



**FORSCHUNG | TECHNIK | BILDUNG**

## **IM FOKUS**

**Elektronen-  
strahlschweißen im DVS**

# Die technisch-wissenschaftliche Gemeinschaftsarbeit im DVS

Der DVS ist ein technisch-wissenschaftlicher Verband, der sich mit fast 120 Jahren Erfahrung umfassend für die Fügetechnik engagiert. Anders gesagt: Im DVS dreht sich alles um das Fügen, Trennen und Beschichten von metallischen und nicht-metallischen Werkstoffen und Werkstoffverbunden. Ziel aller DVS-Aktivitäten ist es, die Fügetechnik umfassend zu fördern. Dies geschieht auf unterschiedlichste Art und Weise.

Der DVS initiiert und begleitet Forschungsaktivitäten, er erfasst den aktuellen Stand der Technik, schreibt diesen kontinuierlich fort und sorgt dafür, dass auch die DVS-Aus- und Weiterbildungsangebote den jeweils neuesten Wissensstand aus Technik und Forschung widerspiegeln. Dieses enge Netzwerk aus Forschung, Technik und Bildung ist das Kernelement der technisch-wissenschaftlichen Gemeinschaftsarbeit im DVS.

Frei nach dem Prinzip „aus eins mach drei“ werden die fachliche Diskussion, Forschungsfragen oder Arbeitsergebnisse bereichsübergreifend kommuniziert, weshalb sie sich auch gegenseitig positiv beeinflussen. Mit dieser interdisziplinären Arbeitsweise garantiert der DVS, dass seine vielfältigen Arbeitsergebnisse stets auf aktuellen Erkenntnissen beruhen und miteinander kompatibel sind.

Ein eindrucksvolles Beispiel für diese erfolgreiche Arbeitsphilosophie dokumentiert das DVS-Regelwerk, bestehend aus DVS-Merkblättern und -Richtlinien. Für die Aus- und Weiterbildung setzt das DVS-Regelwerk hohe Ausbildungsstandards

und vergleichbare Qualifikationen. Im technischen Bereich werden Füge-, Trenn und Beschichtungsverfahren, aber auch Aspekte der Prüfung und Qualitätssicherung, der Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes sowie die vor- und nachgeschalteten Prozessschritte aktuell beschrieben. Durch das DVS-Regelwerk werden die Grundlagen für höchste Standards und einheitliche Verfahrensweisen gegeben.

Mit der Heftreihe „Im Fokus“ möchten wir Ihnen anhand konkreter Beispiele darlegen, welche praxisnahen Ergebnisse die technisch-wissenschaftliche Gemeinschaftsarbeit im DVS hervorbringt und Sie dazu einladen, sich an den vielfältigen Aktivitäten im DVS zu beteiligen. Jedes Heft widmet sich einem Schwerpunktthema und zeigt auf, wie von der engen Verknüpfung von Forschung, Technik und Bildung im DVS nicht nur die jeweilige Branche, sondern der gesamte Wirtschaftsstandort Deutschland profitiert. Der DVS bietet wettbewerbsfähige Lösungen für die Fügetechnik – die Arbeitsergebnisse werden u. a. von der DVS Media GmbH in Fachzeitschriften, Fachbüchern und anderen Publikationen veröffentlicht und somit der Fachwelt zugänglich gemacht.

Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck  
Leiter Forschung und Technik

Bild: Fotolia



# Inhaltsverzeichnis

<b>Die technisch-wissenschaftliche Gemeinschaftsarbeit im DVS .....</b>	<b>02</b>
<b>Elektronenstrahlschweißen.....</b>	<b>04</b>
<b>Forschung im DVS</b>	<b>06</b>
Die Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS .....	06
Industrielle Gemeinschaftsforschung .....	07
Der Fachausschuss 6 „Strahlverfahren“ .....	08
Wie anwendungsnahe Forschung funktioniert – ein Beispiel.....	09
DVS-Forschungsseminar 2014 – „Der Elektronenstrahl als Werkzeug für die Fügetechnik“ .....	10
<b>IEBW - Internationale Konferenz zum Elektronenstrahlschweißen.....</b>	<b>11</b>
<b>Anwendungen und Einsatzbereiche des Elektronenstrahlschweißens .....</b>	<b>11</b>
<b>Technik im DVS</b>	<b>14</b>
Der Ausschuss für Technik .....	14
Arbeitsgruppe DVS AG V 9.1 „Elektronenstrahlschweißen“ .....	16
DVS-Regelwerke für die Praxis – zwei Beispiele .....	17
<b>Bildung im DVS</b>	<b>18</b>
Der Ausschuss für Bildung (AfB) im DVS .....	18
Ausbildungs- und Karrierewege im Bereich des Elektronenstrahlschweißens.....	19
<b>Fachmedien und Lehrunterlagen zum Elektronenstrahlschweißen</b>	<b>20</b>
Die DVS Media GmbH.....	20
Publikationen zum Elektronenstrahlschweißen.....	21
<b>Ihre Kontakte für den Bereich „Elektronenstrahlschweißen“ .....</b>	<b>22</b>

Herausgeber:  
DVS – Deutscher Verband für Schweißen  
und verwandte Verfahren e. V.  
Aachener Straße 172  
D-40223 Düsseldorf  
info@dvs-hg.de  
www.dvs-ev.de

Titelbild: PTR-Präzisionstechnik GmbH

Bildnachweis: FEZ „Fügetechnisches Exzellenzzentrum“; ISF der RWTH Aachen; ZAT des Forschungszentrum Jülich; pro-beam;  
PTR-Präzisionstechnik GmbH; Steigerwald Strahltechnik GmbH; Focus GmbH

# Elektronenstrahlschweißen

Der Elektronenstrahl lässt sich als Werkzeug in Forschung und Entwicklung sowie in der großtechnischen Anwendung in vielfältigster Weise nutzen. Vom Elektronenmikroskop zur Darstellung des Mikrokosmos, der Bestrahlung von Lebensmitteln und als Werkzeug in der Strahlentherapie bis hin zum einlagigen Schweißen dickwandiger Bauteile bis über 200 mm Wandstärke kann der Elektronenstrahl stets mit einzigartigen Eigenschaften gewinnbringend eingesetzt werden. Seit der ersten schweißtechnischen Nutzung in den 50'er Jahren des letzten Jahrhunderts bis heute hat sich der Elektronenstrahl ständig neuen Herausforderungen und Marktsituationen gestellt.

In der Schweißtechnik wird er überwiegend in Vakuumkammern genutzt und ist in der Lage nahezu alle metallisch leitenden Fügepartner zu verbinden. Auch an Atmosphäre ist die Anwendung des Elektronenstrahls möglich und technisch etabliert. Insbesondere das Mikrofügen, die Bearbeitung von Sonderwerkstoffen wie Refraktärmetallen und das einlagige Schweißen dickster Querschnitte werden auch in Zukunft Domänen des Elektronenstrahls sein. Seine einzigartige Manipulierbarkeit, die hohe zur Verfügung stehende Strahlleistung in Kombination mit der sehr guten Energieeinkopplung ins Werkstück und der sehr hohe energetische Wirkungsgrad eröffnen dem Elektronenstrahl stets neue Anwendungsfelder.

Luft- und Raumfahrt, Energieanlagentechnik und Schwermaschinenbau sind nur einige Bereiche, in denen immer wieder neu

die Vorteile des Elektronenstrahls erkannt werden und wo dieser dann als „Technologieträger“ Maßstab für Weiterentwicklungen und Neuheiten ist.

Der Elektronenstrahl muss sich zunehmend im Wettbewerb mit anderen Schweißverfahren messen lassen. Die grenzenlosen Ablenkmöglichkeiten und seine einmalige Strahlqualität machen den Elektronenstrahl auch in Zukunft zu einem Fügewerkzeug allerhöchster Qualität, das aber auch in der Massenfertigung glänzen kann.

Vielfältige Entwicklungsschritte wie die Strahlsprungtechnik, elektronenoptische Beobachtungsmöglichkeiten, aber auch die Anwendung des Elektronenstrahls in der Großkammer in Takt und Schleusenmaschinen sowie an Atmosphäre generieren neue Impulse und Fertigungsmöglichkeiten mit dem Elektronenstrahl. Der DVS und insbesondere die DVS-Arbeitsgruppe V 9.1 als Expertengremium in Deutschland haben es sich zur Aufgabe gemacht, die Entwicklung des Elektronenstrahls mit Anweisungen, Merkblättern und Normen zu begleiten und so seine Anwendung einem breiten Kreis schweißtechnischer Fachleute zugänglich zu machen.

