

# SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN

Fachzeitschrift für Schweißen und verwandte Verfahren

DVS

1-2

2024

76. Jahrgang

## Sanarc® by Nippon Gases Für alle, die nach Perfektion streben.

Sanarc High Performance Gase heben das Leistungs- und Qualitätsniveau über den Standard hinaus, auch bei komplexen Prozessen.

Nippon Gases hat mit seinen jahrzehntelangen Erfahrungen Produkte und Technologien entwickelt, die den strengsten Anforderungen der Anwender gerecht werden.



[nippongases.com](http://nippongases.com)



Schwerpunkt:  
Schweißen von  
Mischverbindungen

Berechnung von  
Schweißraupenhöhen  
im WAAM-Verfahren

Kunststoffbeschichtete  
Karbiddüsen beim Licht-  
bogenauftragschweißen

Herstellung  
beanspruchungs-  
gerechter Oberflächen

# ENERGIE, RESSOURCEN UND KOSTEN SPAREN

## So einfach geht es!

Beispiel:

**12.760 kWh / Jahr**

Stufengeschaltetes Schweißgerät

**9.108 kWh / Jahr**

EWM Titan XQ 350 plus

**Einsparung  
pro Jahr / Gerät:  
3.652 kWh =  
2,65t CO<sub>2</sub>**



Mehr Informationen





# Liebe Leserinnen, liebe Leser,

in Ihren Händen halten Sie die erste Ausgabe der **SCHWEISSEN und SCHNEIDEN** 2024 – in neuem Gewand. Mit dem neuen Jahr hat sich einiges verändert: nicht nur konnten wir unsere Redaktion weiter ausbauen, um Ihnen in Zukunft noch bessere Inhalte liefern zu können, auch eine zeitgemäße Optik prägt nun unser Erscheinungsbild. Doch nicht nur äußerlich hat sich etwas verändert – auch inhaltlich haben wir uns neu aufgestellt: Wir haben uns vorgenommen, noch näher am Puls der Zeit zu sein, die neuesten Trends im Schweißbereich aufzuspüren und Ihnen zu präsentieren.

## Neue Inhalte, gewohnte Qualität

Im Mittelpunkt unserer neuen Ausrichtung steht der Dialog. Wir setzen vermehrt auf Interviews mit Experten, Branchenführern und innovativen Köpfen. Diese Gespräche ermöglichen Ihnen nicht nur Einblicke in aktuelle Entwicklungen, sondern bieten auch direkte Einblicke in die Erfahrungen und Einschätzungen von Fachleuten.

Technische Fachartikel bleiben selbstverständlich weiterhin das Herz unseres Magazins. Hochwertige Beiträge von Experten werden weiterhin praxisnahes Wissen und wissenschaftliche Erkenntnisse rund um die Fügetechnik liefern – Peer Reviewed. Unser Ziel ist es, Ihnen fundiertes Fachwissen zu vermitteln, das Sie in Ihrer täglichen Arbeit unterstützt.

## Die erste Ausgabe 2024

Die vorliegende Ausgabe widmet sich dem Schwerpunktthema **Schweißen von Werkstoffkombinationen**. Von den Herausforderungen über Gefahren bis hin zu innovativen Lösungen gewähren wir Einblicke rund um das Thema.

Im Interview verraten beispielsweise Frank Bartels und Erwan Siwert, wie die EWM GmbH mit diesem Thema umgeht. Die Schweizer Sicht zum Fügen mit dem Elektronenstrahl in diesem Kontext gewährt uns Peter Schmidt, Geschäftsleiter der SwissBeam AG.

Die neue Materialien Bayreuth GmbH rundet mit ihrem Bericht zu einer neuen Prozessroutine für das Diffusionsschweißen bei herausfordernden Werkstoffkombinationen das Thema ab.

Komplettiert wird das Magazin, wie gewohnt, durch wissenschaftliche Fachbeiträge: Wie Schweißraupenhöhen bei mehrlagigem Drahtauftragschweißen zur Anwendung in der Additiven Fertigung mit dem WAAM-Verfahren berechnet werden können, erläutern Stefan Krinke et al. Den Einfluss des Verfahrens zur Zugabe von Karbidbildnern auf die Struktur und die Eigenschaften aufgeschweißter Schichten beleuchten Valerii Peremitko und seine ukrainischen Kollegen. Und schließlich gibt Lorenz Engelking mit dem Team der BAM und der ISAF Einblicke in die Herstellung beanspruchungsgerechter Oberflächen.

Ihre Anregungen und Feedback sind uns wichtig. Teilen Sie Ihre Gedanken mit uns, damit wir unser Magazin noch besser an Ihre Bedürfnisse anpassen können.

Viel Spaß beim Lesen!

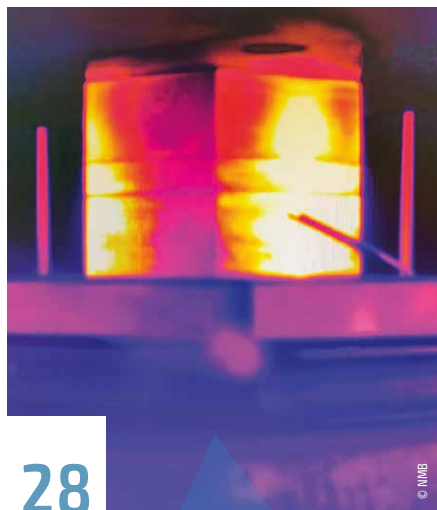


Sarah Gottschalk  
Chefredaktion





12



28



40

Die nächste Tagung Copper Alloys 2024 findet in Stockholm statt

Wärmebildaufnahme des Diffusionsschweißprozesses

Außenansicht der Anlage zum Füllband-Auftragschweißen

*Fügen von Werkstoffkombinationen*

## AKTUELLES

- 08 Politik & Wirtschaft
- 12 Veranstaltungen
- 14 Aus Unternehmen

## SCHWERPUNKT

- 24 Interview: Kern-Know-how optimieren
- 27 Kommentar: Werkstoffkombinationen fügen mit dem Elektronenstrahl
- 28 Bericht: Herausfordernde Werkstoffkombinationen schneller verbinden: eine neue Prozessroutine für das Diffusions-schweißen
- 30 Zahlen & Fakten

## FACHBEITRÄGE

- 32 Modell zur Berechnung der Schweißraupenhöhen beim mehrlagigen Drahtauftragschweißen zur Anwendung für die Additive Fertigung (WAAM)  
S. Krinke et al.
- 40 Einfluss des Verfahrens zur Zugabe von Karbidbildnern auf die Struktur und die Eigenschaften aufgeschweißter Schichten  
V. Peremitko et al.
- 48 Herstellung beanspruchungsgerechter Oberflächen durch Kombination innovativer additiver und abtragender Fertigungsschritte an hochbelasteten Komponenten  
L. Engelking et al.







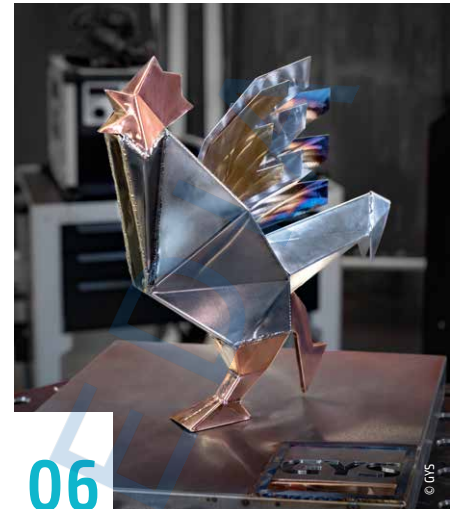
54

Bremsscheibe mit  
aufgetragener Laserbeschichtung



73

Der Neubau des BBZ Schiene zur  
Eröffnungsveranstaltung



06

Französische Schweißer verschen-  
ken das französische Wappentier

## TECHNOLOGIE & TRENDS

- 54 Laser-Kompetenzzentrum definiert neue Standards in der Oberflächentechnik und in den additiven Fertigungstechnologien
- 56 Laserstrahl-Mikrobearbeitung für Medizintechnik und Feinmechanik
- 60 DVS CONGRESS 2023 – Teil 2: Bericht über die Vorträge der Vortragsveranstaltungen des DVS in Essen
- 70 Geschichte der Schweißtechnik: Historisches bewahren – aus der Geschichte lernen

## VERBAND

- 72 Landes- und Bezirksverbände
- 73 Berufsbildungszentrum Schweißen im Schienenfahrzeugbau in der SLV Halle feierlich eröffnet
- 76 12. GMM/DVS-Fachtagung EBL 2024 – Elektronische Baugruppen und Leiterplatten im März in Fellbach
- 76 Wir gratulieren

## STANDARDS

- 03 Editorial
- 06 Bild des Monats
- 78 Veröffentlichungen
- 80 Inserentenverzeichnis
- 80 Vorschau
- 80 Impressum
- 82 ABC der Fügetechnik









Zum Jahrestag der deutsch-französischen Freundschaft schenken die französischen Schweißer ihrer deutschen GYS Niederlassung in Aachen das französische Wappentier, den Hahn. Geschweißt wurde mit der TITANIUM 400 AC/DC, dem WIG-Flaggschiff des französischen Herstellers. Anspruchsvolle Schweißaufgaben mit VA-Stählen sind für viele Standard, aber die Lichtbogenfamilie Wizard Alu-Aero ist im Alu-Dünnsblechbereich zusätzlich ungewohnt geräuscharm. Die 66 dB im Mittel machen den Unterschied.

GY S GmbH ■



## Weltverband der Messewirtschaft UFI: Fünf Trends für das Messejahr 2024

Zwei Jahre hat die Messewirtschaft weltweit gebraucht, um die Folgen der Corona-Pandemie zu überwinden. Seitdem kämpft die Branche mit weiteren Herausforderungen, dem globalen Inflationsdruck, neuen Kriegen und wachsenden geopolitischen Spannungen. Die Messewirtschaft hat sich dennoch erholt und ist auf den Wachstumspfad zurückgekehrt. Was wird die Branche in den kommenden 12 bis 18 Monaten prägen? Kai Hattendorf, Geschäftsführer des Weltverbandes der Messewirtschaft UFI, hat die Beobachtungen im Dezember 2023 in fünf Trends zusammengefasst.

### Fokus auf die spezifischen Kundenbedürfnisse

Gespräche und Umfragen zeigen, dass sich die Messebranche immer stärker auf die spezifischen Bedürfnisse der Kunden konzentriert. Auch wenn dies für jedes Unternehmen selbstverständlich sein sollte, so sei zu sehen, dass sich die Erwartungen und Anforderungen in diesem Bereich immer schneller weiterentwickeln, so Hattendorf. Das reicht von Echtzeitdaten auf der Messe bis hin zu Gender-Richtlinien, von Kohlenstoff-Budgets bis zum Matchmaking. Im Jahr 2024 werde die Branche weiterhin viel lernen und sich anpassen müssen, wobei viele der neuen, jungen Talente, die in die Messewirtschaft kommen, ihre Fähigkeiten aus anderen Branchen einsetzen werden.

### Vorschriften zur Klimakrise

Im Jahr 2023 lag die globale Oberflächentemperatur zum ersten Mal teilweise um 1,5 °C höher als in vorindustriellen Zeiten, da die Erde das im Durchschnitt heißeste Jahr seit Beginn der Menschheit erlebte. Extreme Wetterbedingungen werden zu häufigeren Absagen und Verschiebungen von Veranstaltungen führen. Sie werden sich auch auf Reisen und Messebesuche auswirken. Es werden klimabezogene Berichtsstandards eingeführt. Immer mehr Unternehmen setzen Prioritäten bei ihren Investitionen, um ihre Emissionsziele zu erreichen. Die „Net Zero

Carbon Events“-Initiative liefert bewährte Praktiken und sich entwickelnde Industriestandards, aber die Branche müsse schneller werden und über die „niedrig hängenden Früchte“ hinausgehen, so Hattendorf.

### Künstliche Intelligenz ist da, und sie verändert alles

Die Einführung des ersten iPhones am 9. Januar 2007 war ein Wendepunkt für viele Branchen, auch für die Messewirtschaft. Mit der zunehmenden Verbreitung von Smartphones änderte sich die Art und Weise, wie der Besuch auf den Messen in aller Welt organisiert werden sollte. 15 Jahre später wurde Chat GPT öffentlich vorgestellt, das derzeit bekannteste Beispiel für generative künstliche Intelligenz (GenAI). Nach dem anfänglichen Hype ist klar, dass 2024 das Jahr sein wird, in dem Unternehmen und Branchen sehr schnell beginnen werden, GenAI zu nutzen, um Entwicklungen voranzutreiben, auch die Messewirtschaft.

### Verstärkung der Branchen-Identität

Die Messewirtschaft hat nach der Pandemie ein spektakuläres Comeback hingelegt, aber nur wenige Menschen haben dies zur Kenntnis genommen, sei es in den Medien oder in den Interessengemeinschaften. Auch wenn dies nach wie vor ein Problem für die gesamte Veranstaltungsbranche sei, gibt es nach Hattendorfs Ansicht Fortschritte bei der Ausrichtung auf neue Narrative. Bemühungen, die sich auf Fragen der Veranstaltungsbranche, der Talentakquise und des regulatorischen Rahmens konzentrieren, erhalten mehr Aufmerksamkeit. Bei der Wahrnehmung und Positionierung der Branche seien Erfolge sichtbar – sowohl auf lokaler als auch auf globaler

Ebene. Davon brauche die Branche im Jahr 2024 mehr.

### Branchenkonsolidierung und neue Akteure

Die Messewirtschaft bleibt ein Wirtschaftszweig mit einem umfassenden „Ökosystem“ unterschiedlicher Akteure, aber nach der coronabedingten Pause wird sich die Konsolidierung der Branche fortsetzen und wahrscheinlich noch beschleunigen – sowohl auf der Seite der Messeveranstalter als auch unter den Betreibern von Veranstaltungsorten und den Zulieferern der Branche. Unternehmen mit einer gewissen Größe sind darauf besser vorbereitet, die wachsende globale Komplexität der Branche zu bewältigen. Gleichzeitig wird eine neue Kohorte von Start-ups und schnell wachsenden neuen Marktteilnehmern davon profitieren, dass sie kleiner und wendiger sind. Dies wird ihnen ein schnelles Wachstum in ihren jeweiligen Schwerpunktbereichen ermöglichen.

Weitere Informationen:  
[www.ufi.org](http://www.ufi.org) und [www.auma.de](http://www.auma.de)

UFI – The Global Association of the Exhibition Industry / AUMA – Ausstellungs- und Messe-Ausschuss der Deutschen Wirtschaft e. V. ■



Kai Hattendorf, CEO des Weltverbandes der Messewirtschaft UFI (© UFI)

## DIHK-Innovationsreport: Fachkräftemangel und Bürokratie als größte Hemmnisse

Der Mangel an Fachkräften und die zunehmende Bürokratie bremsen die Innovationsfähigkeit der deutschen Wirtschaft stark aus – und das in einem aktuell für die Unternehmen schwierigen wirtschaftlichen Umfeld. Das zeigt der Innovationsreport 2023 der Deutschen Industrie- und Handelskammer (DIHK), der im Dezember veröffentlicht wurde.

Dem Report liegen die Angaben von mehr als 2.200 Betrieben zugrunde. Demnach ist die Innovationsbereitschaft der deutschen Wirtschaft auf den niedrigsten Stand seit der ersten Erhebung im Jahr 2008 gesunken. Wollten bei der letzten Befragung vor drei Jahren noch knapp die Hälfte der Unternehmen ihre Innovationsaktivitäten ausweiten, planen dies heute nur noch rund ein Drittel. 15% der befragten Betriebe in Deutschland möchten ihre Innovationsaktivitäten sogar verringern.

### Unternehmen durch Personalnot ausgebremst

Den Rückmeldungen zufolge ist der Fachkräftemangel mittlerweile zum Innovationshemmnis Nummer eins geworden. Fast drei Viertel der Unternehmen sehen sich durch ihre begrenzten personellen Kapazitäten ausgebremst. An zweiter Stelle stehen die hohen bürokratischen Anforderungen. Mehr als zwei Drittel der Betriebe beklagen, dass die Bürokratie sie in ihren Innovationen einschränkt. Dazu zählen komplexe Zulassungs- und Genehmigungsverfahren ebenso wie kleinteilige Dokumentationspflichten.

„Viele Unternehmen sind vollauf damit beschäftigt, mit den aktuellen Herausforderungen klarzukommen“, berichtet DIHK-Hauptgeschäftsführer Martin Wansleben. „Sie kümmern sich um das Kerngeschäft, sie sind beschäftigt mit dem Einhalten oder Umsetzen von Vorschriften und haben dann kaum noch Ressourcen für die Entwicklung neuer Produkte oder Dienstleistungen. Diesen Trend müssen wir unbedingt umkehren, damit Deutschland wieder an seine klassischen Stärken anknüpfen kann.“

### Schränken die folgenden Faktoren Ihre Innovationsaktivitäten ein?

Ja-Angaben in Prozent (gerundet)



Quelle: DIHK-Innovationsreport 2023

© DIHK

### Innovation wandert ins Ausland ab

Dass die Zeit drängt, zeigt auch das steigende Interesse am Aufbau von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (FuE) im Ausland. Wollte bei der Vorumfrage nur ein Viertel der Unternehmen FuE-Kapazitäten außerhalb von Deutschland aufbauen, so ist es mittlerweile bereits ein Drittel.

Wansleben: „Neue Ideen und Produkte ‚Made in Germany‘ brauchen wir jedoch dringender denn je, um wirtschaftlich wieder auf die Beine zu kommen. Der Wirtschaftsstandort Deutschland lebt von der Innovationskraft seiner Unternehmen. Wenn Deutschland den Sprung in die Zukunft schaffen soll, muss es jetzt schnell Signale der Politik an die forschenden Unternehmen geben. Wir brauchen Innovationsbeschleuniger!“

### Ohne Freiräume keine Exportschlager

Insgesamt sei ein innovationsfreundliches Umfeld erforderlich, „das den Unternehmen Freiräume lässt, neue Exportschlager zu entwickeln“, erläutert Wansleben. „Dazu gehören technologieoffene Förderprogramme, die schnell und bürokratiearm die Unternehmen erreichen, niederschwellige Möglichkeiten, mit der Wissenschaft zu kooperieren und Reallabore, um Innovationen zu erproben. Diese Punkte sollte auch die geplan-



DIHK-Hauptgeschäftsführer Martin Wansleben  
(© DIHK / Paul Aidan Perry)

te Deutsche Agentur für Transfer und Innovation DATI aufgreifen.“

Die kompletten Umfrageergebnisse zum kostenfreien Download:  
[bit.ly/innovationsreport-2023](https://bit.ly/innovationsreport-2023)  
oder über den QR-Code



DIHK – Deutsche Industrie- und Handelskammer ■



## AiF, DIN und DKE bündeln Kräfte für den innovativen Mittelstand

Normung, Standardisierung und Technologietransfer – diese zum Teil ‚uralten‘ Innovationen aus Deutschland sind heute fundamental wichtig für den Erfolg des Transformationsprozesses der Wirtschaft und damit für einen realen Klimaschutz. Um das Innovationsengagement des deutschen Mittelstandes stärker zu fördern, bündeln die AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e.V., das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) und die Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE) nun ihre Kräfte und Expertise.

„Mittelständische Unternehmen machen 99,5 % der deutschen Wirtschaft aus“, erklärt Professor Michael Bruno Klein, Hauptgeschäftsführer der AiF, deren transformatorische Bedeutung. Hochrangige Akteure von AiF, DIN und DKE haben Ende November 2023 eine Absichtserklärung unterzeichnet und damit ihre engere Zusammenarbeit zugunsten des forschenden Mittelstandes bekundet. Gemeinsames Ziel ist es, die Innovationskraft des Industriestandortes Deutschland nachhaltig zu steigern.

### Sicherheit und Funktionalität von Produkten und Anlagen gewährleisten

„Normen unterstützen den weltweiten Handel und dienen der Sicherheit, Interoperabilität und Funktionalität von Produkten und Anlagen“, hebt DKE-Geschäftsführer Michael Teigeler hervor. In der vom Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE) getragenen DKE erarbeiten rund 10.000 technische Experten Normen und Standards, die unter anderem die Sicherheit elektrotechnischer, elektronischer und informationstechnischer Produkte und Anlagen gewährleisten.

Das bereits 1917 gegründete, unabhängige DIN leistet heute einen wichtigen Beitrag als Mitgestalter des digitalen und grünen Wandels. Rund 36.500 Experten aus Wirtschaft und Forschung, von Verbraucherseite und der öffentlichen Hand bringen ihr Fachwissen in den Normungsprozess ein, den DIN als privat-



V. l. n. r.: Alexandra Horn (Leiterin KMU und Verbandskooperationen bei DIN), Hermann Behrens (Head of Science and Research Relations bei DIN), Prof. Dr. habil. Michael Bruno Klein (AiF-Hauptgeschäftsführer), Sibylle Gabler (Mitglied der DIN-Geschäftsleitung), Dr. Stefan Heusinger (Leiter VDE/DKE-Innovationen beim VDE), Michael See (Projekt- und Produktmanager KMU bei der DKE) und Jan-Frederik Kremer (Geschäftsführer der AiF FTK GmbH). (© AiF e. V.)

wirtschaftlich organisierter Projektmanager steuert. „Normen und Standards fördern den Technologietransfer und sind somit ein wichtiger Katalysator für Innovationen weltweit. Sie unterstützen so die nationale und internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft“, erklärt Sibylle Gabler, Mitglied der DIN-Geschäftsleitung, und AiF-Hauptgeschäftsführer Klein ergänzt: „Gleichzeitig ist es unser gemeinsames Bestreben, anwendungsorientierte Forschung im deutschen Mittelstand zu erleichtern.“

Die AiF ist das industriegetragene Netzwerk zur Förderung von Forschung, Transfer und Innovation im Mittelstand. Als Dachverband von rund 100 gemeinnützigen Forschungsvereinigungen mit 50.000 eingebundenen Unternehmen und 1.200 beteiligten Forschungseinrichtungen verfügt die AiF über eine einzigartige Infrastruktur, um Wirtschaft und Wissenschaft effizient und branchenübergreifend zu verknüpfen.

Die drei Organisationen planen, insbesondere in den Zukunftsbereichen Circular Economy, Wasserstofftechnologien, Künstliche Intelligenz/IoT, Ressourceneffizienz, Transformation des Energiesystems sowie Foresight (strategische

Vorausschau) und anderen Innovationsthemen zu kooperieren. Konkret soll, laut der gemeinsamen Erklärung, der Mehrwert von Standardisierung und Normung als Transferinstrument für Forschungsergebnisse sichtbarer gemacht sowie ein Schulungsprogramm für Transfermanager und Multiplikatoren aus dem Bereich kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) entwickelt werden.

### Niederschwellige Informations- und Vernetzungsformate

Bereits in Umsetzung sind niederschwellige Informations- und Vernetzungsformate über das AiF InnovatorsNet, wie zum Beispiel die Reihe ‚DIN-Spotlight‘. Das AiF-InnovatorsNet ist eine Community, die Unternehmen, Start-ups, Forschungseinrichtungen, Institutionen und Personen digital und analog miteinander verbindet. Es hilft seinen Mitgliedern dabei, Netzwerke zu erschließen, ihr Geschäftsmodell weiterzuentwickeln sowie Wachstum und Innovationen voranzutreiben. Gemeinsam mit DIN und DKE werden die Themen ‚Normung und Standardisierung‘ fest in einer Co-Community im Rahmen des AiF-InnovatorsNet verankert.



Alle drei Partner sprechen sich ebenfalls für eine Stärkung des Förderprogramms Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) des Bundeswirtschaftsministeriums und für eine Integration von Normung und Standardisierung in Projekten der IGF und des Zentralen

Innovationsprogramms Mittelstand aus. Darüber hinaus streben sie im Rahmen der nationalen ‚Normungsroadmap Wasserstoff‘ mehr Einfluss mittelständischer Interessen an. „Wir wollen den Mittelstand frühzeitig beim Normungspotenzial von Zukunftsthe-

men mitnehmen“, fasst Klein zusammen.

Weitere Informationen: [www.aif.de](http://www.aif.de)

AiF – Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. ■

## Ein Jahr Deutsches Strategieforum für Standardisierung

Am 12. Dezember 2023 hat das nationale Strategieforum für Standardisierung unter Vorsitz der Parlamentarischen Staatssekretärin Dr. Franziska Brantner im Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) erste Ergebnisse vorgelegt. Das vom BMWK einberufene Gremium führender Personen aus Unternehmen, Verbänden, Wissenschaft, Normungsorganisationen, Verwaltung und Gesellschaft berät die Bundesregierung seit Anfang 2023, um die Rolle Deutschlands in der internationalen Normung zu stärken. Das Forum hat sich neben den zentralen Themen Wasserstoff, Circular Economy, KI, Daten und Quantentechnologien sowie Gleichstrom auch der Gewinnung dringend benötigter Experten angenommen und erste Empfehlungen erarbeitet.

### Entscheidende Faktoren der digitalen und nachhaltigen Transformation

Internationale Normen und Standards sind entscheidende Faktoren der digitalen und nachhaltigen Transformation. Sie machen politische Anforderungen an die Kreislaufwirtschaft oder die Energieeffizienz für Unternehmen umsetzbar und sorgen für eine möglichst weltweite Interoperabilität technischer und digitaler Lösungen. Damit sind sie auch ein bedeutendes Instrument einer erfolgreichen Standort- und Wettbewerbspolitik: Wer internationale Normen prägt, verschafft hiesigen Unternehmen einen klaren Wettbewerbsvorteil auf globalen Märkten.

„Das Strategieforum legt einen klaren Fokus auf die europäische und internationale Ebene: Hier müssen wir in manchen Themenfeldern, wie zum Beispiel Daten oder Wasserstoff deutlich stärker werden“, so Franziska Brantner. „Wir

müssen aber auch bereits bestehende internationale Normen bei ISO, IEC, ITU und anderen zeitnah auf eine mögliche Übernahme prüfen, um vor allem die digitale Transformation unserer Wirtschaft zügig umzusetzen – wie in der KI-Normung –, um so wichtige Anwendungen schneller in den Markt zu bringen. Auch ein horizontaler ‚Digitaler Produktpass‘ beschleunigt die Transformation der Wirtschaft und schafft einen entscheidenden Vorteil für den Standort Deutschland. Damit werden wichtige Produktinformationen entlang der gesamten Wertschöpfungskette digital abrufbar.“

### Ziel: starke Verzahnung bei den Zukunftstechnologien

Das Forum bringt alle Gruppen von Akteuren an einen Tisch, um bei den Zu-

kunftstechnologien eine starke Verzahnung zu erreichen. Beim Wasserstoff wird deshalb auf eine Koordinationsplattform in Deutschland gesetzt, um die Ressourcen und Aktivitäten auch im EU-Verbund zu bündeln und strategisch auf die internationale Normung auszurichten.

Weiterer Schwerpunkt des Forums für die effiziente Nutzung erneuerbarer Energien und das Gelingen der Energiewende ist das strategische Thema Gleichstrom: Hier sollen jetzt zügig Bedürfnisse für eine Normung, aber auch eine Regulierung identifiziert werden. Die finanzielle Unterstützung der Mitarbeit an der Normung und die Nachwuchsförderung sind ebenfalls wichtige horizontale Themen im Gremium, um den Einfluss deutscher Experten europäisch und international abzusichern. Das nationale Strategieforum arbeitet zudem eng mit dem europäischen Pendant, dem ‚High-Level Forum on European Standardisation‘, zusammen, in dem Franziska Brantner Deutschland vertritt.

Das nach einer Ausschreibung zusammengesetzte ‚Deutsche Strategieforum für Standardisierung‘ besteht aus 42 Mitgliedern.

Kurzzusammenfassung der Arbeitsergebnisse: [www.bit.ly/bmwk-strategieforum](http://www.bit.ly/bmwk-strategieforum) oder über den QR-Code



Dr. Franziska Brantner ist Parlamentarische Staatssekretärin im Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und Vorsitzende des nationalen Strategieforums für Standardisierung. (© Edith Forster)

BMWK Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz ■



Die nächste Tagung Copper Alloys 2024 findet am 8. und 9. Oktober in Stockholm statt. (© unsplash.com/Raphael Andres)

## Call for Papers: Internationale Tagung Copper Alloys 2024 in Stockholm

In Kooperation mit dem schwedischen Institut RISE (Research Institute of Sweden) veranstaltet der Kupferverband alle zwei Jahre einen internationalen Kongress für kupferverarbeitende Unternehmen, Universitäten und Forschungseinrichtungen, der die neuesten wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen rund um die Verwendung von Kupferwerkstoffen präsentiert. Die anwendungsbezogene Veranstaltung bietet der gesamten Kupferbranche einen Fachaustausch auf internationaler Ebene.

Die Konferenzthemen befassen sich mit globalen Herausforderungen, damit ver-

bundenen Verbesserungen und Anpassungen der Technologie sowie mit neuen Anwendungen und Verfahren. Schwerpunktthemen sind unter anderem:

- Die Bedeutung von Kupferwerkstoffen für eine nachhaltige Zukunft
- Raffination und Recycling, Materialverarbeitung
- Legierungsdesign, Substitution von kritischen Elementen
- Materialanalyse und Digitalisierung
- Produktion wie Gießen, Fügen und additive Fertigung
- Kupferlegierungen und -produkte für verschiedene Anwendungen, u. a. Verkehr, Elektrifizierung, Wasserstoff,

Trinkwasser, Verteilung und antimikrobielle Systeme

- Korrosionsbeständigkeit

Die nächste Tagung Copper Alloys 2024 findet am 8. und 9. Oktober im Clarion Hotel Sign in Stockholm/Schweden statt und bietet neben den Fachvorträgen ein interessantes Rahmenprogramm. Die Tagungssprache ist Englisch. Abstracts können bis zum 15. Februar 2024 eingereicht werden.

Weitere Informationen:  
[www.copperalloys.eu](http://www.copperalloys.eu)

Kupferverband e. V. ■



## BLE.CH 2024 in Bern: Schweizer Branchentreffpunkt für Blech-, Metall- und Stahlbearbeitung

Vom 13. bis 15. März 2024 findet auf dem Bernexpo-Areal in Bern wieder die Messe BLE.CH statt. Als führende Fachmesse für die Blech-, Metall- und Stahlbearbeitung in der Schweiz bietet sie Herstellern, Anbietern und Fachbesuchern eine einzigartige Plattform, um die neuesten Entwicklungen und Technologien in der Branche zu präsentieren und zu erkunden.

Mit rund 100 Ausstellern und voraussichtlich etwa 5.000 Besuchern hat sich die BLE.CH als eigenständige Messe bewährt und avanciert zur zentralen Schweizer Plattform für Unternehmen, die in der Metallverarbeitungsindustrie tätig sind. Sie wird auch künftig alle zwei Jahre – jeweils im Frühling der geraden Jahre – in Bern stattfinden.

Die Veranstaltung im Jahr 2024 wird einen Schwerpunkt auf das Themengebiet Stanzen, Biegen und Abkanten mit Folgebearbeitung aus dem Werkzeugbau legen. Zudem werden erweiterte Networking-Möglichkeiten geboten, um Diskussionen über Produktionsprozesse und relevante Querschnittsthemen zu fördern.

### Themenparks zu technologieunabhängigen Themen

Die Themenparks legen den Fokus auf technologieunabhängige Themen. Das Ziel ist es, den Besuchern Denkanstöße und Raum für das Abgleichen mit der eigenen Unternehmung mit auf den Weg zu geben. Dies geschieht in Form von Exponaten, kompetentem Personal und Fachreferaten im Forum. Die Themen reichen



Die BLE.CH 2024 bietet eine Plattform für die neuesten Entwicklungen und Technologien in der Metallbearbeitung. (© Bernexpo)





von Sicherheit am Arbeitsplatz über Nachhaltigkeit und Umweltschutz sowie Innovation bis hin zu Fachkräftemangel.

Über 50 namhafte Unternehmen haben bereits ihre Teilnahme an der BLE.CH 2024 zugesagt – Firmen, die sich mit der Fertigung von Blech beschäftigen, mit vor- oder nachgelagerten Prozessen, mit maschineller Bearbeitung oder Oberflächenbehandlung, mit Verbindungstechnik oder Montage, mit Engineering oder Handel.

### **Vielseitiges Vortragsprogramm**

Im Rahmen des begleitenden Vortragsprogramms werden spannende Einblicke namhafter Referenten erwartet: Prof. Benedikt Hell von der Fachhochschule Nordwestschweiz beleuchtet den sich wandelnden Arbeitsmarkt und zeigt, wie Unternehmen im heutigen Arbeitnehmermarkt erfolgreich agieren können. Christian Leinenbach, Leiter der Gruppe ‚Advanced processing & additive manufacturing of metals‘ an der Empa (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt), präsentiert innovative Verfahren in der Stahlproduktion und erläutert die wegweisenden Umwelttechnologien der Zukunft.

Dr. Roland Krischek von der Suva (Schweizer Unfallversicherungsanstalt) sensibilisiert für den zunehmenden Einsatz handgehaltener Laserstrahlschweiß- und Laserstrahlreinigungsgeräte und zeigt auf, welche Schutzmaßnahmen beim Einsatz dieser innovativen Technologien unerlässlich sind. Alle Details rund um das Vortragsprogramm gibt es online unter [https://ble.ch/de/conference\\_talks](https://ble.ch/de/conference_talks).

### **Kostenfrei auf die Messe**

Interessenten haben die Möglichkeit, sich über den Ticketshop der Bernexpo ein kostenfreies Ticket für den Messebesuch zu sichern. Dies ist möglich über den abgebildeten QR-Code (linke Seite) bzw. <https://online.bernexpo.ch/webshop/217/tickets> unter Eingabe des Ticketcodes 6916667951.

Weitere Informationen: [www.ble.ch](http://www.ble.ch)

Bernexpo ■



**böhler**welding  
by voestalpine



## LASTING CONNECTIONS

Die perfekte Abstimmung von Schweißgeräten, Schweißzusätzen und Technologien in Kombination mit unserem renommierten Anwendungs- und Prozess-Know-how bietet die beste Lösung für Ihre Anforderungen. Eine echte und dauerhafte Verbindung zwischen Menschen, Produkten und Technologien. Das Ergebnis ist, was wir versprechen: Komplettlösungen für dauerhafte Verbindungen.

Scannen für  
Zusatz-  
informationen







Mehr Platz, moderne Ausstattung: Die Baumaßnahmen in der Landeszentrale von Fronius Deutschland in Neuhof-Dorfborn haben bereits begonnen. (© Fronius Deutschland)



Ewald Eisner, Geschäftsführer der Fronius Deutschland GmbH (© Fronius Deutschland)

## Fronius: Weiteres Wachstum und mehr Kundennähe an den deutschen Standorten

Die Weichen für weiteres Wachstum stellt Fronius jetzt an seinen deutschen Standorten: Zum einen wird der Anbieter von Photovoltaik, Schweiß- und Batterieladetechnologien die Landeszentrale in Neuhof-Dorfborn bei Fulda deutlich vergrößern. Zum anderen gibt es zwei neue Niederlassungen in Nordrhein-Westfalen und in Norddeutschland. „Wir wollen unsere deutschen Standorte so ausrichten, dass wir die Kunden bestmöglich mit effizienten und nachhaltigen Lösungen unterstützen können“, erklärt Ewald Eisner, Geschäftsführer der Fronius Deutschland GmbH. „Mit den geplanten Erweiterungen sind wir in der Lage, schneller zu reagieren, haben aber auch mehr Möglichkeiten, umfangreiche Services anzubieten.“

### Größtes Projekt: Aufstockung der Landeszentrale

Das größte Projekt ist die Aufstockung der Landeszentrale in Neuhof-Dorfborn. Hier entstehen zusätzlich 1.265 m² Nutzfläche, die Büros bieten Platz für rund

80 Mitarbeitende mit Besprechungs- und Rückzugsräumen. Es gibt aber auch sogenannte Coffices – eine Mischung aus Café und Büro. Die neuen Räume sollen im ersten Quartal 2024 bezugsfertig sein.

In Norddeutschland hat Fronius Deutschland in Winsen, südöstlich von Hamburg, im Januar 2024 eine neue Niederlassung mit 1.130 m² Gesamtfläche bezogen. Etwa zwei Drittel davon werden für Anwendungstechnik und Service sowie Lager genutzt, der Rest für Büros und Sozialräume. Dort werden die Vertriebs- und Serviceaktivitäten der bisherigen Teams in Oldenburg und Glinde zusammengeführt.

„Mit der Fusionierung bündeln wir unsere Kräfte und gehen mit einer gestärkten Struktur in die Zukunft“, erklärt Ewald Eisner. „Wir haben in Winsen den erforderlichen Platz und das nötige Umfeld für unser geplantes Wachstum. Davon wird die gesamte Region profitieren.“ Bereits abgeschlossen sind die Maßnahmen in Nordrhein-Westfalen: Der Stand-

ort in Siegen wurde nach Meinerzhagen verlegt. Im neuen Gebäude mit 1.080 m² Gesamtfläche freuen sich die Schweißexperten über die hochwertige Ausstattung und die großzügigen technischen Bereiche für Roboteranwendungen.

### Neue Niederlassungen mit verkehrsgünstiger Anbindung

Die neuen Niederlassungen in Winsen und Meinerzhagen ermöglichen für Fronius Deutschland mehr Nähe zum Kunden durch die verkehrsgünstigen Anbindungen. Zudem lässt sich ein umfangreicher Service mit der optimierten Anwendungstechnik und der vergrößerten Fläche leichter umsetzen: „Beide Standorte bieten genügend Raum für kundenspezifische Schulungen und für Reparaturen, das war uns wichtig“, ergänzt Eisner.

Weitere Informationen:  
[www.fronius.com](http://www.fronius.com)

Fronius Deutschland GmbH ■

## Neuer Leiter Werkstofftechnik im Swiss Safety Center

Dr. Daniel Galsterer leitet künftig den Bereich Werkstofftechnik der Swiss Safety Center AG im schweizerischen Wallisellen. Galsterer ist promovierter Ingenieur der Werkstoffwissenschaften. In seiner bisherigen Berufstätigkeit erwarb er umfangreiches Wissen in der Schadens-, Werkstoffanalytik und Korrosion in verschiedenen industriellen Bereichen bis hin zur Medizintechnik sowie Luft- und Raumfahrt. Hinzu kommen Führungskompetenzen etwa als Bereichsleiter Materialprüfung NDT (Non Destructive Testing) und DT (Destructive Testing).

In seiner neuen Funktion ist Galsterer verantwortlich für das Prüflabor des Swiss Safety Centers, dessen Kernkompetenz in der Werkstoffprüfung und Schadensanalytik von vornehmlich metallischen Werkstoffen liegt. Sein Ziel ist die Ausweitung des Dienstleistungsangebots einerseits durch Ausbau der digitalen

Radiografie bis hin zur Computertomografie und andererseits durch Nutzung und Kombination des NDT-Angebots der gesamten SVTI-Gruppe (Schweizerische Verein für technische Inspektionen), zu der das Swiss Safety Center gehört.

„Ich sehe das Prüflabor als Kompetenzzentrum und Partner für einzelne Untersuchungen und werkstofftechnische Gutachten bis hin zur umfassenden Qualitätssicherung für Kunden verschiedenster Branchen, national wie international“, so Dr. Daniel Galsterer.

Seine sehr gute Vernetzung in Schweizer Fachkreisen verdankt er seiner langjährigen Tätigkeit in der Industrie sowie seinen Nebentätigkeiten als Leiter der Fachkommission Durchstrahlungsprüfung (RT) und Prüfaufsicht (RT) der Schweizerischen Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung (SGZP).



Dr. Daniel Galsterer ist neuer Leiter des Bereichs Werkstofftechnik der Swiss Safety Center AG im schweizerischen Wallisellen.  
(© Swiss Safety Center)

Weitere Informationen: [www.safetycenter.ch](http://www.safetycenter.ch)

Swiss Safety Center AG ■

## BBW Lasertechnik bietet Laserstrahlschweißen im Reinraum an

Das auf die laserbasierte Auftragsfertigung spezialisierte Unternehmen BBW Lasertechnik, Prutting, bietet seinen Industriekunden ab sofort Laserstrahlschweißen im Reinraum an. Dieser ist nach ISO 14644-1 Reinraumklasse 6 zertifiziert und mit einer 3D-Laserstrahlschweißanlagen ausgestattet.

Laserstrahlschweißen im Reinraum ist notwendig für Bauteile, die besonders hohe Anforderungen an die Sauberkeit haben und schwer zu reinigen sind. Im Besonderen trifft dies auf die Branchen Optik, Halbleiter- und Medizintechnik zu. Das Anwendungsspektrum selbst ist jedoch vielfältig. Für die Verwirklichung präziser Schweißnähte entwickelt und fertigt BBW Lasertechnik auf Kundenwunsch eigene reinraumtaugliche Spannkonzepete.

### Umfangreiche Qualitätssicherung

BBW Lasertechnik ergänzt seine Laserstrahlschweißtechnologien im Reinraum durch umfangreiche Maßnahmen zur Qualitätssicherung. Zum einen dient ein

Helium-Lecktest zur Überprüfung der Qualität von Schweißnähten auf Dichtigkeit. Zum anderen werden mikroskopische Untersuchungen für eine metallografische Nahtbewertung unternommen. Darüber hinaus kommen UV-A-Prüfungen und Partikelmessungen zum Einsatz.

Zugunsten von Effizienz und Wirtschaftlichkeit besitzt BBW Lasertechnik die Möglichkeit, Parameterstudien außerhalb des Reinraum an einer baugleichen Anlage durchzuführen. Durch die Programmierung über ein CAM-System kann zudem schnell und flexibel auf spezifische Kundenwünsche eingegangen werden.

„Wir beobachten, dass die Anforderungen unserer Kunden in Richtung Sauberkeit kontinuierlich steigen. Vor diesem Hintergrund ist es für uns als führender Dienstleister im Bereich Laserschweißen wichtig, unsere Technologien und unser Knowhow jetzt auch in einem Reinraum anzubieten“, sagt Andreas Bürger, Geschäftsführer von BBW Lasertechnik.

Weitere Informationen:  
[www.bbw-lasertechnik.de](http://www.bbw-lasertechnik.de)

BBW Lasertechnik GmbH ■

Der Reinraum von BBW Lasertechnik ist nach ISO 14644-1 Reinraumklasse 6 zertifiziert.  
(© BBW Lasertechnik)





## 18 Yaskawa-Roboter in vollautomatischer Schweißanlage für Gerüstteile



Die insgesamt 18 Motoman-Roboter von Yaskawa arbeiten in der neuen vollautomatischen Schweißanlage für Gerüstteile bei Peri Hand in Hand. (© Yaskawa)

In einem guten Baugerüst steckt viel Hightech. Peri, nach eigenen Angaben einer der Markt- und Qualitätsführer der Branche, hat im bayrisch-schwäbischen Günzburg das neue Leitwerk Gerüst aufgebaut und die komplette Herstellung für die Peri Up-Gerüsttechnik an diesem Standort gebündelt.

In dem Werk verrichten bereits seit 2016 über 100 Roboter der Marke Motoman

von Yaskawa in den verschiedensten Anlagen zuverlässig ihren Dienst. Jüngst kamen noch einmal weitere 18 neue Yaskawa-Roboter in einer vollautomatischen Handling- und Schweißanlage hinzu.

Die Anlage fertigt Horizontalriegel unterschiedlicher Längen, vom Roh- bis zum fertigen Bauteil, einschließlich optischer Qualitäts- sowie Nahtkontrolle und abschließender Palettierung zum

Weitertransport. Durch die parallele Nutzung von mehreren Schweißstationen kann die Anlage mehr als tausend Riegel pro Schicht produzieren. Die Konzeption der Anlage folgte den Vorgaben von Peri bei optimaler Flächenausnutzung.

Insgesamt arbeiten in der neuen Anlage 18 Roboter Hand in Hand zusammen: sechs hochpräzise Motoman-Schweißroboter vom Typ MH5LS mit jeweils 5 kg Tragkraft und weitere zwölf MH-Roboter im Traglastbereich bis 180 kg. Letztere übernehmen die vielfältigen Aufgaben bei Zuführung und Handhabung, zwei davon tragen die Kamerasysteme zur automatischen Bauteilkontrolle.

Die komplette Anlage wurde von Yaskawa geplant und realisiert. Damit steht sie stellvertretend für Schweißanlagen jeder Größe, wie sie Yaskawa bereits seit rund vier Jahrzehnten in Allershausen bei München umsetzt. Aktuell wurde der Standort Allershausen um eine weitere Halle für den Systembau mit rund 10.000 m² Nutzfläche erweitert.

Weitere Informationen:  
[www.yaskawa.de](http://www.yaskawa.de)

Yaskawa Europe GmbH ■

## Kjellberg präsentiert neue Stromquelle zum Plasmaschneiden

Kjellberg hat sein Portfolio für das Plasmaschneiden um die Stromquelle K 200 erweitert. Mit ihr lassen sich nach Unternehmensangaben zuverlässige Schneidergebnisse bei einfacher Bedienung sowie geringen Investitions- und Betriebskosten erzielen.

Die Stromquelle schneidet mit Sauerstoff, Luft und Stickstoff im Materialdickenbereich von 1 bis 60 mm mit einem maximalen Schneidstrom von 200 A. Zusätzlich verfügt die K 200 über eine Markierfunktion. Sie besitzt eine integrierte automatische Gasregelung und einen Brenner mit Direktanschluss. Ein Handbrenner erweitert den Einsatzbereich auf das manuelle Schneiden und Fugenhobeln.

Mit der Plasmastromquelle K 200 lassen sich sehr gute Schneidergebnisse bei Werkstoffdicken bis 60 mm erzielen. (© Kjellberg)

Die K 200 lässt sich vollständig in CNC-Führungssysteme integrieren oder per Smartphone steuern und überwachen. Mit der zugehörigen App haben die Anwender alle Parameter und Einstellungen im Blick und können die Schneidaten individuell anpassen.



Weitere Informationen:  
[www.kjellberg.de](http://www.kjellberg.de)

Kjellberg Finsterwalde Plasma  
und Maschinen GmbH ■



## Slide-up-Schweißhelm von optrel jetzt auch als Frischluftversion

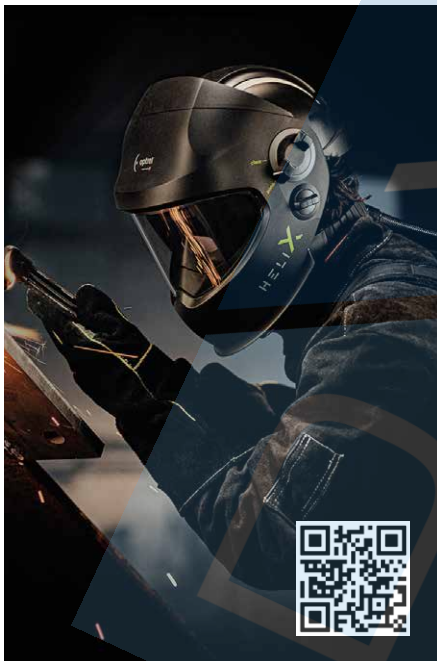


Die neueste Innovation der optrel AG aus Wattwil/Schweiz, den Slide-Up-Schweißhelm helix, gibt es jetzt auch als Frischluftversion. Die Blendschutzkassette des Helms lässt sich mühelos herauf- und herunterklappen. Mit nur einem Helm können die Anwender schweißen, schneiden und schleifen, was ihren Arbeitsalltag erheblich erleichtert. Durch das geringe Gewicht des Helms wird die Nackenmuskulatur weniger belastet. Neben der neuartigen Slide-Up-Technik gehören ein sechsmal größeres Sichtfeld als bei vergleichbaren Produkten und eine automatische Dunkelstufenanpassung zu den Vorzügen des Slide-Up-Schweißhelms.

Der helix-Schweißhelm passt optimal zu optrels helmunabhängigem Frischluftsystem swiss air. Doch damit nicht genug – jetzt schweißen, schneiden oder schleifen Anwender mit helix auch als Frischlufthelm in Kombination mit dem Atemschutzsystem e3000X.

Weitere Informationen:  
[www.optrel.com](http://www.optrel.com)

optrel AG ■



Weitere Informationen zu dem helix-Schweißhelm sind unter dem QR-Code im Bild zu finden. (© optrel AG)

# join the best:

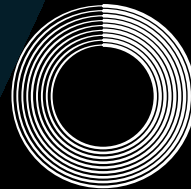
## 15.-19. April 2024

Wer entscheidet, ist auf der wire und Tube 2024. Treffen Sie Weltmarktführer und Pioniere aus der Draht- und Kabelindustrie sowie rund um Rohre und Rohrverarbeitung. Erleben Sie **Innovationen**, zukunftsweisende **Trends** sowie neue Wege der **Nachhaltigkeit**: [wire.de/ecometals](http://wire.de/ecometals) und [tube.de/ecometals](http://tube.de/ecometals)



# wire Tube

Düsseldorf



Internationale Fachmesse Draht und Kabel

Düsseldorf



Internationale Rohr-Fachmesse

Neu: Top-Rahmenprogramm  
an allen Messetagen  
>> Infos & Tickets



[www.messe-duesseldorf.de](http://www.messe-duesseldorf.de)



Messe  
Düsseldorf



## Gys: Schweißtechnik von A-Z aus Frankreich



Der Hauptsitz von Gys im westfranzösischen Laval. (© Gys GmbH)

In der beschaulichen, landwirtschaftlich geprägten Kreisstadt Laval in Frankreich – etwa 280 km westlich von Paris auf dem Weg in die Bretagne – errichtete der einzig verbliebene französische Lichtbogenschweißstromquellen-Hersteller Gys ein international beachtetes Kompetenzzentrum für Schweißtechnik. Mehr als 90 Produktentwickler und Schweißexperten arbeiten hier am Haupt-Produktionsstandort an Prozessoptimierungen und innovativen Neuheiten.

Vor 60 Jahren gründete Guy Yves Stefanie, im Zuge der nationalen Umstellung auf 220 V Netzspannung, in Laval eine Fabrik für Transformatoren. 1997 erwarb der Unternehmer Nicolas Bouygues den Betrieb mit damals 75 Mitarbeitern, der nach einem speziellen Verfahren besonders kleine, leichte MMA-Schweißinverter zum manuellen Lichtbogenschweißen sowie Batterieladegeräte baute. 2002 holte er seinen Sohn Bruno, Absolvent des MIT (Massachusetts Institute of Technology) in Boston/USA und heutiger CEO der Gys-Gruppe, in die expandierende Firma.

### Besondere Fertigungstiefe

In der Aufbauphase glich das Unternehmen einer Großbaustelle mit vielen Containerbüros und einer oft improvisierten Fertigung auf kleinstem Raum. Die geringe industrielle Infrastruktur in der näheren Umgebung führte zwangsläufig zu einer besonderen Fertigungstiefe. Das gilt

auch heute noch. Aber inzwischen entwickelt und fertigt Gys auf 55.000 m<sup>2</sup> in zwei benachbarten modernen Werken nahezu alles im eigenen Haus: von der Halbleitertechnik bis zur Blechbearbeitung, vom Halbzeug bis zum Endprodukt. Dabei setzte der Maschinen- und Gerätebauer frühzeitig auf Serienfertigung mit einem hohen Automationsanteil. Aktuell entstehen auf 12 Fertigungslinien im Hauptwerk über 2.000 Geräteeinheiten täglich.

Für Gys, wie für nahezu jeden Elektronikproduzenten, ist China ein unverzichtbarer Beschaffungsmarkt für Mikrochips und elektronische Kleinstbauteile. Gys kombiniert die Vorteile der Standortnähe zu chinesischen Lieferanten mit einer eigenen Produktion im Großraum Shanghai. Seit 20 Jahren werden unter Einsatz strenger, eigener Standards hauptsächlich Batterieladegeräte für den weltweiten B2C-Markt fabriziert.

Umfangreiche Ausrüstungen für die Instandsetzung von Fahrzeugkarosserien in Mischbauweise sind ein Sortimentschwerpunkt. Gys sieht sich als europäischer Marktführer für Trafozangen-Punktschweißanlagen und mobile Ausbeulstationen.

### Aktueller Entwicklungsfokus: automatisierte Lösungen

In der Lichtbogenschweißtechnik bietet der Hersteller für die drei wichtigsten Verfahren vom Einsteiger- bzw. Handwerkermodell bis zur Hochleistungs-Industrieschweißmaschine das komplette Produktspektrum an. Angesichts des Fachkräftemangels und der Wirtschaftlichkeitsvorteile liegt der aktuelle Entwicklungsfokus auf automatisierten Lösungen im Zusammenspiel mit Industrierobotik und Cobots.

Seit 2006 ist die Unternehmensgruppe auch in Deutschland aktiv. 80 der insgesamt 900 Mitarbeiter steuern in Aachen den Vertrieb, die Logistik und den Kundendienst. Weitere Niederlassungen sorgen in England, Italien und seit Neuestem auch in Spanien für kundennahe Präsenz. Mutige, aber vor allem gut vorbereitete Expansion in neue Märkte und die ständige Erweiterung des schweißtechnischen Sortiments hat sich Geschäftsführer Bruno Bouygues für die kommenden Jahre zum Ziel gesetzt.

Weitere Informationen:  
[www.gys-schweissen.com](http://www.gys-schweissen.com)

Gys GmbH ■



Schweißtechnik von Gys in der Anwendung (© Gys GmbH)



## VIER FRAGEN AN BRUNO BOUYGUES, GESCHÄFTSFÜHRENDER GESELLSCHAFTER BEI GYS

### Gys ist in den letzten 25 Jahren kontinuierlich gewachsen. Was waren oder sind die Hauptgründe für diesen Erfolg?

Die Gründe sind vielfältig. Aber ich denke, unsere Unternehmenskultur ist entscheidend. Wir betrachten uns als Herausforderer in einem wettbewerbsintensiven Markt, wir versuchen, unsere Kunden so gut wie möglich zu unterstützen, und wir investieren jedes Jahr erheblich in Forschung, Entwicklung und Fertigungsexzellenz. Wir leben unser Motto: 'Invest in the Future'. Wir sehen unsere Zukunft vor allem in unseren engagierten Mitarbeitern, in unseren zufriedenen Kunden und einem Spitzenplatz in unserem Ökosystem.

### Wie hat sich das Unternehmen mit der Expansion auf den deutschen Markt verändert?

Deutschland ist ein besonderes Land in Europa und der Welt. Es ist bekannt für sehr hohe Fertigungsstandards und exzellente Qualität. In Deutschland konkurrenzfähig zu sein bedeutet nicht nur im größten, sondern auch in einem der international besonders stark umkämpften Marktplätze im Herzen Europas als ausländischer Produzent bestehen zu müssen. Wenn man in Deutschland erfolgreich sein will, muss man das Niveau innerhalb der eigenen Organisation einschließlich der Produktion und das der eigenen Erzeugnisse unbedingt auf ein absolut vergleichbares Niveau bringen.

### Welche schweißtechnischen Produkte würden Sie für industrielle Anwendungen besonders hervorheben?

Gys wurde im Laufe der Jahre zu einem engen Partner der internationalen Automobilindustrie. Heute sind wir bei vielen schweißtechnischen Ausrüstungen für die Karosserieinstandsetzung marktführend, bisher allerdings ausschließlich im Instandhaltungsbereich. Ich glaube, dass wir schon sehr bald die Voraussetzungen für den Einsatz unserer

Widerstandspunktschweißmaschinen und MIG-Impulsstromquellen auch für Produktionsbedingungen bei den Fahrzeugbauern erreicht haben. Wir machen große Fortschritte beim Thema Automatisierung besonders im Zusammenspiel mit der Robotik. Aber auch für das WIG-Schweißen auf Profi-Niveau zählen unsere Baureihen Titan und Titanium heute definitiv zur ersten Liga.

