



## **Mobile Laser im Dockeinsatz**

U. Jasnau, P. Seyffarth

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Mecklenburg-Vorpommern GmbH,  
Rostock/Germany

Veröffentlicht im Tagungsband (ISBN 3-8322-2840-3)

**„9. Internationales Aachener Schweißtechnik Kolloquium“**

29.-30.06.2004

Fügen im Fahrzeugbau – Verfahren, Fortschritte, Anwendungen

## **Mobile Laser im Docksinsatz**

### ***Mobile Lasers in Dock Area***

U. Jasnau, P. Seyffarth

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Mecklenburg-Vorpommern GmbH,

Rostock/Germany

#### **Zusammenfassung**

*Aus Sicht der Verfasser besteht im Schiffbau nicht nur ein großes Anwendungspotenzial für die Lasertechnik an stationären Bearbeitungsanlagen, sondern darüber hinaus auch für den Einsatz mobiler Laserschweiß- und Schneidtechnik in verschiedenen Fertigungsstufen. Auch in den bisher durch die klassischen manuellen Füge- und Trenntechniken beherrschten Arbeitsbereichen ist der Einsatz von Lasertechnik möglich und mit Vorteilen verbunden. Die grundlegenden technischen Voraussetzungen für den Lasereinsatz in den genannten Bereichen sind bereits vorhanden bzw. werden in naher Zukunft geschaffen. Dies sollte helfen, noch bestehende Vorurteile abzubauen und neben den technischen Voraussetzungen auch verstärkt ganzheitliche Konzeptionen für den Einsatz solcher innovativen Technologien zu erarbeiten.*

#### **1. Einleitung**

Die wachsende Akzeptanz der Lasertechnik im Schiffbau wird durch einige in den vergangenen Jahren 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 einen Teil des Produktes Schiff. 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 auch den Einsatz von Festkörperlasern für den Schiffbau interessant. Die Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Mecklenburg-Vorpommern GmbH war und ist an mehreren Forschungsprojekten zur Einführung von Nd:YAG-Lasertechnik im Schiffbau beteiligt. Im Rahmen eines dieser Projekte wurde auf der Aker 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 Festkörper-Lasertechnik im Schiffbau und haben die Aker Warnow Werft zur Übernahme des Verfahrens in die Fertigung im Laufe des Jahres

2004 veranlasst.

Der hohe Anteil manueller und mechanisierter Tätigkeiten beim thermischen Fügen und Trennen am Produkt Schiff lässt zwangsläufig die Frage entstehen, ob auch hier das Werkzeug „Festkörperlaser“ effizient eingesetzt werden kann. Zur Untersuchung dieser Fragestellung begann im Jahr 2002 das europäische Forschungsprojekt „Dock-Laser“ ([www.docklaser.com](http://www.docklaser.com)), in dem ein Konsortium aus Endanwendern, Entwicklern und Zulassungsinstitutionen unter Beteiligung der SLV Mecklenburg-Vorpommern den Einsatz des Festkörperlasers in weiteren Bereichen der schiffbaulichen Fertigung vorantreiben will. Nachstehend werden die Schwerpunkte des Projektes mit ersten Ergebnissen kurz vorgestellt.

## 2. Das Konsortium „Dock-Laser“

Das Akronym „Dock-Laser“ steht für das im 5. Rahmenprogramm der EU geförderte Forschungsprojekt: “Increasing Efficiency and Quality in Shipbuilding and Shiprepair by Developing Mobile Laser Equipment for Dock – Area”. Das Konsortium des Projektes besteht aus den folgenden Partnern:

- Meyer-Werft Papenburg, Deutschland
- Werftenverbund IZAR, Spanien
- FRONIUS International, Österreich
- Intelligent Welding Automation, Dänemark
- Mobil Laser Tec, Deutschland
- SLV Halle, Deutschland
- SLV Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland
- Vyskumny Ustav Zvaracski, Slowakei
- FORCE Technology, Dänemark
- Det Norske Veritas, Norwegen
- Center of Maritime Technologies, Deutschland
- BALance Technology Consulting, Deutschland

