



Optische Simulation für die Produktentwicklung

Volker Schumacher
opsira GmbH, Weingarten

1. VIAOPTIC Technologie-Tag, 20.04.05



- Vorstellung opsira GmbH
- Motivation
- Grundlagen und Möglichkeiten der optischen Simulation
- Modellbildung für die optische Simulation
- Anwendungsbeispiele



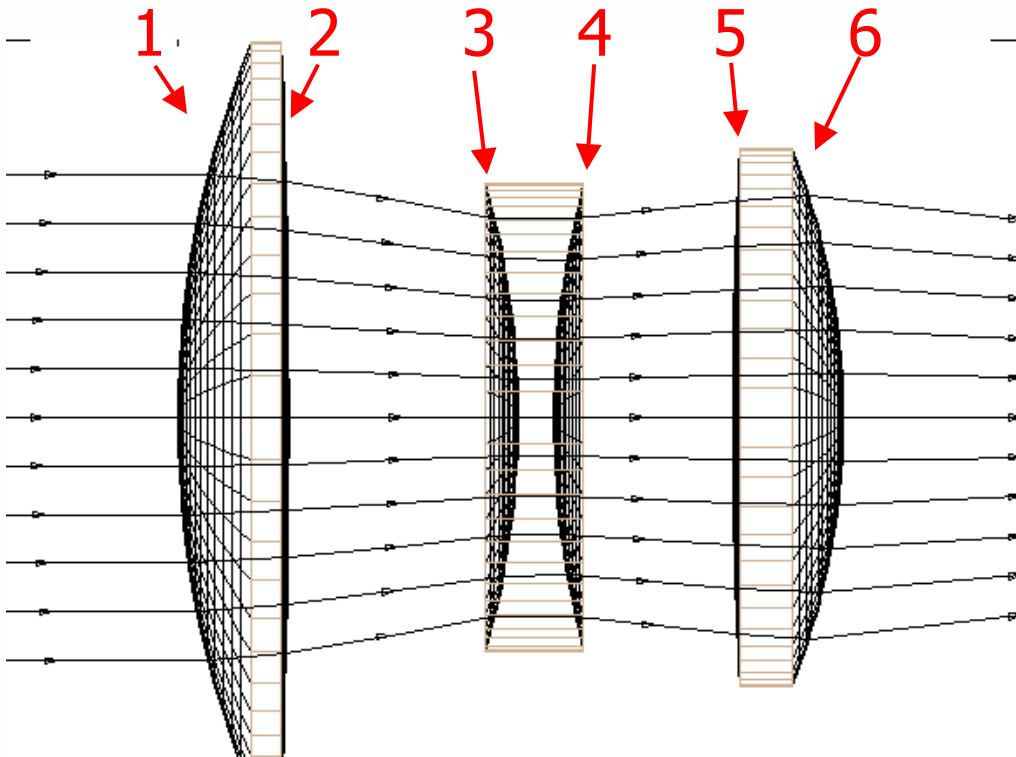
- ↪ Unternehmen im Bereich der optischen Systemtechnik
- ↪ Kundenspezifische Entwicklung von optischen Systemen
- ↪ Umfangreiche Optik-Messtechnik / Messlabors
- ↪ Entwicklung und Vertrieb von optischen Messsystemen
 - Spektralmesssystem
 - Leuchtdichtemesssystem
 - Nahfeldfotogoniometer
- ↪ Gründung: 1999
- ↪ Mitarbeiter: 12



- ↪ Die optische Simulation ist ein wichtiges Werkzeug für die Entwicklung von optischen Systemen
- ↪ Ideen können schnell auf die physikalische Machbarkeit geprüft werden
- ↪ Die optische Simulation bietet einen „Einblick“ in das optische System
→ das Verständnis für das Verhalten des optischen Systems wird erweitert
- ↪ In der Produktentwicklung können die Entwicklungszeit und die Entwicklungskosten reduziert werden
- ↪ Die optische Simulation soll verlässliche Ergebnisse liefern
→ Optimierung des Systems auf realitätsnahes Verhalten
→ Reduzieren bzw. Eliminieren von Prototypen



Sequentielles Ray-Tracing



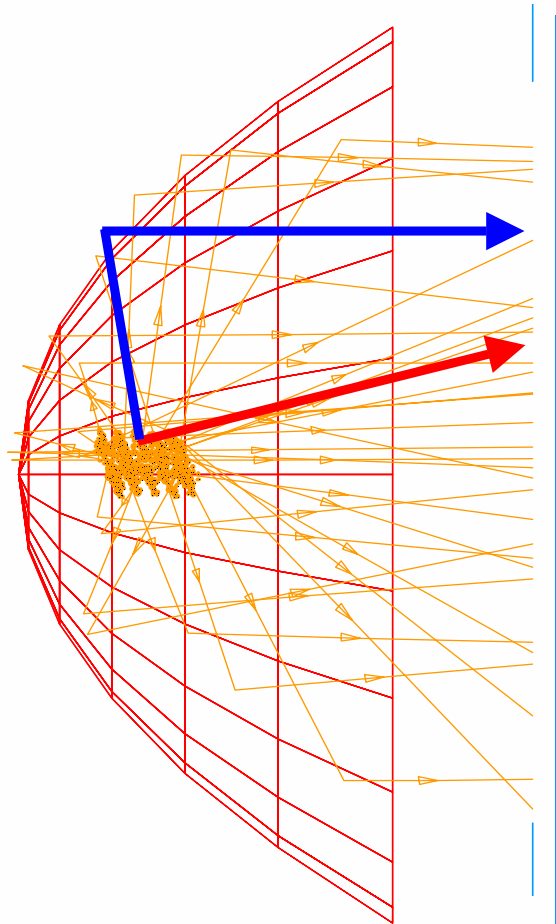
Vorteil:
Schnell → gute
Optimierungsmöglichkeit

Nachteil:
Limitiert auf Systeme sequentieller
Art, kein reales Verhalten

Einsatz:
Wenn nur **1 Strahlungspfad**
vorhanden ist z. B.: Optimierung
von Linsensystemen



Nicht-Sequentielles Ray-Tracing



Vorteil:
Simuliert das reale Systemverhalten

Nachteil:
Längere Rechenzeit, da optisches System auf mögliche Pfade untersucht werden muss

Einsatz:
Sensorik, Beleuchtungstechnik, Lichtleiter
→ **Systeme mit mehreren optischen Pfaden**



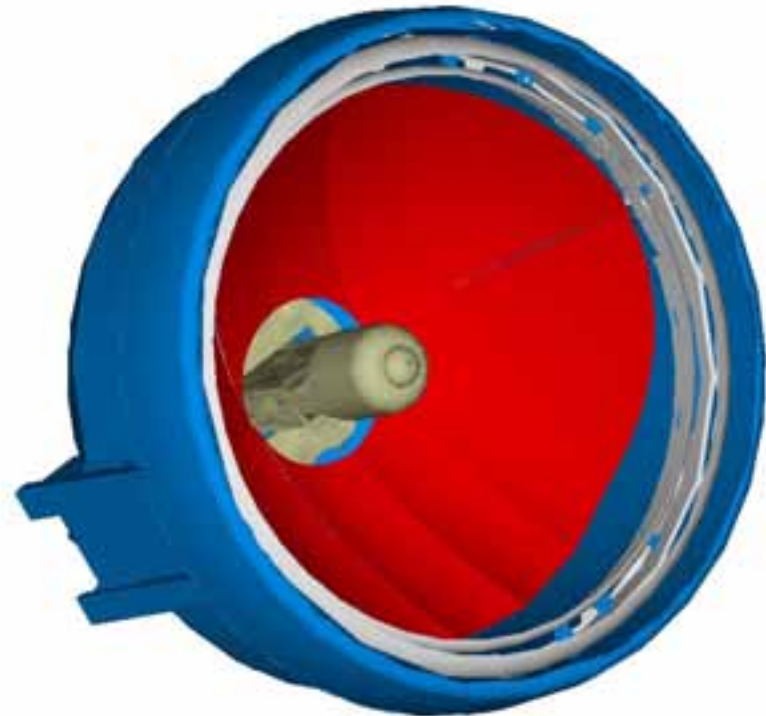
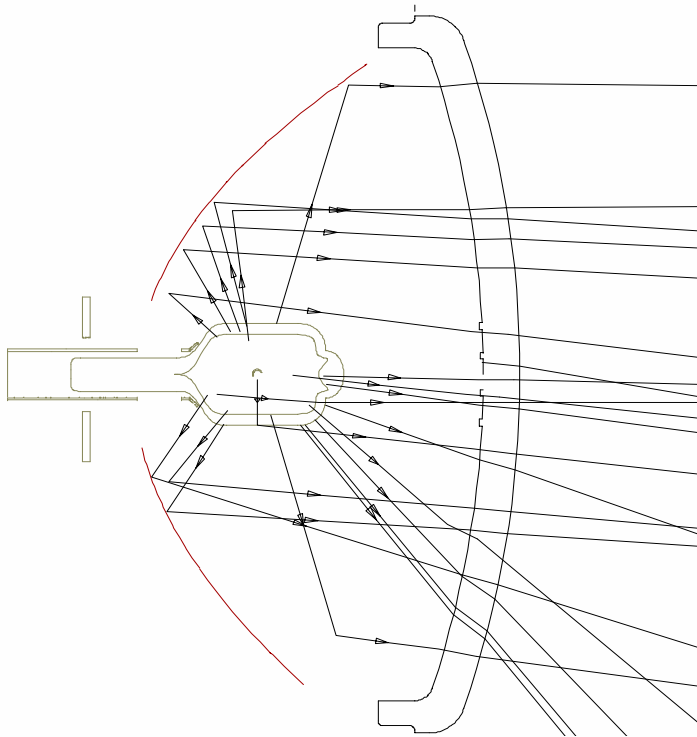
- ↪ Reflexion
- ↪ Brechung
- ↪ Interne Totalreflexion
- ↪ Fresnel Grenzflächenreflexion, winkelabhängig
- ↪ Streuung an Materialien
- ↪ Beugung
- ↪ Polarisierung
- ↪ Die optischen Effekte können mit allen Geometrieformen simuliert werden
→ Regelgeometrien, Freiformgeometrien



