GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

BETREUT VON

DVS

AiF
Ideen eine Zukunft geben

3. Kurzbericht zum AIF-Forschungsvorhaben AiF-Nr. 15.775 N, DVS-Nr. Q 6.008

Thema: Emissionskennzahlen und umweltrelevante Kosten beim Laserstrahlfügen
Laufzeit des Vorhabens: 1.9.2008 bis 28.2.2010
Berichtszeitraum: 11.2009 bis 02.2010

1.) Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Der zunehmende Einsatz von Lasern als Fügewerkzeug lässt sich an den jährlichen Zuwachsraten des Weltmarktes für Laseranlagen (Bereich „Makro-Bearbeitung“) von mehr als 10% dokumentieren. In der Branche des Laserstrahlfügens lastet auf klein- und mittelständischen Unternehmen ein hoher Kostendruck aufgrund des zunehmenden globalen Wettbewerbs in der Metallbearbeitung. Beim hochautomatisierten Laserstrahlfügen sind zur Senkung der Produktionskosten nur noch geringe Spielräume vorhanden. Hierzu zählen die indirekten Fertigungskosten wie z.B. Entsorgung von Prozessnebenprodukten. Diese Daten liegen insbesondere für das Laserstrahlfügen unterschiedlicher metallischer Werkstoffe nicht vor. Insbesondere der Beurteilung anhand „verfahrens- und stoffspezifischer Kriterien (VSK)“ kommt eine entscheidende Bedeutung zu.

Für die Entwicklung einer Methodik zur umweltrelevanten Bewertung fehlen dazu systematische, im Abluftstrom von Laserkabinen (Portalsysteme, Roboter, Remote-Systeme) in praxisrelevanten Prozessfenstern durchgeführte Untersuchungen zur Ableitung von Emissionskennzahlen. Aus den ermittelten Quellstärken mit Bezug zu den in der TA-Luft genannten relevanten Grenzmassenströmen (mg/s bzw. g/h) lassen sich in einem weiteren Schritt die spezifischen Prozesskennparameter (mg/m) mit Bezug zu den emissionsrelevanten Kosten (€/m bzw. €/h) bestimmen.

2.) Forschungsziel / Lösungsweg

Ziel des Projektes ist die Ermittlung und Bereitstellung von spezifischen Emissionskennzahlen in Abhängigkeit von den Werkstoffen und leistungsführenden Parametern beim Laserstrahlschweißen und -löten durch Messungen im Abluftstrom (Erfassungsluft, Abluft, Reinluft) von Laserkabinen.

Beim Laserstrahlfügen kommen etablierte Messverfahren bis jetzt nur vereinzelt und nicht in der erforderlichen Vielfalt zum Einsatz. Die zu bestimmenden Kennzahlen und Ergebnisse sollen in Abhängigkeit des Prozessfensters zur technischen und wirtschaftlichen Skalierung der gesetzlich vorgeschriebenen Maßnahmen zum Umweltschutz als interaktive Datenbank elektronisch aufbereitet werden und dauerhaft kostenlos zur Verfügung stehen (LZH-

Homepage, Link oder Mirror auf der DVS-Homepage) und u.a. zur Auswahl von Schutzmaßnahmen (hier Erfassungs- und Abluftreinigungssysteme) dienen.

An Laseranlagen am LZH und in Praxisversuchen an typischen Anlagen ausgewählter Betriebe aus den Branchen Medizintechnik, Luftfahrt, Filtertechnik, Anlagenbau, Systemintegration, Apparatebau und Automobilindustrie sollen verschiedene Blechwerkstoffe lasergeschweißt und -gelötet werden. Aus der Vielzahl möglicher Werkstoffe und Kombinationen werden für die Untersuchungen solche ausgewählt, die von kmU vorwiegend eingesetzt werden: Stahlblech (verzinkt, unverzinkt und geölt) und CrNi-Stahl. Dabei soll der Bereich praxisrelevanter Prozessparameter berücksichtigt werden.

