

# Entwicklung einer Strahlrotationsoptik zum Hartlöten von feuerverzinkten Stahlblechen

## Development of beam rotation optics for laser soldering of hot-dip galvanized steel

Projektträger / Fördermittelgeber: AiF Projekt GmbH, Programm: ZIM – Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand des Bundesministerium für Wirtschaft und Energie  
Executing Organisation: AiF Projekt GmbH, Program: ZIM – Central Innovation Program SME of the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy

### Aufgabenstellung

Um die Kosten für Verzinkungen im Automobilbau zu senken, werden immer häufiger Feuerverzinkungen statt elektrolytische Verzinkungen angewendet. Diese Bleche können aufgrund kleiner Prozessfenster und starker Prozessschwankungen nicht mit konventionellen Laserlötprozessen gelötet werden. Ein Lösungsansatz ist die Verwendung einer Multikernfaser, bei der vor dem Hauptstrahl zwei schwächere Nebenstrahlen die Zinkschicht direkt vor dem Lötprozess an der Lötstelle entfernen (siehe linkes Bild). Die Multikernfaser stellt dabei ein nicht-rotationssymmetrisches Strahlprofil dar, welches bei der Nahtführung entsprechend rotiert werden muss, damit ein optimaler Zinkabtrag erreicht wird.

### Vorgehensweise

Eine Strahlrotation kann durch verschiedene optische Systeme erzielt werden. Möglich sind unterschiedliche Prismenanordnungen wie das Dove-Prisma oder Schmidt-Pechan-Prisma, Zylinderlinsenteleskope oder Spiegelsysteme. Im Laufe des Projekts wurde zuerst eine Evaluierung aller möglichen Rotationsmechanismen in Bezug auf ihre Dynamik, Beständigkeit, Baugröße und Komplexität durchgeführt. Aus dieser Evaluierung erfolgte die Entscheidung für eine Rotationsmethode, und mittels Raytracing-Simulation und CAD wurde ein optisches sowie mechanisches Modell erstellt.

### Ergebnisse

Als Rotationsmethode wird ein asphärisches Zylinderlinsenteleskop zum Einsatz kommen. Als Linsematerialien wurden N-SF11 und Quarzglas festgelegt. Mithilfe von ZEMAX wurden zwei Designs auf Basis dieser Materialien erstellt. Im Rahmen der Bauformvorgaben des Projektpartners SCANSONIC wurde dann ein mechanisches Design entwickelt. Das CAD-Modell ist im rechten Bild gezeigt.

### Task

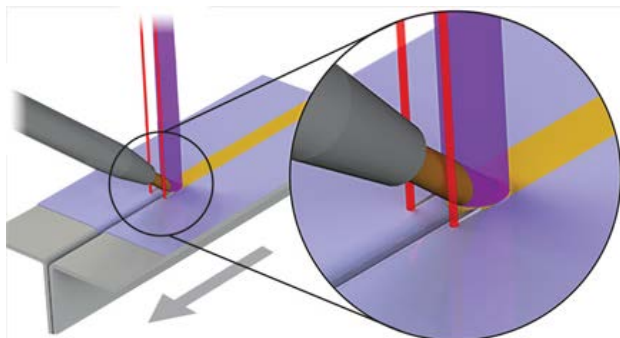
To reduce costs for zinc coating in automotive manufacturing, hot-dip galvanization rather than electrolytic galvanization is seeing increased use. These sheets cannot be easily joined by conventional laser-brazing processes due to smaller process windows and high fluctuations in the process. A solution is to use a multicore fiber laser that has a main core and two additional cores in front of the main core to emit secondary beams that ablate the zinc coating right before the soldering process (left figure). The multicore fiber results in a non-rotationally symmetric beam profile that has to be rotated to follow the direction of the soldering seam to ensure optimal zinc-ablation.

### Approach

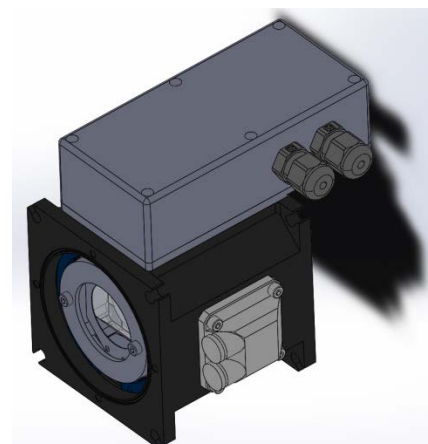
Beam rotation can be achieved via several optical systems. Possible solutions are various prism devices like dove prisms or Schmidt-Pechan prisms, cylinder lens telescopes, or mirror systems. Firstly an evaluation of all possible beam rotation mechanisms with respect to their dynamics, robustness, mechanical size and complexity was performed. From this evaluation the rotation mechanism to be used was found, and ray tracing simulations and CAD were used to generate an optical and a mechanical model.

### Results

The evaluation resulted in an aspheric cylinder lens telescope. The lens materials were set to N-SF11 and fused silica. Using ZEMAX, two lens designs based on these materials were established. According to the mechanical size restrictions provided by the project partner SCANSONIC a mechanical model was then developed. The CAD model is shown in the figure on the right.



Löten mit Trifokalfaser  
Soldering with trifocal fiber



CAD-Modell des gesamten Rotationsmoduls  
CAD model of the beam rotation module