

**Lehrstuhl für Informatik 10 (Systemsimulation)**



**Optimization of Mirrorshapes in Optically Pumped Solar Lasers  
Using Ray Tracing Simulation Techniques**

Matthias König

Master's Thesis

# **Optimization of Mirrorshapes in Optically Pumped Solar Lasers Using Ray Tracing Simulation Techniques**

**Matthias König**

Master's Thesis

Aufgabensteller: Prof. Dr. C. Pflaum

Betreuer: 1.11.2021 – 2.5.2022

Bearbeitungszeitraum:

## **Abstract**

This work showcases the application of ray tracing techniques for the calculation of absorption profiles in optically pumped solar lasers. It aims at using a lightweight and fast physically based raytracer combined with a biobjective mesh adaptive direct search algorithm to optimize total power absorption and to minimize variance across the crystal. An exemplary setup of a side pumped Nd:Yag solar laser was simulated, optimized and the resulting beam quality evaluated.

**Erklärung:**

Ich versichere, dass ich die Arbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen angefertigt habe und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat und von dieser als Teil einer Prüfungsleistung angenommen wurde. Alle Ausführungen, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind als solche gekennzeichnet.

Der Universität Erlangen-Nürnberg, vertreten durch den Lehrstuhl für Systemsimulation (Informatik 10), wird für Zwecke der Forschung und Lehre ein einfaches, kostenloses, zeitlich und örtlich unbeschränktes Nutzungsrecht an den Arbeitsergebnissen der Master's Thesis einschließlich etwaiger Schutzrechte und Urheberrechte eingeräumt.

Erlangen, den 25. März 2022

.....

# Contents

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Methodology</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Lasers</b>	<b>6</b>
3.1	Solar Lasers . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Raytracing Framework</b>	<b>6</b>
4.1	Raytracing Basics . . . . .	6
4.2	Sampling Techniques . . . . .	6
4.3	Raytracing Acceleration . . . . .	6
4.4	Framework Structure . . . . .	6
4.4.1	Rays . . . . .	6
4.4.2	Shapes . . . . .	6
4.4.3	Objects . . . . .	6
4.4.4	Scene . . . . .	6
4.4.5	Tracing Algorithm . . . . .	6
4.4.6	Sampler . . . . .	6
4.4.7	IO Utilities . . . . .	6
4.5	Setup Specific Objects . . . . .	6
4.5.1	Lens . . . . .	6
4.5.2	Mirror . . . . .	6
4.5.3	Crystal . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Optimization</b>	<b>6</b>
5.1	Functional Analysis . . . . .	6
5.2	Mesh Adaptive Direct Search (MADS) . . . . .	6
5.3	Biobjective MADS . . . . .	6
5.4	Nomad Library . . . . .	6
5.5	Integration into Framework . . . . .	6
<b>6</b>	<b>Exemplatory Setup</b>	<b>6</b>
6.1	Setup . . . . .	6
6.2	ASLD Software . . . . .	6
6.3	Beam Analysis . . . . .	6

# 1 Introduction

## **2 Methodology**

## **3 Lasers**

### **3.1 Solar Lasers**

## **4 Raytracing Framework**

### **4.1 Raytracing Basics**

### **4.2 Sampling Techniques**

### **4.3 Raytracing Acceleration**

### **4.4 Framework Structure**

#### **4.4.1 Rays**

#### **4.4.2 Shapes**

#### **4.4.3 Objects**

#### **4.4.4 Scene**

#### **4.4.5 Tracing Algorithm**

#### **4.4.6 Sampler**

#### **4.4.7 IO Utilities**

### **4.5 Setup Specific Objects**

#### **4.5.1 Lens**

#### **4.5.2 Mirror**

#### **4.5.3 Crystal**

## **5 Optimization**

### **5.1 Functional Analysis**

### **5.2 Mesh Adaptive Direct Search (MADS)**

### **5.3 Biobjective MADS**

### **5.4 Nomad Library**

### **5.5 Integration into Framework**

## **6 Exemplatory Setup**

### **6.1 Setup**

### **6.2 ASLD Software**

### **6.3 Beam Analysis**