



Software- handbuch

Konverter801



Inhalt

1	Abbildungsverzeichnis	3
2	Einleitung.....	5
3	Grundlagen.....	6
3.1	Strahlendaten	6
3.2	Strahlendaten - Messprinzip	6
3.2.1	<i>Leuchtdichtevertelung</i>	6
3.2.2	<i>Messung der Leuchtdichtevertelung</i>	7
3.2.3	<i>Berechnung der Strahlendaten</i>	7
3.3	Lichtstärkevertelung.....	8
3.4	Koordinatensysteme der RiGO801 Goniophotometer.....	8
3.4.1	<i>Goniometerkoordinatensystem</i>	8
3.4.2	<i>C-Ebenen Koordinatensystem</i>	9
3.5	Verarbeitung von Strahlendaten im RiGO801 Messprogramm	9
3.5.1	<i>Messung</i>	9
3.5.2	<i>Speichern der Daten in der TTR-Datei</i>	10
3.6	Strahlkonvertierung mit Konverter801	10
3.6.1	<i>Laden der TTR-Datei</i>	10
3.6.2	<i>Lesen der Strahlendatenbilder und Strahlberechnung</i>	11
3.6.3	<i>Raytracing auf eine Zielgeometrie (Hüllfläche)</i>	11
3.6.4	<i>Raytracing in das Volumen einer Zielgeometrie (Volumenmodus)</i>	12
3.6.5	<i>Koordinatentransformation</i>	12
3.6.6	<i>Spektrale Strahlendaten</i>	12
3.6.7	<i>Datei Export</i>	13
4	Allgemeine Programmeigenschaften	14
4.1	Laden einer TechnoTeam-Strahlendatei (* .ttr).....	14
4.2	Dialog Messergebnisse.	14
4.2.1	<i>Angaben zur Messung</i>	15
4.2.2	<i>Lvk-Grafik</i>	15
4.2.3	<i>Lvk-Tabelle</i>	16
4.2.4	<i>Strahlen der Kamerabilder</i>	17
4.2.5	<i>Messgeräte</i>	18
4.2.6	<i>Stabilisierungsphase</i>	19
4.2.7	<i>Polmonitoring</i>	20
4.2.8	<i>Spektraldaten</i>	21
4.2.9	<i>Zusatzdaten</i>	22
4.3	Bearbeiten von TTR Dateien.....	23
4.3.1	<i>Angaben zur Messung bearbeiten</i>	23
4.3.2	<i>Messgeräte, Stabilisierungsphase und Polmonitoring</i>	24
4.3.3	<i>Spektraldaten</i>	24
4.3.4	<i>Zusatzdaten</i>	25
5	Konvertierung von Strahlendaten.....	29
5.1	Festlegung der Zielgeometrie.....	29

5.1.1	<i>Allgemeine Parameter</i>	29
5.1.2	<i>Kamerakugel</i>	30
5.1.3	<i>Kugel</i>	30
5.1.4	<i>Zylinder</i>	30
5.1.5	<i>Quader</i>	31
5.2	Transformation des Koordinatensystems (Zielkoordinatensystem)	31
5.3	Speichern von Strahlendaten	31
5.3.1	<i>Quellparameter</i>	32
5.3.2	<i>Zielparameter</i>	32
5.3.3	<i>Starten und Überprüfung der Konvertierungsstatistik</i>	33
5.3.4	<i>Übersicht der unterstützten Dateiformate</i>	33
5.4	TechnoTeam Lichtstärkeverteilung (*.ttl)	34
5.5	Stapelverarbeitung	35
5.5.1	<i>Aufträge editieren</i>	35
5.5.2	<i>Aufträge ausführen</i>	36
6	Zusatzfunktionen	37
6.1	Lvk-Export aus TTL-Datei	37
6.1.1	<i>Lvk Ascii (*.txt)</i>	37
6.1.2	<i>IES (*.ies)</i>	37
6.1.3	<i>EULUMDAT (*.ldt)</i>	38
6.1.4	<i>Lichtstärkeprojektionsbild (*.pf)</i>	38
6.1.5	<i>Beleuchtungsstärkeverteilung auf Ebene (*.pf)</i>	40
6.2	Zusammenfassen von Strahlendaten	41
6.2.1	<i>Beispiel RGB-LED</i>	44
6.3	Strahlen zufällig vertauschen	44
6.4	Spektrum in TTR-Datei einfügen	45
6.5	Lvk glätten	45
6.6	Strahlenschwerpunkt berechnen	45

1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kamerakoordinatensystem.....	7
Abbildung 2: Strahl.....	8
Abbildung 3: Beispiel einer Strahlendatenverteilung einer LED.....	8
Abbildung 4: Goniometerkoordinatensystem	8
Abbildung 5: Koordinatensysteme RiGO801-LED und RiGO801-L.....	9
Abbildung 6: C-Ebenen Koordinatensystem	9
Abbildung 7: Transformation vom Leuchtdichte- zum Strahlendatenbild	10
Abbildung 8: Sequenz von Strahlendatenbildern	10
Abbildung 9: Geometrische Kalibrierdaten eines Objektivs	10
Abbildung 10: Position und Richtung eines Strahls im Goniometerkoordinatensystem	11
Abbildung 11: Raytracing auf eine Hüllfläche	11
Abbildung 12: Raytracing in das Volumen einer Hüllfläche (Volumenmodus).....	12
Abbildung 13: Zielkoordinatensystem	12
Abbildung 14: Verteilung der Strahl-Wellenlängen	13
Abbildung 15: Hauptprogrammfenster.....	14
Abbildung 16: Dialog "Messergebnisse"	14
Abbildung 17: Angaben zur Messung - Lvk	15
Abbildung 18: Angaben zur Messung - Zielgeometrie und -koordinatensystem	15
Abbildung 19: Lvk - Polardiagramm	16
Abbildung 20: Lvk - Tabelle	17
Abbildung 21: Anzeige der Strahlendatenbilder.....	18
Abbildung 22: Messung von Maßen im Strahlendatenbild	18
Abbildung 23: Messergebnisse - Messgeräte	19
Abbildung 24: Messergebnisse - Stabilisierungsphase	20
Abbildung 25: Messergebnisse - Polmonitoring	21
Abbildung 26: Messergebnisse – Spektraldaten (Spektrum).....	22
Abbildung 27: Messergebnisse – Spektraldaten (CIE Farbwertdiagramm)	22
Abbildung 28: Dialog Bearbeiten – Angaben zur Messung.....	23
Abbildung 29: Zusatzdaten - Kontextmenü	25
Abbildung 30: Zusatzdaten – Beispiel-Ordnerstruktur	25
Abbildung 31: Zusatzdaten – Dateitypen.....	25
Abbildung 32: Zusatzdaten - Bildanzeige für normale Bilddateien.....	26
Abbildung 33: Zusatzdaten - Bildanzeige für TechnoTeam Bilddateien	26
Abbildung 34: Zusatzdaten - Leuchtdichtebild	27
Abbildung 35: Zusatzdaten - Spektraldaten.....	27
Abbildung 36: Zusatzdaten – Justagebilder vom RiGO801 Messprogramm	28
Abbildung 37: Dialog „Zielgeometrie“	29
Abbildung 38: Zielgeometrie - Kugel.....	30
Abbildung 39: Zielgeometrie - Zylinder.....	30
Abbildung 40: Zielgeometrie - Quader.....	31
Abbildung 41: Dialog „Zielkoordinatensystem“	31
Abbildung 42: Dialog zur Generierung von Strahlendaten (Beispiel IES TM.25)	32
Abbildung 43: Dialog zur Berechnung einer Lvk und Ausgabe als TTL-Datei.....	34
Abbildung 44: Stapelverarbeitung	35

Abbildung 45: Stapelverarbeitung – Neuer Auftrag	35
Abbildung 46: Stapelverarbeitung – Konvertierungsaufträge ausführen.....	36
Abbildung 47: Lvk - Export	37
Abbildung 48: Lvk – Export – ASCII (*.txt).....	37
Abbildung 49: Lvk – Export – ASCII - Trennzeichen.....	37
Abbildung 50: Lvk – Export – IES – Allgemeine Optionen.....	38
Abbildung 51: Lvk – Export – IES –Optionen.....	38
Abbildung 52: Lvk – Export – Projektionsbild	38
Abbildung 53: Beispiel eines Projektionsbildes (LED, Lambertabstrahlung)	39
Abbildung 54: Lvk – Export – Projektionsbild - Optionen	39
Abbildung 55: Lichtstärkeverteilung in A-Ebenen als Bild	39
Abbildung 56: Lvk – Export – Beleuchtungsstärkeverteilung - Koordinatensysteme.....	40
Abbildung 57: Lvk – Export – Beleuchtungsstärkeverteilung – Parametereinstellung.....	40
Abbildung 58: Positionsliste für Beleuchtungsstärkewerte	41
Abbildung 59: Ergebnisbild der Beleuchtungsstärkeverteilung mit Isolux - Linien.	41
Abbildung 60: Strahlendaten zusammenfassen – Konvertierungsliste erstellen	42
Abbildung 61: Strahlendaten zusammenfassen – Ende der Konvertierungsaufträge.....	43
Abbildung 62: Simulationsergebnis RGB-LED	44
Abbildung 63: Zusatzfunktion - Strahlendaten zufällig vertauschen	44
Abbildung 64: Zusatzfunktion – Lvk glätten.....	45
Abbildung 65: Lichtschwerpunkt.....	45
Abbildung 66: Berechnung des Lichtschwerpunkts	46

2 Einleitung

Das Programm *Konverter801* dient zur Konvertierung von Strahlendaten im TechnoTeam Format (TTR) in andere Dateiformate. Weiterhin bietet es Funktionen zur Konvertierung von Lichtstärkeverteilungen sowie verschiedene Berechnungsalgorithmen.

Für die Konvertierung der Strahlendaten sind diverse Experteneinstellungen erforderlich. Diese Einstellungen werden üblicherweise in die TTR-Datei eingebettet, um eine universelle Austauschdatei zu erstellen. Diese kann von Anwendern ohne Kenntnisse des Messsystems und der Messung verwendet werden.

Kapitel 3 erläutert die Grundlagen von Strahlendaten und deren Messung mit dem RiGO801-Messprogramm. Kapitel 4 behandelt allgemeine Funktionalitäten, wie zum Beispiel das Anzeigen und Bearbeiten von Messdateien. Die Konvertierung von Strahlendaten in externe Dateiformate wird in Kapitel 5 erläutert. Kapitel 6 beinhaltet die Dokumentation verschiedener Zusatzfunktionen, wie den Export von Lichtstärkeverteilungen und einfachen Berechnungsfunktionen.

Das Programm *Konverter801* ist kostenlos und über unsere Webseite <https://www.technoteam.de> verfügbar.

3 Grundlagen

3.1 Strahlendaten

Das *Konverter801* Programm verarbeitet Strahlendaten. Doch was sind überhaupt Strahlendaten? In der geometrischen Optik, auch als Strahlenoptik bekannt, wird die Lichtausbreitung auf Linien bzw. Strahlen vereinfacht. Mithilfe dieses Modells kann die Lichtlenkung in optischen Systemen hinreichend genau berechnet werden. Wenn man diesen Strahlen photometrische oder radiometrische Eigenschaften zuordnet, ermöglicht dies nicht nur eine geometrische, sondern auch eine energetische Berechnung der Lichtausbreitung in optischen Systemen.

Wenn man den Verlauf von Strahlen von einer Lichtquelle durch ein optisches System bis zu einer Zielfläche untersucht, ist es erforderlich, die Lichtquelle durch eine ausreichende Anzahl von Strahlen zu repräsentieren. Die Charakteristik der Lichtabstrahlung einer Lichtquelle wird also mithilfe von Strahlen beschrieben. Diese Sammlung von Strahlen wird als *Strahlendaten* oder auch als *Ray set* bzw. *Ray file* bezeichnet.

Optische Simulationsprogramme, die auf Prinzipien der geometrischen Optik beruhen, verwenden Strahlendaten. Diese können entweder auf Basis eines physikalischen Modells der Lichtquelle synthetisch generiert werden oder sie können mit einem Nahfeld-Gonio-photometer, wie unseren RiGO801 Messsystemen, gemessen werden.

Jedem Strahl wird ein energetischer Anteil zugeordnet. Dies kann ein Lichtstrom sein, ein Strahlungsfluss mit einer bestimmten Wellenlänge oder sogar ein kompletter spektraler Strahlungsfluss. Die Verwendung von spektralen Eigenschaften ermöglicht eine realitätsnähere Berechnung von Dispersionseffekten. Allerdings erhöht sich die Größe der Strahlendaten drastisch und die messtechnische Erfassung ist nur mit Einschränkungen möglich. Strahlendaten mit zusätzlichen spektralen Eigenschaften werden im Folgenden als *Spektrale Strahlendaten* oder *Spectral ray files* bezeichnet.

3.2 Strahlendaten - Messprinzip

3.2.1 Leuchtdichteverteilung

Der Ausgangspunkt zur Messung von Strahlendaten ist die Messung der Leuchtdichteverteilung einer Lichtquelle. Die Leuchtdichte beschreibt die Orts- und Richtungsabhängigkeit des abgegebenen Lichtstroms einer Lichtquelle. Sie ist der Lichtstrom, ausgehend von einem Flächenelement in einen Raumwinkel (Richtung), bezogen auf die projizierte Fläche. Der Zusammenhang wird mit dem photometrischen Grundgesetz in differenzieller Form beschrieben:

$$L_v(x, y, z, \vartheta, \varphi) = \frac{\partial^2 \Phi_v(x, y, z, \vartheta, \varphi)}{\partial A_E(x, y, z) \cdot \cos \varepsilon \cdot \partial \Omega(\vartheta, \varphi)}$$

Die Leuchtdichte ist somit bereits eine vektorielle Größe bzw. ein Vektorfeld, das die komplette Abstrahlcharakteristik einer Lichtquelle beschreibt.

3.2.2 Messung der Leuchtdichtevertellung

In ihrer differenziellen Definition bezieht sich die Leuchtdichte auf infinitesimal kleine Flächenelemente und Raumwinkel und stellt eine kontinuierliche Funktion. Für die Messung wird die Leuchtdichtefunktion diskretisiert, indem mittlere Leuchtdichten, ausgehend von diskreten Flächenelementen und Raumwinkeln betrachtet werden. Dieser Prozess wird als Abtastung bezeichnet.

Die Messung erfolgt mit einer Leuchtdichtemesskamera (ILMD - Imaging luminance measurement device), die um das Messobjekt (DUT) herumgeführt wird. Hierbei kommt eine Goniometereinheit zum Einsatz, auf der die Kamera montiert ist.

Die Pixelflächen des Bildsensors erfassen die mittleren Leuchtdichten der entsprechenden Flächenelemente der Lichtquelle. Jedes Pixel definiert über das Objektiv eine Richtung und einen Raumwinkel. Das zugrundeliegende Kamerakoordinatensystem ist in folgender Abbildung dargestellt.

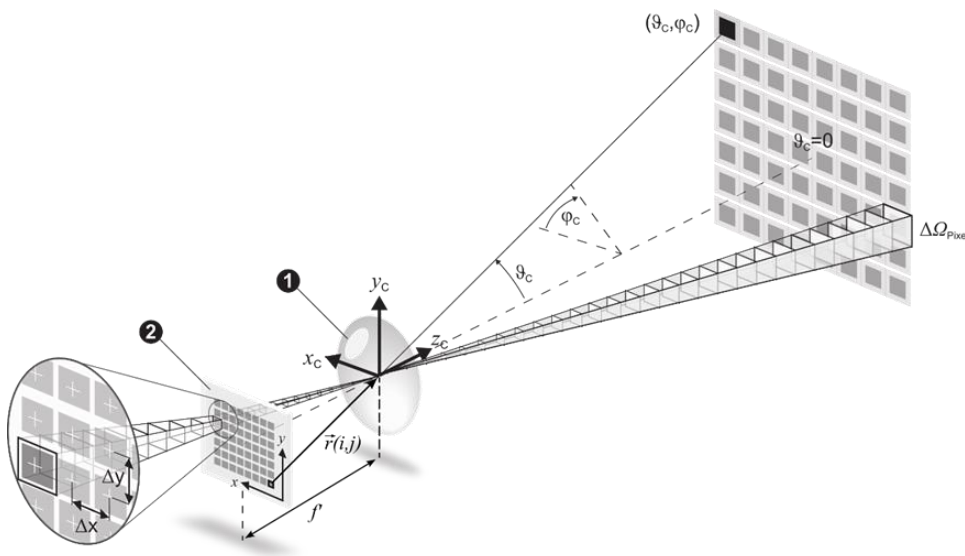


Abbildung 1: Kamerakoordinatensystem

3.2.3 Berechnung der Strahlendaten

Ein Strahl mit Lichtstromanteil wird nun aus der Leuchtdichte berechnet.

$$\Delta \Phi_v(x, y, z, \vartheta, \varphi) = L_v(x, y, z, \vartheta, \varphi) \cdot \Delta A \cdot \cos \varepsilon \cdot \Delta \Omega$$

Berechnet man die Strahlen für die gesamte gemessene Leuchtdichtevertellung, erhält man den Strahlendatensatz. Die Startkoordinaten und Richtungen der Strahlen werden im zentralen Koordinatensystem (D – Device coordinate system) des Goniophotometers ausgegeben.

$\Phi_v(x_D, y_D, z_D, \vartheta_D, \varphi_D)$ - Strahlendaten

Jeder Strahl hat also einen Startpunkt und eine Richtung im Goniometerkoordinatensystem.

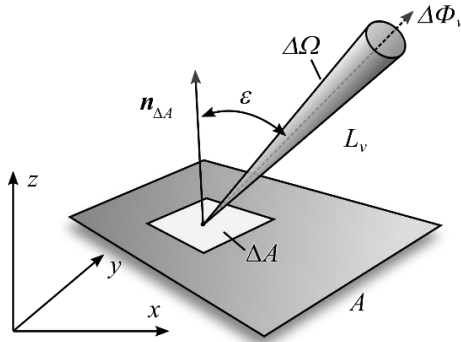


Abbildung 3: Strahl

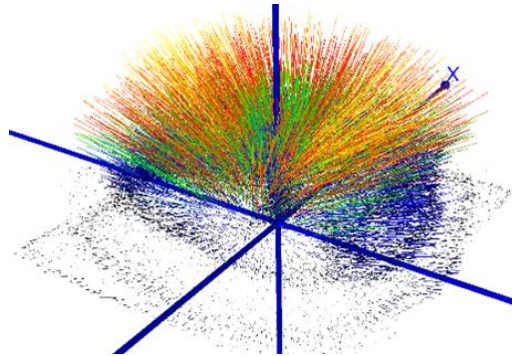


Abbildung 2: Beispiel einer Strahlendatenverteilung einer LED

3.3 Lichtstärkeverteilung

Zur vereinfachten Beschreibung der Abstrahlcharakteristik einer Lichtquelle oder einer Leuchte wird die Lichtstärkeverteilung verwendet. Die Lichtstärke I_v ist der von einer Punktlichtquelle in einen Raumwinkel ausgestrahlte Lichtstrom. Die Lichtstärkeverteilung ergibt sich aus den Lichtstärken in alle Richtungen. Die räumlich ausgedehnte Lichtquelle wird somit als Punktlichtquelle vereinfacht.

Die Lichtstärkeverteilung kann auf einfache Weise aus den Strahlendaten berechnet werden.

$$I_v(\vartheta_k, \phi_l) = \frac{\sum_{x,y,z} \Delta\Phi_v(x_D, y_D, z_D, \vartheta_D, \phi_D)}{\Delta\Omega(\vartheta_k, \phi_l)}$$

3.4 Koordinatensysteme der RiGO801 Goniophotometer

3.4.1 Goniometerkoordinatensystem

Die Bewegungseinheiten der verschiedenen RiGO801 Goniophotometersysteme realisieren ein Kugelkoordinatensystem. Die Position der Kamera wird mit den Winkeln ϑ_D - Theta und ϕ_D - Phi und dem Abstand zum Drehzentrum definiert. Ein Kugelkoordinaten ist auch immer mit kartesischen Koordinaten $(z_D, \vartheta_D, \phi_D)$ verknüpft.

Die Koordinatensysteme der RiGO801 Systeme 801-LED und 801-L sind in Abbildung 5 gezeigt.