## **Dr.-Ing. Ronald Holtz,**

Class 4 Laser Professionals AG,  
Burgdorf, Schweiz

Vorsitzender des Fachausschusses  
„Strahlverfahren“ (FA 6) in der  
Forschungsvereinigung des DVS

## **Dr.-Ing. Wilfried Behr,**

Forschungszentrum Jülich, Technologie  
für Spitzenforschung, Zentralinstitut für  
Technologie (ZEA-1), Jülich

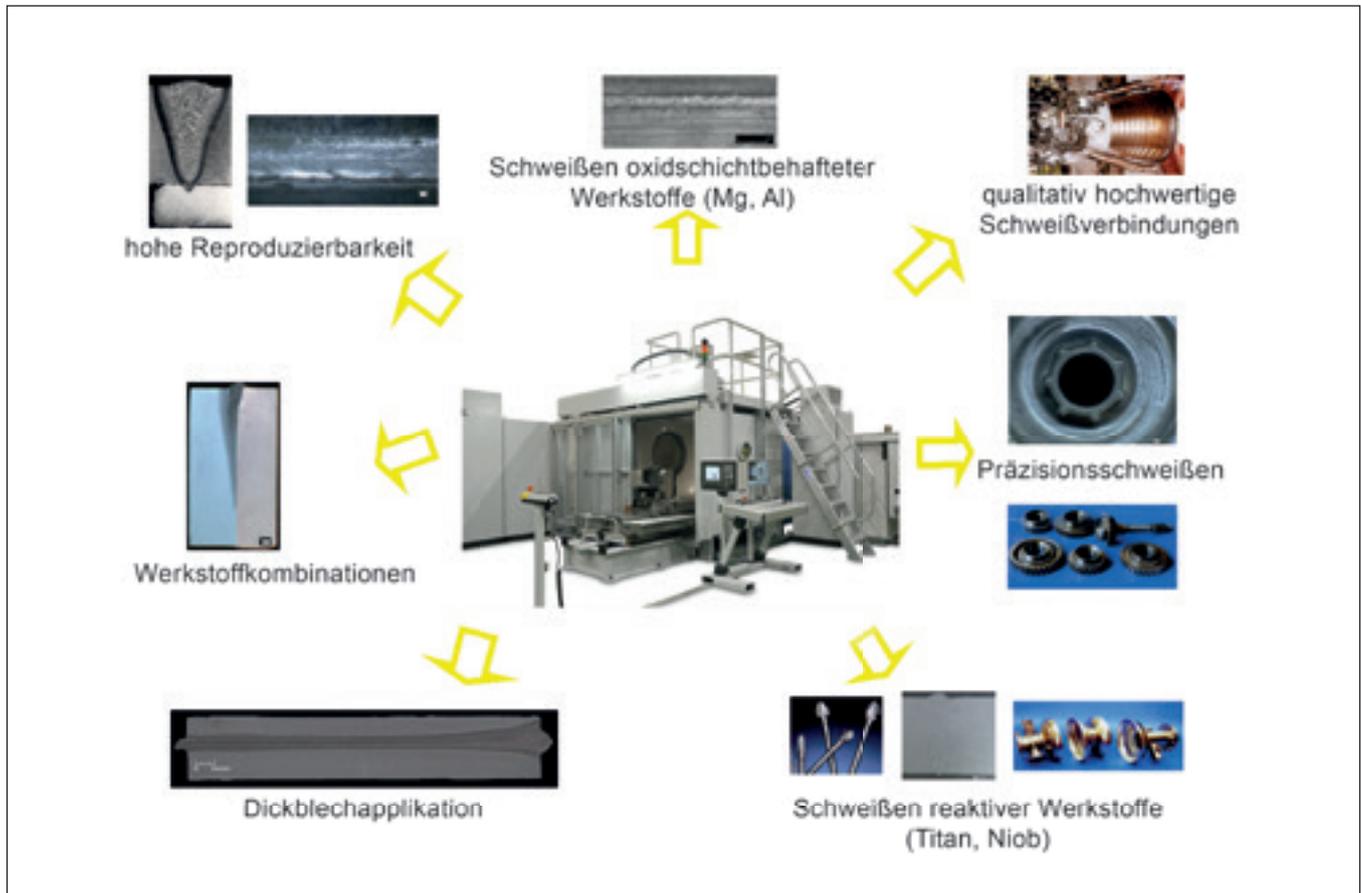
Obmann der Arbeitsgruppe „Elektronen-  
strahlschweißen“ (AG V 9.1) im DVS

## **Dipl.-Ing. (FH) Ilka Zajons,**

LZH Laser Akademie GmbH, Hannover

Obfrau der Fachgruppe „Ausbildung  
Strahlschweißen“ (FG 4.7)

## Anwendungsbeispiele



### i

Das DVS-Regelwerk zum „Elektronenstrahlschweißen“ bietet umfangreiche anwendungsnahe Informationen zu Verfahren, Qualitätssicherung, Prüfung, Konstruktion, Ausbildung, Werkstoffe etc. und definiert darüber hinaus auch besondere Anforderungen, die an Fachkräfte im Bereich des Elektronenstrahlschweißens gestellt werden.

Durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen der Forschungsvereinigung des DVS, dem Ausschuss für Technik und dem Ausschuss für Bildung ist ein weltweit etabliertes und anerkanntes DVS-Richtlinienwerk geschaffen worden, das ein in sich geschlossenes System darstellt.

DVS-Mitglieder haben kostenlosen Zugriff unter: [www.dvs-regelwerk.de](http://www.dvs-regelwerk.de)

# Forschung im DVS

## Die Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS

Im Zentrum der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS stehen die Fachausschüsse (FA). Sie sind jeweils einem Fachbereich zugeordnet und besitzen dadurch eine fest umrissene inhaltliche Ausrichtung. Die Funktion der Fachausschüsse ist klar definiert: Sie sind die Schnittstellen, in denen das Wissen aus Unternehmen aus Industrie, Handel und Handwerk, aus Forschungsstellen, aus der Forschungsvereinigung selbst und dem DVS zusammenläuft. Jeder bringt sein individuelles Fachwissen in die Fachausschussarbeit ein,

was von Anfang an praxisnahe Forschungsvorhaben und -ergebnisse garantiert. Denn Aufgabe der Fachausschüsse ist es, innerhalb ihres jeweiligen Fachbereiches Forschungsbedarfe abzuleiten und Forschungsergebnisse zu kommunizieren. Deshalb sind die Fachausschüsse der Forschungsvereinigung des DVS auch in alle Phasen eines Forschungsprojektes involviert. Sie initiieren und planen die Projekte, begleiten und steuern deren Umsetzung und bewerten abschließend die Ergebnisse.



Fachausschüsse der Forschungsvereinigung

EB-Schweißen mit Zweibadtechnik (PTR-Präzisionstechnik GmbH)

## Industrielle Gemeinschaftsforschung

Tätigkeitsschwerpunkt der Forschungsvereinigung ist die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF), die sich vor allem an den Interessen kleiner und mittlerer Unternehmen aus der fūgetechnischen Branche orientiert, denen häufig die Mittel für eigene Forschungsaktivitäten fehlen. Über die IGF lassen sich diese strukturbedingten Nachteile abfangen und in reale Wettbewerbsvorteile umwandeln, weil die IGF ein minimiertes wirtschaftliches Risiko mit großem Forschungspotenzial kombiniert.

Kernkompetenz der IGF ist die enge Verzahnung von Praxis und Theorie: Anforderungen, die unmittelbar aus der betrieblichen Praxis heraus formuliert werden, bilden die Grundlage für die Forschungsaktivitäten. Im Hinblick auf die fūgetechnische Forschung werden diese Anforderungen innerhalb der einzelnen Fachausschüsse der Forschungsvereinigung angemeldet. In einem zweiten Schritt werden daraus Forschungsschwerpunkte abgeleitet, die nachfolgend von unterschiedlichen Forschungsinstituten in Form von Forschungsprojekten untersucht werden. Durch die permanente Kommunikation mit den Fachausschüssen und die damit einhergehende aktive Mitarbeit von Unternehmen in allen Phasen bleibt der Aspekt der praxisnahen Forschungsarbeit immer gewährleistet. Darüber hinaus bewirkt die Beteiligung von Unternehmen an der IGF einen schnellen Wissenstransfer und damit auch eine Parallelität von Forschung und Ergebnisnutzung. Denn die Unternehmen können erste Ergebnisse aus der Forschung unmittelbar auf deren Praxistauglichkeit hin überprüfen und Erkenntnisse daraus an die Forschungsstellen zurück übermitteln.



Aus der Praxis für die Praxis:  
Das Prinzip der Industriellen Gemeinschaftsforschung

Die Finanzierung der Forschungsvorhaben erfolgt über die AiF – Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. durch Fördergelder, die das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) bereitstellt.



