



MODELLIERUNG UND SIMULATION



DQS zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001:2015
Reg.-Nr. 069572 QM15

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Institutsleitung
Prof. Constantin Häfner

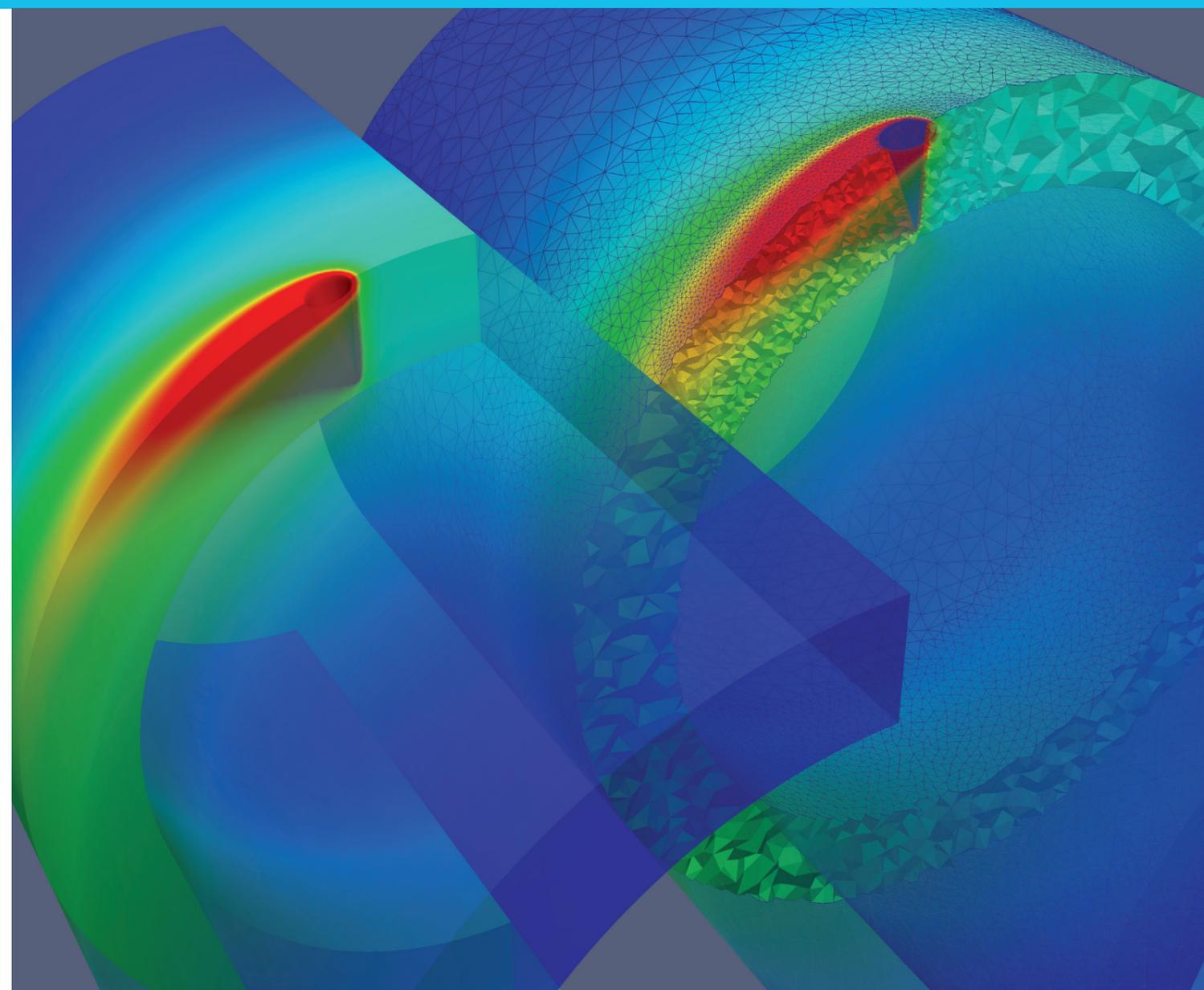
Steinbachstraße 15
52074 Aachen
Telefon +49 241 8906-0
Fax +49 241 8906-121