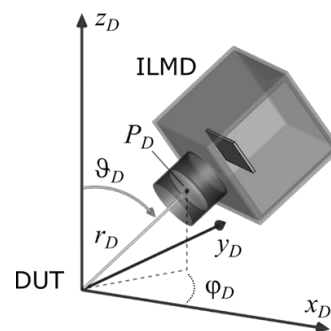


Abbildung 4: Goniometerkoordinatensystem

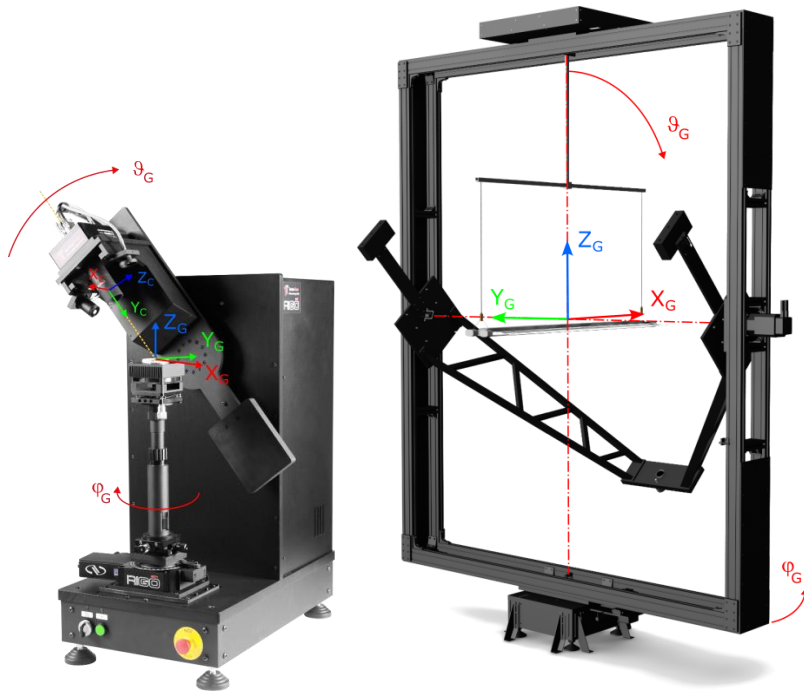


Abbildung 5: Koordinatensysteme RiGO801-LED und RiGO801-L

3.4.2 C-Ebenen Koordinatensystem

Lichtstärkeverteilungen werden von den RiGO801 Goniophotometern im C-Ebenen Koordinatensystem ausgegeben. Die Winkel der Lichtstärken sind mit γ - Gamma und C angegeben. Die Umrechnung von Goniometerkoordinaten in C – Ebenen Koordinaten erfolgt mit

$$\gamma = 180^\circ - \vartheta_d \text{ und } C = \varphi_d.$$

Im *Konverter801* Programm werden häufig beide Koordinatensysteme verwendet.

3.5 Verarbeitung von Strahlendaten im RiGO801 Messprogramm

3.5.1 Messung

Das Grundprinzip zur Messung von Strahlendaten wurde bereits in Abschnitt 3.2 erläutert. Die praktische Umsetzung im RiGO801 Messprogramm unterscheidet sich jedoch geringfügig. Zunächst wird an einer Position ein Leuchtdichtebild aufgenommen. Die Leuchtdichten jedes Pixels werden in Lichtstromanteile überführt (siehe 3.2.3). Nun wird die Anzahl der Daten gewichtet mit dem Lichtstrom reduziert. Das Ergebnis ist ein sogenanntes *Strahlendatenbild*. Jedem Pixel ist ein Lichtstrom zugeordnet.

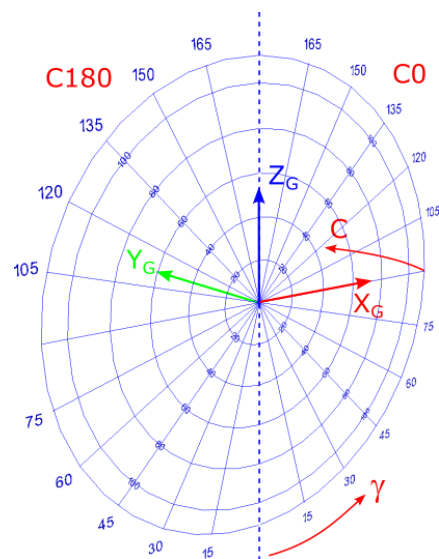
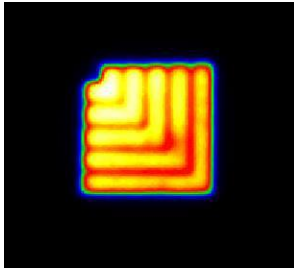


Abbildung 6: C-Ebenen Koordinatensystem



$$\Delta\Phi_v(i, j) = L_v(i, j) \cdot \Delta A \cdot \cos \varepsilon_{i,j} \cdot \Delta\Omega_{i,j}$$

i, j - Bildkoordinaten

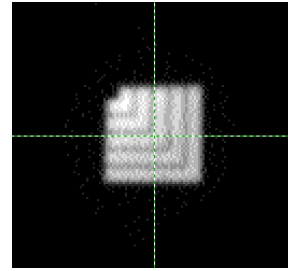


Abbildung 7: Transformation vom Leuchtdichte- zum Strahlendatenbild

Die Richtung jedes von einem Pixel im Strahlendatenbild ausgehenden Strahls wird mit den Kalibrierdaten des Kamerakoordinatensystems (siehe 3.2.2) und der Position der Kamera im Goniometerkoordinatensystem berechnet. Diese Daten werden an dieser Stelle nur für die während der Messung kontinuierlich laufende Berechnung der Lichtstärkeverteilung (siehe 3.3) verwendet und anschließend wieder verworfen.

3.5.2 Speichern der Daten in der TTR-Datei

Da je nach Messauflösung bis zu mehr als 10^9 Strahlen gemessen werden, ist es aus Effizienzgründen notwendig in der TTR Ausgabedatei nur die Strahlendatenbilder in der während der Messung anfallenden Sequenz zu speichern.

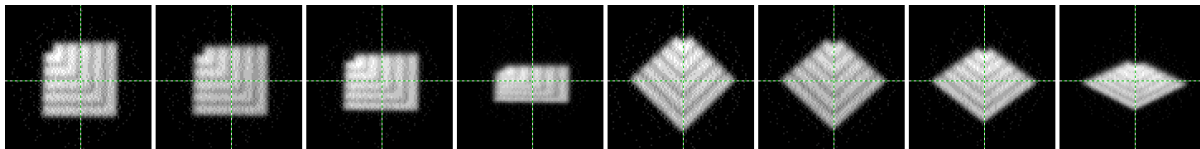


Abbildung 8: Sequenz von Strahlendatenbildern

Die für die Berechnung der Startpositionen und Richtungen der Strahlen notwendigen geometrischen Kalibrierdaten des Kamerasystems, sowie die zugehörigen Kamerapositionen und weitere Parameter werden ebenfalls in der TTR-Datei abgelegt. Somit ist das *Konverter801* Programm in der Lage, mit den Informationen der TTR-Datei die vollständigen Strahlendaten zu berechnen.

3.6 Strahlkonvertierung mit Konverter801

3.6.1 Laden der TTR-Datei

Beim Öffnen der TTR-Datei mit dem *Konverter801* werden zunächst die grundlegenden für die Berechnung der Strahlendaten notwendigen Daten geladen. Dies sind vor allem die geometrischen Kalibrierdaten des verwendeten Objektivs und der Kameraabstand R_c .

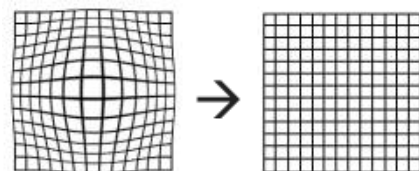


Abbildung 9: Geometrische Kalibrierdaten eines Objektivs

3.6.2 Lesen der Strahlendatenbilder und Strahlberechnung

Die Strahlendatenbilder werden sequenziell aus der TTR-Datei geladen. Nach der Anwendung geometrischer Transformationsschritte ergeben sich die Position und die Richtung der Strahlen im Goniometerkoordinatensystem. Der Startpunkt eines Strahls wird dabei zunächst in das Zentrum des Objektivs bzw. auf die durch den Objektivabstand definierte Kugelfläche gelegt.

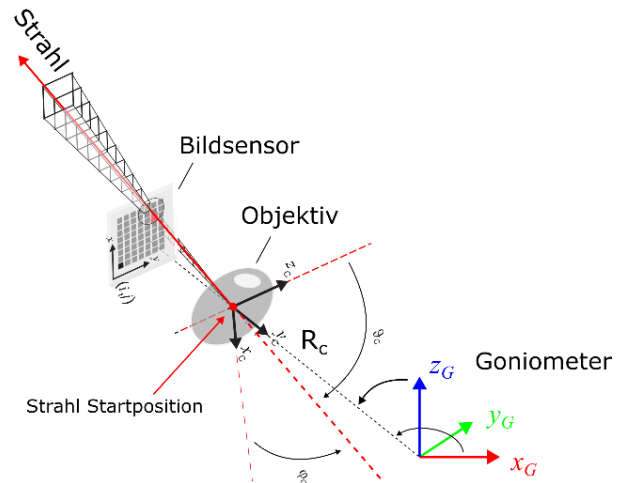


Abbildung 10: Position und Richtung eines Strahls im Goniometerkoordinatensystem

3.6.3 Raytracing auf eine Zielgeometrie (Hüllfläche)

Ohne weitere Transformation liegen alle Strahlstartpunkte auf der vom Objektivzentrum beschriebenen Kugelfläche, beispielsweise mit einem Radius von 160 mm. Für die Anwendung der Strahlendaten in der Simulation ist das in den meisten Fällen ungünstig, da die Strahlen nicht vor den zu simulierenden optischen Komponenten beginnen. Daher werden die Startpunkte entlang der Strahlrichtungen so dicht wie möglich an die Lichtquelle verschoben. Dies erfolgt durch die Festlegung einer Hüll- bzw. Zielgeometrie und Berechnung der Schnittpunkte (Raytracing).

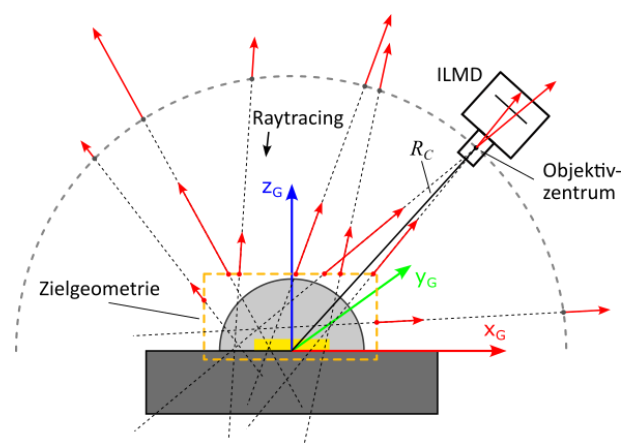


Abbildung 11: Raytracing auf eine Hüllfläche

Strahlen, die keinen Schnittpunkt mit der Zielgeometrie haben, werden nicht verwendet. Daher muss die Wahl der Geometrie sorgfältig erfolgen, um einerseits nicht zu große Abstände zur Lichtquelle zu erhalten und andererseits keine relevanten Bereiche der Lichtquelle auszuschließen.

3.6.4 Raytracing in das Volumen einer Zielgeometrie (Volumenmodus)

Alternativ zur Verschiebung der Startpunkte auf eine Hüllfläche können die Punkte auch in das Volumen einer Hüllfläche gelegt werden. Hier werden die Ein- und Austrittspunkte der Strahlen berechnet und die Startpunkte in die Mitte gelegt. Damit konzentrieren sich die Startpunkte im Volumen der Zielgeometrie, was ggf. Vorteile bei der Handhabung der Strahlendaten in der Simulation haben kann.

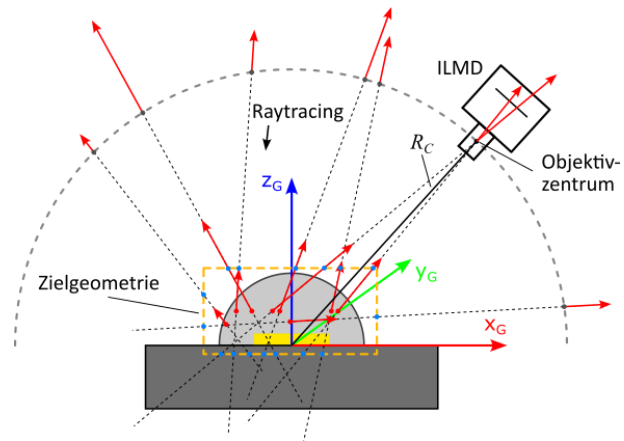


Abbildung 12: Raytracing in das Volumen einer Hüllfläche (Volumenmodus)

3.6.5 Koordinatentransformation

Das Koordinatensystem, in dem die Strahlendaten berechnet werden, ist das Goniometerkoordinatensystem. Die Position und Ausrichtung des Koordinatenzentrums bezüglich der Lichtquelle wurde mit dem Positionierungsvorgang vor der Messung festgelegt. Wird ein anderes Koordinatensystem gewünscht, kann ein sogenanntes *Zielkoordinatensystem* gewählt werden.

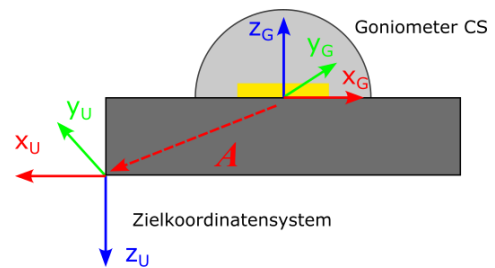


Abbildung 13: Zielkoordinatensystem

Alle Strahlen werden nach dem Raytracing auf die Zielgeometrie in dieses Zielkoordinatensystem transformiert.

3.6.6 Spektrale Strahlendaten

Standardmäßig wird den Strahlen ein aus der Leuchtdichte berechneter Lichtstrom zugeordnet. Wie bereits unter 3.1 erläutert wurde, können Strahlen auch spektrale Informationen zugeordnet werden. Im Idealfall hätte jeder Strahl einen spektralen Strahlungsfluss, d.h., eine komplette spektrale Verteilung. Messtechnisch ist dies jedoch nicht möglich.

Stattdessen wird der Spektralbereich ggf. mit speziellen Filtern in Bereiche eingeteilt. Bei den RiG0801 Goniophotometern sind Messungen von weißen phosphorkonvertierten LEDs mit den Filtern X1 (blau) und X2 (gelb) der Farbkamera üblich.

Die Wellenlängen und Amplituden der Strahlen werden dann entsprechend der Spektralverteilungen verteilt.

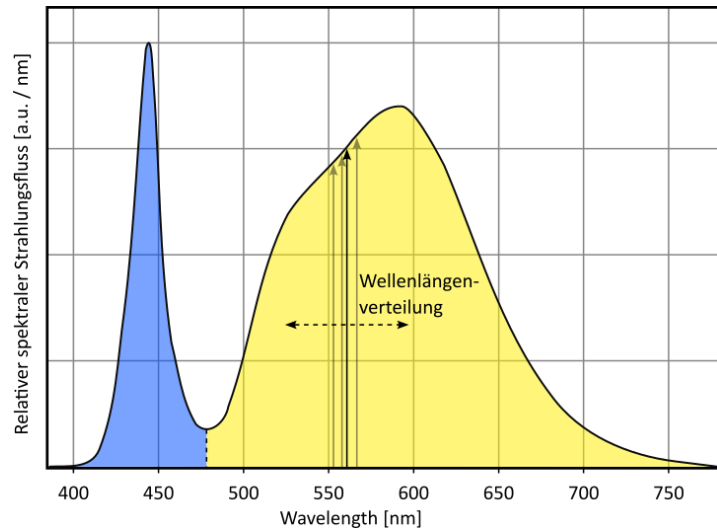


Abbildung 14: Verteilung der Strahl-Wellenlängen

3.6.7 Datei Export

Am Ende der Verarbeitungskette werden die Strahlen in dem gewünschten Dateiformat ausgegeben. Die diversen Formate ähneln sich sehr stark. Allen Formaten gemeinsam ist die Angabe der Strahlen als Startpunkt (x, y, z) , Richtungsvektor (e_x, e_y, e_z) und Amplitude. Die Interpretation der Amplitude als photometrische oder radiometrische Größe, sowie weitere Informationen sind formatspezifisch.

4 Allgemeine Programmeigenschaften

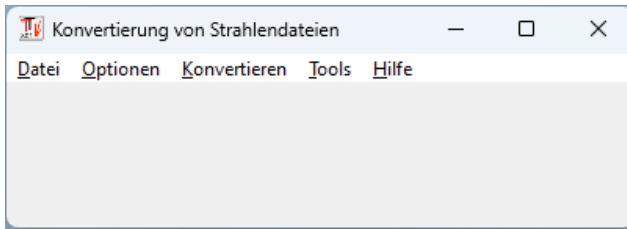


Abbildung 15: Hauptprogrammfenster

4.1 Laden einer TechnoTeam-Strahlendatei (*.ttr)

Der Menüpunkt *[Datei | Öffnen ...]* öffnet einen Dateiauswahldialog mit der Vorgabe von *.ttr – Dateien. Nach der Auswahl öffnet sich der Dialog zur Anzeige der Messergebnisse mit den Verfügbaren Inhalten der TTR-Datei (siehe 4.2). Wird der Dialog mit *Schließen* geschlossen, bleibt die TTR-Datei im Hintergrund geöffnet.

Falls die TTR Datei Vorgaben zur Zielgeometrie und zum Zielkoordinatensystem beinhaltet und die Option *[Optionen | Parameter beim Öffnen der Datei übernehmen]* aktiv ist, werden diese Parameter übernommen und der bisherige globale Parametersatz ersetzt.

4.2 Dialog Messergebnisse

Messergebnisse

Datei: C:\temp\ConverterManual\LED_OSRAM_OSCONIQ_C2424\VL.ttr

Angaben zur Messung | Lvk-Grafik | Lvk-Tabelle | Strahlen der Kamerabilder | Messgeräte | Stabilisierungsphase | Polmonitoring-Grafik | Polmonitoring-Tabelle | Spektraldaten | Zusatzdaten

Allgemein

Messsystem	RiGO801-96-LED
Protokollnummer	367
Bearbeiter	rigo
Datum	07.03.2022
Uhrzeit	19:19:27
Kommentar	

Leuchte

Hersteller	
Name	
Nummer	
Ausrichtung	
Länge/Durchmesser (mm)	0
Breite (mm)	0
Höhe (mm)	0
Länge/Durchmesser leuchtende Fläche (mm)	0
Breite leuchtende Fläche (mm)	0
Höhe-C0 leuchtende Fläche (mm)	0
Höhe-F90 leuchtende Fläche (mm)	0

Speichern unter... Schließen

Abbildung 16: Dialog "Messergebnisse"

Die Anzeige der Daten der der aktuell geöffneten TTR-Datei über den Dialog *Messergebnisse* ist jederzeit mit [Datei | Anzeigen ...] möglich. Die verfügbaren Inhalte sind in den untergeordneten Registerkarten dargestellt.

4.2.1 Angaben zur Messung

Die Registerkarte *Angaben zur Messung* zeigt eine Liste von Sektionen mit untergeordneten Angaben. Die Informationen beinhalten Angaben zum Messsystem, zum Messobjekt, zur Messung und den gemessenen Lichtstrom.

Lvk		
Lichtstrom	(lm)	335,45
Betriebswirkungsgrad	(%)	100
Mc		480
Dc	(°)	0,75
Ng		241
Dg	(°)	0,75
Lichtstärkemaximum	(cd)	111,82
Maximumposition Phi / C	(°)	175,5
Maximumposition Theta	(°)	1,5
Maximumposition gamma	(°)	178,5

Abbildung 17: Angaben zur Messung - Lvk

Für die Konvertierung von Strahlendaten können in der Sektion *Strahlendatenexport: Zielgeometrie und -koordinatensystem* Angaben zur Zielgeometrie und zum Zielkoordinatensystem vorhanden sein. Für weiterführende Informationen zu diesen Angaben siehe Abschnitt 4.3.1.