- Beleuchtungsstärke
- Lichtstärke
- Leuchtdichte
- Optischer Wirkungsgrad
- Optische Pfadanalyse
- Spektralanalyse

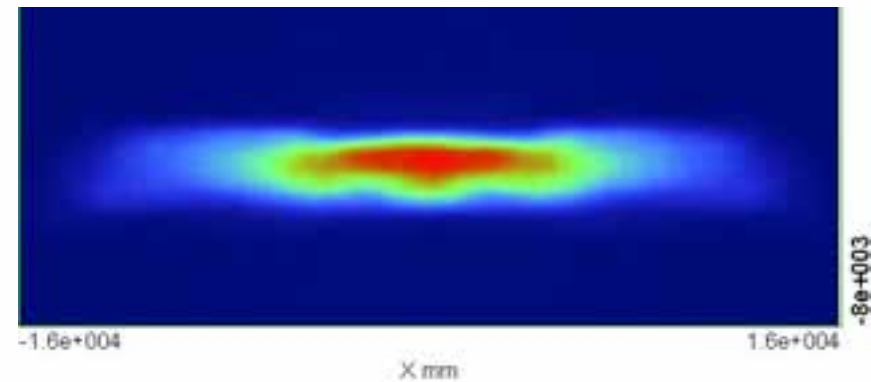
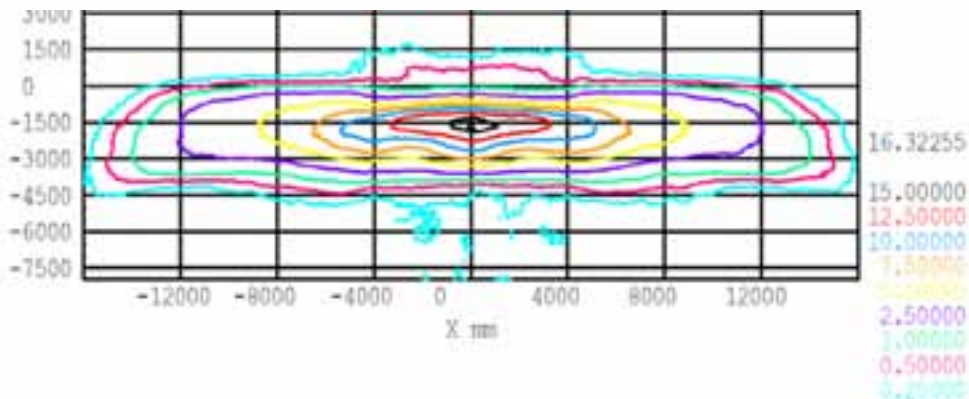