### **3. Das Werkzeug zum Werkstück bringen – mobile Geräteträger für den Einsatz des Lasers im Schiffbau**

Die durch den Festkörperlaser mögliche Flexibilität bei der Strahlübertragung ermöglicht sowohl im Schiffbau als auch in anderen Branchen eine höhere Mobilität des Werkzeuges Laser. Wie mit der vorhandenen schweißtechnischen Ausstattung der Industrie heute üblich, kann damit das Werkzeug zum Werkstück gebracht werden und unabhängig vom Bearbeitungsraum stationärer Anlagen zum Einsatz kommen. Schwerpunkt des Projektes „Dock-Laser“ ist deshalb die Entwicklung von geeigneter Handhabungstechnik, um den Anspruch des „zum Werkstück Bringens“ erfüllen zu können. Die Mobilisierung einer herkömmlichen lampengepumpten Laserquelle mit 4 kW Ausgangsleistung ist als notwendige Voraussetzung für die geplanten praktischen Erprobungen auf den beteiligten Werften anzusehen.

Für alle zu entwickelnden Geräte und Technologien wurden von vornherein umfangreiche praktische Erprobungen vorgesehen, sowohl in der Laborumgebung der jeweiligen Entwickler als auch zusammengefasst in einem Versuchsfeld am Standort Rostock. An die dort stattfindende Erprobung der gesamten Ausrüstung schließt sich die Testphase auf den beteiligten Werften unter realen Bedingungen mit realen Aufgabenstellungen aus der Fertigung an.

#### **3.1. Mobile Laserstrahlquelle – Voraussetzung für die praktische Erprobung der Anwendungen**

Die Mobilisierung von Hochleistungslaserquellen ist bereits mit verschiedenen Laserquellen durchgeführt worden.

So wurde beispielsweise vor einigen Jahren in Europa ein seegehender Rohrverleger mit einem 12 kW-CO<sub>2</sub>-Laser und einer entsprechenden Anlage zum Schweißen von auf dem Meeresgrund zu verlegenden Rohren ausgerüstet.

In den USA wurde im Rahmen eines Entwicklungsprojektes der U.S. Army ein 500 Watt – Nd:YAG-Laser auf einem Transportfahrzeug „HMMWV-Hummer“ mobilisiert. Dieses so genannte ZEUS-System dient der Zerstörung bzw. dem Unschädlichmachen von nicht detonierten Landminen und Artilleriegeschossen. Das System wurde nach Angaben der U.S. Army bereits 1999 erfolgreich getestet [4].

Am Fraunhofer Institut für Werkstofftechnik in Dortmund wurde eine 4 kW Nd:YAG-Laserstrahlquelle mobilisiert, um Verfahrensentwicklungen direkt beim Kunden vornehmen zu können [5].

Um den Anforderungen der Werften im Projekt „Dock-Laser“ gerecht zu werden, wurde hier ein Laser vom Typ HL 4006 D der Firma Trumpf mit kompletter Rückkühltechnik in einen klimatisierbaren 40 Fuß – Standardcontainer eingebaut. Damit ist sowohl der Straßentransport zwischen den Standorten der Partner als auch der innerbetriebliche Transport auf den Werften sowie der Betrieb des Lasers unter verschiedenen klimatischen Bedingungen relativ problemlos zu bewältigen.

### 3.2. Laser-MSG-Hybridschweißen mit einem Schweißtraktor

Unter Beteiligung verschiedener Partner wird ein Schweißtraktor für das Laser-MSG-Hybridschweißen entwickelt. Ausgelegt wird dieser Traktor für das Schweißen von Stumpf- und T- Stößen. Die für das Hybridschweißen notwendige Genauigkeit zur Naht wird durch ein geeignetes Nahtfolgesystem realisiert. Vor dem Einsatz auf mehreren europäischen Werften wird der im Projektzeitraum zu qualifizierende Prototyp im Zeitraum Dezember 2003 bis August 2004 durch das Konsortium am Standort Rostock erprobt. Die Darstellung eines Prototyps ist Bild 1 zu entnehmen.