Strahlendatenexport: Zielgeometrie und -koordinatensystem

Zielgeometrie:

Zielkoordinatensystem:

Aktuelle Parameter:

```

Zielgeometrie:
Typ: Quader, Volumenmodus: 0, Tiefe: 2.200000e-03, Höhe: 1.000000e-04, Rot-X: 0.000000e+00, Rot-Y: 0.000000e+00, Rot-Z: 0.000000e+00, Tx: 0.000000e+00, Ty: 0.000000e+00, Tz: 0.000000e+00, Vx: 1.000000e+00, Vy: 0.000000e+00, Vz: 0.000000e+00, Breite: 2.200000e-03, , Außerhalb liegende Strahlen speichern: 0
Zielkoordinatensystem:
Tx: 0.00 mm, Ty: 0.00 mm, Tz: 0.00 mm, Rot-X: 0.00°, Rot-Y: 0.00°, Rot-Z: 0.00°
  
```

Abbildung 18: Angaben zur Messung - Zielgeometrie und -koordinatensystem

4.2.2 Lvk-Grafik

Die Registerkarte *Lvk - Grafik* zeigt ein Polardiagramm der Lichtstärkeverteilung. In den rechts stehenden Comboboxen können die anzuzeigenden C-Ebenen gewählt werden. Eine Anpassung der Farben ist per Mausklick auf die Farbbereiche möglich.

Mit der Schaltfläche *Drucken* erreicht man eine Druckausgabe der Grafik auf dem im Betriebssystem aktuell eingestellten Standarddrucker. Die Darstellung erfolgt dabei so wie zu diesem Zeitpunkt auf dem Bildschirm angezeigt. Der Standarddrucker kann mit der Schaltfläche *Drucker...* geändert werden.

Mit dem Auswahlkästchen *Normierung cd / klm* wird festgelegt, ob die absoluten Lichtstärken in cd oder relative Lichtstärken, normiert auf 1000 lm Messlampenlichtstrom werden.

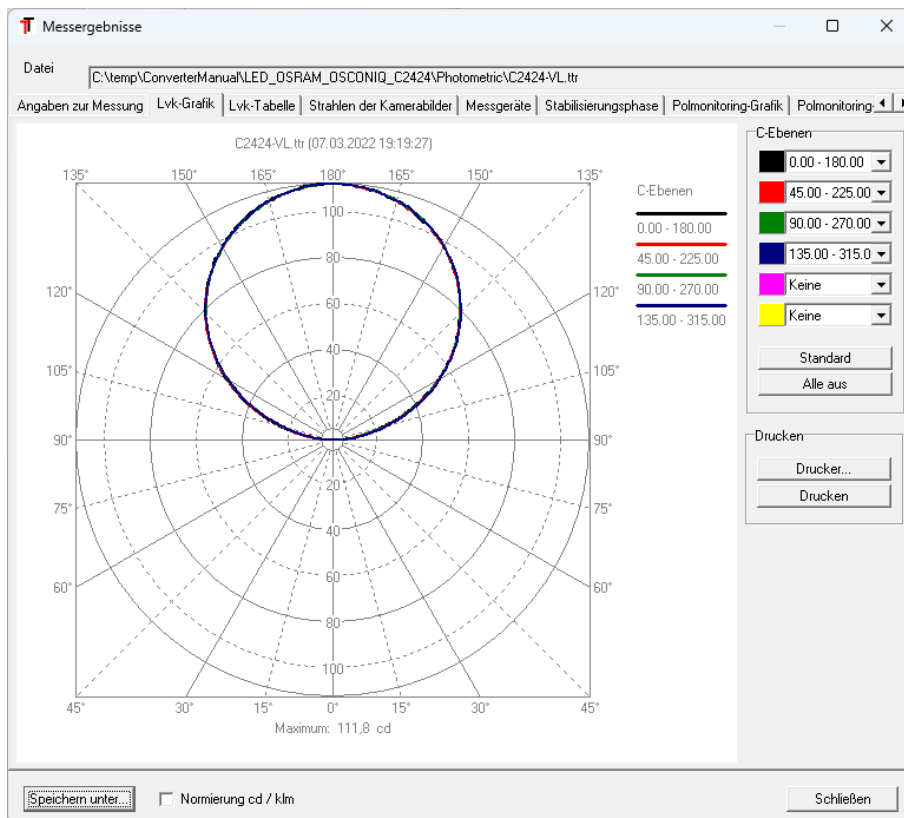


Abbildung 19: LvK - Polardiagramm

4.2.3 LvK-Tabelle

In der Registerkarte *LvK-Tabelle* sind die Messwerte der einzelnen C-Ebenen in Tabellenform dargestellt. Durch Drücken der linken Maustaste und Ziehen des Mauszeigers oder per Kontextmenü (rechte Maustaste) kann ein Datenbereich der Tabelle markiert und mit dem Kontextmenüeintrag *Kopieren* in die Zwischenablage des Betriebssystems übertragen werden. Mit *Daten speichern unter ...* ist auch die Ausgabe der Daten als *.txt ASCII Datei möglich.

Messergebnisse

Datei: C:\temp\KonverterManual\LED_OS\RAM_OS\CONIQ_C2424\Photometric\C2424-VL.ltr

Angaben zur Messung | Lvk-Grafik | Lvk-Tabelle | Strahlen der Kamerabilder | Messgeräte | Stabilisierungsphase | Polmonitoring-Grafik | Polmonitoring

g \ C	0.00	0.75	1.50	2.25	3.00	3.75	4.50	5.25	6.00	6.75	7.50	8.25	9.00
97.50	7,614	7,663	7,735	7,666	7,73	7,768	7,719	7,82	7,782	7,79	7,805	7,885	7,902
98.25	8,846	8,923	8,992	8,911	8,98	9,005	8,95	9,076	9,007	9,036	9,065	9,141	9,165
99.00	10,17	10,26	10,29	10,21	10,28	10,3	10,25	10,38	10,3	10,36	10,38	10,45	10,47
99.75	11,53	11,63	11,62	11,6	11,67	11,68	11,6	11,77	11,64	11,74	11,72	11,82	11,83
100.50	13,01	13,03	13,05	13,01	13,09	13,14	13,04	13,18	13,09	13,16	13,18	13,23	13,23
101.25	14,48	14,51	14,48	14,48	14,5								14,72
102.00	15,99	16,01	16	16,03	16,0								16,18
102.75	17,54	17,52	17,5	17,53	17,6								17,7
103.50	19,1	19,13	19,08	19,13	19,1								19,25
104.25	20,63	20,66	20,67	20,63	20,7								20,82
105.00	22,23	22,25	22,26	22,22	22,3								22,38
105.75	23,77	23,82	23,85	23,79	23,8								24,02
106.50	25,37	25,4	25,44	25,4	25,43	25,47	25,36	25,53	25,49	25,49	25,53	25,55	25,6
107.25	26,94	27,02	27,01	27,01	27,02	27,05	26,99	27,15	27,02	27,17	26,99	27,18	27,19
108.00	28,61	28,63	28,63	28,62	28,63	28,59	28,57	28,77	28,63	28,76	28,65	28,77	28,77
108.75	30,15	30,27	30,11	30,27	30,2	30,14	30,23	30,32	30,22	30,35	30,19	30,38	30,38
109.50	31,71	31,87	31,71	31,86	31,81	31,76	31,81	31,97	31,84	31,92	31,85	31,95	31,93
110.25	33,33	33,37	33,26	33,41	33,4	33,43	33,39	33,51	33,37	33,46	33,32	33,47	33,54
111.00	34,92	34,98	34,93	35,02	34,92	35,01	34,96	35,05	35,01	35,09	35,01	35,05	35,05
111.75	36,45	36,5	36,49	36,55	36,59	36,55	36,53	36,61	36,64	36,58	36,53	36,6	36,65
112.50	38,13	38,11	38,04	38,14	38,11	38,19	38,13	38,09	38,16	38,22	38,07	38,2	38,14
113.25	39,59	39,62	39,54	39,76	39,67	39,72	39,61	39,7	39,71	39,79	39,59	39,84	39,71
114.00	41,2	41,15	41,22	41,26	41,26	41,12	41,19	41,27	41,33	41,37	41,29	41,38	41,28

Speichern unter... ☐ Normierung cd / klm Schließen

Abbildung 20: Lvk - Tabelle

4.2.4 Strahlen der Kamerabilder

In der Registerkarte *Strahlen der Kamerabilder* werden die sogenannten Strahlendatenbilder (siehe 3.5.2) angezeigt. Ein Strahlendatenbild ist eine Zwischenstufe vom Leuchtdichtebild zu Strahlen. Es beinhaltet nur Pixel, von denen Strahlen ausgehen. Der Wert eines Pixels ist die Anzahl von Strahlen, die von ihm ausgehen, wobei die Lichtstrom-Einheitsamplitude der Strahlen eines Bildes intern verwaltet wird.

Die Bilder sind in der Reihenfolge der Messung gelistet. Die dem aktuellen Bild zugeordnete Messposition im Goniometerkoordinatensystem ist auf der rechten Seite unter *Aufnahmeposition* (Textfelder *Theta* und *Phi*) angegeben. Die nächstliegende Messrasterposition steht unter *Rasterposition*. Mit der Bildlaufleiste oder direkter Eingabe der Rasterposition können die Bilder gesamten Messsequenz durchlaufen werden.

Die Option *Metrisches Koordinatensystem* schaltet zwischen Pixelkoordinaten und dem metrischen Koordinatensystem auf der aktuellen Bildebene im Koordinatenzentrum um. Bei dem metrischen Koordinatensystem handelt es sich um ein lineares Koordinatensystem mit festem Pixel/mm Verhältnis. Dies ist eine Näherung unter Vernachlässigung von Objektiv-Abbildungsfehlern und der nichtlinearen Skalierung der Zentralprojektion. Weiterhin ist das Koordinatensystem nur in der Ebene im Zentrum des Goniometerkoordinatensystems gültig. Bei kleineren Öffnungswinkeln des verwendeten Objektivs, die vor allem für Strahlendatenmessungen von Lichtquellen verwendet werden, sind die Abweichungen jedoch vernachlässigbar.

Standardmäßig wird ein Koordinatengitter mit Skalierung angezeigt und das Koordinatenzentrum durch ein gelbes Achsenkreuz visualisiert. Der Menüpunkt *[Ansicht / Koordina-*

tensystem] schaltet die Einblendung des Gitters um. Bei orthogonalen Blickrichtungen entsprechen die Achsen dieses Koordinatensystems zwei Achsen des Goniometerkoordinatensystems. Welche der drei Achsen im Bild korrespondieren, wird in der linken oberen Ecke angezeigt. In dieser Abbildung entspricht die vertikale Bildachse der X – Achse und die horizontale Bildachse der Y – Achse.

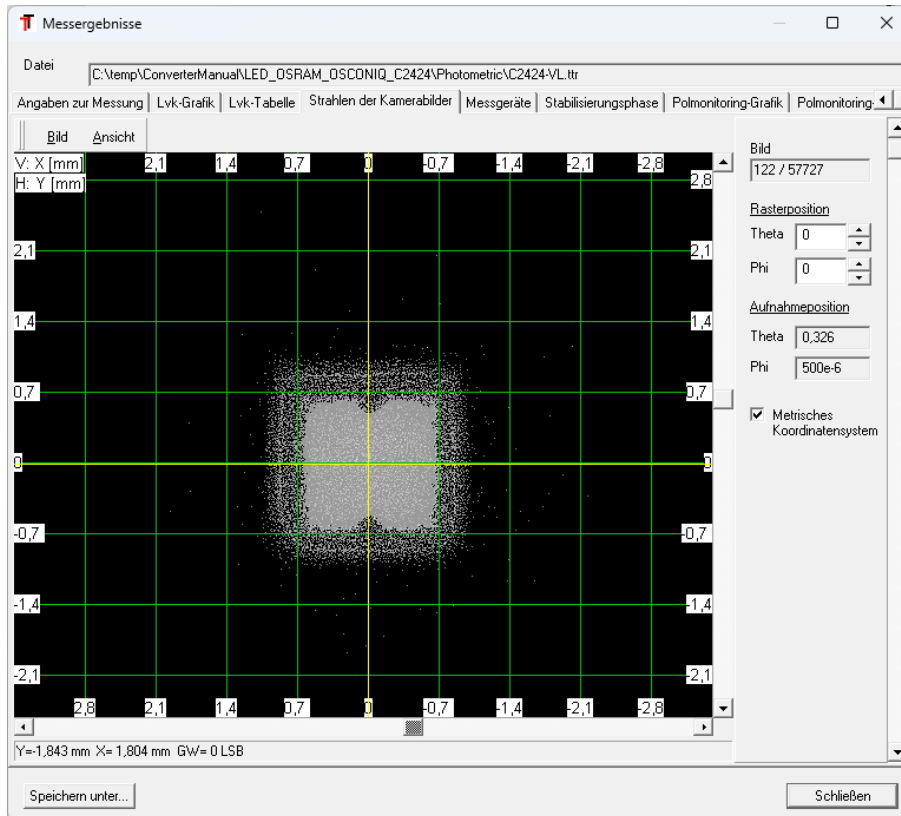


Abbildung 21: Anzeige der Strahlendatenbilder

Zur einfachen Messung von Maßen im Bild kann mit gedrückter linker Maustaste eine Rechteckregion aufgezogen werden, deren Abmessungen dann in der Statuszeile stehen.

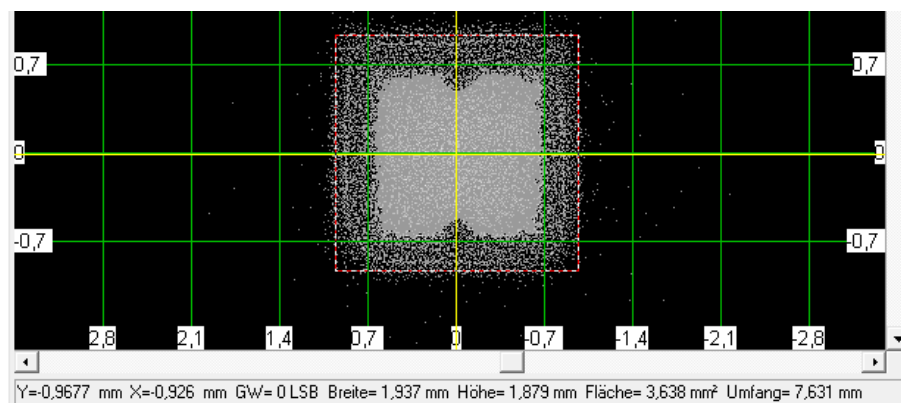


Abbildung 22: Messung von Maßen im Strahlendatenbild

4.2.5 Messgeräte

Das RiGO801 Messprogramm kann während der Messung Daten externer Messgeräte (Temperaturen, elektrische Größen) erfassen und mit in der TTR Datei speichern. Diese

Daten sind in der Registerkarte *Messgeräte* aufgeführt. Für jedes Gerät gibt es eine untergeordnete Registerkarte. Die Daten werden in einer Tabelle angezeigt, in der jede Zeile die Messwerte beinhaltet, die vor dem Start der jeweiligen C-Ebene gemessen wurden.

Mit dem Kontextmenü der rechten Maustaste erhält man Funktionen zum Markieren von Tabellenbereichen, die Übernahme in die Zwischenablage und das Speichern der Tabelle als *.txt Datei. Die üblichen Tastenkombinationen für diese Aktionen stehen ebenfalls zur Verfügung.

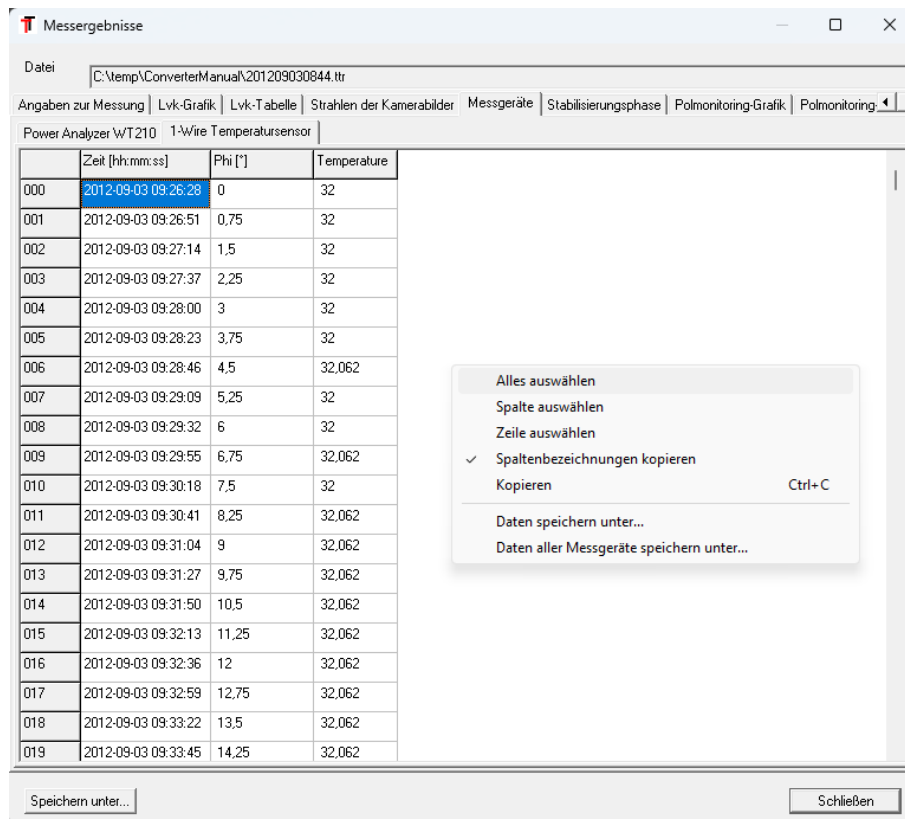


Abbildung 23: Messergebnisse - Messgeräte

4.2.6 Stabilisierungsphase

Falls die Messung mit einem automatischen Stabilisierungsvorgang gestartet wurde, sind die während der Stabilisierungsphase protokollierten Daten in dieser Registerkarte einsehbar. Über das Kontextmenü des Diagramms (rechte Maustaste) kann das Diagramm als Bilddatei oder die zugrundeliegenden Daten als ASCII Datei gespeichert werden.

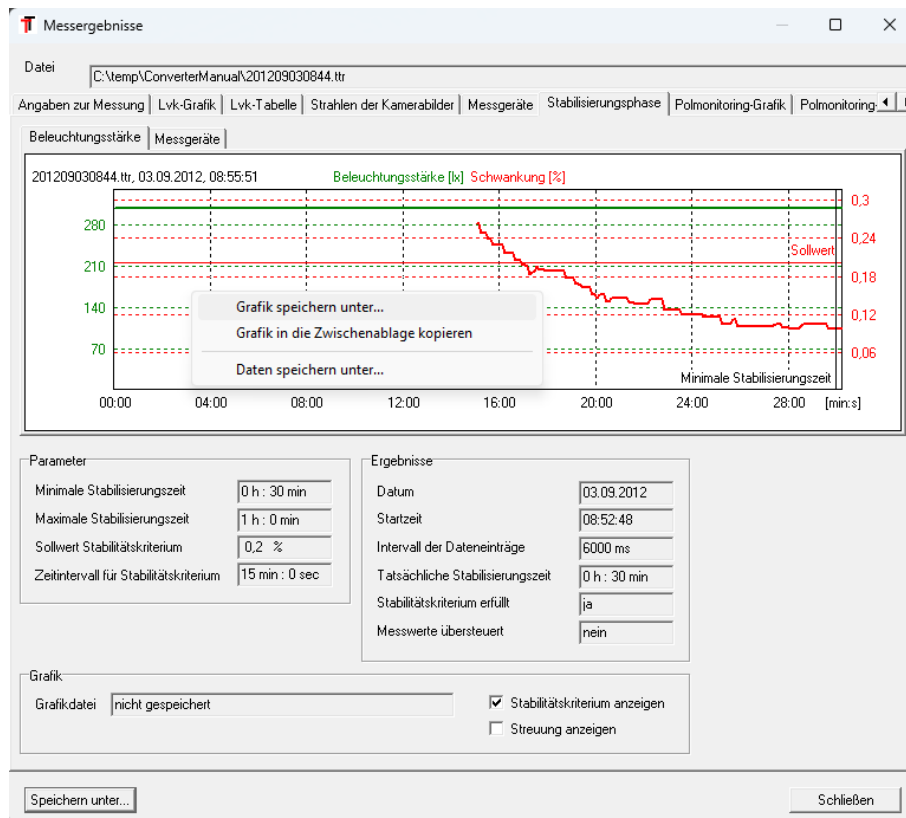


Abbildung 24: Messergebnisse - Stabilisierungsphase

4.2.7 Polmonitoring

Falls verfügbar, beinhalten die Daten des Polmonitorings die Beleuchtungsstärken am Pol jeder C-Ebene. Damit kann die Stabilität der Lichtquelle während der Messung bewertet werden. Die Registerkarten *Polmonitoring-Grafik* und *Polmonitoring-Tabelle* visualisieren diese Daten als Diagramm bzw. Tabelle. Über die Kontextmenüs können die Grafik bzw. die Daten wie üblich gespeichert oder in die Zwischenablage übernommen werden.