Die Daten der Ergebnismatrizen bilden die Basis für die Kalkulation von Emissionskennzahlen (Interpolation/Extrapolation in abgesicherten Grenzen), die für die umweltrelevanten Kosten bestimmend sind. Die entstehende Datenmatrix wird entsprechend aufgearbeitet, so dass sie in die bestehende Internet-Datenbank „Lasersicherheit“ integriert werden kann.

3.) Ergebnisstand

In den drei vorangegangenen Messkampagnen wurden verzinkte Bleche und Edelstähle mittels Laser bearbeitet und die Emissionen erfolgreich in Hinblick auf umweltrelevante Kosten bewertet. Abbildung 1 zeigt Proben aus diesen Praxisversuchen.

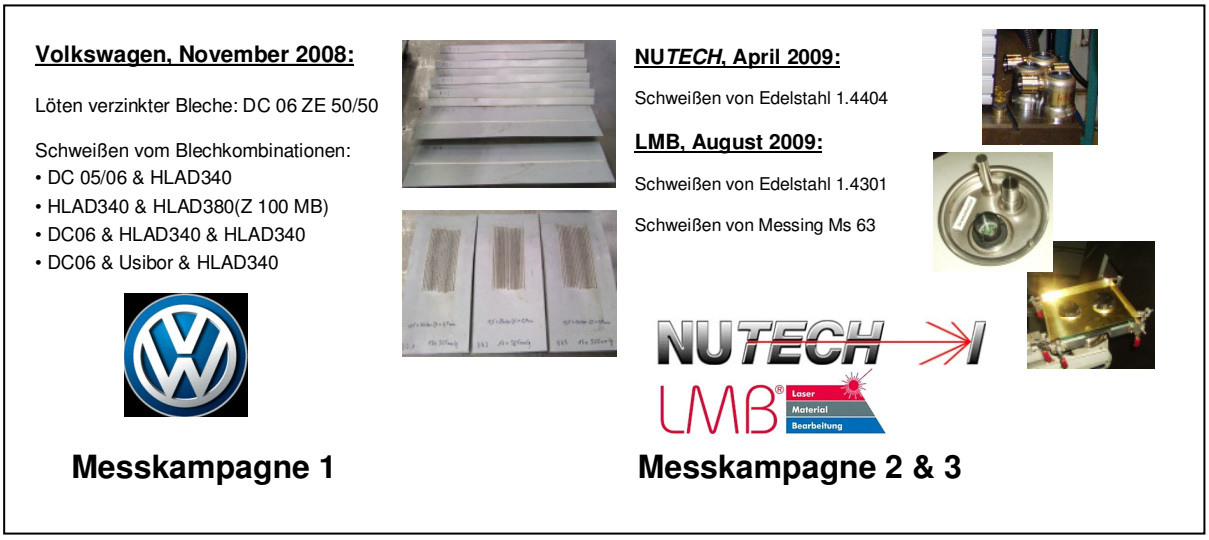

Abb. 1: Blechproben nach dem Fügen

Nach Abstimmung mit dem projektbegleitenden Ausschuss erfolgte die vierte Messkampagne am LZH. Gegenstand des Arbeitspaketes sind die Laserstrahlschweißversuche von behandeltem bzw. beschichtetem Baustahl (S 235 JR) mit Probenahme der Emissionen. Hierzu wird der stationäre Versuchstand am LZH kalibriert und eingesetzt. Während der Vorbereitung werden die Filtermedien konditioniert. Den Versuchen schließt sich jeweils die chemische Analytik der Proben sowie die Auswertung der Ergebnisse an.

Tabelle 1 listet die Emissionsraten und spezifischen Konzentrationen für die in der aktuellen Messkampagne untersuchten Prozesse (12 Messungen) auf.