### Worin besteht für Sie die größte unternehmerische Herausforderung in den kommenden Jahren?

Technologien verändern sich im Maschinenbau sehr schnell. Die konsequente Digitalisierung ist nicht aufzuhalten. Unternehmen, die auch morgen vorne sein wollen, sind gut beraten, die richtige Balance zwischen der Entwicklung von High-Tech-Schweißmaschinen und der Einführung komplexer Softwareplattformen zu finden. Diese sollen den Anwendern zu höherer Produktivität, detaillierterer Rückverfolgbarkeit und vorbeugender Wartung verhelfen. Ich bin auch der Meinung, dass die KI in unserer Branche sehr bald eine Schlüsselrolle spielen wird und dass wir alle darauf gut vorbereitet sein müssen.



Bruno Bouygues, Geschäftsführender Gesellschafter bei Gys. (© Gys GmbH)

## OBERFLÄCHEN-FEHLER sichtbar durch



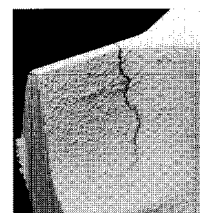
### FARBEINDRING- UND MAGNETPULVER- PRÜFVERFAHREN

Rot-Weiß und Fluoreszenz

zugelassen nach

EN ISO 3452-2, EN ISO 9934

zur Prüfung von Maschinenteilen der Auto- und Flugzeugindustrie, Reaktorbauteilen, Behältern, Rohrleitungen, Guß- und Schmiedeteilen, Schweißnähten usw.



### HELMUT KLUMPF • TECHNISCHE CHEMIE KG

Industriestr. 15 • 45699 HERTEN • Tel. (0 23 66) 10 03-0 • Fax (0 23 66) 10 03-11  
e-mail: info@diffu-therm.de • www.diffu-therm.de



Drahtvorschubkoffer MF-09 von Lorch: Aufgrund der aufklappbaren Seiten ist ein leichter Zugriff auf den Drahtvorschubraum garantiert. (© Lorch)

## Flexibel einsetzbarer Drahtvorschubkoffer von Lorch

Ob lange Schweißnähte, große Bauteile oder schwierige Schweißsituationen: der individuell konfigurierbare Drahtvorschubkoffer MF-09 von Lorch – entwickelt für die MIG/MAG-Inverterplattform iQS – lässt sich mit seinem modularem Aufbau und seiner Mobilität der Fertigungsumgebung anpassen. So vergrößert sich etwa der Arbeitsradius rund um die Schweißquelle durch leicht an den Koffer zu montierende Zwischenschlauchpakete.

Je nach Bedarf wird der MF-09 mit einem Drahtspulengehäuse kombiniert oder in der Höhe als kompakte Fassförderversion ohne Gehäuse genutzt. Der leicht zugängliche Drahtvorschub ist ein abgestimmtes Schnellwechselsystem: Vereinfacht ohne Schrauben, ermöglicht er einen schnellen Wechsel der robusten Vorschubrollen. Ob das System wasser- oder gasgekühlt wird, bestimmt das passende Zwischenschlauchpaket, das der Schweißer anbringt und mit nur einem Klick verbaut.

Gleitschienen am Unterboden machen den Koffer im Einsatz auf dem Boden gleitfähiger und verhindern, dass das Gehäuse beim Hin- und Herziehen beschädigt wird. Um dessen Beweglichkeit nochmals zu erhöhen, werden optional 65-mm-Rollen oder ein 125-mm-Fahrwerkssatz angebracht. Die zuverlässige Kofferaufnahme für den Transport und das Abstellen auf der Anlage garantieren eine unkomplizierte Dornlösung sowie ein ausgeklügeltes Bodendesign, durch das der Schweißer einfach die passende Stelle für das Einrasten findet.

Das Benutzerinterface (HMI-System) des MF-09 wurde identisch von der iQS-Inverterplattform übernommen. Der Vorteil ist Nutzerfreundlichkeit, da der Schweißer die Benutzerführung kennt und alle Funktionalitäten der iQS-Anlage wie gewohnt verwenden kann. Dazu gehören die freie Wahl zwischen Touch- und Dreh-/Drücksteller-Bedie-

nung, das intuitive Bedienkonzept oder ein 7 Zoll großes TFT-Display, über das angezeigte Schweißdaten auch aus größerer Entfernung lesbar sind. Den Füllstand der Korbspule behält der Schweißer über ein seitlich im Koffergehäuse eingebautes Sichtfenster im Blick, eine integrierte Beleuchtung im Drahtvorschubraum erleichtert den Drahtwechsel selbst bei schlechten Lichtverhältnissen. Das Gehäuse des MF-09 ist komplett aus Kunststoff gefertigt, sodass er vollisoliert ist und sich auch für sicherheitstechnisch anspruchsvolle Einsatzgebiete bestens eignet.

Weitere Informationen:  
[www.lorch.eu](http://www.lorch.eu)

Lorch Schweißtechnik GmbH ■





Kostenlose  
Basis-Mitgliedschaft  
für Studierende

# Unser Netzwerk, Deine Zukunft

## Wir fördern Talente - Werde jetzt kostenlos Mitglied

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

Bei uns dreht sich alles um das Fügen, Trennen und Beschichten von metallischen und nicht metallischen Werkstoffen und Werkstoffverbunden.

Profitiere als Mitglied von unserem Netzwerk! Knüpfe Kontakte und finde qualifizierte Ansprechpartner für jeden Bereich deines Studiums! Nimm an internationalen Veranstaltungen teil und stelle deine wissenschaftliche Arbeit vor!

Der kostenlose Zugriff auf die 500 DVS-Richtlinien und -Merkblätter gibt dir einen guten Einstieg in jede Thematik. Als DVS Young Professional erhältst du auch exklusiven Einblick in die Normung und Regularien und kannst an Fachsitzungen teilnehmen!

Stelle die Weichen, werde jetzt Mitglied im DVS!

M. Kelzenberg | B. Oefinger

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

Aachener Straße 172 40223 Düsseldorf  
T +49 211 1591-170/-171  
F +49 211 1591-370  
[mitglieder@dvs-home.de](mailto:mitglieder@dvs-home.de)









Interview mit Frank Bartels, CTO und Erwan Siewert, Head of Arc Solutions der EWM GmbH

# Kern-Know-how optimieren

Seit April 2023 ist Frank Bartels Teil der EWM GmbH. In seiner Rolle als CTO verantwortet er die Bereiche Entwicklung, Supply Chain, Produktion und Qualitätssicherung. Dr. Erwan Siewert leitet seit diesem Jahr als Head of Arc Solutions die Abteilung Forschung und Entwicklung inklusive technischer Innovation und Product Lifecycle Management. Im Interview sprechen sie über ihre neuen Aufgaben, Digitalisierung, Nachhaltigkeit und die Herausforderungen beim Schweißen von Werkstoffkombinationen.

## Welche Ausrichtung des Unternehmens forcieren Sie zukünftig in Ihren „neuen“ Rollen?

**Bartels:** Unser Unternehmen beschäftigt weltweit über 700 Mitarbeitende und befindet sich mit soliden Ergebnissen und steigenden Umsätzen – entgegen dem Trend eines reinen Verdrängungswett-

bewerbs – auf internationalem Wachstumskurs. Unser Ziel ist es, weiter zu expandieren, indem wir neue Märkte erschließen und unsere Standorte in Frankreich, Italien und Polen weiter ausbauen. Darüber hinaus streben wir eine verstärkte Ausrichtung auf Automatisierungslösungen an, da wir uns als umfassender Lösungsanbieter verstehen. Wir verfügen über erstklassige technologische Produkte, die besonders nachhaltig gefertigt werden und eine hohe Lebensdauer aufweisen. Unsere Wertschöpfung ist außerordentlich tiefgreifend und im Zuge dessen spielen auch die Themen Digitalisierung und Automatisierung eine wichtige Rolle. Durch das Zusammenspiel dieser Faktoren können wir, zumindest teilweise, dem weltweiten Fachkräftemangel entgegenwirken, den nicht nur wir bei EWM spüren, sondern der

sich auch auf die gesamte Schweißtechnikbranche auswirkt. Vor diesem Hintergrund streben wir noch mehr danach, EWM zu einer besonders attraktiven Arbeitgebermarke aufzubauen und unseren Mitarbeitenden noch bessere Arbeitsplätze zu bieten.

## Und in Bezug auf Ihre spezielle Rolle?

**Bartels:** Zunächst konzentriere ich mich auf die Digitalisierung. Bei EWM ist es unser Ziel, das Unternehmen so auszurichten, dass die gesamte Wertschöpfungskette vollkommen digital abgebildet wird, von MRS- bis hin zu ERP-Systemen. Auch die Arbeitsabläufe sollen weiter in digitale Lösungen übersetzt werden. Mein Wunsch ist es, eine digitale Fertigung und Entwicklung zu etablieren, die es uns ermöglicht, in unterschiedlichen Situationen maximal flexibel zu reagieren. Schnelle Reaktionen durch Transparenz, das bedeutet Digitalisierung für EWM, um maximalen Kundennutzen und Qualität zu generieren.

Erwan Siewert, Head of Arc Solutions  
der EWM GmbH (© privat)





## Und auf Ihrer Seite, Herr Siewert?

**Siewert:** Vor allem die Automatisierung und das Portfolio-Management rücken weiter in den Fokus, wodurch wir eine engere Zusammenarbeit mit unseren Kunden gewährleisten und deren Wünsche und Anforderungen noch besser und schneller abbilden wollen. Ein maßgeblicher Treiber für unsere Kunden ist, neben dem Kostendruck, der Fachkräftemangel. Daher werden wir die Automatisierung weiter ausbauen und priorisieren sowie die Benutzerfreundlichkeit unserer Produkte kontinuierlich verbessern. Für die Bediener, die noch nicht für spezielle Produkte oder Anwendungen geschult wurden, gestaltet sich die Bedienung noch intuitiver und verschiedene Schweißaufgaben können allgemein effizienter erledigt werden. Im Bereich Gesundheitsschutz bieten wir bereits Schweißrauchabsaugbrenner an und entwickeln neue Prozesse, die helfen die Schweißrauchexposition des Schweißers zu reduzieren. Wir sehen weiteres Potential durch die gesamtheitliche Betrachtung von Stromquelle, Zusatzwerkstoff und Schutzgas, um weitere Verbesserungen zu erzielen. Wir verstehen uns nicht nur als Anbieter von Stromquellen, sondern als Lösungsanbieter.

## Das Thema Nachhaltigkeit wird für die Branche immer wichtiger. Welche Stellschrauben nutzen Sie, um die Einsparungen vornehmen zu können?

**Bartels:** Seit 2009 verfolgen wir mit unserer Nachhaltigkeitsinitiative BlueEvolution bereits Ansätze, mit denen wir Wirtschaftlichkeit und Ökologie in Einklang bringen. Lange bevor Nachhaltigkeit zu einem Trendthema wurde. Ressourcenschonendes Arbeiten und die Priorisierung von Umwelt- und Gesundheitsschutz waren schon immer fest in der DNA von EWM verankert. In den letzten Jahren haben wir eine steigende Nachfrage nach Inverter-Stromquellen festgestellt, was auf EU-Regularien zurückzuführen ist,

die einen bestimmten Wirkungsgrad vorschreiben. Wir setzen jedoch nicht erst seit Kurzem auf die Inverter Technologie, sondern tun dies bereits seit den 1980er Jahren. Viele denken, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit seien ein Widerspruch. Unsere Erfahrungen zeigen aber, dass all diese Lösungen einhergehen mit einer Steigerung der Wirtschaftlichkeit.

**Siewert:** Unser Nachhaltigkeitsansatz betrachtet den gesamten Lebenszyklus unserer Produkte, von der ressourcenschonenden Produktion und dem Einsatz von recyceltem Material, über den geringen Stromverbrauch durch die effiziente Inverter-Technologie und den Einsatz von innovativen Fügeverfahren bis hin zum Recycling unserer Produk-

Frank Bartels, CTO  
der EWM GmbH (© privat)



te. Zu unseren Angeboten im Bereich der Schweißprozesse gehören beispielsweise forceArc und forceTig, die beide darauf abzielen, dicke Bauteile z.B. im I-Stoß mit minimaler bzw. idealerweise ohne Nahtvorbereitung zu fügen. Durch die so erzielten Einsparungen von Zusatzwerkstoff kann der Kunde langfristig CO<sub>2</sub>-Emissionen einsparen. Unser Digital Gas Control stellt einen optimalen Schutzgasdurchfluss sicher und trägt zu einer weiteren Einsparung bei. Wir unterstützen zudem Fertigungstechnologien wie die Additive Fertigung und das Auftragsschweißen, welche das Ziel haben mit weniger Ressourcen zu arbeiten und CO<sub>2</sub> einzusparen. Hervorzuheben sind hierfür unsere Schweißprozesse coldArc und die Weiterentwicklung coldArc plus, die sich durch einen besonders geringen Energieeintrag und eine minimale Spritzerbildung auszeichnen.

**Bartels:** Um das Thema ganzheitlich voranzutreiben, müssen Kompetenzen gebündelt werden. Hierbei arbeiten wir verstärkt mit Partnern zusammen, die über herausragendes Know-how in Digitalisierung und KI verfügen, damit wir diese mit unseren Stärken auf den Gebieten Schweißtechnologie und Lichtbogenentwicklung verknüpfen können.

### Spüren Sie eine erhöhte Nachfrage nach nachhaltigen Produkten?

**Bartels:** Dieser Trend lässt sich schon seit langem beobachten. Wir bieten, wie oben beschrieben, vielfältige Lösungen an und entwickeln diese kontinuierlich weiter. Das Kundenangebot ewm maxSolution analysiert die schweißtechnische Produktion unserer Kunden umfänglich und deckt Verbesserungspotenzial auf.

**Siewert:** Unser digitales Schweißmanagement-System ewm Xnet rundet diese Maßnahmen ab. Die Software erlaubt es uns, die Schweißstromquellen einfach zu überwachen und frühzeitig Abweichungen aufzudecken, bevor eventueller Ausschuss produziert wird. Der Kunde sieht dank ewm Xnet sofort, wenn Unstimmigkeiten auftreten. Auch dadurch tragen wir dazu bei, dass Ressourcen effizient eingesetzt werden.

### Auch mit dem Schweißen von Werkstoffkombinationen lassen sich potenziell Materialien und somit Ressourcen einsparen. Welche Geräte und Verfahren bieten Sie hierzu an?

**Siewert:** Im Bereich der Mischverbindungen haben wir Verfahren entwickelt, die mit wenig Energieeintrag und geringer Aufmischung arbeiten. Dadurch erhöhen wir zum einen die Effizienz der Prozesse und können zum anderen die geforderten Materialeigenschaften sicher einhalten. Hervorzuheben sind an dieser Stelle die beiden Schweißprozesse coldArc und coldArc plus, die wir in den letzten Jahren weiterentwickelt haben, um die Aufmischung so gering wie möglich zu halten. Alle unsere Prozesse sind darauf ausgerichtet, Spritzer zu vermeiden, da letztendlich jeder Spritzer einen Verlust darstellt. Diese energiereduzierten Prozesse verringern zudem die Schweißrauchemissionen des Schweißprozesses, was nicht nur einen Beitrag zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes darstellt, sondern auch Ressourcen einspart.

### Geben Sie Kunden Verfahrensanweisungen zum Schweißen von Schwarz-Weiß-Verbindungen?

**Siewert:** Die finale Erstellung von Verfahrensanweisungen obliegt dem Kunden. Im Laufe der Jahre haben wir natürlich mit unseren Kunden eine Vielzahl von Verfahrensanweisungen auch für Mischverbindungen entwickelt, welche als Startpunkt dienen können. Jede Kundenapplikation ist jedoch anderes. Das beginnt mit dem Bauteilhandling, der Wärmeabfuhr und den Kundenforderungen an das fertige Bauteil und geht über die Auswahl des Grundwerkstoffs, des geeigneten Verfahrens bis hin zu den Schweißparameter. Ferner müssen weitere Aspekte wie z.B. die Zugänglichkeit betrachtet werden. Deshalb streben wir, bei solchen komplexen Materialverbindungen, immer nach einem direkten Kontakt mit unseren Kunden.

**Bartels:** Dazu bieten wir unseren Kunden ja nicht einfach nur Stromquellen,

Schweißbrenner und die entsprechenden Verfahrensanweisungen an. Wir suchen nach den optimalen WPS für sie und können ihnen durch diesen ganzheitlichen Ansatz das Beste anbieten.

### Bieten Sie Hilfestellungen beim Schweißen in Bezug auf das Schaeffler-Diagramm?

**Siewert:** Wir haben digitale Produkte, darunter auch eine EWM Schaeffler-Software. Hier kann der Kunde entweder, wenn er nur einen Grundwerkstoff hat, den Grundstoff angeben und einen Zusatzwerkstoff auswählen und sieht dann die Schweißbarkeit seiner Kombination aus Grund- und Zusatzwerkstoff anhand der Gefügeausbildung dargestellt. Hat der Kunde zwei Grundwerkstoffe, also eine Mischverbindung, dann schlägt die Software automatisch den richtigen Schweißzusatz vor. Sie zeigt dann die Schweißbarkeit dieser Kombination aus den beiden Grundwerkstoffen und dem Zusatzwerkstoff an. Nichtsdestotrotz favorisieren wir die persönliche Beratung, um auch Hilfestellung bei der Auswahl des richtigen Schweißverfahrens und der Auswahl der optimalen Prozessparameter geben zu können, da die Gefügeausbildung neben der Auswahl des Zusatzwerkstoffes vom Aufmischungsgrad abhängig ist.

### Weisen Sie auf Gefahren und Risiken beim Fügen von Mischverbindungen hin?

**Siewert:** Ja, natürlich. Die Risiken beim Fügen von Mischverbindungen vermitteln wir zum einen in unseren Schulungen und Beratungen beim Kunden. Zum anderen werden diese in der EWM Schaeffler-Software angezeigt. Ein gewisses metallurgisches Grundverständnis ist für die Interpretation der Ergebnisse des Schaeffler-Diagramms unerlässlich.

### Vielen Dank für das Gespräch!



Kommentar von Peter Schmidt, Geschäftsleiter der SwissBeam AG



# Werkstoffkombinationen Fügen mit dem Elektronenstrahl

In der faszinierenden Welt des Schweißens spricht man von Mischverbindung, wenn chemische oder mechanische unterschiedliche Grundwerkstoffe in der Zusammensetzung vorhanden sind. Bei Schwarz-Weiß-Verbindungen, wie z. B. Baustählen mit einem Chrom-Nickel-Stahl zeigen unterschiedliche Gefügestrukturen was dazu führt, dass die Metallgitter im Fügebereich nicht zusammenpassen und unerwünschte sowie problematische Sprödphasen auftreten. Auch das Fügen verschiedener Metalle, wie CrNi-Stahl mit Kupfer kann Herausforderungen mit sich bringen. Schwierigkeiten treten dann auf, wenn die Atomdurchmesser der Werkstoffe mehr als 20 % voneinander abweichen, was zu spröden intermetallische Phasen und

technisch unbrauchbare Verbindungen führt.

Kritische Mischverbindungen können mit speziellen Zwischenschichten und/oder Schmelzschweißverfahren ohne Versprödung verbunden werden. Beim Schweißen von unterschiedlicher Metallen gilt, gewisse Temperaturen nicht zu überschreiten, um einer Versprödung durch Diffusion in der Fügezone vorzubeugen. Verfahren mit einer geringen thermischen, Wärmeeinwirkung werden dabei häufig dem Vorzug gegeben um eine metallurgisch sichere Verbindung herzustellen. Über die Schweißleistung verschiedener Werkstoffe und Werkstoffkombinationen existieren entsprechende Übersichten.

## Elektronenstrahlschweißen steigert Haltbarkeit

Insbesondere das Elektronenstrahlschweißen hat sich mit seiner herausragenden Strahlintensität für Mischverbindungen etabliert, so dass hochkomplexe Werkstoffkombinationen zu widerstandsfähigen und langlebigen Konstruktionen verbunden werden können. In der Schweiz wird diese Technologie nicht nur in der industriellen Fertigung, sondern auch in Forschungseinrichtungen intensiv genutzt.

Die Anforderungen an Mischverbindungen sind nicht nur wirtschaftliche Motivationen, sondern liegen auch in Verbesserungen der mechanischen, chemischen oder physikalischen Eigenschaften. Die Schweiz ist bekannt für ihre Präzision und Innovationskraft und hat sich auch im Bereich des Schweißens von Werkstoffkombinationen einen Ruf erarbeitet.

Trotz der Erfolge beim Elektronenstrahlschweiß-Prozess stehen in Zukunft auch Herausforderungen bevor. Das Stichwort Energiewende ist in aller Munde und der heutige weltweite Jahresverbrauch von Kupfer liegt bei ca. 30 Millionen Tonnen.

Wenn wir die Energiewende bis 2050 erfüllen wollen, müssen, Prognosen zufolge, diese Abbaumengen verdoppelt werden. Wenn jedoch intensive Entwicklungsanstrengungen Richtung Mischverbindungen wie beispielsweise Kupfer mit Stahl angewendet werden, kann der beunruhigende Abbau von Kupfererzen in der Zukunft markant reduziert werden.

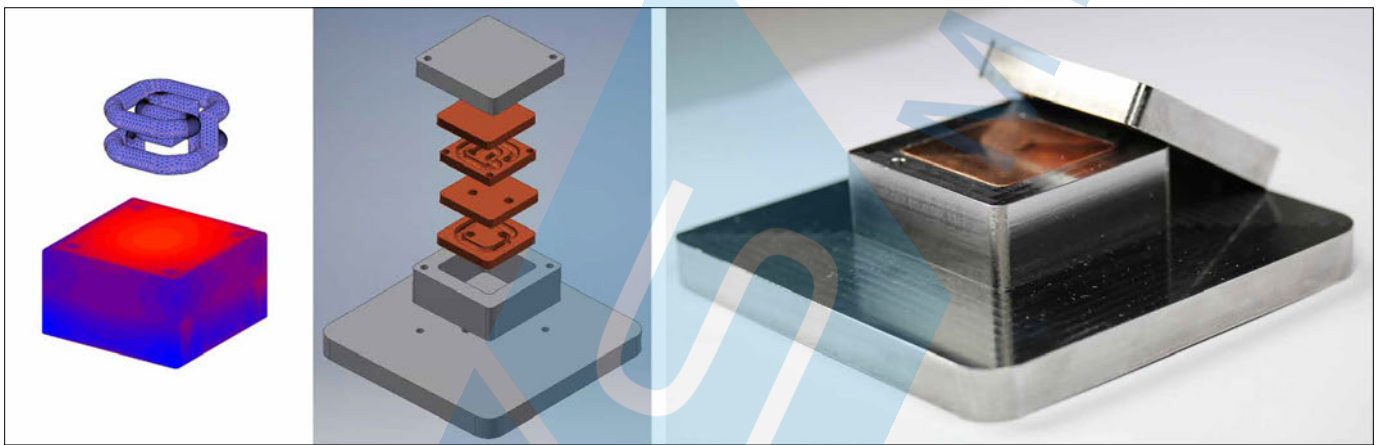
Die schweizerische Schweißtechnik wird auch in Zukunft den Herausforderungen der Weiterentwicklung von Schweißparametern, der Anpassung an neue Werkstoffe sowie der Integration von Künstlicher Intelligenz zur noch präziseren Steuerung gegenüberstehen. ■



Peter Schmidt, Geschäftsleiter, SwissBeam AG (© SwissBeam AG)

# Herausfordernde Werkstoffkombinationen schneller verbinden: eine neue Prozessroutine für das Diffusionsschweißen

Die Neue Materialien Bayreuth GmbH hat in dem Kooperationsprojekt PulsTool erforscht, wie sich der Diffusionsschweißprozess zum besseren Verbinden von Multimaterial-Kombinationen noch effizienter gestalten lässt. Bei dem Verfahren werden jeweils Platten aus den zu fügenden Werkstoffen mittels Presskraft miteinander verbunden. Da der Prozess unterhalb der Schmelztemperaturen abläuft, können auch schwer oder gar nicht zu schweißende Werkstoffe gefügt werden.



Im Rahmen des Kooperationsprojekts PulsTool wird erforscht, wie schwer herstellbare Multimaterial-Kombinationen mittels Diffusionsschweißen künftig besser und schneller realisiert werden können. (© NMB)

Beim Verbinden von unterschiedlichen, sonst schwer realisierbaren Werkstoffkombinationen – wie etwa Stahl und Kupfer (Werkzeugbau) oder Titanlegierungen mit Stahl, Aluminium oder Magnesium (Luft- und Raumfahrt, Automobilbau) – nimmt das Diffusionsschweißen in den letzten Jahren eine immer wichtigere Rolle ein. Auch die Verbindung von Metall/Keramik und Keramik/Keramikverbunden ist mit diesem Verfahren möglich.

## Plattenbasierter Aufbau

Der Diffusionsschweißprozess verbindet diese Werkstoffe durch die richtige Kombination aus Druck, Haltezeit und Temperatur unterhalb der jeweiligen Schmelztemperatur der Werkstoffe und wird somit als ‚solid state‘-Verfahren bezeichnet. Das Verfahren beruht auf einem plattenbasierten Schichtaufbau, bei dem mittels einfacher Fräsarbeiten zur Formgebung der einzelnen Platten auch kom-

plexe innere Geometrien sowie temperierbare Kühlkanäle realisierbar sind.

Diese komplexe interne Formgebung nutzt die Neue Materialien Bayreuth GmbH, um mit vorausgehender Wärmesimulation eine homogene und schnelle Abkühlung des Spritzgussartikels im Spritzwerkzeug zu erzeugen. Im Gegensatz zur aktuellen Fertigung der Kühlkanäle mittels Bohren und Fräsen oder Integration von leitfähigen Stiften können so komplexe konturnahe Kühlkanäle erzeugt werden. Die additive Fertigung mit dem bewährten PBF-LB-Verfahren (pulverbettbasiertes Laserstrahlschmelzen) kann zwar komplexe Kühlkanalsysteme realisieren, allerdings ist das Entfernen des Pulvers aus diesen Kanälen mit erheblichem Aufwand verbunden bzw. nicht gänzlich möglich.

Auch die Verbindung von Multimaterial-Kombinationen steckt in der klassischen additiven Fertigung noch in den Kinderschuhen. Mit dem Diffusionsschweißen

kann neben der Integration von konturnahen Kühlkanälen zusätzlich ein zweites wärmeleitfähigeres Material an besonders kritischen Stellen eingebracht werden.

## Möglichst geringe Oberflächenrauigkeit

Um eine optimale Verbindung zwischen den einzelnen Platten zu erreichen, ist eine möglichst geringe Oberflächenrauigkeit wichtig. Diese Vorbehandlung der Platten ist aufwendig und bedeutete bisher einen großen Personalaufwand. Zudem ist der Energieaufwand beim bisherigen Diffusionsschweißen von Metallen mit Prozesszeiten von über drei Stunden und Bauteiltemperaturen größer 1.000 °C höher als bei anderen Fertigungsverfahren.

Die Neue Materialien Bayreuth GmbH setzt genau hier an und hat durch eine Änderung der Prozessführung – genauer gesagt die Integration eines alternierenden, pulsförmigen Druckprofils – und



die gezielte Erforschung von optimalen Pulsdruckstrategien den Weg zu einem nachhaltigeren Diffusionsschweißprozesses geebnet.

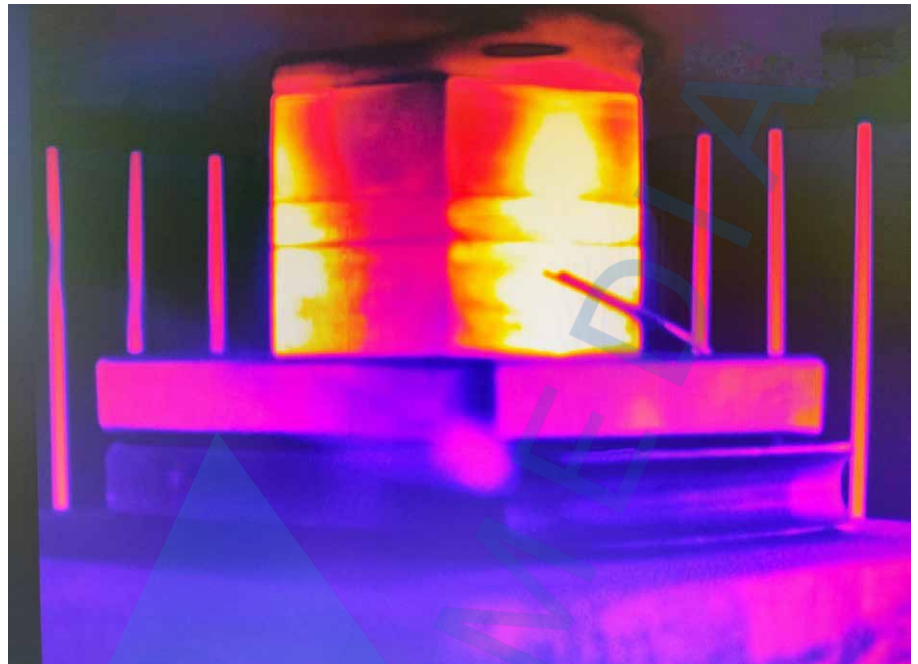
### Kombination aus Pulsdruck und folgendem Konstantdruck

Durch eine Kombination aus einem Pulsdruck und einem nachfolgenden Konstantdruck wird eine schnellere Bindung der einzelnen Lagen erreicht. Der vorgelagerte Pulsdruck bewirkt eine Deformation der Mikro-Unebenheiten an der Oberfläche der einzelnen Platten und ein Aufbrechen der vorhandenen Oxidschichten, wodurch in der nachgelagerten Konstantdruckphase eine bessere Diffusion ermöglicht wird. Hierdurch lassen sich mit einer deutlichen Verkürzung der Prozesszeit gleichwertige Verbundeigenschaften erzielen. Auch die Ansprüche an die Oberflächenrauigkeit sinken, wodurch andere, günstigere Vorbehandlungsmethoden wie das Gleitschleifen in Frage kommen. Insgesamt sorgt der Einsatz eines Pulsdrucks zusätzlich für eine geringere Gesamtdeformation der Geometrie im Vergleich zu komplett mit Konstantdruck geführten Prozessen.

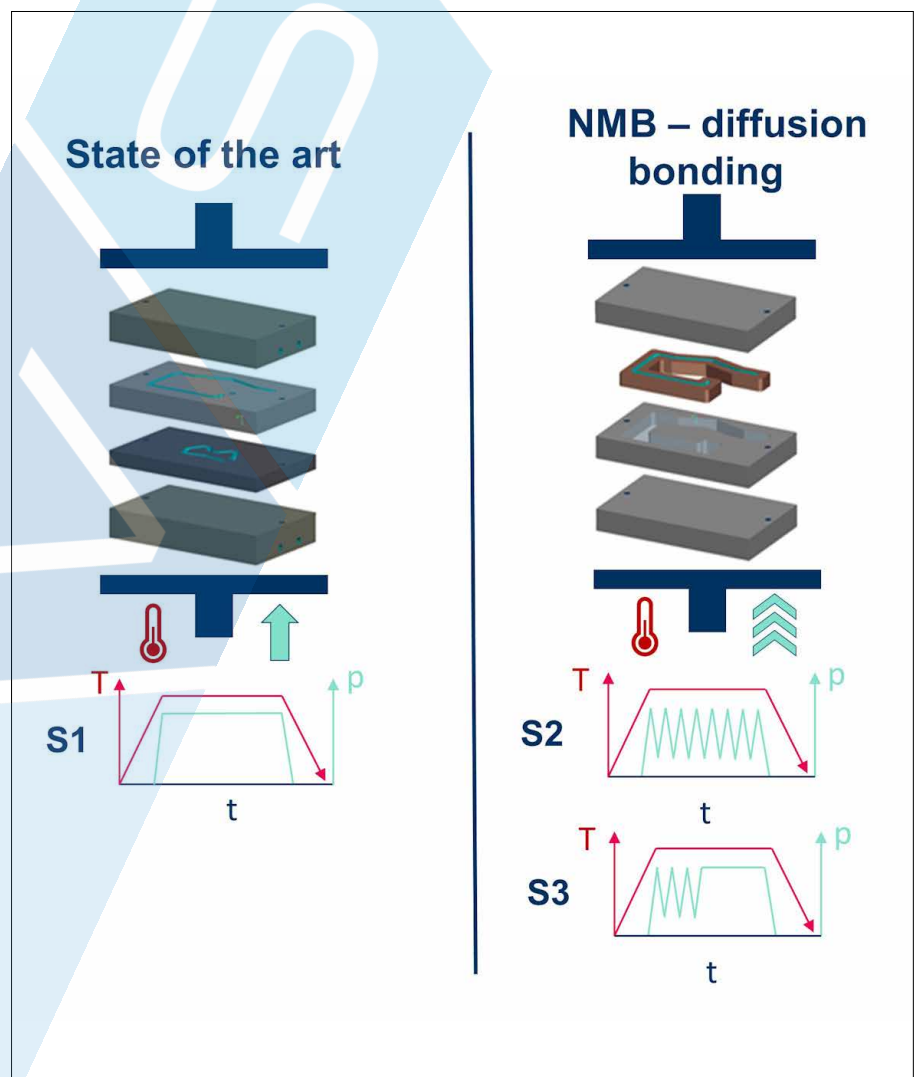
Diese neue Prozessroutine hat das Potenzial, einen erheblichen Teil zum Verbinden zukunftssträchtiger Materialkombinationen beizutragen. Sie wird stetig weiterentwickelt und die Prozessparameter werden kontinuierlich weitererforscht.

Die Arbeiten erfolgen im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) geförderten Kooperationsprojekts „PulsTool – Entwicklung eines kosteneffizienten Fertigungsverfahrens von Spritzgusswerkzeugen mit konturnahen Kühlkanälen basierend auf druckgepulstem Diffusionsschweißen zur 30-50 % schnelleren Herstellung von Spritzteilen erhöhter Qualität“ (KK5027505LL0). Kooperationspartner ist die KDS Radeberger Präzisions-, Formen und Werkzeugbau GmbH.

Weitere Informationen: [www.nmbgmbh.de](http://www.nmbgmbh.de) oder bei M. Sc. Kim David Schmidt, E-Mail [kim.schmidt@nmbgmbh.de](mailto:kim.schmidt@nmbgmbh.de)



Wärmebilddaufnahme des Diffusionsschweißprozesses (© NMB)



Vergleich zwischen dem klassischen Diffusionsschweißen (links) und dem neuen „PulsTool“-Verfahren (rechts), bei dem ein vorgelagerter Pulsdruck und ein nachfolgender Konstantdruck kombiniert werden. (© NMB)

# Schweißen von Werkstoffkombinationen

Das Schweißen von Mischverbindungen ermöglicht, die spezifischen Eigenschaften der Stoffe optimal zu nutzen, um letztendlich ein Bauteil zu optimieren. Unterschiedliche Legierungselemente, thermische Ausdehnungskoeffizienten und Schmelzpunkte der Materialien können zu Spannungen und Rissen führen. Die verschiedenen Werkstoffe erfordern oft spezielle Schweißverfahren und -parameter. Es ist wichtig zu beachten, dass die genauen Zahlen und Fakten stark von den spezifischen Materialien und Anwendungen abhängen können. Diese Doppelseite informiert über Grundlagen für das Schweißen von Mischverbindungen:

## Charakterisierung geschweißter Werkstoffverbindungen:



### Artunterschiedlich:

Dies bezieht sich auf die Verbindung von Werkstoffen unterschiedlicher Art. Zum Beispiel sind nicht-rostende austenitische Stähle und Baustähle artunterschiedlich, ebenso wie Stahl und Aluminium. Das Schweißen von artunterschiedlichen Werkstoffen kann aufgrund ihrer unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften besondere Herausforderungen mit sich bringen, oder nicht durchführbar sein.



### Artgleich:

Artgleiches Schweißen bezieht sich auf die Verbindung von Werkstoffen der gleichen Art. Beispielsweise wäre das Schweißen von zwei Stahlstücken, die eine gleiche, oder sehr ähnliche chemische Zusammensetzung haben, artgleiches Schweißen. Artgleiches Schweißen ist oft einfacher, da die Materialien ähnliche Eigenschaften aufweisen.



### Artähnlich:

Artähnliches Schweißen bezieht sich auf die Verbindung von Werkstoffen, die zwar nicht identisch, aber ähnlich in ihrer Zusammensetzung und ihren Eigenschaften sind. Zum Beispiel könnte das artähnliche Schweißen das Verbinden von zwei Stahlsorten mit leicht unterschiedlichen Legierungsanteilen umfassen. Artähnliches Schweißen erfordert eine genauere Beachtung der Materialien, um unerwünschte Effekte wie Spannungen oder Rissbildung zu vermeiden.





# Herausforderungen beim Schweißen von Mischverbindungen:



## Schweißverfahren für Mischverbindungen:

- Ultraschallschweißen: Häufig verwendet für Kunststoff-Metall-Verbindungen.
- Laser- und Lichtbogenstrahlschweißen: Diese Verfahren können für eine Vielzahl von Materialkombinationen verwendet werden.
- Explosionsschweißen: Besonders geeignet für das Beschichten von Blechen mit artfremden Metallen, das sogenannten Sprengplattieren.

## Anwendungen von Mischverbindungen:

- In der Automobilindustrie für die Herstellung von Leichtbaustrukturen.
- In der Elektronikindustrie für die Verbindung von Metallen mit Kunststoffgehäusen.
- In der Medizintechnik für die Kombination von Metallen mit biokompatiblen Materialien.



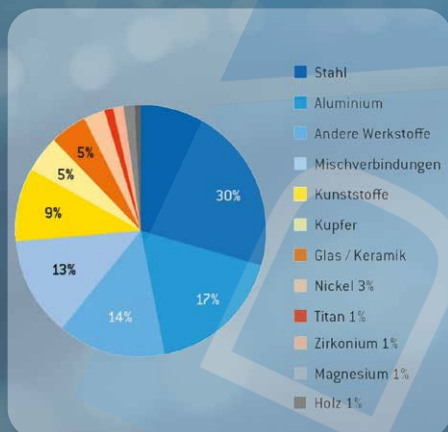
## Herausforderungen und Lösungen:



- Eine gründliche Materialcharakterisierung ist entscheidend, um die richtigen Schweißparameter auszuwählen.
- Fortschritte in der Schweißtechnologie und -ausrüstung ermöglichen präzisere Kontrolle über den Schweißprozess.

## Qualitätskontrolle:

- Bildgebende Verfahren wie Röntgenprüfung und Ultraschallprüfung sind wichtig, um Unregelmäßigkeiten in den geschweißten Mischverbindungen zu identifizieren.
- Mechanische Tests wie Zug- und Biegeprüfungen werden verwendet, um die Festigkeit der Verbindungen zu bewerten.



Verteilung der Forschungsprojekte von DVS Forschung entsprechend geschweißter Werkstoffe 2021 (© DVS)

Einsparungen von Materialien und damit auch Ressourcen sind bei optimierten Werkstoffkombinationen möglich, lassen sich aber nicht verallgemeinern und quantifizieren. Es existieren Modulhersteller, die den Einsatz sortenreiner Materialien anstreben (über 96 % der eingesetzten Materialien sind in den Wertstoffkreislauf rückführbar). Hier geht es z. B. um die Vermeidung von Verbundstoffen, um die Reduktion von Produktionsabfällen und eine Rückführung in den Wertstoffkreislauf sowie um die Implementierung energieeffizienter Fertigungsmethoden. Gegenüber dem konventionellen Bauen soll sich der Ressourceneinsatz um 36 % und der Abfall um 70 % reduzieren lassen.

Quellen:

DVS · Pohle: Schweißen von Werkstoffkombinationen, DVS-Verlag, 1999 · Heinkel Modulbau 2020

Stefan Krinke, Henning Zeidler, Georg Trench, Maximilian Nast, Felix Koch

# Modell zur Berechnung der Schweißraupenhöhen beim mehrlagigen Drahtauftragschweißen zur Anwendung für die Additive Fertigung (WAAM)

Ziel der Additiven Fertigung (AM) ist unter anderem Herstellung funktionsoptimierter Bauteile, die mit herkömmlichen Fertigungsverfahren nicht oder nur sehr aufwendig gefertigt werden können. Für den drahtbasierten AM-Prozess WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) ist somit eine Berechnung der einzelnen Schichthöhen bzw. der Bauteilendkontur in Abhängigkeit von den Prozessparametern wesentlich, um den Aufwand der spanenden Nachbearbeitung zu reduzieren. Mit der im Artikel dargestellten Versuchsfolge ist eine Vielzahl an Schweißungen in Wannen- und Zwangslage durchgeführt und in ein Berechnungsmodell überführt worden. Das Modell ermöglicht es, die Gesamthöhe von einspurigen Wandaufbauten realitätsnah in Abhängigkeit von der Schweißposition und der Maschinenvorschubgeschwindigkeit zu berechnen.

## 1 Einleitung

Das drahtbasierte Auftragsschweißen (nach ISO 52900 DED-Arc/M – Directed Energy Deposition, Arc: Lichtbogen, M: Metallwerkstoffe, auch bezeichnet als WAAM – Wire Arc Additive Manufacturing) zeichnet sich durch seine hohe Aufbaurate gegenüber den übrigen zumeist pulverbasierten additiven Verfahren, wie dem Laserstrahl auftragschweißen (DED-LB/M; LB für Laserstrahl) oder dem pulverbettbasierten Schmelzen (PBF-LB/M), für metallische Werkstoffe aus. Werden beim WAAM bis zu 11 kg Material pro Stunde aufgebaut [1 bis 3], liegen die Raten beim DED-LB/M bei bis zu 2,4 kg/h sowie beim PBF-LB/M bei bis zu 0,8 kg/h [4 bis 6]. Weiter ist die technische Realisierung vergleichsweise einfach und günstig und bedarf neben einer MSG-Stromquelle lediglich einer ansteuerbaren Kinematik.

Mit steigender Verbreitung des WAAM wächst auch der Anspruch auf eine endkonturnahe Fertigung, um den Aufwand spanender Nacharbeit zu minimieren. Gegenwärtig sind zwei Einsatzszenarien denkbar; zum einen das Planfräsen der Konturen nach jeder fertiggestellten Schicht, um die Gesamthöhe sowie die Stickoutlänge genau zu definieren, zum anderen die bewusste Materialzugabe durch zusätzliche Schichten, was folglich den spanenden Postprozess erweitert.

Ausgangspunkt für die additive Fertigung ist ein virtuelles Bauteil, welches in Form von 3D-Daten vorliegt. Die 3D-Daten können entweder mittels 3D-CAD-System oder auch aus Scandaten erstellt werden. Da das additive Fertigen meist durch Aufbau in paralleler Schichtebenen erfolgt, müssen die 3D-Daten entsprechend vorbereitet werden. Etablierte Vorgehensweisen des Preprocessing erzeugen durch Slicen Schichtdaten. Die Fertigung einer jeden Schicht erfolgt verfahrensspezifisch auf geeigneten Pfaden. Speziell für das Auftragsschweißen bedeutet das, dass für die abgeschiedene Schweißraupe die Überlappungen in Breitenausdehnung und die Überlappungen in Aufbaurichtung interessant sind. Das durch Ding et al. [7] vorgestellte „Tangential Overlapping Model“ (TOM) ermöglicht den idealen Abstand benachbarter Raupen zu ermitteln und gibt Aufschluss zur Breitenausdehnung. Ziel ist es, die existierenden physikalischen Ansätze zur Berechnung von Schweißraupenhöhen mit einem aus Messdaten entwickeltem Modell zu ergänzen. Die Ergebnisse des Modells werden anschließend durch Experimente

überprüft und mit bekannten Modellen verglichen.

## 2 Berechnungsmodelle

Grundlage der Modelle ist die Ausprägung der Schweißraupenquerschnittsfläche. In der Literatur werden sinusförmige, bogenförmige oder parabelförmige Querschnitte vorgeschlagen [8 bis 12]. Ding et al. [8, 11, 13] zeigt, dass der parabelförmige Querschnitt die beste Annäherung an den tatsächlichen Flächeninhalt liefert. Der berechnete relative Fehler (Relative Error RE) ist im Mittel kleiner als 3 % [7].

Die tatsächliche Fläche der Schweißung ( $A_s$ ) kann aus dem Flächeninhalt des verwendeten Drahtes ( $A_D$ ) multipliziert mit dem Geschwindigkeitsverhältnis aus Drahtvorschub  $v_D$  zu Maschinenvorschub  $v_f$  berechnet werden (Gl. 2.3). Die Forderung ist, dass das Drahtvolumen  $V_D$  dem Schmelzvolumen  $V_s$  pro Zeiteinheit  $t$  entspricht. Damit gilt:

$$V_D \cdot t = V_s \cdot t \quad (2.1)$$

## STICHWÖRTER

Additive Fertigung, Simulation und Berechnung



$$A_D \cdot v_D \cdot t = A_S \cdot v_f \cdot t \quad (2.2)$$

$$\text{mit } \lambda = \frac{v_D}{v_f} \quad A_S = A_D \cdot \frac{v_D}{v_f} \quad (2.3)$$

Erste Überlegungen zum Breitenwachstum in Wannenlage (PA-Position) beruhen auf der Annahme der idealen Überlappung von zwei nebeneinander abgeschiedenen Schweißraupen. Die benachbarte Schweißung wird in einem Abstand zur ersten so abgeschieden, dass die im Querschnitt vorhandene Talfläche  $A_1$  deckungsgleich der Überlappungsfläche  $A_2$  ist (Bild 1). Ziel dieser Überlegung ist eine zur Substratoberfläche (Schweißgrundfläche) neuentstehenden parallelen Ebene auf Höhe der Schweißmaxima. Dieses „Flat-Top Overlapping Model“ (FOM [14]) fordert einen Breitenabstand (Mittenabstand zweier benachbarter Schweißraupen) vom 0,667-fachen der Schweißraupenbreite. Darauf folgende Untersuchungen haben gezeigt, dass die Anwendung dieses Modells zu Welligkeiten und Materialanhäufungen führt. Die weiterführende Modellentwicklung ist das „Tangential Overlapping Model“ (TOM). Demnach ist der ideale Abstand gegeben, wenn Flächengleichheit der modifizierten Talfläche  $A_1$  und der Überlappungsfläche  $A_2$  gegeben ist. Randbedingungen sind, dass die benachbarten Raupen denselben Querschnitt aufweisen und dass die Tangente der Raupe 2 (Strecke BC) den Schnittpunkt an Raupe 1 exakt oberhalb des theoretischen ersten

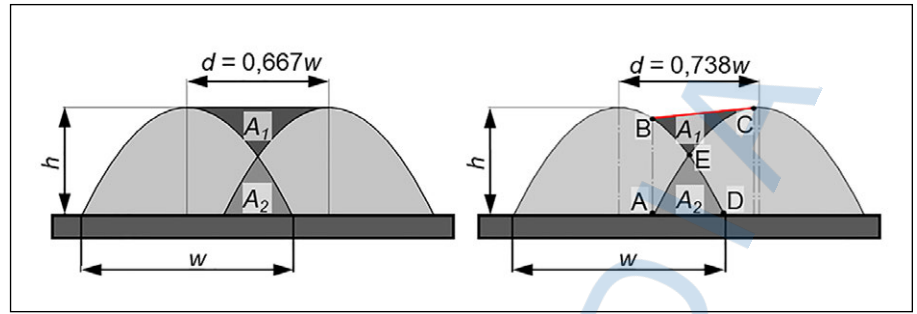


Bild 1: Flat-Top Overlapping Model (FOM) [10] (links), Tangential Overlapping Model (TOM) (rechts).

Fußpunktes der Raupe 2 (Punkt A) besitzt.

Damit wächst der Breitenabstand bei Annahme einer parabelförmigen Querschnittsausprägung beider benachbarter Raupen auf das 0,738-fache der Schweißraupenbreite.

Im Hinblick auf eine industrielle Anwendung wird als Stufensprung (durch Cobot/Kinematik auszuführende Bewegung in Aufbaurichtung nach jeder Schweißschicht) die Schweißraupenhöhe herangezogen ohne Unterscheidung ob einspuriger Wand- oder mehrspuriger Volumenaufbau. Nach Li et al. [15] kann jedoch im Volumenaufbau für die Parabelformannahme ein Stufensprung vom 0,9-fachen der Einfachschweißhöhe (Schweißhöhe einer einzelnen Schweißung auf der Substratoberfläche) berechnet werden. Für den einspurigen Wand-

aufbau soll ein Modell äquivalent der Breitenmodelle aufgestellt werden.

Grundüberlegung ist die Flächengleichheit einer ersten und einer darüber liegenden Schweißung. Nach Umstellung des allgemeinen Ausdrucks der Flächenberechnung einer Parabel ( $A_p$ ) mit Einsetzen der halben Schweißraupenbreite als jeweils positive und negative Nullstellen und die Schweißraupenhöhe als Extremwert kann Gl. 2.4 zur Querschnittsberechnung der Schweißung ermittelt werden.

$$A_p = \frac{2}{3} w \cdot h \quad (2.4)$$

Zur Gewährleistung vollständiger Flächengleichheit ist der erforderliche Stufensprung gegeben, wenn das resultierende Rechteck  $A_R$  mit den Kantenlängen  $s$  (Stufensprung) und  $w$  (Schweißraupenbreite) unterhalb der obenliegenden

## ABSTRACT

# Model for Calculating the Weld Bead Heights in Multi-layer Wire Cladding for Use in Additive Manufacturing (WAAM)

The goal of additive manufacturing (AM) is, among other things, to produce functionally optimised components that cannot be manufactured using conventional processes, or only with great effort. For the wire-based AM process WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing), it is therefore essential to calculate the individual

layer heights or the final component contour as a function of the process parameters to reduce necessary post-processing. With the test sequence presented in the article, various welds have been carried out in the flat position and out-of-position and transferred to a calculation model. The model allows to realistically calcu-

late the total height of single-track wall structures as a function of the welding position and the machine feed speed.

## KEYWORDS

additive manufacturing, simulation and calculation

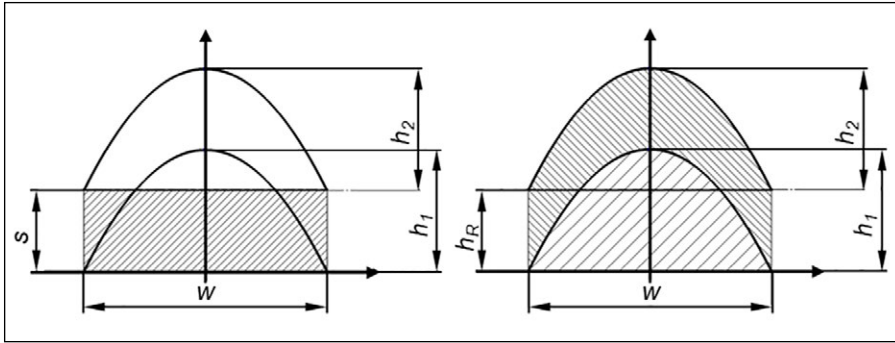


Bild 2: Darstellung der Querschnittsannahme einer Zweifachschweißung.

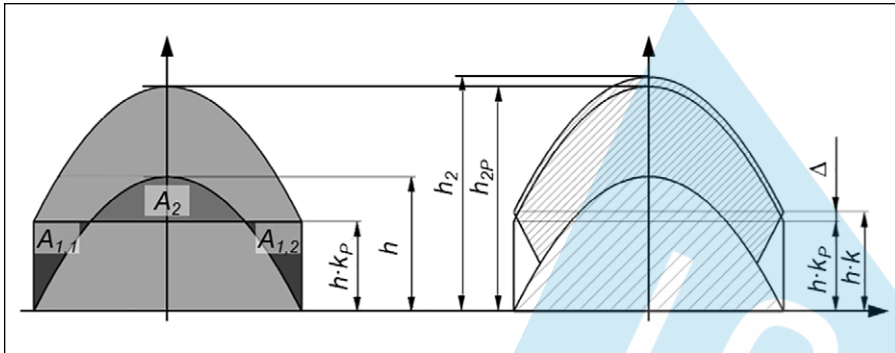


Bild 3: Darstellung von Höhengsprung: ideale Überlappung, entspr. Bild 1 (links), mittels angepasstem Sprungfaktor k (rechts).

Schweißung flächengleich mit dem Schweißraupenquerschnitt ist (Bild 2). Der Stufensprung wird in Gl. 2.5 als Ausdruck der Schweißhöhe dargestellt. Das Verhältnis aus Stufensprung zur Schweißhöhe wird folgend als  $k$ -Faktor bezeichnet und beträgt in diesem Fall 0,667.

$$\text{mit } A_R = A_P \quad s = \frac{2}{3} \cdot h \quad (2.5)$$

Die Gesamthöhe  $h_{ges}$  von Wandschweißungen mit  $N$ -Lagen kann somit mit Gl. 2.6 ausgedrückt werden:

$$h_{ges} = h \cdot [k \cdot ([N] - 1) + 1] \quad (2.6)$$

Dieser Faktor entspricht dem Faktor nach dem FOM-Prinzip für die Breitenrichtung. Ursache ist die Forderung in beiden Modellen, dass in sowohl Höhen- als auch in Breitenrichtung die Überlappungsflächen zweier identischer Schweißraupenquerschnitte und die resultierenden Flächen gleich groß sind ( $A_1 = A_2$ , bzw.  $A_{1,1} + A_{1,2} = A_2$ ), Bild 1 links und Bild 3 links.

Die Überlegung zum Stufensprung sollte experimentell überprüft und gegebenen-

falls empirisch erweitert werden. Es wurde angenommen, dass der theoretische Faktor  $k$  bezüglich der Schweißhöhe über die verschiedenen Schweißpositionen variiert. Die Untersuchungen wurden in den Positionen PA, PC, PF und PG durchgeführt (Bild 4). Die Erkenntnisse geben Aufschluss, welchen Einfluss die Schweißposition auf die Mehrlagenschweißung ausübt.

Besonders für den maschinellen bzw. robotergeführten Einsatz können parameterabhängige Korrekturfaktoren sinnvoll sein, da die erforderliche Berechnung durch den Postprozessor im Hintergrund ausgeführt wird. Zur Aufstellung des Berechnungsmodells wurden weitere Positionen außerhalb der Wannenposition PA betrachtet. Das Maschinen-Setup ermöglichte Schweißversuche bis 55° Substratanstellung. Somit wurden Schweißungen mit horizontaler (PC), steigender (PF) und fallender (PG) Brennerbewegung bis zu einer maximalen Neigung  $\beta$  von 55° (Bild 5) ausgeführt. Zur Berechnung wurden die Winkel, welche zum einen die Bewegungsrichtung auf dem Substrat ( $\alpha$ ), zum anderen die Drehung im Raum ( $\beta$ ) beschreiben,

festgelegt. Aus der Versuchsreihe sind somit Werte für  $\alpha = [-90^\circ; 0^\circ; +90^\circ]$  und für  $\beta = [0^\circ; 15^\circ; 30^\circ; 45^\circ; 55^\circ]$  hinterlegt.

Zu jeder Parametereinstellung wurde der Faktor  $k$  der gemessenen Doppelraupenhöhe zu der Einzelraupenhöhe nach Umstellung der Gl. 2.6 ermittelt und abgelegt.