### Partner und Umsetzung der Industriellen Gemeinschaftsforschung

Auch in diesem Zusammenhang übernehmen die Fachausschüsse der Forschungsvereinigung eine wichtige Funktion, denn sie sind es, die die fūgetechnisch bedeutsamen Forschungsprojekte zur Umsetzung empfehlen. Diese Forschungsbedarfe werden abschließend durch ein Gutachterwesen der AiF fachlich bewertet und bei einem positiven Entscheid an das BMWi zur Förderung vorgeschlagen.

Angesichts der komplexen Abläufe innerhalb der fūgetechnischen Gemeinschaftsforschung zeigt sich in vielfacher Weise die Schnittstellenfunktion der Fachausschüsse in der Forschungsvereinigung. Die Art und Weise, in der diese Fachausschüsse ihre Aufgaben erfüllen, lässt sich dennoch unter einer Überschrift zusammenfassen: „Forschung aus der Praxis für die Praxis“.



Weitere und aktuelle Informationen zur Arbeit der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS gibt es unter [www.dvs-forschung.de](http://www.dvs-forschung.de)

### Der Fachausschuss 6 „Strahlverfahren“

Eine offene Kommunikation zwischen Unternehmen und Forschungsinstituten kennzeichnet die Arbeitsweise im Fachausschuss 6 „Strahlverfahren“ als engagiertem Ideenpool für Forschung und Anwendung. Ebenfalls sehr intensiv verläuft der Wissensaustausch zwischen dem Fachausschuss 6 und dem thematisch verwandten Fachausschuss 13 „Generative Fertigung – Rapidtechnologien“ sowie den Arbeitsgruppen V 9.1 „Elektronenstrahlschweißen“ und V 9.2 „Laserstrahlschweißen und verwandte Verfahren“. Durch die intensive Zusammenarbeit werden Synergieeffekte für die Forschung und die technische Weiterentwicklung rund um das Thema „Strahlverfahren“ geschaffen.

Die Strahltechnik ist in vielen Industriebereichen zum festen Bestandteil der Fügechnik geworden. Die Aufgabe im Fachausschuss „Strahlverfahren“ ist es, neu- bzw. weiterentwickelte Strahlschweißprozesse unter anwendungstechnischen Aspekten zu beurteilen und Prozessinnovationen durch unterstützende Forschungsaktivitäten beschleunigt in kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) zu transferieren. Dabei steht nicht nur die Entwicklung von Prozessen und Verfahren, sondern auch deren Simulation im Vordergrund. Die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen, dass häufig schon Verbesserungen in der Handhabung, Hilfen für die Vereinfachung und Verfahrensoptimierungen bzw. anwendungsspezifische Optimierungen von Anlagenkomponenten, z.B. verbesserte Strahlführungs-, Strahlauskopplungssysteme oder Bearbeitungsoptiken, sehr schnell zu umsetzbaren Ergebnissen in KMU führen.

Eine wichtige Hilfestellung für KMU ist es, im Rahmen von Projekten sinnvolle Prozess- und Anwendungsgrenzen aufzuzeigen. Neben der Prozesstechnik ist das besondere Verhalten der



Werkstoffe beim wärmearmen, strahltechnischen Bearbeiten mit hohen Abkühlgeschwindigkeiten zu berücksichtigen. Den Besonderheiten der so genannten Kurzzeitmetallurgie wird dazu ebenso Rechnung getragen, wie den dadurch bedingten mechanisch-technologischen Werkstoffeigenschaften.

Neue Entwicklungen der Technologie „Elektronenstrahl“ sowie Werkstoffentwicklungen sollen bereits in einem frühen Entwicklungsstadium durch grundlegende bzw. technologische Untersuchungen begleitet werden.

Aktuelle Forschungsfelder sind:

- Mobile Vakuum-Systeme (mit reduziertem Druck)
- Einfluss auf das Verformungs- und Tragverhalten sowie das Gefüge strahlgeschweißter Verbindungen
- Reduzierung von Imperfektionen in Aluminium-Dickblech durch Legierungsbeeinflussung unter Verwendung von Zusatzwerkstoff

Integration der EB-Maschine in eine vollautomatische Fertigungszelle zum Schweißen von Getrieberädern bei VW (PTR-Präzisionstechnik GmbH)



## Wie anwendungsnahe Forschung funktioniert – ein Beispiel

### Forschungsthema:

„Anwendung der Mehrstrahltechnik zur Reduzierung der Eigenspannungen bei EB- und LB-geschweißten Bauteilen“

### Forschungsstellen:

Prof. Dr.-Ing. M. Rethmeier, Fachbereich 9.3 „Schweißtechnische Fertigungsverfahren“, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen, Institut für Schweißtechnik und Füge-technik (ISF), RWTH Aachen University

**Laufzeit:** 01.07.2009 - 30.06.2011

**IGF-Nr.:** 16.139 N / **DVS-Nr.:** 6.069

### Ausgangssituation:

Beim Schweißen metallischer Werkstoffe entstehen Eigenspannungen, die aus lokalen thermischen Ausdehnungen und Schrumpfungen des Werkstoffes resultieren. Besonders die hohen Zugspannungen sind eine unerwünschte Folge des Schweißens, da sie lokal die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes gravierend negativ beeinflussen können. Die Eigenspannungen können sich mit den zulässigen Betriebsspannungen überlagern und so zum frühzeitigen Versagen des Bauteils führen, insbesondere in Fällen, in denen die Konstruktionen schwingenden und stark korrosiven Belastungen ausgesetzt sind.

Besonders in der Fertigung von sicherheitsrelevanten Bauteilen können die Aufwendungen für die Kontrolle und Minimierung der Eigenspannungen sehr hoch sein. Beispiele dafür sind Armaturen im Kraftwerksbereich oder auch Teile von Gasturbinen in der Luftfahrtindustrie.

### Zielsetzung:

Die modernen Strahlverfahren wie Laser- und Elektronenstrahlschweißen erlauben neben ihrer Flexibilität einen reduzierten bzw. einen exakt dosierten (definierten) Wärmeeintrag, der gerade beim Schweißen von Sonderwerkstoffen eine wichtige Rolle spielt. Hierdurch können der thermische Verzug oder die Eigenspannungen im Bauteil im Vergleich zu herkömmlichen Schweißverfahren reduziert werden. Darüber hinaus bieten die Strahlverfahren die Möglichkeit einer prozessintegrierten lokalen Wärmebehandlung, die u.a. auch zur Reduzierung der Eigenspannungen in der versagensanfälligen Schweißnaht genutzt werden kann. Hier bietet die schnelle Strahlsteuerung (Strahlfokussierung und -positionierung), die in den letzten Jahren sehr

große Fortschritte gemacht hat, ein großes Potenzial.

Mit einer Reihe von FEM-Simulationen und experimentellen Untersuchungen an ferritischen und austenitischen Stählen wird den Anwendern von Strahlschweißprozessen ein Eigenspannungsreduktionsverfahren für hohe Längszugspannungen in Strahlschweißnähten qualifiziert und quantifiziert. Dieses Verfahren, das mit Elektronenstrahl- sowie Laserstrahlverfahren getestet wurde, nutzt den Schweißstrahl in defokussierter Form zur Erwärmung und Erzeugung von Zugspannungsbereichen bestimmter Materialbereiche neben der Schweißnaht. Für dieses Verfahren ist eine Vielzahl geeigneter Prozessparameter einstellbar.

Die Ergebnisse der Forschung sollen dem Anwender Empfehlungen für die Wahl der Prozessparameter und den jeweiligen Anwendungszweck (Werkstoff, Bauteilgeometrie, Möglichkeiten der Strahlanlage) geben.

### Ergebnisse:

Mit dem defokussierten Elektronen- bzw. Laserstrahl ist es möglich, die hohen Längseigenspannungen in Strahlschweißnähten beträchtlich zu reduzieren. Nutzt man den defokussierten Strahl zum Erwärmen des Materials neben der Schweißnaht auf den Temperaturbereich, der materialspezifisch einen hohen Streckgrenzengradienten (Verringerung der Streckgrenze mit steigender Temperatur) aufweist, können die in diesen Bereichen erzeugten Druckspannungen durch geringe plastische Deformationen relaxieren. Bei der Abkühlung und der thermischen Schrumpfung dieser wärmebehandelten Zonen, wird das Material zwischen der Schweißnaht und den wärmebehandelten Bereichen gestaucht. Die Folge dieser Stauchung ist die Reduzierung des Widerstandes des an die Schweißnaht angrenzenden Materials, das der thermischen Schrumpfung der Schweißnaht beim Abkühlen widerstrebt und so zu den hohen Eigenspannungen in der Schweißnaht führte (Bild 1). Folglich wird diese Spannungsreduktion durch einen mechanischen Entlastungseffekt ermöglicht.