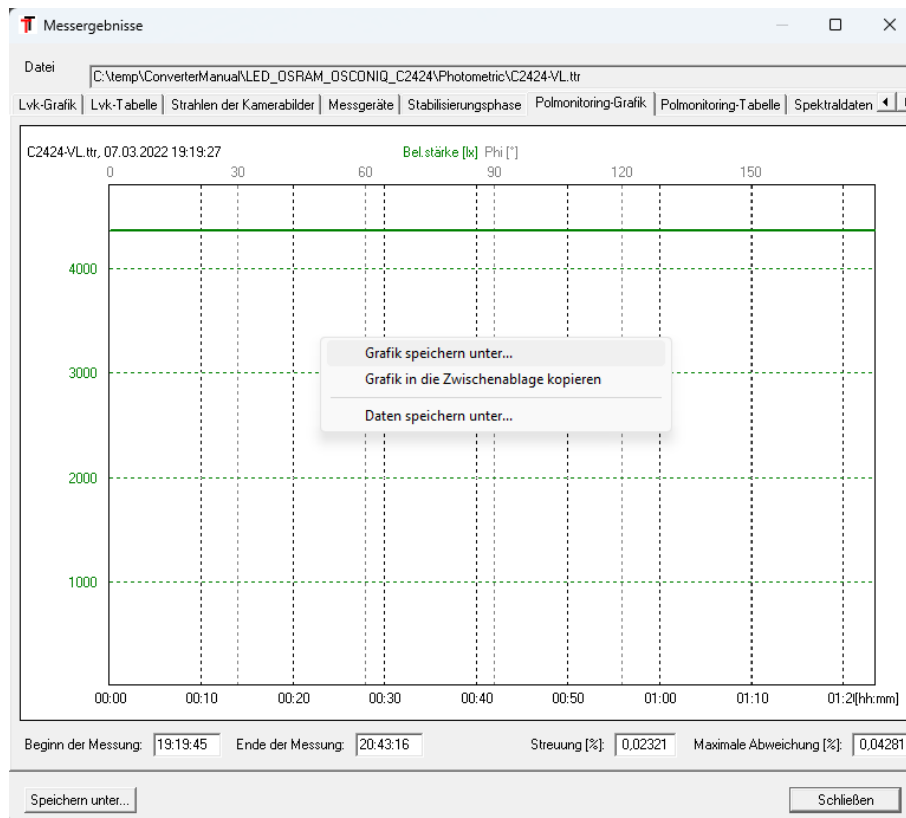


Abbildung 25: Messergebnisse - Polmonitoring

4.2.8 Spektraldaten

Einer TTR Datei kann ein Spektrum zugeordnet sein. Die Anzeige erfolgt in der Registerkarte *Spektraldaten*. Untergeordnet gibt es die Ausgaben als Tabelle, als Spektralverlauf und als CIE Farbwertdiagramm. Zusätzliche Informationen zu den Spektraldaten und abgeleitete Ergebnisse, wie beispielsweise Farbkoordinaten und Farbwiedergabeindizes CRI und TM30 sind auf der rechten Seite aufgeführt.

Bei der Konvertierung einer Strahlendatei kann dieses Spektrum zur Generierung von spektralen Daten verwendet werden (siehe 3.6.6).

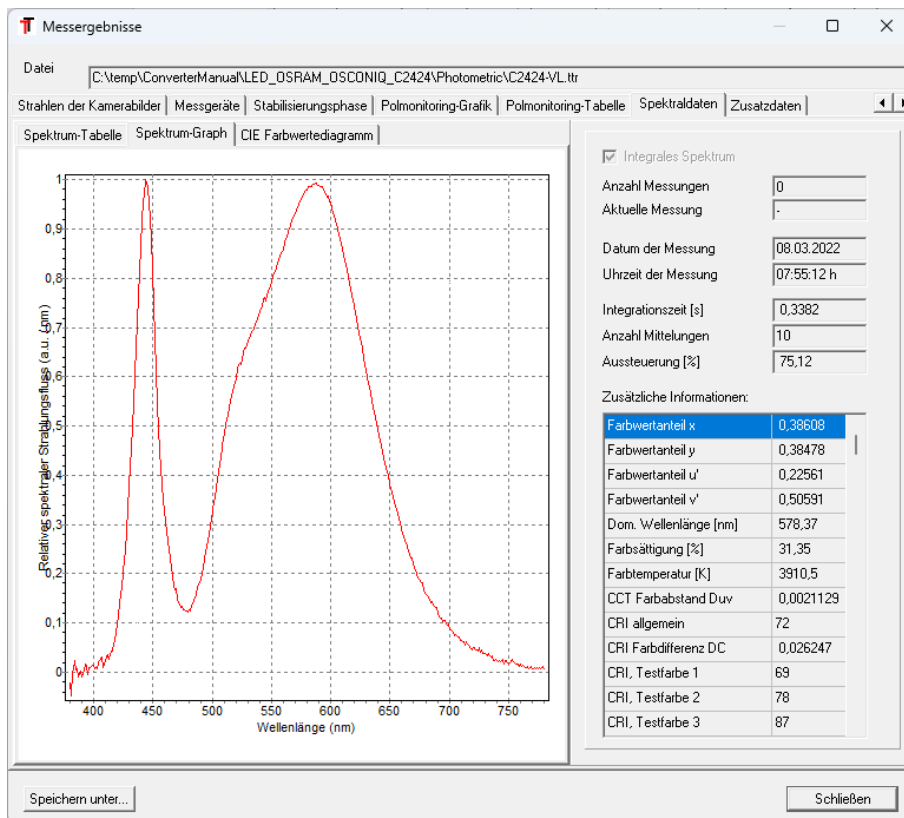


Abbildung 26: Messergebnisse – Spektraldaten (Spektrum)

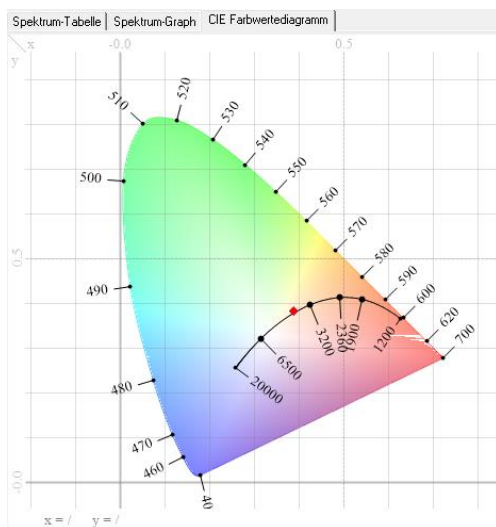


Abbildung 27: Messergebnisse – Spektraldaten (CIE Farbwertdiagramm)

4.2.9 Zusatzdaten

Das TTR Dateiformat bietet die Möglichkeit, diverse zusätzliche Daten hinzuzufügen. Das können Datenblätter, Bilder vom Ausrichten des Messobjekts, Leuchtdichtebilder, Goniospektrometrische Messdaten oder andere beliebige Dateien sein. Eine detaillierte Erläuterung wird in Abschnitt 4.3.4 vorgenommen.

4.3 Bearbeiten von TTR Dateien

Die möglichen Inhalte einer TTR-Datei wurden in den vorigen Abschnitten erläutert. Nicht alle Inhalte werden vom Messprogramm in der TTR-Datei abgelegt, sondern erst bei einer nachträglichen Bearbeitung im *Konverter801* Programm über das Menü *[Datei / Bearbeiten]*. Hier ist es auch möglich, die zur Strahlkonvertierung erforderlichen Experteneinstellungen (siehe Abschnitte 3.6 und 5) in die Datei zu integrieren. Erst durch diese Bearbeitung wird aus einer TTR-Datei eine einfach handhabbare Austauschdatei. Es ist ratsam, die Originaldatei separat zu sichern.

Der Menüpunkt *[Datei / Bearbeiten]* öffnet den Dialog *Messergebnisse* (Abbildung 16) in einem erweiterten Ansichtsmodus. Die Bearbeitungsfunktionen werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

4.3.1 Angaben zur Messung bearbeiten

In der Registerkarte *Angaben zur Messung* stehen folgende Funktionen zur Verfügung:

- Ändern der Inhalte aller Eingabefelder mit weißem Hintergrund
- Löschen kompletter Sektionen
- Einfügen der Vorgabeparameter für die Zielgeometrie und das Zielkoordinatensystem

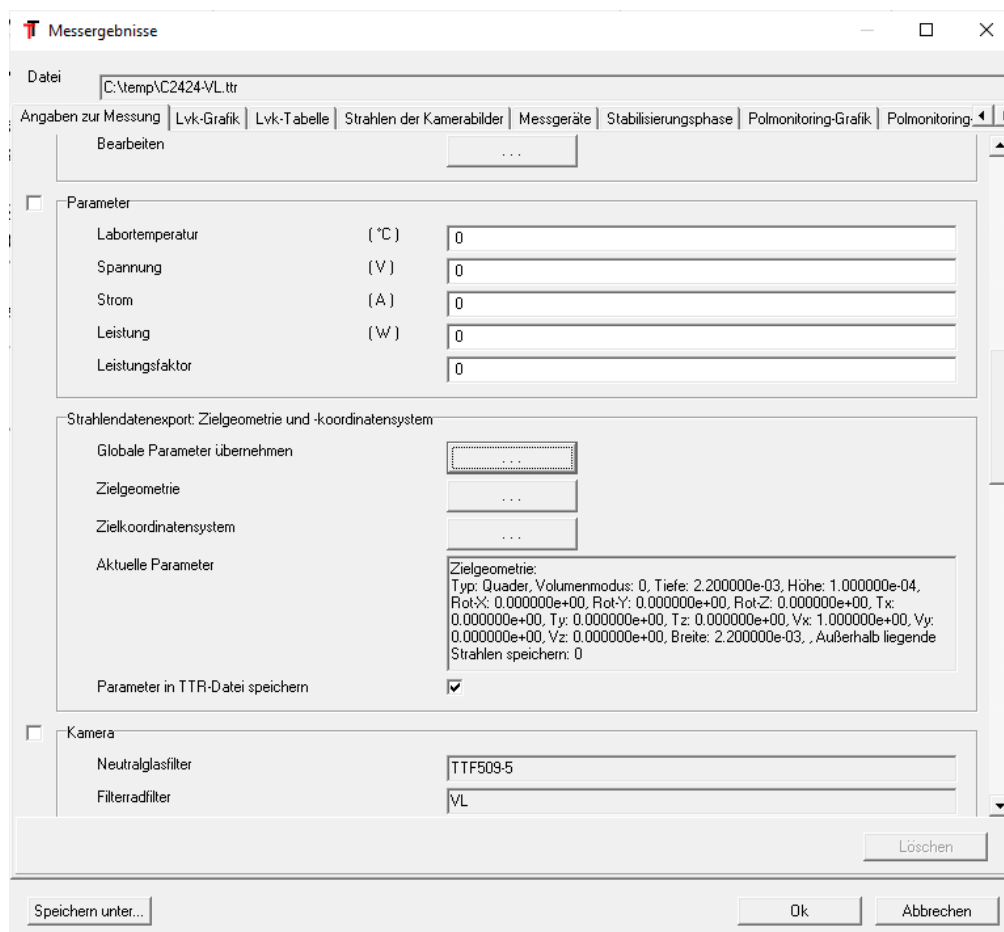


Abbildung 28: Dialog Bearbeiten – Angaben zur Messung

Das Löschen kompletter Sektionen ist beispielsweise dann sinnvoll, wenn eine TTR-Datei externen Anwendern zur Verfügung gestellt werden soll, die keine überflüssigen oder internen Informationen einsehen sollen. Hierzu gehören typischerweise die Einstellungen des Messsystems (Sektion *Kamera*, *Photometer* usw.), die in der Regel für externe Benutzer nicht relevant sind. Nicht benötigte Sektionen werden über die Auswahlkästchen aktiviert und dann mit der Schaltfläche *Löschen* gelöscht.

Eine wichtige Funktion ist die Festlegung der Vorgabeparameter der Zielgeometrie und des Zielkoordinatensystems (siehe 3.6.3 und 3.6.4). Sind diese Daten in der TTR-Datei enthalten, kann der Anwender sie bequem bei der Strahlgenerierung nutzen. Üblicherweise werden die geeigneten Parameter zunächst getestet (siehe Abschnitt 5) und dann mit *Globale Parameter übernehmen* (Schaltfläche „...“) übernommen. Die direkte Bearbeitung ist auch über die „...“-Schaltflächen neben *Zielgeometrie* und *Zielkoordinatensystem* möglich. Die Option *Parameter in TTR-Datei speichern* muss aktiviert sein, ansonsten werden die Daten wieder gelöscht.

4.3.2 Messgeräte, Stabilisierungsphase und Polmonitoring

Falls die Daten der externen Messgeräte (siehe 4.2.5), der Stabilisierungsphase (4.2.6) oder des Polmonitorings (siehe 4.2.7) gelöscht werden sollen, kann dies in den jeweiligen Registerkarten mit der Schaltfläche *Löschen* erfolgen.

4.3.3 Spektraldaten

In der Registerkarte *Spektraldaten* (siehe 4.2.8) kann eine spektrale Verteilung geladen oder die bereits vorhandenen Daten gelöscht werden. Diese Verteilung wird bei der Strahlgenerierung berücksichtigt, wenn als diese TTR-Datei als Quelle für die spektrale Signatur angegeben ist (siehe 5.3.1).

Folgende Dateiformate können geladen werden:

- **TechnoTeam Spektraldaten (*.tsd)**
Dieses Dateiformat kann einzelne Spektren oder eine komplette goniospektrometrische Messung entsprechend IES LM79-19 oder CIE S 025 enthalten. Falls goniospektrometrische Messdaten vorliegen, die für eine Berechnung des relativen integralen Strahlungsflusses geeignet sind, wird beim Laden die integrale spektrale Verteilung verwendet, andernfalls einfach das erste Spektrum der Datei.
- **Instrument Systems Spektraldaten (*.isd)**
Die Datei kann mehrere Spektren beinhalten. Es wird nur das erste Spektrum verwendet.
- **Optis Spektraldaten (*.spectrum)**
Einzelnes Spektrum
- **TechnoTeam Lichtstärkeverteilungsdaten (*.ttl)**
Eine TTL – Datei kann ebenso ein Spektrum beinhalten wie eine TTR-Datei und kann somit auch als Quelldatei für ein Spektrum angegeben werden.
- **TechnoTeam Spektraldaten (*.tts)**
Einzelnes Spektrum
- **Textdatei-Spektraldaten (.txt)**
Einzelnes Spektrum

4.3.4 Zusatzdaten

Auf die Anzeige der *Zusatzdaten* wurde bereits kurz im Abschnitt 4.2.9 eingegangen. An dieser Stelle erfolgt eine detailliertere Erläuterung.

Unter dem Begriff *Zusatzdaten* wird eine Zusammenstellung von Dateien verstanden, die in eine TTR-Datei eingebettet werden können. Dies können PDF-Dateien (Datenblätter), Leuchtdichtebilder, Justagebilder, normale Bilddateien, Spektren, Textdateien oder sonstige Binärdateien sein. Die Dateien können in einer Baumstruktur organisiert werden.

Bearbeiten der Datenstruktur

Die Datenelemente werden in einer Baumstruktur abgelegt. Abbildung 29 zeigt den Ausgangszustand mit dem Basisknoten *Datenobjekte* und dem Kontextmenü (rechte Maustaste).

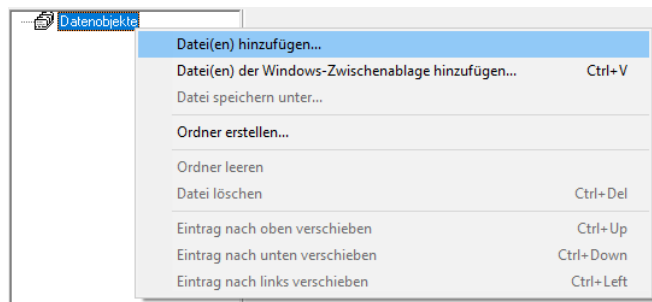


Abbildung 29: Zusatzdaten - Kontextmenü

Beispielhaft wird im Folgenden der Aufbau einer Struktur mit verschiedenen Datenobjekten gezeigt. Über den Menüpunkt *Ordner erstellen ...* werden zunächst die Ordner angelegt (Abbildung 30).

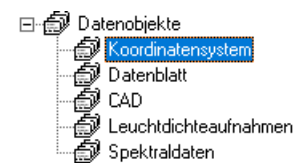


Abbildung 30: Zusatzdaten – Beispiel-Ordnerstruktur

Einfügen von Bildern

Für das Einfügen normaler Bilddateien wird auf dem Ordner „Koordinatensystem“ im Kontextmenü *Datei(en) hinzufügen...* gewählt. Im Dateidialog muss auf den Dateityp Bilddateien gewechselt werden (Abbildung 31). Das Bild wird anschließend im rechten Bereich des Dialogs angezeigt (Abbildung 32). Die Bildanzeige für die üblichen Bildformate beinhaltet einfache Funktionen zur Wahl des Bildausschnitts. Zoom erfolgt über das Mausrad (oder im Menü), eine Bildverschiebung ist mit gedrückter linker Maustaste möglich. Die Einstellung des Bildausschnitts wird in den Daten gespeichert und beim Laden der Datei wiederhergestellt. Damit kann die Darstellung ggf. für einen externen Anwender speziell vorbereitet werden.

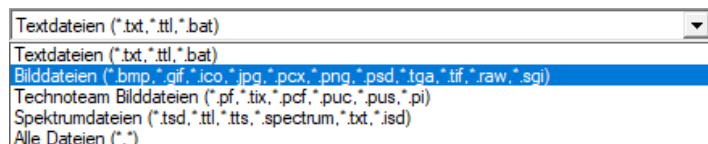


Abbildung 31: Zusatzdaten – Dateitypen

Als Knotenname wird der Dateiname verwendet. Eine Umbenennung des Knotens ist möglich, indem man auf den bereits aktiven Eintrag einen Klick mit der linken Maustaste vornimmt.

Unterhalb des Bildes befindet sich ein Texteingabebereich, wo bei Bedarf ergänzende Informationen angegeben werden können.

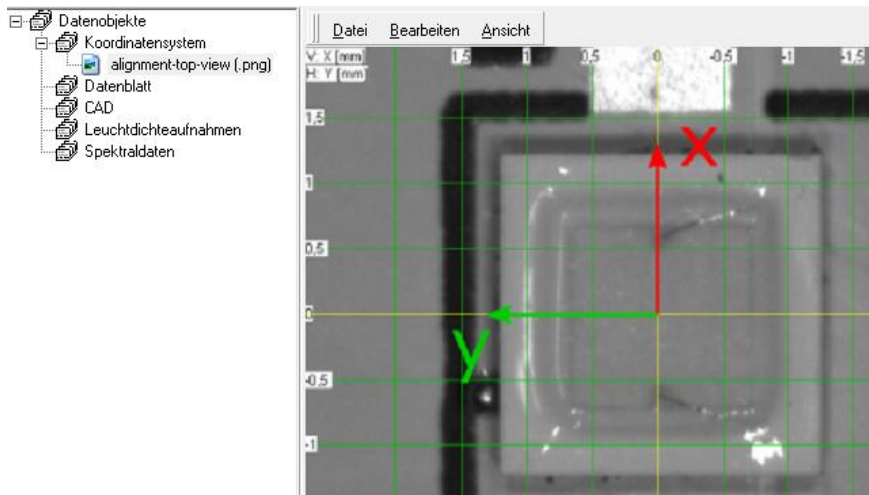


Abbildung 32: Zusatzdaten - Bildanzeige für normale Bilddateien

Einfügen von TechnoTeam Bildformaten

Eine spezialisiertere Bildanzeige visualisiert TechnoTeam Bilddateien. In Abbildung 33 ist das eines während der Justage gespeicherten Kamerabildes (Dateiendung .pus) dargestellt. Vorteile gegenüber einer normalen Bilddatei bestehen in der Verfügbarkeit des integrierten Koordinatensystems (Aktivierung des Gitters über *[Ansicht | Koordinatensystem]*), sowie bei den Möglichkeiten zur Wahl der Farbpalette und logarithmischer Skalierung zur besseren Visualisierung.