Die Messwerte wurden Matrizenweise erfasst. Die Aufteilung der Matrizen geschieht über die Orientierung auf dem Substrat ( $\alpha$ ) und damit über die Position. Folgend werden die berechneten Verhältniszahlen zu jeder Maschinengeschwindigkeit über den Winkel  $\beta$  aufgetragen und linear angenähert. Im Ergebnis wird für jede Maschinengeschwindigkeit eine Trendgerade ermittelt, welche durch Anstieg und Absolutglied vollständig beschreibbar ist. Werden die entsprechenden Polynomkoeffizienten getrennt und über der zugehörigen Maschinengeschwindigkeit aufgetragen, kann mittels kubischer Regression zu jeder möglichen Geschwindigkeit ein Anstieg (Gl. 2.7) und ein Absolutglied (Gl. 2.8) ermittelt werden. Damit ist die Möglichkeit gegeben, für die betrachtete Position  $\alpha$  zu jeder Kombination aus Maschinenvorschubgeschwindigkeit (auch Schweißgeschwindigkeit genannt)  $v_f$  und Substratwinkelanstellung  $\beta$ , einen Faktor  $k$  (Gl. 2.9 bzw. 2.10) zu berechnen:

$$m = a_m v_f^3 + b_m v_f^2 + c_m v_f + d_m \quad (2.7)$$

$$n = a_n v_f^3 + b_n v_f^2 + c_n v_f + d_n \quad (2.8)$$

$$k = (a_m v_f^3 + b_m v_f^2 + c_m v_f + d_m) \cdot \beta + (a_n v_f^3 + b_n v_f^2 + c_n v_f + d_n) \quad (2.9)$$

$$k = \sum_{m=0}^1 \sum_{n=0}^3 \beta^m x_{n+1,m+1} v_f^n \quad (2.10)$$

Die vier Koeffizienten der kubischen Regression zum Berechnen des Anstiegs  $m$  (Gl. 2.7) und des Absolutglieds  $n$  (Gl. 2.8) werden einzeln über die Position ( $\alpha$ ) aufgetragen und jeweils mittels quadratischer Regression angenähert. Folglich kann ebenso für jede Position  $\alpha$  ein Faktor  $k$  (Gl. 2.11) berechnet werden.

$$k = \sum_{m=0}^1 \sum_{n=0}^3 \sum_{p=0}^2 v_f^n x_{p+1,n+1,m+1} \alpha^p \beta^m \quad (2.11)$$

Die Genauigkeit des Modells korreliert mit der Diversität und Anzahl der Ver-



suchsschweißungen. Weiterhin ist dieses Modell auf alle erhobenen Daten der Versuchsschweißungen anwendbar. Neben dem Faktor  $k$  soll ebenso die Einzelhöhe  $h_1$  berechnet werden (Gl. 2.12). Beide Gleichungen unterscheiden sich in ihren Koeffizienten.

$$h_1 = \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^3 \sum_{q=0}^2 v_f^j x_{q+1,j+1,i+1} \alpha^q \beta^i \quad (2.12)$$

Die Faktoren und Einzelhöhen der betrachteten Positionen (PA, PC, PF, PG) können zwischen  $0^\circ \leq \beta \leq 55^\circ$  interpoliert und für  $\beta > 55^\circ$  sowie  $0 \leq \alpha \leq 55^\circ$  mit  $\alpha \neq [0^\circ; 90^\circ; -90^\circ]$  extrapoliert werden. Damit kann mittels Gl. 2.6 die Gesamthöhe einer beliebigen Anzahl übereinanderliegender Schweißungen berechnet werden.

Die beschriebene Prozedur (Gl. 2.1 bis Gl. 2.12) wird im Abschnitt 4.1 mit einem physikalischen Ansatz nach Rios et al. [16] verglichen. Grundlage für die Berechnung der Schweißraupengeometrie nach Rios ist die Massenerhaltung nach Gl. 2.3 und der prozessbedingte Wärmeinput, welcher mittels Python-Programm auf Grundlage der verwendeten Prozessparameter sowie der physikalischen Größen des Zusatzwerkstoffes ermittelt wird.

### 3 Versuchsaufbau und Durchführung

Zur Beurteilung des aufgestellten Berechnungsmodells wurden die Schweißungen mit einer jeweiligen Länge von 180 mm in den Positionen PA, PC, PF und PG ausgeführt. Die zu erwartenden Schweißraupenhöhen liegen im Bereich von 2 bis 3 mm mit einem Aspektverhältnis von 0,5. Die Maschinenvorschubge-

schwindigkeiten  $v_f$  reichen von 200 bis 640 mm/min mit einem Geschwindigkeitsverhältnis  $\lambda$ , gebildet aus Drahtvorschub zu Maschinenvorschub, von  $12 \pm 10\%$ . Das Setup besteht aus der Vereinigung eines 5-Achs-parallelkinematischen CNC-HSC-Fräszentrums der Firma Metrom (HSC - High-Speed Cutting) und dem CMT-Prozess der Firma Fronius (CMT: Cold Metal Transfer). Dieser Versuchsstand ist im Zuge des BMBF-Forschungsprojektes „HYMOON“ im Rahmen des „Zwanzig20“-Programms entstanden. Hierbei wird die Fronius-Anlage (TPS 5000) als Werkzeug in der Anlage des Unternehmens Metrom eingebunden (Bild 6).

Der CMT-Prozess ist durch seine vielen Einstellparameter gut steuerbar. Die durch zehn parametergleiche Schweißproben ermittelte Varianz sowie Standardabweichung durch jeweils 10 Messungen beträgt  $V = 0,0006$  mm und  $S = 0,023$  mm. Dieses Ergebnis spricht für eine hohe Abbildgenauigkeit und zeigt, dass Berechnungsmodelle zum CMT-Prozess ein sinnvolles Werkzeug sind.

Die zu untersuchende Materialkombination bestand aus dem Substrat S235JR (Werkstoffnummer 1.0038) mit dem im Durchmesser 1 mm starken Draht G3Si1 (1.5125). Die gewählte Schweißkennlinie ist die CMT-Standard Kennlinie 1053. Schutzgas ist das  $\text{CO}_2$ -Argon-Gasgemisch im Verhältnis 18 zu 82 mit einem Volumenstrom von 20 l/min. Es wurden die einzel- und doppelagigen Schweißversuche entsprechend **Tabelle 1** bei einer Substrattemperatur von etwa  $130^\circ\text{C}$  durchgeführt und anschließend mittels des Quantum Max ScanArm mit FARO-Blu xP LLP (LLP: Laserlineprobe, Auflösung  $59\text{ }\mu\text{m}$ ) des Unternehmens Faro vollständig eingescannt. Am digitalen Modell werden pro Schweißung zehn Höhenwerte gemessen. Anschließend wurden die Mittelwerte gebildet und abgelegt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Wannenlage PA

Die Höhenmesswerte der PA-Position von Einfach- und Doppelschweißungen

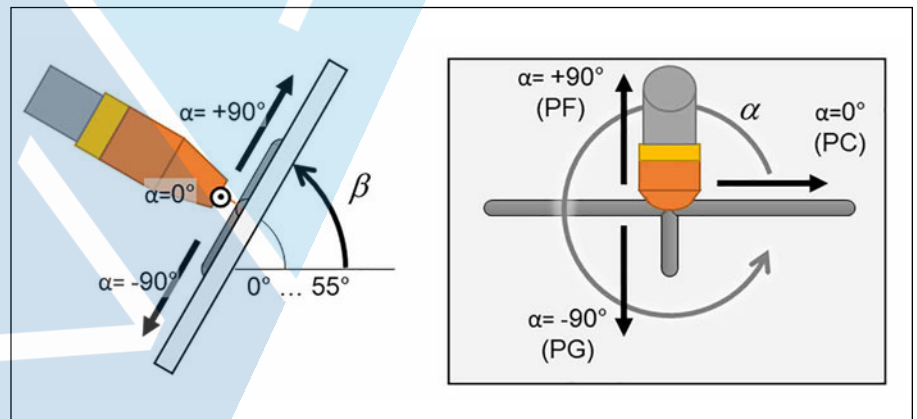


Bild 5: Zwangslagen bis max. =  $55^\circ$ .

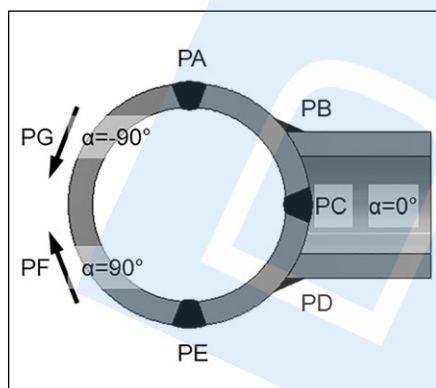


Bild 4: Schweißpositionen.

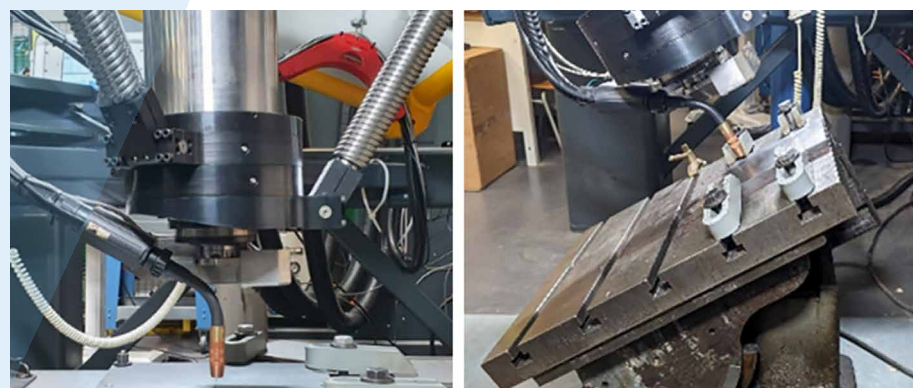


Bild 6: Versuchsaufbau: PA (links), PC, PF, PG (rechts).

Tabelle 1: Einstellparameter der Schweißversuche.

$v_d$ in m/min	$v_f$ in mm/min	$\lambda$
2,4	200	12,0
3	240	12,5
4	300	13,3
5	400	12,5
5,3	450	11,8
6	530	11,3
6,7	600	11,2
7	640	10,9

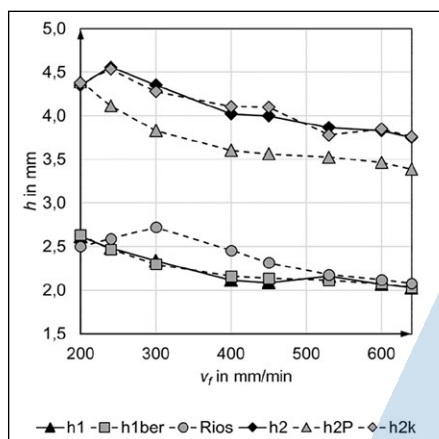


Bild 7: Mess- und Berechnungswerte der Schweißhöhen in Abhängigkeit von der Verfahrensgeschwindigkeit im Vergleich zu den Berechnungswerten nach Rios.

( $h_1$  und  $h_2$ ) wurden über die Maschinengeschwindigkeit  $v_f$  aufgetragen und sind in Bild 7 dargestellt.

Die einfachen Höhenmesswerte befinden sich zwischen 2,0 und 2,6 mm, die doppelten Höhenmesswerte zwischen 3,7 und 4,6 mm. Die berechneten Höhenwerte ( $h_{2P}$ ) entsprechend dem Parabelansatz (Gl. 2.6 mit  $k = k_p = 0,667$ ) befinden sich in der Nähe der gemessenen Höhenmesswerte ( $h_2$ ) mit einem relativen Fehler (RE – Relative Error) zu den Messwerten im Mittel von 9,8 %. Die Fehlerrate (ER – Error Rate) beträgt 10,0 %.

Der relative Fehler für die PA-Position ist nahezu durchgängig positiv. Das bedeu-

tet, dass der Messwert größer ist als der Berechnungswert. Unberücksichtigt kann dies bei einem Wandaufbau mit einer großen Anzahl an übereinanderliegenden Schweißungen zur Kollision bzw. zum Festschweißen des Brenners und dem Bauteil führen.

Die berechnete Einfachraupenhöhe ( $h_{1ber}$ ) nach Gl. 2.12 zeigt eine gleichgroße Übereinstimmung zum Messwert wie der daraus berechnete Doppelhöhenwert ( $h_{2k}$ ) unter Verwendung des Faktors  $k$ , ermittelt aus Gl. 2.11, mit einem relativen Fehler im Mittel von jeweils –0,15 % und einer Fehlerrate von 1,32 %. Die Abweichung nach Rios et al. ist RE = –5,33 %, ER = 6,51 %.

## 4.2 Zwangslagen PB, PF, PG

Die Berechnungsergebnisse für die Zwangslagen werden als Oberflächendiagramm in Bild 8 dargestellt. Dabei liegt der experimentelle Parameterraum bestehend aus  $v_f$ ,  $\alpha$  und  $\beta$  zu Grunde. Die Wannanlage wird mit rotem Rahmen gekennzeichnet.

Die Berechnungsergebnisse bilden die Messwerte hinreichend genau ab. Die Abweichung der Einfachschweißungen beträgt RE = –0,02 %, ER = 1,80 %, der Doppelschweißungen RE = –0,04 %, ER = 1,57 %.

Besonders in der horizontalen ( $\alpha = 0^\circ$ ) und fallenden ( $\alpha = -90^\circ$ ) Brennerbewegung werden sehr gute Ergebnisse erzielt. Die steigende ( $\alpha = 90^\circ$ ) Bewegung

als kritischste Bewegung, die auch den Humping-Effekt begünstigt [17], stellt mit der gegenwärtig geringen Datenlage sowie der Vereinfachung durch die Regression zweiten Grades nicht vollständig zufriedenstellende Ergebnisse dar.

Die in Gl. 2.11 und Gl. 2.12 verwendeten Koeffizienten sind online abrufbar [18]. Außerdem werden Implementierungen der verschiedenen Modelle bereitgestellt [19].

## 4.3 Validierung durch weitere Versuche

Eine weitere Untersuchungsreihe validierte die erzielten Erkenntnisse. Dafür wurden mehrschichtige Schweißungen mit der Standardkennlinie ohne Änderung der Lichtbogen- und Dynamikkorrektur erzeugt und die Höhen gemessen (Tabelle 2). Der gemittelte Messwert der einfachen Schweißung beträgt für die Höhe 2,19 mm. Der bereits hinterlegte Wert aus der vorherigen Untersuchungsreihe beträgt 2,16 mm. Der ermittelte Sprungfaktor beträgt 0,88. Die gemessenen und berechneten Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

Mit dem Modell können ein zielorientierter Sprungabstand im Postprozessor eingepflegt und Bauteile mit geringer Soll-Ist-Abweichung erzeugt werden. In den ersten vier Lagen unterliegt die Breite-Höhe-Ausprägung den stärksten Schwankungen. Bei Wandaufbauten mit einer Schichtanzahl größer zehn werden Abweichungen aufgrund verschiedener thermischer und metallurgischer Einflüsse immer wahrscheinlicher und die zu erwartende Abweichung größer.

Nach zwanzig Schichten wird ein spannender Zwischenschritt empfohlen, um die Bauteilhöhe genau zu definieren. Der berechnete Höhenwert liegt an dieser Stelle bei 38,5 mm. Bei einer Abweichung von 5 % beträgt der Einfluss auf den Stickout weniger als 2 mm. Wird an dieser Stelle der Aufbauprozess unterbrochen können Probleme durch zu kurzen oder zu langen Lichtbogen vollständig unterbunden werden.

## 5 Fazit

Die bislang bekannten Modelle zum Auftragschweißen berücksichtigen



Tabelle 2: Mess- (MW) und Berechnungswerte (BW) mittels positionsabhängigen Faktors.

Anzahl Schichten	1	2	4	5	10
MW in mm	2,19	4,01	8,03	10,05	19,15
BW in mm	2,16	4,07	7,90	9,81	19,37
RE in %	1,18	-1,49	1,69	2,40	-1,14

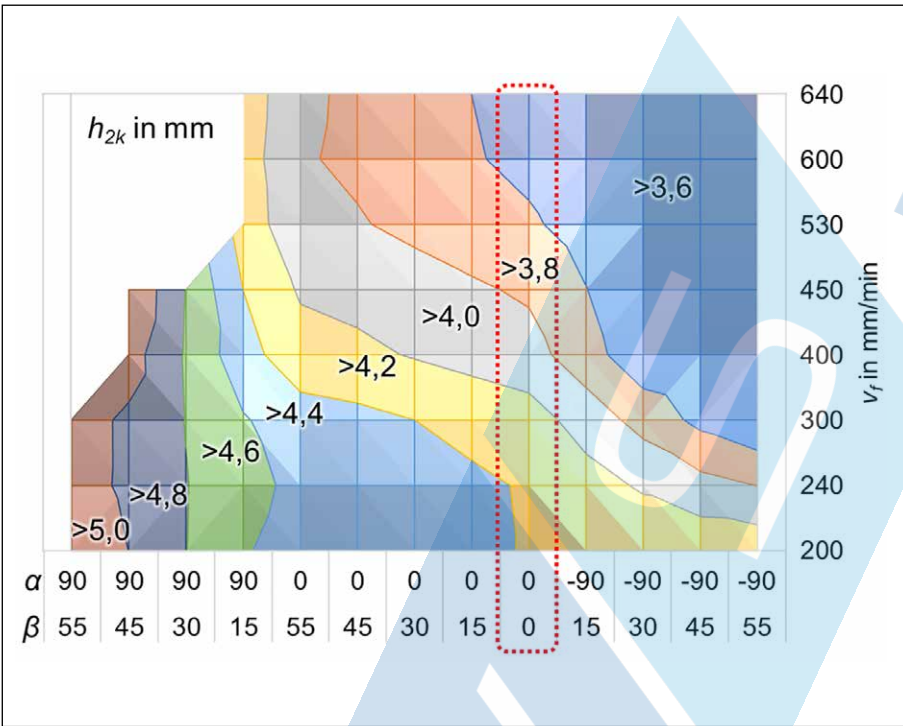


Bild 8: Oberflächendiagramm der berechneten Doppelschweißhöhen  $h_{2k}$  in mm in Abhängigkeit von der Vorschubgeschwindigkeit und Position (vgl. Bild 5).

hauptsächlich Überlegungen zum Breiten- und Höhenwachstum in der PA-Position.

Für das Höhenwachstum konnte gezeigt werden, dass ein Berechnungsprinzip in Abhängigkeit von der Maschinenvorschubgeschwindigkeit und Winkelanstellung eine sinnvolle Anwendung zur Ermittlung der Gesamtschweißhöhe darstellt. Die Anwendung positionsabhängiger Faktoren auf die Einfachschweißhöhe bieten hierbei eine gute Berechnungsgrundlage. Grund dafür sind die in der Schmelze vorherrschenden Strömungen, welche in Art und Stärke von der Maschinenvorschubgeschwindigkeit und Schweißposition abhängen und die Gesamthöhenausprägung beeinflus-

sen [20 bis 25]. Die beschriebene Modellierung kann mit jedem Tabellenkalkulationsprogramm umgesetzt werden. Vorteil ist, dass die hinterlegten Arbeitsmappen mit neuen Daten ergänzt werden können und somit die Genauigkeit der berechneten Faktoren und Einfachschweißhöhen steigt. Die geringere Soll-Ist-Abweichung erlaubt es, bedeutend mehr Schweißungen übereinander abzuschneiden, bevor ein spanender Zwischenschritt erforderlich wird. Der ideale Arbeitsbereich liegt für die Maschinenvorschubgeschwindigkeit  $v_f$  im Bereich von 300 bis maximal 450 mm/min. Die Berechnung nach Rios et al. ermöglicht bei geringerer Datenlage eine sinnvolle Abschätzung der sich entwickelnden Schweißraupenhöhen für die erste Lage.

Literatur

[1] Holfort, L.: Metall 3D-Druck: Was ist Direct Energy Deposition? [online]. [Zugriff am 14.11.2023]. Verfügbar unter: <https://www.layerbylayer.de/aktuelles/metall-3d-druck-was-ist-direct-energy-deposition>.

[2] Matthes, K.-J., u. E. Richter: Schweißtechnik. Schweißen von metallischen Konstruktionswerkstoffen. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München 2008,

[3] Reimann, J., u. a.: Directed Energy Deposition-Arc (DED-Arc) and numerical welding simulation as a hybrid data source for future machine learning applications. Applied Sciences 11 (2021) H. 15, 7075.

[4] Mercurio, V., u. a.: Increasing of production rate of laser powder bed fusion systems. Procedia CIRP 118 (2023), S. 699/704.

[5] Shah, A., u. a.: A review of the recent developments and challenges in wire arc additive manufacturing (WAAM) process. Journal of Manufacturing and Materials Processing 7 (2023), H. 3, S. 97.

[6] Gebhardt, A.: Additive Fertigungsverfahren. 5. Auflage. Carl Hanser Verlag, München 2016.

[7] Ding, D., u. a.: A multi-bead overlapping model for robotic wire and arc additive manufacturing (WAAM). Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 31 (2015), S. 101/10.

[8] Chan, B., J. Pacey u. M. Bibby: Modelling gas metal arc weld geometry using artificial neural network technology. Canadian Metallurgical Quarterly 38 (1999), H. 1, S. 43/51.

[9] Aiyiti, W., u. a.: Investigation of the overlapping parameters of MPAW based rapid prototyping. Rapid Prototyping Journal 12 (2006), H. 3, S. 165/72. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/13552540610670744/full/html>, abgerufen am: 29.10.2019

[10] Manokruang, S., u. a.: Model of weld beads geometry produced on surface temperatures by Wire and Arc Additive Manufacturing (WAAM). IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 1063 (2021), 12008.

[11] Spencer J. D., P. M. Dickens u. C. M. Wykes: Rapid prototyping of metal parts by three-dimensional welding. The Journal of Engineering Manufacture 212 (1998), H. 3, S. 175/182.

- [12] Dahat, S., u. a.: A methodology to parameterize wire + arc additive manufacturing: A case study for wall quality analysis. *Journal of Manufacturing and Materials Processing* 4 (2020), H. 1, 14.
- [13] Ding, D., u. a.: Bead modelling and implementation of adaptive MAT path in wire and arc additive manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 39 (2016), S. 32/42.
- [14] Xiong, J., u. a.: Modeling of bead section profile and overlapping beads with experimental validation for robotic GMAW-based rapid manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 29 (2013), H. 2, S. 417/23.
- [15] Li, Y., u. a.: GMAW-based additive manufacturing of inclined multi-layer multi-bead parts with flat-position deposition. *Journal of Materials Processing Technology* 262 (2018), S. 359/71.
- [16] Rios, S., u. a.: Analytical process model for wire + arc additive manufacturing. *Additive Manufacturing* 21 (2018), S. 651/57.
- [17] Adebayo, A., J. Mehnen u. X. Tonnellier: Limiting travel speed in additive layer manufacturing. Tagungsbeitrag, „9th International Conference on Trends in Welding Research American Society for Metals ASM International“, Chicago 2012.
- [18] Nast, M., u. S. Krinke: Modell, Koeffizienten und rohe Messdaten zu „Modell zur Berechnung der Schweißraupenhöhen beim mehrlagigen Drahtauftragschweißen zur Anwendung für die additive Fertigung (WAAM)“, Researchgate.net; DOI: 10.13140/RG.2.2.34233.44643, 2023
- [19] Krinke, S., u. M. Nast: WeldSim [online], 2023. [Zugriff am 13.04.2023]. Verfügbar unter: <https://github.com/MaximilianNast/WeldSim>.
- [20] Gratzke, U., u. a.: Theoretical approach to the humping phenomenon in welding processes. *Journal of Physics D: Applied Physics* 25 (1992), H. 11, S. 1640/47.
- [21] Mills, K. C., u. a.: Marangoni effects in welding. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 356 (1998), H. 1739, S. 911/25.
- [22] Rayleigh, J. W. S.: *The theory of sound*. Dover Publications, New York 1945.
- [23] Wu, D., u. a.: Understanding of humping formation and suppression mechanisms using the numerical simulation. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 104 (2017), S. 634/43.
- [24] Cho, M. H., u. D. F. Farson: Understanding bead hump formation in gas metal arc welding using a numerical simulation. *Metallurgical and Materials Transactions B* 38 (2007), H. 2, S. 305/19.
- [25] Soderstrom, E., u. P. Mendez: Humping mechanisms present in high speed welding. *Science and Technology of Welding and Joining* 11 (2006), H. 5, S. 572/79.

## AUTOREN



### Dr.-Ing. Stefan Krinke

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung an der TU Bergakademie Freiberg



### Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler

Leiter des Lehrstuhls Additive Fertigung am Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung an der TU Bergakademie Freiberg



### Georg Trench, B. Eng., IWE

Fachbereichsleiter Additive Manufacturing, SLV Halle GmbH



### Maximilian Nast

Studentischer Mitarbeiter, Fachbereich Additive Manufacturing, SLV Halle GmbH



### Dr.-Ing. Felix Koch, IWE

Berechnungsingenieur, Advanced Development, Palfinger Europe GmbH



Die Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Halle GmbH ist seit 1930 Ansprechpartner für Industrie und Handwerk. Unsere Stärken liegen in der Aus- und Weiterbildung von schweißtechnischem Fachpersonal sowie in der gemeinnützigen und industriellen Forschung. Mit unseren Dienstleistungen in der Qualitätssicherung und Werkstofftechnik unterstützen wir Unternehmen in allen Belangen der Füge-technik.

Zur Leitung der Abteilung „Controlling, Finanzen, Personal“ suchen wir zum **01.06.2024** einen

## Abteilungsleiter/in Controlling/Finanzen/Personal (m/w/d)

### Ihr zukünftiges Aufgabengebiet

- Leitung der Abteilung Controlling/Finanzen/Personal
- Planung des Rechnungswesens mit dem ERP-System NAVISION
- Controlling der betriebswirtschaftlichen Schwerpunkte der gemeinnützigen und wirtschaftlichen Tätigkeiten des Unternehmens aufgrund der Satzung des Unternehmens
- Realisierung und Absprachen mit den Tochter- und verbundenen Unternehmen auf den Gebieten des Rechnungswesens, Planung und Controlling
- Termingerechte Koordination aller abteilungsinternen Aufgaben
- Personal- und Vertragswesen (u.a. Gehaltsabrechnung, Arbeits- und andere Verträge)
- Investitions- und Instandhaltungsplanung sowie deren Realisierung
- Koordinierung der Immobilienverwaltung und der Betreuung der Mieter mit dem Dienstleister

### Idealerweise bringen Sie mit

- Freude und Erfahrung im Umgang mit Menschen und deren Motivation
- Bereitschaft für zeitlich begrenzte Reisetätigkeit
- Teamfähigkeit und kommunikatives Auftreten
- Fähigkeit zu selbständigem, eigenverantwortlichem und flexiblem Arbeiten

### Ihr Profil

- Abschluss als Dipl.-Kaufmann, Dipl.-Betriebswirt oder vergleichbare Ausbildung
- Mehrjährige Erfahrung im Rechnungswesen sowie der Erstellung von Jahresabschlüssen
- Einschlägige Erfahrung auf dem Gebiet der Gemeinnützigkeit und der Abrechnung von Forschungsprojekten
- Führung von Mitarbeitern in den einzelnen Bereichen
- Erfahrung auf den Gebieten Personalwesen (Gehaltsabrechnung), Controlling, Kalkulation sowie Vertragswesen
- Freundliches und sicheres Auftreten gegenüber Kunden und Geschäftspartnern
- Verhandlungssichere Englischkenntnisse in Wort und Schrift
- Sicherer Umgang in MS-Office-Anwendungen

Wir bieten Ihnen eine verantwortungsvolle und abwechslungsreiche leitende Tätigkeit in einem unbefristeten Arbeitsverhältnis. Darüber fühlen wir uns einer leistungsgerechten Bezahlung mit soliden Sozialleistungen, einer Altersversorgung und umfangreichen Möglichkeiten zur persönlichen Weiterbildung verbunden. Ein ausgezeichnetes Arbeitsumfeld mit gutem Betriebsklima und eine langfristige Perspektive mit persönlichen Entwicklungsmöglichkeiten runden diese verantwortungsvolle Tätigkeit ab.

Wenn Sie Lust auf abwechslungsreiche und vielseitige Aufgabenstellungen in einem wertschätzenden Umfeld haben, freuen wir uns über Ihre Online-Bewerbung mit Angabe Ihrer Gehaltsvorstellungen und Ihres möglichen Eintrittsdatums bis zum **31.03.2024** an:

✉ [bewerbung@slv-halle.de](mailto:bewerbung@slv-halle.de)

Halle (Saale), Januar 2024

*Weil wir verbinden*



V. Peremitko, V. Sukhomlyn, A. Yevdokymov, A. Golyakevich, V. Artemchuk

# Einfluss des Verfahrens zur Zugabe von Karbidbildnern auf die Struktur und die Eigenschaften aufgeschweißter Schichten

Bei den vorgestellten Untersuchungen wurden beim Lichtbogen-Auftragschweißen Füllbandelektroden verwendet, die unter anderem eine Füllung mit kunststoffvorbeschichteten Hartmetallbildner-Partikeln beinhalten. Die Untersuchungsergebnisse wiesen die Wirksamkeit dieser Partikel nach. Mit den kunststoffbeschichteten Partikeln wurde ein Standardfüllband modifiziert. Vergleichende metallographische Analysen zum Standardfüllband ergaben Unterschiede in Form, Menge und Verteilung der Karbide, einschließlich der Sekundärkarbide, entlang des Querschnitts der aufgetragenen Legierungsschichten, die in ihrer Zusammensetzung dem weißen Chromgusseisen ähneln. Ein erhöhter Anteil an Karbiden im oberen Teil der gebildeten Schichten und eine geringere Anzahl von Rissen werden als positive Tatsache angesehen, die zu einer höheren Beständigkeit gegen späteren Verschleiß führen sollte. Zur endgültigen Bestimmung der Art der Karbide und der Matrix in der Struktur der aufgeschweißten Schichten wurden ergänzende Mikrohärtemessungen durchgeführt.

## 1 Einleitung

Die Erhöhung der Lebensdauer von Verschleißteilen und Mechanismen ist nach wie vor ein dringendes Problem in der modernen Technik. Dies gilt insbesondere für Maschinenelemente im Bergbau, im Baugewerbe und in anderen Industriezweigen, die im Betrieb dauerhaft Steinen, Kohle, Erzen und Sand ausgesetzt sind. Diese Liste umfaßt Mühlen für die Zement-, Erz- und Kohlevermahlung, Schlammumpen und die dazugehörigen Rohrleitungen, Auskleidungsplatten für Bunker und Absetzbecken, Zentrifugen, Flotationsmaschinen, Hydrozyklone usw., deren Lebensdauer vom Zustand der Bauteiloberfläche, die mit den genannten abrasiven Stoffen in Berührung kommt, abhängt.

Verschleißfestes weißes Gusseisen [1], das hochharte Karbide in seinem Mikrogefüge enthält, wird seit langem für die Herstellung von Teilen diverser Maschinen und Mechanismen verwendet, die einem abrasiven Verschleiß unterliegen. Dadurch kann die Lebensdauer belasteter Bauteile im Vergleich zu herkömmlichen Kohlenstoffstählen um das 3 bis 15fache erhöht werden.

Zur Verringerung des abrasiven Verschleißes ist das Auftragen lokaler Schutzschich-

ten auf der Arbeitsfläche eines Bauteils weit verbreitet. Derzeit werden viele Methoden zum Aufbringen von Hartstoffschichten verwendet, zum Beispiel die Verfahren des Lichtbogen-Auftragschweißens [2, 3], das thermische Spritzen [4] sowie die chemisch-thermische Behandlung [5].

Es ist anzumerken, dass die Beständigkeit von Legierungen gegen abrasiven Verschleiß oft nur anhand ihrer Härte beurteilt wird. Jedoch weisen Legierungen mit geringerer Härte oft sogar eine höhere Verschleißfestigkeit auf [6].

Gegenwärtige Verschleißschutzschichten enthalten in der Regel mehrere recht teure Legierungsbestandteile wie Chrom, Titan, Molybdän sowie Vanadium [7 bis 9]. Diese Legierungselemente bestimmen in Verbindung mit Kohlenstoff weitgehend die Art der Karbide, die Metallbasis (Matrix) und damit die Eigenschaften des weißen Gusseisens.

In Anbetracht der hohen Preise der oben genannten Legierungselemente wird im Nachfolgenden dem wichtigsten karbidbildenden Metall Chrom, besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Chrom hat eine hohe chemische Affinität zu Kohlenstoff und bildet je nach Temperatur- und Zeitbedingungen sowie Menge des Kohlenstoffs Karbide unterschiedlicher Zusammensetzung:  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ ;  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ ;  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ .

Der Trend zur Verwendung spezieller hochchromhaltiger Gusseisen erfordert eine Kombination von hoher Festigkeit und Verschleißfestigkeit bei gleichzeitig ausreichender Zähigkeit [10, 11]. Die Erfüllung dieser Bedingung ist notwendig, um eine Rissbildung in den hergestellten Schichten zu begrenzen. Risse können bei der Herstellung bzw. Reparatur von Bauteilen aus hochkohlenstoffhaltigen Eisenbasislegierungen sowie auch während des späteren Betriebs, insbesondere bei wechselnder Belastung, auftreten. Durch Modifikationen, zum Beispiel

## STICHWÖRTER

Auftragschweißen, Gusseisen, Füllbandelektroden, Hartmetalle, Kunststoffbeschichtung, metallurgische Fragen, Schutzgasschweißen, Rissbildung, Werkstofffragen, Zusatzwerkstoffe



durch Zugabe von Mikrolegierungen, können die mechanischen und betrieblichen Eigenschaften von Stählen und Legierungen erheblich verbessert werden [12, 13]. Die einfachste Methode der Modifizierung ist die chemische, die beim Lichtbogen-Auftragschweißen in der Regel durch das Einbringen geeigneter Elemente oder chemischer Verbindungen in das Füllpulver von Füllbändern- bzw. -drähten genutzt wird. In diesem Fall sind erhebliche Verluste von Legierungsbestandteilen geringer thermischer Stabilität unvermeidlich, die beim Übergang in das Schmelzbad schon im Lichtbogen verdampfen. Eine wichtige Voraussetzung für die Steigerung der Effizienz dieser speziellen Methode ist daher die Verbesserung der Art der Zuführung der betreffenden Komponenten.

Die im Beitrag vorgestellte Studie befasste sich mit der Untersuchung der Wirkung einer Vorbeschichtung der verwendeten Legierungsbestandteile (Modifikatoren) mit einer Schutzschicht aus Kunststoff auf die Veränderungen der Mikrostruktur und der Eigenschaften von aufgeschweißten Schichten aus einer Fe-Cr-C-Legierung. Die Zusammensetzung entspricht weißem Gusseisen. Die Schichten wurden mit dem Lichtbogen-Auftragschweißen unter Verwendung von Füllbändern aufgebracht. Dieses Verfahren ist weit verbreitet. Es wird bei der Herstellung von neuen Bauteilen und Baugruppen als



Bild 1: Außenansicht der Anlage zum Füllband-Auftragschweißen.

auch bei deren Instandsetzung erfolgreich eingesetzt.

## 2 Werkstoffe und Methoden

Für die Versuche wurden Proben aus niedriglegiertem Stahl der Marke 09G2S mit den Abmessungen 150 mm × 250 mm × 8 mm verwendet, auf die eine 4 bis 5 mm dicke verschleißfeste Schicht ohne Verwendung von Schutzgas aufgebracht wurde. Der Unterschied zur herkömmlichen Methode besteht darin, dass die Ferrochromteilchen mit einer 0,15 bis

0,20 mm dicken Kunststoffschicht vorbeschichtet wurden. Zu diesem Zweck wurde ein Kunststoff in Aerosolform (Polyurethan, Unikast 10) verwendet. Der Kunststoff wurde aus einer Entfernung von 200 bis 250 mm auf die vorbehandelte Oberfläche der 0,3 bis 0,4 mm großen Partikel aufgesprüht. Nach dem vollständigen Trocknen der Beschichtung wurden die Partikel durch Schütteln gemischt. Dieser Vorgang wurde mehrmals wiederholt, um sicherzustellen, dass der Kunststoff auf die gesamte Oberfläche des Materials aufgetragen wurde.

## ABSTRACT

# Influence of Carbide-forming Method on the Structure and Properties of Melted Metal

In the presented investigations, flux-cored electrodes were used for arc build-up welding, which included a filling with plastic pre-coated carbide former particles. The test results confirmed the effectiveness of these particles. A standard filling tape was modified with the plastic-coated particles. The conducted metallographic analysis revealed a difference in shape, quantity and distribution of

carbides, including secondary ones, in the cross-section of the deposited layers of the alloy, which is close in composition to chrome white cast iron. An increased proportion of carbides in the outer part of the formed layers, and a smaller number of cracks is considered positive, which should contribute to resistance in case of subsequent wear. For the final determination of the type of carbides and matrix in

the structure of the deposited layers, additional microhardness measurements were performed.

## KEYWORDS

cladding, cast iron, flux-cored strip electrodes, carbide metals, plastic coating, metallurgical questions, gas-shielded arc welding, crack formation, material questions, filler materials

Tabelle 1: Chemische Analyse der Auftragschichten.

Nr. der Probenserie	Material-qualität	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Cu	HRC
1	SWS-63	4,77	0,35	0,50	0,021	0,026	31,97	0,22	-	0,46	0,11	58–59
2	SWS-63 mit Kunststoff	5,12	0,29	0,35	0,019	0,045	24,09	0,18	0,72	0,81	-	59–60
3	SWS-63 mit Kunststoff-beschichtung	6,04	0,26	1,28	0,017	0,030	28,77	0,19	0,91	0,67	0,11	60–62



Bild 2: Makroaufnahme der Proben: a) Nr. 1, b) Nr. 2, c) Nr. 3.

Zum Vergleich wurde die Oberflächenbehandlung mit einem Standardfüllband „Plan-SWS-63“ (ohne Pulverbeschichtung mit Kunststoff) und demselben Band aber mit Zusatz von Kunststoffpulver in das Füllpulver als separater Bestandteil durchgeführt. Die zugegebene Menge entsprach dem Verbrauch der mit Kunststoff aufgespritzten Ferrochrompulverpartikel (50 mg/m Füllband).

Das elektrische Lichtbogen-Auftragsschweißen der Proben (10 pro Serie) wurde im automatischen Modus mit den Parametern  $I_s = 460\text{ A}$ ,  $U_s = 32\text{ V}$ ,  $v_s = 500\text{ mm/min}$  ausgeführt. Die Füllbandabmessung betrug  $16\text{ mm} \times 4,2\text{ mm}$ .

Es wurden zwei Lagen auf einer Portalanlage vom Typ „Crystal PNP-2.5“ bei der Firma „Steel Work LLC“, Kryvyi Rih, Ukraine geschweißt, Bild 1.

Es wurde eine Spektralanalyse zur chemischen Zusammensetzung der aufgeschweißten Schichten durchgeführt. Die metallografischen Untersuchungen der erhaltenen Strukturen erfolgten mit Hilfe der Elektronenmikroskopie (SEM-106i). Des Weiteren wurden Mikrohärtemessungen durchgeführt (PMT-3, Belastung 2N).

3 Experimentelle Ergebnisse und Diskussion

Die unter den oben genannten Bedingungen hergestellten Oberflächenschichten weisen eine ebene und glatte Oberfläche auf. Signifikante Veränderungen im äußeren Erscheinungsbild der Oberfläche wurden bei den untersuchten Varianten nicht festgestellt.

Im Vergleich der chemischen Zusammensetzung der mit verschiedenen Füllbändern hergestellten Schichten, Tabelle 1, zeigt sich, dass der Kohlenstoffgehalt durch die Zugabe von Kunststoff zunahm. Darüber hinaus bewirkt die Art und Weise der Zugabe des Kunststoffes (pulverförmige oder kontinuierliche Beschichtung) unterschiedliche Wechselwirkungen mit den anderen Pulverkomponenten im Füllband. Möglicherweise sind beim Übergang in das Schmelzbad Verluste aufgetreten. Bei externer Zugabe brannte der Kunststoff stärker ab. Infolgedessen stieg der endgültige Massenanteil an Kohlenstoff in der aufgeschweißten Schicht auf 5,12 % an. Das ist eine Zunahme um 0,35 %. Diese ist jedoch nicht so stark wie bei der direkten Kunststoffbeschichtung der Ferrochrompartikel. Hier

wurde ein Massenanteil an Kohlenstoff von bis zu 6,04 % erzielt. Gleichzeitig zeigte sich auch, dass bei der direkten Zugabe auch der Massenanteil an Chrom mit 31,97 % höher ist als bei der externen Zugabe mit 28,77 %. Dieses Ergebnis bestätigt, dass der Kunststoff den Abbrand von Chrom ebenfalls verringert. Gleichzeitig wurde auch eine höhere Härte der aufgeschweißten Schicht bei Zugabe von Kunststoff gemessen. Tabelle 1 enthält Durchschnittswerte der chemischen Analyse basierend auf den Analyseergebnissen von zehn aufgeschweißten Proben pro Serie.

Alle Proben zeigten im Querschnitt der Schicht vereinzelt Risse, die in der Regel in der Höhe der aufgetragenen Walzen angeordnet sind. Die Makrostruktur der Risse und einzelnen Poren in den Proben sind in Bild 2 dargestellt (die Probennummern entsprechend der jeweiligen Auftragsserie).

Es ist anzumerken, dass die Anzahl der Risse im Fall der direkten Kunststoffbeschichtung des Modifikators viel geringer ist. Eine genauere Untersuchung der Mikrostruktur wurde mit einem Rasterelektronenmikroskop durchgeführt. Die



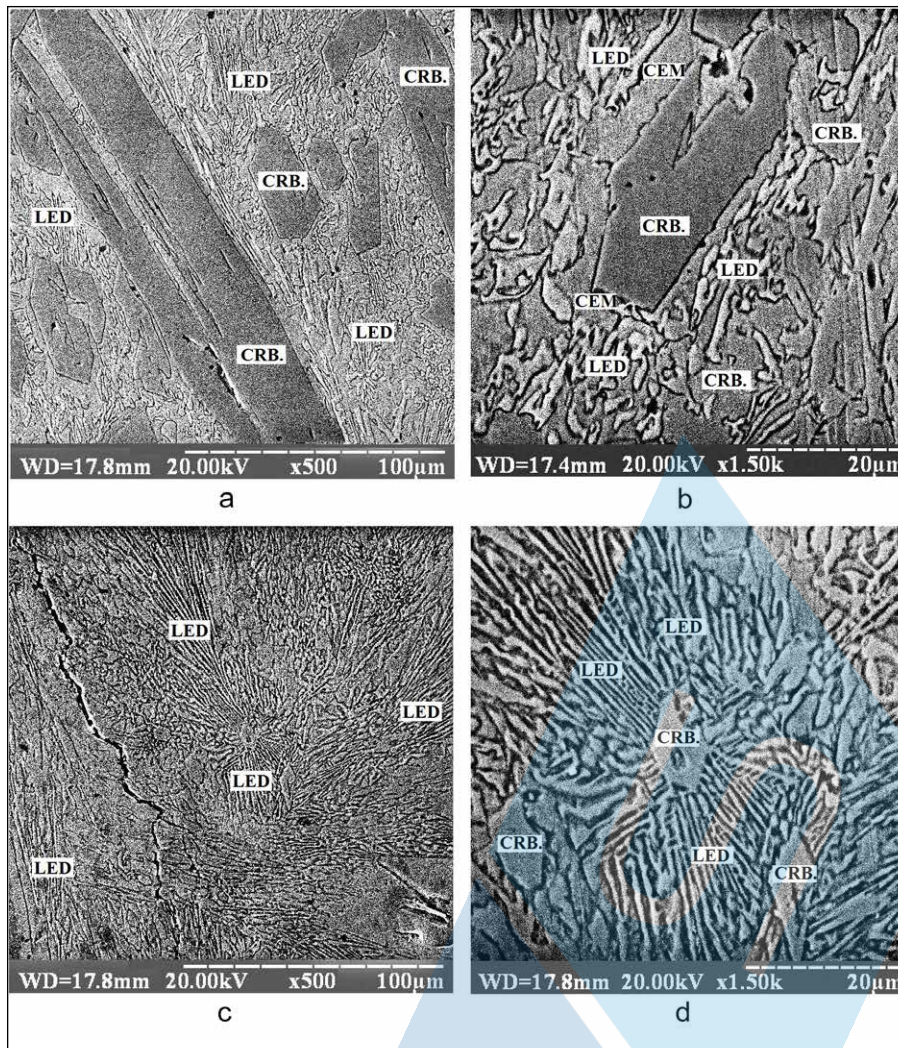


Bild 3: Mikrostruktur der Probe 1 im Quer- (a, b) und Längsschnitt (c, d) der aufgeschweißten Lagen.

Schliffbilder wurden so angefertigt, dass zwei zueinander senkrechte Querschnittsebenen der abgeschiedenen Schicht erhalten wurden. Eine Ebene kreuzte die Walze quer, die andere verlief entlang der Walze an deren Rand. Somit zeigt jede Probe die Mikrostruktur

der Karbide sowohl entlang der Wachstumsrichtung als auch nahezu senkrecht zu dieser Richtung. So ist es möglich, ein Bild von der dreidimensionalen Form der Karbide und der Mikrostruktur der umgebenden Matrix zu erstellen.

Zur endgültigen Bestimmung der Art der Karbide und der Matrix im Gefüge der Schichten wurden Mikrohärtemessungen durchgeführt (Tabelle 2).

Den morphologischen Merkmalen (Bilder 3 bis 7) und den erhaltenen  $H\mu^{200}$ -Werten zufolge entspricht Chromkarbid der chemischen Formel  $Cr_7C_3$  mit einem hexagonalen Gitter [14].

Das Mikrogefüge der Probe 1 ist typisch für Chromgusseisen mit eutektischer Zusammensetzung und besteht aus primären Chromkarbiden (Querschnittsgröße von 6 bis  $10\mu m$ ) sowie Ledeburit. Die Kristalle des primären Karbids ( $(Cr, Fe)_7C_3$  in Chromgusseisen haben die Form eines Bleistifts (Bild 3) und sind mehr oder weniger regelmäßige Sechsecke, einschließlich solcher mit fehlerhaften Flächen, bzw. bestehen aus regelmäßig angeordneten Sechsecken [15].

Die Mikrostruktur der Probe 1 zeichnet sich dadurch aus, dass sie (unter den untersuchten Proben) die geringste Menge an Chrom enthält. Dies führte dazu, dass diese Schicht eine relativ große Menge an Kohlenstoff enthält, der nicht in die Chromkarbide eingebaut wurde. Bild 3b zeigt, dass die primären Chromkarbide von sekundärem Zementit ( $Fe_3C$ ) umgeben sind, und der Längsschnitt, Bild 3d, zeigt die gerichtete Diffusion von Kohlenstoff während der Kristallisation des Zementites.

Das Mikrogefüge der Probe 2 unterscheidet sich leicht von Probe 1. Die primären Chromkarbidkristalle sind größer ( $12$  bis  $16\mu m$ ) und die sekundären Kohlenstoffkarbide haben ihre eigene Besonderheit

Tabelle 2: Zusammenfassende Werte der Mikrohärte  $H\mu^{200}$  der abgeschiedenen Schichten.

Nr. der Probenserie	Karbid (quer zu Naht)	Karbid (entlang der Walze)	Ledeburit (quer zu Naht)	Ledeburit (entlang der Walze)
1	10,833	11,022	5,709	5,900
2	9,816	11,236	7,011	6,852
3	10,443	11,764	6,753	7,233



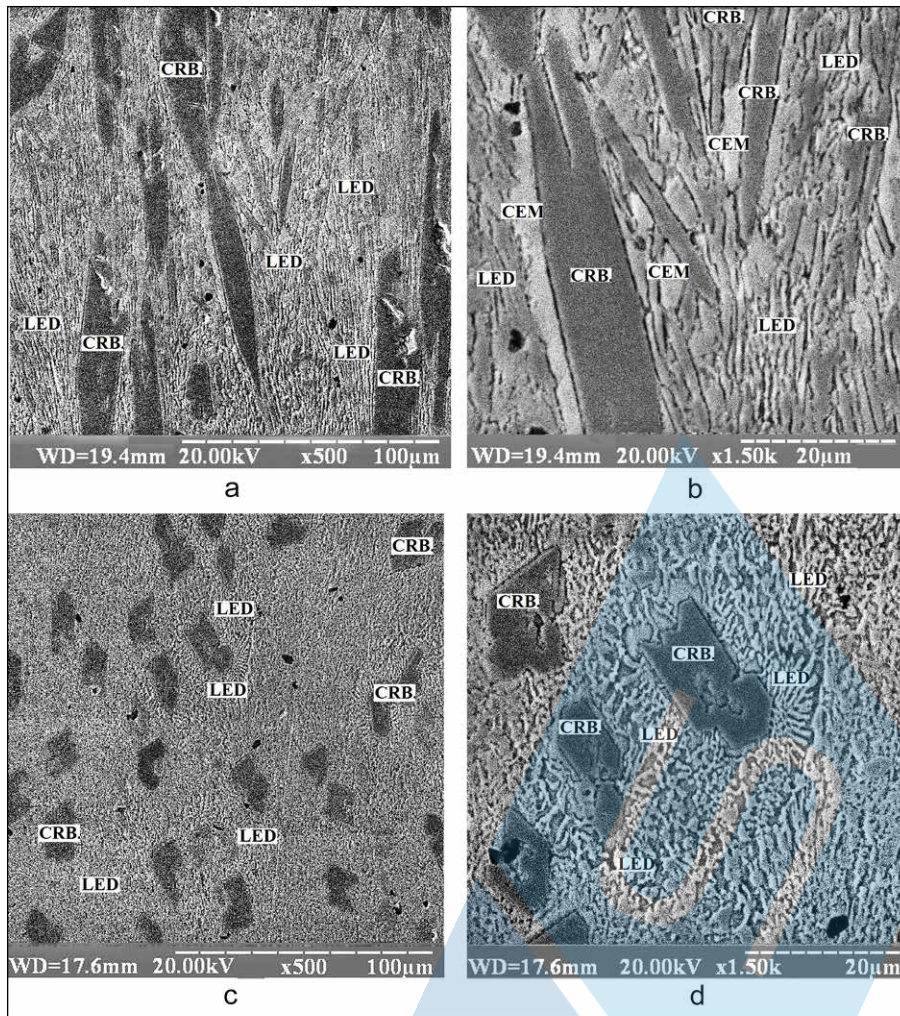


Bild 4: Mikrostruktur der Probe 2: a, b – Querschnitt der Lagen; c, d – Längsschnitt der aufgeschweißten Lagen.

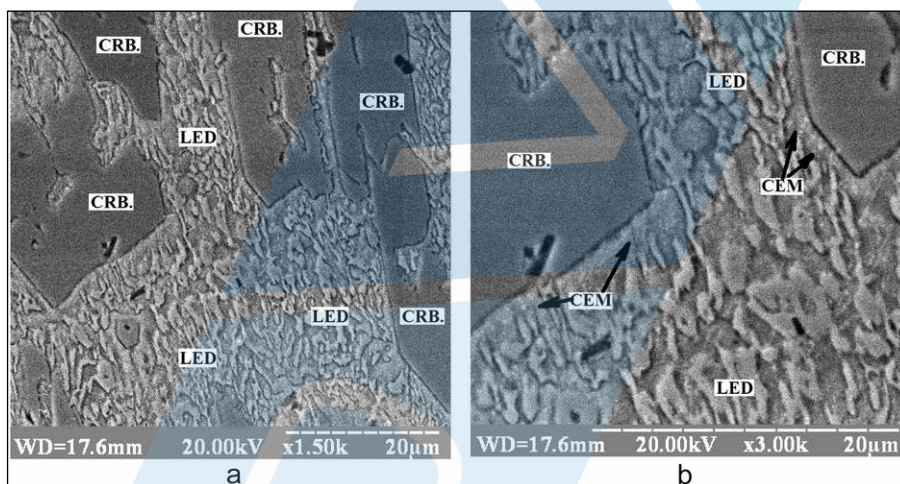


Bild 5: Mikrostruktur der Probe 2 bei 1500-fachen (a) und 3000-fachen (b) Vergrößerung.

(Bild 4). Das Gefüge quer zur Auftragsschweißraupe zeigt eine deutliche Orientierung von Chromkarbid und Lederburit entlang der Erstarrungsrichtung der aufgetragenen Schicht (Bild 4 a und b).

Bild 4b zeigt, dass die Schicht der sekundären Karbide in der Nähe der primären Chromkarbide im Vergleich zur Probe 1 dünner ist. Dies lässt sich dadurch erklären, dass der Chromgehalt in Probe 2 um

4,68 % höher ist als in Probe 1 (Tabelle 1), so dass mehr Kohlenstoff zur Bildung von Chromkarbiden verwendet wurde, was zu einem Rückgang der Sekundärkarbide in der aufgeschweißten Schicht führte.

Eine genauere Untersuchung des Mikrogefüges der Probe 2 in den an die primären Chromkarbide angrenzenden Bereichen ergab zusätzliche Erkenntnisse (Bild 5).

Die Unterschiede in der Struktur lassen sich durch die aktive Diffusion von Kohlenstoff zu den Erstarrungsstellen der primären Chromkarbide und die teilweise Verarmung des angrenzenden Austenits zu Zementit erklären. Tatsächlich hat Chrom eine größere Affinität zu Kohlenstoff als Eisen, weshalb die primären Chromkarbide viel stärker mit Kohlenstoff angereichert werden als  $\text{Fe}_3\text{C}$ -Zementit. Nach Abkühlung der aufgetragenen Schicht unter die eutektische Umwandlungstemperatur zerfällt der Austenitanteil im Lederburit in Zementit und Ferrit, Lederburit-Zementit bleibt in einer Korngröße von 2 bis  $8\mu\text{m}$  zurück. Der austenitische Lederburit an den Korngrenzen zu Chromkarbid weist ein Kohlenstoffdefizit auf und verwandelt sich in entarteten Perlit [16]. Dieser Perlit wird auch als Quasi-Eutektoid bezeichnet und bildet sich bei Temperaturen von 600 bis  $450^\circ\text{C}$ . In diesem Temperaturbereich ist der Diffusionskoeffizient von Ferritatomten gering und der Diffusionskoeffizient von Kohlenstoff ausreichend, um Zementit zu bilden. Die Zementitpartikel sind recht klein ( $0,2$  bis  $0,5\mu\text{m}$ ) und am Ferrit angeordnet, das heißt, sie haben eine niedrige Grenzflächenspannung (Bild 5b).