Dieses Verfahren bietet somit eine effiziente Alternative zur Reduktion der hohen Längsspannungen in Strahlschweißnähten. Da dieses Verfahren auch lange nach dem Schweißprozess angewendet werden kann, bietet es auch im Rahmen einer Bauteilwartung an noch nicht nachbehandelten Strahlschweißnähten ein Tool zur Qualitäts- sowie Lebensdauersteigerung.

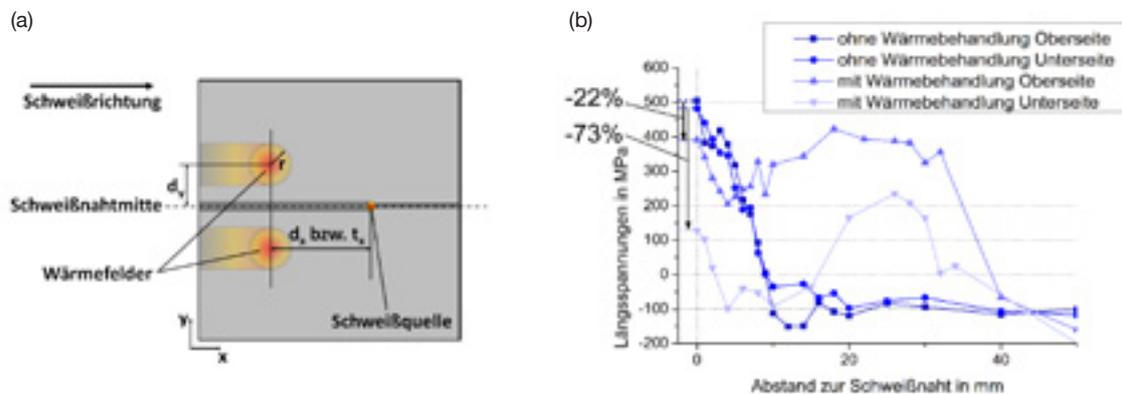


Bild 1: Verfahrenschema mit den geometrischen Prozessparametern  $r$ ,  $d_y$  und  $d_x$  bzw.  $t_x$  (Bild 1a) sowie experimentell gemessene Längsspannungsprofile an der Ober- und Unterseite eines geschweißten und eines geschweißten und thermisch nachbehandelten S355J2+N-Prüfkörpers (Bild 1b)

### Referenzen aus der Industrie

**Dr. Klaus-Rainer Schulze, Schulze-Consulting, Neuberg:**

„In diesem Projekt wurde mit großer Umsicht und Breite sowohl mittels numerischer Modellierung als auch mit Experimenten der – zwar nahe liegende, aber bisher nicht quantitativ untersuchte – Gedanke verfolgt, durch einen zusätzlichen Wärmeeintrag die beim Strahlschweißen eingebrachten Eigenspannungen so zu beeinflussen, dass die Verbindung höhere Belastungen ertragen kann. Dieser Ansatz und das positive Ergebnis belegen die hohe Nützlichkeit der prinzipiellen Untersuchungen für die Praxis. Natürlich

erfordert die Übertragung auf konkrete Bauteile jeweils eine spezielle Untersuchung, da der konkrete Werkstoff und die Randbedingungen einen starken Einfluss haben werden.

Hervorzuheben ist die – zunächst überraschende – Erkenntnis aus dem Projekt, dass die Wärmebehandlung durchaus nicht in situ erfolgen muss, sondern ein optimaler Spannungsabbau bei einer abgekühlten Probe eintritt. Interessant ist auch die Tatsache, dass bei 5 mm Blechdicke und oberflächlicher nicht anschmelzender Erwärmung auch an der Blechunterseite eine deutliche Eigenspannungsreduzierung zu erreichen ist.“

## DVS-Forschungsseminar 2014 – „Der Elektronenstrahl als Werkzeug für die Fügetechnik“

Primäres Ziel des Forschungsseminars ist es, den Forschungsbedarf bezogen auf die Fügetechnik mit dem Elektronenstrahl aufzuzeigen. Vorbereitend zum DVS-Forschungsseminar wird daher eine Studie durch die Universität Kassel, Fachbereich Maschinenbau, Institut für Produktionstechnik und Logistik, Fachgebiet Trennende und Fügende Fertigungsverfahren, erstellt. In dieser Studie werden neben der Beschreibung des aktuellen Stands der Technik auch zusätzlich über Befragungen von Wissenschaft und Industrie eine Statusbeschreibung sowie eine Bedarfsanalyse für Forschungsthemen dargestellt.

Die Ergebnisse der Studie werden zum DVS-Forschungsseminar im DVS-Berichtband Nr. 299 veröffentlicht und als Grundlage für die Diskussion sowie als Referenz für zukünftige Forschungsvorhaben dienen.

Das Forschungsseminar 2014 findet am 20. Februar 2014 in der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt (SLV) Halle statt. Alle Interessenten aus Wissenschaft und Industrie sind herzlich eingeladen .

## IEBW - Internationale Konferenz zum Elektronenstrahlschweißen

In Zusammenarbeit von AWS - American Welding Society, IIW – International Institute of Welding und DVS wird alle 3 Jahre die internationale Konferenz zum Elektronenstrahlschweißen (International Electron Beam Welding Conference - IEBW) organisiert. Die Konferenz findet aktuell wechselweise entweder in den USA oder in Deutschland bzw. Europa statt.

Insgesamt misst sich die Konferenz an steigenden Besucherzahlen und Experten aus 14 Ländern. Vorteilhaft ist die Konfe-

renz vor allem für junge Ingenieurinnen und Ingenieure, um sich über die Anwendungsmöglichkeiten des Elektronenstrahls zu informieren.

Nach der ersten IEBW im November 2009 in Chicago, IL, USA wurde im März 2012 in Aachen die zweite IEBW durchgeführt.

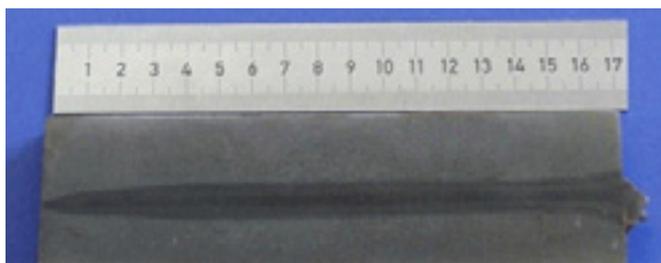
**Die dritte IEBW ist bereits für November 2015 vorgesehen und findet dann wieder in Chicago, IL, USA statt.**

## Anwendungen und Einsatzbereiche des Elektronenstrahlschweißens

Der Elektronenstrahl bietet vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. Hierzu zählen nicht nur das Verbinden metallischer Werkstoffe durch Schweißen, sondern genauso auch das Behandeln bzw. Härten von Oberflächen oder auch das Elektronenstrahlbohren.

Hauptanwendungsbereiche sind:

- Automobilbau
- Maschinenbau
- Medizintechnik
- Luft- und Raumfahrttechnik
- Energietechnik
- Vakuumtechnik



Einlagige Tiefschweißung in Stahl

### Schweißen

Das Electron Beam (EB)-Schweißen im Vakuum bietet eine Reihe von Vorteilen, da die hohe Leistungsdichte des Elektronenstrahls überdurchschnittlich schmale Nähte, eng begrenzte und anlauffarbenfreie Wärmeeinflusszonen, große Schweißertiefen und hohe Schweißgeschwindigkeiten ermöglicht. Die exakte Reproduzierbarkeit der Schweißungen gibt dem Anwender die Garantie einer gleich bleibenden Qualität.

### Hohe Schweißgeschwindigkeit

- bei dünnen Folien bis 60 m/min (1.000 mm/s)
- typische Schweißgeschwindigkeiten zwischen 10 und 100 mm/s für Einschweißertiefen zwischen 20 und 2 mm, Stahlplatte mit 200 mm Dicke kann in einem Durchgang mit einem Vorschub von 1,25 mm/s geschweißt werden (13,3 Minuten für einen Meter Nahtlänge)

Auch ein „gleichzeitiges“ Schweißen an mehreren Stellen eines geeigneten Werkstücks kann ausgeführt werden. Hierbei wird der Strahl durch das schnelle Ablenkensystem innerhalb von Sekundenbruchteilen von einer Schweißposition zur nächsten gelenkt und setzt dort die Schweißung fort, bevor die Dampfkapillare an dieser Stelle einbricht. Auch ein Vorwärmen des Werkstückes kann parallel zur Schweißung durchgeführt werden.