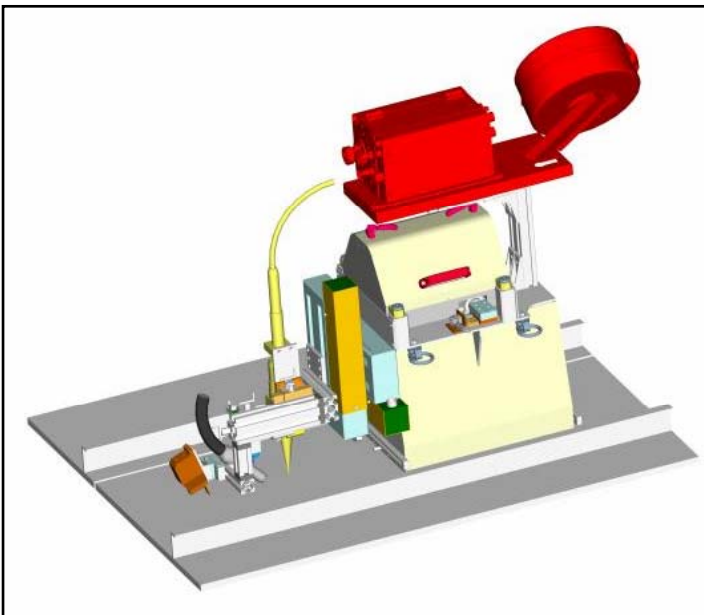


Bild 1: 3D-Darstellung eines Traktor-Prototyps für das Laser-MSG-Hybridschweißen

### 3.3. Fixieren von Einzelteilen zur Vorbereitung des Hybridschweißens im Schiffbau mit handpositionierbarem Laserheftschweißgerät

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

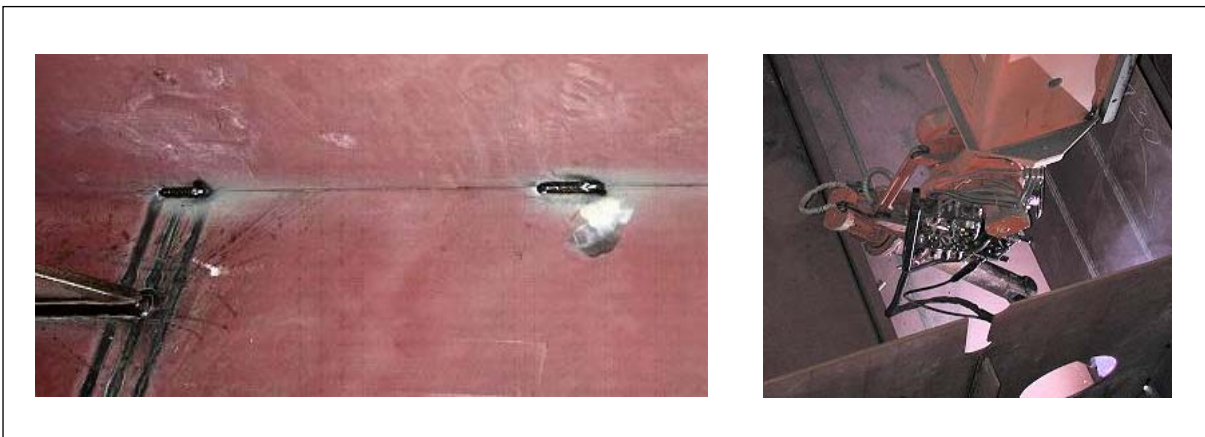


Bild 2: links: MSG-geschweißte Heftstellen in einem Fach einer Sektion;

rechts: Roboter beim Ausschweißen eines Faches in einer Sektion

Die für das Ausschweißen solcher oben offener Sektionen heute meist eingesetzten Roboter (Bild 2, rechts) sind für eine Nachrüstung mit Laserschweißtechnik geradezu prädestiniert. Will man die Vorteile des Laser- bzw. des Laserhybridschweißens auch für das endgültige Verbinden solcher Baugruppen nutzen, sind u.a. Möglichkeiten zum Ersatz der bisher üblichen Heftscheidungen 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 hergestell-

ten für das Überschweißen aufweist (Bild 3). Der fehlende Eintrag von Zusatzwerkstoff beim Laserschweißen lässt keine herkömmliche Kehlnaht entstehen. Insofern sind Parameteranpassungen beim späteren Überschweißen nicht notwendig.