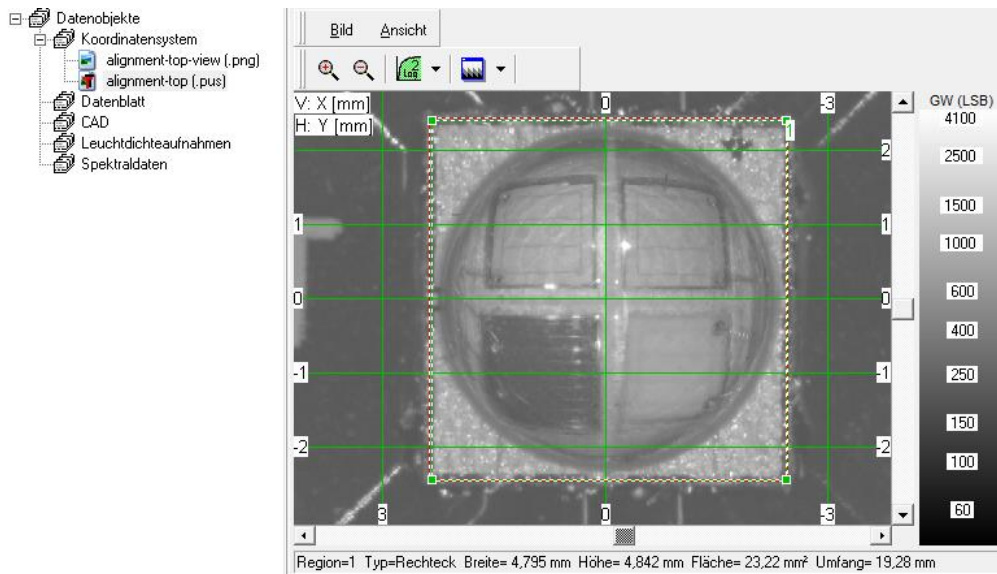


Abbildung 33: Zusatzdaten - Bildanzeige für TechnoTeam Bilddateien

Zum Ablesen von Abmessungen können die Mauscursorkoordinaten in der Statuszeile dienen. Eine komfortablere Möglichkeit besteht durch das Anlegen von Regionen im Bild (Kontextmenü), deren Parameter beim Positionieren des Mauscursors in der Nähe einer aktivierten Region in der Statuszeile stehen.

Leuchtdichtebilder im .pf – Bildformat können ebenso angezeigt werden (Abbildung 34).

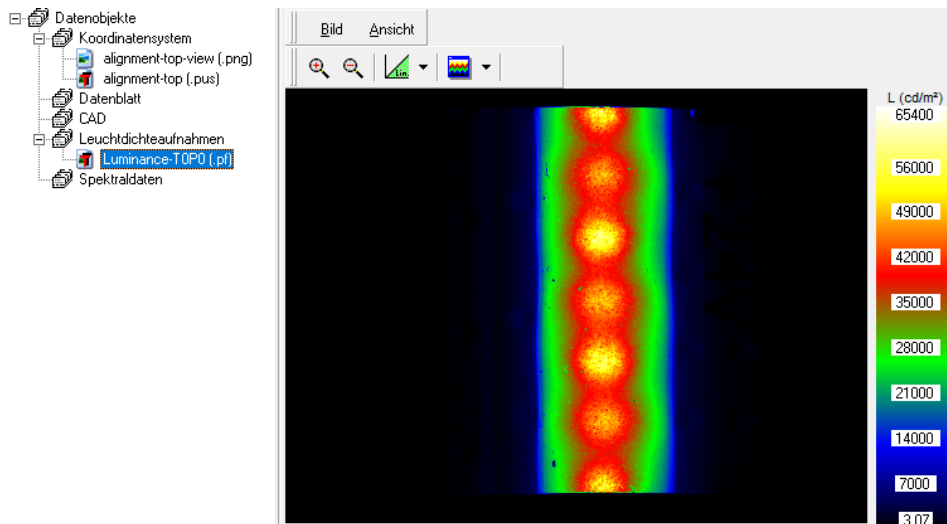


Abbildung 34: Zusatzdaten - Leuchtdichtebild

Spektraldaten

Für die Anzeige von Spektraldaten ist ebenfalls eine spezialisierte Ansicht verfügbar. Im Gegensatz zu den einer TTR-Datei zugeordneten Spektraldaten (siehe 4.2.8 und 4.3.3), die nur ein Spektrum umfassen, können bei den Zusatzdaten auch komplette Goniospektrometrische Messungen angezeigt werden. Abbildung 35 zeigt den Verlauf der Farbkoordinaten einer solchen Messung auf einem CIE-Farbwertdiagramm. Es sind wahlweise die Informationen jedes Spektrum oder die des integralen Spektrums verfügbar.

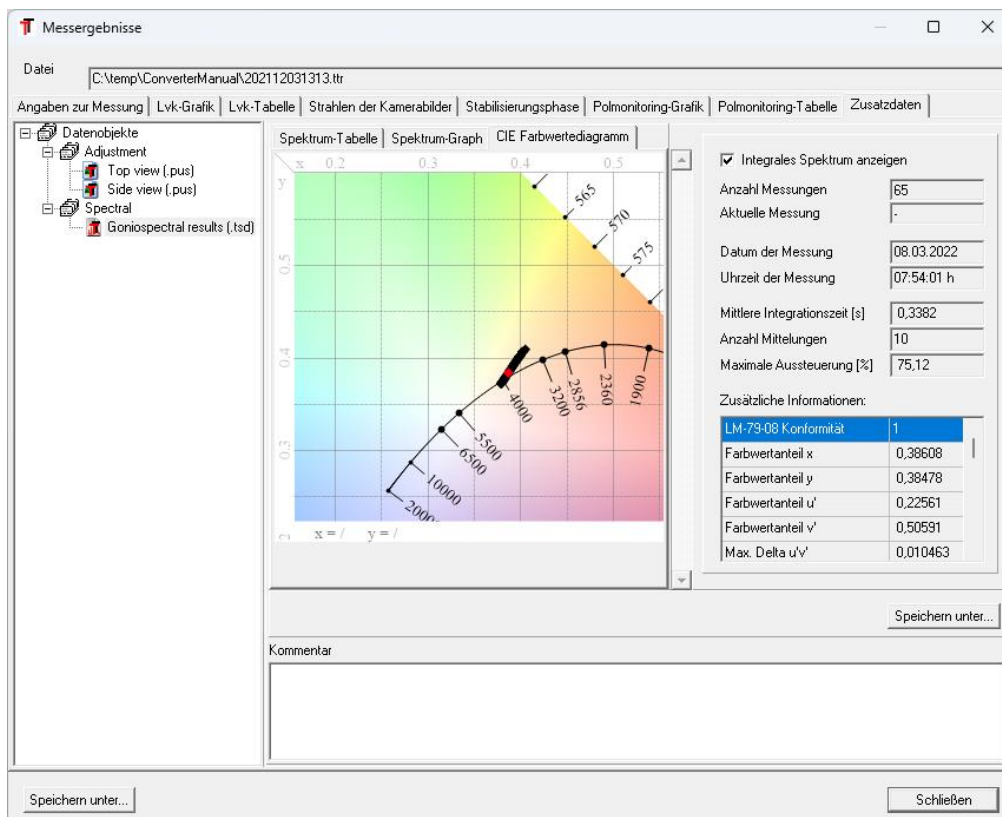


Abbildung 35: Zusatzdaten - Spektraldaten

Justagebilder des RiGO801-Messprogramms

Zusatzdaten können bereits vom Messprogramm in der TTR-Datei abgelegt werden. Hier gibt es die Funktionalität einer speziellen RiGO-Zwischenablage (siehe RiGO801 Messhandbuch), in der üblicherweise beim Ausrichten des Messobjekts die Justagebilder zwischengespeichert und am Ende der Messung in die TTR-Datei kopiert werden. Jedes Justagebild wird in zwei Varianten in den Ordner „Adjustment“ eingefügt. Ein BMP-Bild ist ein Screenshot der Anzeige beim Justieren, wobei das PUS-Bild das Kamerabild mit Koordinatensystem ist (siehe Abbildung 36). Das BMP-Bild ist somit eigentlich überflüssig, da eine Rekonstruktion der Ansicht immer aus dem Kamerabild möglich ist. Im Rahmen einer Bearbeitung der Daten können die BMP-Bilder ggf. wieder gelöscht werden.

Die Darstellung der Messobjektausrichtung kann mit der PUS-Ansicht so konfiguriert werden, dass die relevanten Details gut sichtbar sind. Da die Einstellungen der Ansicht ebenfalls in der TTR-Datei gespeichert sind, erscheint die gleiche Visualisierung beim Laden der Datei.

Eine Besonderheit dieser vom RiGO801 Messprogramm eingefügten Justagebilder ist die Angabe der Position der Aufnahme im *Kommentar* Textfeld. Bei orthogonalen Positionen entsprechen die Achsenbeschriftungen den jeweils sichtbaren Achsen des Goniometerkoordinatensystems.

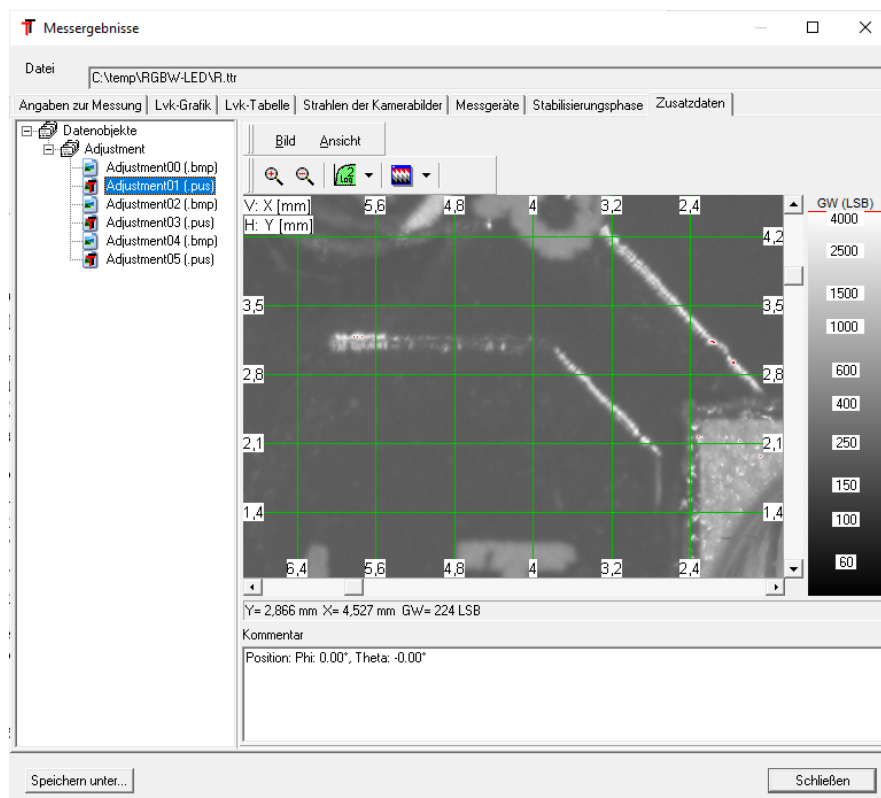


Abbildung 36: Zusatzdaten – Justagebilder vom RiGO801 Messprogramm

5 Konvertierung von Strahlendaten

Die Grundlagen der Messung und Konvertierung von Strahlendaten wurden im Kapitel 3 erläutert. An dieser Stelle folgt nun die praktische Anwendung.

5.1 Festlegung der Zielgeometrie

Ohne die Festlegung einer Zielgeometrie liegen alle Strahlenstartpunkte auf der vom Objektzentrum beschriebenen Kugelfläche (siehe 3.6.3). Üblicherweise werden die Startpunkte mittels Raytracing auf die Hüllfläche oder in das Volumen (Option *Volumenmodus*) einer Zielgeometrie verschoben. Das *Konverter801* Programm unterstützt die Geometrien Kugel, Quader und Zylinder.

Die Geometrie muss alle relevanten lichtemittierenden Bereiche der Lichtquelle umschließen. Strahlen, ausgehend von ausgeschlossenen Bereichen, ohne Schnittpunkt mit der Geometrie werden nicht berücksichtigt! Dies kann auch beabsichtigt sein, um beispielsweise mitgemessene Reflexionen an externen Komponenten (PCB, Bauteile) auszu-schließen.

Die Wahl der Zielgeometrie erfolgt im Dialog *Zielgeometrie* (Menüpunkt *[Optionen | Zielgeometrie]*). Der Dialog zur Eingabe der Geometrieparameter wird mit der Schaltfläche *Eigenschaften* geöffnet.

Die Lage und Ausrichtung der Zielgeometrie erfolgt immer im Goniometerkoordinatensystem!

Zu den individuellen Parametern wird in den folgenden Abschnitten genauer eingegangen.

Die Option *Außerhalb liegende Strahlen speichern* bietet die Möglichkeit, die nicht von der Zielgeometrie erfassen Strahlendaten in einer separaten Datei (Dateiname mit „_excluded“ erweitert) auszugeben. Dies ermöglicht die genauere Analyse dieser Bereiche.

In den weiteren Textfeldern werden die Eigenschaften des aktuell gewählten Raytracermoduls und die aktuellen Parameter ausgegeben.

5.1.1 Allgemeine Parameter

In allen Parameterdialogen sind die Optionen *Maßeinheit* und *Volumenmodus* vorhanden. Die Maßeinheit (mm, cm, inch, m) bezieht sich ausschließlich auf die Angaben der Zielgeometrie und beeinflusst nicht Maßeinheit der Strahlenausgabe oder sonstige Maßangaben. Der Volumenmodus eines Raytracermoduls kann mit der gleichnamigen Option aktiviert werden. Statt der Verschiebung der Strahlstartpunkte auf die Oberfläche der Zielgeometrie, werden sie dann in das Volumen gelegt (siehe 3.6.4).

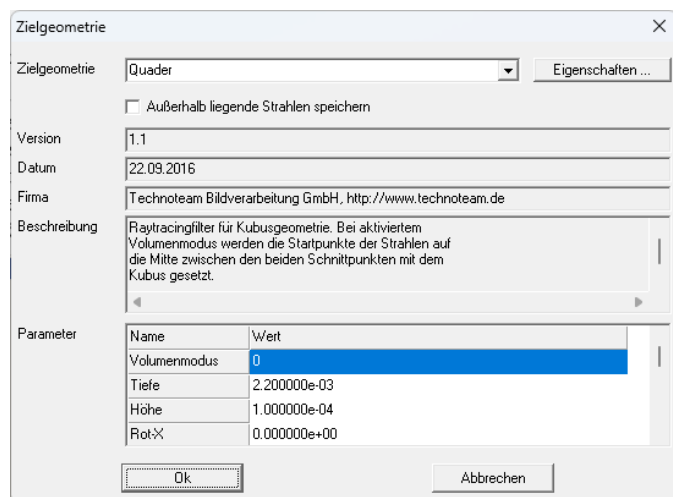


Abbildung 37: Dialog „Zielgeometrie“

Für die Orientierung einer Geometrie stehen die Modi *Rotation vorgeben* und *Symmetrieachse vorgeben* zur Verfügung. Bei der Rotation ist zu beachten, dass die Bezugsachse von der X-Achse aus in der Reihenfolge X, Y, Z rotiert wird. Nach der Drehung erfolgt die Translation um die angegebenen Parameter T_x , T_y und T_z . Wird keine Translation durchgeführt, dann liegt der Mittelpunkt der Geometrie im Ursprung des Goniometerkoordinatensystems.

Dialoge mit einer 3D Visualisierung stellen die Position der Zielgeometrie im Goniometerkoordinatensystem dar. Die Größenskalierung des 3D Objekts gegenüber den Achsen ist häufig etwas klein. Zur besseren Visualisierung können zwischenzeitlich deutlich größeren Geometrieabmessungen verwendet (z.B. Faktor 10) und dann vor dem Bestätigen der Eingaben wieder zurückskaliert werden.

5.1.2 Kamerakugel

Bei dieser Einstellung erfolgt kein Raytracing, d.h., die Strahlen beginnen auf der Kugel, die durch das Objektzentrum definiert wird.

5.1.3 Kugel

Die Kugelgeometrie wird mit der Position des Mittelpunkts und dem Radius definiert.

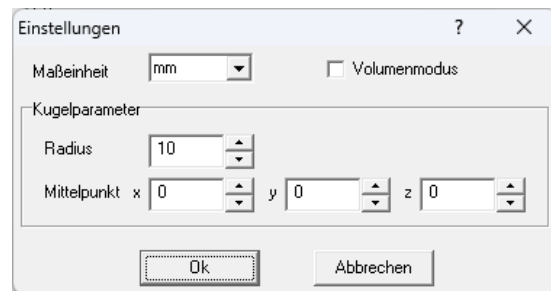


Abbildung 38: Zielgeometrie - Kugel

5.1.4 Zylinder

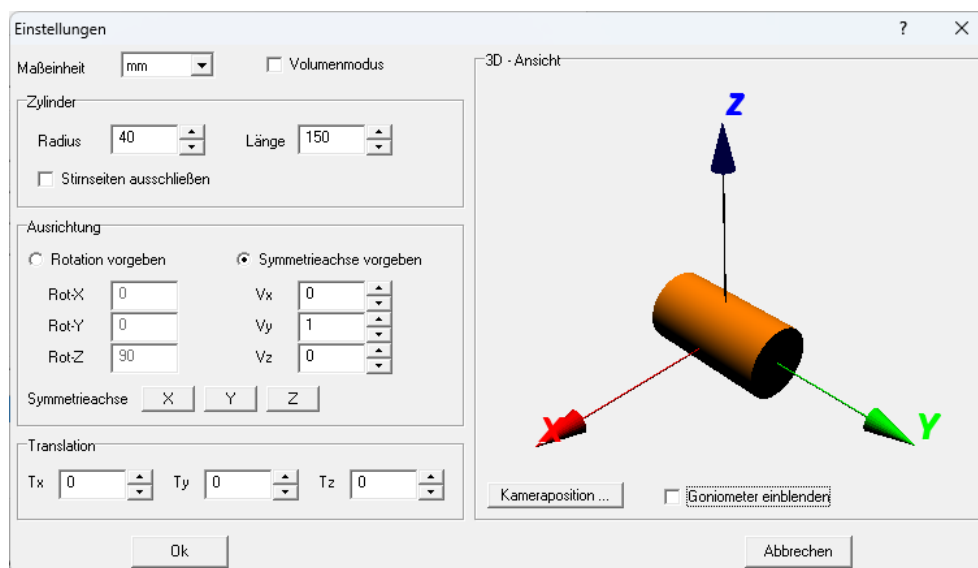


Abbildung 39: Zielgeometrie - Zylinder

Im Eingabebereich *Zylinder* werden die Abmessungen des Zylinders mit dem *Radius* und der *Länge* (Gesamtlänge) angegeben. Die Option *Stirnseiten ausschließen* bewirkt den

Ausschluss von Strahlen, die eine der Stirnseiten schneiden. Dies kann Hilfreich sein, wenn beispielsweise ein Ausschnitt einer Stablichtquelle gemessen wird.