Tabelle 1: Emissionsraten für das Schweißen von beschichtetem Baustahl / Konzentration in der Hallenluft

Probe	Werkstoff	Geo-metrie/ Dicke	Anm.	Laser-leistung [W]	Emissions-rate [mg/s]	Konzentration [mg/m³]	Spezifische Emissions-rate [mg/m]*	Hallenluft Konzentration [mg/m³]
1a	Elektro-bleche	plan d=0,5 mm	einfache Überlappung	500	2,90	8,48	174	**E-Fraktion** 1,69 mg/m³ vor CO_2 Technikerbüro
1b					1,95	8,63	177	
1c					2,88	8,42	173	
2a	Ofenbleche	plan d=1,0 mm		750	1,86	5,52	112	
2b					1,87	5,56	112	
2c					1,75	5,19	105	
3a	Baustahl + Estisol	plan d=1,5 mm		1000	3,41	10,1	205	
3b					3,46	10,2	208	
3c					3,38	9,94	203	
4a	Baustahl + Umformöl				3,65	10,9	219	
4b					3,58	10,6	215	
4c					3,66	10,9	220	

*bezogen auf die Spur-/Nahtlänge

Abbildung 2 zeigt Beispiele, der in der 4. Messkampagne bearbeiteten Bleche.

Beispiel für Probenbleche in der 4. Messkampagne

- beschichtete Elektrobleche
- „Ofenbleche“ mit Teflonschicht
- „Baustahl“ (S 235 JR) mit Kaltreiniger Estisol
- „Baustahl“ (S 235 JR) mit Umformöl Raziol (chlorfrei)

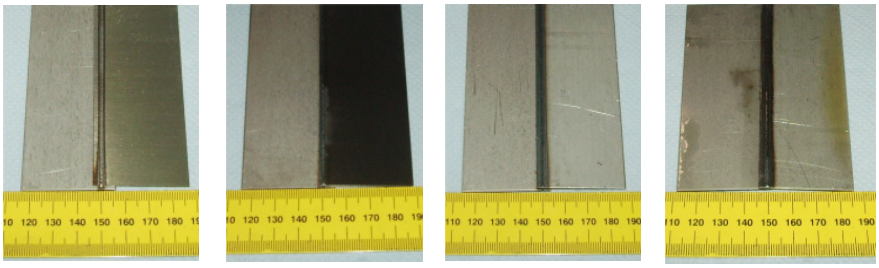

Abb. 2: Proben behandelter Bleche nach dem Fügen

In Abbildung 3 wird der Prozessverlauf anhand der Gesamtkohlenwasserstoffkonzentration dargestellt.