Das Mikrogefüge der Probe 3 unterscheidet sich von dem der vorherigen Proben durch das Vorhandensein von Chromkarbiden und die Matrix (Bild 6). Die Abmessungen der Chromkarbide in dieser Probe übertreffen die der Proben 1 und 2 sowohl in der Breite als auch in der Länge und erreichen 40 bis  $50\mu\text{m}$ . Offensichtlich lässt sich dies durch den höheren Chromgehalt und die Art der Kristallisation erklären. Diese findet in diesem Fall bei verringerter Abkühlungsgeschwindigkeit aufgrund der thermischen Wirkung durch die Verbrennung der an Fer-



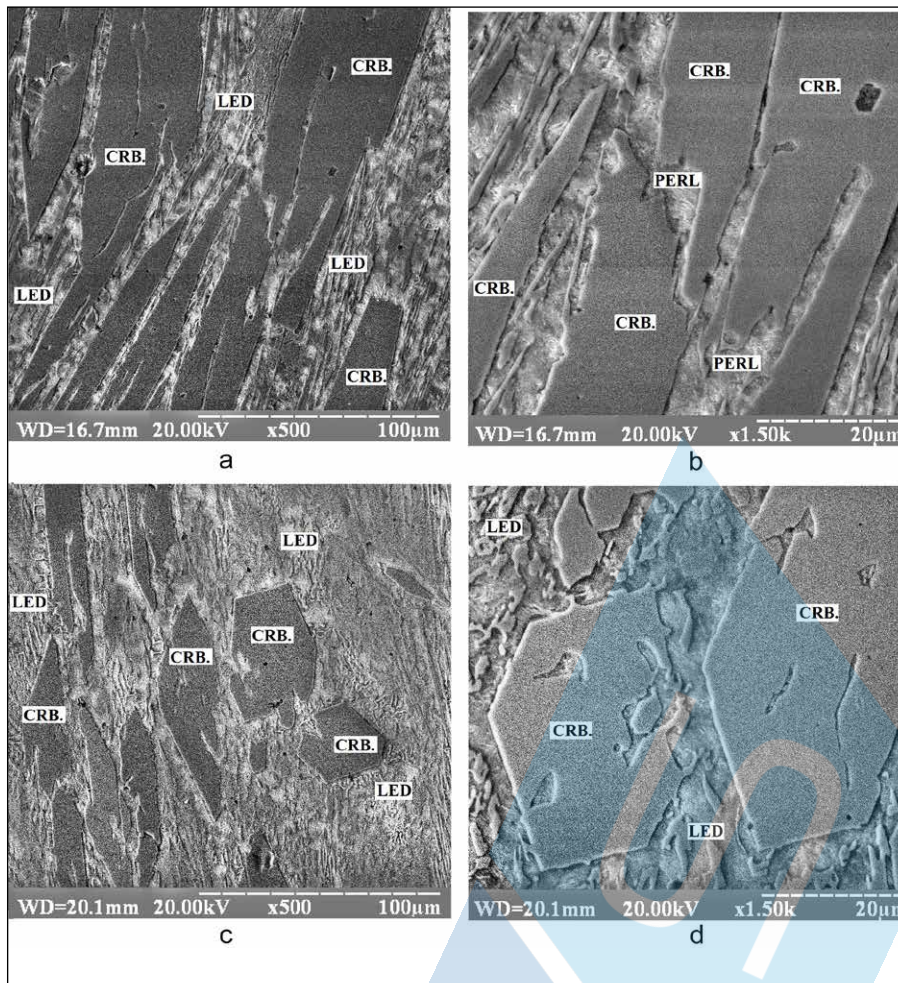


Bild 6: Mikrostruktur der Probe 3 im Quer- (a, b) und Längsschnitt (c, d) der aufgeschweißten Lagen.

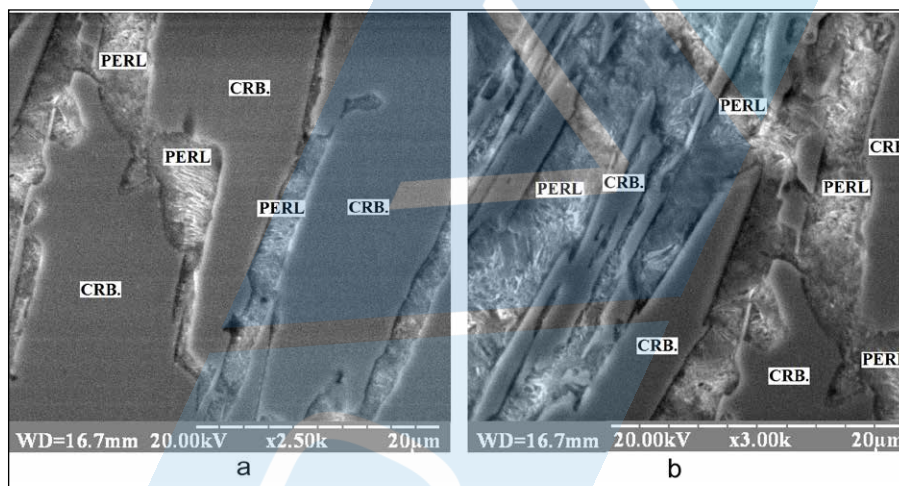


Bild 7: Perlit neben Chromkarbiden, Mikrostruktur der Probe 3: Querschnitt (a) und Längsschnitt (b) der aufgeschweißten Lagen.

rochrom angelagerten Kunststoffpartikel (Kohle-Wasserstoffverbindung) statt. Da das Metall länger hohen Temperaturen ausgesetzt ist, werden die Karbidkörner größer, ihre Ausrichtung steht in unter-

schiedlichen Winkeln zur Kristallisationsfront. Die eutektischen Schichten, die durch über ein Ferrit-Zementit-Gemisch repräsentiert werden, sind stärker dispergiert.

Das Vorhandensein von Perlit erklärt sich durch einen höheren (im Vergleich zu Probe 2) Kohlenstoff- und einen geringeren Chromgehalt. Infolgedessen weisen die an die Chromkarbide angrenzenden Austenitzonen eine höhere Kohlenstoffdichte auf, die für die Bildung von feinem Perlit (der Abstand zwischen den Platten beträgt  $0,5 \mu\text{m}$ ) während der eutektoiden Zersetzung von Austenit im Ledeburit ausreichend ist (Bild 7 a und b).

Dadurch sind die Eigenspannungen geringer als bei der Verwendung eines Standardbandes des Typs SWS-63. In der Schicht, die mit den kunststoffbeschichteten Ferrochromteilchen aufgetragen wurde, ist ein Wachstum der identisch ausgerichteten hexagonalen Karbidkörner zu beobachten. Das zeigen die in zwei zueinander senkrechten Ebenen aufgenommenen Bilder (Bild 6). Die gewölbte Struktur der Zementitplatten wird durch den zellenförmigen Ledeburit im Eutektikum ergänzt.

Die festgestellte Vergrößerung der primären Karbide bedeutet nicht zwangsläufig eine Verschlechterung der tribologischen Eigenschaften der Schicht, die mit diesem Füllband aufgetragen wurde. Gemäß den Ergebnissen in [17] zeigt die sechseckige Form der Karbide, deren Vergrößerung durch Verschmelzung (Koaleszenz) erfolgt, während des Verschleißes eine verlangsamte Zerstörung der Kontaktflächen, die nicht von einem Abplatzen begleitet wird. Dies ist auf die Bildung einer günstigen Struktur entarteten Perlits um die primären Karbide herum zurückzuführen, die im Vergleich zum klassischen Perlit aufgrund einer geringeren Ausdehnung der Gesamtinterphasengrenzen eine höhere Viskosität aufweist.

Die erhöhte Dichte der Karbide in der Nähe der Oberfläche der abgeschiedenen Schichten, die bei der Beschichtung mit Kunststoff festgestellt wurde, verdient ebenfalls Beachtung. Dieses Phänomen lässt sich dadurch erklären, dass einzelne Ferrochrompartikel über einen längeren Zeitraum aufgrund ihrer längeren Flugbahn bis zur endgültigen Einbindung in die aufgetragene Schicht sich nicht auflösen. Dies dürfte sicherlich zur Erhöhung der Verschleißfestigkeit der Schicht beitragen. In Anbetracht der bereits er-



wähnten Tatsache, dass weniger Risse in der Schicht auftreten, ist die Verwendung eines Füllbandes mit vorbeschichteten Kunststoffmodifikatoren während der Oberflächenbehandlung ein vielversprechendes Verfahren zur Verbesserung Lebensdauer von Erzeugnissen aus Gusseisen und Stählen mit eutektoider Zusammensetzung.

#### 4 Schlussfolgerungen

1. Die Zugabe von Kunststoff in die Zusammensetzung des Füllpulvers bewirkt eine Verlangsamung der Kristallisation der aufgeschweißten Schicht, eine aktive Diffusion des Kohlenstoffs aus der Zersetzung des Kunststoffes an den Kristallisationsstellen der primären Chromkarbide und eine teilweise Verarmung des angrenzenden Austenits zu Zementit.

2. Die Größe der Chromkarbide nimmt aufgrund der thermischen Wirkung bei der Zersetzung des Kunststoffes zu, wobei der größte Zuwachs bei Verwendung der direkten Beschichtung der Ferrochromteilchen zu verzeichnen war.

3. Bei Zugabe von Kohlenwasserstoffen in Form von dispergiertem Kunststoff ist in der aufgetragenen Schicht eine deutliche Ausrichtung von Chromkarbiden und Ledeburit entlang der Richtung der Wärmeströme zu beobachten. Die Zementitpartikel sind nur 0,2 bis 0,5 µm groß und stehen in Orientierung zum Ferrit. Um die Karbide herum bildet sich degenerierter Perlit (Quasi-Eutektoid). Die endgültige Mikrostruktur führt zu einer hohen Beständigkeit der aufgetragenen Schicht gegen abrasiven Verschleiß.

4. Die Beschichtung von Ferrochrompartikeln mit Kunststoff führt zur Bildung eines Ferrit-Perlit-Eutektikums, was durch die größere Menge an vorhandenem Kohlenstoff und weniger Chrom, das diffundiert und ein Karbid bildet, erklärt wird. Die erhaltene Mikrostruktur weist weniger Risse und eine höhere Dichte an Karbiden in der Nähe der Oberfläche der aufgetragenen Schichten auf. Dies steigert die Verschleißfestigkeit in Verbindung mit erhöhter Schlagbeständigkeit dieser Schichten bei Mineral-Schlag-Verschleiß-Belastung.

#### Literatur

- [1] Garber, M. E.: Otlivki iz belykh iznosostoykikh chugunov (Gussteile aus weißem, verschleißfestem Gusseisen). Mashinostroenie, Moskau 1972.
- [2] Pokhmurskyi, V. I., M. M. Student u. V. M.: Dovgunyk Elektrodohovi vidnovni ta zakhysni pokrytya (Lichtbogen-Restaurierungs- und Schutzbeschichtungen). Lemberg 2005.
- [3] Peremitko, V. V., I. V. Kolomoets u. V. I. Sukhomlyn: Vlianiye predvaritel'nogo naneseniya legiruyushchikh poroshkov na strukturu i tverdst' naplavlennogo metalla (Einfluss der Vorabscheidung von Legierungspulvern auf die Struktur und Härte der aufgeschweißten Schicht). Avtomaticheskaya svarka 9/2019, S. 40/44.
- [4] Borisov, Yu. S., u. a.: Gazotermicheskiye pokrytiya iz poroshkovykh materialov (Gasthermische Beschichtungen aus Pulvermaterialien. Verzeichnis). Naukova Dumka, Kiew 1987.
- [5] Cherneta, O. G., V. I. Sukhomlyn u. S. V. Kalinichenko: Doslidzhennya vidnovlenoho poverkhnovoho sharu detaley iz stali 45 iz zmitsnyuyuchoyu obrobkoyu na znosostiykist' (Untersuchung der wiederhergestellten Oberflächenschicht von Teilen aus Stahl 45 mit einer Verstärkungsbehandlung für Verschleißfestigkeit). Matematychni modelyuvannya 1(40) 2019, S. 194/201.
- [6] Arian, M. M., H. Çimenoglu u. E. S. Kayali: The effect of titanium on the abrasion resistance of 15Cr-3Mo white cast iron // Wear. 247 (2001), H. 2, S. 231/35, [https://doi.org/10.1016/S0043-1648\(00\)00523-8](https://doi.org/10.1016/S0043-1648(00)00523-8).
- [7] Voynov, B. A.: Iznosostoykiye splayi i pokrytiya (Verschleißfeste Legierungen und Beschichtungen). Mashinostroenie, Moskau 1980.
- [8] Gurin S. S., u. Yu. A. Saunin: Kompleksno-legirovannyye khromovanadiyevyye chuguny dlya izgotovleniya vysokoznosostoykikh detaley (Komplex legiertes Chrom-Vanadium-Gusseisen zur Herstellung hochverschleißfester Teile). Lit'ye i metallurgiya 4/2001, S. 29/31.
- [9] Tkachenko, F. K., u. a.: Strukturnyye sostoyaniya v vysokolegirovannom belom chugune (Strukturzustände in hochlegiertem weißem Gusseisen) / Universitetskaya nauka-2009: in 2 Bänden. Bericht intl. sci.-tech. conf. (Mariupol, 19.-21. Mai 2009) / PSTU. Mariupol, 2009. Bd. 1, S. 220
- [10] Kindrachuk, M. V., u. a.: Suchasni funktsionalni materialy z beynitnoyu nanostrukturnoyu matryseyu ta pidvyshchenymy trybologichnymy vlastyivostyamy (Moderne Funktionsmaterialien mit einer nanostrukturierten Bainit-Matrix und erhöhten tribologischen Eigenschaften). Problemy teretya ta znoshuvannya, 2016, 1 (70), S. 112/30.
- [11] Gavrilyuk, V. P., u. a.: Abrazivostoykiye vysokokhromistyye chuguny (Abriebfeste Gusseisen mit hohem Chromgehalt). Monographie. Noulidzh, Lugansk 2010.
- [12] Babinets, A. A., u. I. O. Ryabtsev: Klasyfikatsiya sposobiv modyfikuvannya ta mikrohehuvannya naplavlennoho metalu (Ohlyad) (Klassifizierung von Methoden zur Modifizierung und Mikrolegierung von abgeschiedenen Metall (Rezension). Avtomatychne zvaryuvannya 9/2021, S. 3/11.
- [13] Kostin, V. A., u. a.: Vplyv modyfikuvannya metalu zvarnykh shviv vysokomitsnykh nyzkolehovanykh staley na yikh strukturu ta vlastyivosti (Einfluss der Metallmodifikation von Schweißnähten hochfester, niedriglegierter Stähle auf deren Struktur und Eigenschaften). Avtomatychne zvaryuvannya 5/2021, S. 62/69.
- [14] Garber, M. E.: Iznosostoykiye belyye chuguny: svoystva, struktura, tekhnologiya, ekspluatatsiya (Verschleißfestes weißes Gusseisen: Eigenschaften, Struktur, Technologie, Betrieb). Mashinostroenie, Moskau 2010.
- [15] Bunin, K. P., Ya. N. Malinochka u. Yu. N. Taran: Osnovy metallografii chuguna (Grundlagen der Eisenmetallographie). Metallurgiya, Moskau 1969.
- [16] Pirogov, V. A.: Vlianiye temperatury prevrashcheniya austenita na morfologicheskyye osobennosti struktury nizkouglerodistykh staley (Einfluss der Austenitumwandlungstemperatur auf die morphologischen Merkmale der Struktur kohlenstoffarmer Stähle) / Pirogov V.A., Martynov B.F., Sukhomlyn V.I., Mikhailichenko E.N. – Termicheskaya i termomekhanicheskaya obrabotka stali. (Thermische und thermomechanische Behandlung von Stahl). Metallurgiya, Moskau 1984. S. 17/22.
- [17] Liu, S., u. a.: Growth characteristics of primary M7C3 carbide in hypereutectic Fe-Cr-C alloy. Scientific Reports 6 (2016), H. 1, 32941. DOI: 10.1038/srep3241.

#### AUTOREN

##### DSc Valerii Peremitko

Staatliche Universität Dnipro, Ukraine

##### Andrey Golyakevich

TM. Veltek Ltd, Kiew, Ukraine

##### A. Yevdokymov

Staatliche Universität Dnipro, Ukraine

##### PhD Volodymyr Sukhomlyn

Staatliche Universität Dnipro, Ukraine

##### Viktor Artemchuck

Nationale Universität Saporischschja, Ukraine

# DVSCONGRESS

Erfurt, 16.–17. September 2024

LAST  
CALL FOR  
PAPERS



## MEHRWERT FÜR IHR BUSINESS:

- Große Schweißtechnische Tagung (GST)
- DVS CAMPUS



Deadline CFP:  
**16. Februar 2024**

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



Lorenz Engelking, Dirk Schröpfer, Thomas Kannengießer, Antonia Eissel, Kai Treutler, Volker Wesling

# Herstellung beanspruchungsgerechter Oberflächen durch Kombination innovativer additiver und abtragender Fertigungsschritte an hochbelasteten Komponenten

Die additive Fertigung mittels Schweißverfahren bietet große ökonomische Vorteile für eine ressourceneffiziente Bauteilherstellung. Offene Fragen bezüglich Homogenität, Anisotropie der Schweißgefüge und den damit verbundenen Bauteileigenschaften stehen einer wirtschaftlichen Verarbeitung oftmals im Wege. Finale Bauteilgeometrie und Oberflächengüte erfordern meist komplementäre subtraktive Fertigungsschritte. Werkstoffe für hochbelastbare Komponenten sind oftmals schwer spanbar. In einem Vorhaben der BAM und des ISAF wurde untersucht, wie die Modifikation der AM-Schweißzusätze und das ultraschallunterstützte Fräsen (US) die Zerspanungssituation verbessern. Der vorliegende Artikel stellt wesentliche Zusammenhänge zwischen Legierung, Gefüge und Zerspanung zweier schwer spanbarer Hochleistungslegierungen (FeNi und CoCr) dar. Großes Potenzial zeigte neben dem US die Modifikation mit Zr und Hf bei Zulegierung in das Schweißgut mittels Beschichtung von Massivdrähten bzw. Herstellung von Fülldrähten.

## 1 Einleitung

Der globale Trend zur Energie- und Ressourceneffizienz bedingt zunehmendes Interesse an der Additiven Fertigung (Additive Manufacturing AM). AM hat vielfältige wirtschaftliche Vorteile bei der Reparatur, Modifikation oder Herstellung von Bauteilen und zeichnet sich zudem insbesondere durch eine sehr effiziente Materialausnutzung aus [1]. Allerdings sind diese AM-Bauteile in der Regel mechanisch nachzubearbeiten. So werden durch Zerspanung mit geometrisch bestimmter Schneide (z. B. Fräsen) die endgültigen Konturen bzw. Oberflächen realisiert [2]. Es ist ein erheblicher Erkenntnisgewinn erforderlich, wie sich die heterogenen und anisotropen AM- bzw. Schweißgefüge auf die Zerspanung und die resultierenden Bauteileigenschaften auswirken. Hochleistungslegierungen auf Basis von Kobalt und Nickel stellen aufgrund ihrer niedrigen Wärmeleitfähigkeit verbunden mit hoher Festigkeit und Zähigkeit zusätzlich eine Herausforderung für die wirtschaftliche Zerspanung mit geometrisch bestimmter Schneide dar. Zu den komplexen Wechselwirkungen zwischen Gefüge und AM-Prozess, insbesondere bei AM-Ver-

fahren im Bereich von Abschmelzleistungen von MSG-Verfahren, fehlen bislang wesentliche Erkenntnisse. Diese wären für eine sichere und wirtschaftliche Fertigung, insbesondere bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), von zentraler Bedeutung. Im Folgenden werden zusammenfassend Forschungsergebnisse des Vorhabens vorgestellt, die gerade die gezielte Legierungsmodifikation anwendungsrelevanter, schwer spanbarer Hochleistungslegierungen und die dadurch bedingte Beeinflussung der Erstarrungsmorphologie fokussieren. Dadurch soll ein optimal gleichmäßiges und homogenes Gefüge sowie für nachfolgende mechanische Bearbeitungsprozesse stabile Prozessbedingungen erzielbar sein. Die beiden im Projekt untersuchten schwer spanbaren Legierungen wurden anhand zweier unterschiedlicher Anwendungsbereiche ausgewählt, in denen AM-Fertigungsschritte interessant sind: Formenbau (FeNi36, Werkstoff-

nummer 1.3912) und Hochtemperaturverschleißschutz (CoCr26Ni9Mo5W, Werkstoffnummer 2.4681). Hierfür erfolgte eine systematische Untersuchung von modifizierten pulverförmigen Schweißzusätzen anhand von Plasma-Pulver-Auftragschweißungen (PTA) mit den Elementen Hf, Zr sowie Ti. Anschließend wurden die drei vielversprechendsten Modifikationen anhand ihrer Mikrostruktur und Härte sowie der Zerspankraft und der Rauheit identifiziert und mithilfe von modifizierten Fülldrähten bzw. beschichteten Massivdrähten auf den additiven MSG-Prozess übertragen. Zahlreiche Studien belegen deutliche Vorteile ultraschallunterstützter Zerspanung gerade für schwer spanbare Werkstoffe. Gegenstand des Vorhabens ist deshalb auch die Untersuchung der Übertragbarkeit dieser positiven Ergebnisse auf die ausgewählten Legierungen. Die Zerspanbarkeit der Legierungsmodifikation wurde mittels

## STICHWÖRTER

Additive Fertigung, Hafnium, hochlegierte Stähle, metallurgische Fragen, Spanen, Zirkonium

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung in  $w_i$  in % und mechanische Eigenschaften (bei RT, lt. Datenblatt) der Versuchswerkstoffe [9, 10].

Legierung	Ni	Co	Cr	Mo	W	Fe	Mn	C	$R_{p0,2}$ [MPa]	$R_m$ [MPa]	A [%]
FeNi36	36	-	-	-	-	Rest	-	-	310	520	40
CoCr26Ni9Mo5W	9	Rest	26	5	2	3	0,8	0,06	496	951	42

Schlichtfräsversuchen anhand konventioneller (CM) und ultraschallunterstützter Fräsprozesse (US) analysiert.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchswerkstoffe

Für die beiden untersuchten Werkstoffe, FeNi36 (1.3912) und CoCr26Ni9Mo5W (2.4681) – weiterführend als CoCr-Legierung bezeichnet – sind in **Tabelle 1** die chemischen Zusammensetzungen sowie die mechanischen Eigenschaften dargestellt. FeNi36 zeichnet sich durch einen sehr niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten unterhalb der Curie-Temperatur aus, dem sogenannten Invareffekt [3, 4]. Einsatzgebiete sind beispielsweise Flüssigtanks und Formwerkzeuge für Verbundwerkstoffe [5, 6]. Die CoCr-Legierung wird aufgrund ihrer hervorragenden Korrosions- und Verschleißbeständigkeit bei Temperaturen bis zu

800 °C [7, 8] im Turbinen- und Anlagenbau eingesetzt.

Zur Modifikation der beiden Legierungen ließen sich entsprechend im Rahmen einer statistischen Versuchsplanung die Elemente Ti, Zr und Hf jeweils pulvermetallurgisch hinzulegieren, **Tabelle 2**. Die Pulvermodifikation erfolgte mittels eines 3D-Schüttelmischers (Turbula, Fa. Willy A. Bachofen), mit dem infolge der rotatorischen, translatorischen Bewegungen und Inversion ein homogenes Mischgut erreicht wird. Anschließend wurden die Pulvermodifikationen mittels PTA-Verfahren schweißtechnisch zu AM-Proben (Ingots) verarbeitet. An den Ingots erfolgten Analysen hinsichtlich ihrer Mikrostruktur und Härte sowie Zerspanbarkeit (Zerspankraft und Oberflächen-güte/Rauheit). Auf Basis dieser Kriterien ließen sich die drei vielversprechendsten Modifikationen identifizieren, **Tabelle 2**, und mithilfe von modifizierten Fülldräh-

ten (CoCr) bzw. mittels PVD-beschichteter (PVD: Physical Vapour Deposition, dt. physikalische Gasphasenabscheidung) Massivdrähte (FeNi36) auf den MSG-Prozess übertragen. Die PVD-Beschichtungskammer (Fa. Ceme-Con) wurde dabei chargenweise mit der Substratdrahtelektrode bestückt. Die Beschichtungsdauer von 1 h resultierte in einer Beschichtungsstärke von 1,188 µm und entspricht ca. 0,4  $w_{Zr}$  bezogen auf den Drahtquerschnitt. Für die Modifikationen  $w_{Hf}$  = 1 % bzw.  $w_{Zr}$  = 1 % der CoCr-Legierung wurden spezielle Fülldrähte hergestellt.

2.2 MSG-Schweißungen

Die MSG-Schweißversuche wurden vollautomatisch mittels einer MSG-Schweißanlage (Fa. EWM) und einem Schweißroboter (Fa. HLT-Gulliver) durchgeführt. Die Schweißparameter für die jeweiligen Legierungsmodifikationen zeigt **Tabelle 3**. Mehrere Schweißraupen wurden in

ABSTRACT

# Production of Stress-resistant Surfaces by Combining Innovative Additive and Removal Manufacturing Processes on Highly Stressed Components

Additive manufacturing using welding processes offers great economic advantages for resource-efficient component production. Open questions regarding homogeneity, anisotropy of the weld structure and the associated component properties often limit economical processing. Final component geometry and surface quality usually require complementary subtractive manufacturing steps. Materials for highly stressed components are often difficult to cut. A BAM and ISAF project investigated how the modification of AM welding filler metals and ultrasonic-assisted milling (US) improve the machining situation. This article presents the essential relationships between alloy, microstructure and machining of two superalloys (FeNi and CoCr) that are difficult to cut. In addition to US, modification with Zr and Hf showed great potential when alloyed into the weld metal by coating solid wires or producing cored wires.

KEYWORDS

additive manufacturing, hafnium, high alloy steels, metallurgical questions, machining, zirconium.



Tabelle 2: Pulvermodifikationen für PTA-Schweißversuche / Statistische Versuchsplanung und potenzielle Legierungen für MSG.

Modifikationen FeNi36	Ti [w <sub>Ti</sub> in %]	Zr [w <sub>Zr</sub> in %]	Hf [w <sub>Hf</sub> in %]	Modifikation CoCr	Ti [w <sub>Ti</sub> in %]	Zr [w <sub>Zr</sub> in %]	Hf [w <sub>Hf</sub> in %]
0 (Initial)	0	0	0	0	0	0	0
1	0,167	0	0	1	0,33	0	0
2	0,33	0	0	2	1	0	0
3*	0	0,167	0	3	0	0,33	0
4	0	0,33	0	4*	0	1	0
5	0	0	0,167	5	0	0	0,33
6	0	0	0,33	6*	0	0	1
7	0,33	0,33	0	7	1	1	0
8	0,33	0	0,33	8	1	0	1
9	0	0,33	0,33	9	0	1	1
10	0,33	0,33	0,33	10	1	1	1
				11	1	0,5	0,5
				12	0,5	1	0,5
				13	0,5	0,5	1
				14	0,5	0,5	0,5

\*ausgewählte potenzielle Legierungen für Übertragung auf MSG-Prozess

Tabelle 3: Prozessparameter der MSG-Schweißversuche.

Legierung	Substrat	Schutzgas	Drahtvorschub	Vorschubgeschwindigkeit	Zwischenlagentemperatur	
CoCr	S355	82 % Ar + 18 CO <sub>2</sub>	6,5 m/min	45 cm/min	≤ 200 °C	
CoCr + 1 % Zr						
CoCr + 1 % Hf						
FeNi36	FeNi36		4,5 m/min	30 cm/min		
FeNi36 + 0,4 % Zr						

eine Richtung überlappend nebeneinander bzw. übereinander geschweißt, um die gewünschte Bauteil- bzw. Probenbreite und -höhe zu erzielen. Die Auswahl der Wärmeführungsparameter (Streckenenergie und Zwischenlagentemperatur) erfolgte anhand der im Vorfeld erzielten PTA-Schweißergebnisse.

2.3 Zerspanungsanalysen

An den MSG-Auftragschweißungen wurden Schlichtfräsversuche bzw. Zerspanbarkeitsanalysen durchgeführt. Insbesondere stand der Einfluss der Ultraschallunterstützung (Leistungsparameter P<sub>US</sub> in %) und die Auswirkungen der Modifikationen auf die auftretende Zerspankraft und die Oberflächengüte/Rauheit der AM-Bauteile im Fokus. Versuchsaufbau sowie die experimentelle Randbedingungen und Versuchsparameter für die Schlichtfräsversuche der CoCr- sowie der FeNi36-Legierung sind Bild 1 bzw. Tabelle 4 zu entnehmen.

Die Experimente wurden ohne Kühlschmierstoff (trocken) mittels einem für das ultraschallunterstützte Fräsen modifizierten 5-Achs-Bearbeitungszentrum (DMU 65, Hersteller DMG Mori) als Gleichlaufräsen durchgeführt. Als Fräswerkzeug (Hersteller Wolf Werkzeugtechnik) kam ein PVD-beschichteter (TiAlSiN) Vollhartmetall-Kugelpfrräser mit vier Schneiden und einem Durchmesser von 6 mm zum Einsatz, der in x- und in y-Richtung jeweils um 45° angestellt war. Die Zerspanproben wurden via Drahterodieren aus den AM-Ingots entnommen und senkrecht zur Bauichtung zerspannt. Neben der Ultraschallunterstützung wurden die Parameter Schnittgeschwindigkeit v<sub>c</sub> und Zahnvorschub f<sub>z</sub> innerhalb eines DoE (Design of Experiments) in dem vom Werkzeughersteller empfohlenen Bereich variiert, Tabelle 4. Dies ermöglicht statistische Auswertungen der Effekte und Interaktionen dieser Faktoren auf die Zer-

spankraft sowie die Rauheit. Insgesamt wurden je Werkstoff/Modifikation 12 Zerspanversuche durchgeführt. Die Zerspankräfte in x- (Vorschubkraft F<sub>t</sub>), y- (Vorschubnormalkraft F<sub>FN</sub>) und z-Richtung (Passivkraft F<sub>p</sub>) ließen sich in-situ mit einem Mehrkomponenten-Dynamometer (Fa. Kistler, Zeitauflösung: 0,1 ms) messen und die resultierende Zerspankraft F<sub>r</sub> berechnen (Bild 1d). Rauheitsmessungen wurden mithilfe eines Lichtmikroskops (VHX-7000, Fa. Keyence) mit einer Messfläche von ca. 1 mm<sup>2</sup> gemäß DIN EN ISO 25178-3 [12] mit einem zusammengesetzten Bild von fünf mal fünf Bildern bei 1.000-facher Vergrößerung durchgeführt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Mikrostruktur

In Bild 2a bis f sind die Gefüge der MSG-geschweißten Schweißgüter der CoCr-

Tabelle 4: Experimentelle Randbedingungen und Versuchsparameter / Variationsbereich.

Zustellbreite	Zustelltiefe	Vorschubwinkel	Kippwinkel	Ultraschallunterstützung
$a_e = 0,3 \text{ mm}$	$a_p = 0,3 \text{ mm}$	$\lambda = 45^\circ$	$\tau = 45^\circ$	$P_{US} = 0 \text{ \% (CM) und } 100 \text{ \% (US)}$
Schnittgeschwindigkeit	Zahnvorschub	Ultraschallfrequenz	Ultraschallamplitude	
$v_c = 30 \text{ m/min}$ bis $110 \text{ m/min}$	$f_z = 0,04 \text{ mm}$ bis $0,07 \text{ mm}$	CoCr-Modifikation: $F_{US} = 38 \text{ kHz}$ FeNi36-Modifikation: $F_{US} = 42 \text{ kHz}$	CoCr-Modifikation: $A_{US} = (3 \pm 0,5) \text{ }\mu\text{m}$ FeNi36-Modifikation: $A_{US} = (8 \pm 1) \text{ }\mu\text{m}$	

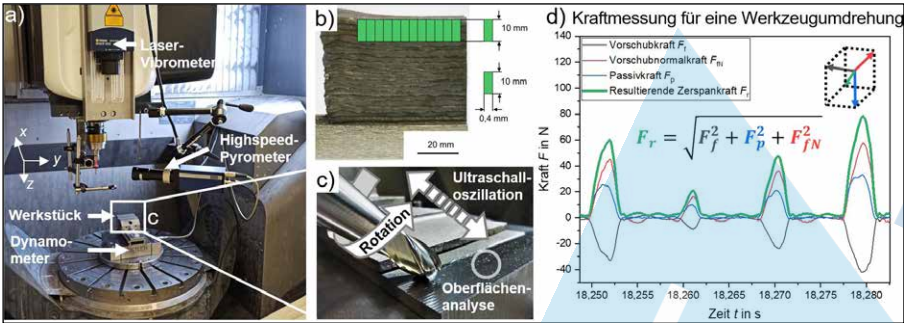


Bild 1: Aufbau Fräsversuche (a), Probenentnahme/-geometrie (b), Detail Werkzeugeingriff (c), Kraftanalyse eine Werkzeugumdrehung (d) [11].

Fülldrähte sowie der mit  $w_{Hf} = 1 \text{ \%}$  bzw.  $w_{Zr} = 1 \text{ \%}$  modifizierten CoCr-Fülldraht dargestellt. Die Gefügemorphologie der CoCr-Ausgangslegierung ist in hohem Maße vergleichbar mit der mittels PTA erzeugten Schweißgüter (Bild 2a und b) sowie Voruntersuchungen in [13]. So haben sich auch bei den MSG-Schweißungen Primär- und Sekundärdendriten gebildet. Die Anzahl der Primärdendriten überwiegt deutlich. Im Unterschied zum Pendelschweißen beim PTA werden beim MSG-Verfahren mehrere Nähte neben- bzw. übereinander geschweißt (Strichraupen). Dies beeinflusst die Erstarrungsrichtung der Dendriten. Die in-

terdendritische Resterstarrung ist deutlich an der hellen Struktur erkennbar. Analog zu den Ergebnissen der PTA-Schweißungen bedingt die Modifikation mit Hf bzw. Zr eine deutlich veränderte Gefügemorphologie mit einer in sehr viel geringerem Maße auftretenden säulenförmigen interdendritischen Resterstarrung. Das Hinzufügen von Zr bzw. Hf bewirkt deren deutliche Verkürzung und feindisperse Verteilung im Gefüge (Bild 2c bis f). In Bild 2g bis j sind lichtmikroskopische Aufnahmen der Gefüge der Schweißgüter dargestellt, die mittels MSG mit unbeschichteten und mit Zr-beschichteten FeNi36-

Massivdraht erzeugt wurden. Die Gefügemorphologie ohne Schweißzusatzmodifikation zeigt eine Kombination aus langgestreckten zellulären, kleinen säulenförmigen und regelmäßigen zellulären Körnern (Bild 2g und h). Darüber hinaus ist das Gefüge mit runden Ausscheidungen durchsetzt. Die Gefügestruktur der MSG-geschweißten FeNi36-Ausgangslegierung unterscheidet sich deutlich von den PTA-Schweißungen der FeNi36-Ausgangslegierung der vorangegangenen Untersuchungen [14]. Dies erschwert eine quantitative Vergleichbarkeit. Im Gegensatz zu den Pulvermodifikationen beim PTA-Prozess ließ sich die Mikrostruktur durch die Beschichtung der Massivdrähte beim MSG-Schweißen deutlich positiver beeinflussen. Die Gefügemorphologie im Schweißgut der mit  $w_{Zr} \approx 0,4 \text{ \%}$  modifizierten FeNi36-Massivdrähte zeigt keine Ausscheidungen. Das Gefüge ist vollständig säulenförmig-dendritisch und darüber hinaus deutlich gerichtet erstarrt (Bild 2i). Bei weiterer Vergrößerung ist an den Korngrenzen eine Netzstruktur aus feindispersen und homogenen Ausscheidungen zu erkennen (Bild 2j).

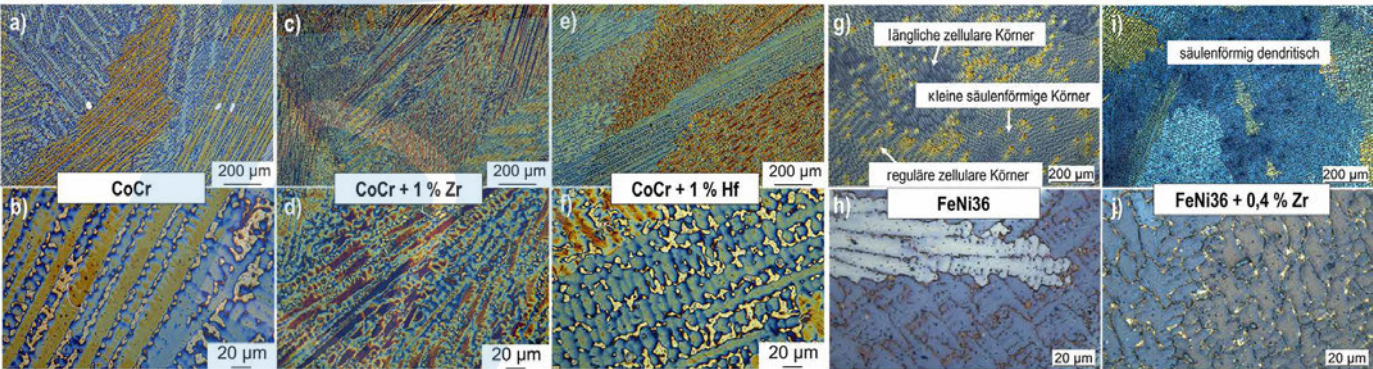


Bild 2: Lichtmikroskopie, Gefüge der MSG-Schweißgüter: a) CoCr-Fülldrahtdraht, Detail (b); c) mit 1%  $w_{Zr}$  modifizierter CoCr-Fülldrahtdraht, Detail (d); e) mit 1%  $w_{Hf}$  modifizierter CoCr-Fülldrahtdraht, Detail (f), g) FeNi36-Massivdraht, Detail (h); i) mit 0,4%  $w_{Zr}$  beschichtetem FeNi36-Massivdraht, Detail (j); Ätzung Beraha II [11].



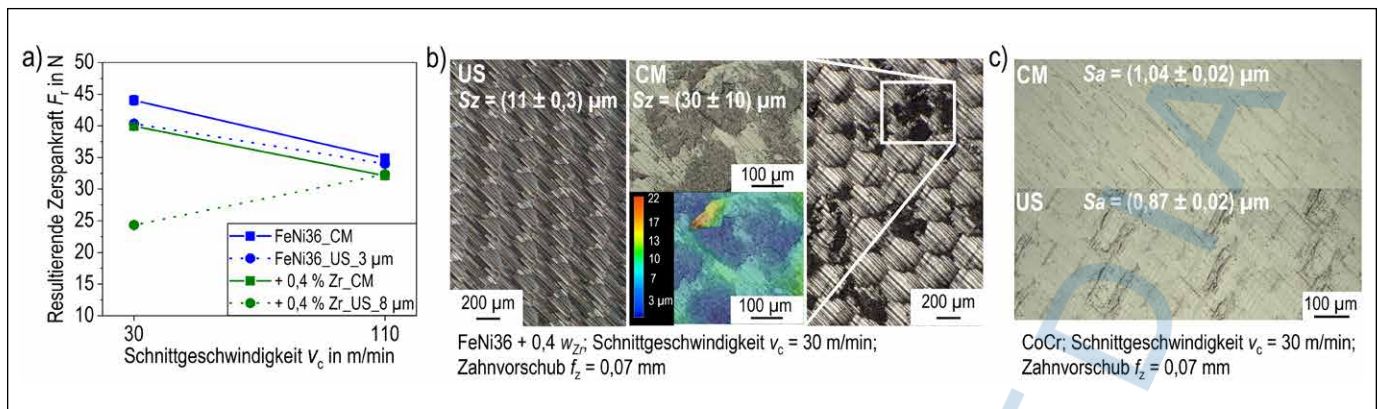


Bild 3: Resultierende Zerspankräfte  $F_{res}$  der FeNi36-Legierung (a), Vergleich der Oberflächen CM vs. US (Lichtmikroskopie) der FeNi36-Legierung (b) [11] und der CoCr-Legierung (c).

### 3.2 Zerspanbarkeit

**Bild 3a** zeigt die mittleren resultierenden Zerspankräfte  $F_r$  in Abhängigkeit von der Schnittgeschwindigkeit  $v_c$  und Ultraschallunterstützung beim Fräsen ( $P_{US} = 100\%$ : US bzw.  $P_{US} = 0\%$ : CM) für die FeNi36-Modifikationen in Form eines Effektdiagrammes. Die Modifikation mit  $w_{Zr} = 0,4\%$  bedingt eine signifikante Reduzierung der resultierenden Zerspankraft im Vergleich zur FeNi36-Ausgangsliegierung. Dieser Effekt wird auf die feindispersen und homogenen Ausscheidungen an den Korngrenzen des modifizierten Werkstoffes zurückgeführt, welche zu einer Homogenisierung der Mikrostruktur in Verbindung mit einem stabileren bzw. stetigeren Zerspanprozess führen. Analog dazu bedingt die Homogenisierung der Mikrostruktur der CoCr-Legierung durch das Hinzulegieren von  $w_{Hf} = 1\%$  bzw.  $w_{Zr} = 1\%$  ebenfalls eine signifikante Reduzierung der Zerspankraft verglichen mit der CoCr-Ausgangsliegierung. Ähnliche Ergebnisse zeigten Fräsversuche an PTA-Schweißungen derselben Modifikationen [13]. Für die CoCr-Legierung bedingt die Ultraschallunterstützung unabhängig von der Modifikation keinen Einfluss auf die resultierende Zerspankraft. Für die FeNi36-Legierung hingegen bewirkt die Ultraschallunterstützung unabhängig von der Modifikation eine signifikante Reduzierung der resultierenden Zerspankraft im Vergleich zum CM bei niedrigen Schnittgeschwindigkeiten (**Bild 3a**). Maßgeblich für diesen Effekt ist die verringerte Reibung zwischen Werkstück und Fräswerkzeug sowie ein unterbrochener Schneidvorgang, welcher durch die axiale Oszillation des Werkzeuges hervorgerufen wird [15]. Dieser

Effekt wird insbesondere bei niedrigen Schnittgeschwindigkeiten beobachtet. Bei Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit verringert sich die Anzahl der Schwingungen je Werkzeugeingriff und bedingt eine Annäherung der Kräfte im Schneideingriff von CM und US [16]. Die Erhöhung der Amplitude der Ultraschallunterstützung von  $3 \mu$ m auf  $8 \mu$ m bewirkt eine signifikante Reduzierung der resultierenden Zerspankraft und führt bei einer Schnittgeschwindigkeit von  $30$  m/min zu einer Wechselwirkung mit der Ultraschallunterstützung. Dies ist auf den erhöhten Einfluss der Ultraschallunterstützung auf die Zerspankraft bei niedrigen Schnittgeschwindigkeiten zurückzuführen.

**Bild 3b** zeigt die geschichteten Oberflächen der Modifikation von FeNi36 mit  $w_{Zr} = 0,4\%$ . Die Ultraschallunterstützung bedingt unabhängig von der Modifikation für beide Werkstoffe eine signifikante Reduzierung der Rauheit bei niedrigen Schnittgeschwindigkeiten im Vergleich zum CM. Ausschlaggebend dafür ist die Vermeidung der Bildung einer Aufbauschneide [17] durch die axiale Oszillation des Werkzeuges, welche eine Adhäsion des Werkstoffes an die Werkzeugschneide unterbindet. Die dadurch deutlich geringeren Defektdichten bzw. -größen (**Bild 3b**) bedingen eine wesentlich gleichmäßigere Oberfläche. Die Erhöhung der US-Amplitude von  $3 \mu$ m auf  $8 \mu$ m steigert diesen Effekt weiter und führt zu einer deutlich geringeren Rauheit.

**Bild 3c** zeigt die geschichteten Oberflächen der CoCr-Ausgangsliegierung für

CM und US. Analog zu den Ergebnissen der FeNi36-Legierung bedingt die Ultraschallunterstützung werkstoffunabhängig bei niedrigen Schnittgeschwindigkeiten eine signifikante Reduzierung der Rauheit. Dieser Effekt wird auf die reduzierte Anzahl an Rillen aufgrund der axialen Oszillation des Werkzeuges zurückgeführt [15], welche in **Bild 3c** deutlich zu erkennen ist. Die geringste Rauheit wird für beide Legierungssysteme werkstoffunabhängig bei einer Schnittgeschwindigkeit von  $30$  m/min mit Ultraschallunterstützung (FeNi36:  $A_{US} = 8 \mu$ m; CoCr:  $A_{US} = 3 \mu$ m) erzielt. Darüber hinaus wurde in [18] für die FeNi36-Ausgangsliegierung gezeigt, dass der US im Gegensatz zum CM deutlich geringere oberflächennahe Eigenspannungen bis hin zu Druckeigenspannungen induziert, welche im Einklang mit den Ergebnissen der Zerspankraft sowie der Rauheit für niedrige Schnittgeschwindigkeiten minimal sind. Die oberflächennahen Druckeigenspannungen können unter anderem einen positiven Effekt auf die Bauteillebensdauer haben [19].

### 4 Folgerungen für die Praxis

Die Ergebnisse zeigen, dass die Mikrostruktur sowie die Zerspanbarkeit der FeNi36- und der CoCr-Legierungen durch eine Modifikation mit kleinen Zugaben von Zr bzw. Hf positiv beeinflusst werden können. Durch die Legierungsmodifikation und die damit einhergehende Homogenisierung der Mikrostruktur wird die Zerspankraft verringert. Dies führt zu einer längeren Werkzeugstandzeit und einem geringeren Ressourcen-

verbrauch bei der Zerspanung mit entsprechenden wirtschaftlichen Vorteilen für KMU. Das US bedingt sowohl für FeNi36 als auch für die CoCr-Legierung werkstoffunabhängig die geringste Rauheit bei niedrigen Schnittgeschwindigkeiten. Ferner induziert der US oberflächennahe Druckeigenspannungen, welche einen positiven Einfluss auf die Bauteillebensdauer haben können. Durch den Einsatz des US kann in Prozessketten, in denen gezielt oberflächennahe Druckeigenspannungen induziert werden, der letzte Fertigungsschritt, zum Beispiel das Kugelstrahlen, eingespart und ein erheblicher Kostenvorteil für den Anwender erzielt werden. Ausgehend von diesen Analysen sind insbesondere für KMU Handlungsempfehlungen für eine sichere und wirtschaftliche komplementäre additive und zerspanende Fertigung solcher schwer bearbeitbaren Hochleistungslegierungen ableitbar.

## Literatur

- [1] Treutler, K., u. V. Wesling: The current state of research of wire Arc Additive Manufacturing (WAAM): A Review. Applied Sciences 18 (2021), H. 11, 8619; <https://doi.org/10.3390/app11188619>.
- [2] Schroepfer, D., u. a.: Surface finishing of hard-to-machine cladding alloys for highly stressed components. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 114 (2021), H. 5-6, S. 1427/42.
- [3] Berns, H., u. W. Theisen: Eisenwerkstoffe - Stahl und Gusseisen. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2008.
- [4] Lagarec, K., u. a.: Observation of a composition-controlled high-moment/low moment transition in the face centered cubic Fe-Ni system: Invar effect is an expansion, not a contraction. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 236 (2001), H. 1-2, S. 107/30.
- [5] Otte, W. H., u. a.: Welding low thermal expansion alloys for aircraft composite tooling. Weld. J. 75 (1996), H. 7, S. 51/55.
- [6] Oh, D.J., J. M. Lee u. M. H. Kim: Fatigue strength assessment of Invar alloy weld joints using the notch stress approach. Engineering Failure Analysis 42 (2014), S. 87/99.
- [7] Berns, H., u. A. Fischer: Tribological stability of metallic materials at elevated temperatures. Wear 162-164 (1993), S. 441/49.
- [8] Sims, C., W. Stoloff u. W. Hagel: Superalloys II - High-Temperature Materials for Aerospace and Industrial power Wiley, Hoboken/US 1987.
- [9] Haynes International (Hrsg.): Ultimet alloy. Broschüre [online]. Verfügbar unter: [https://haynesintl.com/docs/default-source/pdfs/new-alloy-brochures/corrosion-resistant-alloys/brochures/ultimet.pdf?sfvrsn=cf7929d4\\_14](https://haynesintl.com/docs/default-source/pdfs/new-alloy-brochures/corrosion-resistant-alloys/brochures/ultimet.pdf?sfvrsn=cf7929d4_14) (Zugriff am 22. 09. 2022).
- [10] VDM Metalls (Hrsg.): Alloy 36. Werkstoffdatenblatt Nr. 7101 Revision 03, März 2022 [online]. Verfügbar unter: [https://www.vdm-metals.com/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Data\\_Sheets/Datenblatt\\_VDM\\_Alloy\\_36.pdf](https://www.vdm-metals.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Data_Sheets/Datenblatt_VDM_Alloy_36.pdf) (Zugriff am 22. 09. 2022).
- [11] Engelking, L., u. a.: Herstellung beanspruchungsgerechter Oberflächen durch Kombination innovativer additiver und abtragender Fertigungsschritte an hochbelasteten Komponenten. DVS-Berichte Bd. 389, S. 697. DVS Media, Düsseldorf 2023.
- [12] DIN EN ISO 25178-3:2012-11 „Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Oberflächenbeschaffenheit: Flächenhaft - Teil 3: Spezifikationsoperatoren“ (Ausgabe November 2012).
- [13] Eissel, A., u. a.: Modification of Co-Cr alloys to optimize additively welded microstructures and subsequent surface finishing. Welding in the World 66 (2022), S. 2245/57.
- [14] Eissel, A., u. a.: Alloy modification for additive manufactured Ni alloy components Part I: Effect on microstructure and hardness of Invar alloy. Welding in the World 67 (2023), S. 1049/57.
- [15] Rinck, P. M., u. a.: Experimental investigations on longitudinal-torsional vibration-assisted milling of Ti-6Al-4V. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 108 (2020), H. 11-12, S. 3607/18.
- [16] Zheng, L., W. Chen u. D. Huo: Vibration assisted machining: Theory, modelling and applications. Wiley, Hoboken/US 2021.
- [17] Ahmed, Y. S., u. a.: Effect of built-up edge formation during stable state of wear in AISI 304 stainless steel on machining performance and surface integrity of the machined part. Materials (Basel) 10 (2017), H.11, 1230, <https://doi.org/10.3390/ma10111230>.
- [18] Engelking, L.: Optimisation of surface residual stresses using ultrasonic-assisted milling for wire-arc additive manufactured Ni alloy components. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 126 (2023), H. (9), S. 4191/98.
- [19] Mirkoohi, E., P. Bocchini u. S. Y. Liang: Inverse analysis of residual stress in orthogonal cutting. Journal of Manufacturing Processes 38 (2019), S. 462/71.

## AUTOREN



### Lorenz Engelking, M. Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Fachbereich 9.2 - Versuchsanlagen und Prüftechnik, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)



### Dr.-Ing. Dirk Schröpfer

Fachbereichsleiter 9.2 - Versuchsanlagen und Prüftechnik, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)



### Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Kannengießer

Fachbereichsleiter 9.4 - Integrität von Schweißverbindungen, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM); Professor für das Fach „Konstruktion und Berechnung von Fügeverbindungen“, Institut für Werkstoff- und Fügetechnik, Universität Magdeburg



### Antonia Eissel, M. Sc.

Wissenschaftliche Mitarbeiterin TU Clausthal / Institut für Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren (ISAF)



### Dr.-Ing. Kai Treutler

Gruppenleiter im Bereich Verbindungsschweißen TU Clausthal / Institut für Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren (ISAF)



### Prof. Dr.-Ing. Volker Wesling

Leiter des Instituts für Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren (ISAF), TU Clausthal

## DANKSAGUNG

Das IGF-Vorhaben Nummer 20.979 N /DVS-Nummer 01.3211 der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS, Aachener Straße 172, 40223 Düsseldorf, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Die Autoren danken für diese Förderung sowie für die Mitarbeit und Unterstützung der im projektbegleitenden Ausschuss beteiligten Unternehmen und Personen.





# Laser-Kompetenzzentrum definiert neue Standards in der Oberflächentechnik und in den additiven Fertigungstechnologien

In den letzten zehn Jahren hat das Interesse der Industrie an Oberflächentechnologien, vor allem an Beschichtungen und additiven Technologien, deutlich zugenommen. Eine herausragende Innovation in diesem Bereich ist das Laserstrahlaufragschweißen, auch als Laser Cladding bezeichnet. Aufgrund seiner hochwertigen Beschichtungen und Multifunktionalität hat es die Aufmerksamkeit von Wissenschaft und Industrie auf sich gezogen. Im Laser-Kompetenzzentrum von Metco Joining & Cladding in Wohlen (Schweizer Kanton Aargau) wird kontinuierlich an der Weiterentwicklung und Optimierung von Lasertechnologien gearbeitet.

Ein siebenköpfiges Expertenteam befasst sich dort unter anderem mit dem Laserstrahlaufragschweißen, dem Laserstrahlhärten und dem DED-Verfahren (Directed Energy Deposition). Im Unterschied zu vielen anderen Forschungseinrichtungen liegt der Fokus des Laser-Kompetenzzentrums auf der aktiven Einbindung der Kunden, angefangen von der ersten Machbarkeitsstudie bis zur entscheidenden Industrialisierungsphase. Dies führt zu verschiedenen Forschungsschwerpunkten, darunter die Entwicklung von Beschichtungslösungen für die nachhaltige Nutzung von Bremscheiben in der Automobilindustrie oder die Konzeption komplexer Bauteile für Raketenantriebe.

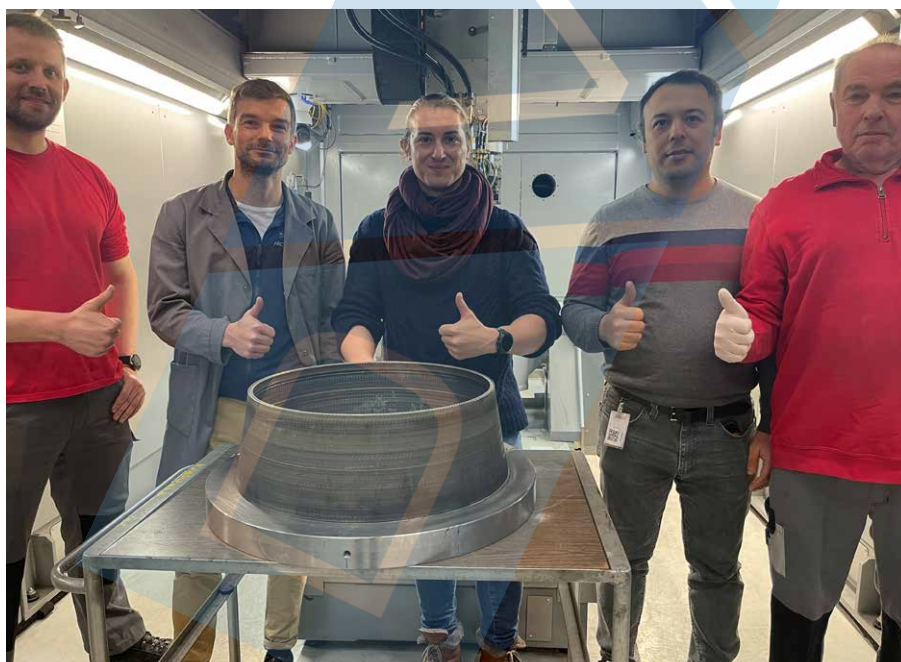
Dr. Arkadi Zikin, Leiter des Laser-Kompetenzzentrums, hebt das kollaborative Umfeld hervor, das die Innovationsfähigkeit fördert: „Unser Ziel ist es, Lösungen zu entwickeln, die über die bekannten Grenzen des Möglichen hinausgehen.“

## Beschichtungslösungen für Bremscheiben

Durchbrüche bei hohen Abscheidegeschwindigkeiten von über 5 m<sup>2</sup>/h sind besonders bedeutsam für die Automobilindustrie. Metco Joining & Cladding hat durch den Einsatz von High-Speed Laser Cladding und speziellen nickel-, cobalt- und kupferfreien Werkstoffen einen

nachhaltigen Beschichtungsprozess für Bremscheiben entwickelt. Dieser Prozess zielt darauf ab, Feinstaub zu reduzieren, die Lebensdauer zu verlängern und vor Korrosion zu schützen. Zugleich erfüllt er die strengen Anforderungen der Euro 7-Norm.

Durch enge Zusammenarbeit mit Kunden und Partnern hat sich dieser Geschäftsbereich als weltweit führendes



DED-Komponentenmodell für die Luft- und Raumfahrtindustrie (© Metco Joining & Cladding)



Bremscheibe mit aufgetragener Laserbeschichtung (© Metco Joining & Cladding)

Prototyping-Center für Bremsscheibenbeschichtungen etabliert.

### Additive Fertigung von Metallen mittels DED-Verfahren

Durch den ‚Directed Energy Deposition‘-Prozess, auch als DED bekannt, ist die Herstellung großer und komplexer Strukturen möglich. Dabei wird das Material Schicht für Schicht mittels Laserstrahlaufragschweißen aufgetragen, was neue Perspektiven für die Produktion und Reparatur umfangreicher Metallbauteile eröffnet.