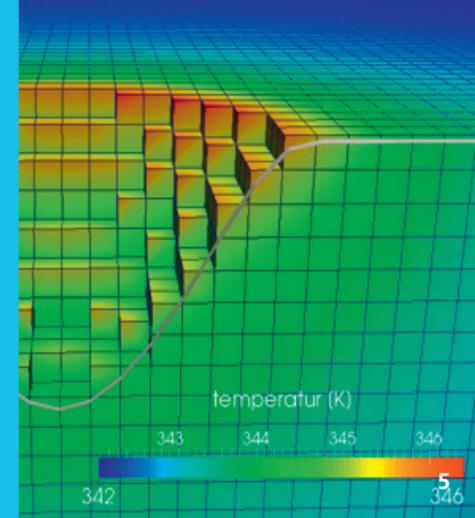
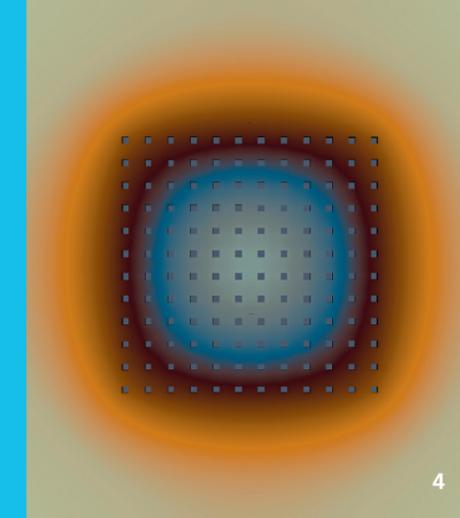
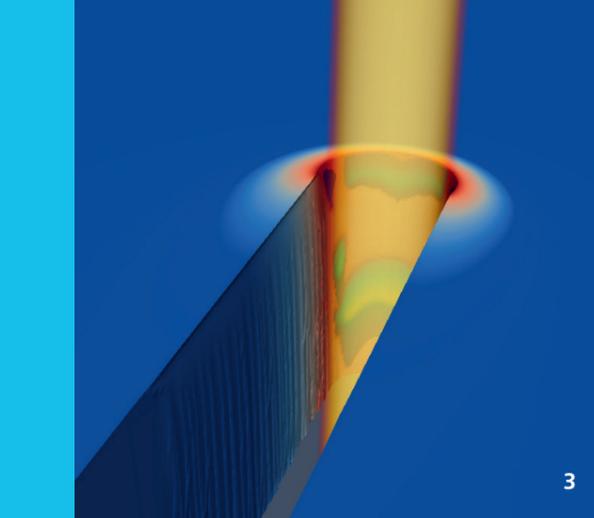
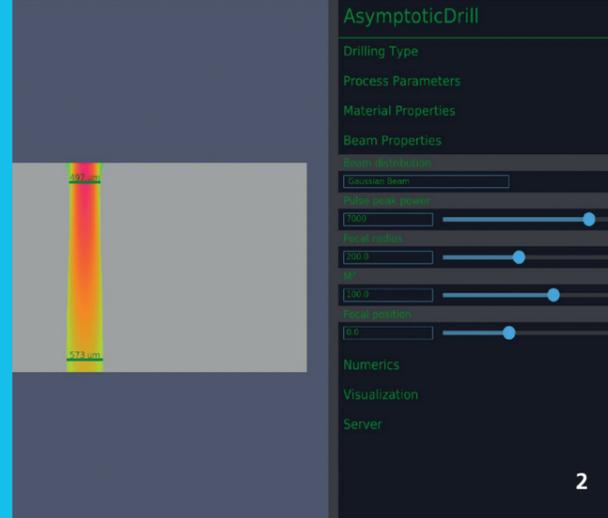
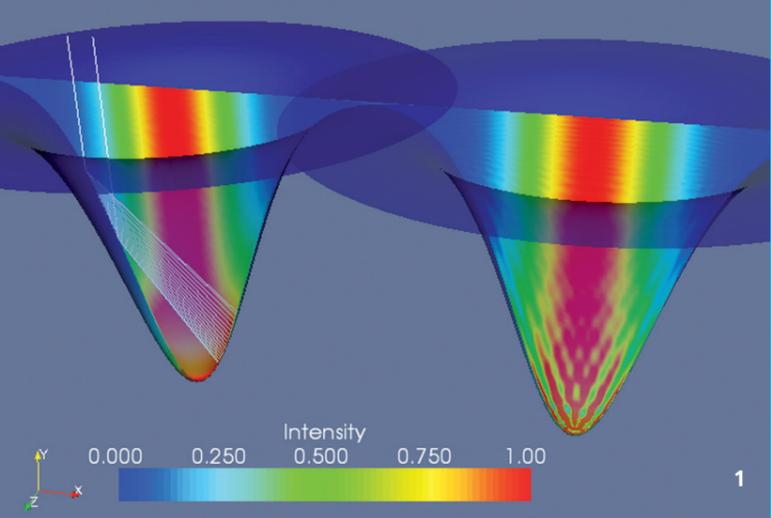
info@ilt.fraunhofer.de
www.ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT zählt weltweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstituten im Bereich Laserentwicklung und Laseranwendung. Unsere Kernkompetenzen umfassen die Entwicklung neuer Laserstrahlquellen und -komponenten, Lasermess- und Prüftechnik, sowie Laserfertigungstechnik. Hierzu zählen beispielsweise das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie das Oberflächenvergüten, die Mikrofertigung und das Additive Manufacturing. Weiterhin entwickelt das Fraunhofer ILT photonische Komponenten und Strahlquellen für die Quantentechnologie.

Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Digitalisierung, Prozessüberwachung und -regelung, Simulation und Modellierung, KI in der Lasertechnik sowie der gesamten Systemtechnik. Unser Leistungsspektrum reicht von Machbarkeitsstudien über Verfahrensqualifizierungen bis hin zur kundenspezifischen Integration von Laserprozessen in die jeweilige Fertigungslinie. Im Vordergrund stehen Forschung und Entwicklung für industrielle und gesellschaftliche Herausforderungen in den Bereichen Gesundheit, Sicherheit, Kommunikation, Produktion, Mobilität, Energie und Umwelt. Das Fraunhofer ILT ist eingebunden in die Fraunhofer-Gesellschaft.





MODELLIERUNG UND SIMULATION

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT befasst sich im Bereich Modellierung und Simulation mit grundlegenden Arbeiten zur Beschreibung von technischen Prozessen sowie deren Überwachung, Steuerung und Regelung. Durch das tiefgehende physikalische Verständnis von Laserprozessen in Kombination mit modernen rechnergestützten Methoden schafft das Fraunhofer ILT die Basis für eine maßgeschneiderte Laserbearbeitung.

Unsere Kernkompetenzen umfassen die Modellierung von Strahlquellen – insbesondere von Hochleistungslasern und Gasentladungen – sowie deren Anwendung in der Fertigungstechnik. Die daran beteiligten physikalischen Prozesse erstrecken sich von der Erzeugung, der Ausbreitung und der Absorption von Strahlung über Transportprozesse bis hin zu Phasenumwandlungen, die von der Strahlung im Werkstoff induziert werden. Um die Messdaten analysieren und die Prozesse überwachen zu können, wenden wir Methoden der Technischen Informatik an. Hierzu zählen insbesondere numerische Verfahren zur Simulation und Visualisierung der Prozesse sowie Algorithmen zur Auswertung von Messdaten.

In unserem eingespielten Team finden sich Wissenschaftler aus den Bereichen Angewandte Mathematik, Physik und Technische Informatik. Gemeinsam bieten wir unseren Kunden modellgestützte Lösungsansätze für technische Aufgabenstellungen. Ausgehend vom Kenntnisstand des Kunden, unserer eigenen Expertise und den Eigenschaften vorhandener Modelle erarbeiten und analysieren wir individuelle Lösungswege.

Kernkompetenzen

- Auslegung von Resonatoren für Gas-, Festkörper- und Hochleistungsdiodenlaser
- Optimierung der Strahlführung in optischen Systemen
- Analyse des Strahlungstransports in Prozessgasen während der Bearbeitung
- Analyse von Unter- und Überschallströmungen von Arbeits- und Prozessgasen
- Analyse von Schmelzströmung und Wärmetransport
- Dynamische Modelle zum Abtragen, Schneiden, Strukturieren, Bohren und zur Additiven Fertigung
- Steuerung und Regelung von Fertigungsprozessen
- Entwicklung und Implementierung von Algorithmen zur Auswertung von Messdaten
- Programmierung graphischer Benutzeroberflächen zur Simulation von Modellen und Visualisierung von Messdaten
- Numerische Methoden und Berechnungsverfahren wie z. B. Cluster-In-Cell Verfahren CIC, Finite Elemente FEM, Finite Volumen FVM, Discontinuous Galerkin DG und Modelreduktionsmethoden auf zeitlich veränderlichen Gebieten
- Digitalisierungskonzepte in der rechnergestützten Physik
- Metamodellierung von physikalischen Phänomenen und Fertigungsprozessen