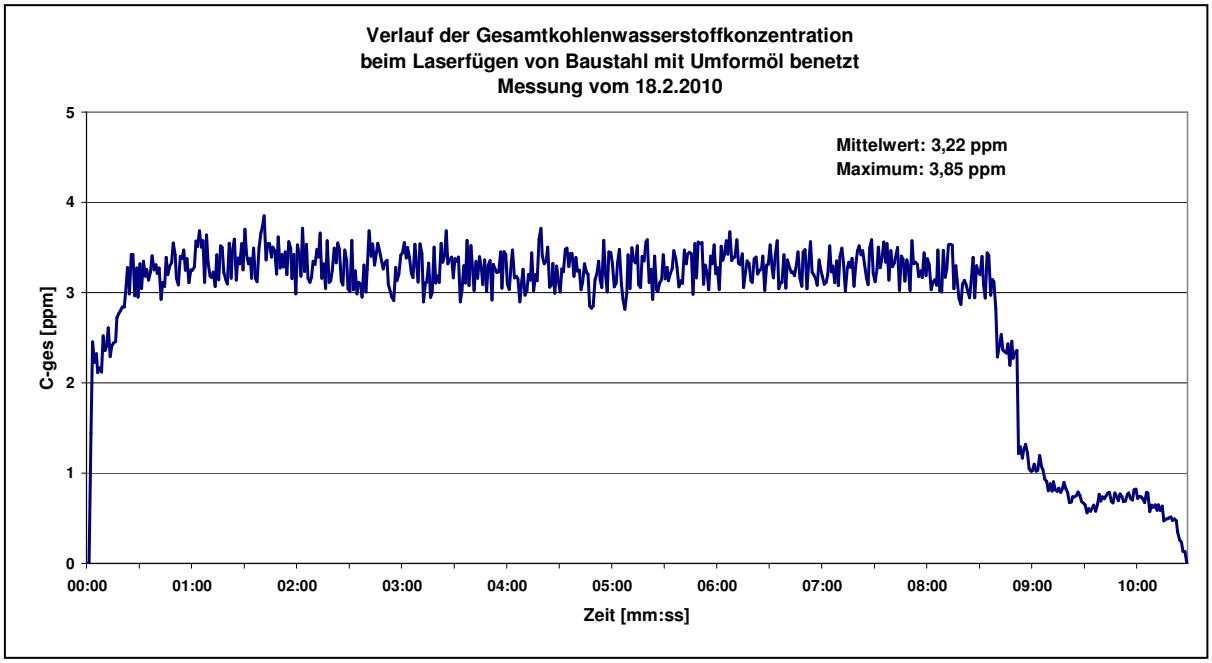

Abb. 3: Konzentrationsverlauf Gesamtkohlenwasserstoff in der Abluft

Dieser Konzentrationsverlauf konnte in der Messkampagne 4 mittels Flammenionisationsdetektor (FID) bestimmt werden, da aufgrund der Beschichtung der Bleche organische gasförmige Komponenten aufgetreten sind. Die Detailanalyse auf Einzelkomponenten (BTXE, Aldehyde, Ketone etc.) findet gerade statt.

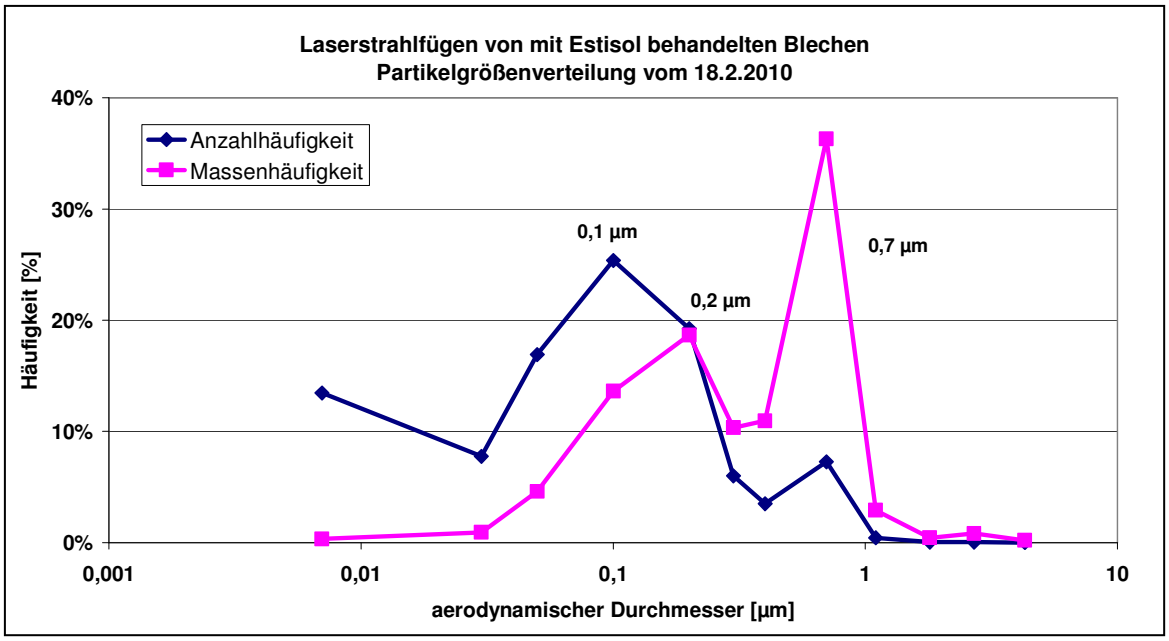

Abb. 4: Partikelgrößenverteilung beim Fügen geölten Blechen

Bei der Analyse der Partikelgrößenverteilung (Abb. 4) zeigt sich das bei allen Untersuchungen an beschichteten Blechen bimodale Verteilungen auftreten. Dabei liegen die Maxima bei 0,1 µm (1. Maximum Anzahlhäufigkeit) bzw. 0,2 µm (1. Maximum Massenhäufigkeit) und 0,7 µm (2. Maximum Anzahl- und Massenhäufigkeit). Außerdem zeigt sich für die Anzahlhäufigkeit ein Anstieg bei Partikelgrößen < 0,03 µm. Dies ist von Bedeutung bei der Auslegung der Behandlung/Filtration für partikelförmige Emissionen in der Abluft.

