350645989	0,0538318311	0,0519456974	0,1346030000	0,0603151449	0,0259780540	0,0624862000	0,0344666902
612	0,0349916133	0,0548750788	0,0510800378	0,1324470000	0,0614948114	0,0266658256	0,0616160000	0,0351633227
613	0,0348863600	0,0559318053	0,0501853150	0,1301430000	0,0626917360	0,0273142214	0,0606287000	0,0359057371
614	0,0347250410	0,0569975905	0,0492307101	0,1275280000	0,0638659723	0,0278394863	0,0593518000	0,0367097991
615	0,0347934914	0,0584147835	0,0483251049	0,1252930000	0,0656220915	0,0287568703	0,0584288000	0,0376001691
616	0,0349816801	0,0600151343	0,0474495725	0,1232560000	0,0676849039	0,0298784618	0,0576920000	0,0385369815
617	0,0350573392	0,0616518948	0,0466778320	0,1207150000	0,0699685476	0,0309512087	0,0567495000	0,0396502353
618	0,0351854174	0,0634890963	0,0458497904	0,1183590000	0,0725237914	0,0321292081	0,0558064000	0,0408714455
619	0,0354033527	0,0656521758	0,0449362593	0,1163520000	0,0755193261	0,0334759363	0,0548747000	0,0422659027
620	0,0356938452	0,0678950590	0,0440431875	0,1141130000	0,0787951651	0,0350569408	0,0540351000	0,0438265995
621	0,0360099602	0,0702212247	0,0431472826	0,1118090000	0,0822434473	0,0367479255	0,0532019000	0,0454645446
622	0,0363380141	0,0730298387	0,0422610304	0,1100070000	0,0862655130	0,0386084949	0,0522100000	0,0472100172
623	0,0367422339	0,0759831601	0,0413908596	0,1079970000	0,0906493327	0,0406223566	0,0511764000	0,0491335207
624	0,0372391551	0,0790909852	0,0405511242	0,1057530000	0,0954455414	0,0428094904	0,0501030000	0,0512624896
625	0,0378973039	0,0826727985	0,0398660112	0,1036800000	0,1009882358	0,0455324136	0,0493791000	0,0533787753
626	0,0386212771	0,0864467807	0,0391620829	0,1016380000	0,1068302283	0,0484151315	0,0486696000	0,0555497856

