

## Teilprojekt A8

### Titel

In-situ-Diagnose und Steuerung der Schmelz- und Erstarrungsdynamik beim Laserstrahlschneiden

### Projektleitung/-bearbeitung

Projektleitung: Gillner, Arnold, Prof. Dr.-Ing.

Projektbearbeitung: de Oliveira Lopes, Marcelo, M. Sc.

Lehrstuhl für Lasertechnik (LLT), RWTH Aachen University

### Aufgabenstellung

Mittels Highspeed-Videoanalysen des Schmelzfilmes auf der Schneidfront wurden erstmals akustische Resonanzen der Gassäule in der Schneidfuge identifiziert. Dabei wurde erkannt, dass die erzeugten Schnittflanken genau in den Bereichen die geringste Rautiefe besitzen, in denen der Schmelzfilm entsprechende hochfrequente Wellen aufweist. Mit dem Verständnis dieses positiven Effekts entstand ein innovativer Ansatz zur Verbesserung der Schnittkantenqualität durch akustische Verstärkung hochfrequenter Schmelzwellen. Dafür soll ein akustisch abgestimmtes Schneiddüsendesign – die sogenannte „Schneidpfeife“ - entwickelt werden.

### Vorgehensweise

Die Schneidpfeife basiert auf einer hohlrauminduzierten Überschallströmung. Der an der Düsenaustrittsseite gebildete Hohlraum ermöglicht die Erzeugung scharfer hochfrequenter Spektralpeaks, deren Resonanzfrequenz als Funktion der Hohlraumlänge fein abstimmbare ist. Die Validierung der Resonanzen erfolgt schlierenoptisch sowie mit einem optischen Mikrofon. Zur Beurteilung der Auswirkung des neu entwickelten Düsendesigns auf die resultierende Schnittflankenqualität werden Schnitte an Edelstahlblechen der Dicke 6 mm mit einem Scheibenlaser bei 6 kW Ausgangleistung durchgeführt.

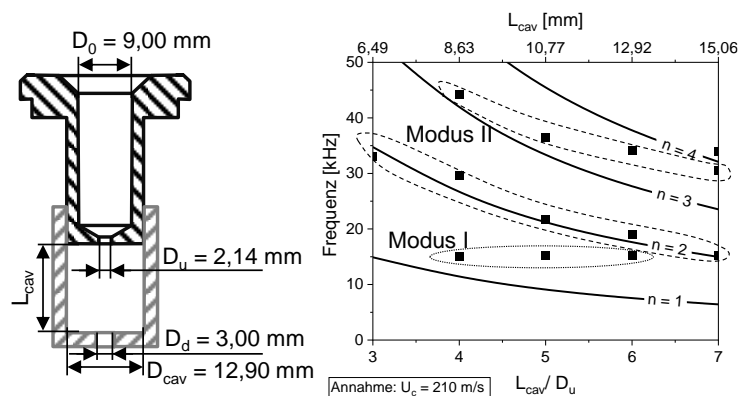


Bild 1: links: Düsendesign der Schneidpfeife; rechts: Diagramm der spektralen Peakfrequenzen vs. Hohröumlänge; Die theoretischen Frequenzen werden durch die durchgezogenen Linien und die experimentellen Daten durch die Punkte dargestellt.

## Ergebnisse

Die hochfrequenten Schwingungen der Düsenströmung sind sowohl in den Mikrofonmessungen als auch in den Schlierenaufnahmen nachweisbar. Außerdem ist eine damit korrelierende Stabilisierung der Schmelzströmung anhand der diagnostizierten, gleichmäßigeren Streakaufnahmen feststellbar. Dementsprechend entstehen qualitativ hochwertige Schnittflanken mit Rautiefen und Bartlängen von nur 20  $\mu\text{m}$ .

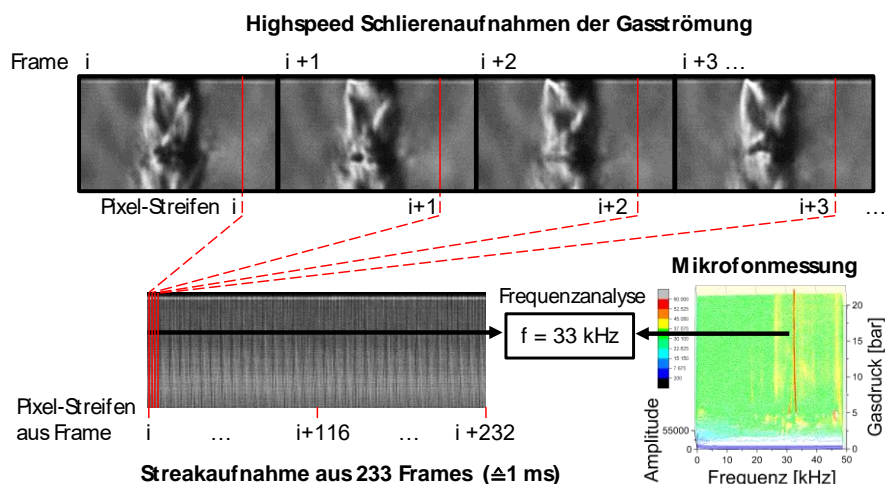


Bild 2: Validierung der Schallwellenfrequenz der Schneidpfeife durch den Vergleich optischer und akustischer Messungen (Schlieren- bzw. Mikrofonmessung). Für die Ermittlung der Frequenz aus der Schlierenaufnahme wurde aus einer Abfolge Einzelbilder jeweils ein Pixel-Streifen extrahiert und alle zu einem „Streifen-Bild“ zusammengefügt. Streifenbild und Mikrofonmessung ergeben hier z.B. 33 kHz.

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Die Nutzung von akustischen Resonanzen beim Laserstrahlschmelzschneiden ist nur ein Beispiel für das Potenzial, das die simulative, diagnostische und praktische Berücksichtigung akustischer Effekte für die Verbesserung von Lasermaterialbearbeitungsprozessen bietet. Angestrebt ist zukünftig die gezielte Abstimmung der akustischen Resonanzen der Prozessgasströmung auf die Schnittfugengeometrie.

### **Veröffentlichungen**

OLIVEIRA LOPES, M. de, D. PETRING, D. ARNTZ-SCHRÖDER, F. SCHNEIDER, S. STOYANOV und A. GILLNER. Cutting Whistle – An Original Approach for Nozzle Design in Fiber Laser Cutting of Stainless Steel. In: U. REISGEN, D. DRUMMER und H. MARSCHALL, Hg. Enhanced Material, Parts Optimization and Process Intensification. Proceedings of the First International Joint Conference on Enhanced Material and Part Optimization and Process Intensification, EMPORIA 2020, May 19-20, 2020, Aachen, Germany. Cham: Springer International Publishing; Springer, 2021, S. 267-276. ISBN 978-3-030-70331-8

HALM, U., D. ARNTZ-SCHROEDER, A. GILLNER und W. SCHULZ. Towards Online-Prediction of Quality Features in Laser Fusion Cutting Using Neural Networks. In: ARAI, K., KAPOOR, S. UND BHATIA, R. (EDS.), Intelligent Systems and Applications. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 346–359. Advances in Intelligent Systems and Computing. ISBN 978-3-030-55180-3.