



Sparkling Science > Wissenschaft ruft Schule Schule ruft Wissenschaft

Forschungsprojekt

FemtoLAS

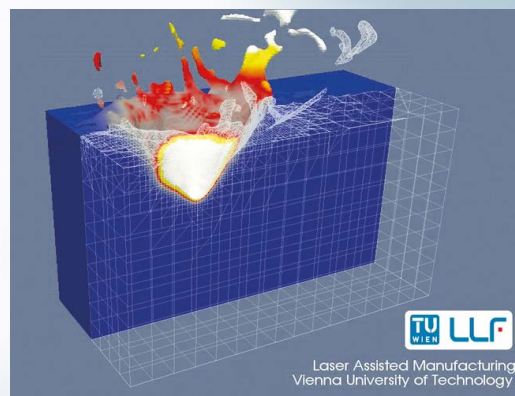
**Kürzer als ein Augenblick:
Simulation von
Femtosekundenlasern in der
Materialbearbeitung**

Projektleitende Einrichtung

Technische Universität Wien
Institut für Fertigungstechnik und
Hochleistungslasertechnik
Univ.Prof. Dipl.-Phys. Dr.-Ing. Andreas Otto
andreas.otto@tuwien.ac.at

Beteiligte Schulen

Gymnasium und WRG Maria Regina, W
htl donaustradt, W



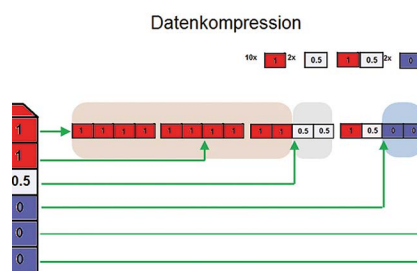
FemtoLAS

Kürzer als ein Augenblick: Simulation von Femtosekundenlasern in der Materialbearbeitung

Die fortschreitende Entwicklung hatte dazu geführt, Laserimpulse von immer kürzerer Dauer, bis in den Femtosekundenbereich, generieren zu können. Damit eröffneten sich Bearbeitungsverfahren und -ergebnisse mit zuvor unbekanntem oder unerreichbaren Eigenschaften. Die Vorgänge physikalischer Natur, die sich in diesen kurzen Zeiträumen im Detail abspielten, entzogen sich aber sowohl der Bekanntheit, als auch den meisten Analysemethoden. Es war ein Ziel dieses Sparkling Science-Projekts, Simulationen zu entwickeln, die Zugang zu einem besseren Verständnis der Vorgänge ermöglichen sollten.

Bei den Bearbeitungsvorgängen kommt es zu einem Zusammenwirken einer Vielzahl physikalischer Phänomene, deren numerische Abbildung sehr komplexe Algorithmen erfordert. So beschränkten sich die meisten in der Literatur bekannten Ansätze auf die Betrachtung isolierter Vorgänge unter speziellen Randbedingungen. Das war für das Verständnis und die allgemeine Anwendbarkeit eine unbefriedigende Situation. Multiphysikalische Ansätze, die gleichzeitig mehrere Vorgänge integrativ verarbeiteten, stammten aus dem eigenen Hause. Mit Hilfe deren Erweiterung, einerseits um die Plasmaentstehung und andererseits um das Zwei-Temperaturmodell mit Berücksichtigung von Konvektionseffekten und Validierung im Vergleich mit bekannten Bearbeitungsergebnissen aus der Literatur und dem eigenen Labor, konnten wertvolle Einblicke in das Geschehen und deutlich verbesserte Übereinstimmung bzw. Vorhersagbarkeit von Bearbeitungsergebnissen erzielt werden. Das vertiefte Verständnis ermöglichte zuvor nicht nachvollziehbare Vorgänge, wie die Entstehung von Erhebungen auf Schweißnähten, sogenanntes „Humping“ zu erfassen und auch Ansatzpunkte für weitere Verbesserungen zu identifizieren. So könnte die Berücksichtigung der Polarisation des Laserstrahls möglicherweise das bisher noch nicht fundiert verstandene Phänomen der „Ripples“ auf Oberflächen nach ultrakurzen Laserpulsen einer Erklärung zuführen.

Die genaue Analyse der kombinierten auftretenden Vorgänge erfordert die Betrachtung äußerst kleiner Volumina in der Simulation. Dadurch werden sehr große Datenmengen generiert. Mit der Anzahl von Einzelvorgängen, wie ihn jeder Laserpuls (z.B. 1000 Pulse von jeweils etwa 30



Projektlaufzeit: 01.10.2014 bis 30.09.2016

Femtosekunden Dauer pro Sekunde) für sich darstellt, steigt die Menge der zu verarbeitenden und abzuspeichernden Daten noch einmal um ein Vielfaches. So ergab sich als weiteres Ziel für das Projekt, eine Methode der Datenkompression zu entwickeln, die der derzeit im verwendeten Simulationstool angebotenen überlegen sein sollte.