5 Anhang

627	0,0394542363	0,0904472020	0,0382242623	0,0996732000	0,1130113658	0,0513265826	0,0476636000	0,0579116080
628	0,0404162817	0,0944550169	0,0373773653	0,0977463000	0,1196439260	0,0545724705	0,0467192000	0,0605184000
629	0,0414918673	0,0984595075	0,0366148713	0,0958602000	0,1266640103	0,0581096720	0,0458334000	0,0633382230
630	0,0426700476	0,1016326457	0,0358690021	0,0936571000	0,1338467143	0,0620950409	0,0449894000	0,0664184763
631	0,0439453099	0,1041767796	0,0350664728	0,0915037000	0,1408687968	0,0662657082	0,0441389000	0,0696124916
632	0,0454958487	0,1052069817	0,0341026499	0,0896502000	0,1474368183	0,0708659581	0,0432714000	0,0730906640
633	0,0471933990	0,1048032539	0,0334009792	0,0875928000	0,1527659641	0,0755660767	0,0423681000	0,0767755372
634	0,0489904004	0,1034863974	0,0328635600	0,0853985000	0,1573261174	0,0803462047	0,0414390000	0,0806047938
635	0,0508206959	0,0993553635	0,0320756953	0,0837894000	0,1581592341	0,0853635273	0,0405955000	0,0847048530
636	0,0527550915	0,0943975607	0,0312987423	0,0821870000	0,1573156944	0,0902824737	0,0397901000	0,0886378892
637	0,0548971473	0,0879432979	0,0305555287	0,0805663000	0,1533481898	0,0950027558	0,0390545000	0,0922332427
638	0,0571458818	0,0811708838	0,0298982372	0,0786102000	0,1460622488	0,0992519904	0,0382253000	0,0951544745
639	0,0594441472	0,0742761870	0,0292697981	0,0765225000	0,1371029268	0,1031882030	0,0373638000	0,0976748408
640	0,0616771379	0,0679914253	0,0285523082	0,0747598000	0,1250035365	0,1052597899	0,0366763000	0,0984049736
641	0,0637851194	0,0621741191	0,0278238077	0,0729858000	0,1125266201	0,1064903625	0,0359393000	0,0981204249
642	0,0657083079	0,0570583143	0,0270909108	0,0712230000	0,0996792831	0,1065782248	0,0351468000	0,0964723886
643	0,0672812043	0,0526639697	0,0264939872	0,0696062000	0,0882918412	0,1048256763	0,0342746000	0,0931438534
644	0,0685783650	0,0486255049	0,0259092281	0,0680205000	0,0775172532	0,1021719957	0,0334326000	0,0889942900
645	0,0688419973	0,0455869717	0,0252057876	0,0664327000	0,0682250985	0,0973106934	0,0328993000	0,0828762854
646	0,0682839846	0,0428893517	0,0245279867	0,0647966000	0,0600260681	0,0915691174	0,0321646000	0,0765770711
647	0,0669590054	0,0405038790	0,0238725025	0,0631119000	0,0528300449	0,0849970710	0,0312407000	0,0700974665
648	0,0640085729	0,0385340053	0,0233170753	0,0615662000	0,0473747031	0,0774706445	0,0306233000	0,0641738653
649	0,0605647802	0,0367629071	0,0227766998	0,0600792000	0,0424407536	0,0698638886	0,0299965000	0,0587122007
650	0,0562581480	0,0354130916	0,0222375794	0,0587021000	0,0383538441	0,0623466105	0,0292147000	0,0543859558
651	0,0517003729	0,0340313107	0,0216319884	0,0572029000	0,0347900118	0,0551911826	0,0285649000	0,0507486851
652	0,0470049158	0,0326379319	0,0209894717	0,0556391000	0,0315672111	0,0482883838	0,0280032000	0,0475584964
653	0,0425336243	0,0316012944	0,0204693188	0,0543019000	0,0292963543	0,0425868193	0,0273025000	0,0456065069
654	0,0382854460	0,0306236302	0,0199457215	0,0529061000	0,0271790791	0,0373265606	0,0266137000	0,0439533811
655	0,0344686956	0,0297492505	0,0194144313	0,0514010000	0,0253267659	0,0328764746	0,0259558000	0,0428247940
656	0,0312374214	0,0289548932	0,0189526029	0,0501073000	0,0237831604	0,0290048628	0,0253764000	0,0422394909
657	0,0283089376	0,0281897748	0,0185075087	0,0489009000	0,0223736114	0,0254444772	0,0248225000	0,0418967724
658	0,0260508487	0,0273666256	0,0179257864	0,0476836000	0,0210403918	0,0226560428	0,0241843000	0,0418347380
659	0,0239410878	0,0266524642	0,0174183709	0,0465040000	0,0199279706	0,0201247323	0,0236049000	0,0419044115
660	0,0220192914	0,0260731430	0,0170029596	0,0453754000	0,0190868032	0,0179143046	0,0230994000	0,0421333783
661	0,0204644819	0,0254031198	0,0165299613	0,0440440000	0,0181919044	0,0161936111	0,0224741000	0,0423664179
662	0,0190530419	0,0247265315	0,0160516491	0,0427299000	0,0173362996	0,0146481937	0,0218594000	0,0425869031
663	0,0179029974	0,0241012663	0,0156007614	0,0416693000	0,0166933699	0,0133855613	0,0213964000	0,0427470360
664	0,0168342206	0,0235010903	0,0151398474	0,0405763000	0,0160578276	0,0122044769	0,0208847000	0,0427434742
665	0,0158295337	0,0229208151	0,0146712143	0,0394584000	0,0154282787	0,0110877160	0,0203350000	0,0426115407
666	0,0150333440	0,0224316675	0,0143064063	0,0382443000	0,0148216474	0,0103459841	0,0198530000	0,0417419739
667	0,0142926080	0,0219224123	0,0139463546	0,0371225000	0,0142232991	0,0096469215	0,0193989000	0,0405533857
668	0,0136304169	0,0213396780	0,0135716668	0,0362144000	0,0136294095	0,0089667305	0,0189892000	0,0387304262
669	0,0130404060	0,0208806586	0,0132114474	0,0352297000	0,0131770871	0,0083823577	0,0184304000	0,0364469552
670	0,0124877651	0,0204769081	0,0128563739	0,0342100000	0,0127928417	0,0078487203	0,0178097000	0,0339156258
671	0,0119163608	0,0198706429	0,0124116070	0,0331549000	0,0123101502	0,0073407392	0,0174304000	0,0306066672
672	0,0113978238	0,0193282024	0,0120145431	0,0322147000	0,0118489245	0,0069002825	0,0170009000	0,0274742331
673	0,0109529741	0,0188751218	0,0116842781	0,0314353000	0,0114166509	0,0065547863	0,0164978000	0,0243730284
674	0,0105920200	0,0184949367	0,0113369596	0,0305922000	0,0110096901	0,0062530986	0,0160947000	0,0216218491
675	0,0102440413	0,0181138031	0,0109913393	0,0297307000	0,0106242113	0,0059715302	0,0157184000	0,0190394708
676	0,0098431642	0,0176207881	0,0106871231	0,0288804000	0,0103245588	0,0057377153	0,0153418000	0,0168848095