Aktuell arbeitet das Team in Wohlen eng mit führenden Unternehmen aus der Luft- und Raumfahrt zusammen, wo-

durch es zur Entwicklung von Raketenkomponenten der neuesten Generation beitragen konnte. Mithilfe der laseradditiven Fertigung konnten Raketentriebwerksteile hergestellt werden, die einen Durchmesser von über 1.000 mm aufweisen und gleichzeitig komplexe Strukturen mit Wanddicken von nur 1 mm besitzen. Die Produktion solch großer Bauteile stellt eine besondere Herausforderung dar, bedingt durch die Notwendigkeit der Wärmekontrolle und der Vermeidung von Verformungen während des mehrwöchigen Fertigungsprozesses.

Wissenschaft und Industrie zeigen verstärktes Interesse an dieser vielversprechenden Technologie. Nicht nur hochwertige Beschichtungen mit einer

metallurgischen Verbindung zum Substrat sind möglich, sondern der Prozess ist auch multifunktional.

Weitere Informationen online unter [www.metcojoiningcladding.com](http://www.metcojoiningcladding.com) oder unter dem abgebildeten QR-Code.



### AUTOR

#### Dr. Arkadi Zikin

Materialwissenschaftler und Leiter des Metco Joining & Cladding Laser Kompetenzzentrums, Wohlen/Schweiz

Alles aus einer Hand: Die Komplettlösung für Draht und Drahtführung



Ihr Schlüssel  
zum perfekten Schweißen.

- serienmäßige Vakuumverpackung
- verbesserte Lichtbogenstabilität
- Porensicherheit

MIGAL.CO GmbH  
D-94405 Landau/Isar, Wattstraße 2  
Fon +49(0)9951/69 0 59-0  
Fax +49(0)9951/69 0 59-3900  
[info@migal.co](mailto:info@migal.co)  
[www.migal.co](http://www.migal.co)

**MIGAL.CO**  
WIR SIND AUF DRAHT!



# Laserstrahl-Mikrobearbeitung für Medizintechnik und Feinmechanik

Das Unternehmen Microweld aus Chavanod (Frankreich) ist Spezialist für den Einsatz verschiedener Lasertechnologien zum Schneiden, Schweißen und Markieren von Produkten für die Medizintechnik, die Uhrenindustrie oder die Feinmechanik. Laserstrahlung hat jedoch zur Folge, dass die Bauteile örtlich hoch erhitzt werden, was bei empfindlichen Werkstoffen die Materialeigenschaften nachteilig verändern kann. Deshalb entschied man sich Anfang 2023 für den Einsatz eines innovativen Laserstrahlschneidsystems: Beim Laser MicroJet-Verfahren (LMJ) des Schweizer Unternehmens Synova S.A. verläuft der Laserstrahl im Inneren eines Wasserstrahls, der den Schneidspalt kühlt und sauber hält.

„Als ich die Firma Microweld 1997 gründete, führten wir vor allem Laserschweißungen für die Automobilbranche durch“, erinnert sich der CEO Norbert Giraud. Ausgehend vom Automobil kamen immer mehr Kunden auch aus anderen Branchen hinzu. Schon bald wurde der Einsatz von Lasertechnologien auch auf zusätzliche Gebiete wie das Schneiden oder Markieren ausgeweitet.

Einen großen Schritt vollzog das Unternehmen dann mit dem Durchführen von Reparaturschweißungen an verschlissenen oder beschädigten Formen für die Herstellung von Spritzgussteilen. Seither hat Microweld seine Leistungspalette systematisch um zusätzliche Fertigungs-

schritte wie die Montage von Teilen zu Baugruppen oder komplett fertigen Produkten erweitert. Auch kamen weitere wichtige Kundensegmente hinzu. Das rasche Wachstum machte im Lauf der Jahre mehrere Umzüge erforderlich. Heute hat Microweld rund 50 Mitarbeiter, denen etwa 30 Laseranlagen unterschiedlicher Typen und Leistungskategorien zur Verfügung stehen.

## Weiterentwicklung in Richtung Präzisions- und Mikrotechnologien

„Unsere Zukunft sehen wir im Bereich der Mikrotechnologien“, so Thierry Fradet, Leiter Vertrieb und Entwicklung



Die bei Microweld seit März 2023 installierte dreiachsige Laser MicroJet-Anlage des Typs LCS 150 verfügt über eine zusätzliche Rotationsachse (© Klaus Vollrath)



V. l. n. r.: Thierry Fradet, Leiter Vertrieb und Entwicklung bei Microweld, CEO Norbert Giraud und Lasertechniker Xavier Perissoud vor ihrer Laser MicroJet-Anlage (© Klaus Vollrath)



Eine Auswahl von bei Microweld hergestellten Mikrobauteilen, darunter ein Stent für die Stabilisierung von Adern sowie eine Schneidvorrichtung zur Beseitigung von Kalkablagerungen in Blutgefäßen.  
(© Klaus Vollrath)

Die Microweld-Mitarbeiter verfügen über solche Qualifikationen. Dies zeige sich beispielsweise am Anteil der Medizintechnik am Umsatz, der heute bei rund 80 % liegt. Weitere wichtige Marktsegmente sind die Uhrenherstellung sowie die Mikromechanik. Hier sieht das Unternehmen das größte Potenzial, um neue Märkte zu erschließen.

### Mehr Schub durch Zugehörigkeit zu einer starken Firmengruppe

„In diesen Marktsegmenten braucht man jedoch auch mehr Unterstützung, breiteres Knowhow und mehr finanzielles Stehvermögen, als unser vergleichsweise kleines Unternehmen aufbringen kann“, ergänzt Giraud. Deshalb habe man 2021 den Kontakt mit möglichen Partnern gesucht. Nach diversen Gesprächen wurde entschieden, die Herausforderungen der Zukunft unter dem Dach der Acrotec-Firmengruppe anzugehen. Entscheidender Vorteil sei, dass man es bei dieser Konstellation nicht mit Finanzinvestoren zu tun habe, sondern mit praxisorientierten Führungskräften, die mit den Realitäten eines produzierenden Unternehmens bestens vertraut sind, erläutert Giraud. In die Unternehmensführung werde dabei nicht eingegriffen. Dafür sei man jetzt Teil einer Gruppe von rund 30 Firmen mit einer großen Bandbreite an Spezialisierungen, die sich gegenseitig ergänzen. Für die Kunden ergibt sich daraus der Vorteil, es mit einem ‚One-Stop-Shop‘ zu tun zu haben. Sie haben somit einen Partner mit breitem Entwicklungspotenzial, der komplette Lösungen aus einer Hand bereitstellen kann.

### Dringend benötigte Lasertechnologie für saubere Schnitte

„Die Zugehörigkeit zu Acrotec erleichterte uns auch die Entscheidung, in eine komplett neuartige Laserschneidtechnologie zum Bearbeiten von anspruchsvollen Mikrokomponenten einzusteigen“, bekräftigt Giraud. Ein wesentlicher Vorteil im Vergleich zu Schneidverfahren wie dem Drahterodieren sei, dass die Bauteile nicht durch Spuren störender Substanzen wie Nickel oder Kupfer verunreinigt werden. Das sei insbesondere



Den Microweld-Mitarbeitern stehen rund 30 unterschiedliche Laseranlagen zur Verfügung  
(© Klaus Vollrath)

bei Microweld. Diese stellten hohe Anforderungen an die Qualifikation des Personals, da es bei tendenziell kleinen Stückzahlen oft um diffizile Aufgabenstellungen und den Umgang mit teils sehr ‚exotischen‘ Materialien gehe. Hier könne Microweld mit seiner erfahrenen und hoch qualifizierten Belegschaft

punkten. Solches Personal sei nicht einfach am Markt zu finden, so Fradet. Die entsprechenden Bildungseinrichtungen vermittelten zwar gute Theoriekenntnisse, ihre Absolventen hätten jedoch nur begrenztes Praxiswissen – wirklich auf der Höhe seien sie erst nach einigen Jahren praktischer Erfahrung.





Die gut ausgestattete Abteilung für Qualitätssicherung (© Klaus Vollrath)

bei Medizintechnik-Produkten wie Implantaten wichtig.

Beim Laser MicroJet-Verfahren (LMJ), der patentierten ‚Wasserlaser‘-Technologie des Schweizer Unternehmens Synova S.A. aus Duillier, ließen sich zudem die Nachteile konventioneller Laserstrahlschneidsysteme vermeiden, führt Giraud aus. Beim üblichen Laserstrahlschneiden werde das Material durch einen ultraheißen Laserstrahl regelrecht durchgeschmolzen. Die Folge können Werkstoffschädigungen im oberflächennahen Bereich des Schnittspalts sowie Schmelzgrate auf der Unterseite des Werkstücks sein. Bei den LMJ-

Lasern von Synova ist der Laserstrahl stattdessen im Inneren eines scharfen, sehr formstabilen zylindrischen Wasserstrahls mit einem Druck von 100 bis 500 bar eingeschlossen. Der Laserstrahl kann dabei den Wasserstrahl wegen der ständigen Totalreflexion an der Grenzfläche zur Umgebungsluft nicht verlassen und bleibt deshalb über vergleichsweise lange Strecken fokussiert. Der Schneidspalt wird dabei ständig von hochreinem Wasser durchflossen, so dass selbst bei sehr empfindlichen Werkstoffen so gut wie keine Gefügeveränderungen auftreten. Zudem weisen die Schnitte glatte, einwandfrei senkrechte Kanten auf.



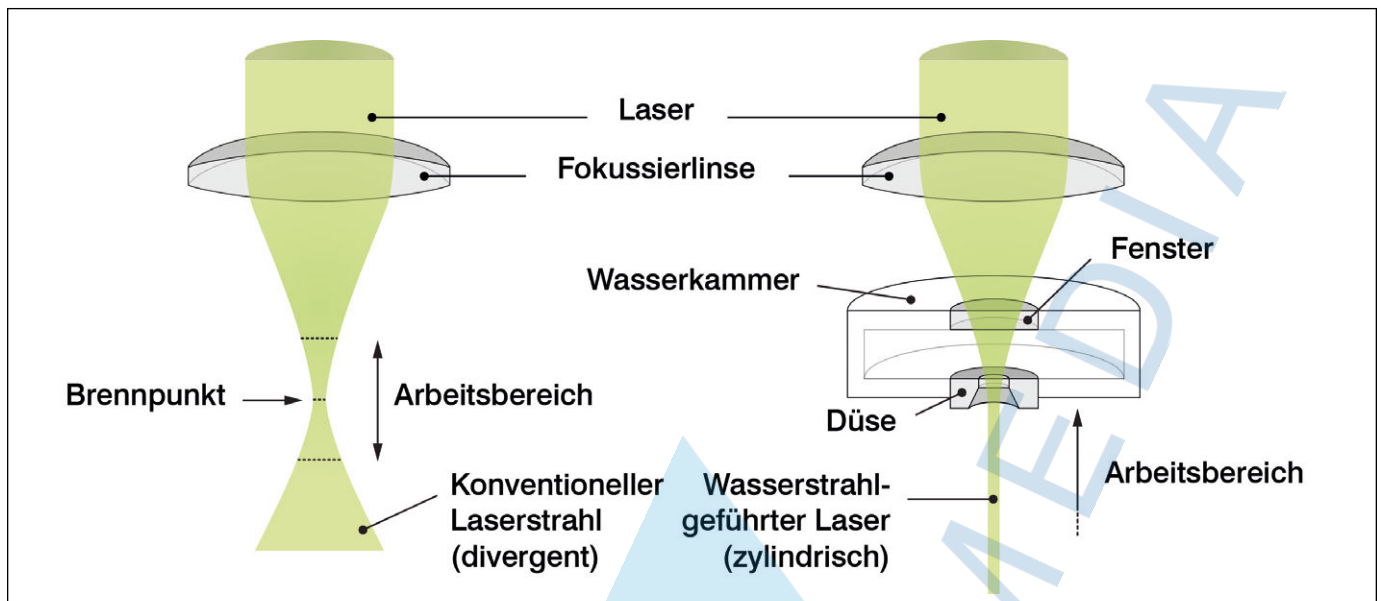
Mit dem LMJ-Verfahren hergestellte Knochenanker aus Nitinol für orthopädische Eingriffe (Bild: Klaus Vollrath)

## „UNSERE ZUKUNFT SEHEN WIR IM BEREICH DER MIKROTECHNOLOGIEN.“

Thierry Fradet, Leiter Vertrieb und Entwicklung bei Microweld

### Gute Erfahrungen mit Synova

„Unsere im März 2023 gelieferte Synova-Anlage des Typs LCS 150 hat zusätzlich zu ihren drei Linearachsen noch eine Drehachse“, berichtet Thierry Fradet. Die Erfahrungen mit Lieferung, Inbetriebnahme und Schulung seien durchweg positiv gewesen. Von Vorteil war hierbei, dass das Personal von Microweld bereits Erfahrung im Umgang mit Lasersystemen hatte. Mit der neuen Anlage konnte



Im Unterschied zur ‚klassischen‘ Laseroptik, bei der die Intensität des Laserstrahls hinter dem Fokuspunkt sehr schnell wieder abfällt (links), verläuft beim wassergeführten LMJ-Laser der Laserstrahl im Inneren eines formstabilen Wasserstrahls. Dies ermöglicht sehr tief reichende Schnitte mit vertikalen und sehr glatten Oberflächen. (© Synova)

daher schon nach wenigen Wochen produziert werden. Wenn es Rückfragen oder Probleme gab, sei schnell und effizient geholfen worden.

Fradet hebt beim LMJ-System insbesondere auch die Qualität der Schnittkanten und die Präzision im Mikrometerbereich hervor. Während bei „klassischen“ Laserschnitten merkliche Flankenwinkel unvermeidbar sind, liegen bei der neuen Anlage die Abweichungen von der Vertikalen selbst bei Schnittspaltlängen im Zentimeterbereich bei nur wenigen  $\mu\text{m}$ .

Ein regelrechter Durchbruch gelang auch beim Schneiden von dünnen Graphitfolien: Hier konnte die verarbeitbare Minimaldicke von vorher 200  $\mu\text{m}$  auf nur noch 70  $\mu\text{m}$  verringert werden. „Sehr erfreulich ist auch die große Bandbreite an anspruchsvollen Werkstoffen wie Nitinol, Titan, Tantal, Niob oder Wolfram, die wir mit dem System verarbeiten können“, bilanziert Norbert Giraud.

## AUTOR

**Klaus Vollrath**

Aarwangen/Schweiz  
www.b2dcomm.ch

**Gedik Welding** 60 Jahre

**Verbindet Fürs Leben**

**GeKa**

SCHWEIßZUSATZWERKSTOFFE FÜR ALUMINIUM UND SEINE LEGIERUNGEN

www.gedik.com.tr



Bericht über die Vorträge der Vortragsveranstaltungen des DVS im September 2023 in Essen

# DVS CONGRESS 2023 – Teil 2

Vom 11. bis 14. September 2023 veranstaltete der DVS in Essen seinen jährlich stattfindenden Kongress. Nachstehend werden exemplarisch aus einigen Vortragsgruppen aus Sicht der Berichtersteller interessante Ergebnisse der Großen Schweißtechnischen Tagung des DVS sowie des DVS Campus vorgestellt. Sämtliche Beiträge enthält der DVS-Bericht 389.

## Stahlbau

### Bewerten von Hochleistungsschweißprozessen für die Neufertigung von Windenergieanlagen (Stahlrohrturm)

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens aus der Initiative ‚Fügetechnik für die Energiewende‘ des ISF Aachen und der SLV Halle wurden vier bestehende Hochleistungsschweißverfahren zur industriellen Integrationsreife im Hinblick auf die technische und wirtschaftliche Effizienz unter den Bedingungen der Neufertigung weiterentwickelt bzw. untersucht. Zunächst erfolgte eine Überprüfung der Analyse bestehender Randbedingungen bei der Neufertigung von Schweißbauteilen für Windenergieanlagen, woraus die Anforderungen an die Hochleistungsschweißprozesse abgeleitet wurden. Darauf aufbauend erfolgten Optimierungen der Prozesse (Prozessentwicklung, Ermittlung der Prozessgrenzen usw.) mit Schwerpunkt auf einer stabilen und maximalen Nahtanbindung. Ein Wirtschaftlichkeitsvergleich an einem Demonstrator sowie Ausführungen zu den Prozessgrenzen und Verwendungen variierender Prozessgrößen (Anlagenempfehlungen, Nahtvorbereitungsempfehlungen und andere Randbedingungen) bildeten den Projektabschluss.

Aufgrund limitierter Produktionsstätten nimmt in der Großrohrherstellung für den Windturbau die Fügetechnologie eine enorm wichtige Stellung ein. Zum Erreichen der Ausbauziele der Windenergie sind Fügeverfahren erforderlich, die höhere Produktivitäten (zu Beispiel durch geringere Nahtvolumina) und damit Einsparungen in Fertigungszeit und -kosten ermöglichen. Die Offenheit zu neuen Fügetechnologien bzw. Weiterentwicklungen von Hybridverfahren oder Verfahrenskombinationen könnten unter Berücksichtigung technologischer

Randbedingungen neue Fertigungsansätze liefern.

Im durchgeführten Forschungsprojekt wurden vier unterschiedliche Hochleistungsschweißverfahren untersucht. Der Laserstrahl-Unterpulver(LUPuS)-Ein-

drahtprozess wurde erfolgreich zum LUPuS-Tandemprozess, Bild 1 oben, weiterentwickelt. Hierbei konnte die Robustheit des Prozesses gegenüber Fügspaltweiten von bis zu 1 mm bei offenem Fügspalt und von bis zu 1,5 mm bei geschlossenem Fügspalt verbessert wer-

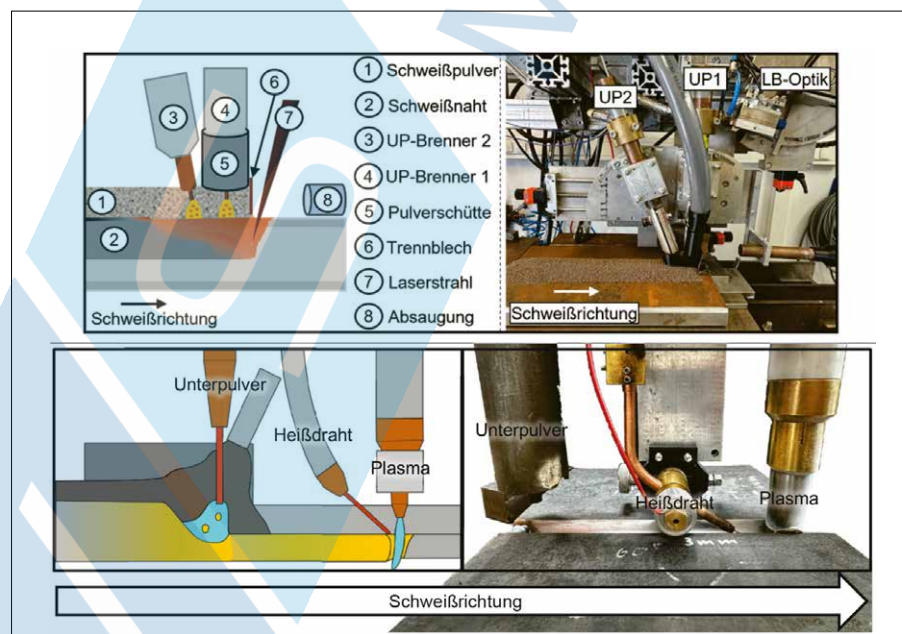


Bild 13: Laserstrahl-Tandemunterpulver-Hybridschweißprozess (oben) sowie Plasma-Heißdraht-Unterpulverschweißen (unten; Prinzip jeweils links, realer Versuchsaufbau jeweils rechts).

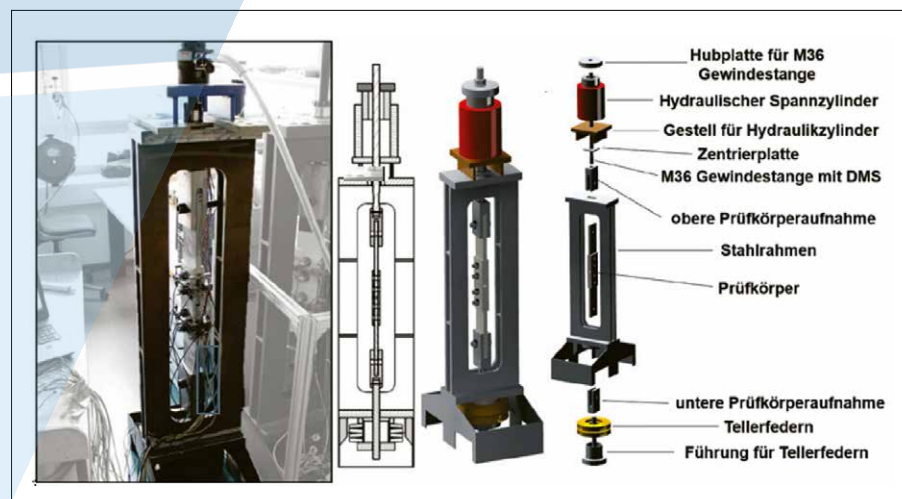


Bild 14: Prüfstand für die Dauerstandsversuche.

den. Der LUPuS-Tandemprozess konnte weiterhin für das Vorhandensein von versatzbehafteten sowie kombiniert auftretenden Bauteiltoleranzen (Fügespalt und Versatz) qualifiziert werden.

Der Unterpulver-Plasma-Heißdrahtprozess, **Bild 1** unten, wurde hinsichtlich der möglichen Schweißgeschwindigkeit weiterentwickelt. Unter der Berücksichtigung einer speziellen Nahtvorbereitung und genauen Einstellparametern ist es möglich in dem verwendeten Leistungsbereich mit einer Schweißgeschwindigkeit von 0,45 m/min seriell mit dem Unterpulverprozess zu schweißen. Zudem konnte der Si-Gehalt im Schweißgut durch den zusätzlichen Heißdraht kompensiert werden. In Summe ist dieses Verfahren eine Möglichkeit, Bleche mit einer Dicke von 15 bis 20 mm einseitig zu verschweißen.

Das Laserstrahl-MSG-Hybridschweißen mit dem Hochleistungsdiolenlaser eignet sich gut für das Fügen von Blechstege bis etwa 15 mm bei gleichbleibendem Spaltmaß bis 0,8 mm und freier Wurzel. Die dabei nutzbare Schweißgeschwindigkeit von 0,9 m/min ermöglicht eine Beschleunigung des gesamten Schweißprozesses an dickeren Bleche. Beim beidseitigen Schweißen zur Gesamtanbindung bis 25 mm ergaben sich bis dato Probleme, wodurch die Y-Nahtvorbereitung mit anschließenden MSG-Fülllagen für diese Blechdicke zu empfehlen wären.

Für das MSG-Hochleistungsschweißen mit gepulstem, rotierendem Lichtbogen konnten stabile Nahtausbildungen, unter Berücksichtigung einer ausreichenden Steghöhe bis zu einem Fügespalt von 1,5 mm, in Strichraupentechnik erzielt werden. Unter Beachtung einer maximalen Streckenenergie von 35 kJ/cm konnten für einen Schweißzusatz G4Si1 am Grundwerkstoff S355J2+N gültige Verfahrensprüfungen nach DIN EN ISO 15614-1 erzielt werden, sodass ein verfahrensspezifischer Einsatz gewährleistet werden kann.

#### **Tragverhalten vorgespannter Hybridverbindungen unter Einfluss von Temperatur und Dauerstandslast**

Auf Querkraft belastete Anschlüsse werden im Stahlbau in nicht vorwiegend ruhend beanspruchten Konstruktionen im

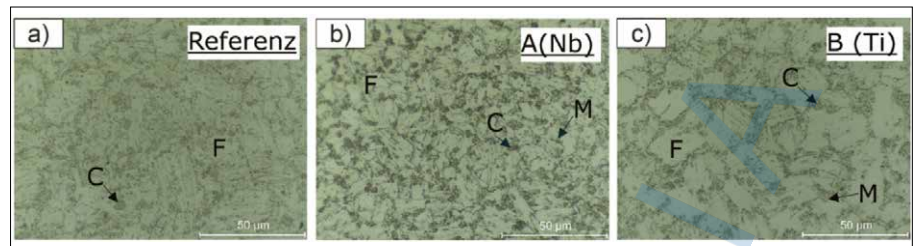


Bild 15: Lichtmikroskopaufnahmen der erweichten Zone aus den Fülllagen der drei untersuchten dreilagig geschweißten Grundwerkstoffe: a) Referenz Probe, b) Nb-mikrolegiert und c) Ti-mikrolegiert (F – Ferrit, C – Carbide-Cluster, M – angelassener Martensit).

Allgemeinen gleitfest bemessen und ausgeführt. Durch die reibschlüssige Kraftübertragung gelten die sogenannten gleitfest vorgespannten Verbindungen (GV) als schlupfarm und ermüdungssicher. Die übertragbaren Querkräfte sind dabei jedoch begrenzt. Wird zusätzlich Klebstoff auf die Reiboberflächen aufgebracht, entsteht die sogenannte vorgespannte Hybridverbindung. Im Vergleich zur reinen Klebverbindung sowie zur GV-Verbindung wird somit die Traglast erheblich gesteigert.

Im Beitrag wurde das Tragverhalten der vorgespannten Hybridverbindung mit feuerverzinkten Bauteilen unter Einfluss von Dauerstandslast, **Bild 14**, und Temperatur mit Hilfe experimenteller Untersuchungen aufgezeigt. Wie für die GV-Verbindung sind die quasi-statisch ermittelten Traglasten abzumindern, sobald eine dauerhaft einwirkende Last die vorgespannte Hybridverbindung (VHV) beansprucht. Grund dafür ist der kriechempfindliche Klebstoff sowie die Feuerverzinkung. Auf Grund der vorliegenden Untersuchungen ist somit eine Abminderung zwischen 67 und 75 % zur quasi-statischen Tragfähigkeit notwendig.

Im Rahmen der quasi-statischen Untersuchungen zum Tragverhalten unter Temperatureinfluss konnte an den aktuellen Kenntnisstand zum Verhalten geklebter Verbindungen angeknüpft werden. Mit steigender Temperatur nimmt die Festigkeit des Klebstoffes ab. Dies resultiert wiederum in abnehmenden übertragbaren Querkraften. Offene Fragen bestehen derzeit bezüglich einer baustellentauglichen Ausführung, des Tragverhaltens mehrreihiger Anschlüsse unter komplexer Beanspruchung sowie des Ermüdungsverhaltens der vorgespannten Hybridverbindung.

#### **Mikrolegierungseinfluss auf das Ausscheidungsverhalten und die mechanischen Eigenschaften geschweißter hochfester Baustähle**

Mikrolegierungselemente wie Nb und Ti sind für die signifikante Festigkeitssteigerung von vergüteten, hochfesten Feinkornbaustählen mit einer Nominalstreckgrenze ab 690 MPa unerlässlich. Normvorgaben zur chemischen Zusammensetzung geben dabei nur obere Grenzwerte für die Hersteller vor. Weiterhin wirken sich bereits kleine Abweichungen in der Legierungsrouten teilweise erheblich auf die mechanischen Eigenschaften aus. Somit wird eine adäquate Vorhersage der Schweißseignung und der Integrität der Schweißverbindung aufgrund der variierenden Mikrogefüge erschwert bis unmöglich. Unerwünschte Nebeneffekte sind die mögliche Erweichung der Wärmeeinflusszone (WEZ) sowie der gegenteilige Effekt der Aufhärtung.

Vor diesem Hintergrund wurden erstmals systematisch die unterschiedlichen Mikrolegierungsrouten mit variierenden Ti- und Nb-Gehalten an Versuchsschmelzen untersucht. Die Stahlgüte S690QL bildete dabei die Grundlage der chemischen Zusammensetzung sowie der entsprechenden Wärmebehandlung. Zur Untersuchung der jeweiligen Schweißseignung wurden Dreilagenschweißungen mittels moderner MAG-Hochleistungsschweißprozesse durchgeführt und kritische Gefügebereiche mit hoher Erweichung/Aufhärtung identifiziert.

Der Fokus der analytischen Betrachtungen lag hier auf der Identifikation der Phasenumwandlungen beim Abkühlen und auf dem metallurgischen Ausscheidungsverhalten. Zusätzlich wurden isotherme und nicht-isotherme Phasenberechnungen mit der Software Thermo-Calc durchgeführt.



Mechanisch-technologische Untersuchungen zur Kerbschlagzähigkeit mittels Kerbschlagbiegeversuchen durchgeführt wurden, bestätigten dabei die Ergebnisse der thermodynamischen Simulation bezüglich des Ausscheidungsverhaltens während der Temperatur-Zeit-Schweißzyklen. Daraus lässt sich der Einfluss der Wärmeeinwirkung beim Schweißen auf die Gefügeausbildung in der WEZ und der korrespondierenden mechanischen Eigenschaften qualitativ beschreiben.

Aus den Ergebnissen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

- Die UCI-Härteverteilung in den Querschnitten der dreilagig geschweißten Proben zeigte, dass alle untersuchten Werkstoffe in den äußeren WEZ-Zonen (IKWEZ und Anlasszone) erweichen, **Bild 15**, obwohl die Intensität der Erweichung zwischen den untersuchten Werkstoffen stark variiert. Es kann hervorgehoben werden, dass die mikrolegierte Stahlsorte Ti eine starke Erweichung der äußeren HAZ-Zonen im Vergleich zu der mikrolegierten Nb-Sorte aufweist.
- Die Nb-mikrolegierte Güte weist im Vergleich zur Ti-mikrolegierten Güte eine bessere Anlassbeständigkeit auf. Eine divergente Phasenverteilung in den äußeren Zonen der WEZ der Fülllagen erklärt die unterschiedliche Härteverteilung in der WEZ der drei untersuchten Legierungen und die markanten Unterschiede der Kerbschlagzähigkeit.
- Nicht isotherme Berechnungen mittels Thermo-Calc, haben gezeigt, dass Ti-Ausscheidungen eine hohe thermische Stabilität aufweisen. Dies hat einen positiven Einfluss auf das Pinning-Verhalten und die Hemmung des Austenitkornwachstums. Ti-Ausscheidungen lösen sich während des Schweiß-Temperatur-Zyklus nicht auf und scheinen sich bei niedrigen Spitzentemperaturen (Anlasszone) zu vergrößern.

#### Strategien zum Verlängern der Gesamtlebensdauer von orthotropen Fahrbahnplatten aus Sicht der Anwendungspraxis

Die fortschreitende Globalisierung und Erweiterung der bestehenden Handels- und Lieferketten innerhalb der letzten Jahrzehnte führten nicht nur im Bereich der Logistik zu neuen Herausforderun-



Bild 16: Anbringen von Verstärkungsplatten am Längsträger (links) und konzipierte Nahtvariante zur Stegverstärkung (rechts) als ein Beispiel für schweißtechnische Ertüchtigungsmaßnahmen.

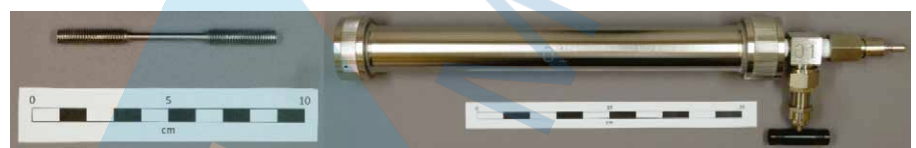


Bild 17: „Constant load test“-Probe (links) und Autoklav für die Durchführung der „Constant Load Tests“ (rechts).

gen, sondern forderten im gleichen Maße die vorhandene Infrastruktur. Zwischen den Jahren 2000 und 2021 erhöhte sich in Deutschland die Beförderungsleistung im Straßenverkehr von 346 auf 506 Mrd. tkm und im Eisenbahnverkehr von 82 Mrd. tkm auf 131 Mrd. tkm [1], mit weiter steigender Tendenz in den nächsten Jahren. Bei vielen dieser Infrastruktur zugehörigen Bauwerken, wie Straßen, Gleise, Tunnel und Brücken, ist solch einer Entwicklung im Zuge ihrer Planung und ihres Baus nicht Rechnung getragen worden. Der anhaltende Anstieg der Beförderungsleistung sowie eine nach heutigen Maßstäben unzureichende Gestaltung konstruktiver Details kann zu einer Überbeanspruchung am Bauwerk mit weitreichenden strukturellen Schäden (Risse, Korrosion usw.) führen.

Ein Großteil der heute stehenden Stahlbrücken wurde in den 1960er und 1970er Jahren errichtet. Von den rund 51.000 Brücken (einschließlich einzelner Teilbauwerke) sind 5,8 % Stahlbrücken, die wiederum den Bereich des Großbrückenbaus (Länge ab 100 m) überproportional vertreten. Die gegenüber diesen Baujahren aktuell stark erhöhten Verkehrslasten wirken sich an den Stahlbrücken aufgrund des geringeren Eigengewichts besonders ungünstig aus.

In dem sehr ausführlichen Beitrag präsentierten die Verfasser anhand aktueller Beispiele Strategien zur Verlängerung der Gesamtlebensdauer am Konstruktionsdetail der orthotropen Fahrbahnplatte geschweißter Stahlbrücken aus Sicht der Anwendungspraxis. Für ein temporär im Betrieb gehaltenes Brückenbauwerk in Mecklenburg-Vorpommern wurde über die schweißtechnische Ertüchtigung bis zur Inbetriebnahme des Ersatzneubaus berichtet, **Bild 16**. Nach dem Rückbau der alten Brücke wurden Untersuchungen angestellt, die sich mit der Qualifizierung des verbauten Stahls in Hinblick auf mögliche Instandsetzungspotenziale befassten. Neben mechanisch-technologischen Prüfungen an Bestands- und neuem Stahl gleicher Festigkeit wurden auch Schwingfestigkeitsuntersuchungen angestellt. Hierzu wurden Proben für verschiedene Konstruktionsdetails (Walzerzeugnis, Bauteil mit Löchern unter Normalbeanspruchung und Quersteife) hergestellt und getestet.

Anhand eines weiteren Brückenbauwerks in Schleswig-Holstein wurden über die Möglichkeiten und die praktischen Erfahrungen zur Instandsetzung von Kategorie-2-Schäden berichtet. Mit dem Einsatz der kalten Fügetechnik

# WERBUNG MIT WEITBLICK **SCHWEISSTECHNIK**

**PRINT | ONLINE | VERANSTALTUNGEN**

WENN'S UM SCHWEISSEN GEHT

## WERBUNG MIT WEITBLICK **SCHWEISSTECHNIK**

**PRINT | ONLINE | VERANSTALTUNGEN**

WENN'S UM SCHWEISSEN GEHT



MEDIADATEN  
**2024**

**DVS** MEDIA

**MEDIADATEN  
2024  
JETZT ABRUFEN!**

SCAN ME !



**Markus Winterhalter**

+49 211 1591-142

markus.winterhalter@dvs-media.info

**DVS** MEDIA



kann insbesondere den bestehenden Herausforderungen bei der schweißtechnischen Reparatur begegnet werden.

## Schweißtechnik für die Energiewende

### Qualifizierung von Werkstoffen für Anwendungen in der neuen Wasserstoffwirtschaft

Der Einsatz von grünem Wasserstoff, den man durch die Elektrolyse aus Wasser durch Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt, wird entscheidend zum Gelingen der Energiewende beitragen. Die Speicherung und Verteilung des Wasserstoffes erfolgt entweder im gasförmigen Zustand unter Druck oder im verflüssigten Zustand bei einer Temperatur von  $-253\text{ °C}$  (kryogener Wasserstoff). voestalpine Böhler Welding hat im Zuge eines Forschungsprojekts ausgewählte Schweißzusatzwerkstoffe unter definierten Druckwasserstoffbedingungen auf Wasserstoffversprödung untersucht und entsprechende Weiterentwicklungen vorgenommen. Die Untersuchungen auf Wasserstoffversprödung erfolgte mit sogenannten Constant Load Tests, **Bild 17**, an der Montanuniversität Leoben, Österreich. Bezüglich der Ausrüstung für Flüssigwasserstofftransport werden bestehende austenitische Schweißzusätze dahingehend weiterentwickelt, dass sie den Anforderungen für Speichersysteme für kryogenen Wasserstoff entsprechen (zum Beispiel eine minimale laterale Breite von 0,53 mm bei  $-196\text{ °C}$ ) und gleichzeitig auch gute Verarbeitungseigenschaften aufweisen.

### Zuverlässige Wasserstoff-Bestimmung in Metallen und ihren Schweißverbindungen: Parameter, Einflüsse, Grenzen

Im Zuge der wasserstoffbasierten Energiewirtschaft von morgen, kommt der Errichtung der notwendigen Infrastruktur die zentrale Rolle zu. Der überwiegende Teil bisher eingesetzter und meist geschweißter Werkstoffe wie Stähle kann unter bestimmten Voraussetzungen zur Wasserstoffversprödung neigen. Dies umfasst die klassische verzögerte Kalt- rissbildung während der schweißtechnischen Verarbeitung sowie Degradations-

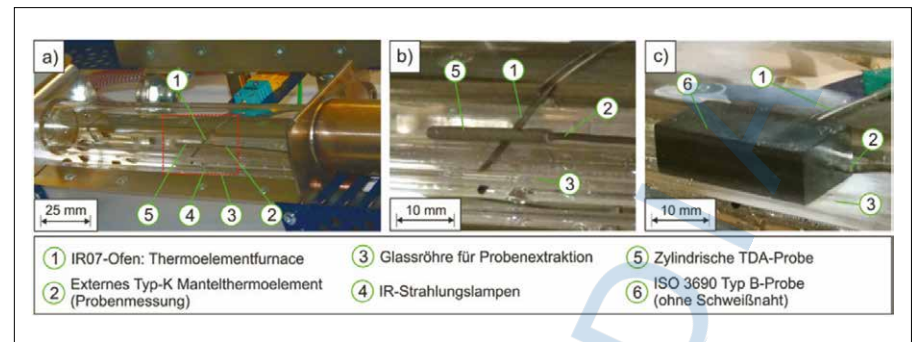


Bild 18: Probenlage in Ofenraum (a) sowie Detaildarstellung mit Position der Thermoelemente: b) zylindrischer TDA-Probe, c) ISO-3690-Typ B-Probe.

phänomene während des Betriebs. Für die Bewertung eines jeden Wasserstoffeffekts auf beispielsweise die mechanischen Eigenschaften eines geschweißten metallischen Werkstoffes, muss der Wasserstoffgehalt präzise bestimmt werden.

Im Fall von Schweißnähten ist dies beispielsweise nach der ISO 3690, die klassische isotherme Trägergas-Heißextraktion (TGHE). Die TGHE basiert dabei auf der beschleunigten Wasserstoffentgasung aufgrund der thermischen Aktivierung des Wasserstoffs bei erhöhten Temperaturen. Neben der reinen Quantifizierung des Wasserstoffs kann über die thermische Desorptionsanalyse (TDA) mit varierten Heizraten der Bindungszustand an mikrostrukturellen Defekten im Material festgestellt und bewertet werden. Für beide Techniken sind experimentelle und messtechnische Einflüsse zu beachten, die großen Effekt auf das Ergebnis haben. Für die TGHE schlägt die ISO 3690 beispielsweise verschiedene Probengeometrien sowie Mindestextraktionszeiten vor.

Die im Beitrag vorgestellte Studie fasst Ergebnisse und Erfahrungen zahlreicher Untersuchungen an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) mit unterschiedlichen Proben-temperaturen und Geometrien (ISO 3690 Typ B und zylindrische TDA-Proben, **Bild 18**) zusammen, hinsichtlich: Einfluss der Probenoberfläche (poliert/geschweißt), Messgenauigkeiten in Abhängigkeit des Probenvolumens sowie die unzureichende Überwachung des Effektes der PI-Reglung auf die Extraktionstemperatur. Insbesondere eine abweichende Extraktionstemperatur zur Soll-Temperatur, kann die Messergebnisse wesentlich verfälschen.

Basierend auf den Ergebnissen werden Methoden aufgezeigt, welche die gewünschte Extraktionstemperatur schnell erreichen lassen, ohne physisch in das Messequipment einzugreifen. Dies dient der wesentlichen Verbesserung der Zuverlässigkeit der Wasserstoffmessung durch erhöhte Signalstabilität und beschleunigte Wasserstoffdesorption. Im Allgemeinen ist eine unabhängige Temperaturmessung mit Dummy-Proben für die gewählte Heizprozedur angeraten, um mögliche unerwünschte Temperatureinflüsse bereits vor der Messung auszuschließen. Die beschriebenen Methoden können ohne großen Aufwand direkt in die industrielle Anwendung überführt werden.

### Schweißtechnisches Verarbeiten und Qualifizieren mittelmanganhaltiger austenitischer Stähle für kryogene Anwendungen

Bereits seit einigen Jahren nimmt die Bedeutung technischer Gase weltweit immer weiter zu. Insbesondere in Folge politischer Vorgaben zur Emissionsreduktion und Einhaltung der Klimaziele werden verflüssigtes Erdgas (LNG) für Schifffahrt und landgestütztes Transportgewerbe, aber auch Wasserstoff immer wichtiger. Der Transport und die Lagerung erfolgen oft im kryogenen Zustand, was spezielle Anforderungen an die Werkstoffe stellt.

In den letzten Jahren wurde vermehrt der kaltzähe martensitische Stahl X8Ni9 für kryogene Anwendungen, aufgrund seiner Festigkeit und Masseersparnis im Vergleich zu teureren Austeniten, verwendet. Die herkömmlichen Tieftemperaturwerkstoffe stoßen bei der Lagerung von flüssigem Wasserstoff aber an ihre

Grenzen. Während sich Austenite durch gute Verarbeitungseigenschaften ausweisen, ergeben sich bei der schweißtechnischen Verarbeitung nickelhaltiger Martensite signifikante Probleme, die Qualität, Mechanisierungsgrad und Durchsatz negativ beeinflussen.

Einen Lösungsansatz für den aufgezeigten Problemkreis aus Automatisierbarkeit, Materialkosten und notwendigen Eigenschaften, insbesondere hoher Festigkeit und Kaltzähigkeit, bietet die Nutzung neuartiger mittel- und hochmanganhaltiger austenitischer Stähle. Im Beitrag wurden Untersuchungen zur schweißtechnischen Verarbeitung mit dem Unterpulverschweißen eines mittelmanganhaltigen Stahls im Hinblick auf eine kryogene Anwendung dargelegt.

Das Versuchsprogramm umfasste Schweißungen zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften des Schweißgutes und Verbindungsschweißungen zur Untersuchung der Schweißnahtintegrität, **Tabelle 1**. Für die Auswahl der Schweißzusätze und die Einstellung der mechanisch-technologischen Eigenschaften der Schweißverbindungen wurden die Spezifikationen des Grundwerkstoffes und relevante Standards berücksichtigt. Es wurden drei ausgewählte Drahtelektroden betrachtet. Die Ergebnisse der Schweißungen zeigten, dass die Zugfestigkeit der artgleichen Schweißgüter die geforderten Werte nicht erreichen konnte. Hier sind Optimierungen notwendig.

Die Kaltzähigkeit im Schweißgut dagegen konnte gewährleistet werden. Es hat sich gezeigt, dass der ausgewählte Nickelbasiswerkstoff die Anforderungen

erreichte. Die Verbindungsschweißungen erfüllten die Anforderungen an die Zugfestigkeit und zeigten steigende Festigkeitswerte bei niedrigeren Temperaturen. Die Biegeproben erfüllten die Anforderungen sowohl bei Raumtemperatur als auch bei -80 °C. Die Kerbschlagbiegeversuche erzielten die geforderten Werte, zeigten jedoch Abweichungen der lateralen Breitung in der Wärmeeinflusszone.

Die im Beitrag dargestellten Ergebnisse lassen aber darauf schließen, dass eine Nutzung von Mittelmanganausteniten im kryogenen Anwendungsbereich durchaus denkbar ist. Basierend auf den Erkenntnissen sollen in weiterführenden Untersuchungen Festigkeitsoptimierung der artgleichen Schweißgüter erfolgen.

Insgesamt sind auch Anpassungen der Schweißparameter erforderlich, um die gewünschten Zähigkeitseigenschaften in der Wärmeeinflusszone des Grundwerkstoffes zu erreichen.

### Korrosions- und Verschleißschutz

#### Steigerung der Korrosionsbeständigkeit von Schweißplattierungen durch Einsatz von MSG-Zweidrahtprozessen mit nicht artgleichen Drahtelektroden

Das Schweißplattieren mit Schweißzusätzen aus NiCrMo-Legierungen ist ein etabliertes Verfahren zum Schutz von thermischen Verwertungsanlagen vor Hochtemperaturkorrosion, -erosion und -abrasion. Die Drahtelektroden S Ni 6625 (NiCr22Mo9Nb, Werkstoffnummer 2.4831) und S Ni 6686 (NiCr21Mo16W4, Werkstoffnummer 2.4606) gehören zu

den am häufigsten verwendeten Vertretern für das Schweißplattieren.

Unter Werkstattbedingungen werden bevorzugt das Metallschutzgasschweißen (MSG) in der Verfahrensvariante „Cold Metal Transfer“ (CMT) oder das MSG-Schweißen mit Impulslichtbogen zum Schweißplattieren von Flossenrohrwänden und Überhitzerrohren eingesetzt, **Bild 19**. Beide Technologien gewährleisten eine geringe Aufmischung des Substrates bei hoher Abschmelzleistung, glatte und gleichmäßige Nahtoberflächen und erreichbare Schichtdicken von mindestens 2 mm in einer bzw. zwei Lagen aus.

Das Forschungsziel bestand in der Weiterentwicklung vorhandener Legierungssysteme verschiedener Ni-Basis-Schweißzusätze über die Nutzung der Button-Melt-Technik und in der praktischen Umsetzung über den Einsatz eines MSG-Zweidrahtprozesses. Die weiterentwickelten Legierungssysteme sollen verbesserte Eigenschaften hinsichtlich der Beständigkeit gegenüber Korrosion, Erosion und Abrasion aufweisen, bei gleichzeitiger Erfüllung der Anforderungen an die innere und äußere Nahtqualität der Schweißplattierungen. Die Zugabe eines zusätzlichen artähnlichen Drahts als Heißdraht beim MSG-Schweißen ermöglicht sowohl eine Steigerung der Abschmelzleistung als auch die gezielte Einstellung einer gewünschten Legierung (chemische Zusammensetzung, Gefüge, Eigenschaften) mit bisher unbekannten Eigenschaften.

S Ni 6625 (NiCr22Mo9Nb) als Ni-Cr-Mo-Legierung ist sowohl für ihre Warmfes-

Nr.	Draht / Polarität	Rm in MPa	Rp0,2 in MPa	A3 <sub>0</sub> in %	KV in J bei -196 °C	laterale Breitung in mm
1	316LMn / DC+	639	386	38	51,0	0,54
6	316 LMn / AC	630	383	38	60,0	0,61
3	316 LMn / Ac mod.	612	363	39	67,5	0,66
5	310LMo / DC+	614	355	38	60,5	0,65
2	310 LMO / AC	612	369	39	73,6	0,72
4	310LMo / AC mod.	603	359	37	62,4	0,78
8	S Ni6276 / AC mod.	711	437	43	75	1,1
Zieleigenschaften		> 650	≥ 300	-	≥ 27	≥ 0,38

Tabelle 1: Übersicht über die mechanischen Eigenschaften der erzeugten Schweißgüter.



tigkeit als auch für hohe Beständigkeit gegen Korrosion bekannt. Sie zählt sie mittlerweile zu den am weitesten verbreiteten Schweißzusätzen für das Schweißplattieren von thermischen Verwertungsanlagen. Während die hohen Cr- und Mo-Anteile für die Bildung der Passivschicht relevant sind, verfügt S Ni 6625 noch über einen Nb-Massenanteil von bis zu 4,5 % zur Bildung von Carbiden und Lavesphase.

Der Schweißzusatz S Ni 6686 (NiCr21Mo16W4) findet seit 2004 zunehmend Einsatz beim Schweißplattieren. Er besitzt eine gute Verschweißbarkeit, ist mit Wolfram legiert und weist höhere Mo-Gehalte als S Ni 6625 auf, was jedoch auch einen erhöhten Materialpreis nach sich zieht. Testanwendungen mit diesem Schweißzusatz zeigten zwar eine höhere Korrosionsresistenz von Plattierungen auf als mit S Ni 6625, die Erprobung in der Praxis von Abfall-HKW bestätigte diese Resultate jedoch nicht. Der höhere Materialpreis des S Ni 6686 wird somit nicht durch eine äquivalent längere Lebensdauer ausgeglichen.

Die dritte Legierung war S Ni 6058 (NiCr21Mo20), bei der der Anteil an Molybdän im Vergleich zu S Ni 6686 nochmals erhöht ist. Des Weiteren verfügt der Schweißzusatz über vergleichsweise große Mengen an gelösten Stickstoff um eine noch höhere Pitting Resistance Equivalent Number (FPREN) zu erreichen.

Zur Versuchsdurchführung sind neuartige Ni-Basis-Schweißgüter aus Mischungsreihen generiert worden, welche S Ni 6625 als Basislegierung verwenden und mit einem der drei anderen Versuchswerkstoffe kombiniert wurden. Der Anteil der zweiten Legierung wurde in 10% Schritten bis auf ein Maximum von 90% erhöht. Insgesamt entstanden auf diese Weise drei Mischungsreihen mit jeweils neun neuen Legierungen. Im ersten Schritt erfolgte die Herstellung kleiner Proben aus reinem Schweißgut über die Button-Melt-Technik und die Analyse hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung, Mikrostruktur und Ausscheidungsbildung. Anschließend wurden durch MSG-Heißdrahtplattierungen mit identischer chemischer Zusammensetzung erstellt, analysiert und geprüft.

Bild 19: Versuchsanordnung beim Plattieren.

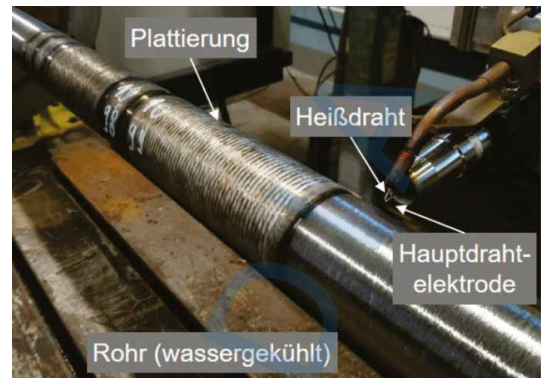
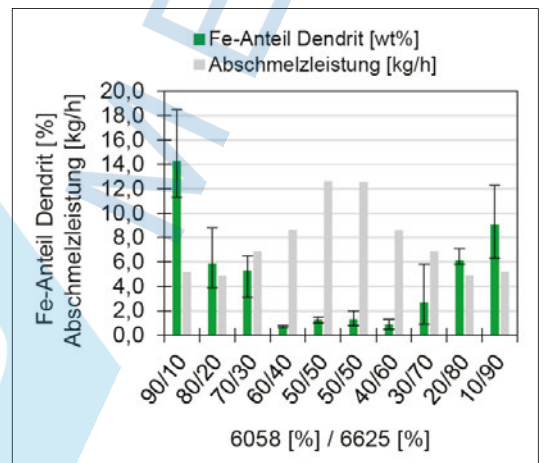


Bild 20: Fe-Aufmischung und Abschmelzleistung beim MSG-Schweißplattieren mit Heißdraht.



Als besonders vorteilhaft erwiesen sich die Legierungen mit einem Anteil von 30 bis 70 % S Ni 6625. Die Ausscheidungen in diesem Bereich sind klein und kompakt. Die FPREN-Werte befinden sich im Bereich von 57 bis 70, was über dem FPREN-Wert von S Ni 6625 (FPREN = 49) liegt. Gleichzeitig stehen immer noch geringe Mengen an Niob zur Verfügung, um Kohlenstoff zu binden und somit die Bildung von Chromkarbiden zu unterdrücken.

Darüber hinaus wurden zwei Plattierungen für eine Korrosionssonde vorbereitet. Die getesteten Legierungen sind 30% S Ni 6686/70 % S Ni 6625 und reines S Ni 6625 als Referenz. Die Mischungsreihe mit S Ni 6625 und S Ni 6686 führt zu ähnlichen Ergebnissen. Die Mikrostruktur und die Morphologie der Ausscheidungen sind aufgrund des Vorhandenseins von Wolframs leicht verändert. Das Ergebnis der Schweißplattierung ist aufgrund gleicher Schweißparameter ebenfalls gut vergleichbar. Mischungsverhältnisse mit hohem Heißdrahtanteil zeigen eine geringe Eisenaufmischung, Bild 20, bei gleichzeitig hoher Abschmelzleistung. Es zeigen sich keine inneren oder äußeren

Nahtunregelmäßigkeiten und die Biegeprüfungen wurde bestanden.

Die Mischungsreihe mit S Ni 6625 und T Ni 20 wurde abgebrochen. Bei den Schweißversuchen zeigt sich starke Porenbildung, sowohl im Material als auch an der Oberfläche, vgl. Bild 13. Das Schweißgut hat die Biegeprüfung nicht bestanden und versagt schon bei kleinen Biegewinkeln.

### Herstellung beanspruchungsgerechter Oberflächen durch Kombination innovativer additiver und abtragender Fertigungsschritte an hochbelasteten Komponenten

Die additive Fertigung (AM) durch schweißtechnische Verfahren eröffnet vielfach ökonomische Vorteile für eine ressourceneffiziente Bauteilherstellung. Gerade hinsichtlich der Homogenität und Anisotropie der resultierenden Schweißgefüge und den damit verbundenen Eigenschaften gibt es noch offene Fragestellungen. Die Einstellung der finalen Bauteilgeometrie und Oberflächen-güte erfordert den komplementären Ein-

**Jetzt die  
neueste  
Auflage  
vorbestellen!**

## **DIN-DVS-Taschenbuch 191 / Schweißtechnik 4**

### **Auswahl von Normen für die Ausbildung des schweißtechnischen Personals**

Die Normensammlung ist speziell auf die Ausbildung des schweißtechnischen Personals abgestimmt.

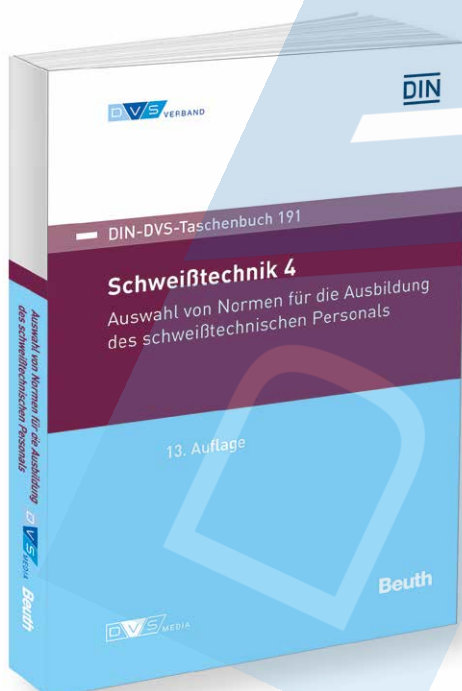
Sie führt Auszubildende frühzeitig an die relevanten Normeninhalte heran und macht Verantwortliche der Schweißtechnik mit dem neuesten Stand vertraut.

Sie richtet sich an Schweißer, Schweißfachleute, Schweißtechniker und Schweißingenieure, ist aber auch für Studierende und verantwortliche Mitarbeiter in den Schweißbetrieben von Bedeutung.

#### **Das DIN-DVS-Taschenbuch 191 enthält Normen der Bereiche:**

- Verständigungsgrundlagen
- Schweißzusätze
- Werkstoffe
- Qualitätsanforderungen
- Schweißrichtlinien
- Anforderungen an den Schweißbetrieb
- Prüfung des schweißtechnischen Personals, der Verfahrensbeherrschung und der Schweißverbindungen
- Bemessung und Ausführung von Stahlbauten (EC 3).