1 *Strahlausbreitungssimulation beim Bohren (geometrische Optik, Wellenoptik).*

2 *»AsymptoticDRILL« – Customer Simulation Tool für das Bohren.*

3 *Simulation des Laserschmelzschneidens.*

4 *Mehrstrahlbearbeitung – Temperaturverteilung.*

5 *Mehrstrahlbearbeitung – Vergleich von Simulation und Experiment.*

Digitalisierung

Um unser Wissen zu teilen, bieten wir eine »Simulation as a Service«-Plattform namens »SimWeb« an. Die Plattform stellt unseren Kunden die hochindividuellen Simulations- und Analysetools ohne zeitaufwändige Installationsprozesse und auch auf mobilen Geräten online zur Verfügung.

Strukturierung

Hochleistungs-Ultrakurzpulslaser ermöglichen das hochpräzise Abtragen einer Vielzahl von Materialien, was zu innovativen Fertigungsmöglichkeiten führt. Um diese Präzision in ein größeres Bauvolumen einzubringen, untersucht unser Team Verarbeitungsstrategien, die auf einem tiefen Verständnis der zugrunde liegenden Physik basieren. Die Verwendung eines Multiskalenansatzes, der unser Wissen über die Einzelpulslaserablation nutzt und auf eine Mehrstrahlmatrix abbildet, um Verzerrungen vorherzusagen und Prozessparameter zu optimieren, erleichtert die Strukturierung von dünnen Schichten, die z. B. bei der Herstellung von Wasserfiltern verwendet werden.

Additive Fertigung

Die Additive Fertigung ist eine entscheidende Technologie in der Produktionstechnik. Der schichtweise Aufbau von Geometrien ist jedoch nach wie vor ein fehleranfälliger Prozess, der zum Ausschuss vieler mangelhafter Prototypen führt. Das von uns entwickelte thermo-mechanische Simulationstool »StrucSol« ermöglicht die Analyse von Bahnen, Schichten bis hin zu einem ganzen Bauteil, sodass Fertigungsprozesse deutlich optimiert werden können.

Bohren

Die Modellbildung und Simulation zum Bohren mit Laserstrahlung zielt im Wesentlichen auf die Vermeidung von Recast an der Bohrungswand für eine große Pulsdauer (Mikrosekunden) und auf die Erhöhung der Bohrgeschwindigkeit für eine kleinere Pulsdauer (ps bis ns).

Durch die Analyse des Bohrens mit großer Pulsdauer sind wir in der Lage, vier unterschiedliche Phänomene zu identifizieren, deren dynamisches Zusammenwirken die Bildung von Recast an der Bohrungswand verursacht. Bei der Analyse des Bohrens mit kleinerer Pulsdauer und größerer Intensität der Laserstrahlung beziehen wir zusätzlich die Trägheit der Schmelze, die Rekon-densation des Dampfes an der Bohrungswand, die Reflexion von Strahlung und die Änderung der Zustandsgleichung bei Annäherung an die kritische Temperatur in unsere Betrachtungen mit ein. Dieses Wissen wurde erfolgreich genutzt, um z. B. Prozesse zur Herstellung von Kühlkanälen in Turbinenkomponenten zu verbessern. Mit dem Customer Simulation Tool »AsymptoticDRILL« kann die asymptotische Form der Bohrung beim Bohren metallischer Werkstoffe mit langgepulster Laserstrahlung beschrieben werden.

Schneiden

Unsere Vision einer kognitiven Schneidmaschine umfasst das intelligente Einrichten und die systematische Fehlerdiagnose. Mit der kognitiven Schneidmaschine führen wir die Entwicklung des Schneidens bei definierter Qualität weiter an die physikalischen Grenzen von Laserstrahl, Maschine und Prozess heran. Durch die Kombination von Diagnose und Simulation wird eine Systematisierung des Zusammenhangs von Schnittqualität und Schneidparametern erreicht. Mithilfe der Analyse der Schnittqualität können wir mindestens drei unterschiedliche Typen von Riefen und vier unterschiedliche Typen von anhaftenden Bärten identifizieren. Die Entstehung der unterschiedlichen Riefen- und Barttypen lässt sich durch einen überschaubaren Satz von Parametern sowie deren dynamisches Zusammenwirken beim Schneiden beschreiben.

Ansprechpartner

Prof. Wolfgang Schulz
Telefon +49 241 8906-204
wolfgang.schulz@ilt.fraunhofer.de