### Maximale Produktivität durch Mehrbadtechnik

- bis zu zehn Schweißnähte gleichzeitig
- minimierter Verzug durch geringe Streckenenergie
- verkürzte Schweißzeit um zwei Drittel
- Verzicht auf teure Spanntechnik und Heftschweißungen

### Dreibadtechnik zum Schweißen eines Schaltrades



### Tiefschweißen

- besonders schlanke, tiefe Nähte
- fast alle Werkstoffkombinationen möglich



Werkstoffkombination Bronze/Stahl  
(30 mm)

### Bohren

Ein Laserstrahl benötigt beim Einsatz als Bohrwerkzeug mehrere Energieimpulse pro Loch, um in die Tiefe des zu bohrenden Materials vorzudringen. Mit dem Elektronenstrahl lässt sich dagegen mit je einem Strahlimpuls ein Loch erzeugen. Zur Bearbeitung wird das Werkstück dabei in eine Vakuumkammer eingebracht und mit kurzen, stark gebündelten Elektronenimpulsen hoher Leistung perforiert. Die Stärken liegen dort, wo herkömmliche Methoden an ihre Grenzen stoßen oder extrem langsam werden.

### Stärken des EB-Bohrens

- hohe Wirtschaftlichkeit bei hoher Anzahl von Löchern
- Fertigung von Sieben mit sehr kleinen Lochdurchmessern
- sehr tiefe Bohrungen, großes Schachtverhältnis (Lochdurchmesser zu Materialdicke)
- Bohren von zähen oder harten Werkstoffen (z.B. Kobalt, Tantal, Titan)



Spinnkopf zur Herstellung von Glasfasern (EB-Bohren)

### Härten, Glühen und Optimierung von Werkstoffeigenschaften

Eine thermische Behandlung mit dem Elektronenstrahl kann die Struktur, das Gefüge und bestimmte Materialeigenschaften von Randschichten metallischer Werkstoffe beeinflussen. Durch gezielte Erwärmung lassen sich nicht nur Art, Verteilung und Mengenanteile von Phasen, sondern auch Eigenspannungszustände von Werkstoffen verändern. Beim Elektronenstrahlhärten und -glühen wird Energie auf einer Fläche bis zu 100 mm x 100 mm auf die Werkstoffoberfläche übertragen und bahnförmig bearbeitet.

## Einsatzbereiche des Elektronenstrahlschweißens

Maschinentypen des Elektronenstrahlschweißens reichen von Großkammermaschinen mit Kammergrößen von über 600 m<sup>3</sup> bis hin zu Kleinmaschinen für die Mikrosystemtechnik.

Für spezielle Aufgaben werden auch Sondermaschinen gemäß Kundenanforderung konzipiert.

Die großen Vorteile von Produktionsmaschinen, wie z.B. Durchlaufmaschinen, Schleusentaktmaschinen etc. liegen darin, dass durch die Spezialisierung die maschinengebundenen Nebenzeiten minimiert werden und so die wirtschaftlichen Vorteile der Elektronenstrahltechnik voll zum Tragen kommen.



Haupteinsatzgebiet von Kammermaschinen ist die Einzelbearbeitung größerer Werkstücke mit komplexen Schweißnahtgeometrien (Steigerwald Strahltechnik GmbH)



Sondermaschine zum Schweißen von LKW-Achsen (PTR-Präzisionstechnik GmbH)



Kleinmaschine für Mikrosystemtechnik (Focus GmbH)



Schleusen-Maschine (pro-beam)

# Technik im DVS

## Der Ausschuss für Technik

Angesichts von derzeit mehr als 250 bekannten Fügeverfahren, deren Zahl kontinuierlich steigt, kann und muss die technisch-wissenschaftliche Gemeinschaftsarbeit im DVS systematisch erfolgen. Garant dafür ist der Ausschuss für Technik (Aft) mit seinen über 200 Arbeitsgremien. Der Aft vereint mehr als 2.000 Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft, Organisationen

und Körperschaften, die gemeinsam daran arbeiten, den Stand der Technik zu erfassen und kontinuierlich fortzuschreiben.

Dass der DVS mit diesem gebündelten Fachwissen auch auf internationalem Parkett als souveräner und kompetenter Partner in allen fügetechnischen Fragen anerkannt ist, liegt nahe. Durch sein Engagement im International Institute of Welding (IIW) und der EWF – European Federation for Welding, Joining and Cutting unterstützt der DVS das internationale fügetechnische Netzwerk bei dessen Aktivitäten maßgeblich.

### Internationale Partner des DVS:

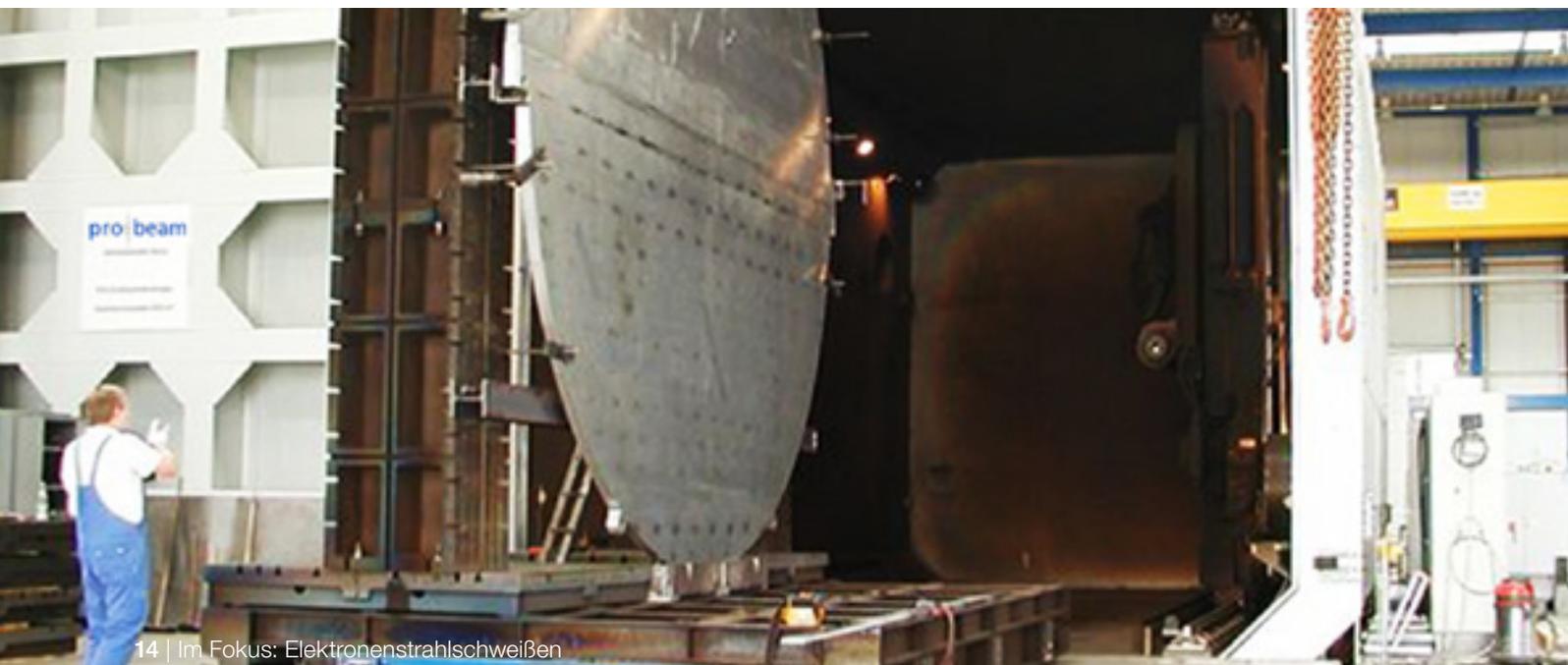
DIN	Deutsches Institut für Normung
CEN	Europäisches Institut für Normung
ISO	Internationales Institut für Normung
IIW	Internationaler Schweißverband
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
VdTÜV	Verband der Technischen Überwachungsvereine
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
AGFW	Arbeitsgemeinschaft Fernwärme
AWS	Amerikanischer Schweißverband
NIL	Niederländischer Schweißverband
EFW	European Federation for Welding, Joining and Cutting

Die Arbeitsergebnisse im Aft werden als DVS-Merkblätter und -Richtlinien veröffentlicht. Eine enge Zusammenarbeit mit anderen regelsetzenden nationalen und internationalen Institutionen wie dem DIN, dem CEN oder anderen (siehe Tabelle) stellt zudem sicher, dass die Inhalte der DVS-Merkblätter und -Richtlinien sinnvoll auf die Regelwerke der anderen Institutionen abgestimmt sind.



DVS-Mitglieder profitieren vom kostenlosen Zugriff auf das deutschsprachige Regelwerk des DVS unter [www.dvs-regelwerk.de](http://www.dvs-regelwerk.de). Dort sind alle technischen DVS-Merkblätter und -Richtlinien des Verbandes in elektronischer Form abrufbar.