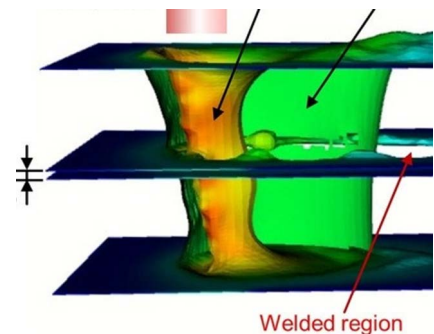
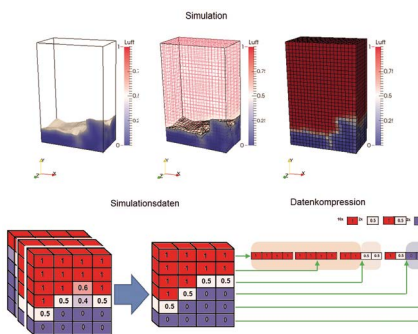
Den beteiligten Schülern wurde zunächst ein Grundverständnis sowohl von Lasern an sich, der Interaktion von Laserstrahl und Material während der Bearbeitung, wie auch der Simulationsmethoden und der generierten Datenstruktur vermittelt. So waren sie in die Lage versetzt, physikalische Zusammenhänge und systematische Redundanzen zur Entwicklung eines neuen Kompressionsansatzes heranziehen zu können.

Während von wissenschaftlicher Seite die Simulationsmethode weiterentwickelt wurde, nahm insbesondere ein Schülerquartett der HTL-Donaustadt die Entwicklung eines verbesserten Kompressionsalgorithmus tatkräftig in Angriff.

Zunächst wurden Ansätze für verlustfreie Kompressionsmethoden verfolgt. In einer von den Lehrerinnen und Lehrern subtil gestalteten Atmosphäre aus freier Kreativität, Anleitung und Anforderung konnten unterschiedliche Ideen verfolgt und eine Methode verlustfreier Kompression entwickelt werden, die sich der aktuellen überlegen erwies. Anschließend wurde ein neuer Ansatz ins Auge gefasst, der Datenverluste durch die Kompression in definiertem Maße tolerieren sollte. Es gelang, eine Methode zu entwickeln, die für die Darstellung nicht wahrnehmbare Verluste toleriert, dafür aber Kompressionsraten um 90 % ermöglicht. Die Schülerinnen und Schüler konnten diese Entwicklung einerseits für ihre Diplomarbeit nutzen, andererseits erhielten sie die Möglichkeit, sie auf der NUMIFORM 2016 (12th International Conference on Numerical Methods in Industrial Forming Processes) an der Technischen Universität Troyes (Fra) vor der wissenschaftlichen Gemeinschaft zu präsentieren.

Die gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich der physikalischen Vorgänge bei Bearbeitungsvorgängen mit dem Ultrakurzpuls laser und die aufgewerteten Simulationsmethoden wurden unter anderem auf der LiM 2015 (Lasers in Manufacturing) in München und LANE 2016 (9th International Conference on Photonic Technologies) in Fürth vorgestellt.

Als Ergebnis des Projekts FemtoLAS können nun die sensiblen Bearbeitungsvorgänge für z.B. medizinische und Hochtechnologieoberflächen besser vorhergesagt bzw. gesteuert werden, während gleichzeitig ein rationellerer Umgang mit den erzeugten Datenmengen möglich gemacht wurde.



Sparkling Science ist ein Programm des BMWFW, das Forschung auf dem letzten Stand der Wissenschaft mit voruniversitärer Nachwuchsförderung verknüpft. In sämtlichen thematisch breit gefächerten Projekten werden Schülerinnen und Schüler in die Forschungsarbeiten ebenso wie in die Vermittlung der Ergebnisse eingebunden. Die Leitung des Forschungsprogramms liegt beim BMWFW, das Programmbüro bei der OeAD-GmbH.



Sparkling Science >
Wissenschaft ruft Schule
Schule ruft Wissenschaft

Sparkling Science Facts & Figures

Programmlaufzeit: 2007 bis 2020

Eckdaten 1. - 5. Ausschreibung

260 Projekte (Forschung & Schulforschung)
29,4 Mio. Euro Fördermittel

Beteiligte Personen

78.152 Schüler/innen (24.208 direkt beteiligt,
53.944 indirekt beteiligt)
2.837 Wissenschaftler/innen & Studierende
1.788 Lehrer/innen & angehende
Lehrpersonen

Beteiligte Einrichtungen

449 Schulen und Schulzentren¹
149 Partner aus Wirtschaft & Gesellschaft,
inkl. 6 internationaler
179 Forschungseinrichtungen², davon:
55 Universitäten inkl. 34 internationaler
101 außeruniv. Forschungseinrichtungen
inkl. 14 internationaler
11 Fachhochschulen inkl. 3 internationaler
10 Pädagogische Hochschulen
2 sonstige Einrichtungen

¹ inkl. 41 internationaler Schulen (AR, CH, CM, DE, ES, FR, GB, HU, IT, JP, NO, PL, PYF, RS, SI, SK, TR, USA)

² inkl. 51 internationaler Forschungseinrichtungen (AU, CH, CO, CZ, DE, DK, ES, FR, GB, HU, IT, NO, PL, SE, SK, USA)

www.sparklingscience.at

Stand Sept. 2016