5 Anhang

677	0,0095151659	0,0171435545	0,0103565168	0,0280694000	0,0100093261	0,0054974691	0,0149480000	0,0149537671
678	0,0092530445	0,0166811301	0,0100027045	0,0272949000	0,0096805632	0,0052518295	0,0145392000	0,0132268846
679	0,0089471086	0,0163488778	0,0097786593	0,0265907000	0,0093588918	0,0050680256	0,0141917000	0,0118336074
680	0,0086341782	0,0160145162	0,0095187251	0,0258376000	0,0090576321	0,0048959761	0,0138468000	0,0106011400
681	0,0083132813	0,0156309860	0,0091209531	0,0249258000	0,0088061197	0,0047351086	0,0134867000	0,0096911581
682	0,0080722081	0,0152211666	0,0088424950	0,0241791000	0,0085321826	0,0045181956	0,0131106000	0,0088399953
683	0,0078746609	0,0148006081	0,0086296063	0,0235263000	0,0082485691	0,0042742416	0,0127274000	0,0080292863
684	0,0076254058	0,0144847535	0,0083844792	0,0229282000	0,0080437482	0,0041743525	0,0123484000	0,0074964869
685	0,0073751656	0,0141521779	0,0081311617	0,0222968000	0,0078188425	0,0040655365	0,0120102000	0,0069678100
686	0,0071230603	0,0137935814	0,0078649785	0,0216138000	0,0075629633	0,0039429387	0,0117340000	0,0064447214
687	0,0069184333	0,0134039990	0,0076565951	0,0209312000	0,0073522089	0,0038264066	0,0113919000	0,0060359990
688	0,0067361296	0,0130175720	0,0074540702	0,0202584000	0,0071467904	0,0037118452	0,0110492000	0,0056658000
689	0,0065945212	0,0126899253	0,0071752913	0,0196167000	0,0068845238	0,0035936787	0,0108077000	0,0053063728
690	0,0064081924	0,0123800211	0,0069359444	0,0191041000	0,0066616002	0,0034718565	0,0105535000	0,0050167839
691	0,0061802397	0,0120851612	0,0067320098	0,0187081000	0,0064740404	0,0033463223	0,0102865000	0,0047905972
692	0,0059854413	0,0117007583	0,0064881843	0,0180343000	0,0062714862	0,0032224945	0,0099705800	0,0045451598
693	0,0058214870	0,0113482058	0,0062617141	0,0174140000	0,0060892271	0,0031124880	0,0096691400	0,0043136571
694	0,0057289079	0,0111073945	0,0060931279	0,0170217000	0,0059651304	0,0030384106	0,0094203000	0,0041243187
695	0,0055579217	0,0108757175	0,0059240965	0,0164989000	0,0058176137	0,0029659069	0,0091600800	0,0039565148
696	0,0053463225	0,0106473927	0,0057551536	0,0159089000	0,0056564009	0,0028936693	0,0088935000	0,0038005626
697	0,0052000971	0,0103433831	0,0055898936	0,0154298000	0,0054478471	0,0027943579	0,0086053700	0,0036422784
698	0,0050503339	0,0100376973	0,0054204094	0,0150192000	0,0052577086	0,0027085890	0,0083552800	0,0034883834
699	0,0048960352	0,0097311534	0,0052454533	0,0147144000	0,0050965112	0,0026438156	0,0081641900	0,0033419624
700	0,0047834878	0,0094635576	0,0050814536	0,0142481000	0,0049493951	0,0025827302	0,0079385900	0,0031982811
701	0,0046735763	0,0092162984	0,0049211201	0,0137552000	0,0048023689	0,0025210679	0,0077023600	0,0030625493
702	0,0045010263	0,0090308392	0,0047664659	0,0134219000	0,0046314095	0,0024502436	0,0074716700	0,0029753108
703	0,0043783767	0,0087858269	0,0046159453	0,0130476000	0,0044887556	0,0023688702	0,0072409500	0,0028708887
704	0,0043049804	0,0084826426	0,0044697100	0,0126336000	0,0043741436	0,0022772420	0,0070105400	0,0027497191
705	0,0041727096	0,0082602220	0,0043490920	0,0122216000	0,0042666256	0,0022307168	0,0068350100	0,0026850700
706	0,0040470525	0,0080424599	0,0042220320	0,0118149000	0,0041433419	0,0021906207	0,0066660900	0,0026193222
707	0,0039654340	0,0077961908	0,0040597968	0,0114121000	0,0039645460	0,0021486802	0,0064879100	0,0025224772
708	0,0038554161	0,0075838082	0,0039117388	0,0110517000	0,0038552573	0,0020817573	0,0062848700	0,0024380197
709	0,0037277127	0,0073923663	0,0037723879	0,0107175000	0,0037890726	0,0019992864	0,0060662800	0,0023612031
710	0,0035915763	0,0071705772	0,0036625749	0,0103963000	0,0036766632	0,0019774229	0,0059372200	0,0022890779
711	0,0034654806	0,0069546731	0,0035537088	0,0100544000	0,0035633620	0,0019452811	0,0057982400	0,0022177786
712	0,0033560933	0,0067488047	0,0034460003	0,0096772300	0,0034489809	0,0018953499	0,0056417100	0,0021477296
713	0,0032404327	0,0065722642	0,0033403730	0,0094560300	0,0033407122	0,0018201032	0,0054815100	0,0020712636
714	0,0031290069	0,0064061027	0,0032360208	0,0092701000	0,0032378316	0,0017457691	0,0053213900	0,0019961055
715	0,0030552293	0,0062392721	0,0031322393	0,0089727000	0,0031537266	0,0017295401	0,0051647200	0,0019409484
716	0,0029937688	0,0060516029	0,0030299056	0,0086720500	0,0030420948	0,0016968329	0,0050024300	0,0018813418
717	0,0029436638	0,0058428982	0,0029283252	0,0083664700	0,0029035252	0,0016481973	0,0048337800	0,0018171238
718	0,0028262429	0,0056966766	0,0028197557	0,0081205400	0,0028596873	0,0016182778	0,0046946600	0,0017567031
719	0,0027143007	0,0055360689	0,0027132088	0,0078856400	0,0028150081	0,0015721160	0,0045532800	0,0017024624
720	0,0026388241	0,0053190305	0,0026150054	0,0076629100	0,0027387009	0,0014774938	0,0043976900	0,0016637755
721	0,0025530254	0,0051472978	0,0025271470	0,0074159300	0,0026167893	0,0014265447	0,0042615400	0,0016063106
722	0,0024615557	0,0049996069	0,0024456401	0,0071590700	0,0024750999	0,0013995997	0,0041357700	0,0015407352
723	0,0023580327	0,0048505599	0,0023813134	0,0069526800	0,0024222209	0,0013982430	0,0040072600	0,0015117102
724	0,0022754943	0,0047162734	0,0023133687	0,0067501200	0,0023781961	0,0013736752	0,0039075700	0,0014724351
725	0,0022209373	0,0046012519	0,0022401563	0,0065516400	0,0023459174	0,0013175311	0,0038463600	0,0014190630
726	0,0021700183	0,0044865371	0,0021502840	0,0063117000	0,0022578416	0,0012923964	0,0037114200	0,0013907261