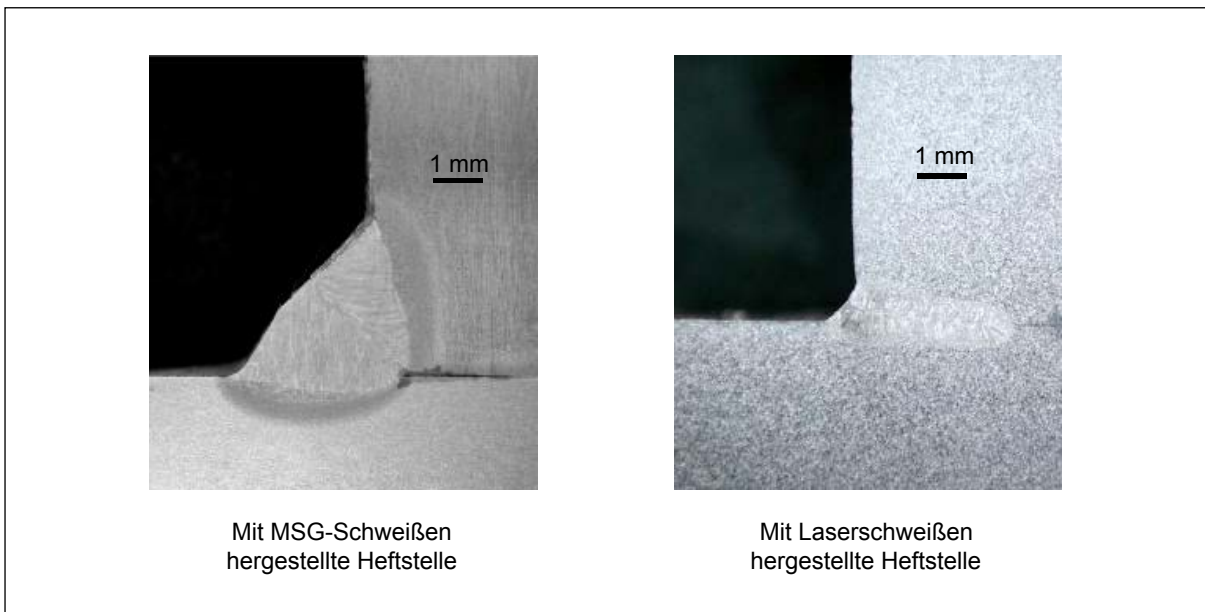


Bild 3: Beispiele für mit verschiedenen Verfahren hergestellte Heftstellen

Im Projekt „Dock-Laser“ wird ein manuell zu positionierendes Laserheftsweißgerät entwickelt, das gleichermaßen zum Heften von Stumpfstößen und von T-Stößen eingesetzt werden soll.

### 3.4. Schweißen und Schneiden mit manuell geführtem Bearbeitungskopf

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 4).

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.



Bild 4: Beispiel für einen Bereich mit montiertem Dämmmaterial, in dem beim nachträglichen Schweißen besondere Vorsicht geboten ist

Die in Bild 5 dargestellten Beispiele machen den hohen Nacharbeitsaufwand bei Nutzung herkömmlicher Schweißverfahren (hier MSG-Verfahren) deutlich.



Bild 5: links: Nachträglich angeschweißte Rohrhalter auf bereits endkonservierter Wand; rechts: Nachträglich eingeschweißter Türrahmen auf 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. 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.

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. Auch das nachträgliche Einbringen von Öffnungen und Freischnitten in die stahlbauliche Struktur ist ein häufiger Arbeitsvorgang in der Ausrüstungsphase (Bild 6).

