

CFD-SIMULATION ZUR OPTIMIERUNG STRÖMUNGSTECHNISCHER KOMPONENTEN

DIE AUFGABE

Gase werden in vielfältiger Weise in der Lasermaterialbearbeitung eingesetzt. Als Primärgase werden sie beispielsweise verwendet, um den Materialaustrieb bei thermischen Trennverfahren wie dem Laserstrahlschneiden zu bewirken. Bei Fügeprozessen dienen sie als Schutzgase zur Abschirmung der Prozesszone vor der Atmosphäre und beim Auftragschweißen als Trägermedium für pulverförmig zugeführte Werkstoffe. Vielfältig ist auch ein Einsatz als Sekundärgas für verschiedenste Bearbeitungsverfahren, beispielsweise:

- zum Schutz optischer Komponenten,
- zur Begrenzung störender Einflüsse von Prozessemissionen in Form von Dämpfen und Rauchen, die infolge von Wechselwirkungen mit der einfallenden Laserstrahlung die Prozessstabilität und Bearbeitungsqualität beeinträchtigen können,
- zur Reinhaltung der Raumluft in entsprechenden Bearbeitungskabinen, um Anforderungen bezüglich des Arbeitsschutzes zu erfüllen.

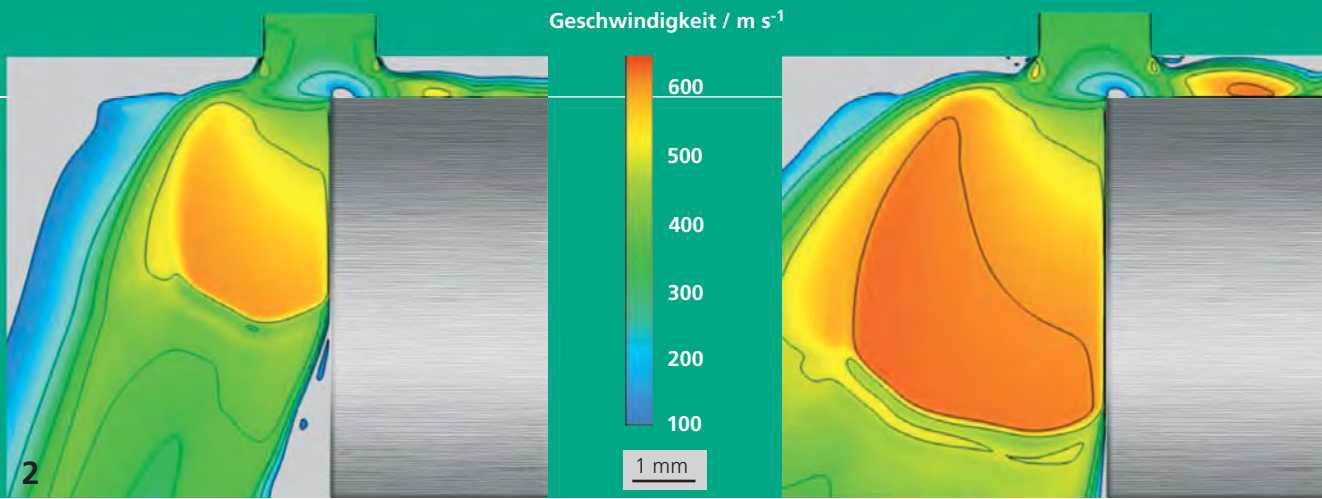
In Bezug auf die Dimensionierung, vorteilhafte Gestaltung und Anordnung der zum Einsatz kommenden strömungstechnischen Komponenten resultiert häufig eine Vielzahl praktisch relevanter Fragestellungen, um eine optimale Wirkung unter gleichzeitiger Beachtung ökonomischer Aspekte des Gaseinsatzes und –verbrauchs gewährleisten zu können.

UNSERE LÖSUNG

Für die Bearbeitung von Aufgabenstellungen, die auf einen effizienteren Einsatz von Primär- und Sekundärgasen für die Lasermaterialbearbeitung ausgerichtet sind, ist eine Charakterisierung des räumlichen und manchmal auch zeitlichen Strömungsverhaltens der Gase unabdingbar. Hierfür werden am IWS im Auftrag unserer Kunden sowie im Rahmen von öffentlich geförderten Projekten angepasste CFD-Modelle entwickelt, die eine Simulation solcher Gasströmungen unter zumeist sehr realitätsnahen Randbedingungen ermöglichen. Hierbei wird in der Regel eine hohe Vorhersagegenauigkeit sowie eine gute Übereinstimmung mit experimentellen Vergleichsergebnissen erreicht (Abb. 1). Im Gegensatz zu experimentellen Versuchsmethoden kann die Gasströmung auch in visuell nicht zugänglichen Bereichen erfasst werden.