5 Anhang

727	0,0021134323	0,0043657127	0,0020632293	0,0060812200	0,0021726445	0,0012687212	0,0035696200	0,0013632362
728	0,0020286194	0,0042173855	0,0020038181	0,0059297200	0,0021548108	0,0012196533	0,0034715200	0,0013137483
729	0,0019728102	0,0040838175	0,0019389915	0,0057371500	0,0020833636	0,0011789985	0,0033765700	0,0012793594
730	0,0019376859	0,0039606386	0,0018702042	0,0055149400	0,0019734500	0,0011443124	0,0032837500	0,0012557314
731	0,0018793810	0,0038365526	0,0018276523	0,0053292100	0,0019048695	0,0011066786	0,0031908700	0,0012125727
732	0,0018215925	0,0037292688	0,0017786037	0,0051644000	0,0018536520	0,0010782819	0,0031035200	0,0011724834
733	0,0017663412	0,0036519238	0,0017179578	0,0050356600	0,0018308869	0,0010660877	0,0030266400	0,0011389180
734	0,0017049127	0,0035424885	0,0016435496	0,0048275100	0,0017717297	0,0010445010	0,0029145000	0,0010954400
735	0,0016458072	0,0034254755	0,0015687565	0,0046140600	0,0017061707	0,0010197626	0,0028002100	0,0010520621
736	0,0016098156	0,0033222825	0,0015153101	0,0045035000	0,0016663870	0,0009940151	0,0027331100	0,0010258277
737	0,0015861493	0,0032305463	0,0014686790	0,0043947500	0,0016115968	0,0009697135	0,0026678100	0,0009931614
738	0,0015723683	0,0031482253	0,0014276208	0,0042878000	0,0015450542	0,0009466434	0,0026041800	0,0009554884
739	0,0015494297	0,0030303139	0,0013953551	0,0040907900	0,0014898052	0,0009154440	0,0025384100	0,0009413233
740	0,0015007586	0,0029178916	0,0013498322	0,0039252900	0,0014362543	0,0008931619	0,0024599700	0,0009245703
741	0,0014041974	0,0028186538	0,0012783586	0,0038268100	0,0013847228	0,0008883179	0,0023575600	0,0009007239
742	0,0013792448	0,0027704823	0,0012457043	0,0037341800	0,0013405201	0,0008825955	0,0022769800	0,0008751196
743	0,0013705210	0,0027301427	0,0012236860	0,0036353700	0,0013007451	0,0008743736	0,0022020100	0,0008482057
744	0,0013021253	0,0026226147	0,0011814137	0,0034822800	0,0012730596	0,0008517484	0,0021130400	0,0008167424
745	0,0012478122	0,0025323969	0,0011357800	0,0033583900	0,0012564711	0,0008244243	0,0020406400	0,0007847347
746	0,0012064770	0,0024582046	0,0010872152	0,0032614400	0,0012500492	0,0007929009	0,0019835200	0,0007523219
747	0,0011962211	0,0023755099	0,0010546625	0,0031561500	0,0012061662	0,0007642756	0,0019228500	0,0007333067
748	0,0011952549	0,0023059471	0,0010155758	0,0030743400	0,0011521848	0,0007302895	0,0018770400	0,0007139708
749	0,0012088386	0,0022671751	0,0009588106	0,0030462400	0,0010830698	0,0006838034	0,0018649300	0,0006912852
750	0,0011657908	0,0022037544	0,0009246031	0,0029564900	0,0010873386	0,0006774418	0,0018134400	0,0006734534
751	0,0011072208	0,0021298462	0,0009000175	0,0028420800	0,0011135256	0,0006864508	0,0017459600	0,0006581379
752	0,0011215543	0,0020566880	0,0008781040	0,0027407400	0,0010638500	0,0006838284	0,0016846200	0,0006478209
753	0,0010930191	0,0019976755	0,0008562041	0,0026092600	0,0010087302	0,0006667682	0,0016353700	0,0006377242
