

## Möglichkeiten der Laserstrahl-Handbearbeitung im Schiffbau

Dipl.-Ing. Ulf Jasnau, Dipl.-Phys. Jan Hoffmann, Prof. Dr.-Ing. habil Peter Seyffarth; Rostock

### 1 Einleitung

Die wachsende Akzeptanz der Lasertechnik im Schiffbau wird durch einige in letzter Zeit installierte Laserschweißanlagen deutlich. Die Meyer-Werft in Papenburg und Blohm&Voss in Hamburg haben dabei bewährte CO<sub>2</sub>-Laserquellen in komplexe Fertigungsanlagen eingebunden und nutzen die Vorteile des energiearmen Fügens für ihr Produktspektrum. Ein umfangreicher Überblick über den Einsatz des Werkzeuges Laser im maritimen Bereich wird in (1) gegeben.

Die jetzt zur Verfügung stehenden Nd:YAG-Laserquellen mit höheren Leistungen machen aber auch den Einsatz von Festkörperlaser für den Schiffbau interessant. Die Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Mecklenburg-Vorpommern GmbH ist zur Zeit an mehreren Forschungsprojekten zur Einführung von Nd:YAG-Lasertechnik im Schiffbau beteiligt. Im Rahmen eines dieser Projekte wurde auf der Kvaerner Warnow Werft in Rostock erstmalig in der Welt ein herkömmliches Schweißportal mit entsprechender Technik ausgerüstet. Die bisher erfolgten Schweißversuche mit dem Nd:YAG-Laser-MSG-Hybridschweißverfahren an diesem Portal belegen die technische Realisierbarkeit einer solchen Nachrüstung zur Nutzung der Vorteile der Festkörperlaser-technik im Schiffbau.

Der hohe Anteil manueller Tätigkeiten beim thermischen Fügen und Trennen am Produkt Schiff lässt zwangsläufig die Frage entstehen, ob auch hier das Werkzeug „Nd:YAG-Laser“ effizient eingesetzt werden kann. Die SLV Mecklenburg-Vorpommern untersucht deshalb im Verbund mit anderen Forschungseinrichtungen und Werften diese Fragestellung. Nachstehend werden einige der möglichen Einsatzgebiete von handgeführter oder handpositionierter Lasertechnik im Schiffbau dargestellt.

### 2 Fixieren von Einzelteilen

In der schiffbaulichen Montage spielt das Fixieren von Einzelteilen und Baugruppen zueinander in Vorbereitung des Schweißens der endgültigen Verbindungen eine große Rolle. Hauptsächlich werden dazu Heftstellen in hoher Anzahl mit dem Lichtbogenhandschweißen oder dem MSG-Schweißen hergestellt. Die Heftstellen werden dann nachfolgend meist überschweißt. Dies ist mit dem heute üblichen Schweißverfahren wie z.B. dem MSG-Schweißen bei den im Vergleich zu laserbasierten Verfahren relativ niedrigen Schweißgeschwindigkeiten möglich.

Bei der Ausrüstung von schiffbaulichen Fertigungsanlagen wie Schweißportalen oder auch Robotern mit festkörperlaserbasierter Hybridschweißtechnik ist zu beachten, dass das Überschweißen einer mit einem konventionellen Lichtbogenschweißverfahren hergestellten Heftstelle z.B. mit dem Laser-MSG-Hybridschweißen nicht ohne weiteres möglich ist.

Bei der Bearbeitung ebener Baugruppen wie z.B. dem Aufsetzen von Profilen auf ein Plattenfeld kann man das Fixieren der Teile zueinander noch durch aufwendige, teilweise mitbewegte Spanntechnik ohne Heftschweißungen lösen. Auch ein Anbringen von Heftstellen mit dem laserbasierten Verfahren selbst, verbunden mit einer Heftstellenerkennung und Parameteranpassung

beim nachfolgenden Schweißen ist hier denkbar (Bild 1). Die Ausbildung einer durchgehenden Nahtwurzel an Beginn und Ende der Heftstelle setzt hier die Optimierung der Parameter für das Schweißen der Heftstelle selbst und der anzupassenden Parameter beim Überschweißen voraus. Auch die Formung der Obernaht im Bereich der Heftstelle macht eine Parameteranpassung erforderlich.