Beleuchtungsstärkeverteilung Kfz - Nebelscheinwerfer





Beleuchtungsstärkeverteilung an 25 m Wand



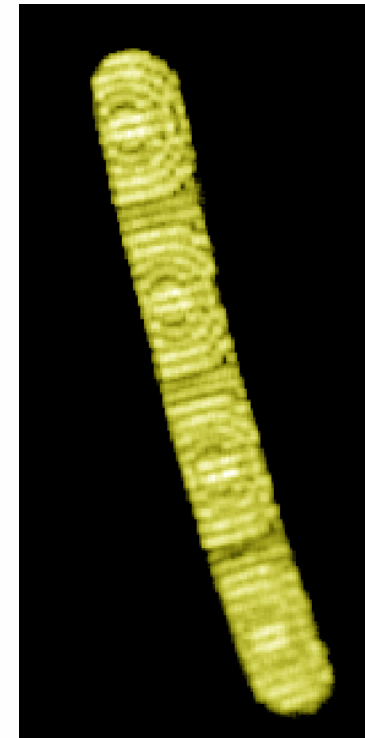


Leuchtdichteverteilung → Erscheinungsbild
Spurwechselassistent - Anzeige

CAD-Datenmodell

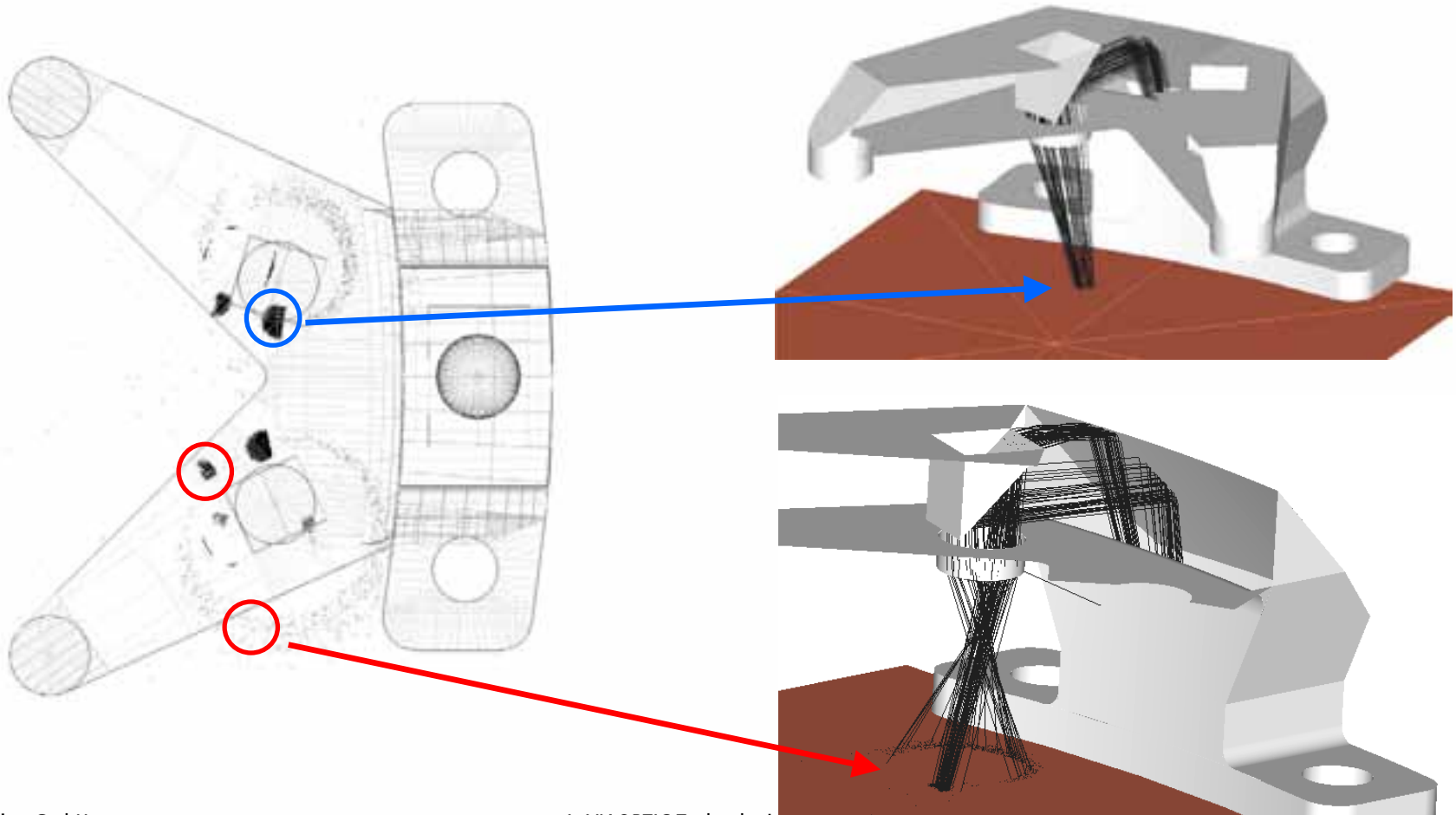


Simulierte Leuchtdichte



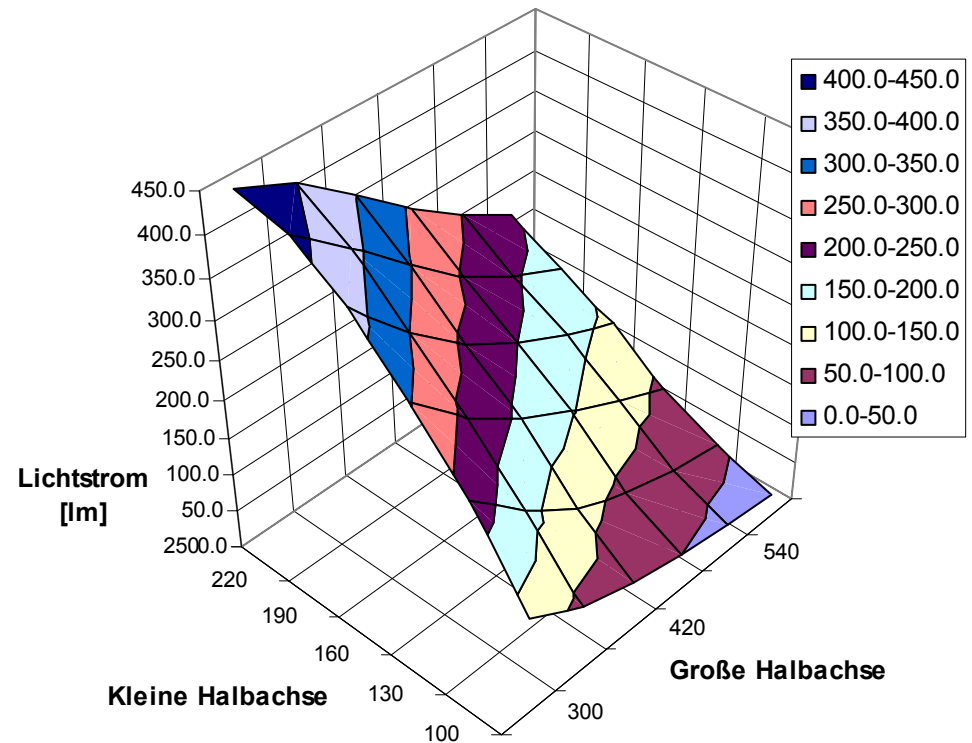
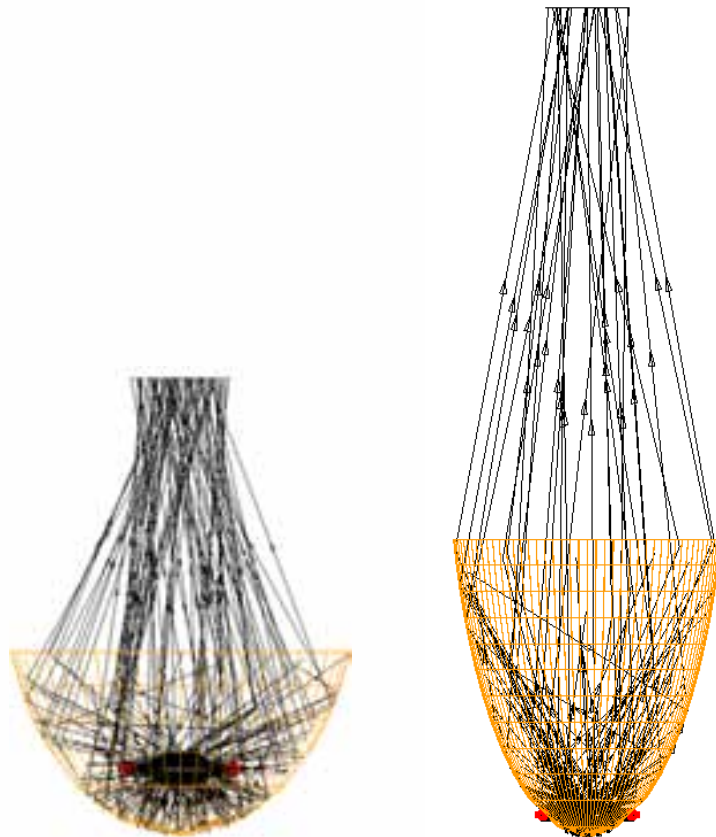


Optische-Pfadanalyse





Optimierung des optischen Wirkungsgrades durch Variantsimulation





- ☞ Lichtquellenmodellierung
 - Geometrische Strahlenmodellierung
 - Spektrale Strahlenmodellierung

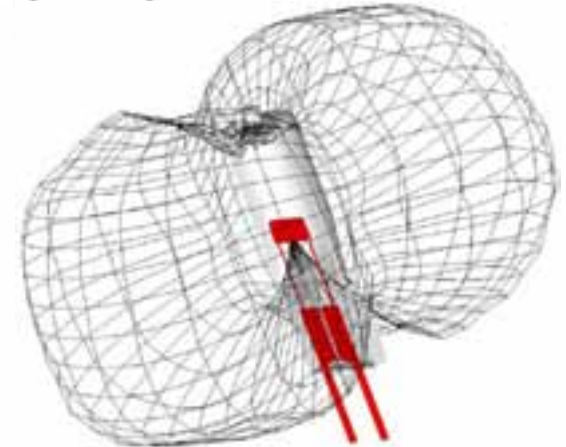
- ☞ Modellierung der Materialeigenschaften
 - Streucharakteristik
 - Spektrale Reflexion, Transmission, Absorption
 - Spektraler Brechungsindex (Dispersion)

- ☞ Geometriemodellierung der optischen Komponenten
 - Reflexions-, Transmissions-, Diffraktive-Optik

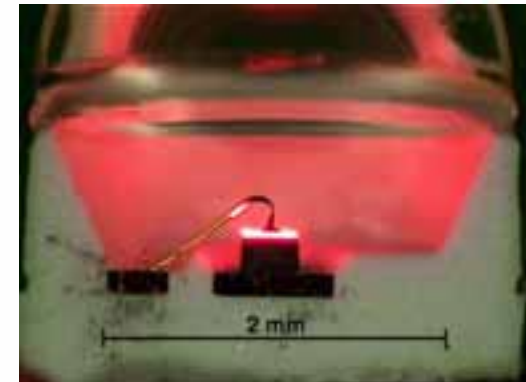
- ☞ Modellierung von fertigungsrelevanten Parametern
 - Toleranzen
 - Radian



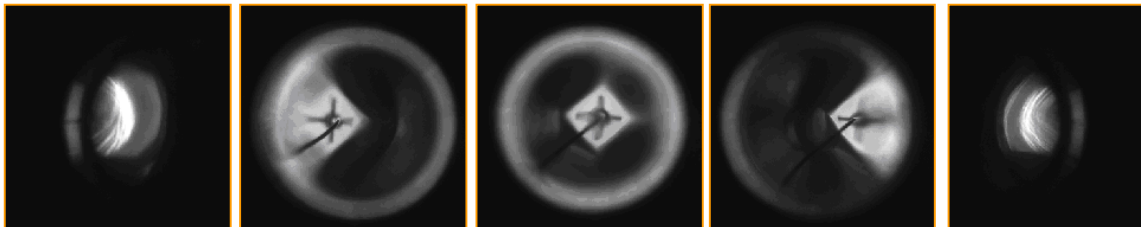
- ↪ Goniometer
 - Information über Richtungsverteilung
 - Fernfeldtaugliches LQ Modell



- ↪ Lichtquelle modelliert als optisches System
 - Orts- und Richtungsverteilung
 - Nahfeldtaugliches LQ Modell

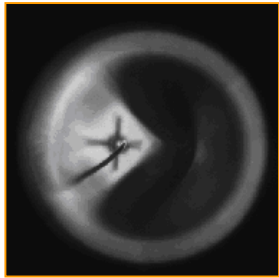


- ↪ Nahfeldphotogoniometer
 - Orts- und Richtungsverteilung
 - Nahfeldtaugliches LQ Modell

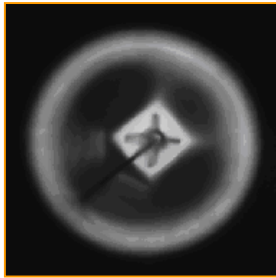




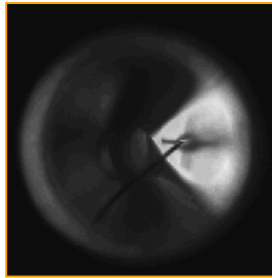
→ Erfassung der Leuchtdichteverteilung
aus bis zu 10.000 (oder mehr) Richtungen