5.1.5 Quader

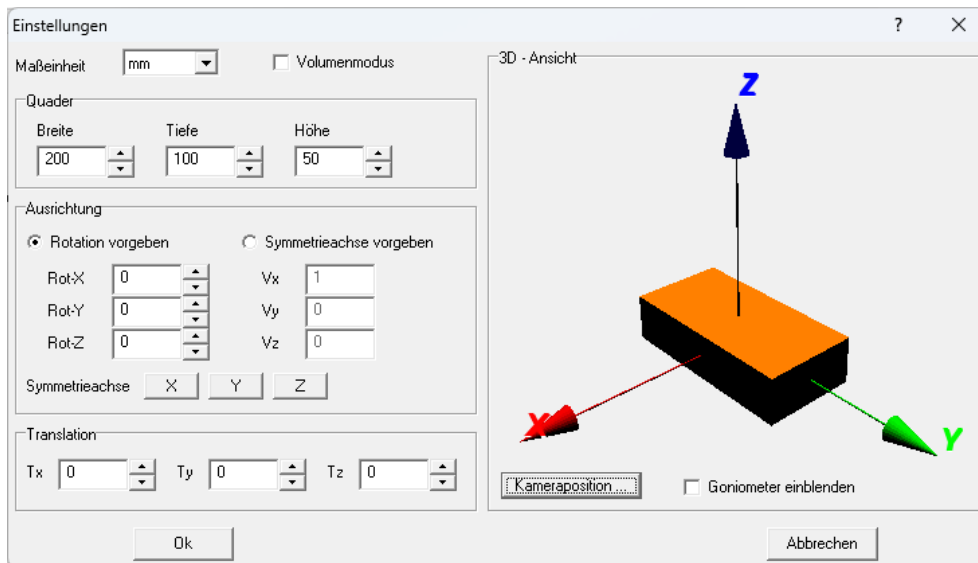


Abbildung 40: Zielgeometrie - Quader

Die Abmessungen des Quaders beziehen sich auf die Bezugsachse. Ohne Rotation entspricht sie der X – Achse, d.h., die *Breite* ist dann die Seitenlänge in Y-Richtung, die *Tiefe* die Länge in X-Richtung und die *Höhe* die Länge in Z-Richtung.

5.2 Transformation des Koordinatensystems (Zielkoordinatensystem)

Die Orientierung des Koordinatensystems der Strahlen bzw. der Lichtstärkeverteilung ist häufig an das Messobjekt und dessen Gebrauchslage gekoppelt. Das bedeutet, dass die im Goniometerkoordinatensystem vorliegenden Rohdaten in das Koordinatensystem des Messobjektes überführt werden müssen (siehe 3.6.5). Die erforderliche Koordinatentransformation kann im Programm über den Menüpunkt [Optionen / Zielkoordinatensystem ...] parametrisiert werden (Abbildung 41).

Die Parameter der Koordinatentransformation definieren die Lage des Zielkoordinatensystems gegenüber dem Goniometerkoordinatensystem. Sequentiell erfolgt zuerst die Rotation und anschließend die Translation des Koordinatensystems. Die Einstellungen werden durch Betätigung der Schaltfläche *Ok* übernommen.

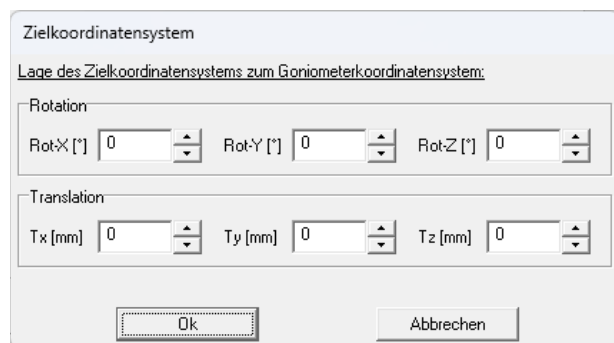


Abbildung 41: Dialog „Zielkoordinatensystem“

5.3 Speichern von Strahlendaten

Für das Speichern von Strahlendaten stehen alle gängigen Dateiformate zur Verfügung. Die Grundinformationen aller Formate sind identisch (siehe 3.6.7). Viele Formate bieten

die Möglichkeit, spektrale Informationen zu den Strahlen anzugeben. Das Programm *Konverter801* unterstützt die Zuweisung von Wellenlängen je Strahl (siehe 3.6.6). Weiterhin gibt es formatspezifische Besonderheiten, wie beispielsweise die Festlegung der Maßeinheit.

Die formatspezifischen Dialoge zum Starten der Strahlgenerierung und Dateiausgabe befinden sich im Menü *[Konvertieren / ...]*. In den ersten folgenden Abschnitten werden zunächst die allgemeinen Dialogelemente und die grundlegende Anwendung erläutert. Dann folgen die Formatspezifischen Elemente.

5.3.1 Quellparameter

Im Bereich *Quellparameter* ist der vollständige Dateiname der TTR Datei anzugeben, sowie der gemessene Lichtstrom und die Strahlenanzahl der Messung.

Die Option *Zielgeometrie und -koordinatensystem aus TTR-Quelldatei verwenden* ist verfügbar, wenn diese Vorgabeparameter in der TTR-Datei vorhanden sind (siehe 4.3.1). Bei aktiver Option werden diese Parameter verwendet, andernfalls die globalen Parameter (siehe 5.1).

Bei Strahlendateiformaten, die eine Angabe von Wellenlängen zu den Strahlen unterstützen, ist die Option *Spektrale Signatur der Strahlendaten* freigeschaltet. Mit der Schaltfläche *Spektrum laden* kann dann eine Spektraldatei oder eine TTR-Datei mit integriertem Spektrum gewählt werden (z.B. die TTR-Quelldatei). Das Spektrum wird dann zur Generierung von spektralen Strahlendaten verwendet (siehe 3.6.6).

Abbildung 42: Dialog zur Generierung von Strahlendaten (Beispiel IES TM.25)

5.3.2 Zielparameter

Die Festlegung der Zielfeld erfolgt nach dem Start der Konvertierung mit der Schaltfläche *Starten*. Vorher muss noch im Eingabefeld *Strahlenanzahl* die gewünschte Anzahl der Strahlen in der Zielfeld angegeben werden. Diese Anzahl von Strahlen wird der Quelldatei entnommen und mit der Strahlberechnungsprozedur (Raytracing, Koordinatentransformation) verarbeitet. Strahlen, die keinen Schnittpunkt mit der Zielgeometrie haben, werden nicht in die Zielfeld geschrieben (siehe 3.6.3). Somit gibt es eine Abweichung in der Anzahl der tatsächlich gespeicherten Strahlen und der Vorgabe (siehe 5.3.3).

Im Eingabefeld *Lichtstrom* kann ein anderer Lichtstrom als der vorgegebene gemessene Lichtstrom angegeben werden.

Die Option *Strahlendaten zufällig tauschen* ist wichtig, wenn die generierte Strahlendatei in der Simulation nur teilweise durchlaufen wird. Die Reihenfolge der Strahlkonvertierung im *Konverter801* Programm entspricht der Reihenfolge der Kamerabilder (siehe 3.5.2). Wenn somit nur mit der ersten Hälfte der Strahlen einer Strahlendatei simuliert wird, entspricht das der halben Messung. Bei aktivierter Option werden die Strahlen nach der Konvertierung zufällig in der Datei verteilt, so dass auch ein Ausschnitt der Datei den gesamten Winkelbereich der Messung umfasst.

Die Auswahl der Strahlen aus der Quelldatei entsprechend der vorgegebenen Strahlenanzahl ist ein determinierter Algorithmus, d.h., eine zweite Konvertierung bei sonst gleichen Parametern liefert die gleichen Strahlen. Um einen zweiten, vom ersten unabhängigen Strahlendatensatz zu erzeugen, kann eine Änderung im Feld *Startwert* vorgenommen werden. Diese Vorgehensweise stammt noch aus Zeiten, wo ggf. mehrere kleinere Strahlendateien nacheinander in die Simulation geladen wurden. Heutzutage ist diese Thematik nicht mehr relevant.

Falls ein Format die Angabe einer Längeneinheit unterstützt, werden die Startpunkte der Strahlen in dieser Einheit ausgegeben.

5.3.3 Starten und Überprüfung der Konvertierungsstatistik

Nach Betätigen der Schaltfläche *Starten* wird der Dateiname für die Zieldatei abgefragt. Dann läuft die Konvertierungsprozedur. In den Ausgabefeldern Strahlenanzahl und Lichtstrom stehen die aktuellen Werte. Am Ende der Konvertierung können die erreichte Strahlenanzahl und Lichtstrom von der Vorgabe abweichen, wenn Strahlen nicht die Zielgeometrie geschnitten haben (siehe 5.1). Bei größeren Abweichungen (z.B. > 5%) ist eine genauere Überprüfung ratsam. Die Konvertierungsparameter und die Ergebnisse werden auch in einer LOG-Datei gespeichert (Dateiname + „_log.txt“).

5.3.4 Übersicht der unterstützten Dateiformate

- ASAP (*.dis)
 - Keine spektralen Strahlen unterstützt
- LucidShape (*.ray)
- LightTools (*.ray)
- TracePro (*.src)
- Speos (*.ray)
- SimuLux (*.ray)
 - Keine spektralen Strahlen unterstützt
- IES TM-25 (*.tm25ray)
- Photopia (*.rir)
 - Keine spektralen Strahlen unterstützt
- Zemax (*.sdf)

5.4 TechnoTeam Lichtstärkeverteilung (*.ttl)

Das *RiGO801* Messprogramm generiert neben der TTR-Strahlendatei eine separate TTL-Datei mit den Daten der Lichtstärkeverteilung. Für die Lichtstärkeverteilung wird das Koordinatensystem des Goniometers und die Winkelauflösung der Messung für die Winkelraster der C-Ebenen und der Lichtstärken innerhalb der C-Ebenen verwendet.

Die TTL-Datei kann jederzeit wieder aus den Strahlendaten der TTR-Datei neu berechnet werden. Dabei stehen nun zusätzliche Möglichkeiten zur Verfügung.

- Berücksichtigung der Angaben des Zielkoordinatensystems
- Änderung der Winkelauflösungen
- Glättung
- Berechnung der Nahfeld-Lvk

Den Dialog zur Berechnung einer Lichtstärkeverteilung aus einem Strahlendatensatz erreicht man mit dem Menüpunkt *[Konvertieren / TechnoTeam Lichtstärkeverteilung (*.ttl)...]* (Abbildung 43).

In den Eingabefeldern *Dc* und *Dg* werden die Winkelschrittweiten gewählt. Die Standardvorgabe ist die Messauflösung.

Eine Glättung der Daten ist mit der Option *Lvk-Glättung* und den beiden Filterweiten *Phi* (C-Ebenen) und *Theta* (Gamma) möglich.

Für spezielle Anwendungen kann eine Nahfeld - Lvk mit frei definierbarem Detektorabstand berechnet werden (Option *Nahfeld-Lvk berechnen* und Texteingabefeld *Radius [m]*). Die Nahfeld-Lvk ist die Beleuchtungsstärkeverteilung in einer kurzen Entfernung (virtuelles Photometer), multipliziert mit dem Quadrat der Entfernung dar. Gegenüber der Fernfeld-Lvk (Punktlichtquelle, Detektorentfernung unendlich) muss hier die Position der Lichtquelle im Goniometerkoordinatensystem beachtet werden bzw. sie kann sogar gezielt mit den Parametern des Zielkoordinatensystems verschoben werden.

Nach dem Betätigen der Schaltfläche *Starten* wird zunächst ein Dateiauswahldialog geöffnet, in dem der Name der *Zieldatei* eingegeben werden kann. Danach startet der Berechnungsvorgang.

Es ist bei der Neuberechnung einer Lichtstärkeverteilung möglich, mit einer kleineren Winkelauflösung, als sie bei der Messung verwendet wurde, zu arbeiten. In vielen Fällen steigt dabei das Rauschen stark an. Ursache dafür ist, dass jeder Lichtstärkewert der Verteilung aus einer deutlich kleineren Strahlenzahl berechnet wird, als in der ursprünglichen erzeugten Verteilung. Wird beispielsweise aus einer 2.5°-Messung die Lichtstärke-

Abbildung 43: Dialog zur Berechnung einer Lvk und Ausgabe als TTL-Datei

verteilung mit einer Winkelauflösung von 0.5° neu berechnet, dann basiert jeder neu berechnete Lichtstärkewert auf einer durchschnittlich fünfundzwanzigmal kleineren Strahlenanzahl als die Werte der ursprünglichen Verteilung.

5.5 Stapelverarbeitung

Das *Konverter801* Programm bietet eine komfortable Möglichkeit, mehrere Konvertierungen über eine Stapelverarbeitung durchzuführen. Mehrere Konvertierungsaufträge können zusammengestellt und abgearbeitet werden. Ein Parametrieren vor jeder einzelnen Konvertierung entfällt dadurch. Gespeicherte Stapelverarbeitungsdateien können modifiziert bzw. wiederholt verwendet werden.

Der Menüpunkt *[Konvertieren / Stapelverarbeitung...]* öffnet den Hauptdialog der Stapelverarbeitung (Abbildung 44).

5.5.1 Aufträge editieren

Über das Popupmenü *[Datei]* können bestehende Konvertierungsprojekte geladen bzw. gespeichert werden.

Das Einfügen neuer Konvertierungsaufträge erfolgt mit dem Menüpunkt *[Bearbeiten / Neuer Auftrag...]* oder über das Kontextmenü der rechten Maustaste. Es öffnet sich der Dialog *Neuer Auftrag*, in dem die Quelldatei (TTR – Strahlendatei), das Zielformat und eine optionale Bemerkung gewählt werden kann.

Die für das gewählte Zielformat zur Verfügung stehenden Parameter sind im Dialogbereich *Parameter* aufgeführt. Hier erfolgt auch die Angabe der Zielformat mit der Schaltfläche *Auswahl ...*. Alle hier verfügbaren Konvertierungsparameter wurden in den vorangegangenen Abschnitten bereits erläutert.

Ein neuer Eintrag erbt die Parameter des aktuellen Eintrages der Liste. Dies ermöglicht eine bequeme Zusammenstellung von Aufträgen, zwischen denen nur kleine Parameteränderungen vorhanden sind (z.B. Strahlenanzahl oder Zielformat).

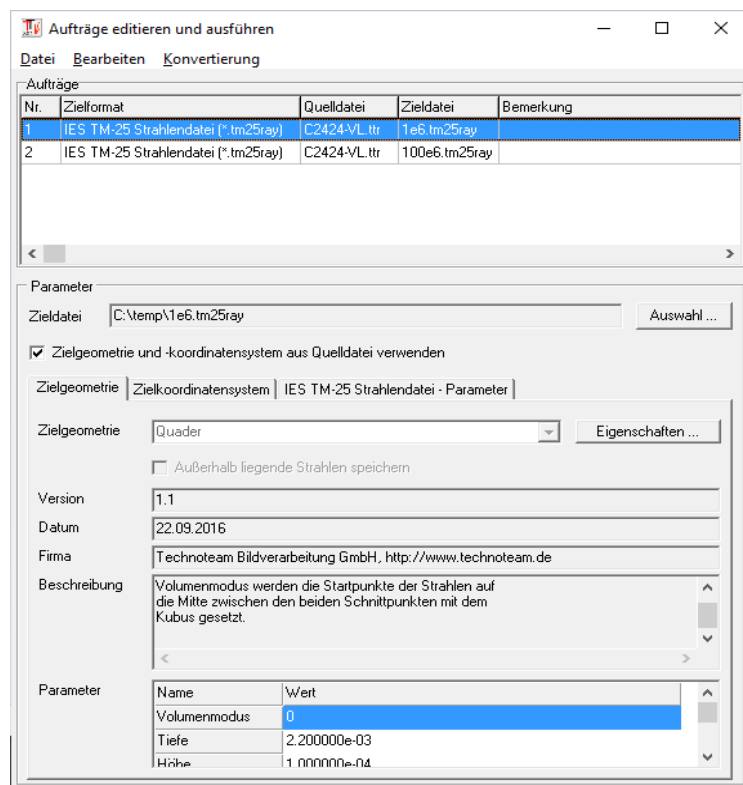


Abbildung 44: Stapelverarbeitung

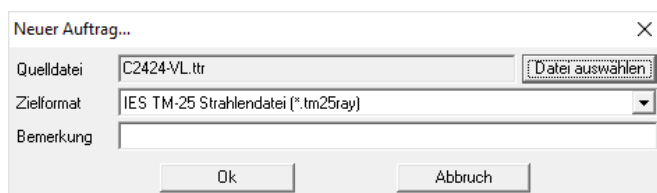


Abbildung 45: Stapelverarbeitung – Neuer Auftrag

Eine Änderung der Reihenfolge der Konvertierung, sowie das Löschen oder Anzeigen des Ergebnis-Dialogs kann im Menü *[Bearbeiten]* oder über das Kontextmenü erfolgen.

5.5.2 Aufträge ausführen

Das Ausführen von Konvertierungsprojekten erfolgt über den Menüpunkt *[Konvertierung / Starten...]*. Der Dialog *Aufträge ausführen* (Abbildung 46) zeigt die aktuellen Konvertierungsparameter und den Konvertierungsfortschritt an.

Zu jeder Strahlendatei wird ebenfalls eine Protokolldatei im ASCII – Format generiert, die alle Parameter und Resultate der Konvertierung enthält. Der Dateiname der Protokolldatei wird aus dem Namen der Zieldatei, dem Postfix „log“ und der Endung „.txt“ zusammengesetzt.

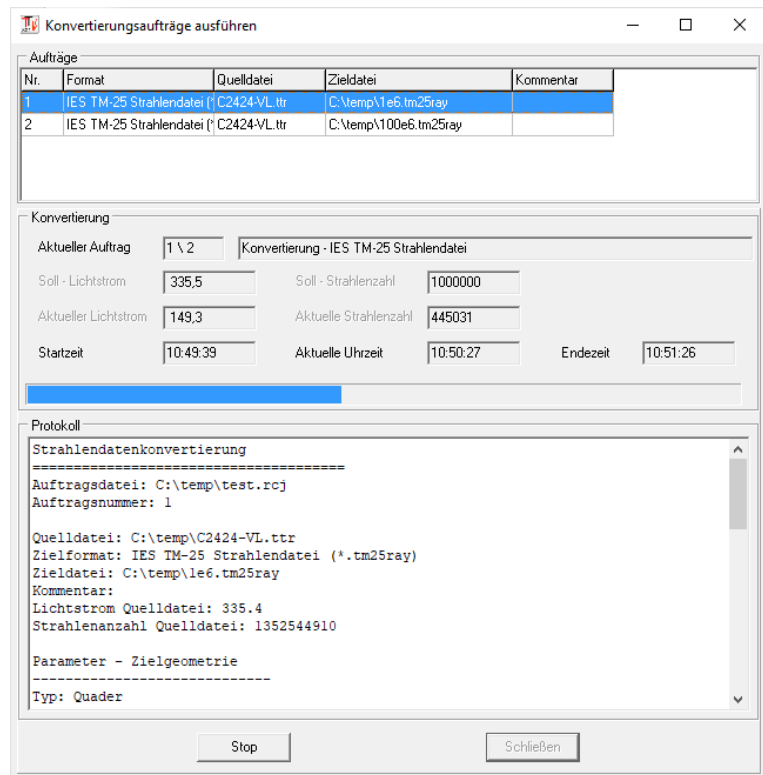


Abbildung 46: Stapelverarbeitung – Konvertierungsaufträge ausführen

Beispiel – Protokoll:

```
Strahlendatenkonvertierung
=====
Auftragsdatei: C:\temp\test.rcj
Auftragsnummer: 1

Quelldatei: C:\temp\C2424-VL.ttr
Zielformat: IES TM-25 Strahlendatei (*.tm25ray)
Zieldatei: C:\temp\1e6.tm25ray
Kommentar:
Lichtstrom Quelldatei: 335.4
Strahlenanzahl Quelldatei: 1352544910

Parameter - Zielgeometrie
-----
Typ: Quader
Volumenmodus: 0
Tiefe: 2.200000e-03
Höhe: 1.000000e-04
Rot-X: 0.000000e+00
Rot-Y: 0.000000e+00
Rot-Z: 0.000000e+00
Tx: 0.000000e+00
Ty: 0.000000e+00
Tz: 0.000000e+00
Vx: 1.000000e+00
Vy: 0.000000e+00
Vz: 0.000000e+00
Breite: 2.200000e-03
```

```
Transformation - Strahlendaten
-----
Tx: 0.00 mm
Ty: 0.00 mm
Tz: 0.00 mm
Rot-X: 0.00°
Rot-Y: 0.00°
Rot-Z: 0.00°

Konvertierungsparameter
-----
Startwert: 0
Ziellichtstrom: 335.5 lm
Datensatzgewicht: 1.0000
Strahlenanzahl: 1000000
Amplitude: fest
Strahlen zufällig tauschen: nein
Spektrale Signatur: nein

Resultate - Konvertierung
-----
Startzeit: 10:49:39
Endzeit: 10:51:27
Anteil - Lichtstrom: 99.38 %
Anteil - Strahlenanzahl: 99.38 %
```

6 Zusatzfunktionen

Unter dem Menüpunkt *[Tools]* sind diverse zusätzliche Funktionen aufgeführt, die in den folgenden Abschnitten erläutert werden.