754	0,0010205737	0,0019532175	0,0008343387	0,0024470300	0,0009480858	0,0006349266	0,0015985600	0,0006278620
755	0,0009820564	0,0018945923	0,0008022040	0,0024303400	0,0009609717	0,0006336598	0,0015443300	0,0006003470
756	0,0009579042	0,0018370532	0,0007712697	0,0024045500	0,0009564663	0,0006188407	0,0014861200	0,0005779781
757	0,0009593969	0,0017866623	0,0007464672	0,0023139100	0,0008876138	0,0005617441	0,0014235000	0,0005735858
758	0,0009285032	0,0017235089	0,0007226034	0,0022209100	0,0008541442	0,0005308135	0,0013956500	0,0005544570
759	0,0008866309	0,0016600352	0,0006994521	0,0021324700	0,0008358704	0,0005147239	0,0013801600	0,0005293561
760	0,0008884434	0,0016593619	0,0006806179	0,0021093200	0,0008077650	0,0005301547	0,0013272900	0,0005139787
761	0,0008549036	0,0016315786	0,0006585542	0,0020321900	0,0007790558	0,0005504060	0,0012806900	0,0004982452
762	0,0007831764	0,0015746088	0,0006330302	0,0018967700	0,0007497263	0,0005759599	0,0012409200	0,0004821516
763	0,0007874014	0,0015030686	0,0006096977	0,0018677600	0,0007454109	0,0005358546	0,0012168200	0,0004829168
764	0,0007885192	0,0014378372	0,0005856369	0,0018466200	0,0007395300	0,0004976648	0,0011849600	0,0004815450
765	0,0007546964	0,0013955125	0,0005593138	0,0018091800	0,0007208303	0,0004883168	0,0011276900	0,0004686386
766	0,0007364743	0,0013640273	0,0005541099	0,0017456800	0,0007221193	0,0004669594	0,0010899400	0,0004518149
767	0,0007261547	0,0013381359	0,0005588538	0,0016684300	0,0007324019	0,0004397680	0,0010622500	0,0004336189
768	0,0007092670	0,0013159600	0,0005286261	0,0016136600	0,0006963876	0,0004344824	0,0010357000	0,0004399562
769	0,0006903222	0,0012771993	0,0005061935	0,0015703200	0,0006612263	0,0004309614	0,0009974580	0,0004356000
770	0,0006685631	0,0012147436	0,0004952479	0,0015439400	0,0006275977	0,0004300343	0,0009426020	0,0004157916
771	0,0006634340	0,0011853587	0,0004841893	0,0014770600	0,0005827459	0,0004094439	0,0009302740	0,0003918722
772	0,0006595738	0,0011637477	0,0004665521	0,0014071400	0,0005456336	0,0003922984	0,0009226640	0,0003723440
773	0,0006409394	0,0011383330	0,00044178941	0,0013752500	0,0005607109	0,0004168392	0,0008843450	0,0003795444
774	0,0006222040	0,0010877828	0,0004011167	0,0013480800	0,0005565870	0,0004245410	0,0008724950	0,0003708658
775	0,0006033841	0,0010176324	0,0004091698	0,0013246000	0,0005375052	0,0004191300	0,0008812650	0,0003498145
776	0,0005833964	0,0010322542	0,0004081096	0,0012744500	0,0005406021	0,0003834867	0,0008338460	0,0003464331

5 Anhang

777	0,0005704499	0,0010302013	0,0003976273	0,0012299800	0,0005250923	0,0003556784	0,0007911940	0,0003333438
778	0,0005698202	0,0009945150	0,0003714640	0,0011971400	0,0004762660	0,0003432991	0,0007602600	0,0003025485
779	0,0005403473	0,0009484456	0,0003612016	0,0011802500	0,0004614577	0,0003645270	0,0007355490	0,0003136007
780	0,0005084263	0,0009049657	0,0003519550	0,0011642500	0,0004554344	0,0003851339	0,0007170550	0,0003293981