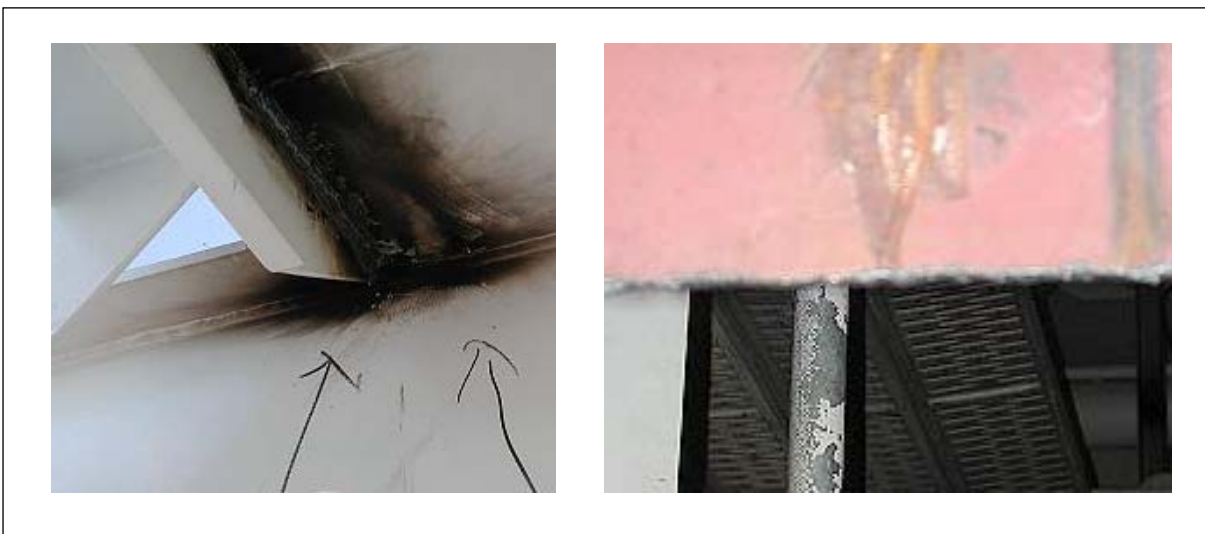


Bild 6: links: Mit dem Autogenbrenner freigeschnittener und danach MSG-geschweißter Bereich an einem endkonservierten Niedergang  
rechts: Nachträglich in der Ausrüstungsphase eingebrachte Öffnung

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, sowie Zellen mit einem großen Anteil an elektronischen Komponenten.

Handgeführte Laserbearbeitungsköpfe für höhere Laserleistungen ( $>1$  kW) werden erst seit einiger Zeit z.B. in der Prototypenfertigung im Automobilbau eingesetzt. An der SLV M-V wurde im Jahr 2003 ein solcher Bearbeitungskopf für das Schweißen mit Laserleistungen bis zu 3 kW angeschafft (Bild 7).

Die bisherigen Ergebnisse lassen einen Einsatz solcher Geräte im Schiffbau durchaus realistisch erscheinen. Trotz begrenzter Laserleistung können Bleche von bis zu 5 mm

Dicke in hoher Qualität gefügt werden (Bild 8). Die gegenwärtig realisierten Einschweißstiefen und Obernahtbreiten bei Einschweißversuchen zeigt Bild 9.



Bild 7: Arbeit mit handgeführtem Laserschweißkopf an der SLV M-V

Die sehr geringe thermische Beeinflussung der Nahtumgebung beim handgeführten Laserstrahlschweißen im Vergleich mit einem Lichtbogenverfahren (Fertigungsbeschichtung bzw. Endkonservierung bleibt nahezu erhalten) spricht insbesondere für den Einsatz dieses Verfahrens beim Schweißen von Anbauteilen im Ausrüstungsbereich.