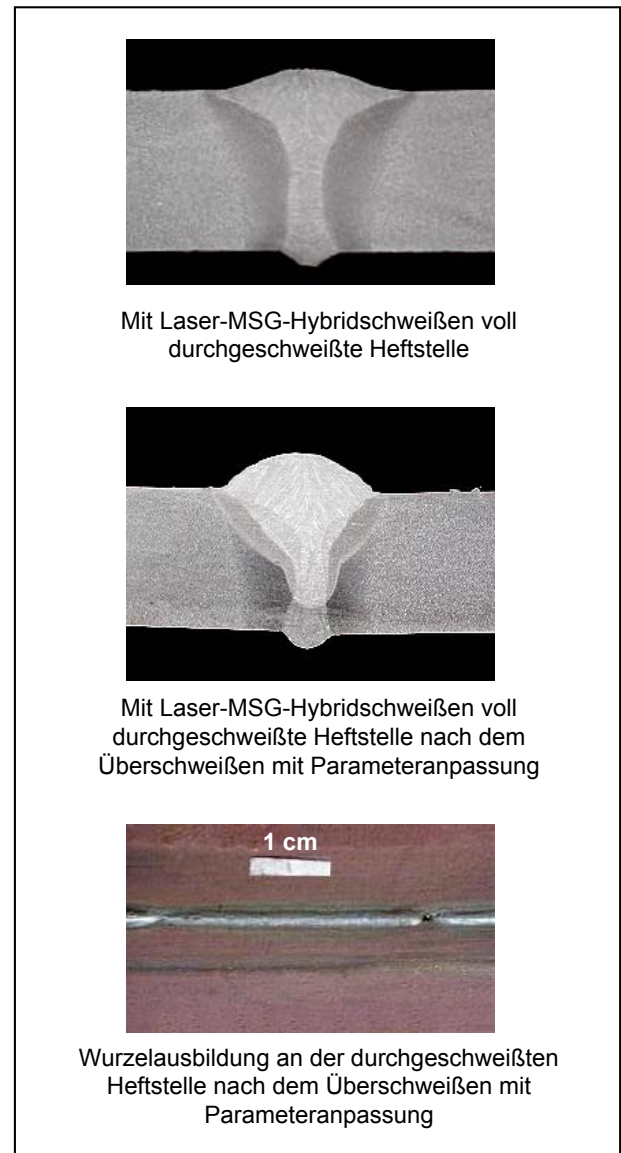


Bild 1: Beispiel für das Überschweißen einer voll durchgeschweißten Heftstelle (Baustahl S235, 5 mm dick)

Bei der Montage dreidimensionaler Baugruppen im Schiffbau kann das Fixieren der Einzelteile nur in wenigen Fällen durch Spannvorrichtungen realisiert werden. Die für das endgültige Schweißen der Verbindungen an solchen Baugruppen eingesetzten Roboter oder Traktoren können durch die Trennung der entsprechenden Arbeitsstationen nicht für die Herstellung von Heftstellen

### 3. Kolloquium Laserstrahl-Handbearbeitung, Halle, 28.11.2002; Beitrag der SLV M-V

während der Montage eingesetzt werden. Hier ist das manuelle Schweißen der Heftstellen notwendig (Bild 2).



Bild 2: MSG-geschweißte Heftstellen in einem auszuschweißenden Fach einer Sektion

Die für das Ausschweißen solcher oben offener Sektionen heute meist eingesetzten Roboter (Bild 3) sind für eine Nachrüstung mit Laserschweißtechnik geradezu prädestiniert.

Will man die Vorteile des Laser- bzw. des Laserhybrid-schweißens auch für das endgültige Verbinden solcher Baugruppen nutzen, sind u.a. Möglichkeiten zum Ersatz der bisher üblichen Heftschweißungen aufzuzeigen. Hier bieten sich handgeführte oder handpositionierte Laserbearbeitungsgeräte an.

Unter Beibehaltung der Flexibilität manuellen Schweißens ist es denkbar, in der Montage Heftstellen zu erzeugen, die auf Grund ihrer Geometrie mit laserbasierten Verfahren später überschweißt werden können. Insbesondere an T-Stößen, der häufigsten Stoßart im Schiffbau, wird deutlich, welche Vorteile eine mit dem Laser hergestellte Heftstelle gegenüber einer mit dem MSG-Verfahren hergestellten für das Überschweißen aufweist (Bild 4).