**Außerdem wurden thematisch passende DVS-Merkblätter und -Richtlinien mit aufgenommen, die die Regelwerkssammlung abrunden.**



#### **DIN-DVS-Taschenbuch 191 / Schweißtechnik 4 Auswahl von Normen für die Ausbildung des schweißtechnischen Personals**

13. Auflage 2024

Erscheinungstermin: Februar 2024

ca. 960 Seiten, m. Bildern, Abb. u. Tabellen

Best.-Nr. 502440

**Preis: ca. 230,00 Euro | E-Book: ca. 230,00 Euro**

**Bei der Bestellung der Kombi-Fassung erhalten Sie Buch  
und E-Book zu einem Sonderpreis.**



satz abtragender Fertigungsschritte. Hochleistungslegierungen auf der Basis von Nickel oder Kobalt sind aufgrund ihrer niedrigen Wärmeleitfähigkeit verbunden mit hoher Festigkeit und Zähigkeit schwer spanbar. Eine gezielte Gefügebeeinflussung mittels Modifikation der AM-Schweißzusatzwerkstoffe und der Einsatz des ultraschallunterstützten Fräsens (US), **Bild 21**, bietet das Potenzial insgesamt die Zerspanungssituation zu verbessern. Der Beitrag stellte Ergebnisse für die beiden untersuchten FeNi- und CoCr-Legierungen sowie wesentliche Zusammenhänge zwischen Legierungsmodifikation, entstehender Gefügemorphologie und erspanungseigenschaften der mittels MAG additiv gefertigter Proben vor. Das größte Potenzial für die Modifikation zeigten Zr und Hf. Die Zulagerung in das Schweißgut erfolgte die durch Beschichtung von Massivdrähten sowie durch Herstellen von Fülldrähten.

Die Ergebnisse zeigen, dass Mikrostruktur sowie Zerspanbarkeit der FeNi36- und der CoCr-Legierungen durch eine Modifikation mit kleinen Zugaben von Zr bzw. Hf positiv beeinflusst werden können. Das gezielte Hinzulegieren von 0,4 % Zr (Massenanteil) durch PVD-Beschichtung des FeNi36-Massivdrahtes bedingt im Schweißgut feindisperse und homogene Ausscheidungen an den Korngrenzen und dadurch eine signifikante Reduzierung der Zerspankraft im Vergleich zur FeNi36-Ausgangslegierung. Die Ultraschallunterstützung bewirkt im Vergleich zum konventionellen Fräsen eine signifikante Reduzierung der Zerspankraft, welche mit steigender Amplitude um bis zu 40 % sinkt. Das US-Fräsen bedingt unabhängig von der Legierungsmodifikation die geringste Rauheit bei

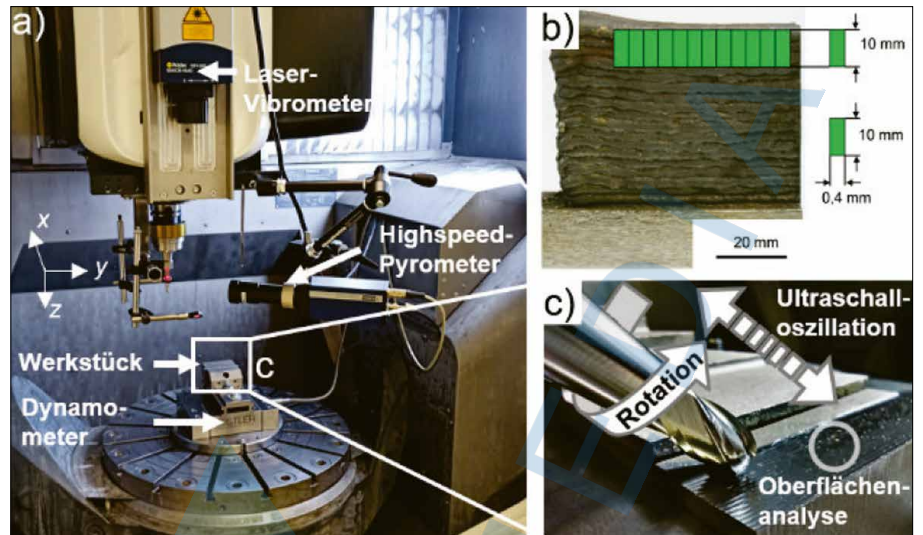


Bild 21: Aufbau Fräsversuche (a), Probenentnahme/-geometrie (b) und Detail Werkzeugeingriff (c).

niedrigen Schneidgeschwindigkeiten aufgrund der Verringerung der Bildung einer Aufbauschneide.

Die niedrigsten Rauheitskennwerte werden beim Fräsen der CoCr-Legierung und den beiden Modifikationen mit 1 % Hf bzw. Zr (Massenanteil) bei den jeweils niedrigsten Schnittgeschwindigkeiten im Rahmen der Versuchsparametermatrix erzielt. Dieser Effekt ist auf eine reduzierte Anzahl an Rillen zurückzuführen. Sowohl Hf- als auch Zr-Zugaben zu dem MSG-Fülldraht führen im Schweißgut zu einer deutlichen Homogenisierung der Mikrostruktur im Vergleich zur CoCr-Ausgangslegierung und dadurch zu stetigeren Fräsprozesbedingungen, verbunden mit einer signifikanten Verringerung der Zerspankraft. Ausgehend von diesen Analysen sind insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen Handlungsempfehlungen für eine sichere und wirtschaftliche komplexen-

täre additive und zerspanende Fertigung solcher schwer bearbeitbaren Hochleistungslegierungen ableitbar.

#### Messen und Vorhersagen von thermisch induzierten Eigenspannungen in MMC-Verschleißschutzschichten nach dem Laserstrahldispersieren in Kupferwerkstoffen

Mit Hilfe von Verschleißschutzschichten aus MMC-Werkstoffen (engl.: metal matrix composites) lassen sich die Standzeiten abrasiv hochbelasteter Werkzeuge deutlich erhöhen. Solche MMC-Oberflächen können mittels Laserstrahldispersieren bereits während des Fertigungsprozesses der Werkzeuge oder auch nachträglich als Retrofit endkonturnah erzeugt werden. Während des Laserstrahldispersierens werden jedoch thermisch induzierte Eigenspannungen in die MMC-Oberflächen eingebracht. Diese können sich nachteilig auf die Lebens-

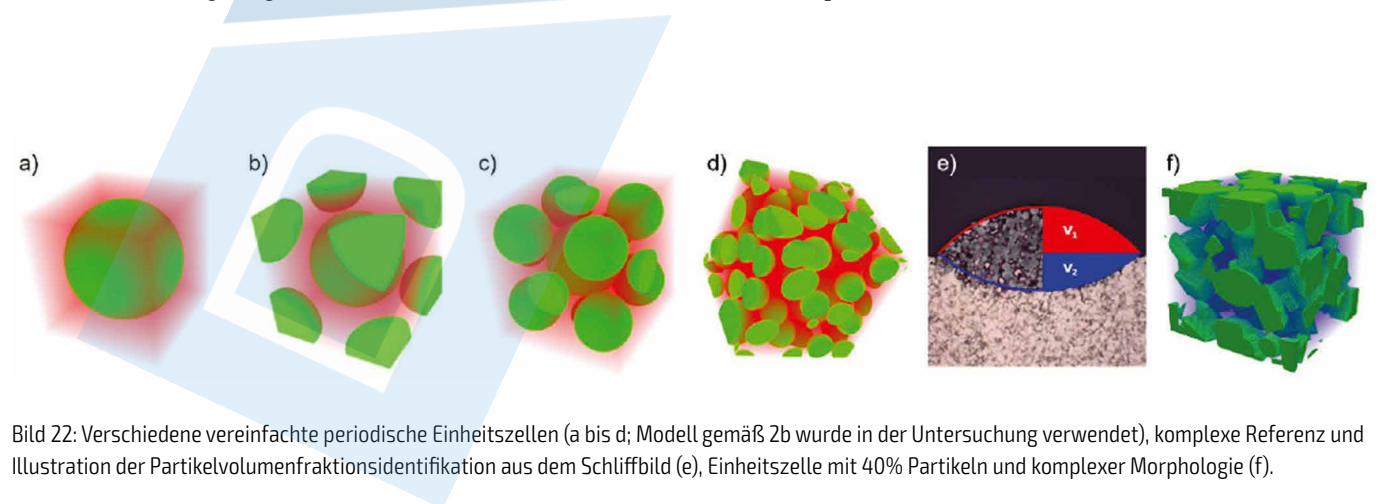


Bild 22: Verschiedene vereinfachte periodische Einheitszellen (a bis d; Modell gemäß 2b wurde in der Untersuchung verwendet), komplexe Referenz und Illustration der Partikelvolumenfraktionsidentifikation aus dem Schliffbild (e), Einheitszelle mit 40% Partikeln und komplexer Morphologie (f).

dauer ebendieser Oberflächen auswirken und somit den positiven Effekt der Verschleißfestigkeit mindern.

Um die Einflussgrößen auf die thermisch induzierten Eigenspannungen bestimmen zu können, wurden thermographische Messungen während des Laserstrahldispersierens durchgeführt. Die Untersuchungen erfolgten einerseits an einem vereinfachten Modellwerkstoffsystem aus reinem Cu-ETP, verstärkt mit Wolframschmelzcarbidpartikeln (WSC/Cu), und andererseits an zwei Systemen auf Basis von Kupferlegierungen, ebenfalls verstärkt mit WSC-Partikeln (WSC/CuAl und WSC/CuBe). Einen wesentlichen Einfluss auf die Temperatur hat neben der Laserstrahlleistung der Pulverstrom, welcher zu einer Erhöhung der eingekoppelten Laserstrahlleistung und damit einer Temperaturerhöhung führt. Verzugsmessungen zeigen, dass mit einem erhöhten Pulvereintrag ein stärkerer Verzug einhergeht.

Mittels Neutronendiffraktometrie wurden die dreidimensionalen makro- und mikroskopischen Eigenspannungsverläufe über die Tiefe der laserstrahldispersierten MMC-Einzelspuren und -flächen gemessen. Durch die zusätzliche Erwärmung des Matrixwerkstoffs mit einer Heizplatte werden die Eigenspannungen deutlich reduziert. Die Messungen zeigen zudem, dass durch das eingebrachte Pulver Druckeigenspannungen in der Randschicht entstehen, während beim Laserstrahlumschmelzen ohne zusätzliches Pulver Zugeigenspannungen gemessen werden.

Die experimentellen Untersuchungen wurden durch Simulationen für eine approximierte Vorhersage der Eigenspannungen ergänzt. Hierfür wurden Modellordnungsreduktionsverfahren auf statistisch repräsentative Volumenelemente des MMC-Gefüges angewendet, **Bild 22**. Mit dieser Methode können stark temperaturabhängige Materialparameter in mikrostrukturierten Werkstoffen vorhergesagt und in Multiskalensimulationen berücksichtigt werden. Die dadurch mögliche Erweiterung der Nonuniform Transformation Field Analysis (NTFA) eröffnet damit nichtlineare, stark gekoppelte und mehrskalige Prozesssimulationen. So können thermisch induzierte Eigenspannungen in MMC-

Bild 23: Gefüge einer BrazeCoat-Schicht (Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>/NiCrBSi).



Verschleißschutzschichten basierend auf den Prozessparametern für das Laserstrahldispersieren vorhergesagt werden.

### **Verschleißschutz durch Auflöten – Eine Ergänzung zum Auftragschweißen und thermischen Spritzen**

Das Hartlöten unter Schutzgas hat eine große Bedeutung in der Metallverarbeitung und bietet neben dem Fügen von Rohrbaugruppen und Wärmetauschern für die Automobilindustrie auch eine sehr interessante Möglichkeit im Bereich des Verschleißschutzes von Stahlteilen. Die zu diesem Zweck entwickelten BrazeCoat-M- und BrazeCoat-S-Verfahren ermöglichen die Herstellung von konturgenauen Hartstoffschichten, welche bis zu 70% (Volumenanteil) feinkörnige Carbidpartikel enthalten können. Es lassen sich auf diese Weise extrem harte Verbundschichten aus Hartstoffpartikeln in Hartlegierungsmatrix erzeugen, **Bild 23**, deren Dicke zwischen etwa 0,1 bis 0,3 mm bei BrazeCoat-S und ungefähr 1,0 bis 3,5 mm bei BrazeCoat-M variiert werden kann. Die durch Löten erzeugte Verbundschicht ist konturgenau kantenscharf, und nahezu porenfrei. Das BrazeCoat-Verfahren ist eine Ergänzung zu den etablierten Verschleißschutzverfahren wie dem thermischen Spritzen oder dem Auftragschweißen. Es ermöglicht für spezielle Anwendungen wirtschaftlich und technisch überlegene Lösungen.

Die Anforderungen an eine Schutzschicht auf Verschleißteilen sind sehr unterschiedlich und leiten sich aus den Beanspruchungen ab, die auf das betrachtete Bauteil einwirken, sowie aus der erforderlichen Funktion der Beschichtung. Dabei müssen die Möglichkeiten berücksichtigt werden, eine solche Beschichtung aufzutragen. Diese werden beeinflusst

durch die Bauteilgeometrie und den zu beschichtenden Grundwerkstoff. Typische Anwendungen von BrazeCoat-Schichten finden sich in Bereichen, wo starker abrasiver oder erosiver Verschleiß, gegebenenfalls auch in Kombination mit korrosiver Beanspruchung auftritt.

Die im BrazeCoat-M-Verfahren hergestellten Hartstoffmatten können durch die flexible Mattenstruktur auf sehr komplexe Bauteilgeometrien bestückt werden. Die hergestellten Hartstoffschichten sind konturgenau und kantenscharf und es kann eine Makrohärte bis zu 88 HRA (1240 HV10) erreicht werden. Ein wesentlicher Vorteil einer BrazeCoat-M-Schicht ist die Möglichkeit von Carbid-Mischungen und von Carbid-Ni-Pulver-Mischungen, um den geforderten Verschleißschutz zu realisieren.

Die beim BrazeCoat-S-Verfahren hergestellten Hartstoffschichten werden mittels einer Hartstoff/Hartlot-Suspension durch einen lackierähnlichen Prozess auf die Bauteiloberfläche aufgetragen und anschließend in einem Ofen unter reduzierender Schutzgasatmosphäre eingeschmolzen. Die Vorteile für den Einsatz von BrazeCoat-Hartstoffbeschichtungen sind

- hohe Wirtschaftlichkeit durch extrem hohen Verschleißwiderstand und dadurch hohe Maschinenverfügbarkeit,
- hohe Sicherheit im Einsatz durch ausgezeichnete Haftung der Schicht, aufgrund metallurgischer Anbindung an den Grundwerkstoff,
- eine homogene Schichtstruktur und niedrige Porosität der Schicht und
- hohe Flexibilität, da mit dem BrazeCoat-Verfahren Bauteile mit komplexen Geometrien wirtschaftlich geschützt werden können.

J. Anders, Düsseldorf ■



Einmalige Sammlung schweißtechnischer Exponate im phanTECHNIKUM Wismar

# Historisches bewahren – aus der Geschichte lernen



Bereits Anfang der 1990er Jahre, also vor mehr als 30 Jahren, hat es sich auf Initiative von Wilfried Baumann, Schwerin, eine Gruppe von Schweißfachleuten des BV Schwerin zur Aufgabe gemacht, wertvolle Zeugnisse aus der Entwicklung der Schweißtechnik vor dem Verschrotten und damit vor dem Vergessen zu bewahren. Dazu beigetragen hat sicher auch, dass in den Jahren nach der Wende im Osten Deutschlands zahlreiche Betriebe aus allen Bereichen geschlossen werden mussten und vieles dabei unwiederbringlich verloren gegangen ist.

Der Grundstein war gelegt und so ist mit der Zeit eine Sammlung von historischen Geräten entstanden, die zunächst einen bescheidenen Platz im Technischen Landesmuseum Mecklenburg-Vorpommern, damals noch im Marstall des Schlosses Schwerin, gefunden hat. Mit den Jahren kamen weitere Geräte hinzu, die in ehemaligen Garagen gelagert wurden, es wurde eine Datenbank angeschafft, die Exponate fotografiert und erfasst.

## Arbeitsgruppe I3 „Geschichte der Schweißtechnik“

2003 gründete sich am Rande der Großen Schweißtechnischen Tagung in Kassel

die Arbeitsgruppe I3 „Geschichte der Schweißtechnik“ des DVS, mit Mitgliedern aus ganz Deutschland.

## Neubau des phanTECHNIKUM

Nächster Meilenstein war der Neubau des Technischen Landesmuseums Mecklenburg-Vorpommern auf dem Gelände einer ehemaligen Kaserne in Wismar – phanTECHNIKUM.

Dieses Museum ist in die vier Elemente Wasser, Luft, Erde und Feuer aufgeteilt, wobei sich letzterer Teil vorrangig mit dem Schweißen beschäftigt. Die AG I3 wurde von Anfang an in die Planung

und Umsetzung der Exposition einbezogen, 2012 konnte das Museum offiziell eröffnet werden (**Bild 1**).

Im Bereich der Schweißtechnik sind Exponate aus nahezu allen Zeitepochen, vom Damaszener Schwert über eine außergewöhnliche Sammlung von Lötlampen, bis zum Inverter und Beispielen des Laserschweißens dargestellt, die wichtigsten Schweißverfahren werden gezeigt, die Pioniere der Schweißtechnik vorgestellt.

Im November 2022 konnte das Museum auf 10 Jahre seines Bestehens zurückbli-



Bild 1: Technisches Landesmuseum Mecklenburg-Vorpommern phanTECHNIKUM in Wismar (© phanTECHNIKUM)

Bild 2: Schriftenreihe  
Historische  
Schweißtechnik  
(© PhanTECHNIKUM)



cken – der Bereich Schweißtechnik nennt eine beachtliche Zahl von Exponaten sein Eigen. Darunter sind sowohl weit mehr als 1.000 Geräte, als auch über 3.000 Fachpublikationen wie Bücher, Zeitschriften, Sammlungen von Dias, Unterrichtsmitteln und vieles mehr. Eine Besonderheit stellt hier die umfangreiche Glasbildersammlung aus der ehemaligen Schweißtechnischen Versuchsanstalt der Deutschen Reichsbahn Wittenberge dar. Fast 5.000 Glasbilder und mehr als 3.500 Großdias – eine Dokumentation der besonderen Art, spiegelt sich doch hier die Geschichte des Schweißens der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wider.

### Schriftenreihe „Historische Schweißtechnik“

Seit einigen Jahren gibt die AG „Geschichte der Schweißtechnik“, bisher unter Federführung von Obering. Wilfried Baumann, die Schriftenreihe „Historische Schweißtechnik“ heraus, acht Broschüren sind bisher erschienen, Nummer neun ist in Vorbereitung (Bild 2).

Neben dem Sammeln, Sichten und Archivieren haben die AG-Mitglieder auch eine große Bildungsaufgabe. So betreuen sie regelmäßig die Tage der Technik und des virtuellen Schweißens im phanTECHNIKUM Wismar. Dafür stehen beispielsweise der Schweißtrainer Vostra und der von Fronius sowie ein „Zittermesser“ zur Verfügung, Unterstützung



Bild 3.Historischer Azetylen Entwickler und Druckgasflasche (© PhanTECHNIKUM)

kommt außerdem von Lincoln Electric, Soldamatic aus Rostock kann bei Bedarf genutzt werden – diese Veranstaltungen erfreuen sich stets großer Beliebtheit.

Seit vielen Jahren bereits steht in der Satzung des DVS „Wahrung der Geschichte des Schweißens und verwandter Verfahren“ – dem fühlen sich die Mitglieder der AG I3 in besonderer Weise verpflichtet.

Die Arbeitsgruppe ist inzwischen, hauptsächlich aus Altersgründen, kleiner geworden, die Mitglieder kommen aus den Regionen Schwerin bzw. Mecklenburg-

Vorpommern und Berlin-Brandenburg. Interessierte neue Mitstreiter sind jederzeit willkommen!

An dieser Stelle wird die AG I3 zukünftig regelmäßig Ergebnisse Ihrer Arbeit, unter der Rubrik „Geschichte der Schweißtechnik“, vorstellen.

### KONTAKT

Hans-Georg Groß  
h.-g.gross@web.de



## Landes- und Bezirksverbände

### BV Dresden

Am 7. November 2023 fand in der IHK Bildungszentrum Dresden gGmbH die jährliche Mitgliederversammlung des DVS-Bezirksverbandes Dresden statt. Knapp 30 Mitglieder waren erschienen, um unter der Moderation von Roland Zschech (bisheriger Vorstand Prüfer und Zertifizierer im BV Dresden) den Geschäfts- und Finanzbericht des Vorstandes entgegenzunehmen. Nach dem Bericht des Kassenprüfers sowie der Entlastung des Vorstandes durch Dr. Holger Günther (Vorsitzender des DVS-Landesverbandes Ost) bedankten sich Zschech und Wolfgang Wendler (bisheriger stv. Geschäftsführer des BV Dresden) für die geleistete ehrenamtliche Arbeit des gesamten Vorstandes.

Es folgte die Verabschiedung des bisherigen Vorstandes nach Ablauf der Amtsperiode sowie der Dank an die Arbeitsgruppenleiter und Ehrenvorsitzende. Im Anschluss wurde ein neuer Vorstand mit Amtsantritt zum 1. Januar 2024 einstimmig durch die anwesenden Mitglieder gewählt. Fünf DVS-Mitglieder aus vier namhaften, regional in Dresden und Umgebung engagierten Institutionen und Unternehmen bewarben sich zur aktiven Vorstandsarbeit. Der neue Vorstand setzt sich wie folgt zusammen:

- **Vorsitzender/Vorstand Öffentlichkeitsarbeit:** Sven Noack, SLV Halle GmbH, Betriebsstätte Dresden
- **Stv. Vorsitzender:** Roland Zschech, SLV Halle GmbH, Betriebsstätte Dresden
- **Geschäftsführer:** Martin Schmieder, Schweißtechnische Lehranstalt der Handwerkskammer Dresden
- **Vorstand Finanzen:** Christopher Papsin, Air Liquide Deutschland GmbH
- **Vorstand Technik, Wissenschaft und Forschung/Sprecher der DVS-Studentengruppe:** Paul Schilling, TU Dresden, Institut für Fertigungstechnik und Montage

Mit den personellen Veränderungen folgte auch der räumliche Umzug der Geschäftsstelle: Seit Anfang 2024 ist der Sitz der Geschäftsstelle des BV Dresden in der



V. l. n. r.: Dr. Holger Günther, Vorsitzender des DVS-Landesverbandes Ost, mit den neuen Vorstandsteam des BV Dresden: Christopher Papsin, Roland Zschech, Paul Schilling, Martin Schmieder, Sven Noack  
(© BV Dresden)

Schweißtechnischen Lehranstalt der Handwerkskammer Dresden im nJumii, dem Bildungszentrum des Handwerks.

Im Anschluss an die erfolgten Wahlen schloss sich ein Fachvortrag an. Roland Seydel referierte aus seinem Erfahrungsschatz über die ‚Schweißaufsicht – Notwendigkeit, Aufgaben mit praktischen Beispielen‘.

Nach einer Übergabe der Geschäftstätigkeit vom bisherigen Vorstand zum Jahresende 2023 wird sich der neue Vorstand 2024 im ersten Arbeitstreffen konstituieren. Auf der Mitgliederversammlung schilderte Sven Noack als designierter Vorsitzender des BV Dresden die ersten Schritte und Maßnahmen: „Wir danken den anwesenden DVS-Mitgliedern für das entgegengebrachte Vertrauen. Wir sind uns als neuer Vorstand der wertvollen und erfolgreichen Arbeit des bisherigen langjährigen Vorstandes und der daraus resultierenden Verantwortung bewusst. Wir werden die erfolgreiche Arbeit fortführen, alle Mitglieder verstärkt in eine aktive erweiterte regionale Verbandsarbeit einbinden und Formate anbieten, die den Netzwerkcharakter und den fachlich-wissenschaftlich-technischen Austausch weiter fördern. Hierbei können sich alle DVS-Mitglieder und bestehende Arbeitsgruppen aktiv einbringen.“ Das neue Vorstandsteam freut sich auf die Zusammenarbeit sowie aktive regionale Verbandsarbeit, gestützt

durch bedeutende regionale Institutionen und Organisationen.

### BV Mainz-Wiesbaden

Die Mitgliederversammlung des BV Mainz-Wiesbaden fand am 30. Oktober 2023 in den Räumen der Schweißtechnischen Kursstätte Mainz-Wiesbaden in Mainz statt. Der Vorsitzende, Berndt Heuter, begrüßte die anwesenden Mitglieder. Beirat Kurt Mühleis verlas den Geschäftsbericht für das Jahr 2022 des BV Mainz-Wiesbaden. Pläne zu einem etwaigen Zusammenschluss der BVS Mainz-Wiesbaden und Pfalz werden derzeit nicht weiter verfolgt.

Im Anschluss wurde Karl Eifler für seine 65-jährige DVS-Mitgliedschaft geehrt und ihm wurden eine Urkunde und ein Geschenkkorb des BV überreicht. Einen Wechsel gab es beim Amt des Kassenprüfers: Nachdem Erich Krüger ausgeschieden war, rückte Sebastian Feiler als neuer Kassenprüfer nach.

Der BV Mainz-Wiesbaden hatte im Jahr 2020 seine bisher letzte Exkursion für die Mitglieder veranstaltet. Diese wünschen sich für die Zukunft wieder interessante Exkursionen und Vorträge. Der Vorstand wird die BV-Mitglieder hierüber schriftlich befragen und dann ein entsprechendes Programm zusammenstellen.

### Berufsbildungszentrum Schweißen im Schienenfahrzeugbau in der SLV Halle feierlich eröffnet

Nach zwei Jahren Bauzeit wurde am 8. November 2023 das „Berufsbildungszentrum zur Kapazitätserweiterung der Aus- und Weiterbildung mit dem Schwerpunkt Schweißen im Schienenfahrzeugbau – BBZ Schiene“ auf dem Campus der SLV Halle GmbH feierlich eröffnet. Der Neubau in Halle (Saale) wurde aus Mitteln der Bundesrepublik Deutschland und des Landes Sachsen-Anhalt gefördert und markiert einen Meilenstein in der fast 100-jährigen Unternehmensgeschichte der SLV Halle.

Deren Geschäftsführer, Professor Dr.-Ing. Steffen Keitel, begrüßte die Ehrengäste und Besucher zur feierlichen Eröffnung. In seiner Ansprache hob er das wertschätzende Zusammenwirken zwischen dem Bundesland Sachsen-Anhalt, der Stadt Halle (Saale) sowie der SLV Halle hervor und bedankte sich für die Bereitstellung der öffentlichen Mittel. Ebenso dankte Keitel dem DVS als Gesellschafter der SLV Halle, vertreten durch Hauptgeschäftsführer Dr.-Ing. Roland Boecking, dass dieser das Eigenkapital und die Freigabe für das Projekt ermöglicht hatte. Keitel hob hervor: „Wir sind stolz auf das Erreichte und freuen uns, dass wir eine fachlich versierte Aus- und Weiterbildung – vor allem in den mechanisierten und automatisierten Schweißprozessen – zielgerichtet für den Schienenfahrzeugbau unter modernsten Rahmenbedingungen anbieten können. Durch die leitende Koordination des European Committee for Welding of Railway Vehicles ECWRV sind wir maßgeblich in die Belange des Schienenfahrzeugbaus eingebunden. Das wertet unsere Arbeit im ECWRV deutlich auf.“

#### Wertschätzende Grußworte aus der Region

Die drei Grußworte von Minister Prof. Dr. Armin Willingmann (Ministerium für Wissenschaft, Energie, Klimaschutz und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt), Stefanie Pötzsch (Staatssekretärin im Ministerium für Wirtschaft, Tourismus, Landwirtschaft



Feierliche Eröffnung des „BBZ Schiene“ im November 2023 (© SLV Halle GmbH)



Prof. Dr.-Ing. Steffen Keitel, Geschäftsführer der SLV Halle GmbH, bei seiner Begrüßung mit DVS-Hauptgeschäftsführer Dr.-Ing. Roland Boecking (© SLV Halle GmbH)





V. l. n. r.: Geschäftsführer Prof. Dr.-Ing. Steffen Keitel mit Minister Prof. Dr. Armin Willingmann (Ministerium für Wissenschaft, Energie, Klimaschutz und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt), Stefanie Pötzsch (Staatssekretärin im Ministerium für Wirtschaft, Tourismus, Landwirtschaft und Forsten des Landes Sachsen-Anhalt) und Dr. Sabine Odparlik (Leiterin Fachbereich Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung der Stadt Halle (Saale)) (© SLV Halle GmbH)

und Forsten des Landes Sachsen-Anhalt) sowie Dr. Sabine Odparlik (Leiterin Fachbereich Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung der Stadt Halle (Saale)) waren geprägt von Herzlichkeit und Empathie im Zusammenwirken und den Herausforderungen bei diesem besonderen Bauprojekt. Aus unterschiedlichen Perspektiven wurden wissenschaftliche sowie wirtschaftliche und stadtpolitische Aspekte im Zusammenhang mit dem Neubau beleuchtet. Alle drei Redner wünschen der SLV Halle mit dieser strategischen Neuinvestition viel Erfolg und gutes Gelingen.

### Gewerblich-technische Ausbildung lohnt sich

Eine besondere Ehre wurde Timmy Müller zuteil, Auszubildender bei der SLV Halle, der von der IHK Halle-Dessau am 6. November 2023 als „Bester im Beruf“ als Konstruktionsmechaniker in der Fachrichtung Ausrüstungstechnik ausgezeichnet worden war. Dr. Jens Kramersmeyer

würdigte auf der Eröffnungsveranstaltung diese Auszeichnung mit einer kurzen Laudatio und einer Präsentübergabe, verbunden mit den besten Wünschen für die berufliche und private Zukunft. Mit dem Jungfacharbeiter Timmy Müller wurde inzwischen ein Ausbildungsvertrag für ein weiterführendes Studium unterschrieben.

### Zahlen, Daten, Fakten zum BBZ Schiene

Im April 2021 erhielt der Praxisneubau seine Baugenehmigung, und die Vorbereitungsarbeiten begannen im August desselben Jahres. Das Richtfest fand im Juni 2022 statt, um den erfolgreichen Abschluss des Rohbaus zu feiern und allen Beteiligten zu danken. Für den Rohbau wurden umfangreiche Beton- und Stahlmengen verwendet, einschließlich Ortbeton und Fertigteillementen. Wichtige Bestandteile des Rohbaus umfassten auch die Stahlprofilkonstruktion und Mauerwerksarbeiten. Parallel dazu wurden Ausbaugewerke

durchgeführt, wie Metallbau, Dachabdichtungsarbeiten und Montage von Fenstern und Außentüren. Trotz Verzögerungen bei einigen technischen Gewerken konnten bis Sommer 2022 weitere Ausbauarbeiten wie Trockenbau und Fliesenlegen beginnen.

Die öffentliche Ausschreibung für die Ausstattung des Gebäudes erfolgte im Dezember 2022. Der fertiggestellte Neubau bietet moderne, hochwertig ausgestattete Ausbildungsplätze auf einer Fläche von rund 1.330 m². Die Gesamtkosten des Projekts, einschließlich des Umbaus der Bestandswerkhalle, betrugen etwa 5,5 Mio. Euro.

### Zentrale Anlaufstelle für den nationalen und internationalen Schienenfahrzeugbau

Die SLV Halle hat sich in den vergangenen Jahren als zentrale Anlaufstelle für den Schienenfahrzeugbau in Deutschland sowie im internationalen Raum etabliert. Dies betrifft neben der Entwicklung des

Online-Registers für Betriebe des Schienenfahrzeugbaus vor allem die Aus- und Weiterbildung in dieser anspruchsvollen Branche.

Mit dem Neubau des Berufsbildungszentrums werden alle Ausbildungsformate gleichermaßen auf einen neuen Qualitätsstandard gehoben. Die praktische Ausbildung wird – neben den Anforderungen als zugelassene Bildungseinrichtung des DVS ergänzend nach internationalen Regelwerken des IIW International Institute of Welding – deutlich aufgewertet, speziell durch die Erweiterung der automatisierten Schweißprozesse. Dadurch wird der aktuellen Entwicklung in den schweißtechnischen Fertigungsbetrieben bezüglich Fachkräftebedarf, Arbeitsplatzsicherung, Arbeits- und Gesundheitsschutz sowie wirtschaftlicher Effizienz Rechnung getragen.

Der Neubau in farbigem Licht  
zur Eröffnungsveranstaltung (© SLV Halle GmbH)



## Ausstellungen · Tagungen · Kolloquien

Datum	Ort	Veranstaltung
05.-06.03.2024	Fellbach	EBL 2024 – 12. GMM/ DVS-Fachtagung Elektronische Baugruppen und Leiterplatten: Nachhaltigkeit und Energieeffizienz mit smarter Elektronik
10.-11.04.2024	Düsseldorf	INNOVATIONSTAG 2024 – Aktuelle Anwendungsforschung Fügetechnik
29.04.-01.05.2024	Mailand/Italien	ITSC 2024 – International Thermal Spray Conference and Exposition
16.-17.09.2024	Erfurt	DVS CONGRESS 2024
10.-11.12.2024	Essen	#additivefertigung: Metall in bestForm

Auskunft: DVS Media GmbH · Tagungsabteilung · Telefon: (0211) 1591-141 · tagungen@dvs-media.info · [www.dvs-home.de/events](http://www.dvs-home.de/events)

## Lehrgänge, Seminare und sonstige Veranstaltungen des DVS

Informationen über Lehrgänge, Seminare und sonstige Veranstaltungen des DVS können direkt bei den DVS-Bildungseinrichtungen angefragt werden. Eine Liste der Bildungseinrichtungen steht auf der Website [www.dvs-home.de](http://www.dvs-home.de) unter dem Menüpunkt 'Bildung'.



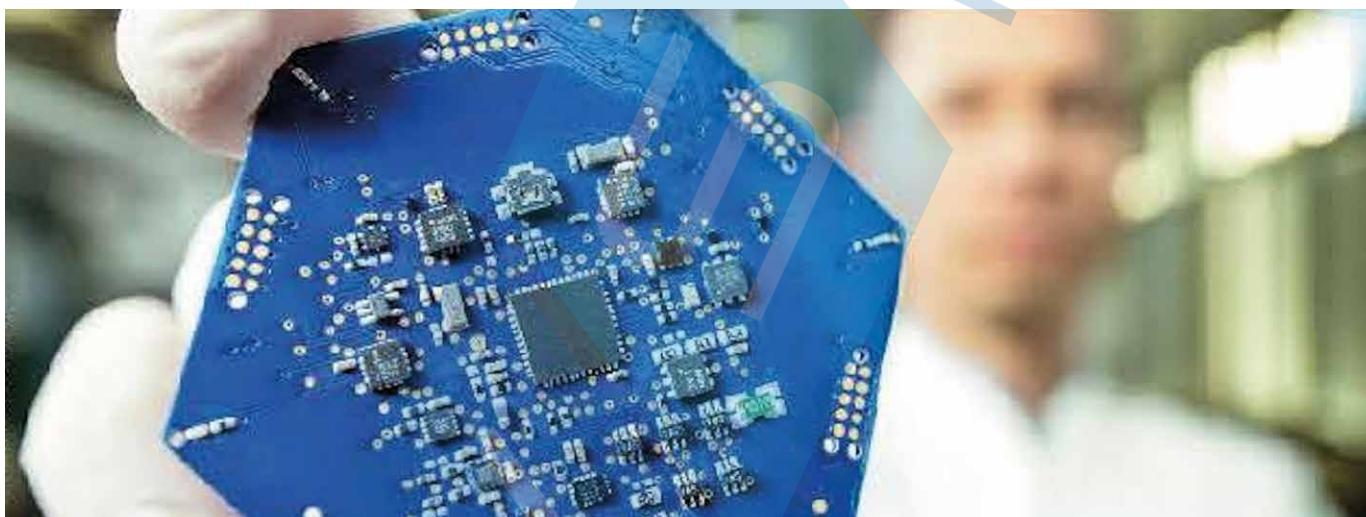
## 12. GMM/DVS-Fachtagung EBL 2024 – Elektronische Baugruppen und Leiterplatten im März in Fellbach

Unter dem Motto ‚Nachhaltigkeit und Energieeffizienz mit smarter Elektronik‘ findet vom 4. bis 6. März 2024 in der Schwa-  
benlandhalle in Fellbach bei Stuttgart die  
nunmehr 12. Fachtagung EBL– Elektroni-  
sche Baugruppen und Leiterplatten statt,  
die von DVS und GMM (VDE/VDI-Gesell-  
schaft Mikroelektronik, Mikrosystem- und  
Feinwerktechnik) gemeinsam veranstaltet  
wird.

In der Entwicklung, Anwendung und Ferti-  
gung nimmt die Elektronik eine Schlüssel-  
rolle ein, wenn es darum geht, unsere Ge-  
sellschaft mithilfe von zukunftsweisenden  
Technologien effizienter und nachhaltiger zu  
gestalten. Die Themenfelder sind vielfältig  
und reichen von intelligenter Datenverarbei-  
tung über Smart Factory bis hin zu Innova-  
tionen zur Chip- und Baugruppentechologie  
oder zur Software- und Systemumgebung.

Die Tagung EBL 2024 informiert über diese  
Themen, regt zur Diskussion an und zeigt  
innovative Lösungsansätze für die Zukunft  
der smarten Elektronik auf. Begleitet wird  
die Tagung von einer Tabletop-Ausstellung,  
in der Firmen und Institute ihre Produkte  
und Dienstleistungen präsentieren.

Weitere Informationen im Internet unter  
<https://www.ebl-fellbach.de>.



(© Fraunhofer IZM/Volker Mai)

## Wir gratulieren

### Dipl.-Kfm. Falk Wynands,

Düsseldorf, zum 85. Geburtstag am  
17. Februar 2024. Er war bis 1997 kauf-  
männischer Geschäftsführer bei Messer-  
Griesheim, Frankfurt/Main, und widmete  
sich mit großem Engagement der schweiß-  
technischen Gemeinschaftsarbeit. Das Mit-  
glied im DVS seit 1986 war als Vorsitzender  
des Ausschusses für Finanzen Mitglied des  
Präsidiums und stellvertretender Präsident

des DVS. Seine besonderen Verdienste um  
die schweißtechnische Gemeinschafts-  
arbeit und den DVS wurden 2006 mit der  
Verleihung der DVS-Plakette gewürdigt,  
der höchsten Auszeichnung, die der DVS  
zu vergeben hat.

### Dr.-Ing. Dieter Steinbichler,

Berlin, der am 14. Februar 2024 seinen  
85. Geburtstag feiern kann. Viele Jahre

leitete er den DVS-Bezirksverband Berlin-  
Brandenburg als dessen Geschäftsführer.  
Er engagiert sich im DVS in verschiedenen  
Gremien des Ausschusses für Technik und  
war viele Jahre im Arbeitskreis „Jugend  
schweißt“ des Ausschusses für Bildung  
tätig. Für seine Verdienste um die schweiß-  
technische Gemeinschaftsarbeit und den  
DVS erhielt er 1993 die DVS-Ehrennadel  
und 1994 den DVS-Ehrenring.

# Informationen aus dem Verband

## Vorträge bei den Bezirks- und Landesverbänden

Ort	Datum	Vortrag/Veranstalter
Gelsenkirchen	15.02.	<b>Kölbl: Schweißverfahren nach ASME IX oder EN 15614 – Vergleich der Geltungsbereiche</b> Auskunft: BV Gelsenkirchen, Tel. 0209 980750
Ulm	15.02.	<b>Krehl: Pulvermetallurgie</b> Auskunft: BV Ulm, Tel. 0731 14257102
Münster	19.02.	<b>Vette: Diskussion zur Bemessung und Konstruktion einer besonderen Eisenbahnbrücke</b> Auskunft: BV Münsterland, E-Mail <a href="mailto:bv.muensterland@dvs-wf.de">bv.muensterland@dvs-wf.de</a>
Online	20.02.	<b>Mußmann: Gerätschaften (Rinkschwenkbrenner, Ofen, Widerstand, Induktiv) zur Wärmebehandlung?</b> Auskunft: BV Bergisch-Land, Tel. 0176 78409682
Achern-Fautenbach	22.02.	<b>Osmont: Schweißrauchabsaugung von den gesetzlichen Grundlagen bis zur praktischen Umsetzung</b> Auskunft: BV Mittelbaden-Rastatt, Tel. 07222 505170
Altötting	22.02.	<b>Reiter/Rosenfeld: Anwendung des Bolzenschweißens in der Praxis mit SRM-Bolzenschweißen (mit Vorführung)</b> Auskunft: BV Chiemgau, Tel. 08677 8386404
Hamburg	27.02.	<b>35. Schweißtechnisches Kolloquium mit ausgewählten Vorträgen</b> Auskunft: BV Hamburg, Tel. 040 853121145
Köln	29.02.	<b>Baunack: Härte abschätzen mit einfachsten Mitteln – praktische Hinweise für Schweißer und Schweißaufsichten</b> Auskunft: BV Köln, Tel. 0171 2909352
Hamburg	07.03.	<b>Schlieter/Reichardt/Bargholt: Virtual welding – live erleben und selbst ausprobieren</b> Auskunft: BV Hamburg, Tel. 040 853121145
Trostberg	07.03.	<b>Ammann: 3D-Druck von Metallen</b> Auskunft: BV Chiemgau, Tel. 08677 8386404
Essen	13.03.	<b>Wunderle: Wasserstofflösungen für nachteilige Prozesse in Industrie und Transport</b> Auskunft: BV Essen, Tel. 0201 37983324
Achern-Fautenbach	14.03.	<b>Vauderwange: Prozesssicheres Löten von Mischverbindungen Cu-CrNi sowie von Aluminium</b> Auskunft: BV Mittelbaden-Rastatt, Tel. 07222 505170

Bitte erkundigen Sie sich rechtzeitig, ob die Veranstaltung durchgeführt wird.



# Normen

## Entwurf DIN EN 1990/A1

„Eurocode – Grundlagen der Planung von Tragwerken und geotechnischen Bauwerken – Teil 1: Neubauten“ (Ausgabe Februar 2024; Einsprüche bis 05. März 2024)

Dieses Dokument gibt die Grundsätze und Anforderungen für die Sicherheit, Gebrauchstauglichkeit, Robustheit und Dauerhaftigkeit von Neubauten an, die allen Eurocode-Teilen zugrunde liegen und die bei deren Anwendung zu berücksichtigen sind. Dieser Teil ist, zusammen mit den zusätzlichen Bestimmungen von prEN 1990-2, auch auf Bestandsbauten anwendbar.

## Entwurf DIN EN 1993-1-11

„Eurocode 3 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-11: Zugglieder“ (Ausgabe Februar 2024; Einsprüche bis 12. März 2024)

Diese Norm enthält, ergänzend zu den anderen Teilen von EN 1993, Regeln für die Bemessung und Konstruktion von Zuggliedern aus Stahl für die Verwendung in Tragwerken aus Stahl oder anderen Werkstoffen, wie zum Beispiel Stahlbeton, Stahl-Beton-Verbund und Holz.

## Entwurf DIN EN 1993-4-1

„Eurocode 3 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 4-1: Silos“ (Ausgabe Januar 2024; Einsprüche bis 15. Februar 2024)

Das Dokument enthält Methoden und Anwendungsregeln für die Bemessung von Stahlsilos mit runder oder rechteckiger Grundform, freistehend (auf dem Boden) oder abgestützt durch ein Rahmentragwerk (angehoben). Dieser Teil befasst sich nur mit den Anforderungen an die Widerstandsfähigkeit und die Stabilität von Stahlsilos. Für andere Anforderungen (wie Betriebssicherheit, Gebrauchstauglichkeit, Herstellung und Montage, Qualitätskontrolle, Details, wie Mann-Löcher, Dichtflansche, Befüllleinrichtungen etc.) siehe andere relevante Normen.

## Entwurf DIN EN 1993-4-2

„Eurocode 3 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 4-2: Tankbauwerke“ (Ausgabe Februar 2024; Einsprüche bis 12. März 2024)

Dieses Dokument enthält Regeln für die Tragwerksbemessung von vertikalen zylindrischen, konischen und auf der Unterkonstruktion stehenden oberirdischen Tankbauwerken aus Stahl für die Lagerung von Flüssigkeiten und Flüssiggasen. Die Norm ist anwendbar für die Bemessung hinsichtlich des Widerstandes von zylindrischen Wänden und Flachböden, die mithilfe unausgesteifter Bleche hergestellt sind. Die Bemessung von Kegel- und Kugeldächern als Schalentragwerke (ungestützt) oder als auf einem Rahmentragwerk gelagert (gestützt) ist ebenfalls abgedeckt. Die Norm behandelt nur die Anforderungen an Widerstand und Standsicherheit von Tankbauwerken aus Stahl. Die Norm behandelt ausschließlich Tanktragwerke aus Stahl der Tankgruppen 1, 2 und 3, wie in diesem Dokument festgelegt.

## Entwurf DIN EN 1993-6

„Eurocode 3 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 6: Kranbahnen“ (Ausgabe Februar 2024; Einsprüche bis 5. März 2024)

Das Dokument enthält Regeln für die Bemessung von Kranbahnen und gilt für Kranbahnen, insbesondere für Durchlaufträger von Brückenkränen, die drinnen oder im Freien angeordnet sind. Dazu zählen: a) Laufkräne; b) Einschienenbahnhebekrane.

## DIN EN ISO 9012

„Gasschweißgeräte – Handbrenner für angesaugte Luft – Anforderungen und Prüfungen“ (Ausgabe Januar 2024)

Das Dokument legt Anforderungen und Prüfverfahren für Handbrenner für angesaugte Luft fest. Es gilt für Brenner zum Hartlöten, Weichlöten, Wärmen, Schmelzen und für ähnliche thermische Verfahren, die mit Brenngas und angesaugter Luft betrieben werden und dazu eingerichtet sind, von Hand geführt zu werden.

## DIN EN ISO 18279

„Hartlöten – Unregelmäßigkeiten in hartgelöteten Verbindungen“ (Ausgabe Februar 2024)

In diesem Dokument ist eine detaillierte Einteilung von Unregelmäßigkeiten zusammengestellt, die in hartgelöteten Verbindungen auftreten können. Ergänzend wird eine Anleitung für Bewertungsgruppen gegeben und es werden konkrete Bewertungskriterien für Unregelmäßigkeiten vorgeschlagen. Werden gegebene Anforderungen nicht durch dieses Dokument abgedeckt, können andere Quellen herangezogen werden, wie zum Beispiel gesetzliche Bestimmungen, anerkannte Regeln der Technik oder technische Lieferbedingungen.

**Hier könnte Ihre  
Anzeige stehen.**

**Preis: 800 €**

### Kontakt

markus.winterhalter@dvs-media.info  
+49 211 1591 142

## Entwurf DIN EN 1991-1-6

„Eurocode 1 – Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-6: Einwirkungen während der Bauausführung“ (Ausgabe März 2024; Einsprüche bis 26. März 2024)

Das Dokument enthält Hilfestellungen und allgemeine Regelungen zur Bestimmung der Einwirkungen, die bei der Bemessung von Gebäuden, Ingenieurbauwerken und geotechnischen Bauwerken hinsichtlich ihrer Bauausführung zu berücksichtigen sind. Es enhärt Hilfestellungen und allgemeine Regeln für die Bestimmung der Einwirkungen zur Bemessung von Hilfskonstruktionen, -bauelementen und -ausrüstungsgegenständen, die während der Bauausführung verwendet werden, für den Fall, dass ihre Bemessung nach den Eurocodes und nicht nach anderen Europäischen Normen erfolgt. Die Norm enthält auch Regeln für Gebäude und Brücken während der Bauausführung als Ergänzung zu EN 1990.

## Entwurf DIN EN 1993-2

„Eurocode 3 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 2: Brücken“ (Ausgabe Februar 2024; Einsprüche bis 19. März 2024)

Die Norm enthält Regeln für die Tragwerksbemessung von Stahlbrücken und Stahlbauteilen von Stahl-Beton-Verbundbrücken und von anderen Brücken, die hauptsächlich aus anderen Werkstoffen bestehen, und enthält Regelungen, die die Regelungen in den verschiedenen Teilen von EN 1993-1 ergänzen, ändern oder ersetzen. Regelungen für Verbundbrücken sind in EN 1994-2 angegeben.

## Entwurf DIN EN 1993-3

„Eurocode 3 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 3: Türme, Maste und Schornsteine“ (Ausgabe Februar 2024; Einsprüche bis 12. März 2024)

Diese Norm gilt für die Bemessung (Festigkeit, Stabilität und Ermüdung) von Türmen, Masten und Schornsteinen, die in die folgenden Klassifikationen fallen: a) selbsttragende Türme und abgespannte Maste mit oder ohne Anbauten; b)

Schornsteintragwerke mit kreisrundem Querschnitt, die auskragend sind, unterstützt auf zwischenliegenden Ebenen oder abgespannt. Die Türme und Maste können aus Fachwerk oder aus kreisrunden oder polygonalen Querschnitten bestehen.

## DIN EN 13445-4

„Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 4: Herstellung“ (Ausgabe März 2024)

Diese Norm enthält Anforderungen an die Herstellung von unbefeuerten Druckbehältern und Druckbehälterteilen aus Stählen, einschließlich deren Verbindungen zu nicht drucktragenden Teilen. Sie enthält Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit von Werkstoffen, Fertigungstoleranzen, Schweißanforderungen, Anforderungen an nicht geschweißte dauerhafte Verbindungen, Arbeitsproben, Umformanforderungen, Wärmebehandlung, Reparaturen und Fertigbearbeitung.

## Entwurf DIN EN ISO 544

„Schweißzusätze – Technische Lieferbedingungen für Schweißzusätze und Pulver – Art des Produktes, Maße, Grenzabmaße und Kennzeichnung“ (Ausgabe Februar 2024; Einsprüche bis 19. März 2024)

Dieses Dokument legt technische Lieferbedingungen für Schweißzusätze und Pulver zum Schmelzschweißen fest. Dieses Dokument gilt nicht für andere Schweißhilfsstoffe wie Schutzgase.

## Entwurf DIN EN ISO 14344

„Schweißzusätze – Beschaffung von Schweißzusätzen“ (Ausgabe März 2024; Einsprüche bis 26. März 2024)

Dieses Dokument dient zur Verständigung zwischen einem Käufer und einem Lieferanten von Schweißzusätzen im Zusammenhang mit Qualitätssicherungssystemen, zum Beispiel auf der Grundlage von ISO 9001.

## Entwurf DIN ISO 17927-1

„Schweißen im Luft- und Raumfahrzeugbau – Schmelzschweißen von metallischen Bauteilen – Teil 1: Prozessspezifikation“ (Ausgabe Februar 2024; Einsprüche bis 19. März 2024)

Dieses Dokument legt die Anforderungen an das Schmelzschweißen von Luft- und Raumfahrtbauteilen fest. Es ist zusammen mit den Bauunterlagen oder freigegebenen Daten der verantwortlichen Entwicklungsstelle zu verwenden. Dieses Dokument gilt für die in **Tabelle 1** aufgeführten Verfahren und die in **Tabelle 2** aufgeführten Werkstoffgruppen.

## Entwurf DIN ISO 17927-2

„Schweißen im Luft- und Raumfahrzeugbau – Schmelzschweißen von metallischen Bauteilen – Teil 2: Annahmekriterien“ (Ausgabe Februar 2024; Einsprüche bis 19. März 2024)

Dieses Dokument legt Annahmekriterien für Schmelzschweißverbindungen an metallischen Bauteilen fest. Es ist anzuwenden, sofern es von der verantwortlichen Entwicklungsstelle in Bezug genommen oder genehmigt wurde. Dieses Dokument ist für die in **Tabelle 1** aufgeführten Verfahren und die in **Tabelle 2** aufgeführten Werkstoffgruppen anzuwenden.

(Nach Informationen von DIN und DVS)

**Hier könnte Ihre  
Anzeige stehen.**

**Preis: 800 €**

**Kontakt**

markus.winterhalter@dvs-media.info  
+49 211 1591 142



# VORSCHAU

Die SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN 3/2024:



© Odin AI – stock.adobe.com

In Ausgabe 3/2024 beschäftigen wir uns mit dem Schwerpunkt des Schweißens und Klebens in der Anwendung. Während Schweißen durch Verschmelzen von Materialien hohe Festigkeit bietet, eignet sich Kleben für unterschiedliche Werkstoffe und ermöglicht präzise Verbindungen ohne thermische Belastung. Beide Verfahren finden Anwendung in der Fertigung von Fahrzeugen, Metallkonstruktionen und elektronischen Bauteilen – hier fragen wir nach!

Weitere Themen werden die schweißtechnische Verarbeitung hochlegierter Werkstoffe und das thermische Trennen sein. All das liefern wir Ihnen passend zur Messe SCHWEISSEN in Wels, Österreich und runden das Heft mit einem Länderfokus auf das Nachbarland ab.

## Firmenverzeichnis zum Anzeigenteil

DVS Media GmbH	Düsseldorf	21, 47, 63, 67, 81, 99
EWM GmbH	Mündersbach	U2
Gedik Kaynak A. S.	Seyhli Pendik Istanbul/Türkei	59
Helmut Klumpf Technische Chemie KG	Herten	19
Messe Düsseldorf GmbH	Düsseldorf	17
MIGALCO GmbH	Landau	55
Nippon Gases Deutschland Holding GmbH	Düsseldorf	Titel
Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Halle GmbH	Halle	39
voestalpine Böhler Welding GmbH	Wien/Österreich	13

## SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN

Fachzeitschrift für Schweißen und verwandte Verfahren

Fachzeitschrift für Schweißen und verwandte Verfahren  
„Peer Reviewed Journal“ seit 1949

### Herausgeber:

DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V.

### Verlag:

DVS Media GmbH  
Postfach 10 19 65  
40010 Düsseldorf · Aachener Straße 172  
40223 Düsseldorf · Telefon: +49 211 1591-0  
media@dvs-media.info · www.dvs-media.eu  
Geschäftsführung: Dirk Sieben

### Redaktion:

Sarah Gottschalk (V.i.S.d.P.), Viktor Travkin · Anja Labussek  
E-Mail: redaktion@dvs-media.info

### Redaktionskollegium:

Dr.-Ing. Wilfried Behr, Dr.-Ing. R. Boecking (für den Herausgeber),  
Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. S. Böhm, Dr.-Ing. C. Bruns, Prof. Dr.-Ing. H. Cramer,  
Prof. Dr.-Ing. K. Dölger, Prof. Dr.-Ing. habil. U. Füssel, Dr.-Ing. P. Gröger,  
Prof. Dr.-Ing. A. Hobbacher, Dr.-Ing. S. Jahn, Prof. Dr.-Ing. T. Kannengießer,  
Dr.-Ing. H. Krappitz, Dr. C. Mayer, Prof. Dr.-Ing. K. Möhwald,  
Dr. rer. nat. L. Nickenig, Dipl.-Ing. C. Prinz, Prof. Dr.-Ing. Carolin Radschelt,  
Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen, Dipl.-Ing. E. Schofer, Dr.-Ing. F. Schreiber,  
Dr. sc. techn. K.-R. Schulze, D. Sieben (Geschäftsführer des Verlags),  
Dr.-Ing. V. E. Spiegel-Ciobanu, Dipl.-Ing. Jörg Trodler, Dr.-Ing. S. Trube,  
Prof. Dr.-Ing. V. Wesling, Prof. Dr.-Ing. G. Wilhelm

### Anzeigen:

Markus Winterhalter (verantwortlich)  
Telefon: +49 211 1591-142 · markus.winterhalter@dvs-media.info  
Britta Wingartz  
Telefon: +49 211 1591-155 · britta.wingartz@dvs-media.info  
Gültig ist derzeit Preisliste Nr. 53 vom 1. Januar 2023

### Vertrieb:

Leser-Service DVS Media GmbH  
Telefon: +49 6123 9238-242 · dvsmedia@vuservice.de

### Produktion:

Mike Reschke (Leitung) · mike.reschke@dvs-media.info  
Julia Bobe (Layout) · julia.bobe@dvs-media.info

### Druck:

D+L Printpartner, Bocholt  
„Schweißen und Schneiden“ wird auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

### Bezugsbedingungen:

„Schweißen und Schneiden“ erscheint monatlich. Im Abonnement können Sie „Schweißen und Schneiden“ durch den Buchhandel oder direkt bei der DVS Media GmbH beziehen. Einzelheft 25,00 € (zuzüglich Versandkosten), jährliche Bezugskosten Print + Online 226,00 € (zuzüglich Versandkosten: Inland 22,00 €; Ausland 34,00 €; Luftpost auf Anfrage), Digital-Abonnement 206,00 €. Im Rahmen der persönlichen Mitgliedschaft im DVS können Sie „Schweißen und Schneiden“ zu ermäßigten Preisen erhalten. Bei Firmenmitgliedschaften sind die Kosten für mindestens ein Fachzeitschriftenabonnement im Mitgliedsbeitrag enthalten.