Diese Ergebnisse stellen einen repräsentativen Ausschnitt aus den gewonnen Daten dar. Erste Empfehlungen für die untersuchten Prozesse beim kmU können daraus abgeleitet werden.

Aus den Ergebnissen lassen sich als erstes Fazit vier Kategorien von umweltrelevanten Emissionskennzahlen ableiten. Abhängig von den jeweiligen Prozessen ist

<u>Kategorie 1:</u> Keine emissionsmindernden Maßnahmen erforderlich, da alle Grenzwerte nach TA-Luft eingehalten werden.

<u>Kategorie 2:</u> Abscheidung von Partikeln ist wegen Überschreitung des Grenzmassenstroms erforderlich.

<u>Kategorie 3:</u> Filtration von Gasen ist wegen Überschreitung der Grenzwerte zwingend vorgeschrieben.

<u>Kategorie 4:</u> Zusätzliche Maßnahmen sind erforderlich, da z.B. saure Gase auftreten, die nach dem Stand der Technik neutralisiert werden müssen.

Dabei steigen die Kosten von Kategorie 1 bis Kategorie 4 stufenweise an.

Diese Ergebnisse stellen einen repräsentativen Ausschnitt aus den gewonnen Daten dar. Erste Empfehlungen für die untersuchten Prozesse beim kmU können daraus abgeleitet werden. Es wird deutlich, dass der eingeschlagene Lösungsweg erfolgreich ist. Die chemischen und physikalischen Analysen der Proben wurden in der verbleibenden Projektlaufzeit fortgeführt. Die Ergebnisse werden auf der „LPM: *Laser Precision Microfabrication*“ und im „JLMN: *Journal*

of Laser Micro/Nanoengineering“ präsentiert. Im Abschlussbericht und der LZH Datenbank werden die Projektarbeit und die Emissionskennzahlen aufbereitet.

4.) Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses

Am 24.2.2010 fand das letzte Projekttreffen am LZH unter Teilnahme der im Anhang genannten Personen in Hannover statt. Neben Fachvorträgen zum Projekt wurde ein neuer Projektantrag zum Kunststoffbearbeiten mittels Laser vorgestellt. Die überarbeitete LZH Datenbank Lasersicherheit wird online demonstriert. Die Teilnahme an einem neuen pbA wird besprochen.

5.) Weitere Untersuchungen

Die geplanten Messkampagnen sind abgeschlossen. Die Auswertung und die Detailanalysen werden durchgeführt. Parallel dazu werden Berechnungen der Kostenfaktoren für die Lufterfassung und Filtration durchgeführt und auf ihre Praxistauglichkeit geprüft. Die Matrix zur Übertragbarkeit der Daten auf weitere kmU wird ausgebaut.

Des weiteren werden die optimierten Auswerte- und Bewertungsmethoden zur Aufbereitung der Rohdaten und gemäß der Aufgabenstellung eingesetzt. Die Aktualisierung und Anpassung der LZH Datenbank wird fortgeschrieben. Eine beta-Version wird dazu offline zum Testen der neuen Funktionen und mit Vorschlägen aus dem pbA überarbeiteter verbesserter Handhabung erstellt.

6.) Durchführende Forschungsstelle

Laser Zentrum Hannover e.V.
Hollerithallee 8
D-30419 Hannover
Tel.: ++49 511 2788-0
Fax: ++49 511 2788-100
Internet: http://www.lzh.de

Projektleiter: Dr.-Ing. Dipl.-Chem. Stephan Barcikowski

Projektbearbeiter: Dipl.-Phys. Jürgen Walter

Hannover 26.3.2010

Anhang