Abbildungsverzeichnis

1.1	XYZ Spektralwertfunktionen des 2°-Normalbetrachters ¹	6
1.2	Darstellung des xy-Farbraums mit eingezeichneter Koordinate ²	7
1.3	Darstellung des u'v'-Farbraums mit Plank'schem Kurvenzug ³	8
1.4	Darstellung des dreidimensionalen L*U*V*-Farbraums ⁴	9
1.5	Die acht Color Test Samples (CTS) des CRI von gemessenem Sonnenlicht ⁵	11
1.6	Die verschiedenen R_i Farbreferenzen ⁶	13
1.7	Ergbnisprotokoll der TLCI-Messung eines High End Systems SolarWash Pro 2000 LED-Scheinwerfers ⁷	15
1.8	Alle neunundneunzig Referenzfarben des TM-30 ⁸	17
1.9	Ergebnisprotokoll einer TM-30 Messung eines Robe Robin Viva CMY mit allen 50 Ergebnissen. Der Report wurde mit dem ANSI/IES TM-30-18 Calculator Version 2.00 erstellt.	21
1.10	Ergebnisprotokoll einer SSI-Messung mit zusätzlicher Darstellung der spektralen Differenzen ⁹	23
1.11	Darstellung der R_{1-8} -Werte eines Testscheinwerfers (orange Kurve) und Referenzlichtquelle (blaue Kurve) im x,y-Farbraum	27
1.12	Vorgang einer Sensitivitätsanalyse ¹⁰	31
1.13	Tabelle einer Präferenzanalyse mit 28 von 91 Schritten ¹¹	33
1.14	Bildhafte Darstellung der verschiedenen Skalen ¹²	34
2.1	Natives Spektrum des Varyscan P7	36
2.2	Natives Spektrum des P12 Profile	36
2.3	Natives Spektrum des Source 4 LED Series 3	36
2.4	Schematische Darstellung der direkten Messung der LED-Scheinwerfer zur Verifizierung des FixtureCheck-Methode	37
3.1	Graphische Darstellung des Messaufbaus bei der FixtureCheck-Methode	64
3.2	Einfügen der gemessenen Spektren bei der FixtureCheck-Methode . .	65
3.3	Einfügen der gemessenen Spektren bei der FixtureCheck-Methode . .	66
4.1	Spektrale Kamerakurven der „Standard“-Fernsehkamera der EBU ¹³ .	68
4.2	Optischer Vergleich des Source 4 LED Series 2 mit dem X4 L. Die Druckfarben sind nicht farbecht.	69
4.3	Beispiel für die Erweiterung der FixtureCheck-Methode mit einem optischen Vergleich	70
5.1	Spektrum K-Eye 3200K	75

Abbildungsverzeichnis

5.2	Spektrum Arri L7C 3200K	76
5.3	Spektrum VaryScan P7 3200K	76
5.4	Spektrum P12 Profile 3200K	77
5.5	Spektrum Source4 S2 3200K	77
5.6	Spektrum TourLED 3200K	78
5.7	Spektrum Viva CMY 3200K	78
5.8	Spektrum Source4 S2 3200K	79
5.9	Spektrum K-Eye 4000K	79
5.10	Spektrum Arri L7C 4000K	80
5.11	Spektrum VaryScan P7 4000K	80
5.12	Spektrum P12 Profile 4000K	81
5.13	Spektrum Source4 S2 4000K	81
5.14	Spektrum TourLED 4000K	82
5.15	Spektrum Viva CMY 4000K	82
5.16	Spektrum Source4 S2 4000K	83
5.17	Spektrum K-Eye 5600K	83
5.18	Spektrum Arri L7C 5600K	84
5.19	Spektrum VaryScan P7 5600K	84
5.20	Spektrum P12 Profile 5600K	85
5.21	Spektrum Source4 S2 5600K	85
5.22	Spektrum TourLED 5600K	86
5.23	Spektrum Viva CMY 5600K	87
5.24	Spektrum Source4 S2 5600K	88
5.25	Spektrum K-Eye nativK	89
5.26	Spektrum Arri L7C nativK	90
5.27	Spektrum VaryScan P7 nativK	91
5.28	Spektrum P12 Profile nativK	92
5.29	Spektrum Source4 S2 nativK	93
5.30	Spektrum TourLED nativK	94
5.31	Spektrum Viva CMY nativK	95
5.32	Spektrum Source4 S2 nativK	96