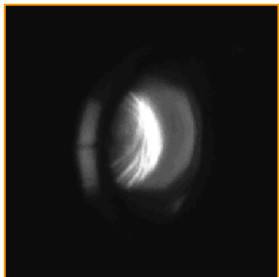
-4°



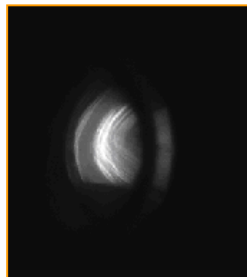
0°



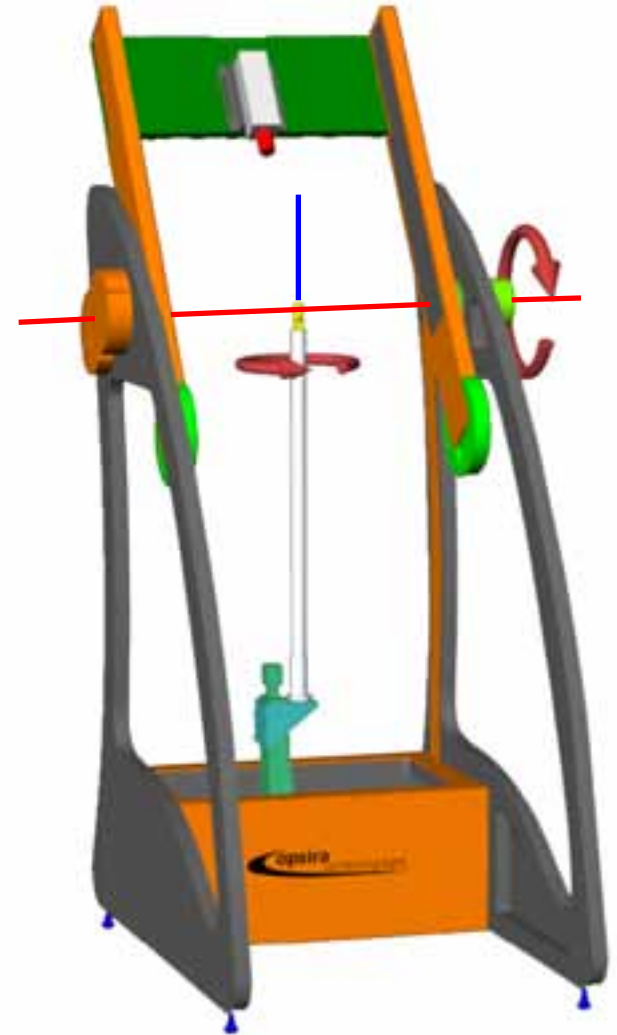
4°

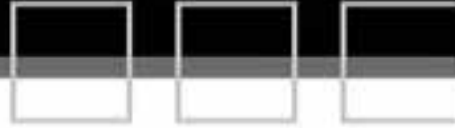


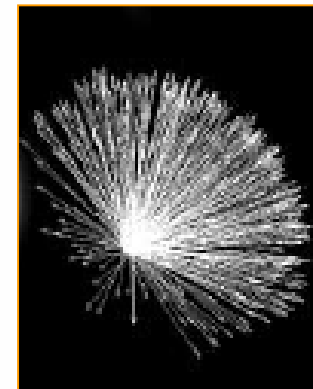
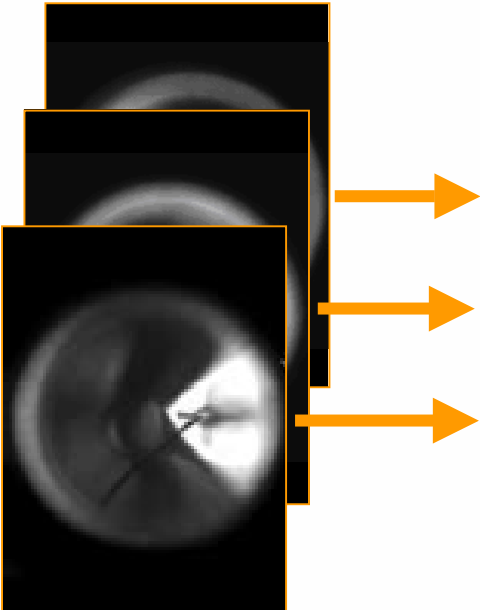
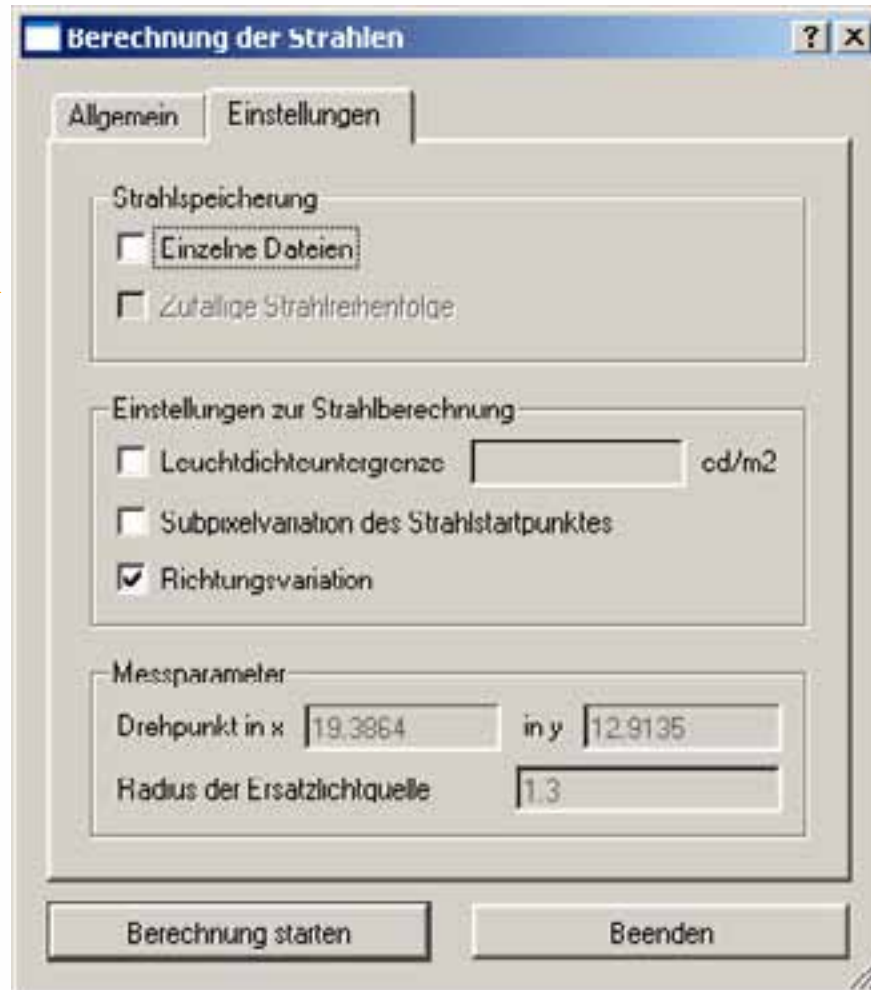
-14°

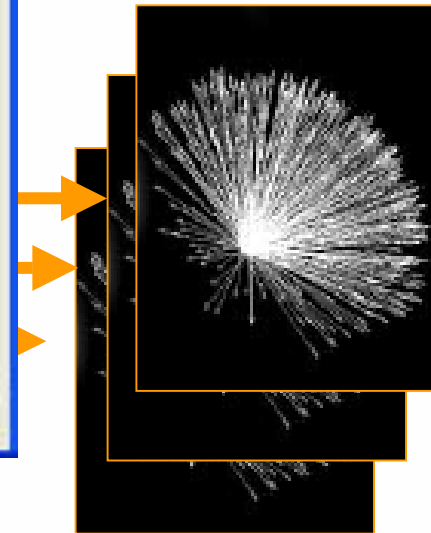
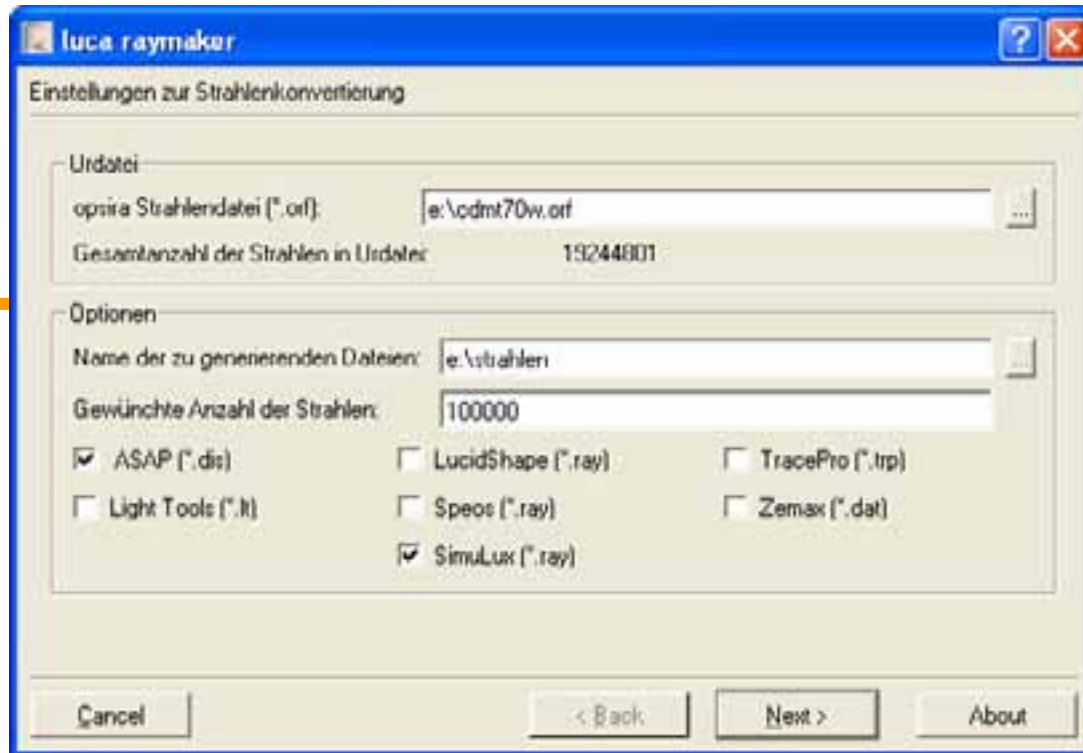
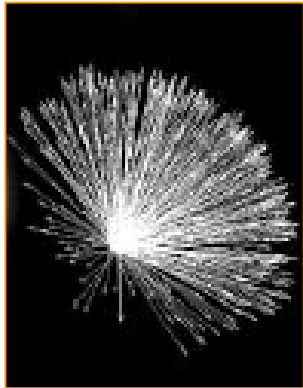