6.1 Lvk-Export aus TTL-Datei

Hier kann die Lichtstärkeverteilung vom TechnoTeam TTL-Format in verschiedene Ausgabeformate konvertiert werden. Es sind auch einfache Berechnungsfunktionen verfügbar, wie beispielsweise die Berechnung der Beleuchtungsstärkeverteilung auf einer Ebene (siehe 6.1.5). Der Dialog *Lvk Export* (Abbildung 47) führt in der Auswahlliste *Format* alle verfügbaren Konvertierungsfunktionen auf. Die Schaltfläche *Einstellungen ...* öffnet einen Dialog, welcher Informationen zur ausgewählten Funktion liefert und ggf. Einstellmöglichkeiten beinhaltet.

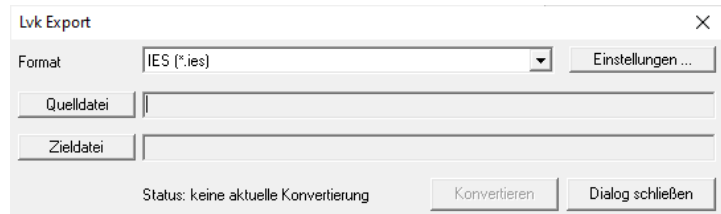


Abbildung 47: Lvk Export

Im Folgenden werden die aktuell zur Verfügung stehenden Konvertierungsfunktionen erläutert.

6.1.1 Lvk Ascii (*.txt)

Das Ascii-Exportformat stellt ein universelles ASCII – Format dar. Die Ausgabe der Lichtstärkematrix (Zeilen: Theta, Spalten: Phi, erste Zeile: Phi-Winkel, erste Spalte: Theta-Winkel) erfolgt nur für den gemessenen Winkelbereich.

Die Einstellparameter umfassen die Wahl des Trennzeichens (Tabulator oder Leerzeichen) und des Dezimaltrennzeichens.

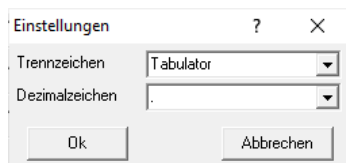


Abbildung 49: Lvk Export – ASCII - Einstellungen

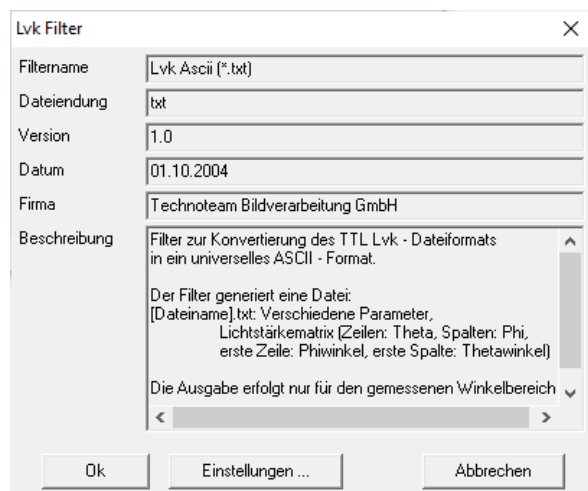


Abbildung 48: Lvk Export – ASCII (*.txt)

6.1.2 IES (*.ies)

Das IES-Format steht als Synonym für mehrere von der Illuminating Engineering Society definierte abwärtskompatible Formate für photometrische Daten und damit verbundene Informationen entsprechend IES LM-63-02. Die Lichtstärken sind in diesem Format nicht normiert, sondern absolut angegeben.

In der Registerkarte *LVK-Optionen* werden eine optionale Glättung und eine Änderung des Messrasters eingestellt. Die *IES-Optionen* beinhalten formatspezifische Einstellungen. So definiert die Auswahlliste *Format* die Version des Formatstandards. Die Option *Drehung*

um 90° bezieht sich auf die unterschiedliche Ausrichtung der Längsachse einer Leuchte entsprechend der IES-Normen oder der CIE- / EN-Normen. Entsprechend IES liegt die Längsachse in der C0-C180-Ebene, ansonsten liegt sie in der C90-C270-Ebene. Bei aktivierter Option wird die Lvk um -90° gedreht.

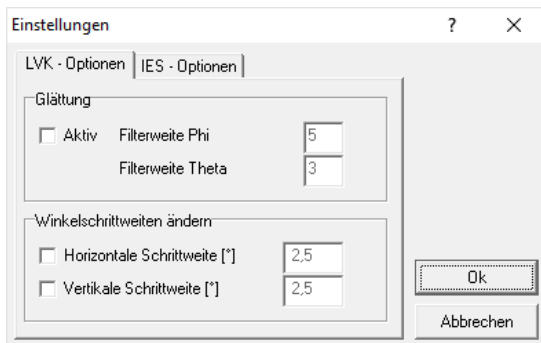


Abbildung 50: Lvk – Export – IES – Allgemeine Optionen

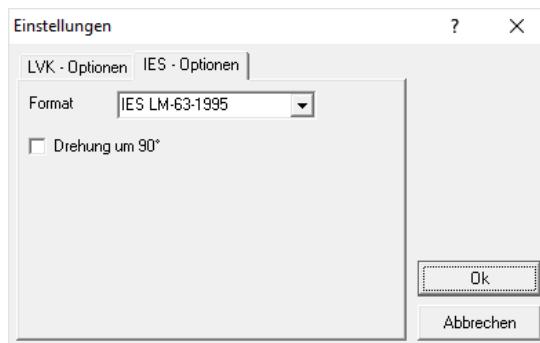


Abbildung 51: Lvk – Export – IES – Optionen

6.1.3 EULUMDAT (*.ldt)

EULUMDAT ist ein Format für den Austausch von photometrischen Daten zur Lichtstärkeverteilung von Lichtquellen aus dem Jahr 1990. Die typische Dateiendung ist *.ldt. Das Format hat sich in Kontinentaleuropa zum Industriestandard für die Übermittlung von photometrischen Daten entwickelt.

Analog zum Exportformat IES kann in der Registerkarte *LVK-Optionen* eine Glättung und eine Änderung des Messrasters eingestellt werden.

6.1.4 Lichtstärkeprojektionsbild (*.pf)

Die Konvertierungsfunktion *Lichtstärkeprojektionsbild* erzeugt eine Bildprojektion der absoluten Lichtstärkematrix im PF-Dateiformat. PF-Dateien (Picture Float) können mit der TechnoTeam Software LMK Labsoft oder mit der Dateianzeige der TTR-Zusatzdaten (siehe 4.3.4) angezeigt werden.

Die Ausgabe erfolgt im Vollkugel-Winkelbereich. Die Bildspalten entsprechen den C-Ebenen (Bezeichnung als V), die Bildzeilen den γ -Ebenen (Bezeichnung als L) der Lichtstärkeverteilung. Zusätzlich zum Lichtstärkebild wird ein Raumwinkelbild generiert, welches den Raumwinkel zu jeder Lichtstärke beinhaltet. Multipliziert man beide Bilder, erhält man die Lichtstromverteilung. Damit können bei Bedarf beispielsweise Lichtströme in Kugelsegmenten ermittelt werden.

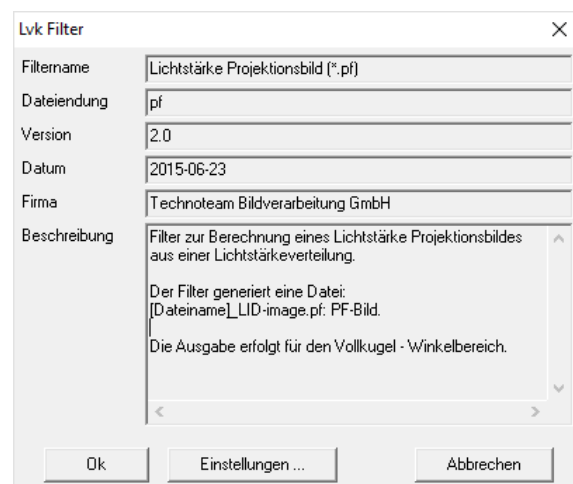


Abbildung 52: Lvk – Export – Projektionsbild

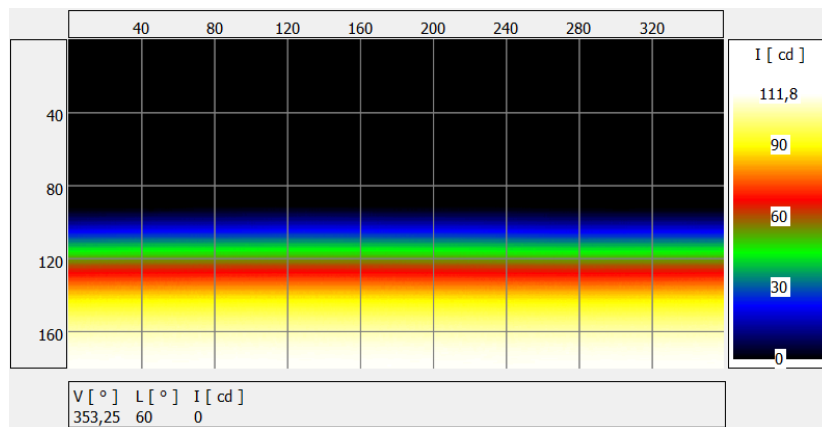


Abbildung 53: Beispiel eines Projektionsbildes (LED, Lambertabstrahlung)

Die Einstellparameter umfassen Rotationsparameter sowie die Reihenfolge der Rotationen je Achse und die Festlegung des photometrischen Koordinatensystems (CIE (C, γ) bzw. IES C(V, L) oder CIE (A, α) bzw. IES A (Y, X)).

Ein Anwendungsfall ist beispielsweise die Projektion der Lvk eines Scheinwerfers in A – Ebenen. Im folgenden Beispiel wurde eine Leseleuchte im C – Ebenen Koordinatensystem, ausgerichtet zum Pol, gemessen. Eine Drehung der Lvk um die Y – Achse um -90° bringt die Ausrichtung in die horizontale Lage. Mit der Option A-Ebenen erhält man schließlich die für Scheinwerfer gebräuchliche Art der Darstellung.

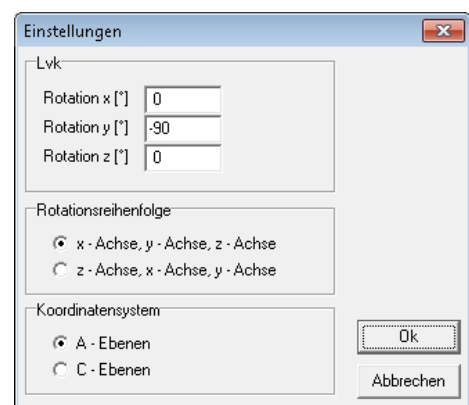


Abbildung 54: Lvk – Export – Projektionsbild - Optionen

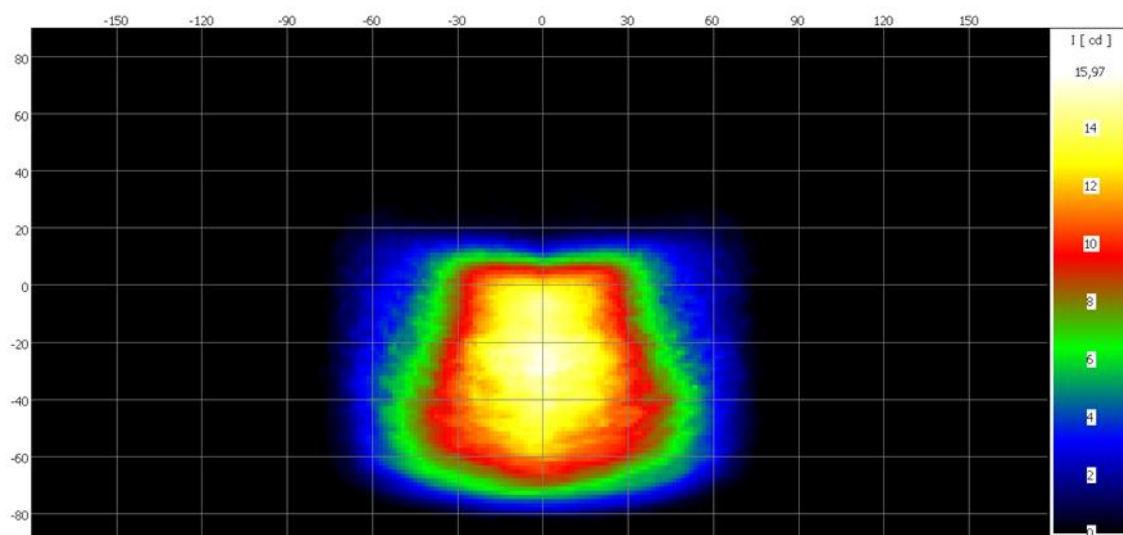


Abbildung 55: Lichtstärkeverteilung in A-Ebenen als Bild

6.1.5 Beleuchtungsstärkeverteilung auf Ebene (*.pf)

Diese Funktion berechnet die Beleuchtungsstärkeverteilung auf eine Ebene. Das Ausgabeformat ist ein Gleitkommabild im TechnoTeam .pf – Format (siehe auch 6.1.4). Die Positionen und Ausrichtungen der Lichtstärkeverteilung und der Berechnungsebene in Bezug auf das Weltkoordinatensystem sind frei definierbar.

Die Erläuterung der Funktionalität wird im Folgenden am Beispiel der Berechnung einer Beleuchtungsstärkeverteilung in der Fahrgastzelle eines Autos vorgenommen. Es soll die Beleuchtungsstärkeverteilung auf einer durch eine Leseleuchte beleuchteten Fläche berechnet werden. Auch wenn die Leuchte eine kleine Abmessung hat, ist die photometrische Grenzentfernung größer als der Abstand zur Berechnungsfläche. Somit ist die berechnete Beleuchtungsstärkeverteilung nicht korrekt. Die Lösung ist hier die Berechnung der Nahfeld-Lvk (siehe 5.4) aus den Strahlendaten im Abstand der Fläche. Bei dieser Methode muss beachtet werden, dass die mit der Nahfeld-Lvk berechnete Beleuchtungsstärkeverteilung genaugenommen nur auf einer Kugelfläche exakt ist und es auf einer ebenen Fläche mit dem Abstand zum Zentrum zu Abweichungen kommt. Das kann in dieser zugrundeliegenden Konstellation jedoch vernachlässigt werden.

Der Berechnungsalgorithmus verwendet drei Koordinatensysteme. Grundlage ist das Weltkoordinatensystem (X_w, Y_w, Z_w). Weiterhin gibt es das Koordinatensystem der Leuchte (X_L, Y_L, Z_L) und das Ebenenkoordinatensystem (X_p, Y_p, Z_p), welche in Bezug auf das Weltkoordinatensystem positioniert werden (Abbildung 56).

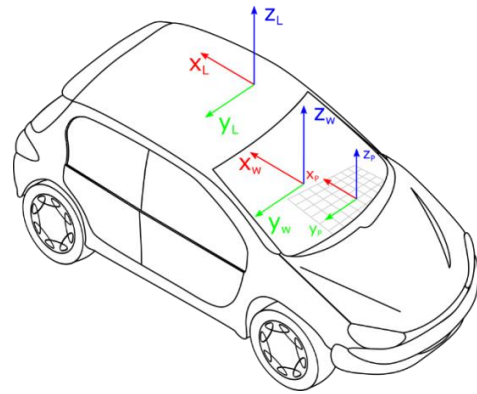


Abbildung 56: Lvk – Export – Beleuchtungsstärkeverteilung - Koordinatensysteme

In diesem Beispiel wird das Weltkoordinatensystem mittig in der Fahrgastzelle angenommen. Die Leseleuchte (Leuchtenkoordinatensystem) wird in $X_w = -600$ mm und $Z_w = 800$ mm positioniert. Die Ausrichtung der Leuchte muss nicht verändert werden, da die Messung bereits in Einbauorientierung erfolgte. Die Berechnungsebene für die Beleuchtungsstärkeverteilung wird auf $X_w = -600$ mm, $Y_w = 0$ mm und $Z_w = 0$ mm gelegt. Für die Größe der Zielebene wird 1000 mm x 1600 mm mit einer Auflösung von $0,5$ px/mm gewählt.

Die Eingabe der Parameter erfolgt unter *Einstellungen* in der Registerkarte *Projektionsparameter*. Je nach bevorzugter Betrachtungsweise der Rotationsparameter kann die Rotationsreihenfolge zwischen x-y-z und z-y-x gewählt werden.

In der Registerkarte *Einzelwertberechnung* kann eine Liste von Ebenenkoordinaten angegeben werden (Abbildung

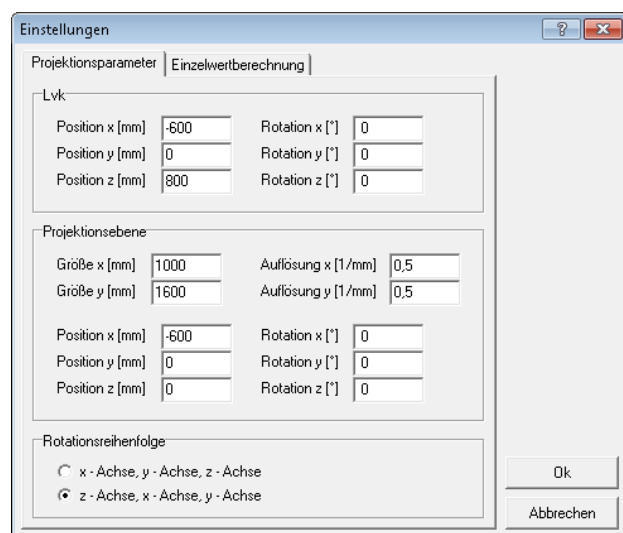


Abbildung 57: Lvk – Export – Beleuchtungsstärkeverteilung – Parametereinstellung

58), für die die Beleuchtungsstärken in eine separate Textdatei (Endung .txt) geschrieben werden.

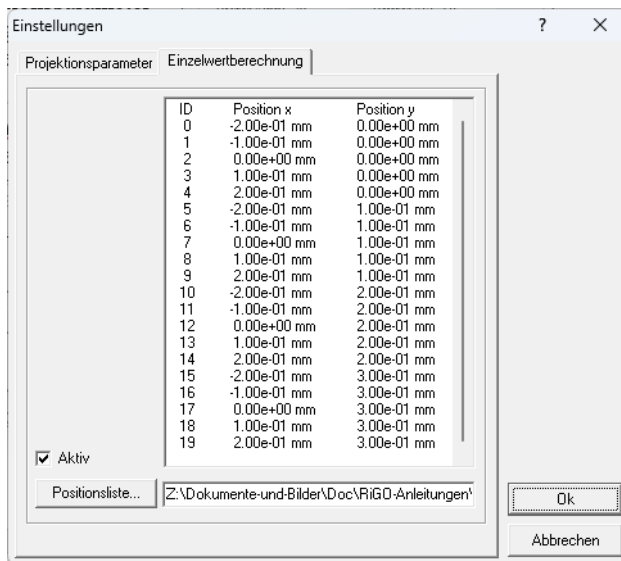


Abbildung 58: Positionsliste für Beleuchtungsstärkewerte

Formatspezifikation der Positionsliste:

```
[Anzahl]
[x y 0 0 0 0 1]
...
```

Positionsangabe in Metern mit Dezimalpunkt. Dateiendung ist .txt.

Beispiel:

```
20
-0.200 0 0 0 0 0 1
-0.100 0 0 0 0 0 1
0 0 0 0 0 0 1
0.100 0 0 0 0 0 1
...
```

Für die Auswertung des Beleuchtungsstärkebildes (TechnoTeam .pf – Format) ist die Software LMK LabSoft notwendig. Hier kann eine Isolux-Darstellung realisiert werden. Eine einfache Bildanzeige ist auch mit dem *Konverter801* Programm bei der Bearbeitung der Zusatzdaten möglich (siehe 4.3.4).