Der fehlende Eintrag von Zusatzwerkstoff beim Laserschweißen lässt keine herkömmliche Kehlnaht entstehen. Insofern sind Parameteranpassungen beim späteren Überschweißen nicht notwendig

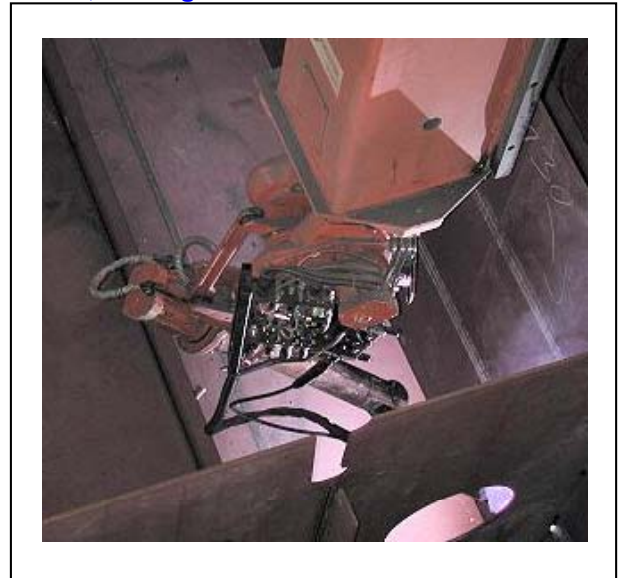


Bild 3: Roboter beim Ausschweißen eines Faches in einer Sektion

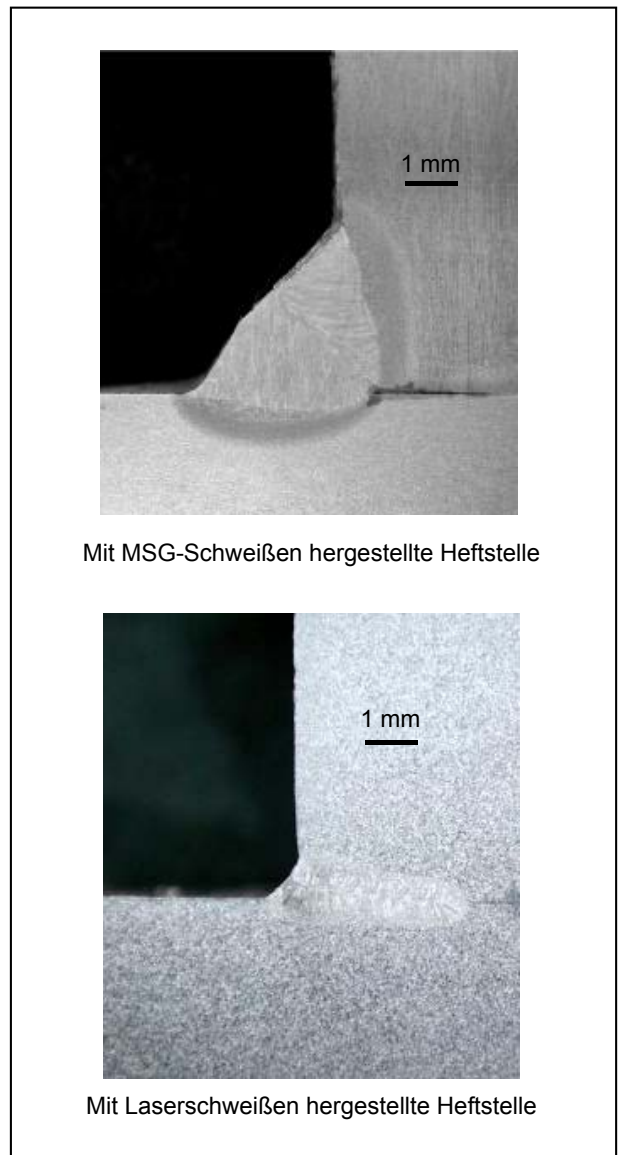


Bild 4: Beispiel für mit verschiedenen Verfahren hergestellte Heftstellen

### 3. Kolloquium Laserstrahl-Handbearbeitung, Halle, 28.11.2002; Beitrag der SLV M-V

Neben den Aspekten des Arbeits- und Gesundheitsschutzes bei der Arbeit mit Laserstrahlung an dreidimensionalen Baugruppen sind bis zu einer möglichen Anwendung der Laserstrahl-Handbearbeitung zum Fixieren von Bauteilen weitere Gesichtspunkte zu betrachten.