Tabellenverzeichnis

1.1	Einschätzung der CRI R_a -Werte ¹⁴	11
1.2	Einschätzung der TLCI Q_a -Werte ¹⁵	14
1.3	Gewichtung der Beispiel Kann-Ziele A,B,C und D ¹⁶	30
1.4	Abstufungen einer 10 Punkte Skala zur Einschätzung des Zielerfüllungsfaktors Zf ¹⁷	30
2.1	Auflistung der Scheinwerfer zum Testen der FixtureCheck-Methode .	36
2.2	Messergebnisse bei nativen Einstellungen. SSI und ΔE_{uv}^* können nur im Zusammenhang mit zwei Spektren gemessen werden und sind daher nicht angegeben.	38
2.3	Messergebnisse bei CCT = 3200 K	39
2.4	Messergebnisse bei CCT = 4000 K	39
2.5	Messergebnisse bei CCT = 5600 K	40
3.1	Abstufungen einer 10 Punkte Skala zur Einschätzung des Teilnutzwerts bei der FixtureCheck-Methode ¹⁸	46
3.2	TN des R_f -Wert bei CCT = 4000K	50
3.3	N des R_f -Wert bei CCT = 4000K	51
3.4	Gewichtung der Kriterien in beiden Fällen ¹⁹	53
3.5	Abstufungen einer 10 Punkte Skala zur Einschätzung des „Ähnlichkeitsfaktor“ GN bei der FixtureCheck-Methode ²⁰	54
3.6	GN bei 3200 K mit Gf=0,2	55
3.7	GN bei 4000 K mit Gf=0,2	56
3.8	GN bei 5600 K mit Gf=0,2	56
3.9	GN bei 3200 K mit Gf=0,8 für SSI & FSI	57
3.10	GN bei 4000 K mit Gf=0,8 für SSI & FSI	57
3.11	GN bei 5600 K mit Gf=0,8 für SSI & FSI	57
3.12	GN bei 3200 K mit Gf=0,2 für SSI & FSI	58
3.13	GN bei 4000 K mit Gf=0,2 für SSI & FSI	59
3.14	GN bei 5600 K mit Gf=0,2 für SSI & FSI	59
3.15	GN bei 3200 K mit den Gf, die bei der FixtureCheck-Methode angewandt werden.	60
3.16	GN bei 4000 K mit den Gf, die bei der FixtureCheck-Methode angewandt werden.	60
3.17	GN bei 5600 K mit den Gf, die bei der FixtureCheck-Methode angewandt werden.	60
3.18	GN bei einer nativen Scheinwerfermessung mit gleichen Gewichtungen	61

Tabellenverzeichnis

3.19 GN bei einer nativen Scheinwerfermessung mit den Gf, die bei der FixtureCheck-Methode angewandt werden	61
3.20 GN bei 3200 K ohne FSI	62
3.21 GN bei 4000 K ohne FSI	62
3.22 GN bei 5600 K ohne FSI	63
4.1 Auflistung der Scheinwerfer zum Testen der FixtureCheck-Methode .	69

Literaturverzeichnis

- Smet, Kevin & Ryckaert, Wouter R. & Pointer, Michael R. & Deconinck, Geert & Hanselaer, Peter: „Correlation between color quality metric predictions and visual appreciation of light sources“ *OPTICS EXPRESS 8151-8166 (OSA)* vol. 19, No. 9, 25.04.2011
- Davis, Wendy & Ohno, Yoshi: „Development of a Color Quality Scale“ <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.568.8399&rep=rep1&type=pdf>, 08.02.2006, letzter Zugriff 13.05.2022
- Bernstädt, Herbert: „Farbwiedergabe: TM-30-15, CRI und Co.“ *Production Partner*: <https://www.production-partner.de/basics/farbwiedergabe-tm-30-15-cri-und-co/>, 22.02.2018, letzter Zugriff 13.05.2022
- Hentschel, Hans-Jürgen: „Licht und Beleuchtung Theorie und Praxis der Lichttechnik“, 4. Auflage, Hüthig 1994
- Roberts, Alan: „TELEVISION LIGHTING CONSISTENCY INDEX (TLCI 2012)“, Version 2.015e, 10.08.2015
- Illuminating Engineering Society: „Technical Memorandum: IES Method for Evaluating Light Source Color Rendition - An American National Standard“, Version TM-30-20, 2020
- Society of Motion Picture and Television Engineers: „ST 2122:2020 - SMPTE Standard - Spectral Similarity Index (SSI)“ in: *ST 2122:2020*, pp.1-10, 21 July 2020
- Rea, Mark & Deng, Lei & Wolsey, Robert: „Appendix B: Calculating color rendering metrics“ in: *Lighting Answers: Light Sources and Color*, vol. 8, issue 1, October 2004
- Hashimoto, Kenjiro & Yano, Tadashi & Shimizu, Masanori & Nayatni, Yoshinobu: „New Method for Specifying Color-Rending Properties of Light Sources Based on Feeling of Contrast“ in: *COLOR research an application*, vol. 32, no. 5, October 2007
- Academy of Motion Picture Arts and Sciences: „Academy Spectral Similarity Index (SSI): Overview“, 16.09.2020
- Takasaki, Hiroshi: „Chromatic Changes Induced by Changes in Chromaticity of Background of Constant Lightness“ *Jornal Optical Society of America*, vol. 57, p. 93-96, January 1967