6.2 Zusammenfassen von Strahlendaten

Für bestimmte Anwendungen ist das Zusammenfassen mehrerer TTR-Messdateien zu einer Ziel-Strahlendatei sinnvoll. So kann beispielsweise eine Art gemittelte Strahlendatei für Messungen eines LED-Typs mit produktionsbedingten Streuungen der Abstrahlcharakteristik generiert werden. Eine andere Anwendung ist die Generierung einer spektralen Strahlendatei aus mehreren Messungen in verschiedenen Spektralbereichen.

Über den Menüpunkt [*Konvertieren | Strahlendaten zusammenfassen...*] können mehrere TTR-Strahlendatensätze zu einem einzigen Datensatz kombiniert werden. Die Vorgehensweise für diesen Vorgang ist ähnlich, wie bei der in Abschnitt 5.5 beschriebenen Stapelverarbeitung von Strahlenkonvertierungen.

Zunächst muss ein Konvertierungsprojekt mit mindestens zwei Aufträgen angelegt werden (siehe Abbildung 60). Für jede TTR-Quelldatei müssen die Konvertierungsparameter

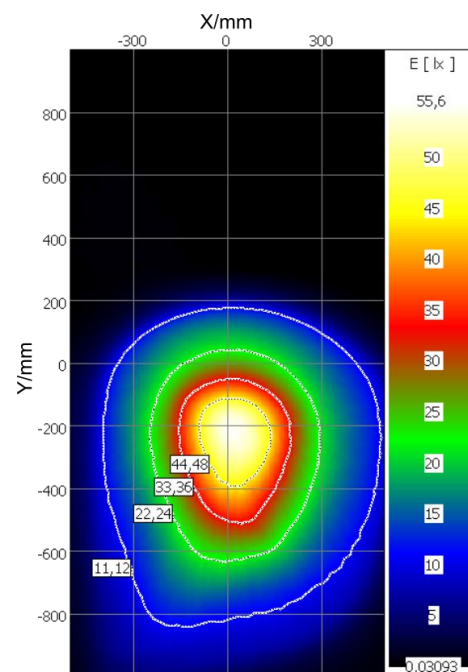


Abbildung 59: Ergebnisbild der Beleuchtungsstärkeverteilung mit Isolux - Linien.

Zielgeometrie und *Zielkoordinatensystem* analog zur Stapelverarbeitung festgelegt werden (siehe Abschnitt 5.5.1). Idealerweise sind diese Parameter bereits in der TTR-Datei als Vorgabe eingefügt.

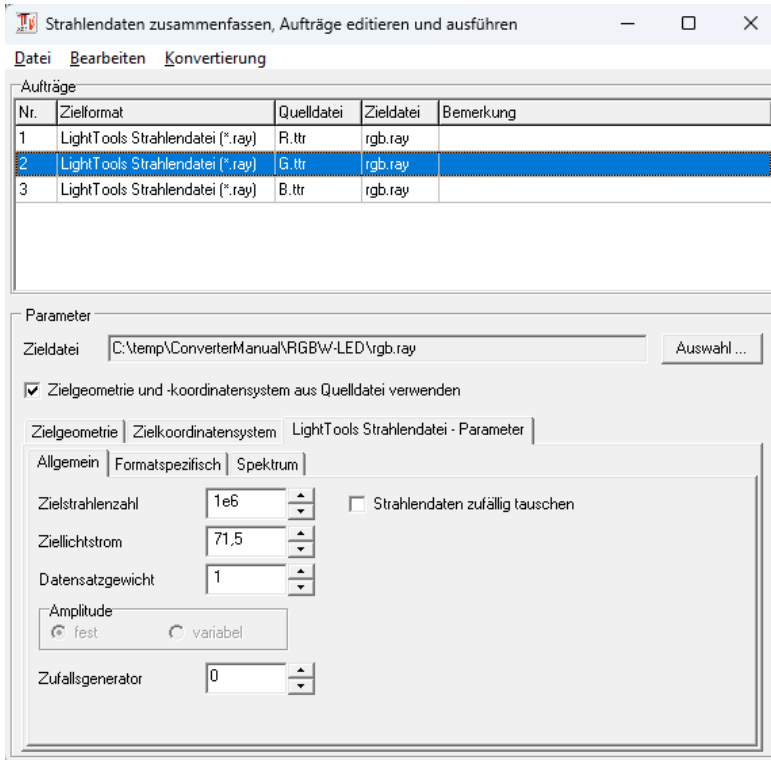


Abbildung 60: Strahlendaten zusammenfassen – Konvertierungsliste erstellen

Im Unterschied zur Stapelverarbeitung gibt es nur eine einzige Zieldatei. Für diese Datei wird das gewünschte Format sowie die gemeinsamen Konvertierungsparameter *Ziellichtstrom*, *Zielstrahlenanzahl* und eine Option zum zufälligen Tauschen der zusammengefassten Strahlen (siehe Abschnitt 5.3.2) angegeben.

Für jeden Quelldatensatz kann im Parameterdialog eine Datensatzgewichtung w_i angegeben werden. Damit lassen sich bei Bedarf die Strahlenanzahlen und Lichtströme der Einzelkonvertierungen und damit die Bedeutung bzw. der Einfluss eines Quelldatensatzes verändern. Die Strahlenanzahlen der Einzelkonvertierungen $n_{dst,i}$ werden aus der Ziel-Strahlenanzahl n_{dst} und den Quell-Strahlenanzahlen $n_{src,i}$ sowie den Datensatzgewichtungen w_i mit

$$n_{dst,i} = \frac{w_i}{\sum w_i} \cdot n_{dst} \cdot \frac{n_{src,i}}{\sum n_{src,i}}$$

berechnet.

Die Lichtströme der temporären Strahlendatensätze $\Phi_{dst,i}$ werden aus dem Ziel-Lichtstrom Φ_{dst} und den Quell-Lichtströmen $\Phi_{src,i}$ sowie den Datensatzgewichtungen w_i mit

$$\Phi_{dst,i} = \frac{w_i}{\sum w_i} \cdot \Phi_{dst} \cdot \frac{\Phi_{src,i}}{\sum \Phi_{src,i}}$$

berechnet.

Das Ausführen eines Projekts zum Zusammenfassen von TTR-Strahlendatensätzen entspricht exakt der Ausführung von Stapelverarbeitungsprojekten (siehe Kapitel 5.5.2). Ein Konvertierungsprojekt zur Stapelverarbeitung wird analog zu Stapelverarbeitungsprojekten als ASCII-Datei (*.mcj – Merge-Converter-Job) im INI-File – Format gespeichert.

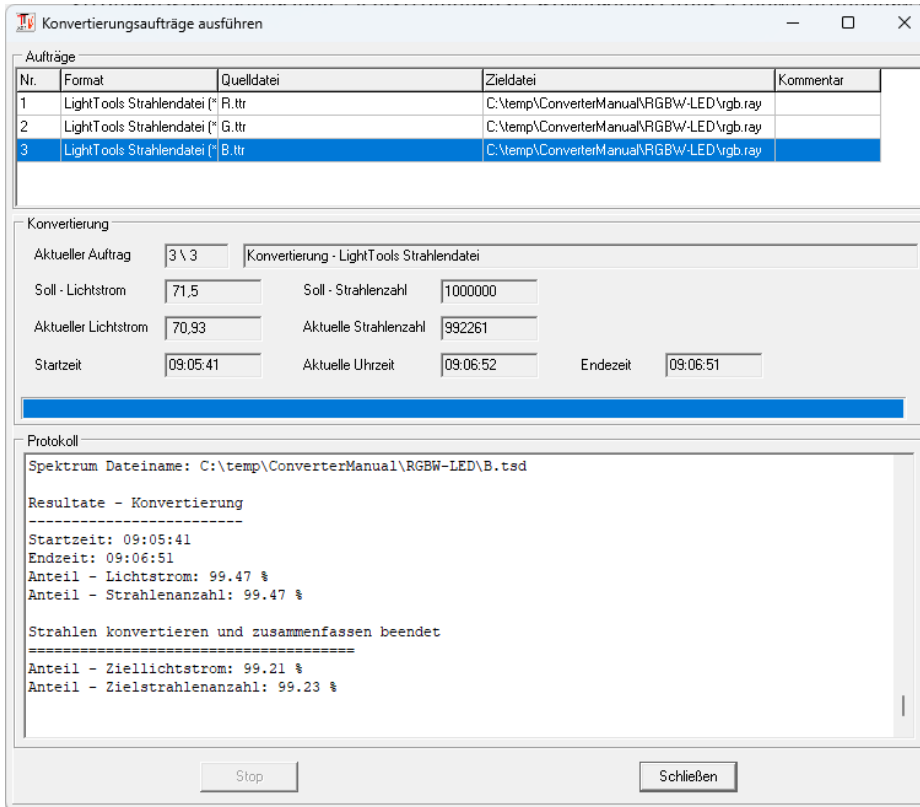


Abbildung 61: Strahlendaten zusammenfassen – Ende der Konvertierungsaufträge

Abbildung 61 zeigt den Konvertierungsdialog am Ende des Vorgangs. Unter *Protokoll* wird die Protokolldatei (Zieldateiname mit der Erweiterung _log.txt) der Konvertierung angezeigt. Die wichtigen Protokolldaten sind vor allem

- Einzelkonvertierungen
 - Ziellichtstrom: Hier sollte kontrolliert werden, ob der verwendete Lichtstrom korrekt ist. Bei der Verwendung von spektrale Daten wird dieser Lichtstrom aus dem vorgegebenen Gesamt-Lichtstrom und der spektralen Verteilung ermittelt.
 - Strahlenanzahl: Dies ist die Anzahl der Strahlen, die von der jeweiligen Quelldatei verwendet wurde. Bei der Zusammenfassung von Strahlen sind niedrig gewichtete Quelldaten mit weniger Strahlen in der Zieldatei vertreten. Falls diese Anzahl im Verhältnis zur Gesamt-Strahlendanzahl zu gering ist, kann das die Güte der Simulation negativ beeinflussen. Hier wäre dann ggf. die Verwendung separater Strahlendateien in der Simulation günstiger.
 - Anteil – Lichtstrom und Anteil - Strahlenanzahl: Diese Anteile bezieht sich auf die von der Zielgeometrie erfassten Strahlen. Wie bei der normalen Strahlkonvertierung sollten diese Anteile möglichst nah bei 100% liegen, andernfalls werden unter Umständen relevante Bereiche ausgeschlossen.

- Gesamtergebnis, Anteil – Ziellichtstrom und Anteil - Zielstrahlenanzahl: Die Kriterien für die Bewertung diese Angaben sind identisch mit denen der Einzelkonvertierungen.

6.2.1 Beispiel RGB-LED

Als Beispiel wird an dieser Stelle die Generierung einer spektralen Strahlendatei aus Messungen einer RGB-LED gezeigt. Die Rot-, Grün- und Blau-LEDs wurden getrennt gemessen und jeweils mit dem gleichen Strom betrieben. Für jede LED liegt auch das Spektrum als tsd-Datei vor. Die Verarbeitung der Daten erfolgt mit den Schritten

1. Ermitteln der geeigneten Zielgeometrie und Einfügen der Parameter in die TTR-Dateien (siehe 4.3.1).
2. Zuweisen der spektralen Verteilungen zu den TTR-Dateien (siehe 4.3.3)
3. Erstellen eines Projekts zum Zusammenfassen der Strahlendaten. Für den Ziellichtstrom wird die Summe der gemessenen Lichtströme ($R = 17 \text{ lm}$, $G = 45.7 \text{ lm}$, $B = 8.8 \text{ lm}$, Summe = 71.5 lm) angegeben. Die Wichtungsfaktoren werden nicht verändert, da sich die Wichtung der Teillichtströme bereits aus den spektralen Daten ergibt (siehe Konvertierungsprotokoll). Die Strahlenanzahl ist $100e6$.
4. Ausführen der Konvertierungen

Als Zieldatei wurde eine LightTools-Datei mit der Zielvorgabe $100e6$ Strahlen generiert. Es wurden 99.21 % des Lichtstroms und 99.23 % der Zielstrahlenanzahl erreicht.

Die verwendete RGB-LED ist mit einer Linse versehen und die Abstrahlrichtungen sind stark asymmetrisch. Daher ist der Anwendungsfall dieses LED-Typs vermutlich speziell und es kann an dieser Stelle kein einfaches Simulationsergebnis der Farbmischung der Kanäle präsentiert werden. Dazu müsste die Wichtung der Kanäle auch entsprechend korrigiert werden. Abbildung 62 zeigt das Simulationsergebnis auf die x/y – Ebene als Farbbild.

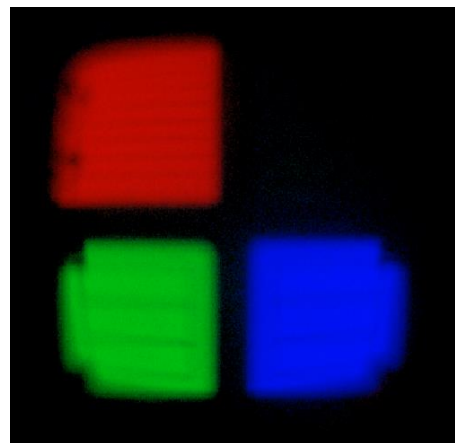


Abbildung 62: Simulationsergebnis RGB-LED

6.3 Strahlen zufällig vertauschen

Das zufällige Vertauschen der Strahlreihenfolge in einer Strahlendatei (siehe Abschnitt 5.3.2) ist auch als separate Funktion verfügbar. Der Menüpunkt *[Tools | Strahlen zufällig vertauschen...]* öffnet den entsprechenden Dialog, in dem man die Quell- und Zieldatei auswählt und dann mit der Schaltfläche *Starten* der Vorgang startet.

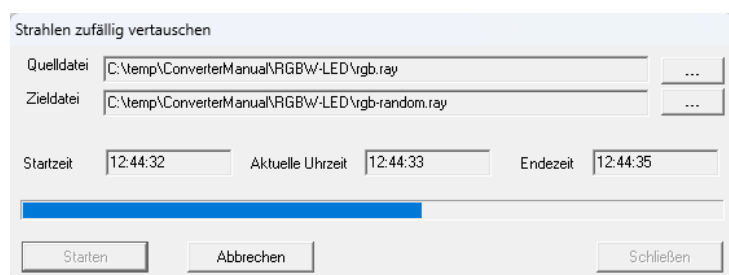


Abbildung 63: Zusatzfunktion - Strahlendaten zufällig vertauschen

6.4 Spektrum in TTR-Datei einfügen

Mit dem Menüpunkt *[Tools | Spektrum in TTR-Datei einfügen...]* kann ein einzelnes Spektrum in die aktuell geladene TTR-Datei eingefügt werden. Diese Funktionalität entspricht der Angabe eines Spektrums im Bearbeiten-Modus (siehe 4.3.3).

6.5 Lvk glätten

Mit dem Menüpunkt *[Tools | Lvk glätten...]* kann eine Lvk nachträglich aus einer TTR-Datei berechnet und geglättet werden. Ergebnis ist eine TTL-Datei.

Die Glättung wird mit geodätisch konstanter Filterweite durchgeführt, d.h. die Filterweite wird für den jeweiligen Breitengrad (Phi-Richtung) so angepasst, dass die Entfernung auf dem Längengrad (Theta-Richtung) über die Oberfläche der Lvk-Kugel konstant ist. Die anzugebenden Filterweiten gelten für den Äquator der Lvk-Kugel ($\Theta = 90^\circ$). Es können eine Gauß-Filterkurve und / oder ein Boxfilter ausgewählt werden.

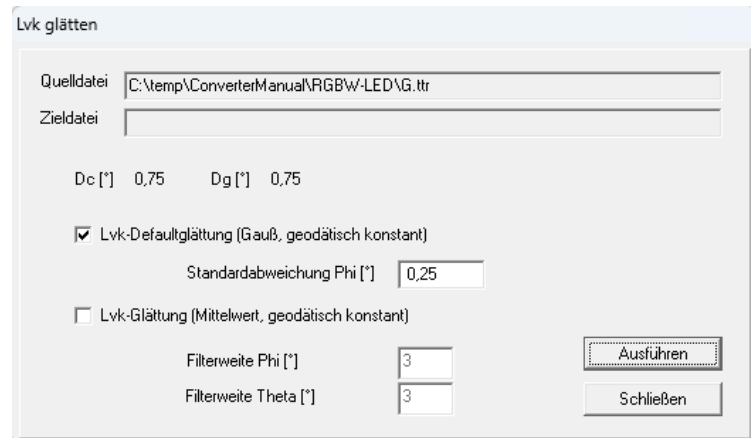


Abbildung 64: Zusatzfunktion – Lvk glätten

6.6 Strahlenschwerpunkt berechnen

Über den Menüpunkt *[Tools | Strahlenschwerpunkt berechnen...]* kann der Schwerpunkt der Strahlen einer Strahlendatendatei berechnet werden. Der Strahlenschwerpunkt ist definiert als der Ort, an dem die Summe der quadratischen Abstände zu den Strahlvektoren minimal ist. Bei der Berechnung werden die Lichtströme der Strahlen zur Wichtung berücksichtigt. Der Strahlenschwerpunkt ist äquivalent zum Lichtschwerpunkt, der bei der Positionierung einer Leuchte für Fernfeld-Messungen relevant ist. Eine im Automobilbereich genutzte Anwendung dieser Berechnung ist die Messung des Lichtschwerpunkt-Abstands nach IEC 60809:2021 (siehe TechnoTeam Application Note AN RIGO 001, https://www.technoteam.de/top/mehr_erfahren/application_notes/lichtschwerpunkt-abstand_aus_strahlendaten/index_ger.html).

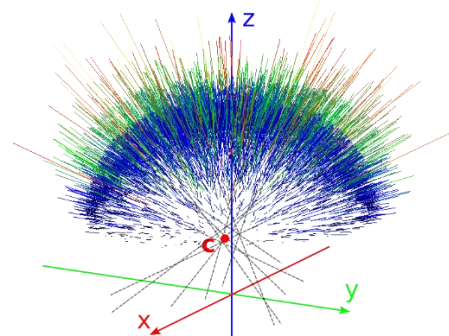


Abbildung 65: Lichtschwerpunkt

Die Berechnung des Strahlenschwerpunkts erfolgt aus einer TTR-Datei. Die Strahlen werden wie bei der normalen Konvertierung aus den Angaben der Zielgeometrie und der Strahlanzahl berechnet. Die Wahl der korrekten Zielgeometrie spielt auch hier eine wichtige Rolle, da ggf. weiter außerhalb liegende Strahlen (z.B. Reflexionen) ausgeschlossen werden. Diese Strahlen können durch den größeren Abstand unter Umständen das Ergebnis verfälschen.

Ein Maß für die Güte des Strahlenschwerpunkts ist die Wurzel aus dem der mittleren quadratischen Abstand der Strahlen zum Schwerpunkt (RMS-Abstand). Dies ist quasi die „Streubreite“ des Abstands. Soll bei der Berechnung des Schwerpunktes zusätzlich der RMS-Abstand ausgegeben werden, ist die entsprechende Checkbox zu aktivieren.

Die Ergebnisse der Berechnung werden in dem Textfeld in der Sektion *Berechnung* ausgegeben. Wie bei der normalen Strahlkonvertierung sollte auch hier die Anzahl der verwendeten Strahlen (Schnitt mit der Zielgeometrie) geprüft werden. Die Reihenfolge der Schwerpunktkoordinaten ist x-y-z.

Strahlenschwerpunkt berechnen

Quellparameter

Quelldatei ...

TTR-Zielparame-ter

Quellstrahlenanzahl Zielstrahlenanzahl

Längeneinheit

☒ mm ☐ cm ☐ inch ☐ m

☒ Zielgeometrie und -koordinatensystem aus TTR-Quelldatei verwenden

Berechnung

☐ RMS-Abstand zusätzlich berechnen

Startzeit Endezeit

Die Berechnung des Strahlenschwerpunktes ist beendet.
Strahlenanzahl (Schnitt mit Zielgeometrie): 992912
Schwerpunktkoordinaten:
0,82172967 mm, 0,82904222 mm, -0,083544173 mm

Ausführen
Abbrechen
Schließen

Abbildung 66: Berechnung des Lichtschwerpunkts