Großkammermaschine (pro-beam)



## Struktur des Ausschusses für Technik (AfT)

### Hauptbereich W

Werk-, Zusatz- und Hilfsstoffe

<b>AG W 1</b> Technische Gase	<b>AG W 2 **</b> Schweißen von Gusswerkstoffen	<b>AG W 3 **</b> Fügen von Metall, Keramik und Glas	<b>AG W 4</b> Fügen von Kunststoffen	<b>AG W 5 *</b> Schweißzusätze	<b>AG W 6 *</b> Schweißen von Aluminium und anderen Leichtmetallen
----------------------------------	---	--	---	-----------------------------------	---

### Hauptbereich V

Verfahren und Geräte

<b>AG V 1 *</b> Gasschweißen	<b>AG V 2 *</b> Lichtbogenschweißen	<b>AG V 3 *</b> Widerstandsschweißen	<b>AG V 4</b> Unterwassertechnik	<b>AG V 5 *</b> Schneidtechnik	
<b>AG V 6.1 *</b> Hartlöten	<b>AG V 7 *</b> Thermisches Spritzen und thermisch gespritzte Schichten	<b>AG V 8</b> Klebtechnik	<b>AG V 9.1</b> Elektronenstrahlschweißen	<b>AG V 10 **</b> Mechanisches Fügen	<b>AG V 11 *</b> Reibschweißen
<b>AG V 6.2 *</b> Weichlöten			<b>AG V 9.2</b> Laserstrahlschweißen und verwandte Verfahren		

### Hauptbereich Q

Qualitätssicherung, Konstruktion, Berechnung und Arbeitsschutz

<b>AG Q 1</b> Konstruktion und Berechnung	<b>AG Q 2*</b> Qualitätssicherung beim Schweißen	<b>AG Q 4*</b> Prüfen von Schweißungen	<b>AG Q 5*</b> Anforderungen an das Schweißpersonal	<b>AG Q 6</b> Arbeitssicherheit und Umweltschutz
--	---	---	--	---

### Hauptbereich I

Information

<b>AG I 1</b> Informations- u. Kommunikationstechnik	<b>AG I 2*</b> Anwendungsnahe Schweißsimulation	<b>AG I 3</b> Geschichte der Fügetechnik	<b>AG I 4 *</b> Darstellung und Begriffe
---	--	---	---

### Hauptbereich A

Anwendungen

<b>AG A 1</b> Schweißen im Turbomaschinenbau	<b>AG A 2</b> Fügen in Elektronik und Feinwerktechnik	<b>AG A 5</b> Schweißen im Bauwesen	<b>AG A 6</b> Schweißen im Schiffbau und in der Meerestechnik
<b>AG A 7</b> Schweißen im Schienenfahrzeugbau	<b>AG A 8</b> Fügen im Straßenfahrzeugbau	<b>AG A 9 *</b> Schweißen im Luft- und Raumfahrzeugbau	

### Fachgesellschaften

Fachgesellschaft „Löten“	Fachgesellschaft SEMFIRA/EMF ***
--------------------------	----------------------------------

AG: Arbeitsgruppe, \* Gemeinschaftsausschuss mit NAS (Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren,

\*\* Gemeinschaftsausschüsse mit anderen Verbänden, \*\*\*SEMFIRA = Safety in ElectroMagnetic Fields, EMF = Elektromagnetische Felder.

### Arbeitsgruppe AG V 9.1 „Elektronenstrahlschweißen“

Empfehlungen und Handlungshinweise und den Stand der Technik zu beschreiben, diese Aufgabe übernehmen die Experten der Industrie, Maschinenhersteller und Forschungsinstitute im Gemeinschaftsausschuss DVS/DIN AG V 9.1/NA 092-00-15 AA „Elektronenstrahlschweißen“. Sie entwickeln DVS-Merkblätter und Richtlinien, nationale und internationale Normen und bieten damit den Anwendern an, ihren Erfahrungsschatz zu nutzen. Hinweise, Regeln und Vorschriften zur Anwendung des Elektronenstrahlschweißens unter besonderer Berücksichtigung seiner einzigartigen Eigenschaften stehen dabei im Vordergrund der Expertentätigkeit.

Die Potenziale zur Materialbearbeitung mit dem Elektronenstrahl im Hoch- und Feinvakuum sowie an Atmosphäre werden aufgezeigt. Aktuelle Entwicklungen wie neue Maschinenkonzepte, Strahlableitung und Qualitätssicherung fließen dabei in Überarbeitungen oder Neufassungen von Regelwerken ein. Die fortwährende Aktualisierung von Begriffen für das Elektronenstrahlschweißen, die Erarbeitung von Regeln zur Abnahmeprüfung von Elektronenstrahl-Bearbeitungsmaschinen und die Qualitätssicherung im Bereich der Elektronenstrahltechnik sind weitere Arbeitsfelder.

In Bereichen, in denen die Gegenüberstellung des Elektronenstrahls und des Laserstrahls sinnvoll ist oder ein Thema beide Strahltechniken betrifft, kooperieren die Arbeitsgruppen DVS AG V 9.1 und DVS AG V 9.2 „Laserstrahlschweißen und verwandte Verfahren“ eng zusammen.

Obwohl der Elektronenstrahl bereits seit Jahrzehnten in der Industrie etabliert ist und in vielen Bereichen konkurrenzlos eingesetzt wird, sind seine Anwendungsmöglichkeiten in der breiten Öffentlichkeit nicht umfassend bekannt. Die DVS AG V 9.1 arbeitet daher auch daran, mehr Aufmerksamkeit für den Elektronenstrahl zu erreichen und das Wissen um den Elektronenstrahl in der beruflichen Erstausbildung in der Industrie, im Studium (Universitäten, Fach- und Hochschulen) und in der beruflichen Weiterbildung an DVS-Bildungseinrichtungen zu erhöhen.

#### i

#### DVS-Regelwerk in Englisch!

Täglich sehen sich Experten der Fügetechnik vor neuen Herausforderungen in Forschung, Entwicklung und der industriellen Produktion. Neue Werkstoffe erfordern dabei immer wieder neue Lösungen.

Der Elektronenstrahl liefert hierzu exzellente Vorteile in einer breiten Vielfalt technischer Anwendungsbereiche. Die DVS AG V 9.1 „Elektronenstrahlschweißen“, als das Expertengremium in Deutschland, hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Entwicklung des Elektronenstrahls mit Handlungshilfen, Empfehlungen und Regelwerken zu begleiten und diese einem großem Expertenkreis zur Verfügung zu stellen.

Es existierten eine Vielzahl von DVS-Merkblättern, die von der DVS AG V 9.1 erarbeitet wurden. Bis heute waren diese nur in deutscher Sprache erhältlich. Nun wurden die wichtigsten Merkblätter ausgewählt, um sie auch in englischer Sprache internationalen Experten zugänglich zu machen. Die DVS-Merkblätter behandeln die Themen: Schweißneigung von metallischen Werkstoffen, Randschichthärten, Schutz vor Röntgenstrahlung, Empfehlungen zur Reinigung der Fügezone, Prüfverfahren zur Qualitätssicherung, Keilprobe für das Verifizieren von Elektronenstrahlschweißnähten sowie Grundsätze für das Konstruieren von Bauteilen und den Einsatz des Elektronenstrahlschweißens an Atmosphäre.

## DVS-Regelwerke für die Praxis – zwei Beispiele

### Merkblatt DVS 3201 „Grundsätze für das Konstruieren von Bauteilen für das Elektronenstrahlschweißen im Fein- und Hochvakuum“

Mit dem vorliegenden Merkblatt sollen dem Konstrukteur Hinweise gegeben werden, wie die vielseitigen Möglichkeiten des Elektronenstrahl-(EB-)Schweißprozesses im Vakuum vorteilhaft genutzt werden können und welche fertigungstechnischen Erfordernisse dabei zu beachten sind. Es wurden Empfehlungen und Konstruktionsbeispiele ausgewählt, die für viele Industriezweige allgemeine Gültigkeit haben.

Auszugsweise ist Tabelle 1 dargestellt.