14°









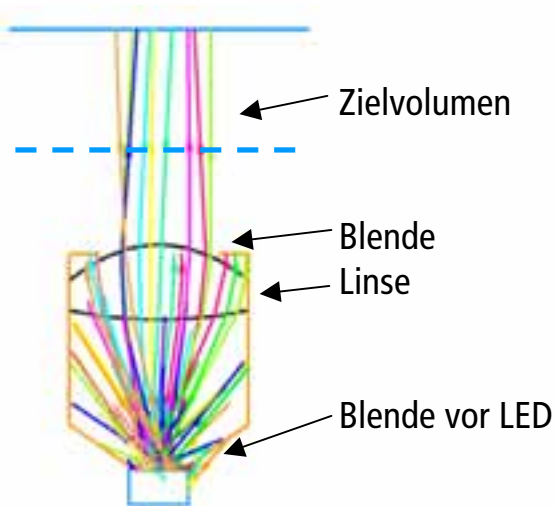
Bsp.: Optischer Sensor



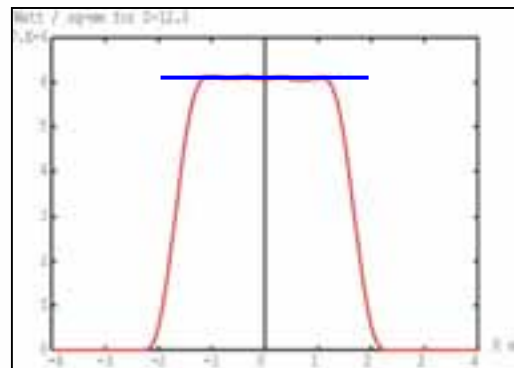
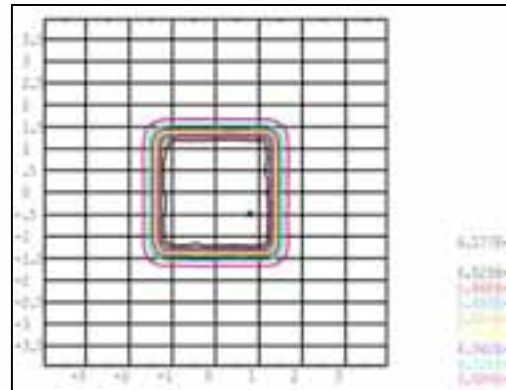
Systembeschreibung:



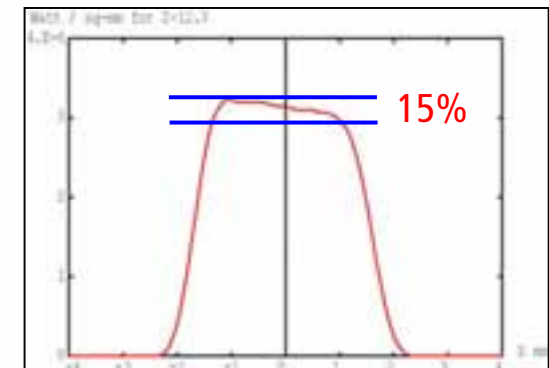
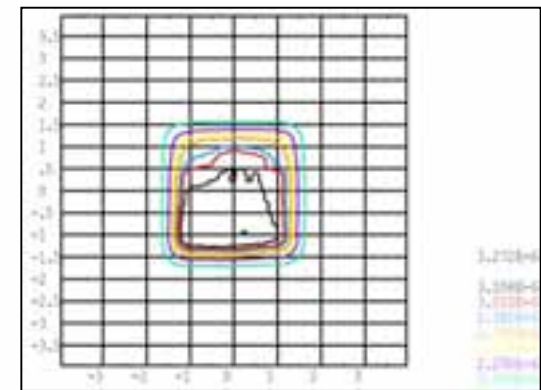
„Lambert“
strahlende LED



Simulationsergebnis mit **ideal**
lambert abstrahlender Quelle



Ergebnis mit **realem**
Lichtquellenmodell



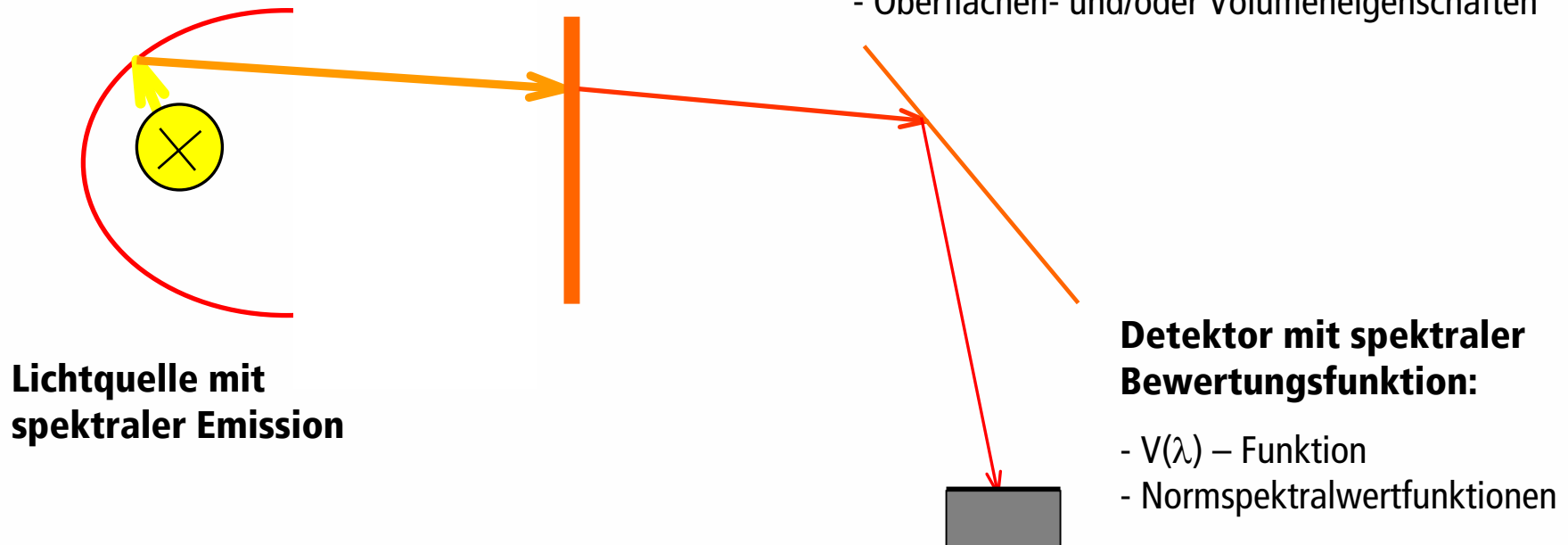


- Spektraleigenschaften müssen modelliert werden, wenn sich die spektrale Zusammensetzung der Strahlung entlang des optischen Pfades ändert!