### Urheber- und Verlagsrecht:

„Schweißen und Schneiden“ sowie alle in dieser Zeitschrift enthaltenen Beiträge, Bilder und Tabellen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung ohne Einwilligung der DVS Media GmbH strafbar. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.



WISSEN, WAS ZÄHLT

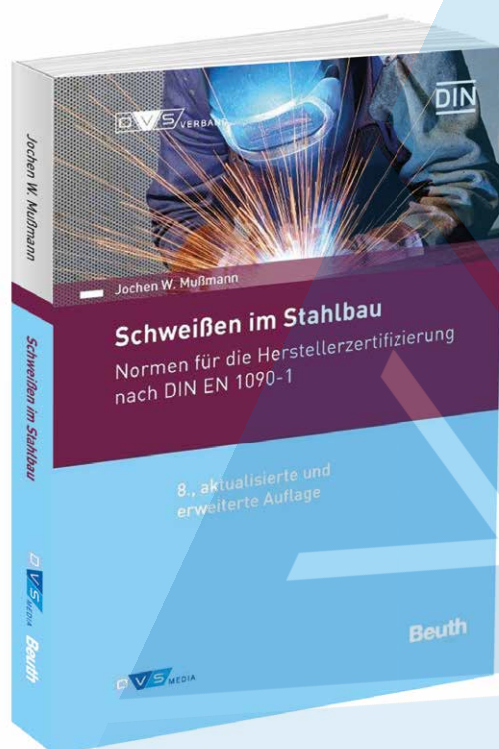
Geprüfte Auflage  
Klare Basis für den Werbekontakt

**Aktuelle  
Auflage  
2023**

# Schweißen im Stahlbau

## Normen für die Herstellerzertifizierung nach DIN EN 1090-1

Schlosserei-, Metall- und Stahlbaubetriebe müssen seit Juli 2012 für tragende Bauteile aus Stahl und Aluminium, die als Bauprodukte in Verkehr gebracht werden sollen, einen Konformitätsnachweis nach DIN EN 1090-1 erbringen. Dieses Normen-Handbuch stellt alle hierfür benötigten Normen sowie DVS-Merkblätter und -Richtlinien zu Bereichen, wie Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe, Ausführung von Stahltragwerken, technische Lieferbedingungen für Erzeugnisse aus Baustählen oder Arten von Prüfbescheinigungen, Schweißaufsicht, schweißtechnische Qualitätssicherung und weitere bereit.



### Neu aufgenommene oder überarbeitete Dokumente:

- **DIN EN ISO 3834 2022-01** – Qualitätsanforderungen für das Schmelzschiessen von metallischen Werkstoffen – Teil 1: Kriterien für die Auswahl der geeigneten Stufe der Qualitätsanforderungen (ISO 3834-1:2021); Deutsche Fassung EN ISO 3834-1:2021
- **DIN EN ISO 3834 2021-08** – Qualitätsanforderungen für das Schmelzschiessen von metallischen Werkstoffen – Teil 2: Umfassende Qualitätsanforderungen (ISO 3834-2:2021); Deutsche Fassung EN ISO 3834-2:2021
- **DIN EN ISO 3834 2021-08** – Qualitätsanforderungen für das Schmelzschiessen von metallischen Werkstoffen – Teil 3: Standard-Qualitätsanforderungen (ISO 3834-3:2021); Deutsche Fassung EN ISO 3834-3:2021
- **DIN EN ISO 5817 2023-07** – Schweißen – Schmelzschiessverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschiessen) – Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:2023); Deutsche Fassung EN ISO 5817:2023
- **DIN EN ISO 15610 2023-06** – Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Qualifizierung aufgrund des Einsatzes von geprüften Schweißzusätzen (ISO 15610:2023)

Eine Liste aller enthaltenen Normen und sonstigen Dokumente finden Sie in der Produktbeschreibung in unserem Webshop.

### DIN-DVS-Normen-Handbuch

#### Schweißen im Stahlbau

#### Normen für die Herstellerzertifizierung nach DIN EN 1090-1

Jochen W. Mußmann

Erscheinungstermin: August 2023

8. aktualisierte und erweiterte Auflage, 1210 Seiten

Best.-Nr.: 502660, ISBN: 978-3-96144-187-7

Preis: 240,00 EUR

Auch als E-Book erhältlich!

Sonderpreis Buch + E-Book: 312,00 EUR

DVS Media GmbH • Aachener Straße 172 • 40223 Düsseldorf

T +49 2 11 1591-162 • F +49 2 11 1591-150 • [vertrieb@dvs-media.info](mailto:vertrieb@dvs-media.info) • [www.dvs-media.eu](http://www.dvs-media.eu)



## Veröffentlichung in: SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN und DER PRAKTIKER

<b>I</b>	Anlagen und Ausrüstung für die Verfahren der Füge-, Beschichtungs- und Trenntechnik
<b>II</b>	Anlagen und Ausrüstung für die Wärmebehandlung und andere Fertigungsverfahren
<b>III</b>	Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Thermische Trennen und Abtragen
<b>IV</b>	Unterstützende Systeme für die Automatisierung
<b>V</b>	Auftragsarbeiten und Dienstleistungen für das Fügen, Trennen und Beschichten
<b>VI</b>	Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Thermische Spritzen

# ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

## Anlagen und Ausrüstung für die Verfahren der Füge-, Beschichtungs- und Trenntechnik

### 1 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Schweißen von Metall-, Keramik- und Verbundwerkstoffen

#### ▼ Bolzenschweißen 20

##### AS - ARNHOLD - GmbH

Wullener Feld 48, D-58454 Witten  
☎ +49 2302 95 640-0 ☎ +49 2302 95 640-22  
E-Mail: info@bolzenschweissen.de  
Internet: www.bolzenschweissen.com

##### Köster & Co. GmbH Bolzenschweißtechnik

Spreeler Weg 32, D-58256 Ennepetal  
☎ +49 23 33 83 06-0 ☎ +49 23 33 83 06-38  
E-Mail: koeco@bolzenschweisstechnik.de  
Internet: www.bolzenschweisstechnik.de

##### Heinz Soyer Bolzenschweißtechnik GmbH

Inninger Straße 14, D-82237 Würthsee  
☎ +49 81 53 885-0 ☎ +49 81 53 885-221  
E-Mail: export@soyer.de  
Internet: www.soyer.de

#### ▼ Elektronenstrahlschweißen 60

##### Evobeam GmbH

Am Hofgut 5, D-55268 Nieder-Olm  
☎ +49 6136 9229-210 ☎ +49 6136 9229-212  
E-Mail: info@evobeam.com  
Internet: www.evobeam.com

##### Josch Strahlschweißtechnik GmbH

Gewerbehof - Dorfplatz 0, D-06193 Petersberg OT Teicha  
☎ +49 34606 353-0 ☎ +49 34606 353-14  
E-Mail: office@josch.net  
Internet: www.josch.net

##### LaVa-X GmbH

Kaiserstraße 100, 52134 Herzogenrath  
☎ +49 2407-95389-81  
E-Mail: otten@lava-x.de  
Internet: www.lava-x.de

##### pro-beam GmbH & Co. KGaA

Zeppelinstraße 26, 82205 Gilching  
☎ +49 89 899 233-0 ☎ +49 89 899 233-11  
E-Mail: info@pro-beam.com  
Internet: www.pro-beam.com

##### PTR Strahltechnik GmbH

Am Erlenbruch 9, D-63505 Langenselbold  
☎ +49 61 84 20 55-0 ☎ +49 61 84 20 55-300  
E-Mail: zentrale@ptr-beam.com  
Internet: www.ptr-beam.com

##### Steigerwald Strahltechnik GmbH

Emmy-Noether-Straße 2, D-82216 Maisach  
☎ +49 81 41 35 35-0 ☎ +49 81 41 35 35-215  
E-Mail: info@sst-ebeam.com  
Internet: www.sst-ebeam.com

#### ▼ Engspaltschweißen 80

##### Carl Cloos Schweißtechnik GmbH

Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger  
☎ +49 27 73 85-0 ☎ +49 27 73 85-275  
E-Mail: info@cloos.de  
Internet: www.cloos.de

#### ▼ Fülldrahtschweißen 100

##### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 ☎ +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durum.de

##### EWM GmbH

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach  
☎ +49 2680 181-0 ☎ +49 2680 181-244  
E-Mail: info@ewm-group.com  
Internet: www.ewm-group.com

##### Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn  
☎ +49 6655 91694-0 ☎ +49 6655 91694-30  
E-Mail: sales.germany@fronius.com  
Internet: www.fronius.de

#### ▼ Laserstrahlschweißen 180

##### Bergmann & Steffen GmbH

Raiffeisenstraße 176, D-32139 Spenge  
☎ +49 5225 8786-0 ☎ +49 5225 8786-27  
E-Mail: info@bergmann-steffen.de  
Internet: www.bergmann-steffen.de

##### Carl Cloos Schweißtechnik GmbH

Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger  
☎ +49 27 73 85-0 ☎ +49 27 73 85-275  
E-Mail: info@cloos.de  
Internet: www.cloos.de

##### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 ☎ +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durum.de

##### Evobeam GmbH

Am Hofgut 5, D-55268 Nieder-Olm  
☎ +49 6136 9229-210 ☎ +49 6136 9229-212  
E-Mail: info@evobeam.com  
Internet: www.evobeam.com

##### LaVa-X GmbH

Kaiserstraße 100, 52134 Herzogenrath  
☎ +49 2407-95389-81  
E-Mail: otten@lava-x.de  
Internet: www.lava-x.de

##### OTC DAIHEN EUROPE GmbH

Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach  
☎ +49 2161 69497-60 ☎ +49 2161 69497-61  
E-Mail: info@otc-daihen.de  
Internet: www.otc-daihen.de

##### Panasonic Connect Europe GmbH

Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss  
☎ +49 2131 60899-0  
E-Mail: robots@eu.panasonic.com  
Internet: https://eu.connect.panasonic.com/

##### pro-beam GmbH & Co. KGaA

Zeppelinstraße 26, 82205 Gilching  
☎ +49 89 899 233-0 ☎ +49 89 899 233-11  
E-Mail: info@pro-beam.com  
Internet: www.pro-beam.com

#### ▼ Lichtbogenhandschweißen 190

##### Carl Cloos Schweißtechnik GmbH

Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger  
☎ +49 27 73 85-0 ☎ +49 27 73 85-275  
E-Mail: info@cloos.de  
Internet: www.cloos.de

##### EWM GmbH

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach  
☎ +49 2680 181-0 ☎ +49 2680 181-244  
E-Mail: info@ewm-group.com  
Internet: www.ewm-group.com

##### Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn  
☎ +49 6655 91694-0 ☎ +49 6655 91694-30  
E-Mail: sales.germany@fronius.com  
Internet: www.fronius.de

##### JÄCKLE & ESS System GmbH

Riedweg 4 + 9, D-88339 Bad Waldsee  
☎ +49 7524 9700-0 ☎ +49 7524 9700-30  
E-Mail: sales@jaeckleess.com  
Internet: www.jaekleess.com

##### Lorch Schweißtechnik GmbH

Im Anwänder 24-26, D-71549 Auenwald  
☎ +49 71 91 503-0 ☎ +49 71 91 503-199  
E-Mail: info@lorch.eu  
Internet: www.lorch.eu

##### MERKLE Schweißanlagen-Technik GmbH

Industriestraße 3, D-89359 Kötz  
☎ +49 82 21 915-0 ☎ +49 82 21 915-40  
E-Mail: info@merkle.de  
Internet: www.merkle.de

##### Migatronik Schweißmaschinen GmbH

Sandusweg 12, 35435 Wittenberg  
☎ +49 641 98 284-0 ☎ +49 641 98 284-50  
E-Mail: info@migatronik.de  
Internet: www.migatronik.de

##### OTC DAIHEN EUROPE GmbH

Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach  
☎ +49 2161 69497-60 ☎ +49 2161 69497-61  
E-Mail: info@otc-daihen.de  
Internet: www.otc-daihen.de

#### SKS Welding Systems GmbH

Marie-Curie-Straße 14, D-67661 Kaiserslautern  
☎ +49 6301 7986-0 ☎ +49 6301 7986-119  
E-Mail: info@de.sks-welding.com  
Internet: www.sks-welding.com

#### ▼ Lichtbogenimpulsschweißen 200

##### Carl Cloos Schweißtechnik GmbH

Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger  
☎ +49 27 73 85-0 ☎ +49 27 73 85-275  
E-Mail: info@cloos.de  
Internet: www.cloos.de

##### EWM GmbH

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach  
☎ +49 2680 181-0 ☎ +49 2680 181-244  
E-Mail: info@ewm-group.com  
Internet: www.ewm-group.com

##### Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn  
☎ +49 6655 91694-0 ☎ +49 6655 91694-30  
E-Mail: sales.germany@fronius.com  
Internet: www.fronius.de

##### JÄCKLE & ESS System GmbH

Riedweg 4 + 9, D-88339 Bad Waldsee  
☎ +49 7524 9700-0 ☎ +49 7524 9700-30  
E-Mail: sales@jaeckleess.com  
Internet: www.jaekleess.com

##### Lorch Schweißtechnik GmbH

Im Anwänder 24-26, D-71549 Auenwald  
☎ +49 71 91 503-0 ☎ +49 71 91 503-199  
E-Mail: info@lorch.eu  
Internet: www.lorch.eu

##### MERKLE Schweißanlagen-Technik GmbH

Industriestraße 3, D-89359 Kötz  
☎ +49 82 21 915-0 ☎ +49 82 21 915-40  
E-Mail: info@merkle.de  
Internet: www.merkle.de

##### Migatronik Schweißmaschinen GmbH

Sandusweg 12, 35435 Wittenberg  
☎ +49 641 98 284-0 ☎ +49 641 98 284-50  
E-Mail: info@migatronik.de  
Internet: www.migatronik.de

##### OTC DAIHEN EUROPE GmbH

Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach  
☎ +49 2161 69497-60 ☎ +49 2161 69497-61  
E-Mail: info@otc-daihen.de  
Internet: www.otc-daihen.de

##### Panasonic Connect Europe GmbH

Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss  
☎ +49 2131 60899-0  
E-Mail: robots@eu.panasonic.com  
Internet: https://eu.connect.panasonic.com/

##### SKS Welding Systems GmbH

Marie-Curie-Straße 14, D-67661 Kaiserslautern  
☎ +49 6301 7986-0 ☎ +49 6301 7986-119  
E-Mail: info@de.sks-welding.com  
Internet: www.sks-welding.com

##### Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam  
☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515  
E-Mail: info@valkwelding.com  
Internet: www.valkwelding.com

#### ▼ Mehrdrahtschweißen 240

##### Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn  
☎ +49 6655 91694-0 ☎ +49 6655 91694-30  
E-Mail: sales.germany@fronius.com  
Internet: www.fronius.de

#### ▼ MIG-/MAG-Schweißen 250

##### Bergmann & Steffen GmbH

Raiffeisenstraße 176, D-32139 Spenge  
☎ +49 5225 8786-0 ☎ +49 5225 8786-27  
E-Mail: info@bergmann-steffen.de  
Internet: www.bergmann-steffen.de

##### Carl Cloos Schweißtechnik GmbH

Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger  
☎ +49 27 73 85-0 ☎ +49 27 73 85-275  
E-Mail: info@cloos.de  
Internet: www.cloos.de



# ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

## EWM GmbH

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach  
☎ +49 2680 181-0 📠 +49 2680 181-244  
E-Mail: [info@ewm-group.com](mailto:info@ewm-group.com)  
Internet: [www.ewm-group.com](http://www.ewm-group.com)

## Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn  
☎ +49 6655 91694-0 📠 +49 6655 91694-30  
E-Mail: [sales.germany@fronius.com](mailto:sales.germany@fronius.com)  
Internet: [www.fronius.de](http://www.fronius.de)

## igm Robotersysteme AG

**Industriezentrum**  
Niederösterreich Süd, Straße 2, A-2355 Wiener Neudorf  
☎ +43 22 36 6-706 📠 +43 22 36 6-1576  
E-Mail: [office@igm-group.com](mailto:office@igm-group.com)  
Internet: [www.igm.at](http://www.igm.at)

## JÄCKLE & ESS System GmbH

Riedweg 4 + 9, D-88339 Bad Waldsee  
☎ +49 7524 9700-0 📠 +49 7524 9700-30  
E-Mail: [sales@jaeckleess.com](mailto:sales@jaeckleess.com)  
Internet: [www.jaekleess.com](http://www.jaekleess.com)

## Lorch Schweißtechnik GmbH

Im Anwänder 24-26, D-71549 Auenwald  
☎ +49 71 91 503-0 📠 +49 71 91 503-199  
E-Mail: [info@lorch.eu](mailto:info@lorch.eu)  
Internet: [www.lorch.eu](http://www.lorch.eu)

## MERKLE Schweißanlagen-Technik GmbH

Industriestraße 3, D-89359 Kötzing  
☎ +49 82 21 915-0 📠 +49 82 21 915-40  
E-Mail: [info@merkle.de](mailto:info@merkle.de)  
Internet: [www.merkle.de](http://www.merkle.de)

## Migatronic Schweißmaschinen GmbH

Sandusweg 12, 35435 Wettenberg  
☎ +49 641 98 284-0 📠 +49 641 98 284-50  
E-Mail: [info@migatronic.de](mailto:info@migatronic.de)  
Internet: [www.migatronic.de](http://www.migatronic.de)

## OTC DAIHEN EUROPE GmbH

Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach  
☎ +49 2161 69497-60 📠 +49 2161 69497-61  
E-Mail: [info@otc-daihen.de](mailto:info@otc-daihen.de)  
Internet: [www.otc-daihen.de](http://www.otc-daihen.de)

## Panasonic Connect Europe GmbH

Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss  
☎ +49 2131 60899-0  
E-Mail: [robots@eu.panasonic.com](mailto:robots@eu.panasonic.com)  
Internet: <https://eu.connect.panasonic.com/>

## REHM GmbH u. Co. KG Schweißtechnik

Ottostraße 2, D-73066 Uhingen  
☎ +49 71 61 30 07-0 📠 +49 71 61 30 07-20  
E-Mail: [rehm@rehm-online.de](mailto:rehm@rehm-online.de)  
Internet: [www.rehm-online.de](http://www.rehm-online.de)

## SKS Welding Systems GmbH

Marie-Curie-Straße 14, D-67661 Kaiserslautern  
☎ +49 6301 7986-0 📠 +49 6301 7986-119  
E-Mail: [info@de.sks-welding.com](mailto:info@de.sks-welding.com)  
Internet: [www.sks-welding.com](http://www.sks-welding.com)

## TECHNOLIT GmbH

Industriest. 8, 36137 Großenluders  
☎ +49 66 48 69 - 0 📠 +49 66 48 69 - 569  
E-Mail: [info@technolit.de](mailto:info@technolit.de)  
Internet: [www.technolit.de](http://www.technolit.de)

## Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasersdam  
☎ +31 78 691-7011 📠 +31 78 691-9515  
E-Mail: [info@valkwelding.com](mailto:info@valkwelding.com)  
Internet: [www.valkwelding.com](http://www.valkwelding.com)

## ▼ Plasma/WIG-Schweißen

270

## Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn  
☎ +49 6655 91694-0 📠 +49 6655 91694-30  
E-Mail: [sales.germany@fronius.com](mailto:sales.germany@fronius.com)  
Internet: [www.fronius.de](http://www.fronius.de)

## igm Robotersysteme AG

**Industriezentrum**  
Niederösterreich Süd, Straße 2, A-2355 Wiener Neudorf  
☎ +43 22 36 6-706 📠 +43 22 36 6-1576  
E-Mail: [office@igm-group.com](mailto:office@igm-group.com)  
Internet: [www.igm.at](http://www.igm.at)

## MERKLE Schweißanlagen-Technik GmbH

Industriestraße 3, D-89359 Kötzing  
☎ +49 82 21 915-0 📠 +49 82 21 915-40  
E-Mail: [info@merkle.de](mailto:info@merkle.de)  
Internet: [www.merkle.de](http://www.merkle.de)

## Migatronic Schweißmaschinen GmbH

Sandusweg 12, 35435 Wettenberg  
☎ +49 641 98 284-0 📠 +49 641 98 284-50  
E-Mail: [info@migatronic.de](mailto:info@migatronic.de)  
Internet: [www.migatronic.de](http://www.migatronic.de)

## OTC DAIHEN EUROPE GmbH

Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach  
☎ +49 2161 69497-60 📠 +49 2161 69497-61  
E-Mail: [info@otc-daihen.de](mailto:info@otc-daihen.de)  
Internet: [www.otc-daihen.de](http://www.otc-daihen.de)

## Panasonic Connect Europe GmbH

Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss  
☎ +49 2131 60899-0  
E-Mail: [robots@eu.panasonic.com](mailto:robots@eu.panasonic.com)  
Internet: <https://eu.connect.panasonic.com/>

## SKS Welding Systems GmbH

Marie-Curie-Straße 14, D-67661 Kaiserslautern  
☎ +49 6301 7986-0 📠 +49 6301 7986-119  
E-Mail: [info@de.sks-welding.com](mailto:info@de.sks-welding.com)  
Internet: [www.sks-welding.com](http://www.sks-welding.com)

## ▼ Plasmaschweißen

280

## Carl Cloos Schweißtechnik GmbH

Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger  
☎ +49 27 73 85-0 📠 +49 27 73 85-275  
E-Mail: [info@cloos.de](mailto:info@cloos.de)  
Internet: [www.cloos.de](http://www.cloos.de)

## Deloro Wear Solutions GmbH

Zur Bergpflege 51-53, D-56070 Koblenz  
☎ +49 261 8088-0 📠 +49 261 8088-23  
E-Mail: [info@deloro.com](mailto:info@deloro.com)  
Internet: [www.deloro.com](http://www.deloro.com)

## DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 📠 +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: [info@durum.de](mailto:info@durum.de)  
Internet: [www.durmat.com](http://www.durmat.com)

## EWM GmbH

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach  
☎ +49 2680 181-0 📠 +49 2680 181-244  
E-Mail: [info@ewm-group.com](mailto:info@ewm-group.com)  
Internet: [www.ewm-group.com](http://www.ewm-group.com)

## MIG-O-MAT Mikrofügetechnik GmbH

Werkstraße 20, D-57299 Burbach  
☎ +49 27 36 41 54-0 📠 +49 27 36 41 54-99  
E-Mail: [info@mig-o-mat.com](mailto:info@mig-o-mat.com)  
Internet: [www.mig-o-mat.com](http://www.mig-o-mat.com)

## Migatronic Schweißmaschinen GmbH

Sandusweg 12, 35435 Wettenberg  
☎ +49 641 98 284-0 📠 +49 641 98 284-50  
E-Mail: [info@migatronic.de](mailto:info@migatronic.de)  
Internet: [www.migatronic.de](http://www.migatronic.de)

## ▼ TANDEM-Schweißen

360

## Carl Cloos Schweißtechnik GmbH

Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger  
☎ +49 27 73 85-0 📠 +49 27 73 85-275  
E-Mail: [info@cloos.de](mailto:info@cloos.de)  
Internet: [www.cloos.de](http://www.cloos.de)

## Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn  
☎ +49 6655 91694-0 📠 +49 6655 91694-30  
E-Mail: [sales.germany@fronius.com](mailto:sales.germany@fronius.com)  
Internet: [www.fronius.de](http://www.fronius.de)

## igm Robotersysteme AG

**Industriezentrum**  
Niederösterreich Süd, Straße 2, A-2355 Wiener Neudorf  
☎ +43 22 36 6-706 📠 +43 22 36 6-1576  
E-Mail: [office@igm-group.com](mailto:office@igm-group.com)  
Internet: [www.igm.at](http://www.igm.at)

## Panasonic Connect Europe GmbH

Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss  
☎ +49 2131 60899-0  
E-Mail: [robots@eu.panasonic.com](mailto:robots@eu.panasonic.com)  
Internet: <https://eu.connect.panasonic.com/>

## ▼ WIG-Schweißen

420

## Carl Cloos Schweißtechnik GmbH

Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger  
☎ +49 27 73 85-0 📠 +49 27 73 85-275  
E-Mail: [info@cloos.de](mailto:info@cloos.de)  
Internet: [www.cloos.de](http://www.cloos.de)

## EWM GmbH

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach  
☎ +49 2680 181-0 📠 +49 2680 181-244  
E-Mail: [info@ewm-group.com](mailto:info@ewm-group.com)  
Internet: [www.ewm-group.com](http://www.ewm-group.com)

## Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn  
☎ +49 6655 91694-0 📠 +49 6655 91694-30  
E-Mail: [sales.germany@fronius.com](mailto:sales.germany@fronius.com)  
Internet: [www.fronius.de](http://www.fronius.de)

## Inelco Grinders A/S

Klokkestøbervej 4, DNK-9490 Pandrup  
☎ +45 9650 62-33 📠 +45 9650 62-32  
E-Mail: [info@inelco-grinders.com](mailto:info@inelco-grinders.com)  
Internet: [www.inelco-grinders.com](http://www.inelco-grinders.com)

## JÄCKLE & ESS System GmbH

Riedweg 4 + 9, D-88339 Bad Waldsee  
☎ +49 7524 9700-0 📠 +49 7524 9700-30  
E-Mail: [sales@jaeckleess.com](mailto:sales@jaeckleess.com)  
Internet: [www.jaekleess.com](http://www.jaekleess.com)

## Lorch Schweißtechnik GmbH

Im Anwänder 24-26, D-71549 Auenwald  
☎ +49 71 91 503-0 📠 +49 71 91 503-199  
E-Mail: [info@lorch.eu](mailto:info@lorch.eu)  
Internet: [www.lorch.eu](http://www.lorch.eu)

## MERKLE Schweißanlagen-Technik GmbH

Industriestraße 3, D-89359 Kötzing  
☎ +49 82 21 915-0 📠 +49 82 21 915-40  
E-Mail: [info@merkle.de](mailto:info@merkle.de)  
Internet: [www.merkle.de](http://www.merkle.de)

## Migatronic Schweißmaschinen GmbH

Sandusweg 12, 35435 Wettenberg  
☎ +49 641 98 284-0 📠 +49 641 98 284-50  
E-Mail: [info@migatronic.de](mailto:info@migatronic.de)  
Internet: [www.migatronic.de](http://www.migatronic.de)

## OTC DAIHEN EUROPE GmbH

Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach  
☎ +49 2161 69497-60 📠 +49 2161 69497-61  
E-Mail: [info@otc-daihen.de](mailto:info@otc-daihen.de)  
Internet: [www.otc-daihen.de](http://www.otc-daihen.de)

## REHM GmbH u. Co. KG Schweißtechnik

Ottostraße 2, D-73066 Uhingen  
☎ +49 71 61 30 07-0 📠 +49 71 61 30 07-20  
E-Mail: [rehm@rehm-online.de](mailto:rehm@rehm-online.de)  
Internet: [www.rehm-online.de](http://www.rehm-online.de)

## Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasersdam  
☎ +31 78 691-7011 📠 +31 78 691-9515  
E-Mail: [info@valkwelding.com](mailto:info@valkwelding.com)  
Internet: [www.valkwelding.com](http://www.valkwelding.com)

## 2 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Auftragschweißen und Plattieren

## ▼ Plasmaauftragschweißen

460

## Deloro Wear Solutions GmbH

Zur Bergpflege 51-53, D-56070 Koblenz  
☎ +49 261 8088-0 📠 +49 261 8088-23  
E-Mail: [info@deloro.com](mailto:info@deloro.com)  
Internet: [www.deloro.com](http://www.deloro.com)

## ▼ Schutzgasauftragschweißen

490

## EWM GmbH

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach  
☎ +49 2680 181-0 📠 +49 2680 181-244  
E-Mail: [info@ewm-group.com](mailto:info@ewm-group.com)  
Internet: [www.ewm-group.com](http://www.ewm-group.com)

## Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn  
☎ +49 6655 91694-0 📠 +49 6655 91694-30  
E-Mail: [sales.germany@fronius.com](mailto:sales.germany@fronius.com)  
Internet: [www.fronius.de](http://www.fronius.de)

## Lorch Schweißtechnik GmbH

Im Anwänder 24-26, D-71549 Auenwald  
☎ +49 71 91 503-0 📠 +49 71 91 503-199  
E-Mail: [info@lorch.eu](mailto:info@lorch.eu)  
Internet: [www.lorch.eu](http://www.lorch.eu)

## Panasonic Connect Europe GmbH

Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss  
☎ +49 2131 60899-0  
E-Mail: [robots@eu.panasonic.com](mailto:robots@eu.panasonic.com)  
Internet: <https://eu.connect.panasonic.com/>

# ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

## Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam  
☎ +31 78 691-7011 📠 +31 78 691-9515  
E-Mail: info@valkwelding.com  
Internet: www.valkwelding.com

## 3 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Lötén

### ▼ Lichtbogenlötén 600

#### EWM GmbH

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach  
☎ +49 2680 181-0 📠 +49 2680 181-244  
E-Mail: info@ewm-group.com  
Internet: www.ewm-group.com

#### Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn  
☎ +49 6655 91694-0 📠 +49 6655 91694-30  
E-Mail: sales.germany@fronius.com  
Internet: www.fronius.de

#### Migatronik Schweißmaschinen GmbH

Sandusweg 12, 35435 Wittenberg  
☎ +49 641 98 284-0 📠 +49 641 98 284-50  
E-Mail: info@migatronik.de  
Internet: www.migatronik.de

#### OTC DAIHEN EUROPE GmbH

Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach  
☎ +49 2161 69497-60 📠 +49 2161 69497-61  
E-Mail: info@otc-daihen.de  
Internet: www.otc-daihen.de

#### SKS Welding Systems GmbH

Marie-Curie-Straße 14, D-67661 Kaiserslautern  
☎ +49 6301 7986-0 📠 +49 6301 7986-119  
E-Mail: info@de.sks-welding.com  
Internet: www.sks-welding.com

## 5 Anlagen, Ausrüstung und Verbindungselemente inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das kraft- und formschlüssige Fügen

### ▼ Verbindungselemente (Nieten, Hohlنieten, Zapfennieten, Stanznieten, Blindnietmuttern, Bolzen, Schrauben) 1000

#### Köster & Co. GmbH Bolzenschweißtechnik

Spreeler Weg 32, D-58256 Ennepetal  
☎ +49 23 33 83 06-0 📠 +49 23 33 83 06-38  
E-Mail: koeco@bolzenschweisstechnik.de  
Internet: www.bolzenschweisstechnik.de

#### Heinz Soyer Bolzenschweißtechnik GmbH

Inninger Straße 14, D-82237 Würthsee  
☎ +49 81 53 885-0 📠 +49 81 53 885-221  
E-Mail: export@soyer.de  
Internet: www.soyer.de

## 6 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für spezielle Anwendungen

### ▼ Brennerreinigung, automatische Brennerreinigungssysteme 1010

#### Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn  
☎ +49 6655 91694-0 📠 +49 6655 91694-30  
E-Mail: sales.germany@fronius.com  
Internet: www.fronius.de

#### J. Thielmann Gesellschaft für Automatisierungstechnik mbH

Auf der Stuecke 19, D-35708 Haiger  
☎ +49 2773 71133 📠 +49 2773 2701  
E-Mail: info@j-thielmann.de  
Internet: www.j-thielmann.de

### ▼ Einrichtungen zum Beschicken, Einlegen, Bestücken oder Fördern (z.B. Mutterzuführgeräte u.a.) 1020

#### Dodek GmbH & Co. KG

Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach  
☎ +49 7564 948 95-0 📠 +49 7564 948 95-9  
E-Mail: contact@dodek.de  
Internet: www.dodek.de

### ▼ Fertigungsanlagen und -straßen 1030

#### Bergmann & Steffen GmbH

Raiffeisenstraße 176, D-32139 Spenge  
☎ +49 5225 8786-0 📠 +49 5225 8786-27  
E-Mail: info@bergmann-steffen.de  
Internet: www.bergmann-steffen.de

#### Carl Cloos Schweißtechnik GmbH

Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger  
☎ +49 27 73 85-0 📠 +49 27 73 85-275  
E-Mail: info@cloos.de  
Internet: www.cloos.de

#### Dodek GmbH & Co. KG

Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach  
☎ +49 7564 948 95-0 📠 +49 7564 948 95-9  
E-Mail: contact@dodek.de  
Internet: www.dodek.de

#### pro-beam GmbH & Co. KGaA

Zeppelinstraße 26, 82205 Gilching  
☎ +49 89 899 233-0 📠 +49 89 899 233-11  
E-Mail: info@pro-beam.com  
Internet: www.pro-beam.com

#### PTR Strahltechnik GmbH

Am Erlenbruch 9, D-63505 Langenselbold  
☎ +49 61 84 20 55-0 📠 +49 61 84 20 55-300  
E-Mail: zentrale@ptr-beam.com  
Internet: www.ptr-beam.com

### ▼ Orbitalschweißanlagen 1040

#### Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn  
☎ +49 6655 91694-0 📠 +49 6655 91694-30  
E-Mail: sales.germany@fronius.com  
Internet: www.fronius.de

## 7 Service und Dienstleistungen

### ▼ Vermietung von Schweißanlagen und Schweißausrüstung 1091

#### MSS Magdeburger Schweißtechnik GmbH

An der Sülze 6, D-39179 Barleben  
☎ +49 392 03 75 19-3 📠 +49 392 03 75 19-40  
E-Mail: info@mss-schweisstechnik.de  
Internet: www.mss-schweisstechnik.de

## Anlagen und Ausrüstung für die Wärmebehandlung und andere Fertigungsverfahren

## 2 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für andere Fertigungsverfahren

### ▼ Drehen, Fräsen, Hobeln 1240

#### PROTEM GmbH

Am Hambiegel 27, D-76706 Dettenheim-Liedolsheim  
☎ +49 7247 9393-0  
E-Mail: info@protem-gmbh.de  
Internet: www.protem.fr/de

### ▼ Fugenformen und -vorbereiten (z. B. Anfasgeräte für Platten und Rohrenden) 1250

#### DWT GmbH

Wilhelm-Tenhagen-Str. 5, D-46240 Bottrop  
☎ +49 2041 77 144-0 📠 +49 2041 77 144-99  
E-Mail: info@dwt-gmbh.de  
Internet: www.dwt-gmbh.de

#### PROTEM GmbH

Am Hambiegel 27, D-76706 Dettenheim-Liedolsheim  
☎ +49 7247 9393-0  
E-Mail: info@protem-gmbh.de  
Internet: www.protem.fr/de

### ▼ Sägen 1300

#### PROTEM GmbH

Am Hambiegel 27, D-76706 Dettenheim-Liedolsheim  
☎ +49 7247 9393-0  
E-Mail: info@protem-gmbh.de  
Internet: www.protem.fr/de

## 3 Werkstatt- und Arbeitsplatzausrüstungen, Sicherheitseinrichtungen

### ▼ Anschlagmittel und Hebezeuge (Kransysteme, -gabeln, -traversen, Schwenkkrane, Lasthebemagnete, Elektrokettenzüge) 1380

#### DWT GmbH

Wilhelm-Tenhagen-Str. 5, D-46240 Bottrop  
☎ +49 2041 77 144-0 📠 +49 2041 77 144-99  
E-Mail: info@dwt-gmbh.de  
Internet: www.dwt-gmbh.de

### ▼ Arbeitstische (z.B. Schweiß- und Schneidische) 1390

#### Absaugtechnik Kalkhof

Rudolf-Diesel-Str. 2, 59425 Unna  
☎ +49 2303 2586459 📠 +49 2303 9421184  
E-Mail: mail@absaugtechnik-kalkhof.de  
Internet: www.absaugtechnik-kalkhof.de

#### Dodek GmbH & Co. KG

Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach  
☎ +49 7564 948 95-0 📠 +49 7564 948 95-9  
E-Mail: contact@dodek.de  
Internet: www.dodek.de

#### Füchtenkötter GmbH

Von-Liebig-Straße 26, D-33428 Marienfeld  
☎ +49 5247 80-048 📠 +49 5247 80-952  
E-Mail: info@fuechtenkoetter.de  
Internet: www.fuechtenkoetter.de

#### KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden  
☎ +49 25 6468-0 📠 +49 25 6468-120  
E-Mail: mail@kemper.de  
Internet: www.kemper.de

#### PlymoVent GmbH

Rolandsecker Weg 30, 53619 Rheinbreitbach  
☎ +49 22 24 91 99 3-0 📠 +49 22 24 91 99 3-30  
E-Mail: info@plymovent.de  
Internet: www.plymovent.de

#### Bernd Siegmund GmbH

Landsberger Straße 180, 86507 Oberottmarshausen  
☎ +49 8203 9607-0 📠 +49 8203 9607-33  
E-Mail: info@siegmund.com  
Internet: www.siegmund.com

### ▼ Einrichtungen zur Wärmeerzeugung und -rückgewinnung 1400

#### Dodek GmbH & Co. KG

Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach  
☎ +49 7564 948 95-0 📠 +49 7564 948 95-9  
E-Mail: contact@dodek.de  
Internet: www.dodek.de

### ▼ Lötrauchfilter 1430

#### KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden  
☎ +49 25 6468-0 📠 +49 25 6468-120  
E-Mail: mail@kemper.de  
Internet: www.kemper.de

#### PlymoVent GmbH

Rolandsecker Weg 30, 53619 Rheinbreitbach  
☎ +49 22 24 91 99 3-0 📠 +49 22 24 91 99 3-30  
E-Mail: info@plymovent.de  
Internet: www.plymovent.de

### ▼ Örtliche Schweißrauchabsaugeinrichtungen (stationär, mobil) 1450

#### Absaugtechnik Kalkhof

Rudolf-Diesel-Str. 2, 59425 Unna  
☎ +49 2303 2586459 📠 +49 2303 9421184  
E-Mail: mail@absaugtechnik-kalkhof.de  
Internet: www.absaugtechnik-kalkhof.de

#### Dodek GmbH & Co. KG

Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach  
☎ +49 7564 948 95-0 📠 +49 7564 948 95-9  
E-Mail: contact@dodek.de  
Internet: www.dodek.de

#### Füchtenkötter GmbH

Von-Liebig-Straße 26, D-33428 Marienfeld  
☎ +49 5247 80-048 📠 +49 5247 80-952  
E-Mail: info@fuechtenkoetter.de  
Internet: www.fuechtenkoetter.de

#### KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden  
☎ +49 25 6468-0 📠 +49 25 6468-120  
E-Mail: mail@kemper.de  
Internet: www.kemper.de



# ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

## PlymoVent GmbH

Rolandsecker Weg 30, 53619 Rheinbreitbach  
☎ +49 22 24 91 99 3-0 ☎ +49 22 24 91 99 3-30  
E-Mail: info@plymovent.de  
Internet: www.plymovent.de

## ▼ Schalldämm-Materialien, Schallschutzgehäuse 1460

### Dodek GmbH & Co. KG

Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach  
☎ +49 7564 948 95-0 ☎ +49 7564 948 95-9  
E-Mail: contact@dodek.de  
Internet: www.dodek.de

### Füchtenkötter GmbH

Von-Liebig-Straße 26, D-33428 Marienfeld  
☎ +49 5247 80-048 ☎ +49 5247 80-952  
E-Mail: info@fuechtenkoetter.de  
Internet: www.fuechtenkoetter.de

## ▼ Schweißer-Schutz-Kabinen 1480

### Füchtenkötter GmbH

Von-Liebig-Straße 26, D-33428 Marienfeld  
☎ +49 5247 80-048 ☎ +49 5247 80-952  
E-Mail: info@fuechtenkoetter.de  
Internet: www.fuechtenkoetter.de

### KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden  
☎ +49 25 6468-0 ☎ +49 25 6468-120  
E-Mail: mail@kemper.de  
Internet: www.kemper.de

## ▼ Schweißer-Schutz-Vorhänge 1490

### KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden  
☎ +49 25 6468-0 ☎ +49 25 6468-120  
E-Mail: mail@kemper.de  
Internet: www.kemper.de

## ▼ Schweißer-Schutz-Wände 1500

### KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden  
☎ +49 25 6468-0 ☎ +49 25 6468-120  
E-Mail: mail@kemper.de  
Internet: www.kemper.de

## ▼ Schweißrauchabsauganlagen und -filter 1510

### Absaugtechnik Kalkhof

Rudolf-Diesel-Str. 2, 59425 Unna  
☎ +49 2303 2586459 ☎ +49 2303 9421184  
E-Mail: mail@absaugtechnik-kalkhof.de  
Internet: www.absaugtechnik-kalkhof.de

### Dodek GmbH & Co. KG

Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach  
☎ +49 7564 948 95-0 ☎ +49 7564 948 95-9  
E-Mail: contact@dodek.de  
Internet: www.dodek.de

### Füchtenkötter GmbH

Von-Liebig-Straße 26, D-33428 Marienfeld  
☎ +49 5247 80-048 ☎ +49 5247 80-952  
E-Mail: info@fuechtenkoetter.de  
Internet: www.fuechtenkoetter.de

### KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden  
☎ +49 25 6468-0 ☎ +49 25 6468-120  
E-Mail: mail@kemper.de  
Internet: www.kemper.de

### PlymoVent GmbH

Rolandsecker Weg 30, 53619 Rheinbreitbach  
☎ +49 22 24 91 99 3-0 ☎ +49 22 24 91 99 3-30  
E-Mail: info@plymovent.de  
Internet: www.plymovent.de

## ▼ Sicherheitseinrichtungen gegen hochenergetische Strahlung (z. B. Röntgen-, Laserstrahlung) 1530

### Füchtenkötter GmbH

Von-Liebig-Straße 26, D-33428 Marienfeld  
☎ +49 5247 80-048 ☎ +49 5247 80-952  
E-Mail: info@fuechtenkoetter.de  
Internet: www.fuechtenkoetter.de

## ▼ Technische Lüftung (z. B. Be- und Entlüftungssysteme) 1550

### KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden  
☎ +49 25 6468-0 ☎ +49 25 6468-120  
E-Mail: mail@kemper.de  
Internet: www.kemper.de

## 4 Arbeits- und Gesundheitsschutz (persönliche Schutzausrüstung)

## ▼ Laserschutz 1650

### Bergmann & Steffen GmbH

Raiffeisenstraße 176, D-32139 Spenge  
☎ +49 5225 8786-0 ☎ +49 5225 8786-27  
E-Mail: info@bergmann-steffen.de  
Internet: www.bergmann-steffen.de

## ▼ Schweißerschutzschirme und -schilde, Augenschutzbrillen, Augenschutzfilter 1670

### KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden  
☎ +49 25 6468-0 ☎ +49 25 6468-120  
E-Mail: mail@kemper.de  
Internet: www.kemper.de

### Optrel AG

Industriestraße 2, CH-9630 Wattwil  
☎ +41 71 9874-200 ☎ +41 71 9874-299  
Internet: www.optrel.com

## 5 Allgemeines Zubehör

## ▼ Drahtführungsspirale 1740

### Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam  
☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515  
E-Mail: info@valkwelding.com  
Internet: www.valkwelding.com

## ▼ Drahtvorschubgeräte 1750

### SKS Welding Systems GmbH

Marie-Curie-Straße 14, D-67661 Kaiserslautern  
☎ +49 6301 7986-0 ☎ +49 6301 7986-119  
E-Mail: info@de.sks-welding.com  
Internet: www.sks-welding.com

### Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam  
☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515  
E-Mail: info@valkwelding.com  
Internet: www.valkwelding.com

## ▼ Dreh- und Drehkipptische, Hubtische 1760

### MERKLE Schweißanlagen-Technik GmbH

Industriestraße 3, D-89359 Kötzing  
☎ +49 82 21 915-0 ☎ +49 82 21 915-40  
E-Mail: info@merkle.de  
Internet: www.merkle.de

## ▼ Montagesysteme, Vorrichtungen zum Zusammenbau und Positionieren (Spannvorrichtungen, Rollenböcke, Zentriervorrichtungen) 1910

### DWT GmbH

Wilhelm-Tenhagen-Str. 5, D-46240 Bottrop  
☎ +49 2041 77 144-0 ☎ +49 2041 77 144-99  
E-Mail: info@dwt-gmbh.de  
Internet: www.dwt-gmbh.de

### Bernd Siegmund GmbH

Landsberger Straße 180, 86507 Oberottmarshausen  
☎ +49 8203 9607-0 ☎ +49 8203 9607-33  
E-Mail: info@siegmund.com  
Internet: www.siegmund.com

## ▼ Schläuche, Schlauchkupplungen, Schlauchanschlüsse, Schlauchpakete 1960

### Dipl.-Ing. K. Weinhold GmbH & Co. KG

Kreitzweg 8 + 43, D-41472 Neuss  
☎ +49 2131 98 13 0 ☎ +49 2131 85 66 6  
E-Mail: info@armaturen-weinhold.de  
Internet: www.armaturen-weinhold.de

## ▼ Schweißstromleiter und -verbinder 2020

### P. Druseidt Elektrotechnische Spezialfabrik GmbH & Co. KG

Neuenkamper Straße 105, D-42855 Remscheid  
☎ +49 2191 9352-0 ☎ +49 2191 9352-150  
E-Mail: info@druseidt.de  
Internet: www.druseidt.de

## ▼ Sekundärkabel für das Widerstandspressschweißen 2030

### P. Druseidt Elektrotechnische Spezialfabrik GmbH & Co. KG

Neuenkamper Straße 105, D-42855 Remscheid  
☎ +49 2191 9352-0 ☎ +49 2191 9352-150  
E-Mail: info@druseidt.de  
Internet: www.druseidt.de

## ▼ Spanntechnik, Spannelemente 2040

### Bernd Siegmund GmbH

Landsberger Straße 180, 86507 Oberottmarshausen  
☎ +49 8203 9607-0 ☎ +49 8203 9607-33  
E-Mail: info@siegmund.com  
Internet: www.siegmund.com

## ▼ Trockenschränke (Elektroden und Pulver), -kocher und -öfen 2060

### DWT GmbH

Wilhelm-Tenhagen-Str. 5, D-46240 Bottrop  
☎ +49 2041 77 144-0 ☎ +49 2041 77 144-99  
E-Mail: info@dwt-gmbh.de  
Internet: www.dwt-gmbh.de

## ▼ Werkzeuge für die Schweißnahtvorbereitung: Entgrat- u. Kantenfräsmaschine 2090

### DWT GmbH

Wilhelm-Tenhagen-Str. 5, D-46240 Bottrop  
☎ +49 2041 77 144-0 ☎ +49 2041 77 144-99  
E-Mail: info@dwt-gmbh.de  
Internet: www.dwt-gmbh.de

## 7 Zusatzwerkstoffe zum Schweißen und Beschichten bestimmter Werkstoffe (unterteilt nach Werkstoffgruppen)

## ▼ Schweißzusätze für hochlegierte Stähle 2160

### EWM GmbH

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Müdersbach  
☎ +49 2680 181-0 ☎ +49 2680 181-244  
E-Mail: info@ewm-group.com  
Internet: www.ewm-group.com

### Hyundai Welding GmbH

Bahnhof Weidenau 6, 57076 Siegen  
☎ +49 271 7701759-0 ☎ +49 271 7701759-2  
E-Mail: hendrik@hyundaiewelding.com  
Internet: www.hyundaiewelding.com

### Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam  
☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515  
E-Mail: info@valkwelding.com  
Internet: www.valkwelding.com

## ▼ Schweißzusätze für NE-Metalle und -Legierungen 2190

### Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam  
☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515  
E-Mail: info@valkwelding.com  
Internet: www.valkwelding.com

## ▼ Schweißzusätze für unlegierte und niedriglegierte Stähle 2200

### Bavaria Schweißtechnik GmbH

Wiesenweg 23, D-85716 Unterschleißheim  
☎ +49 89 3171 035  
E-Mail: bavaria@subarcflux.com  
Internet: www.subarcflux.com

### EWM GmbH

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Müdersbach  
☎ +49 2680 181-0 ☎ +49 2680 181-244  
E-Mail: info@ewm-group.com  
Internet: www.ewm-group.com

### Hyundai Welding GmbH

Bahnhof Weidenau 6, 57076 Siegen  
☎ +49 271 7701759-0 ☎ +49 271 7701759-2  
E-Mail: hendrik@hyundaiewelding.com  
Internet: www.hyundaiewelding.com

# ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

## Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam  
☎ +31 78 691-7011 📠 +31 78 691-9515  
E-Mail: info@valkwelding.com  
Internet: www.valkwelding.com

## Westfälische Drahtindustrie GmbH

Wilhelmstraße 7, 59067 Hamm  
☎ +49 2381 276-438 📠 +49 2381 276-232  
E-Mail: schweissdraht@wdi.de

## ▼ Schweißzusätze für verschleißfeste und korrosionsbeständige Auftragungen 2220

### Deloro Wear Solutions GmbH

Zur Bergpflege 51-53, D-56070 Koblenz  
☎ +49 261 8088-0 📠 +49 261 8088-23  
E-Mail: info@deloro.com  
Internet: www.deloro.com

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 📠 +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com

### EWM GmbH

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach  
☎ +49 2680 181-0 📠 +49 2680 181-244  
E-Mail: info@ewm-group.com  
Internet: www.ewm-group.com

## Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam  
☎ +31 78 691-7011 📠 +31 78 691-9515  
E-Mail: info@valkwelding.com  
Internet: www.valkwelding.com

## VAUTID GmbH

### Pioneering Wear Protection

Brunnwiesenstraße 5, D-73760 Ostfildern  
☎ +49 711 4404-0 📠 +49 711 4420-39  
E-Mail: vautid@vautid.de  
Internet: www.vautid.com

## 8 Zusatzwerkstoffe zum Schweißen, Schneiden und Beschichten (unterteilt nach der Form der Zusatzwerkstoffe)

## ▼ Drähte, Bänder und Platten für das UP- und ES-Schweißen 2250

### Bavaria Schweißtechnik GmbH

Wiesenweg 23, D-85716 Unterschleißheim  
☎ +49 89 3171 035  
E-Mail: bavaria@subarcflux.com  
Internet: www.subarcflux.com

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 📠 +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com

### VAUTID GmbH

### Pioneering Wear Protection

Brunnwiesenstraße 5, D-73760 Ostfildern  
☎ +49 711 4404-0 📠 +49 711 4420-39  
E-Mail: vautid@vautid.de  
Internet: www.vautid.com

## ▼ Drahtelektroden für das Metall-Schutzgasschweißen 2270

### Deloro Wear Solutions GmbH

Zur Bergpflege 51-53, D-56070 Koblenz  
☎ +49 261 8088-0 📠 +49 261 8088-23  
E-Mail: info@deloro.com  
Internet: www.deloro.com

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 📠 +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com

### EWM GmbH

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach  
☎ +49 2680 181-0 📠 +49 2680 181-244  
E-Mail: info@ewm-group.com  
Internet: www.ewm-group.com

## TECHNOLIT GmbH

Industriestr. 8, 36137 Großenluder  
☎ +49 66 48 69 - 0 📠 +49 66 48 69 - 569  
E-Mail: info@technolit.de  
Internet: www.technolit.de

## Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam  
☎ +31 78 691-7011 📠 +31 78 691-9515  
E-Mail: info@valkwelding.com  
Internet: www.valkwelding.com

## VAUTID GmbH

### Pioneering Wear Protection

Brunnwiesenstraße 5, D-73760 Ostfildern  
☎ +49 711 4404-0 📠 +49 711 4420-39  
E-Mail: vautid@vautid.de  
Internet: www.vautid.com

## Westfälische Drahtindustrie GmbH

Wilhelmstraße 7, 59067 Hamm  
☎ +49 2381 276-438 📠 +49 2381 276-232  
E-Mail: schweissdraht@wdi.de

## ▼ Fülldrähte, Füllbänder 2280

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 📠 +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com

### EWM GmbH

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach  
☎ +49 2680 181-0 📠 +49 2680 181-244  
E-Mail: info@ewm-group.com  
Internet: www.ewm-group.com

## Hyundai Welding GmbH

Bahnhof Weidenau 6, 57076 Siegen  
☎ +49 271 7701759-0 📠 +49 271 7701759-2  
E-Mail: hendrik@hyundaiwelding.com  
Internet: www.hyundaiwelding.com

## VAUTID GmbH

### Pioneering Wear Protection

Brunnwiesenstraße 5, D-73760 Ostfildern  
☎ +49 711 4404-0 📠 +49 711 4420-39  
E-Mail: vautid@vautid.de  
Internet: www.vautid.com

## ▼ Rohrstabelektroden 2290

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 📠 +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com

## ▼ Schweißpulver 2300

### Bavaria Schweißtechnik GmbH

Wiesenweg 23, D-85716 Unterschleißheim  
☎ +49 89 3171 035  
E-Mail: bavaria@subarcflux.com  
Internet: www.subarcflux.com

### Deloro Wear Solutions GmbH

Zur Bergpflege 51-53, D-56070 Koblenz  
☎ +49 261 8088-0 📠 +49 261 8088-23  
E-Mail: info@deloro.com  
Internet: www.deloro.com

## ▼ Schweißstäbe zum Gasschweißen 2310

## Westfälische Drahtindustrie GmbH

Wilhelmstraße 7, 59067 Hamm  
☎ +49 2381 276-438 📠 +49 2381 276-232  
E-Mail: schweissdraht@wdi.de

## ▼ Schweißstäbe zum WIG-Schweißen 2320

### EWM GmbH

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach  
☎ +49 2680 181-0 📠 +49 2680 181-244  
E-Mail: info@ewm-group.com  
Internet: www.ewm-group.com

## Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam  
☎ +31 78 691-7011 📠 +31 78 691-9515  
E-Mail: info@valkwelding.com  
Internet: www.valkwelding.com

## ▼ Umhüllte Stabelektroden (für das Lichtbogenhandschweißen) 2360

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 📠 +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com

## ▼ Zusatzwerkstoffe zum Laserstrahlschweißen 2370

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 📠 +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com

## 9 Zusatzwerkstoffe zum Thermischen Spritzen (unterteilt nach ihrer Zusammensetzung)

## ▼ Karbid-Spritzpulver 2380

### Deloro Wear Solutions GmbH

Zur Bergpflege 51-53, D-56070 Koblenz  
☎ +49 261 8088-0 📠 +49 261 8088-23  
E-Mail: info@deloro.com  
Internet: www.deloro.com

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 📠 +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com

## ▼ Metallspritzpulver und -drähte 2400

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 📠 +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com

## ▼ Spritzpulver-Gemische 2410

### Deloro Wear Solutions GmbH

Zur Bergpflege 51-53, D-56070 Koblenz  
☎ +49 261 8088-0 📠 +49 261 8088-23  
E-Mail: info@deloro.com  
Internet: www.deloro.com

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 📠 +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com

## 10 Zusatzwerkstoffe zum Thermischen Spritzen (unterteilt nach Verfahren und Art des Spritzzusatzes)

## ▼ Zusatzwerkstoffe zum Flammsspritzen (Drähte, Stäbe, Pulver) 2440

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 📠 +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com

## ▼ Zusatzwerkstoffe zum Lichtbogenspritzen (Drähte) 2450

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 📠 +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com