Stk. Nr.	Bezeichnung	vorher	Stich	geschw. (schematisch)	Bemerkungen
1	Naht				Vorteile: <ul style="list-style-type: none"> <li>geringer Bearbeitungsaufwand</li> <li>kein Formschluss für das Positionieren der Bauteile</li> <li>keine Möglichkeit für eventuelle Abscheren von Außenabmessungen (Planstellen, Nachführung etc.)</li> </ul>
2	Naht mit Bearbeitungszugabe				Vorteile: <ul style="list-style-type: none"> <li>Doppelte für die Bauteile auflager Abmessungen</li> <li>Dickenaufmaß für Ausgleich eines möglichen asymmetrischen Festigkeitsfeldes im Nahtbereich</li> <li>gute kontrollierbare Prüfmöglichkeit</li> </ul> Nachteile: <ul style="list-style-type: none"> <li>hoher Bearbeitungsaufwand</li> <li>kein Formschluss für das Positionieren der Bauteile</li> </ul>

Tabelle 1: Beispiele von Nahtarten

### Merkblatt DVS 3204 „Elektronenstrahl-Schweißung von metallischen Werkstoffen“

Die Eignung eines Werkstoffs zum Schweißen kann durch Werkstoffkennwerte allein nicht beurteilt werden und ist in vielen Fällen durch Schweißversuche zu ermitteln. Das gilt insbesondere für die Elektronenstrahl-Schweißung, da eine Reihe von Werkstoffen bekannt ist, die zwar für andere Schweißverfahren nicht geeignet sind, sich aber mit dem Elektronenstrahl schweißen lassen. Darüber hinaus bereitet es Schwierigkeiten, die Schweißung eindeutig, zum Beispiel in Form einer Ja/Nein-Aussage, zu formulieren. Wie für andere Schweißverfahren auch, ist die Eignung eines Werkstoffs für das Elektronenstrahlschweißen auch vom verfahrens- und gerätetechnischen Aufwand (beispielsweise Art, Anzahl und Einstellbarkeit von Schweißparametern) abhängig. In diesem Merkblatt wird deshalb die Schweißung einzelner Werkstoffe je nach verfahrens- und gerätetechnischem Aufwand in drei Stufen unterteilt (Tabelle 2):

**A** = ohne besondere Maßnahmen schweißgeeignet,

**B** = mit besonderen Maßnahmen schweißgeeignet (Vor- und/oder Nachwärmen, Schweißzusatz oder Ähnliches),

**C** = begrenzt schweißgeeignet.

DIN	Werkstoff-Nr.		Bezeichnung	Schweißung	eig. Dicke (mm)
	Werkstoff-Nr.	Werkstoff-Nr.			
3.7025	3.7024	Ti 1	A	50	
3.7035	3.7034	Ti 2	A	50	
3.7055		Ti 3	A	50	
3.7065	3.7064	Ti 4	A	50	
3.7125		Ti 6 0,8 Mo 0,8	A	60	
3.7115	3.7114	Ti 6 0,8 Sn 2,8	A	25	
	3.7124	Ti 6 2	A	25	
	3.7134	Ti 6 Mo 1 V 1	A	60	
	3.7144	Ti 6 2,4 Mo 2 Sn 2	B	25	
3.7145	3.7144	Ti 6 2,4 Mo 2 Sn 2 Sn	B	25	
3.7155	3.7154	Ti 6 2,4 Mo 0,5 Sn	B	25	
3.7185	3.7184	Ti 6 V 4	A	50	
3.7195	3.7194	Ti 6 V 4 Sn 2	B	25	
3.7195	3.7194	Ti 4 Mo 4 Sn 2	C	-	
3.7195	3.7194	Ti 3 V 2,5	A	60	
3.7225		Ti 1 Pd	A	60	
3.7235		Ti 2 Pd	A	60	
3.7255		Ti 3 Pd	A	60	

Tabelle 2: Elektronenstrahl-Schweißung von Titanwerkstoffen

Weiterhin enthalten die aufgeführten Tabellen Hinweise, auf welchen Dickenbereich sich die Angabe der Schweißung bezieht und stellt die Verbindung zu den entsprechenden Werkstoffnummern und Bezeichnungen her.

# Bildung im DVS

## Der Ausschuss für Bildung

Der Ausschuss für Bildung (AfB) initiiert Maßnahmen, um das Bildungs- und Zertifizierungsangebot des DVS gegenwärtigen Entwicklungen anzupassen und auf zukünftige Anforderungen vorzubereiten. Gleichzeitig fungiert der AfB als Lenkungs-gremium für die Personalzertifizierungsstelle DVS-PersZert und deren Aktivitäten. Insofern übernimmt der AfB die Rolle eines Strategieausschusses. Unterstützt wird er dabei von der Arbeitsgruppe Schulung und Prüfung (AG SP).

Die Arbeitsgruppe Schulung und Prüfung übernimmt im Bereich „Bildung und Zertifizierung“ die Aufgabe, einheitliches Schulungs- und Prüfungsmaterial im Rahmen der Qualifizierung fúgetechnischer Fach- und Führungskräfte zu erstellen. Dabei werden nationale, aber auch aktuelle europäische und internationale Anforderungen der EWF – European Federation for Welding, Joining Cutting oder des International Institute for Welding (IIW) in den Ausbildungs- und Prüfungsstandards umgesetzt. Weil die AG SP in ihrer Arbeit gleichermaßen die Interessen von Industrie und Handwerk berücksichtigt, schlägt sich der Bedarf

der Wirtschaft unmittelbar in den erarbeiteten Richtlinien nieder. In den Zuständigkeitsbereich der AG SP gehören die Erarbeitung der konkreten Lehr- und Lerninhalte der fúgetechnischen Aus- und Weiterbildung, darüber hinaus aber auch alle weiteren Bereiche, die mit der Schulung und Prüfung zusammenhängen. Dass diese Ausbildungs- und Prüfungsstandards letzten Endes wirklich bundesweit eingehalten und umgesetzt werden, wird durch DVS-PersZert, die Personalzertifizierungsstelle des DVS, gewährleistet.

Um den Transfer neuester Erkenntnisse in der Laser- und Elektronenstrahlschweißtechnik in methodisch-didaktische Bildungskonzepte zu gewährleisten, arbeitet die Fachgruppe 4.7 „Ausbildung Strahlschweißen“ kontinuierlich an neuen Ausbildungsrichtlinien und richtet diese am Bedarf der Wirtschaft aus. So wurde die erste Weiterbildung für das Elektronenstrahlschweißen konzipiert, um Ingenieure, Techniker und Fachmänner auf die Anwendung des Elektronenstrahls vorzubereiten.

### i

Das aktuelle Aus- und Weiterbildungsangebot des DVS finden Sie unter [www.dvs-bildungskatalog.de](http://www.dvs-bildungskatalog.de)

Bild: Fotolia



## Struktur des Ausschusses für Bildung (AfB)



FG: Fachgruppe

## Ausbildungs- und Karrierewege im Bereich des Elektronenstrahlschweißens

### DVS 1199 „DVS-Lehrgang zur Aus- und Weiterbildung für das Elektronenstrahlschweißen in den Stufen Ingenieure, Techniker und Fachkräfte“

Dieser Lehrgang bietet eine Grundlagenausbildung in der Elektronenstrahlschweißtechnik, die Voraussetzung für Personen in Überwachung, Arbeitsvorbereitung, Konstruktion, Ausbildung, Maschinenbedienung, Wartung, technischem Vertrieb und Kundenbetreuung ist.

Hierbei werden neben dem theoretischen Wissen auch praktische Fertigkeiten an der Elektronenstrahlmaschine vermittelt und abschließend geprüft.

Im theoretischen Teil der Ausbildung werden folgende Themen behandelt:

- Elektronenstrahl-Schweißprozess und –maschinen (z. B. Erzeugen des Elektronenstrahls, Sicherheit, Schweißmaschinen und Vorrichtungen, Schweißparameter, Schweißnahtgüte)
- Werkstoffe und ihr Verhalten beim Schweißen (z.B. Schweißeignung metallischer Werkstoffe, Wärmebehandlung, Strahlablendung, Festigkeits- und Korrosionseigenschaften)
- Verfahrensspezifische Konstruktionen (z.B. schweißgerechtes Konstruieren, Verzug, Schweißen mit Zusatzwerkstoffen)

- Fertigung und Anwendungstechnologie (z.B. Vorbereitung des Werkstücks, Strahlsteuerung, Fertigungsbeispiele, Prüfen von Parametern, Erstellen von Schweißanweisungen, Prüfen und Bewerten, Verfahrensprüfungen, Qualitätssicherung, Kosten, Regelwerke)

Die praktische Ausbildung gliedert sich in die folgenden Bereiche:

- Grundlegende praktische Fertigkeiten
- Prüfen der Proben, Erstellen von Berichten

# Fachmedien und Lehrunterlagen zum Elektronenstrahlschweißen

## Die DVS Media GmbH

Geht es um Publikationen und Medien rund um die Themen Fügen, Trennen und Beschichten, ist die DVS Media GmbH die richtige Anlaufstelle. Das Verlagsprogramm umfasst deutsche und fremdsprachige Fachzeitschriften, Fachbücher, Lehrmedien, Merkblätter und Richtlinien, Videos und Software. Die Produkte der DVS Media GmbH bilden sämtliche Tätigkeitsfelder des DVS Verbandes und alle dort erarbeiteten Ergebnisse ab.