Die Geometrie einer lasergeschweißten Heftstelle wird neben der Überschweißbarkeit durch ihre notwendige Tragfähigkeit festgelegt. Länge, Einschweißtiefe und Anzahl von Heftstellen müssen daher hinsichtlich der im weiteren Montageprozess auftretenden Beanspruchungen festgelegt werden. Dabei sind sowohl die aus Transportprozessen resultierenden Beanspruchungen als auch die sich aus dem weiteren Verbindungsschweißen ergebenden Beanspruchungen zu berücksichtigen.

#### 3 Schweißen in der Ausrüstung

Nicht nur in der Baugruppen- und Sektionsfertigung im Schiffbau kommt der Energieminimierung beim thermischen Fügen eine große Bedeutung zu. Auch nach Abschluss der eigentlichen stahlbaulichen Arbeiten am Schiff in der Ausrüstungsphase ist die thermische Beeinflussung möglichst gering zu halten. Hier sind neben eventuell entstehenden Verformungen bei der Montage von Anbauteilen auch Aspekte des Brandschutzes und der möglichen Beschädigung bereits montierter Komponenten zu beachten (Bild 5).



*Bild 5: Beispiel für einen Bereich mit Dämmung, in dem beim nachträglichen Schweißen besondere Vorsicht geboten ist*

Insbesondere die Änderung des Produktspektrums der Werften hin zu ausrüstungsintensiven Schiffen wie Passagier- oder Marineschiffen und Personenfähren erfordert neue Methoden bei den Montagearbeiten an Bord. Der hohe Anteil an vorgefertigten Elementen wie z.B. kompletten Kabinen und Bädern bedingt sowohl bei als auch nach deren Einbau besondere Vorsicht, um diese Ausrüstungselemente nicht durch andere Arbeiten zu beschädigen. Ist hier das Schweißen unabdingbar, so ist die Umgebung der Schweißstelle so wenig wie möglich durch die verwendete Energiequelle zu beeinflussen.

Die in Bild 6 und Bild 7 dargestellten Beispiele machen den hohen Nacharbeitsaufwand bei Nutzung herkömmlicher Schweißverfahren (hier MSG-Verfahren) deutlich.



*Bild 6: Nachträglich angeschweißte Rohrhalter auf bereits endkonservierter Wand*



*Bild 7: Nachträglich eingeschweißter Türrahmen auf bereits endkonservierter Wand*

Handgeführte Laserbearbeitungsköpfe bieten sich hier an, um die mit dem Laser verbundene geringe Energieeinbringung zu nutzen. Nicht nur während des Bearbeitungsprozesses selbst wird weniger Energie eingetragen.

### 3. Kolloquium Laserstrahl-Handbearbeitung, Halle, 28.11.2002; Beitrag der SLV M-V

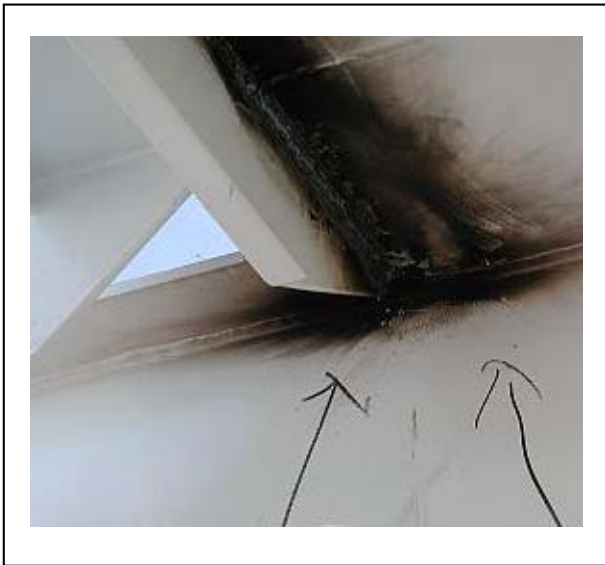
Durch die Absicherung des Laserkopfes gegenüber unbeabsichtigtem „Zünden“ des Strahles sind Beeinflussungen der Umgebung, wie sie z.B. bei Nutzung von autogenen Schweißbrennern durch Unachtsamkeiten des Bedieners möglich sind, nahezu ausgeschlossen.