Passive Komponenten

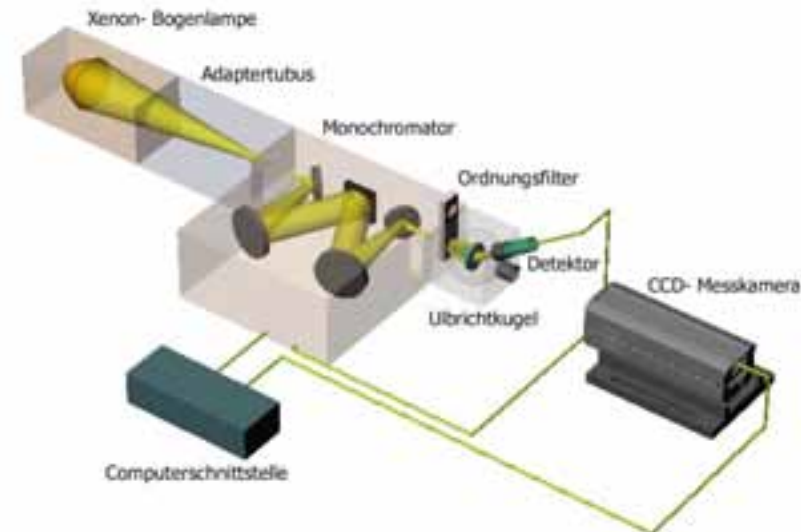
mit spektralen Transmissions- und Reflexionseigenschaften:

- Beschichtete Materialien
- Eingefärbte Materialien
- Oberflächen- und/oder Volumeneigenschaften

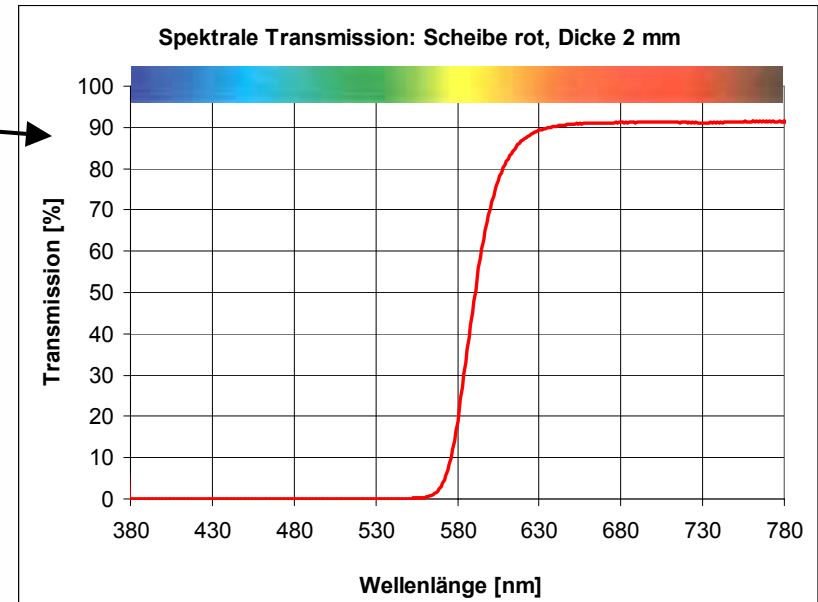




- ☞ Lichtquelle:
Vermessung der spektralen Emission
→ Emissionsspektroskopie
- ☞ Materialien:
Vermessung der spektralen Transmission oder Reflexion
→ Transmissions- / Reflexionsspektroskopie
- ☞ Photoempfänger:
Vermessung der spektralen Empfindlichkeit
→ Spektral durchstimmbare Lichtquelle



Bsp.: Eingefärbte Abdeckscheibe



Lichttransmission rote LED, 2 mm Scheibe

→ **T = 81 %**

Lichttransmission Halogenlicht (2900 K), 2 mm Scheibe,

→ **T = 28 %**

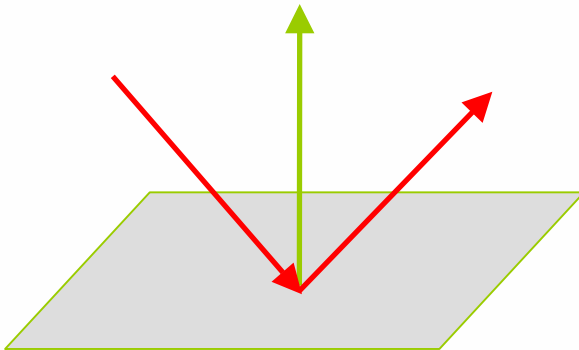
Lichttransmission Halogenlicht (2900 K), 4 mm Scheibe,

→ **T ≠ 8%, T = 22 %**

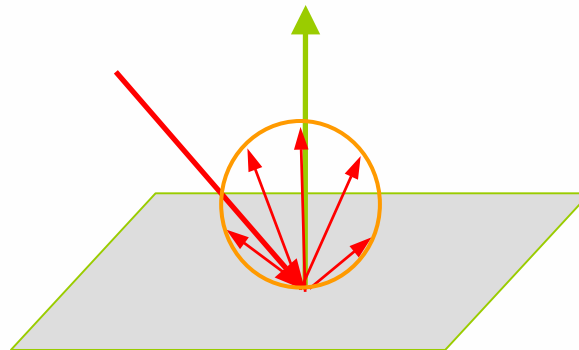


Reflexionsarten

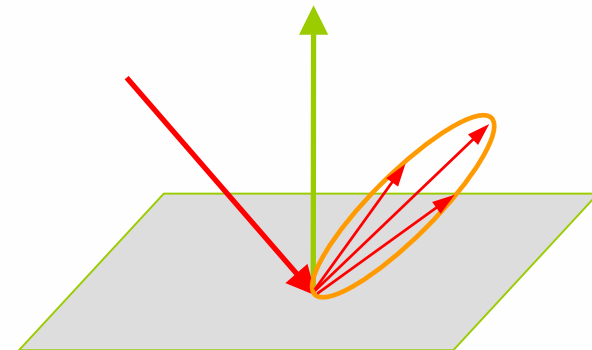
Gerichtete Reflexion
z.B. idealer Spiegel