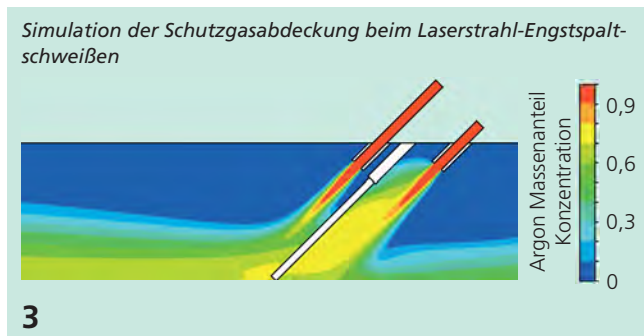
Durch Parametrisierung dieser Modelle sind häufig fundierte Parameterstudien und Sensitivitätsanalysen durchführbar, die in Verbindung mit Methoden der statistischen Versuchsplanung und –auswertung eine Identifizierung der maßgeblichen Einflussfaktoren sowie relevanter Wechselwirkungen gestatten.

Im Ergebnis dieser Untersuchungen können unmittelbar konkrete Empfehlungen abgeleitet werden, die auf konstruktive Designverbesserungen einzelner Komponenten einerseits oder zur Identifizierung optimaler Parametereinstellungen unter gegebenen Einsatzbedingungen andererseits ausgerichtet sind.

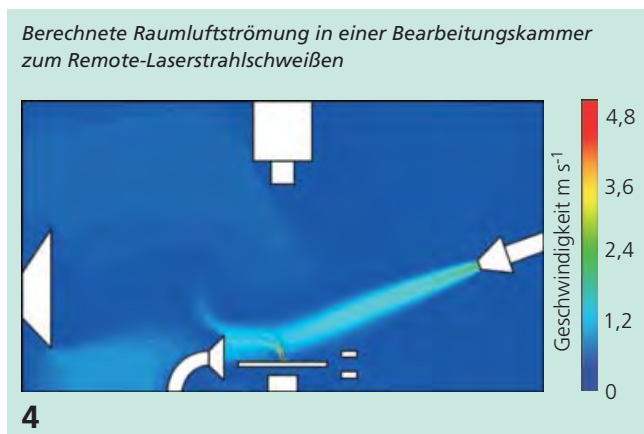


ERGEBNISSE

Entsprechend vielfältig wie die Einsatzgebiete sind auch die Modelle, die im Bereich der Gasströmungssimulation am IWS entwickelt wurden und werden. Aktuelle Aufgabenstellungen sind insbesondere auf Anwenderfragen zum Laserstrahlschweißen und –schneiden fokussiert. Beispielhaft zeigt Abbildung 3 zunächst eine berechnete Schutzgasverteilung (Argon) beim Laserstrahl-Mehrlagen-Engstspaltschweißen mit Zusatzdraht. Anhand der Simulationsergebnisse kann eine Bewertung unterschiedlicher Schutzgaszufuhrkonzepte vorgenommen werden.



Globale Raumluftrömungen werden für den Anwendungsfall des Remote-Laserstrahlschweißens simuliert. Abbildung 4 zeigt das berechnete Geschwindigkeitsfeld innerhalb einer Modellbearbeitungskammer mit lokalen und globalen Zu- und Abluftkomponenten.



Das Projekt ist darauf ausgerichtet, Konzepte einer optimierten Luftströmungsführung zu evaluieren, die einerseits störende Schweißbrauche aus dem Strahlengang des Laserstrahls eliminieren und andererseits die entstehenden Prozessemissionen gezielt in die vorhandenen Absaugvorrichtungen leiten, um eine Kontamination der Bauteile sowie der Bearbeitungsoptiken zu minimieren. Als eine besondere Herausforderung wurde die Strömungscharakteristik einzelner Komponenten erkannt. In der Regel muss diese durch Teilmodelle separat untersucht werden.

Im Bereich des Laserstrahlschneidens stehen insbesondere die Untersuchung von Düsenkonzepten, aber auch die Strömungscharakteristik von ganzen Bearbeitungsköpfen im Interesse der Anwender. Für das Laserstrahlschmelzschneiden wird hierbei als Zielgröße einer angestrebten Optimierung beispielsweise die Effizienz der Schneidgaseinkopplung in den Schnittspalt bewertet, sowie die Charakteristik der Schneidgasströmung im Schnittspalt untersucht (siehe Abb. 2).

- 1 Vergleich von experimentellen und numerischen Ergebnissen bezüglich eines Freistrahls aus einer Gasdüse. Links: experimentelle Dichteverteilung (Schlierenanalyse). Rechts: Berechnetes Strömungsfeld.
- 2 Simulation der Abhängigkeit der Schneidgasströmung vom Schneidgasdruck beim Laserstrahlschmelzschneiden (links: 5 bar, rechts: 10 bar).

KONTAKT

Dr. Achim Mahrle

+49 351 83391-3407

achim.mahrle@iws.fraunhofer.de