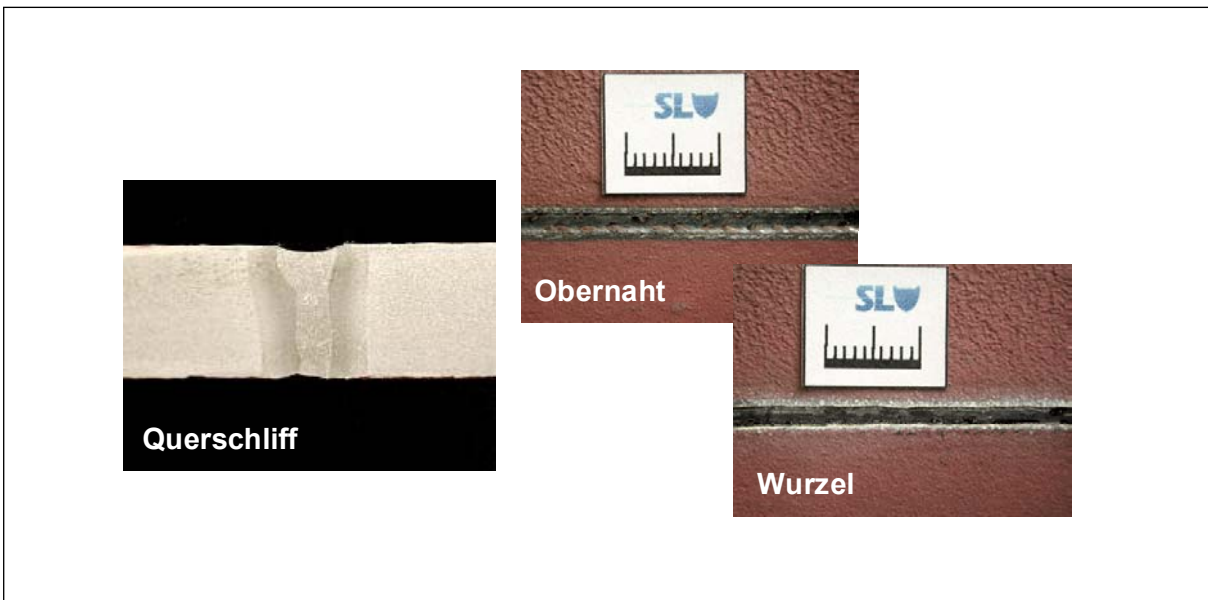


Bild 8: Beispiel für eine Verbindungsschweißung (I-Naht, Werkstoff S235,  $t=5\text{mm}$ , Laserleistung ca. 2,5 kW, Schweißgeschwindigkeit 0,6 m/min)

Die Erfahrungen zeigen, dass die richtige Handhabung des Bearbeitungskopfes eine Vor-

aussetzung für gute Ergebnisse darstellt. Genau wie beim Handschweißen mit abschmelzender oder nichtabschmelzender Elektrode sind die Fähigkeiten und Fertigkeiten des Schweißers wesentliche Grundlage für eine hohe Qualität. Das Üben der Handfertigkeiten wird daher vor und während des Verfahrenseinsatzes wie bisher einen hohen Stellenwert haben.