#### 4 Schneiden in Ausrüstung und Reparatur

Prinzipiell können für das Schneiden in Ausrüstung und Reparatur die gleichen Fakten wie für das Schweißen in diesen Bereichen angeführt werden.

Die im Schiffbau in der Ausrüstungsphase wiederholt auftretenden konstruktiven Änderungen oder notwendige Anpassungen machen auch das thermische Trennen immer wieder erforderlich.

Die thermische Beeinflussung und Schädigung der Umgebung der oft mit dem autogenen Schneidbrenner durchgeführten Arbeiten nimmt bei Arbeiten an bereits endkonservierten Teilen beachtliche Ausmaße an (Bild 8).



*Bild 8: Mit dem Autogenbrenner freigeschnittener und danach MSG-geschweißter Bereich an einem endkonservierten Niedergang*



*Bild 9: nachträglich in der Ausrüstungsphase eingebrachte Öffnung*

Auch das nachträgliche Einbringen von Öffnungen und Freischnitten in die stahlbauliche Struktur (Bild 9) ist ein häufiger Arbeitsvorgang in der Ausrüstungsphase.

Die Lasertechnik bietet hier neben dem Vorteil geringerer Umgebungsbeeinflussung auch den Vorteil geringerer Emissionen durch kleinere Schneidspalte. Die Verschmutzung des Arbeitsbereiches durch Spritzer und Schlacken wird minimiert, ein klarer Vorzug insbesondere bei bereits mit hochwertigen Materialien vorausgerüsteten Kabinen und Badzellen, sowie Zellen mit einem großen Anteil an elektronischen Komponenten.

#### 5 Zusammenfassung

Aus Sicht der Verfasser besteht auch im Schiffbau ein großes Anwendungspotenzial für die Laserstrahl-Handbearbeitung. Auch in den bisher durch die klassischen manuellen Füge- und Trenntechniken beherrschten Arbeitsbereichen ist der Einsatz von Lasertechnik prinzipiell denkbar und mit Vorteilen verbunden.

Mit dem weitergehenden Einsatz von laserbasierter Füge- und Trenntechnik in den Bereichen der Bauteil- und Sektionsfertigung und den dann zur Verfügung stehenden verschiedenen Laserquellen sowie geschultem und erfahrenem Personal wird auf den Werften auch eine darüber hinausgehende Verwendung von Lasertechnik in den Blickpunkt geraten. Aufgabe von Forschungseinrichtungen ist es daher, bereits im Vorfeld eines dauerhaften Einsatzes der Lasertechnik in den genannten Bereichen Überlegungen für die effiziente Nutzung anzustellen und Voruntersuchungen durchzuführen.

Neben der technischen Realisierbarkeit des Lasereinsatzes betrifft dies natürlich sehr stark die Aspekte des Arbeits- und Gesundheitsschutzes beim Umgang mit Laserstrahlung, insbesondere bei Anwendung von Strahlung der Nd:YAG- und Diodenlaserquellen.

Mit den genannten Problemen beschäftigt sich die SLV Mecklenburg-Vorpommern in zwei laufenden Forschungsprojekten. Neben der Beteiligung an einem Verbundprojekt im Rahmen der Inno-Regio Initiative des BMBF ([www.virkom.de](http://www.virkom.de)) ist mit weiteren Partnern ein Forschungskonsortium ([www.docklaser.com](http://www.docklaser.com)) gebildet worden, das gezielt auf einen stärkeren Lasereinsatz im Bereich der Dockmontage und Ausrüstung im Schiffbau orientiert. Zusammensetzung und Inhalt der genannten Projekte können den aufgeführten Web-Seiten entnommen werden.

#### 6 Schrifttum

- (1) Seyffarth, P.: Anwendungen von Laserstrahltechnologien für große Bauteile des Schiffbaus und der maritimen Technik; Laseranwenderforum, Bremen, 12.-13.09.2002