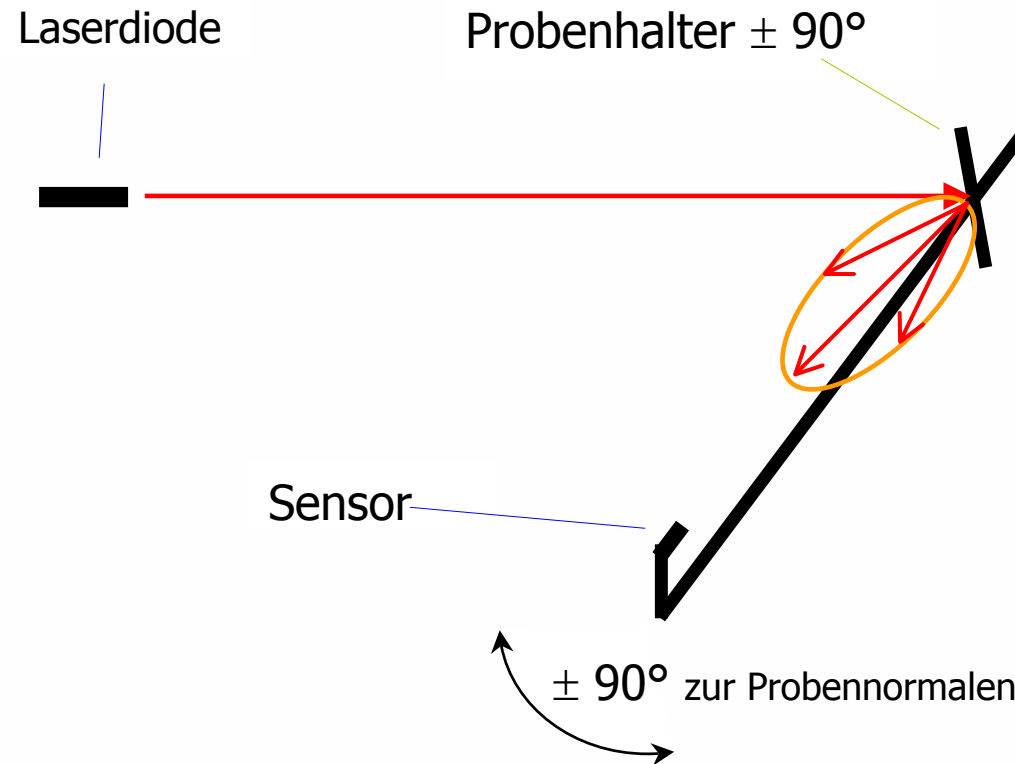


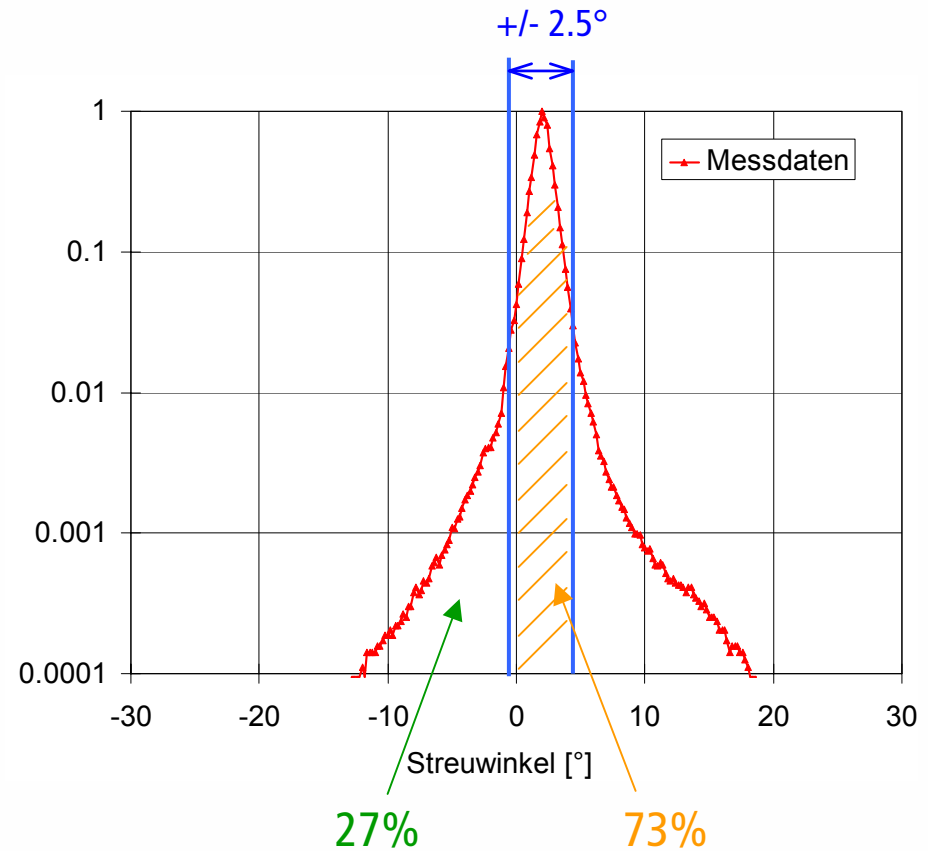
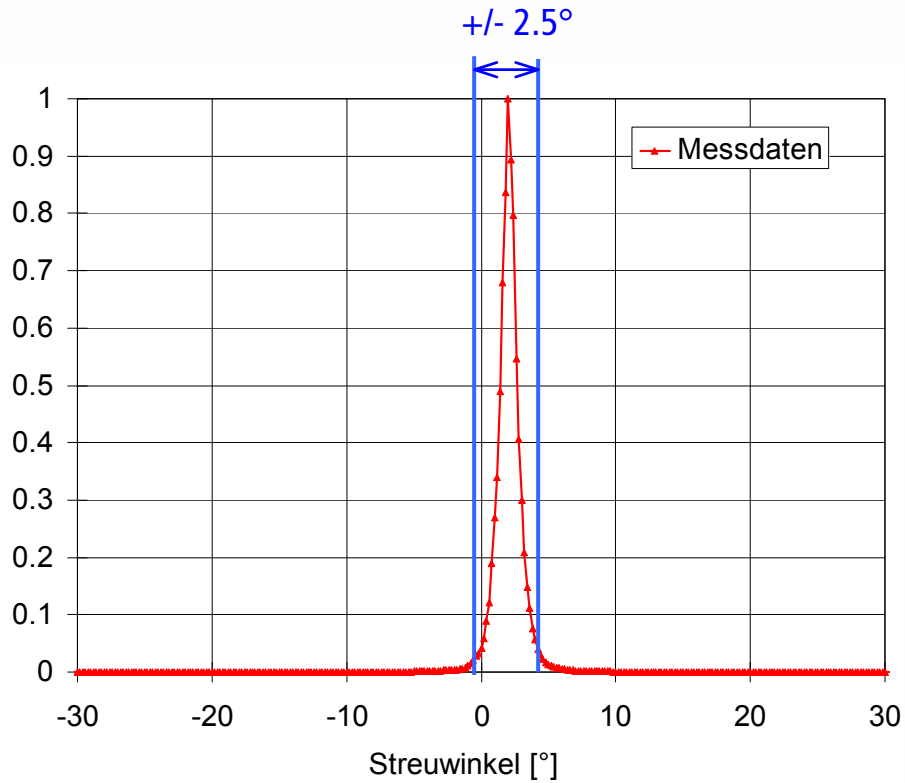
Lambertsche Streuung
z. B. ideale weiße Wand



Mischstreuung
reale Materialien



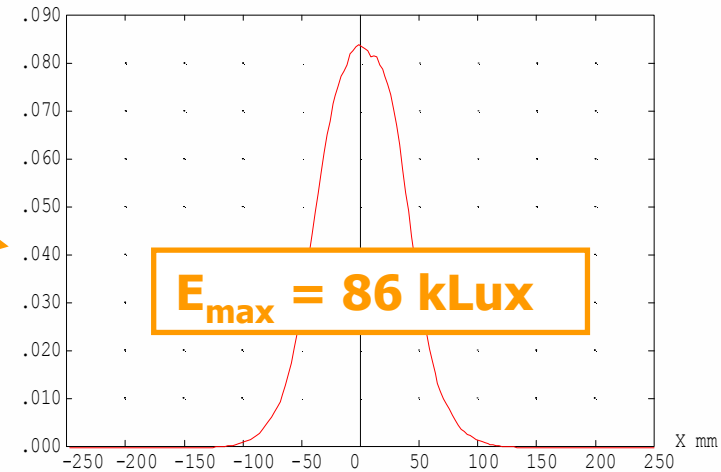
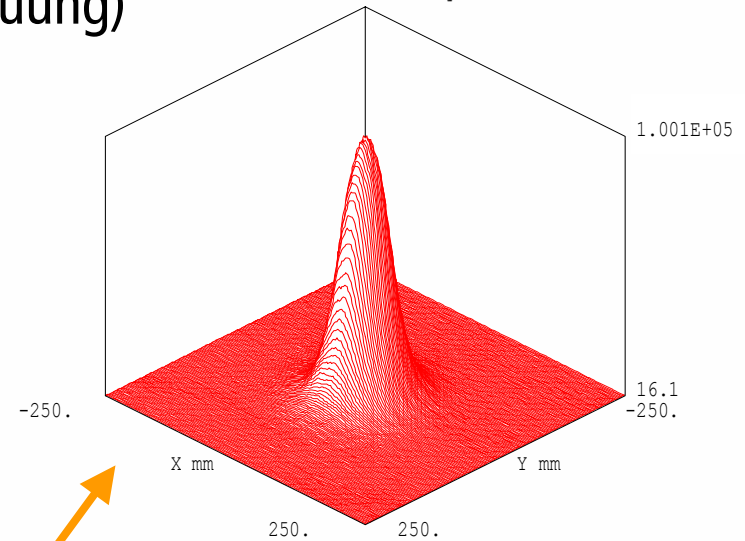
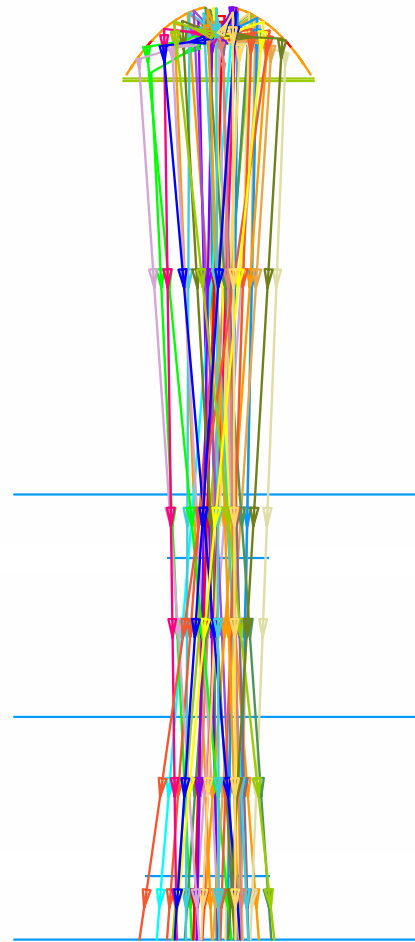




Bsp.: Untersuchungsleuchte



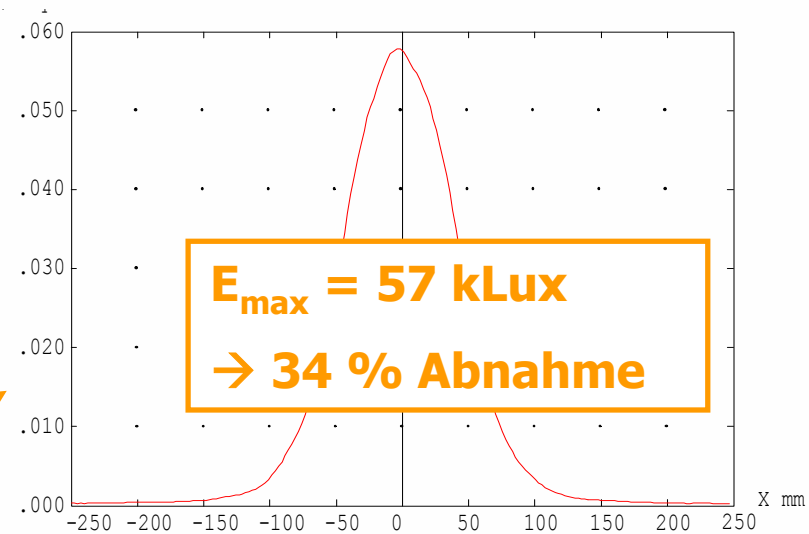
Simuliert mit Hochglanzmaterial (keine Streuung)