Literaturverzeichnis

- Rea, Mark S. & Freyssinier, Jean Paul „Color Rendering: a tale of two metrics“in: *Color Research & Application*, vol. 33(3), p. 192-202
- Luo, M.R.: „The quality of light sources“in: *Coloration Technology*, vol. 127, p.75-87, 06.03.2011
- Judd, Deane B.: „A Flattery Index for Artificial Illuminants“in: *Illuminating Engineering Journal*, vol. 62, p. 593-598, October 1967
- Thornton, W. A.: „A validation of the color preference index“in: *Illuminating Engineering Journal*, vol. 62, p. 191-194, 1972
- Bodrogi, Peter & Brückner, Stefan & Khanh, Tran Quoc: „Ordinal Scale Based Description of Colour Rendering“in: *Color Research & Application*, vol. 36(4), p. 272-285, 2010
- Royer, M. P.& Houser, K. W. & Wilkerson, A. M. „Color Discrimination Capability Under Highly Structured Spectra“in: *Color Research & Application*, vol. 37(6), p. 441-449, December 2012
- Szabó F. & Bodrogi P. & Schanda J.: „A colour harmony rendering index based on predictions of color harmony impression“in: *Lighting Res. Technol.*, vol. 41, p. 165-182, 13.01.2009
- Bundesministerium des Innern und für Heimat: „Handbuch für Organisationsuntersuchungen und Personalbedarfsermittlung“https://www.orghandbuch.de/OHB/DE/Organisationshandbuch/6_MethodenTechniken/65_Wirtschaftlichkeitsuntersuchung/652_Qualitative/qualitative-node.html, 2007, letzter Zugriff 21.06.2022
- LeXWARE: „Nuzuwertanalyse einfach erklärt“<https://www.buchhaltung-einfach-sicher.de/bwl/nutzwertanalyse>, 17.03.2022, letzter Zugriff 21.06.2022
- Methodenportal Universität Leipzig: „Skalenniveaus“<https://home.uni-leipzig.de/methodenportal/skalenniveaus/>, 2021, letzter Zugriff 23.06.2022
- Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt: „Skalen“<https://eo-vmw-jwpa.ku.de/journalistik/methoden/untersuchungsvorbereitung/skalen/>, 20.02.2017, letzter Zugriff 23.06.2022
- Statistik für Psychologie: „Was du schon immer über Skalenniveaus wissen wolltest...“, <https://www.statistikpsychologie.de/skalenniveaus/>, 2022, letzter Zugriff 23.06.2022

- Deutsches Institut für Normung e.V. - Normausschuss Lichttechnik (FNL): „Licht und Beleuchtung – Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten – Teil 4: LED-Lampen, -Module und -Leuchten; Deutsche Fassung EN 13032-4:2015+A1:2019“ *DIN EN 13032-4*, November 2019
- Greule, Roland: „Licht und Beleuchtung im Medienbereich“, 2., aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser 2021
- Gigahertz-Optik: „RGB- und XYZ-Spektralwertfunktionen“, [/urlhttps://www.gigahertz-optik.com/de-de/service-und-support/informationsportal/grundlagen-lichtmesstechnik/licht-farbe/farbmatrik/](https://www.gigahertz-optik.com/de-de/service-und-support/informationsportal/grundlagen-lichtmesstechnik/licht-farbe/farbmatrik/), 2022, letzter Zugriff 05.08.2022
- Ohno, Yoshi „Calculation of CCT and Duv and Practical Conversion Formulae“, https://cormusa.org/wp-content/uploads/2018/04/CORM_2011_Calculation_of_CCT_and_Duv_and_Practical_Conversion_Formulae.pdf, presentation at CORM 2011 Conference, 05.2011
- EBU - Operating Eurovision and Euroradio: „Tech 3353 - Development of a „Standard“ Television Camera Model implemented in the TLCI-2012“, November 2012
- Höveler, Bernhard & Voß, Martin: „Zuschlagskriterien für die Lieferantenbewertung festlegen“, <https://www.business-wissen.de/artikel/ausschreibung-zuschlagskriterien-fuer-die-lieferantenbewertung-festlegen/>, 27. November 2017
- DeWiki: <https://dewiki.de/Lexikon/Nutzwertanalyse>, letzter Zugriff 23.07.2022
- Service, Phil: „The Wright – Guild Experiments and the Development of the CIE 1931 RGB and XYZ Color Spaces“, https://philservice.typepad.com/Wright-Guild_and_CIE_RGB_and_XYZ.pages.pdf, 29.03.2016, letzter Zugriff 24.07.2022
- de-academic.com: „CIELuv-Farbraumsystem“, <https://de-academic.com/dic.nsf/dewiki/224321>, 2020-2022, letzter Zugriff 23.07.2022

Ich versichere, die vorliegende Arbeit selbstständig ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt zu haben. Die aus anderen Werken wörtlich entnommenen Stellen oder dem Sinn nach entlehnten Passagen sind durch Quellenangaben eindeutig kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Matthias Held