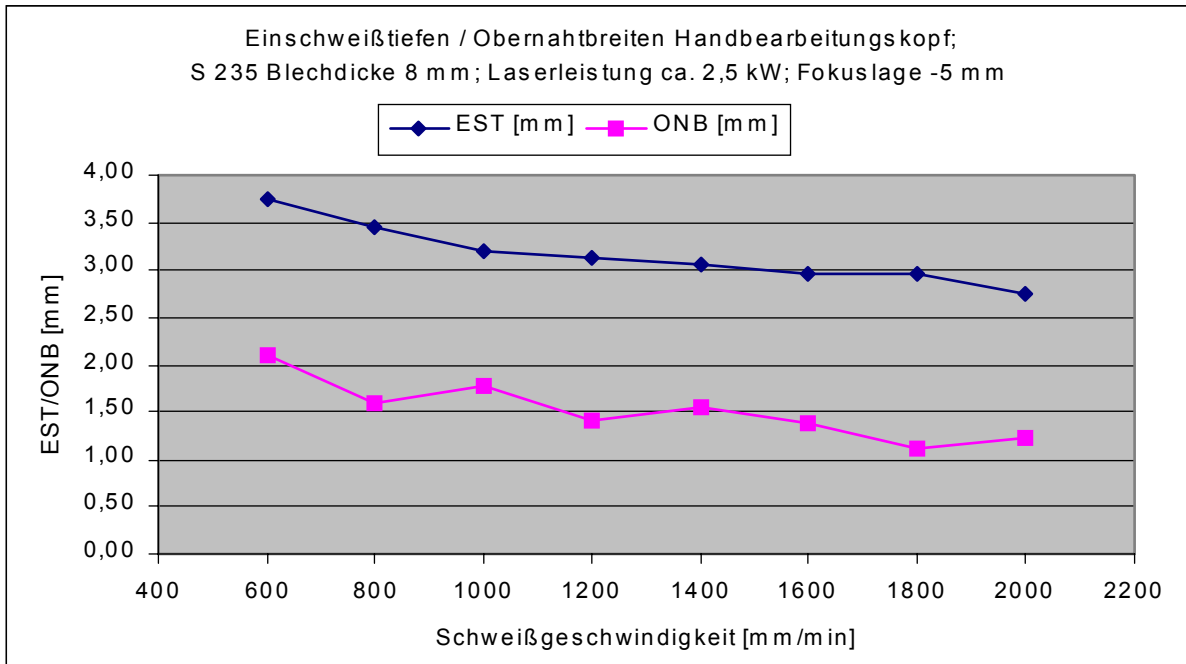


Bild 9: Ergebnisse von Versuchen mit handgeführtem Laserschweißkopf an der SLV M-V

Bisher wurde das handgeführte Laserstrahlschweißen ohne Zusatzwerkstoff durchgeführt. Im Laufe des Projektes „Dock-Laser“ wird der Handbearbeitungskopf auch um eine Kalt-drahtzufuhr ergänzt, so dass die Anwendungsgebiete noch erweitert werden können.

Neben dem Bearbeitungskopf für das Schweißen wird ein manuell zu führender Bearbeitungskopf für das Schneiden der relevanten Blechdicken entwickelt.

Nach dem voraussichtlichen Ende der Erprobungsphase der Gerätetechnik am Standort Rostock und der damit verbundenen Technologieentwicklung wird die gesamte Ausrüstung zunächst auf einer spanischen Werft zum Einsatz kommen. Danach erfolgt der Transport zurück nach Deutschland auf die Meyer Werft in Papenburg. Beide Werften haben unterschiedliche Applikationsfälle für die Gerätetechnik formuliert, so dass an jedem Standort andere Aufgaben zu lösen sind. Die Inbetriebnahme und Nutzung auf den Werften wird deshalb durch alle beteiligten Partner, insbesondere die Geräte- und Technologieentwickler intensiv begleitet werden.

#### 4. Literatur

- [1] Seyffarth, P.:  
Anwendungen von Laserstrahltechnologien für große Bauteile des Schiffbaus und der maritimen Technik;  
Laseranwenderforum, Bremen, 12.-13.09.2002
- [2] Jasnau, U.; Seyffarth, P.; Hoffmann, J.:  
Möglichkeiten der Laserstrahl-Handbearbeitung im Schiffbau;  
3. Kolloquium Laserstrahl-Handbearbeitung, Halle, 28.11.2002
- [3] Jasnau, U.; Seyffarth, P.:  
Ausrüstung von schweißtechnischen Geräteträgern mit Festkörperlasern im Schiffbau und anderen Industriezweigen;  
7. Schiffbautag Mecklenburg-Vorpommern, Rostock, 29. Oktober 2003
- [4] Deason, Hofer:  
<http://www.zeus.sparta.com/office.html> : "ZEUS System for UXO and Landmine Clearance";  
Huntsville AL, USA 2002
- [5] N.N.:  
<http://www.iws.fraunhofer.de/dortmund.html> ,  
Dortmund 2003