Bsp.: Untersuchungsleuchte

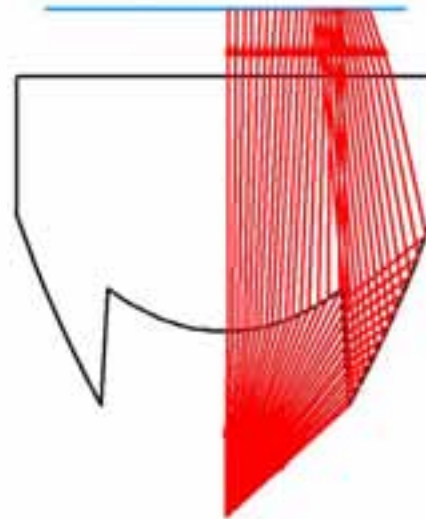


Simuliert mit streuendem Material (Alanod Miro 8)

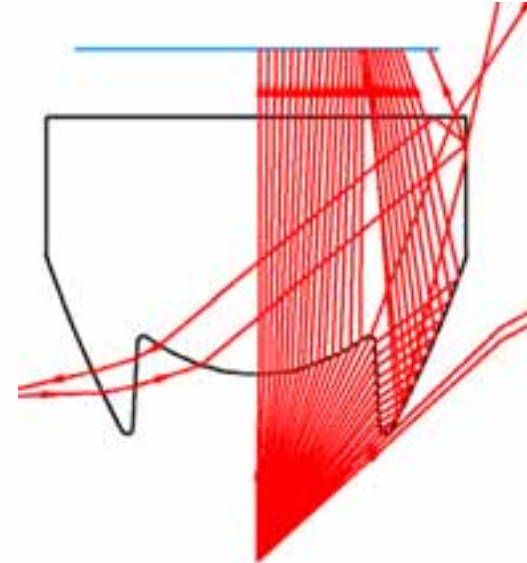




Einkoppellinse ohne Radien



mit 0.05 mm Radien



- Entwicklung des Systems auf ein technisches sowie kommerzielles Optimum
→ Kosten für Werkzeug, Zykluszeit, Kosten für Wartung
- Ansprüche an die Formherstellung:
→ Mögliche Toleranzen, Zuverlässige Herstellung



Optik:

- Fresnellinse zur Kollimation
- Abdeckscheibe mit facettierter Freiformaufweitungsoptik für optimierte Lichtverteilung

LED Lichtquelle:

- Geometrische Strahlverteilung
- Spektrale Emission

Eingefärbte Abdeckscheibe:

- Spektrale Transmission

Phantomlicht bei Sonneneinstrahlung:

- Spektrale Emission der Sonneneinstrahlung

Simulationsergebnisse:

- Lichtstärkeverteilung gemäß Normung
- Leuchtdichteverteilung (Erscheinungsbild)
- Phantomlichtverhalten



Optik:

- facettierte Freiformreflektoren

Halogenlichtquelle:

- Geometrische Strahlenverteilung
- Lichtquellengeometrie zur Berücksichtigung von Abschattungseffekte

Reflektor:

- Streucharakteristik

Transparente Abdeckung:

- Konstanter Brechwert → Verzerrungen



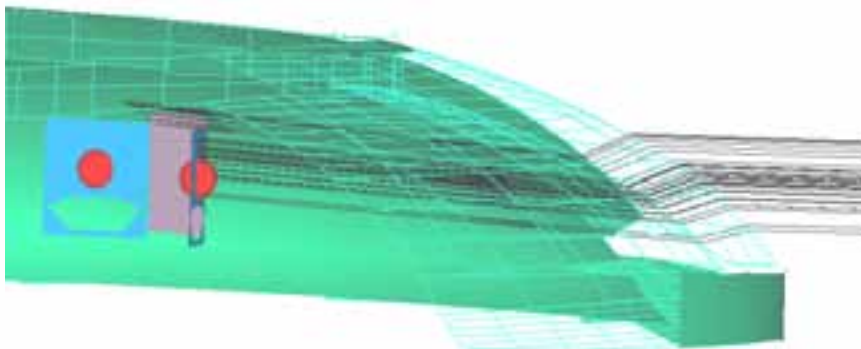
Simulationsergebnisse:

- Wirkungsgrad
- Beleuchtungsstärkeverteilung

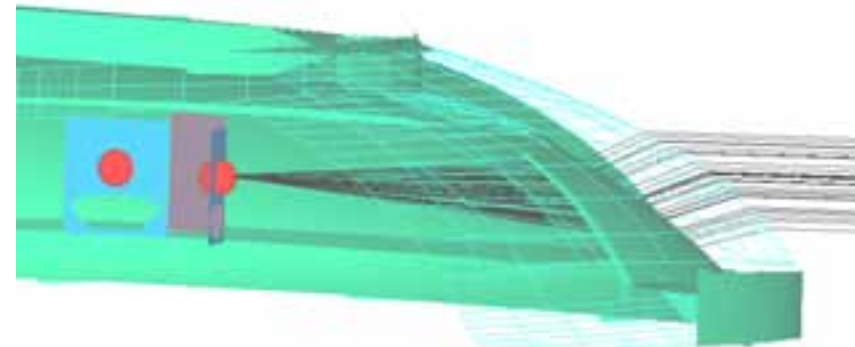
Leitstrahloptik für Reinigungsroboter



Ausgangssystem



Optimiertes System





Optik:

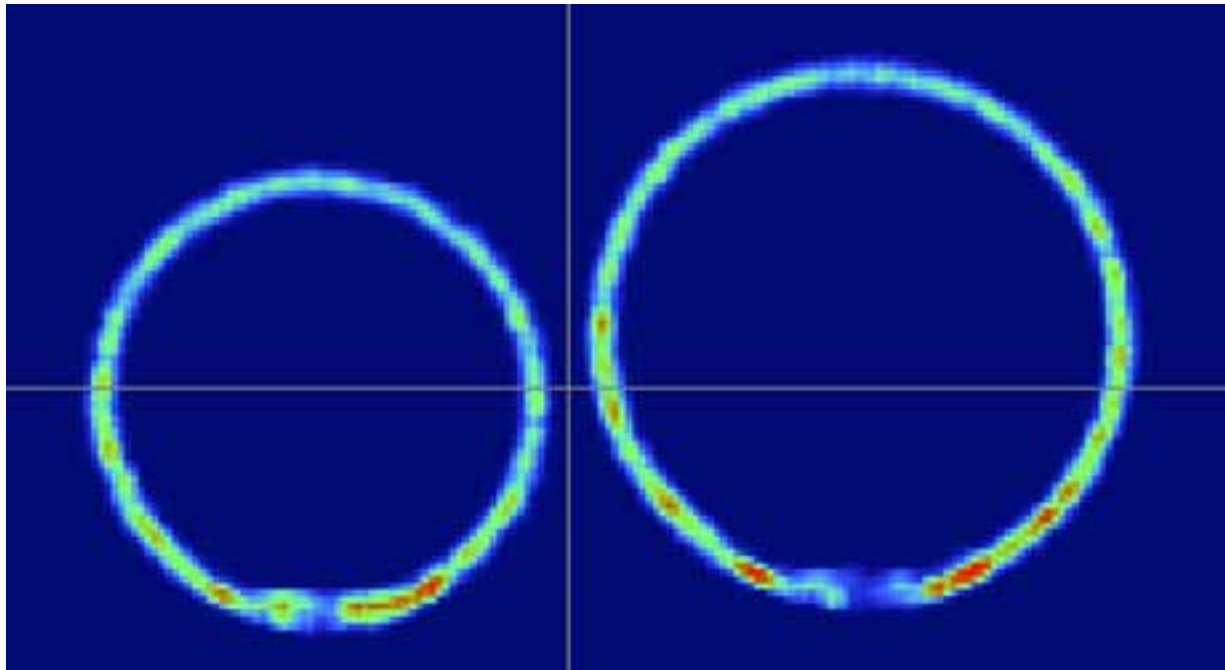
- Lichtleiter mit Auskoppelstruktur

Lichtquelle:

- Nahfeld Lichtquellenmodell
- Spektral aufgelöste Emission

Kunststofflichtleiter:

- Weglängenabhängige Absorption



Simulationsergebnis:

- Leuchtdichteverteilung (Erscheinungsbild)
- Lichtstärkeverteilung nach Norm



- ↪ Mit optischen Simulationsprogrammen können die optisch relevanten Parameter eines Systems überprüft werden
- ↪ Optische Systeme können durch Variantensimulation optimiert werden
- ↪ Toleranzanalysen ermöglichen eine gute Aussage über die Anforderung an die Fertigungsgenauigkeit
- ↪ Damit das Simulationsergebnis gut mit der Realität übereinstimmt, ist die Modellierung der optischen Komponenten eine wichtige Voraussetzung
- ↪ Optimierung des Systems unter Einbeziehung aller relevanten Parameter
→ **Steigerung der Qualität**



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

www.opsira.com