Zahlreiche Fachmedien der DVS Media GmbH widmen sich den Arbeitsergebnissen, die in den Bereichen Forschung, Technik und Bildung rund um das Elektronenstrahlschweißen entstanden sind: Dazu zählen Fachbücher und -Zeitschriften genauso wie Ausbildungsunterlagen und einzeln oder in Sammlung erhältliche DVS-Merkblätter.



### Bezugsmöglichkeiten für das DVS-Regelwerk

DVS-Mitglieder haben unter [www.dvs-regelwerk.de](http://www.dvs-regelwerk.de) kostenlosen Zugriff auf alle DVS-Merkblätter und -Richtlinien. Nicht-DVS-Mitglieder können das DVS-Regelwerk unter [www.dvs-media.info](http://www.dvs-media.info) beziehen.

Photo: istockphoto

## Publikationen zum Elektronenstrahlschweißen



### DIN/DVS Taschenbuch 283

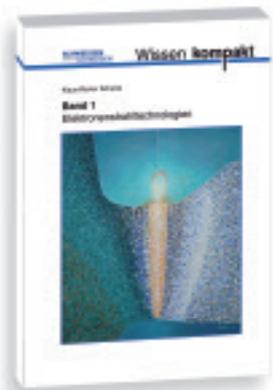
#### Schweißtechnik 6: Elektronenstrahlschweißen, Laserstrahlschweißen Normen, Richtlinien und Merkblätter

Die im Originaltext abgedruckten Normen, Norm-Entwürfe und DVS-Merkblätter dokumentieren den aktuellen Stand der Technik für die Bereiche Elektronenstrahlschweißen und Laserstrahlschweißen. Im Bereich Elektronenstrahlschweißen wurde eine Reihe von DVS-Merkblättern aktualisiert, so u. a. DVS 3201, DVS 3205, DVS 3213 und DVS 3221 (alle Ausgaben 2010). Neu dazu gekommen sind im Bereich Laserstrahlschweißen z. B. die DIN 32532:2009-08 mit Begriffen für Prozesse und Geräte zur Materialbearbeitung und das Merkblatt DVS 3214 zu Ursachen und Abhilfemaßnahmen bei Unregelmäßigkeiten an Laserstrahlschweißnähten.

4. Auflage 2010

554 Seiten, 278 Bilder und Abb., broschiert

ISBN: 978-3-87155-289-2, Artikelnummer: 502890



### Wissen kompakt

#### Elektronenstrahltechnologien

Dieses Buch befasst sich mit den entscheidenden Zusammenhängen bei der Nutzung der Elektronenstrahltechnik zur Materialbearbeitung. Es erläutert in möglichst verständlicher Weise die naturwissenschaftlich-technischen Grundlagen der Elektronenstrahltechnik, die Funktionsweisen verschiedener Maschinensysteme und die Möglichkeiten der vielfältigen Technologien. Es hilft Informationsdefizite zu Elektronenstrahltechnik und -technologien im Bereich der Materialbearbeitung abzubauen.

Das Buch gibt Ingenieuren in der Industrie wie auch Studenten der Fachrichtungen Maschinenbau, Fertigungstechnik u. ä. – nicht nur Schweißtechnikern, sondern vor allem auch Konstrukteuren – eine wichtige Basis zur breiten Nutzung der Potentiale dieser hochmodernen Technologien.

Auch in Englisch erhältlich.

1. Auflage 2012

80 Seiten, 73 Bilder u. Abb., broschiert

ISBN: 978-3-87155-225-0, Artikelnummer: 600701



### DVS-Berichteband 299

#### Forschungsseminar 2014

#### „Der Elektronenstrahl als Werkzeug für die Fügetechnik“ (Arbeitstitel)

Dieser Berichteband enthält die Studie zum oben genannten DVS-Forschungsseminar 2014. Neben der Beschreibung des aktuellen Stands der Technik werden in dieser Studie auch zusätzlich über Befragungen von Wissenschaft und Industrie eine Statusbeschreibung sowie eine Bedarfsanalyse für Forschungsthemen dargestellt.

erscheint: März 2014

ISBN: 978-3-87155-571-8, Artikelnummer: 300299

# Ihre Kontakte für den Bereich „Elektronenstrahlschweißen“

## Ihr Ansprechpartner für Forschung | Technik | Bildung



**Fachreferent:**

Dipl.-Ing. (FH) Christoph Eßer-Ayertey  
T +49. (0)2 11. 15 91-178  
F +49. (0)2 11. 15 91-200

[christoph.esser@dvs-hg.de](mailto:christoph.esser@dvs-hg.de)



**DVS PersZert**

Aachener Str. 172, D-40223 Düsseldorf  
[www.dvs-perszert.de](http://www.dvs-perszert.de)

**Ausschuss für Bildung**

[www.dvs-afb.de](http://www.dvs-afb.de)

**FG 4.7 „Ausbildung Strahlschweißen“**

[www.dvs-aft.de/DVS/ABT/AfB/AGSP/FG4/FG4.7](http://www.dvs-aft.de/DVS/ABT/AfB/AGSP/FG4/FG4.7)

**Obfrau:**

Dipl.-Ing. (FH) Ilka Zajons,  
LZH Laser Akademie GmbH, Hannover



**Deutscher Verband für Schweißen  
und verwandte Verfahren e. V.**

Aachener Str. 172, D-40223 Düsseldorf  
[www.dvs-ev.de](http://www.dvs-ev.de)

**Ausschuss für Technik**

[www.dvs-aft.de](http://www.dvs-aft.de)

**AG V 9.1 „Elektronenstrahlschweißen“**

[www.dvs-aft.de/AfT/V/V9/V9.1](http://www.dvs-aft.de/AfT/V/V9/V9.1)

**Obmann:**

Dr.-Ing. Wilfried Behr, Forschungszentrum Jülich,  
Technologie für Spitzenforschung, (ZEA-1), Jülich

**Stellvertretender Obmann:**

Kurt Leeb, Steigerwald Strahltechnik GmbH, Maisach



**Forschungsvereinigung Schweißen  
und verwandte Verfahren e. V. im DVS**

Aachener Str. 172, D-40223 Düsseldorf  
[www.dvs-forschung.de](http://www.dvs-forschung.de)

**Fachausschuss 6 „Strahlverfahren“**

[www.dvs-forschung.de/fa06](http://www.dvs-forschung.de/fa06)

**Vorsitzender:**

Dr.-Ing. Ronald Holtz,  
Class 4 Laser Professionals AG, Burgdorf, SCHWEIZ

**Stellvertretender Vorsitzender:**

Dr.-Ing. Johannes Weiser, BBW Lasertechnik GmbH, Prutting

## Ihre Ansprechpartner für Fachmedien und Lehrunterlagen



### DVS Media GmbH

Aachener Str. 172, D-40223 Düsseldorf  
www.dvs-media.info

### Elke Kleine

T +49. (0)2 11. 15 91-161, F +49. (0)2 11. 15 91-150  
elke.kleine@dvs-hg.de

### Bernd Hübner

T +49. (0)2 11. 15 91-162, F +49. (0)2 11. 15 91-150  
bernd.huebner@dvs-hg.de



Der DVS unterhält ein enges Netzwerk aus **Forschung, Technik** und **Bildung** als Kernelement der technisch-wissenschaftlichen Gemeinschaftsarbeit.

## Elektronenstrahl- schweißen ist Ihre Verbindungstechnik?

Der DVS steht Ihnen offen.  
Ihre Mitarbeit in unseren Gremien lohnt sich!

- Weil Sie wichtige Neuerungen bei der Regelwerksarbeit als erste(r) erfahren.
- Weil Sie Technologiefelder aktiv mitgestalten.
- Weil Sie technischen Wissenstransfer aus erster Hand erleben.
- Weil Sie Trends frühzeitig erkennen.
- Weil Sie von wichtigen nationalen und internationalen Kontakten profitieren.

Werden Sie ein Teil unseres Netzwerkes, von über **3.000 Unternehmen** und **16.000 Fachleuten**, die mit der Fügetechnik verbunden sind.

**Sprechen Sie uns an!**

Dipl.-Ing. (FH) Christoph Eßer-Ayertey  
T +49. (0)2 11. 1591-178  
christoph.esser@dvs-hg.de

### Im Fokus: Elektronenstrahlschweißen im DVS

wird gesponsert durch



FOCUS GmbH, Hünstetten-Kesselbach



Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik, Aachen



pro-beam AG & Co. KGaA, Planegg



PRÄZISIONSTECHNIK GMBH

PTR Präzisionstechnik GmbH, Maintal/Dörnigheim



STEIGERWALD STRAHLTECHNIK GMBH

Steigerwald Strahltechnik GmbH, Maisach



Wir bringen Luft in Bewegung

TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH, Velen