## Westfälische Drahtindustrie GmbH

Wilhelmstraße 7, 59067 Hamm  
☎ +49 2381 276-438 📠 +49 2381 276-232  
E-Mail: schweissdraht@wdi.de

## ▼ Zusatzwerkstoffe zum Plasmaspritzen (Pulver) 2460

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 📠 +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com

## ▼ Zusatzwerkstoffe zum Schmelzbadspritzen 2470

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 📠 +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com



# ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

## 11 Weichlote (unterteilt nach ihrer Zusammensetzung)

### ▼ Blei-Zinn-Weichlote 2510

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

### ▼ Zinn-Blei-Weichlote (Lötzinn) ohne und mit Cu-, Ag-, P-Zusätzen 2530

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

### ▼ Bleifreie Weichlote 2540

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

### ▼ Sonstige Weichlote 2550

**PFARR Stanztechnik GmbH**  
Am kleinen Sand 1, D-36419 Buttlar  
☎ +49 36967 747-0 ☎ +49 36967 747-47  
E-Mail: info@pfarr.de  
Internet: www.pfarr.de

## 12 Hartlote (unterteilt nach ihrer Zusammensetzung)

### ▼ Aluminium-Hartlote 2560

**H.P. Wirth GmbH**  
Weberstraße 46, D-75239 Eisingen  
☎ +49 7232 809 78-0 ☎ +49 7232 809 78-15  
E-Mail: info@hpwirth.com  
Internet: www.hpwirth.com

### ▼ Goldhaltige Hartlote 2570

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

### ▼ Kupfer/Messing-Hartlote 2580

**INNOBRAZE GmbH für Löt- und Verschleissstechnik**  
Fritz-Müller-Straße 97, D-73730 Esslingen  
☎ +49 711 3154 76-0 ☎ +49 711 3154 76-29  
E-Mail: info@innobraz.de  
Internet: www.innobraz.de

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

**H.P. Wirth GmbH**  
Weberstraße 46, D-75239 Eisingen  
☎ +49 7232 809 78-0 ☎ +49 7232 809 78-15  
E-Mail: info@hpwirth.com  
Internet: www.hpwirth.com

### ▼ Nickelbasis-Hartlote 2590

**INNOBRAZE GmbH für Löt- und Verschleissstechnik**  
Fritz-Müller-Straße 97, D-73730 Esslingen  
☎ +49 711 3154 76-0 ☎ +49 711 3154 76-29  
E-Mail: info@innobraz.de  
Internet: www.innobraz.de

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

### ▼ Palladiumhaltige Hartlote 2600

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

**PFARR Stanztechnik GmbH**  
Am kleinen Sand 1, D-36419 Buttlar  
☎ +49 36967 747-0 ☎ +49 36967 747-47  
E-Mail: info@pfarr.de  
Internet: www.pfarr.de

### ▼ Phosphorhaltige Hartlote 2610

**INNOBRAZE GmbH für Löt- und Verschleissstechnik**  
Fritz-Müller-Straße 97, D-73730 Esslingen  
☎ +49 711 3154 76-0 ☎ +49 711 3154 76-29  
E-Mail: info@innobraz.de  
Internet: www.innobraz.de

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

**H.P. Wirth GmbH**  
Weberstraße 46, D-75239 Eisingen  
☎ +49 7232 809 78-0 ☎ +49 7232 809 78-15  
E-Mail: info@hpwirth.com  
Internet: www.hpwirth.com

### ▼ Platinhaltige Hartlote 2620

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

### ▼ Silber-Hartlote 2630

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

**PFARR Stanztechnik GmbH**  
Am kleinen Sand 1, D-36419 Buttlar  
☎ +49 36967 747-0 ☎ +49 36967 747-47  
E-Mail: info@pfarr.de  
Internet: www.pfarr.de

**H.P. Wirth GmbH**  
Weberstraße 46, D-75239 Eisingen  
☎ +49 7232 809 78-0 ☎ +49 7232 809 78-15  
E-Mail: info@hpwirth.com  
Internet: www.hpwirth.com

### ▼ Sonstige Hartlote 2650

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

## 13 Lotformen

### ▼ flussmittelgefüllte Stäbe 2660

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

### ▼ flussmittelumhüllte Stäbe 2670

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

**H.P. Wirth GmbH**  
Weberstraße 46, D-75239 Eisingen  
☎ +49 7232 809 78-0 ☎ +49 7232 809 78-15  
E-Mail: info@hpwirth.com  
Internet: www.hpwirth.com

### ▼ Lotdraht, -stäbe und -bänder 2680

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

**PFARR Stanztechnik GmbH**  
Am kleinen Sand 1, D-36419 Buttlar  
☎ +49 36967 747-0 ☎ +49 36967 747-47  
E-Mail: info@pfarr.de  
Internet: www.pfarr.de

**H.P. Wirth GmbH**  
Weberstraße 46, D-75239 Eisingen  
☎ +49 7232 809 78-0 ☎ +49 7232 809 78-15  
E-Mail: info@hpwirth.com  
Internet: www.hpwirth.com

### ▼ Lotformteile und Lotfolien 2690

**INNOBRAZE GmbH für Löt- und Verschleissstechnik**  
Fritz-Müller-Straße 97, D-73730 Esslingen  
☎ +49 711 3154 76-0 ☎ +49 711 3154 76-29  
E-Mail: info@innobraz.de  
Internet: www.innobraz.de

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

**PFARR Stanztechnik GmbH**  
Am kleinen Sand 1, D-36419 Buttlar  
☎ +49 36967 747-0 ☎ +49 36967 747-47  
E-Mail: info@pfarr.de  
Internet: www.pfarr.de

**H.P. Wirth GmbH**  
Weberstraße 46, D-75239 Eisingen  
☎ +49 7232 809 78-0 ☎ +49 7232 809 78-15  
E-Mail: info@hpwirth.com  
Internet: www.hpwirth.com

### ▼ Lotpasten 2700

**INNOBRAZE GmbH für Löt- und Verschleissstechnik**  
Fritz-Müller-Straße 97, D-73730 Esslingen  
☎ +49 711 3154 76-0 ☎ +49 711 3154 76-29  
E-Mail: info@innobraz.de  
Internet: www.innobraz.de

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

### ▼ Lotplattierte Bleche 2710

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

### ▼ Lotpulver 2720

**INNOBRAZE GmbH für Löt- und Verschleissstechnik**  
Fritz-Müller-Straße 97, D-73730 Esslingen  
☎ +49 711 3154 76-0 ☎ +49 711 3154 76-29  
E-Mail: info@innobraz.de  
Internet: www.innobraz.de

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

### ▼ verdrillte Lote 2730

**Johnson Matthey & Brandenberger AG**  
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

# ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

III

Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Thermische Trennen und Abtragen

## 1 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Thermische Trennen und Abtragen

### ▼ Autogenes Brennschneiden 2740

#### Dodek GmbH & Co. KG

Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach  
☎ +49 7564 948 95-0 ☎ +49 7564 948 95-9  
E-Mail: [contact@dodek.de](mailto:contact@dodek.de)  
Internet: [www.dodek.de](http://www.dodek.de)

#### Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam  
☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515  
E-Mail: [info@valkwelding.com](mailto:info@valkwelding.com)  
Internet: [www.valkwelding.com](http://www.valkwelding.com)

### ▼ Laser- und Elektronenstrahlschneiden und -bohren 2810

#### PTR Strahltechnik GmbH

Am Erlenbruch 9, D-63505 Langenselbold  
☎ +49 61 84 20 55-0 ☎ +49 61 84 20 55-300  
E-Mail: [zentrale@ptr-ebeam.com](mailto:zentrale@ptr-ebeam.com)  
Internet: [www.ptr-ebeam.com](http://www.ptr-ebeam.com)

#### Steigerwald Strahltechnik GmbH

Emmy-Noether-Straße 2, D-82216 Maisach  
☎ +49 81 41 35 35-0 ☎ +49 81 41 35 35-215  
E-Mail: [info@sst-ebeam.com](mailto:info@sst-ebeam.com)  
Internet: [www.sst-ebeam.com](http://www.sst-ebeam.com)

### ▼ Plasmaschmelzschnitten 2860

#### Carl Cloos Schweißtechnik GmbH

Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger  
☎ +49 27 73 85-0 ☎ +49 27 73 85-275  
E-Mail: [info@cloos.de](mailto:info@cloos.de)  
Internet: [www.cloos.de](http://www.cloos.de)

#### Dodek GmbH & Co. KG

Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach  
☎ +49 7564 948 95-0 ☎ +49 7564 948 95-9  
E-Mail: [contact@dodek.de](mailto:contact@dodek.de)  
Internet: [www.dodek.de](http://www.dodek.de)

#### JÄCKLE & ESS System GmbH

Riedweg 4 + 9, D-88339 Bad Waldsee  
☎ +49 7524 9700-0 ☎ +49 7524 9700-30  
E-Mail: [sales@jaeckleess.com](mailto:sales@jaeckleess.com)  
Internet: [www.jaekleess.com](http://www.jaekleess.com)

#### OTC DAIHEN EUROPE GmbH

Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach  
☎ +49 2161 69497-60 ☎ +49 2161 69497-61  
E-Mail: [info@otc-daihen.de](mailto:info@otc-daihen.de)  
Internet: [www.otc-daihen.de](http://www.otc-daihen.de)

#### Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam  
☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515  
E-Mail: [info@valkwelding.com](mailto:info@valkwelding.com)  
Internet: [www.valkwelding.com](http://www.valkwelding.com)

## 2 Produktionsanlagen für Verbrauchs- und Hilfsstoffe

### ▼ Gasherstellungs- und Gasverflüssigungsanlagen 2900

#### DWT GmbH

Wilhelm-Tenhagen-Str. 5, D-46240 Bottrop  
☎ +49 2041 77 144-0 ☎ +49 2041 77 144-99  
E-Mail: [info@dwt-gmbh.de](mailto:info@dwt-gmbh.de)  
Internet: [www.dwt-gmbh.de](http://www.dwt-gmbh.de)

IV

Unterstützende Systeme für die Automatisierung

## 1 Allgemeine Fertigungsanlagen, Systeme für die rechnergestützte Fertigung, Datenverarbeitung, Regelungs- und Steuerungstechnik

### ▼ CAD-, CAM-, CAQ-, CIM- und CAP-Systeme 2950

#### simufact engineering gmbh

a Hexagon company  
Tempowerkring 19, 21079 Hamburg, Germany  
☎ +49 40 790 128-000 ☎ +49 40 790 128-199  
E-Mail: [simufact.marcom@hexagon.com](mailto:simufact.marcom@hexagon.com)  
Internet: [www.simufact.de](http://www.simufact.de)

### ▼ Erfassen, Kontrollieren und Verarbeiten von Prozess- und Fertigungsparameter 2960

#### EWM GmbH

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach  
☎ +49 2680 181-0 ☎ +49 2680 181-244  
E-Mail: [info@ewm-group.com](mailto:info@ewm-group.com)  
Internet: [www.ewm-group.com](http://www.ewm-group.com)

#### SKS Welding Systems GmbH

Marie-Curie-Straße 14, D-67661 Kaiserslautern  
☎ +49 6301 7986-0 ☎ +49 6301 7986-119  
E-Mail: [info@de.sks-welding.com](mailto:info@de.sks-welding.com)  
Internet: [www.sks-welding.com](http://www.sks-welding.com)

### ▼ Optiken für das Laserstrahlschweißen und/-oder -schneiden 3000

#### OTC DAIHEN EUROPE GmbH

Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach  
☎ +49 2161 69497-60 ☎ +49 2161 69497-61  
E-Mail: [info@otc-daihen.de](mailto:info@otc-daihen.de)  
Internet: [www.otc-daihen.de](http://www.otc-daihen.de)

### ▼ Programme (Software) 3010

#### simufact engineering gmbh

a Hexagon company  
Tempowerkring 19, 21079 Hamburg, Germany  
☎ +49 40 790 128-000 ☎ +49 40 790 128-199  
E-Mail: [simufact.marcom@hexagon.com](mailto:simufact.marcom@hexagon.com)  
Internet: [www.simufact.de](http://www.simufact.de)

#### SKS Welding Systems GmbH

Marie-Curie-Straße 14, D-67661 Kaiserslautern  
☎ +49 6301 7986-0 ☎ +49 6301 7986-119  
E-Mail: [info@de.sks-welding.com](mailto:info@de.sks-welding.com)  
Internet: [www.sks-welding.com](http://www.sks-welding.com)

### ▼ Serienfertigung, flexible Fertigungsanlagen und Schweißstraßen 3030

#### pro-beam GmbH & Co. KGaA

Zeppelinstraße 26, 82205 Gilching  
☎ +49 89 899 233-0 ☎ +49 89 899 233-11  
E-Mail: [info@pro-beam.com](mailto:info@pro-beam.com)  
Internet: [www.pro-beam.com](http://www.pro-beam.com)

#### PTR Strahltechnik GmbH

Am Erlenbruch 9, D-63505 Langenselbold  
☎ +49 61 84 20 55-0 ☎ +49 61 84 20 55-300  
E-Mail: [zentrale@ptr-ebeam.com](mailto:zentrale@ptr-ebeam.com)  
Internet: [www.ptr-ebeam.com](http://www.ptr-ebeam.com)

## 10 Andere Verbrauchs- und Hilfsstoffe

### ▼ Beizpaste 3830

#### Chemetall GmbH

Aarauerstrasse 51, CH-5200 Brugg  
☎ +41 56 616 90 30 ☎ +41 56 616 90 40  
E-Mail: [chemetall.schweiz@basf.com](mailto:chemetall.schweiz@basf.com)  
Internet: [www.chemetall.com](http://www.chemetall.com)

### ▼ Flussmittel zum Löten 3890

#### Johnson Matthey & Brandenberger AG

Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: [info@matthey.com](mailto:info@matthey.com)  
Internet: [www.johnson-matthey.ch](http://www.johnson-matthey.ch)

#### Solvay Fluor GmbH

Hans-Böckler-Allee 20, D-30173 Hannover  
☎ +49 511 857-2035 ☎ +49 511 857-3176  
E-Mail: [werner.schmitt@solvay.com](mailto:werner.schmitt@solvay.com)  
Internet: [www.solvay.de](http://www.solvay.de)

#### H.P. Wirth GmbH

Weberstraße 46, D-75239 Eisingen  
☎ +49 7232 809 78-0 ☎ +49 7232 809 78-15  
E-Mail: [info@hpwirth.com](mailto:info@hpwirth.com)  
Internet: [www.hpwirth.com](http://www.hpwirth.com)

### ▼ Lötstopfmittel 3960

#### INNOBRAZE GmbH für Löt- und Verschleissstechnik

Fritz-Müller-Straße 97, D-73730 Esslingen  
☎ +49 711 3154 76-0 ☎ +49 711 3154 76-29  
E-Mail: [info@innobraz.de](mailto:info@innobraz.de)  
Internet: [www.innobraz.de](http://www.innobraz.de)

## 11 Messtechnik und Sensorik

### ▼ Hand- und andere Messgeräte für das Lichtbogenschweißen (Strom, Spannung, Drahtgeschwindigkeit, Gasgeschwindigkeit, Schweißgeschwindigkeit, Streckenenergie) 4200

#### EWM GmbH

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach  
☎ +49 2680 181-0 ☎ +49 2680 181-244  
E-Mail: [info@ewm-group.com](mailto:info@ewm-group.com)  
Internet: [www.ewm-group.com](http://www.ewm-group.com)

#### Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam  
☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515  
E-Mail: [info@valkwelding.com](mailto:info@valkwelding.com)  
Internet: [www.valkwelding.com](http://www.valkwelding.com)

### ▼ Kalibrierung und Eichung 4220

#### EWM GmbH

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach  
☎ +49 2680 181-0 ☎ +49 2680 181-244  
E-Mail: [info@ewm-group.com](mailto:info@ewm-group.com)  
Internet: [www.ewm-group.com](http://www.ewm-group.com)

### ▼ Überwachungsgeräte für das Lichtbogenschweißen 4440

#### Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam  
☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515  
E-Mail: [info@valkwelding.com](mailto:info@valkwelding.com)  
Internet: [www.valkwelding.com](http://www.valkwelding.com)

## 12 Prüftechnik – Zerstörungsfreie Prüfung

### ▼ Begutachten und Prüfen von Produkten, Fügeverfahren und Fertigungsabläufen 4561

#### Ingenieurbüro Jürgen Bialek

Halsbrücker Straße 34, D-09599 Freiberg  
☎ +49 3731 1625-29 ☎ +49 3731 1625-30  
E-Mail: [bialek@bialek-ing.de](mailto:bialek@bialek-ing.de)  
Internet: [www.bialek-ing.de](http://www.bialek-ing.de)

### ▼ Beratung und Planung zur Fertigung, zum Werkstoff-, Energie- und Verfahrenseinsatz, Technologietransfer 4562

#### Ingenieurbüro Jürgen Bialek

Halsbrücker Straße 34, D-09599 Freiberg  
☎ +49 3731 1625-29 ☎ +49 3731 1625-30  
E-Mail: [bialek@bialek-ing.de](mailto:bialek@bialek-ing.de)  
Internet: [www.bialek-ing.de](http://www.bialek-ing.de)

### ▼ Dichtheitsprüfung 4670

#### Helling GmbH

Werkstoffprüfung und Gerätebau  
Spökerdamm 2, D-25436 Heidgraben  
☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201  
E-Mail: [info@helling.de](mailto:info@helling.de)  
Internet: [www.helling.de](http://www.helling.de)

### ▼ Durchstrahlungsprüfung 4710

#### Helling GmbH

Werkstoffprüfung und Gerätebau  
Spökerdamm 2, D-25436 Heidgraben  
☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201  
E-Mail: [info@helling.de](mailto:info@helling.de)  
Internet: [www.helling.de](http://www.helling.de)



# ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

## ▼ Farbeindringprüfung

4820

### Helling GmbH

**Werkstoffprüfung und Gerätebau**  
Spökerdamm 2, D-25436 Heidgraben  
☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201  
E-Mail: info@helling.de  
Internet: www.helling.de

### Helmut Klumpf

**Technische Chemie KG**  
Industriestraße 15, D-45699 Herten  
☎ +49 2366 1003-0 ☎ +49 2366 1003-11  
E-Mail: klumpf@diffu-therm.de  
Internet: www.diffu-therm.de

## ▼ Gestaltung und Berechnung von Schweißkonstruktionen, Schweißpläne u.ä.

4905

### Ingenieurbüro Jürgen Bialek

Halsbrücker Straße 34, D-09599 Freiberg  
☎ +49 3731 1625-29 ☎ +49 3731 1625-30  
E-Mail: bialek@bialek-ing.de  
Internet: www.bialek-ing.de

## ▼ Lasertechnik

5050

### SL-LASER GmbH

Dieselstr. 2, 83301 Traunreut  
☎ +49 8669 8638 11 ☎ +49 8669 7893556  
E-Mail: info@sl-laser.com  
Internet: www.sl-laser.com

## ▼ Magnetische Prüfung

5110

### Helling GmbH

**Werkstoffprüfung und Gerätebau**  
Spökerdamm 2, D-25436 Heidgraben  
☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201  
E-Mail: info@helling.de  
Internet: www.helling.de

### Helmut Klumpf

**Technische Chemie KG**  
Industriestraße 15, D-45699 Herten  
☎ +49 2366 1003-0 ☎ +49 2366 1003-11  
E-Mail: klumpf@diffu-therm.de  
Internet: www.diffu-therm.de

## ▼ Schweißaufsicht-, Bau-, Betriebs- und Fertigungsüberwachung

5505

### Ingenieurbüro Jürgen Bialek

Halsbrücker Straße 34, D-09599 Freiberg  
☎ +49 3731 1625-29 ☎ +49 3731 1625-30  
E-Mail: bialek@bialek-ing.de  
Internet: www.bialek-ing.de

## ▼ Sonstige zerstörungsfreie Prüfverfahren

5580

### Helling GmbH

**Werkstoffprüfung und Gerätebau**  
Spökerdamm 2, D-25436 Heidgraben  
☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201  
E-Mail: info@helling.de  
Internet: www.helling.de

## ▼ UV-Leuchten

5755

### Helling GmbH

**Werkstoffprüfung und Gerätebau**  
Spökerdamm 2, D-25436 Heidgraben  
☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201  
E-Mail: info@helling.de  
Internet: www.helling.de

## 15 Prüftechnik – Prüfverfahren/Prüfeinrichtungen

### ▼ Prüftische

6125

### Absaugtechnik Kalkhof

Rudolf-Diesel-Str. 2, 59425 Unna  
☎ +49 2303 2586459 ☎ +49 2303 9421184  
E-Mail: mail@absaugtechnik-kalkhof.de  
Internet: www.absaugtechnik-kalkhof.de

## V

### Auftragsarbeiten und Dienstleistungen für das Fügen, Trennen und Beschichten

## 2 Auftragsausführungen – Verarbeiten bestimmter Werkstoffe

### ▼ Beschichtete und plattierte Werkstoffe

7050

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 ☎ +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com

### VAUTID GmbH

**Pioneering Wear Protection**  
Brunnwiesenstraße 5, D-73760 Ostfildern  
☎ +49 711 4404-0 ☎ +49 711 4420-39  
E-Mail: vautid@vautid.de  
Internet: www.vautid.com

## ▼ Platin, Gold, Silber

7320

### Johnson Matthey & Brandenberger AG

Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich  
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20  
E-Mail: info@matthey.com  
Internet: www.johnson-matthey.ch

## ▼ Superharte Werkstoffe, Superlegierungen (isostatisches Heißpressen)

7390

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 ☎ +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com

## 4 Auftragsausführungen bestimmter Füge- oder anderer Fertigungsverfahren

### ▼ Auftragschweißen

7710

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 ☎ +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com

### VAUTID GmbH

**Pioneering Wear Protection**  
Brunnwiesenstraße 5, D-73760 Ostfildern  
☎ +49 711 4404-0 ☎ +49 711 4420-39  
E-Mail: vautid@vautid.de  
Internet: www.vautid.com

## ▼ Elektronenstrahl-/Laserstrahlchweißen

7770

### Listemann AG

**Werkstoff- und Wärmebehandlungstechnik**  
Sulzer Allee 25, CH-8404 Oberwinterthur  
☎ +41 52 2625 622  
E-Mail: b.kuntzmann@listemann.com  
Internet: www.listemann.com

### pro-beam GmbH & Co. KGaA

Zeppelinstraße 26, 82205 Gilching  
☎ +49 89 899 233-0 ☎ +49 89 899 233-11  
E-Mail: info@pro-beam.com  
Internet: www.pro-beam.com

### PTR Strahltechnik GmbH

Am Erlenbruch 9, D-63505 Langenselbold  
☎ +49 61 84 20 55-0 ☎ +49 61 84 20 55-300  
E-Mail: zentrale@ptr-ebeam.com  
Internet: www.ptr-ebeam.com

### SLV Service GmbH

Köthener Straße 33a, 06118 Halle/Saale  
☎ +49 345 1325-2040 ☎ +49 345 1325-2041  
E-Mail: waschfeld@slv-service.de  
Internet: www.slv-service.de

### Steigerwald Strahltechnik GmbH

Emmy-Noether-Straße 2, D-82216 Maisach  
☎ +49 81 41 35 35-0 ☎ +49 81 41 35 35-215  
E-Mail: info@sst-ebeam.com  
Internet: www.sst-ebeam.com

## ▼ Metallspritzen

7890

### DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich  
☎ +49 21 54 48 37-0 ☎ +49 21 54 48 37-78  
E-Mail: info@durum.de  
Internet: www.durmat.com

## ▼ Roboterschweißen WIG/MIG/MAG

7940

### Panasonic Connect Europe GmbH

Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss  
☎ +49 2131 60899-0  
E-Mail: robots@eu.panasonic.com  
Internet: https://eu.connect.panasonic.com/

### Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblassemard  
☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515  
E-Mail: info@valkwelding.com  
Internet: www.valkwelding.com

## ▼ Rührreischweißen

7960

### RRS Schilling GmbH

Grabauer Str. 27 A, D-21493 Schwarzenbek (Hamburg)  
☎ +49 4151 83 297 - 60 ☎ +49 4151 83 297 - 61  
E-Mail: buero@schweissen-aber-sicher.de  
Internet: www.schweissen-aber-sicher.de

## ▼ Wartung, Instandhaltung, Reparatur

8070

### KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden  
☎ +49 25 6468-0 ☎ +49 25 6468-120  
E-Mail: mail@kemper.de  
Internet: www.kemper.de

## 5 Aus- und Weiterbildung, Zertifizierung, Forschung, Informationsvermittlung, Fachliteratur und Regelwerke

### ▼ Akkreditierungs- und Zertifizierungsorganisationen

8090

### DVS – Kursstätten

Internet: www.DVS-Bildungseinrichtungen.de

### ▼ Abnahme-, Zulassungs-, Prüfungs- und Überwachungsorganisationen

8100

### DVS – Kursstätten

Internet: www.DVS-Bildungseinrichtungen.de

### ▼ Fachverlage, Bibliotheken (Literatur, Regelwerke, Lehrfilme, Software, CD-ROM Dienste, audiovisuelle Medien, digitale Medien)

8130

### DVS Media GmbH

Aachener Straße 172, 40223 Düsseldorf  
☎ +49 211 1591-0 ☎ +49 211 1591-150  
E-Mail: media@dvs-media.info  
Internet: www.dvs-media.eu

# Firmenindex

Firma	Produkt
Absaugtechnik Kalkhof	1390, 1450, 1510, 6125
AS - Arnhold - GmbH	20
BAVARIA Schweißtechnik GmbH	2200, 2250, 2300
Bergmann & Steffen GmbH	180, 250, 1030, 1650
Chemetall GmbH	3830
Carl Cloos Schweißtechnik GmbH	80, 180, 190, 200, 250, 280, 360, 420, 1030, 2860
Deloro Wear Solutions GmbH	280, 460, 2220, 2270, 2300, 2380, 2410
Dodek GmbH & Co. KG	1020, 1030, 1390, 1400, 1450, 1460, 1510, 2740, 2860
Paul Druseidt Elektrotechnische Spezialfabrik GmbH & Co. KG	2020, 2030
DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH	100, 180, 280, 2220, 2250, 2270, 2280, 2290, 2360, 2370, 2380, 2400, 2410, 2440, 2450, 2460, 2470, 7050, 7390, 7710, 7890
DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V.	8090, 8100
DVS Media GmbH	8130
DWT GmbH	1250, 1380, 1910, 2060, 2090, 2900
Evobeam GmbH	60, 180
EWM GmbH	100, 190, 200, 250, 280, 420, 490, 600, 2160, 2200, 2220, 2270, 2280, 2320, 2960, 4200, 4220
Fronius Deutschland GmbH	100, 190, 200, 240, 250, 270, 360, 420, 490, 600, 1010, 1040
Füchtenkötter GmbH	1390, 1450, 1460, 1480, 1510, 1530
Helling GmbH	
Werkstoffprüfung und Gerätebau	4670, 4710, 4820, 5110, 5580, 5755
Hyundai Welding GmbH	2160, 2200, 2280
igm Robotersysteme AG	250, 270, 360
Inelco Grinders A/S	420
Ingenieurbüro Jürgen Bialek	4561, 4562, 4905, 5505
INNOBRAZE GmbH	2580, 2590, 2610, 2690, 2700, 2720, 3960
JÄCKLE & ESS System GmbH	190, 200, 250, 420, 2860
Johnson Matthey & Brandenberger AG	2510, 2530, 2540, 2570, 2580, 2590, 2600, 2610, 2620, 2630, 2650, 2660, 2670, 2680, 2690, 2700, 2710, 2720, 2730, 3890, 7320
Josch Strahlschweißtechnik GmbH	60
KEMPER GmbH	1390, 1430, 1450, 1480, 1490, 1500, 1510, 1550, 1670, 8070
Helmut Klumpf	
Technische Chemie KG	4820, 5110
Köster & Co. GmbH	20, 1000
LaVa-X GmbH	60, 180
Listemann Technology AG	7770
Lorch Schweißtechnik GmbH	190, 200, 250, 420, 490
MERKLE	
Schweißanlagen-Technik GmbH	190, 200, 250, 270, 420, 1760
MIG-O-MAT Mikrofügetechnik GmbH	280
MIGATRONIC Schweißmaschinen GmbH	190, 200, 250, 270, 280, 420, 600
MSS Magdeburger Schweißtechnik GmbH	1091
Optrel AG	1670

Firma	Produkt
OTC DAIHEN EUROPE GmbH	180, 190, 200, 250, 270, 420, 600, 2860, 3000
Panasonic Connect Europe GmbH	180, 200, 250, 270, 360, 490, 7940
PFARR Stanztechnik GmbH	2550, 2600, 2630, 2680, 2690
PLYMOVENT GmbH	1390, 1430, 1450, 1510
pro-beam GmbH & Co. KGaA	60, 180, 1030, 3030, 7770
PROTEM GmbH	1240, 1250, 1300
PTR Strahltechnik GmbH	60, 1030, 2810, 3030, 7770
REHM GmbH u. Co. KG Schweißtechnik	250, 420
RRS Schilling GmbH	7960
Bernd Siegmund GmbH	1390, 1910, 2040
simufact engineering gmbh	2950, 3010
SKS Welding Systems GmbH	190, 200, 250, 270, 600, 1750, 2960, 3010
SL-Laser GmbH	5050
SLV Service GmbH	7770
Solvay Fluor GmbH	3890
Heinz Soyer GmbH	
Bolzenschweißtechnik	20, 1000
Steigerwald Strahltechnik GmbH	60, 2810, 7770
Technolit GmbH	250, 2270
J. Thielmann Gesellschaft für Automatisierungstechnik mbH	1010
Valk Welding B.V.	200, 250, 420, 490, 1740, 1750, 2160, 2190, 2200, 2220, 2270, 2320, 2740, 2860, 4200, 4440, 7940
VAUTID GmbH	
Pioneering Wear Protecion	2220, 2250, 2270, 2280, 7050, 7710
Dipl.-Ing. K. Weinhold GmbH & Co. KG	1960
Westfälische Drahtindustrie GmbH	2200, 2270, 2310, 2450
H.P. Wirth GmbH	2560, 2580, 2610, 2630, 2670, 2680, 2690, 3890



### I Anlagen und Ausrüstung für die Verfahren der Füge-, Beschichtungs- und Trenntechnik

#### 1 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Schweißen von Metall-, Keramik- und Verbundwerkstoffen

- ☐ 10 Abbreinstumpfschweißen
- ☐ 20 Bolzenschweißen
- ☐ 30 Buckelschweißen
- ☐ 40 Diffusionsschweißen
- ☐ 50 Elektrogasschweißen
- ☐ 60 Elektronenstrahlschweißen
- ☐ 70 Elektroschlackeschweißen
- ☐ 80 Engspaltschweißen
- ☐ 90 Falzdrahtschweißen
- ☐ 100 Fülldrahtschweißen
- ☐ 110 Gaspressschweißen
- ☐ 120 Gasschweißen
- ☐ 130 Gießschmelzschweißen
- ☐ 140 Induktives Widerstandspressschweißen
- ☐ 150 Kaltpressschweißen
- ☐ 160 Kammerschweißen
- ☐ 170 Kondensatorentladungsschweißen
- ☐ 180 Laserstrahlschweißen
- ☐ 190 Lichtbogenhandschweißen
- ☐ 200 Lichtbogenimpulsschweißen
- ☐ 210 Lichtstrahlschweißen
- ☐ 220 Linear- und Rotationsreißschweißen, Rührreißschweißen
- ☐ 230 Magnetimpulsschweißen
- ☐ 240 Mehdrahtschweißen
- ☐ 250 MIG-/MAG-Schweißen
- ☐ 260 Mikroschweißen
- ☐ 270 Plasma/WIG-Schweißen
- ☐ 280 Plasmaschweißen
- ☐ 290 Pressstumpfschweißen
- ☐ 300 Rollennahtschweißen
- ☐ 310 Rolltransformatorschweißen
- ☐ 320 Rührreißschweißen
- ☐ 330 Sprengschweißen
- ☐ 340 Schleifkontaktschweißen
- ☐ 350 Schweißen mit magnetisch bewegtem Lichtbogen
- ☐ 360 TANDEM-Schweißen
- ☐ 370 Ultraschallschweißen
- ☐ 380 Unterschieneschweißen
- ☐ 390 UP-Schweißen
- ☐ 400 Walzschweißen
- ☐ 410 Widerstandspunktschweißen
- ☐ 420 WIG-Schweißen

#### 2 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Auftragschweißen und Plattieren

- ☐ 430 Additive Fertigung
- ☐ 440 Elektroschlackeauftragschweißen
- ☐ 450 Laserstrahlauftragschweißen
- ☐ 460 Plasmaauftragschweißen
- ☐ 470 Reibauftragschweißen
- ☐ 480 Spreng- und Walzplattieren
- ☐ 490 Schutzgasauftragschweißen
- ☐ 500 UP-Auftragschweißen

#### 3 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Löten

- ☐ 510 Auftraglöten
- ☐ 520 Bügellöten
- ☐ 530 Elektronenstrahlöten
- ☐ 540 Entlöten
- ☐ 550 Flammlöten
- ☐ 570 Induktionslöten
- ☐ 580 Kolben-, Block- und Rollenlöten
- ☐ 590 Laserstrahlöten
- ☐ 600 Lichtbogenlöten
- ☐ 610 Lichtstrahlöten
- ☐ 620 Lötbad-, Wellen- und Schleplöten

- ☐ 630 Mikrolöten
- ☐ 640 Ofenlöten (Schutzgas, Vakuum)
- ☐ 650 Reiblöten
- ☐ 660 Salzbadlöten
- ☐ 670 Schwalllöten
- ☐ 680 Wellenlöten
- ☐ 690 Tauchlöten
- ☐ 700 Ultraschalllöten
- ☐ 710 Wärmegaslöten
- ☐ 720 Widerstandslöten
- ☐ 730 Wiederaufschmelzlöten

#### 4 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Schweißen von Kunststoffen

- ☐ 740 Extrusionsschweißen
- ☐ 750 Heizelementschweißen
- ☐ 760 Hochfrequenzschweißen
- ☐ 770 Infrarotschweißen
- ☐ 780 Laserstrahlschweißen
- ☐ 790 Lichtstrahlschweißen
- ☐ 800 Reibschweißen
- ☐ 810 Rotationsreißschweißen
- ☐ 820 Ultraschallschweißen
- ☐ 830 Vibrationsschweißen
- ☐ 840 Wärmegasschweißen

#### 5 Anlagen, Ausrüstung und Verbindungselemente inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das kraft- und formschlüssige Fügen

- ☐ 850 Bördeln
- ☐ 860 Drahtflechten, -weben
- ☐ 870 Durchsetzfügen (Clinchen)
- ☐ 880 Einhängen, Einspreizen, Klammern, Verkeilen, Verspannen
- ☐ 890 Falzen
- ☐ 900 Fügen durch Fließpressen oder Ziehen
- ☐ 910 Fügen durch Umformen
- ☐ 920 Fügen durch Verlappen
- ☐ 930 Fügen durch Verpressen oder Quetschen
- ☐ 940 Fügen durch Weiten oder Engen (Rohreinwalzen, Einhaseln, Sicken)
- ☐ 950 Fügen durch Wickeln
- ☐ 960 Heften mit Drahtklammern (Tackern)
- ☐ 970 Nieten
- ☐ 980 Pressverbinden (Einpressen, Schrumpfen, Dehnen, Druckfügen)
- ☐ 990 Schrauben (Schraubverbinden)
- ☐ 1000 Verbindungselemente (Nieten, Hohnieten, Zapfennieten, Stanznieten, Blindnietmutter, Bolzen, Schrauben)

#### 6 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für spezielle Anwendungen

- ☐ 1010 Brennerreinigung, automatische Brennerreinigungssysteme
- ☐ 1020 Einrichtungen zum Beschicken, Einlegen, Bestücken oder Fördern (z.B. Mutternzuführgeräte u.a.)
- ☐ 1030 Fertigungsanlagen und -straßen
- ☐ 1040 Orbitalschweißanlagen
- ☐ 1050 Paketschneiden
- ☐ 1060 Reparaturschweißen, -schneiden
- ☐ 1063 Schweißtrainer
- ☐ 1070 Unterwasser-Schneiden
- ☐ 1080 Unterwasser-Schweißen
- ☐ 1090 Schweißen, Löten und thermisches Schneiden sowie Beschichten im Luft- und Raumfahrzeugbau

#### 7 Service und Dienstleistungen

- ☐ 1091 Vermietung von Schweißanlagen und Schweißausrüstung
- ☐ 1092 Vermietung von Schweißmanipulatoren

### II Anlagen und Ausrüstung für die Wärmebehandlung und andere Fertigungsverfahren

#### 1 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für die Wärmebehandlung

- ☐ 1100 Diffusionsglühen
- ☐ 1110 Flammentspannen
- ☐ 1120 Flammrichten
- ☐ 1130 Flammwärmen
- ☐ 1140 Härten, Aushärten, Vergüten
- ☐ 1150 Induktionswärmen
- ☐ 1160 Normalisieren
- ☐ 1170 Ofenwärmen
- ☐ 1180 Spannungsarmglühen
- ☐ 1190 Weichglühen
- ☐ 1200 Widerstandswärmen

#### 2 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für andere Fertigungsverfahren

- ☐ 1210 Biegen, Rohrbiegen
- ☐ 1220 Walzen, Stauchen, Ziehen
- ☐ 1230 Bohren
- ☐ 1240 Drehen, Fräsen, Hobeln
- ☐ 1250 Fugenformen und -vorbereiten (z. B. Anfasgeräte für Platten und Rohrenden)
- ☐ 1260 Gießen
- ☐ 1270 Oberflächenvor- und -nachbearbeiten, Oberflächenreinigen
- ☐ 1280 Polieren
- ☐ 1290 Richten (kalt)
- ☐ 1300 Sägen
- ☐ 1310 Sintern und heiß-isostatisches Pressen
- ☐ 1320 Schleifen
- ☐ 1330 Schneiden (z.B. Blechscheren), Stanzen, Nibbeln
- ☐ 1340 Schweißkonditionieren
- ☐ 1345 Mechanische Nachbehandlung
- ☐ 1350 Strahlen
- ☐ 1360 Vibrationsentspannen
- ☐ 1370 Pumpen

#### 3 Werkstatt- und Arbeitsplatzausrüstungen, Sicherheitseinrichtungen

- ☐ 1380 Anschlagmittel und Hebezeuge (Kransysteme, -gabeln, -traversen, Schwenkkrane, Lasthebemagnete, Elektrokettenzüge)
- ☐ 1390 Arbeitstische (z.B. Schweiß- und Schneidische)
- ☐ 1400 Einrichtungen zur Wärmeerzeugung und -rückgewinnung
- ☐ 1410 Lastwendegerät
- ☐ 1420 Lichtdurchlässige/lichtundurchlässige Abschirmungen
- ☐ 1430 Lötrauchfilter
- ☐ 1440 Maschinenschutztor
- ☐ 1450 Örtliche Schweißrauchabsauganlagen (stationär, mobil)
- ☐ 1460 Schalldämm-Materialien, Schallschutzgehäuse
- ☐ 1470 Schutzeinrichtungen für Industrieroboter (z.B. Türverriegelungen, Schaltplatten, bildgestützte Überwachungssysteme)
- ☐ 1480 Schweißerschutz-Kabinen
- ☐ 1490 Schweißerschutz-Vorhänge
- ☐ 1500 Schweißerschutz-Wände
- ☐ 1510 Schweißrauchabsauganlagen und -filter
- ☐ 1520 Sicherheitseinrichtungen gegen Brand und Explosion
- ☐ 1530 Sicherheitseinrichtungen gegen hochenergetische Strahlung (z. B. Röntgen-, Laserstrahlung)
- ☐ 1540 Stationäre Staubsauger für Industriebedarf
- ☐ 1550 Technische Lüftung (z. B. Be- und Entlüftungssysteme)
- ☐ 1560 Werkbänke, Werkstattsschränke
- ☐ 1570 Werkstattstühle, Stehhilfen
- ☐ 1580 Werkstattwagen, Flaschenwagen
- ☐ 1590 Werkzeug

- 1600 Sonstige Schutz- und Sicherheitseinrichtungen (z. B. Hinweisschilder auf mögliche Gefahren, Feuerlöscher, Feuerlöschdecken)

### 4 Arbeits- und Gesundheitsschutz (persönliche Schutzausrüstung)

- 1610 Atemschutz (z.B. Filter-, Isoliergeräte)
- 1620 Erste-Hilfe-Ausrüstung, Medizin
- 1630 belüftete Schweißerschutzhelme
- 1640 Gehörschutz (Watte, Stöpsel, Kapselgehörschützer)
- 1650 Laserschutz
- 1660 Schutzkleidung (Helme, Schürzen, Anzüge, Schuhe, Handschuhe)
- 1670 Schweißerschutzhelme und -schilde, Augenschutzbrillen, Augenschutzfilter
- 1680 Sonstige Unfallschutzausrüstung

### 5 Allgemeines Zubehör

- 1690 Ausgleichsfederzüge (z.B. für Punktschweißzangen)
- 1700 Badsicherungen und Klebebänder (z. B. für das Einseitenschweißen)
- 1710 Brennerhalswechselsysteme
- 1720 Brenner- und Schweißkopfbewegungssysteme
- 1730 Dosiereinrichtungen (z.B. für Klebstoffe, Lote und Pulver)
- 1740 Drahtführungsspirale
- 1750 Drahtvorschubgeräte
- 1760 Dreh- und Drehkipptische, Hubtische
- 1770 Druckzylinder für das Press- und Widerstandspressschweißen
- 1780 Einrichtungen zum Speichern (Gurt, Palette, Magazin) von Werkstücken
- 1790 Elektroden für das Widerstandsschweißen
- 1800 Elektrodenwerkstoffe für das Widerstandsschweißen
- 1810 Elektroden für das WIG-Schweißen
- 1820 Elektrodenhalter
- 1830 Elektrodenschleifgeräte
- 1840 Gasanzünder
- 1850 Getriebe, Globoid-Getriebe
- 1860 Klemmen (Pol-, Erdungs-, Werkstückklemmen) und Polanzeiger
- 1870 Kühlvorrichtungen
- 1880 Magnetventile
- 1890 Wasser-, Öl-, Luftkühler
- 1900 Magnetische Schweißhilfen, magnetische Transportgeräte
- 1910 Montagesysteme, Vorrichtungen zum Zusammenbau und Positionieren (Spannvorrichtungen, Rollenböcke, Zentriervorrichtungen)
- 1920 Plasmaventile
- 1930 Punktschweißzangen
- 1940 Roboterhalterung
- 1950 Schlackenhammer und -bürsten
- 1960 Schläuche, Schlauchkupplungen, Schlauchanschlüsse, Schlauchpakete
- 1970 Schlauchpressen
- 1980 Schweißaggregate mit Diesel- oder Benzinmotorantrieb
- 1990 Schweißdrahtspulen
- 2000 Schweißpulverzuführ- und rückgewinnungsanlagen
- 2010 Schweißspiegel
- 2020 Schweißstromleiter und -verbinder
- 2030 Sekundärkabel für das Widerstandspressschweißen
- 2040 Spanntechnik, Spannelemente
- 2050 Stahldrahtbürsten und Handbürsten für Schweißungen
- 2060 Trockenschränke (Elektroden und Pulver), -kächer und -öfen
- 2070 Werkstücktransportsysteme (Hub-Shuttle-Systeme, Rundscharltische)
- 2080 Werkzeugwechselsysteme
- 2090 Werkzeuge für die Schweißnahtvorbereitung: Entgrat- u. Kantenfräsmaschine
- 2100 Sonstiges Zubehör, Pumpen und andere Hilfsaggregate

### 6 Zubehör – Gasversorgung

- 2110 Gasquelle und Speicher inkl. Rohrleitungen und Armaturen (Tankanlagen, Trailer, Container, Flaschenbündel, -batterien, Einzelflasche)
- 2120 Zentrale Umschalt-, Druckregel- und Absicherungsanlagen, Gasmischanlagen und die Armaturen für die Verteilungsleitungen (Umschalt-, Druckregel- und Sicherheitseinrichtungen, Ventile, Gasfilter, Durchfluss- und Druckmesseinrichtungen)
- 2130 Entnahmestellen-Ausrüstung (Absperrventile, Druckregler, Gasmischer, Gebrauchsstellenvorlage, Entnahmestellenkonsolen)
- 2140 Einzelflaschenanlagen, (Flaschendruckminderer, Einzelflaschensicherung gegen Gasrücktritt und Flammendurchschlag)
- 2150 Sonderausrüstungen und allgemeines Zubehör (automatische Umschalteneinrichtungen, Drucküberwachungsanlagen, Gasanalysegeräte, Leitungsaufkleber, Rohrschellen usw.)

### 7 Zusatzwerkstoffe zum Schweißen und Beschichten bestimmter Werkstoffe (unterteilt nach Werkstoffgruppen)

- 2160 Schweißzusätze für hochlegierte Stähle
- 2170 Schweißzusätze für hochlegierten Stahlguss
- 2180 Schweißzusätze für Kunststoffe
- 2190 Schweißzusätze für NE-Metalle und -Legierungen
- 2200 Schweißzusätze für unlegierte und niedriglegierte Stähle
- 2210 Schweißzusätze für unlegierten und niedriglegierten Stahlguss
- 2220 Schweißzusätze für verschleißfeste und korrosionsbeständige Auftragungen
- 2230 Schweißzusätze für Unterwasserschweißen
- 2240 Schweißzusätze für sonstige Werkstoffe

### 8 Zusatzwerkstoffe zum Schweißen, Schneiden und Beschichten (unterteilt nach der Form der Zusatzwerkstoffe)

- 2250 Drähte, Bänder und Platten für das UP- und ES-Schweißen
- 2260 Drähte und Bänder für das Mikroschweißen
- 2270 Drahtelektroden für das Metall-Schutzgasschweißen
- 2280 Fülldrähte, Füllbänder
- 2290 Rohrstabelektroden
- 2295 Metallpulver für Schweißen, Beschichten und additives Fertigen sowie Fülldraht- und Stabelektrodenfertigung
- 2300 Schweißpulver
- 2310 Schweißstäbe zum Gasschweißen
- 2320 Schweißstäbe zum WIG-Schweißen
- 2330 Stabelektroden für das Fugenhobeln und Thermische Schneiden
- 2340 Stabelektroden für das Schweißen und Schneiden unter Wasser
- 2350 Thermit-Schweißportionen
- 2360 Umhüllte Stabelektroden (für das Lichtbogenhandschweißen)
- 2370 Zusatzwerkstoffe zum Laserstrahlschweißen

### 9 Zusatzwerkstoffe zum Thermischen Spritzen (unterteilt nach ihrer Zusammensetzung)

- 2380 Karbid-Spritzpulver
- 2390 Keramische Spritzpulver (Metalloxide/ Metallnitride)
- 2400 Metallspritzpulver und -drähte
- 2410 Spritzpulver-Gemische
- 2420 Suspensionen
- 2430 Thermoplaste

### 10 Zusatzwerkstoffe zum Thermischen Spritzen (unterteilt nach Verfahren und Art des Spritzzusatzes)

- 2440 Zusatzwerkstoffe zum Flammsspritzen (Drähte, Stäbe, Pulver)
- 2450 Zusatzwerkstoffe zum Lichtbogenspritzen (Drähte)
- 2460 Zusatzwerkstoffe zum Plasmaspritzen (Pulver)
- 2470 Zusatzwerkstoffe zum Schmelzbadspritzen
- 2480 Zusatzwerkstoffe zum Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (Pulver)
- 2490 Zusatzwerkstoffe zum Kaltgasspritzen (Pulver)
- 2500 Zusatzwerkstoffe zum Suspensions-spritzen (Suspensionen)

### 11 Weichlote (unterteilt nach ihrer Zusammensetzung)

- 2510 Blei-Zinn-Weichlote
- 2520 Weichlote für Aluminium
- 2530 Zinn-Blei-Weichlote (Lötzinn) ohne und mit Cu-, Ag-, P-Zusätzen
- 2540 Bleifreie Weichlote
- 2550 Sonstige Weichlote

### 12 Hartlote (unterteilt nach ihrer Zusammensetzung)

- 2560 Aluminium-Hartlote
- 2570 Goldhaltige Hartlote
- 2580 Kupfer/Messing-Hartlote
- 2590 Nickelbasis-Hartlote
- 2600 Palladiumhaltige Hartlote
- 2610 Phosphorhaltige Hartlote
- 2620 Platinhaltige Hartlote
- 2630 Silber-Hartlote
- 2640 Sonderhartlote (Kobalt-, Titan-, Zirkonbasis)
- 2650 Sonstige Hartlote

### 13 Lotformen

- 2660 flussmittelgefüllte Stäbe
- 2670 flussmittelumhüllte Stäbe
- 2680 Lotdraht, -stäbe und -bänder
- 2690 Lotformteile und Lotfolien
- 2700 Lotpasten
- 2710 Lotplattierte Bleche
- 2720 Lotpulver
- 2730 verdillte Lote

## III Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Thermische Trennen und Abtragen

### 1 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Thermische Trennen und Abtragen

- 2740 Autogenes Brennschneiden
- 2750 Brennbohren
- 2760 Brennflecken
- 2770 Brennfugen
- 2780 Elektroerosives und chemisches Werkstückbearbeiten
- 2790 Flammstrahlen
- 2800 Kohlelichtbogenschneiden
- 2810 Laser- und Elektronenstrahlschneiden und -bohren
- 2820 Lichtbogendruckluftfugen
- 2830 Lichtbogen-Sauerstoffschneiden
- 2840 Metall-, Mineralpulverbrenn- und Schmelzschnitten
- 2850 Plasmafugen
- 2860 Plasmaschmelzschnitten
- 2870 Wasserstrahlschneiden, Wasser-Abrasivestrahlschneiden

- 2 Produktionsanlagen für Verbrauchs- und Hilfsstoffe**
- 2880 Acetylenentwickler- und Abfüllanlagen
  - 2890 Fördermittel für Zusatz- und Verbrauchsstoffe
  - 2900 Gasherstellungs- und Gasverflüssigungsanlagen
- 3 Produktionsanlagen für Zusatzwerkstoffe**
- 2910 Produktionsanlagen für Lote, Lotdraht, Lotfolien und/oder Lotformteile
  - 2920 Produktionsanlagen für Schweißdrähte
  - 2930 Produktionsanlagen für umhüllte Stabelektroden und Fülldrahtelektroden
  - 2940 Produktionsanlagen für Schweißpulver
- IV Unterstützende Systeme für die Automatisierung**
- 1 Allgemeine Fertigungsanlagen, Systeme für die rechnergestützte Fertigung, Datenverarbeitung, Regelungs- und Steuerungstechnik**
- 2950 CAD-, CAM-, CAQ-, CIM- und CAP-Systeme
  - 2960 Erfassen, Kontrollieren und Verarbeiten von Prozess- und Fertigungsparameter
  - 2970 Industrieanlagen
  - 2980 Kamerasysteme zur Überwachung von Verfahrens- und Fertigungsprozessen
  - 2990 Nahtführungs- und Schweißkopfführungssysteme
  - 3000 Optiken für das Laserstrahlschweißen und/oder -schneiden
  - 3010 Programme (Software)
  - 3020 Rechner und sonstige Hardware (Minirechner, Mikrorechner und PC, Großrechner, Prozessrechner, Drucker, Plotter, Prozessoren usw.)
  - 3030 Serienfertigung, flexible Fertigungsanlagen und Schweißstraßen
  - 3040 Steuerungs- und Regelungstechnik (Druckschalter, Magnet- und Plasmaventile u.a.)
- 2 Klebstoffe**
- 3050 Epoxidharze (1K, 2K)
  - 3060 Polyurethane (1K, 2K)
  - 3070 Reaktive Schmelzklebstoffe
  - 3080 Cyanacrylate
  - 3090 Anaerob härtende Klebstoffe
  - 3100 Strahlenhärtende Klebstoffe
  - 3110 Silanvernetzende Polymerklebstoffe
  - 3120 Phenol-Formaldehydharz-Klebstoffe
  - 3130 Haftklebstoffe
  - 3140 Acrylate
  - 3150 Silikone
  - 3160 MS-Polymere
  - 3170 Strukturelle Klebebände
- 3 Klebstoffapplikation**
- 3180 Kartuschen
  - 3190 Auftragssysteme
  - 3200 Automatisierung
  - 3210 Überwachungsanlagen Klebstoffauftrag
  - 3220 Dosiereinrichtungen
  - 3230 Förderpumpen
  - 3240 Mischer (dynamisch, statisch)
- 4 Oberflächenbehandlung**
- 3250 Lösungsmittelhaltige Systeme
  - 3260 Mechanische Verfahren (Schleifen, Strahlen)
  - 3270 Wasserbasierte Systeme (neutral, sauber, basisch)
  - 3280 Nasschemische Verfahren (Beizen, Phosphatieren, Anodisieren, Sonstige)
  - 3290 Trockenchemische Verfahren (Silicoater, Niederdruckplasma, Atmosphärendruckplasma, Sonstige)
  - 3300 Primer/Haftvermittler

- 5 Beratung**
- 3310 Klebstoffauswahl
  - 3320 Klebgerechte Konstruktion
  - 3330 Charakterisierung von Klebstoffen
  - 3340 Qualitätsmanagement
  - 3350 Auditierung von Prozessen
  - 3360 Auditierung von Betrieben
  - 3370 Anlagenbau (Plasmaanlagen)
  - 3380 Lacktechnik
  - 3390 Faserverbundtechnologie
  - 3400 Klebstoffapplikation
  - 3410 Integration in die Fertigung (Fertigungsplanung)
  - 3420 Arbeits- und Umweltschutz
  - 3430 Oberflächenanalytik
  - 3440 Klebstoffentwicklung
  - 3450 Elektrochemie/Korrosion
  - 3460 Werkstoff- und Bauteilprüfung
  - 3470 Simulation und Berechnung von Klebverbindungen
- 6 Forschung und Entwicklung**
- 3480 Klebstoffauswahl
  - 3490 Klebgerechte Konstruktion
  - 3500 Charakterisierung von Klebstoffen
  - 3510 Anlagenbau (Plasmaanlagen)
  - 3520 Lacktechnik
  - 3530 Faserverbundtechnologik
  - 3540 Klebstoffapplikation
  - 3550 Integration in die Fertigung (Fertigungsplanung)
  - 3560 Oberflächenanalytik
  - 3570 Molekulare Modellierung
  - 3580 Klebstoffentwicklung
  - 3590 Elektrochemie/Korrosion
  - 3600 Werkstoff- und Bauteilprüfung
  - 3610 Simulation und Berechnung von Klebverbindungen
- 7 Aus- und Weiterbildung**
- 3620 DVS - EWF - Klebpraktiker
  - 3630 DVS - EWF - Klebfachkraft
  - 3640 DVS - EWF - Klebfachingenieur
  - 3650 Faserverbundpraktiker
- 8 Sonstige**
- 3660 Fachverlag
  - 3670 Technologiebroker
  - 3680 Anerkannte Stelle EBA
- 9 Gase**
- 3690 Brenngas (Acetylen/Butan/Erdgas/Methan/Propan/Stadtagas)
  - 3700 Aktivgas
  - 3710 Dotier- und Prüfgas
  - 3720 Druckluft
  - 3730 Flüssiggas
  - 3740 Formiergas
  - 3750 Inertgas (Argon, Neon, Helium)
  - 3760 Kohlendioxid
  - 3761 Lasertriebbsgas
  - 3762 Laserstrahlprozessgas
  - 3770 Mischgas
  - 3780 Sauerstoff
  - 3790 Stickstoff
  - 3800 Wasserstoff
- 10 Andere Verbrauchs- und Hilfsstoffe**
- 3810 Asbestersatz
  - 3820 Badsicherung
  - 3830 Beizpaste
  - 3840 Calciumcarbid
  - 3850 Dichtheitsprüfmittel
  - 3860 Düsenschutzpaste
  - 3870 Elektropolierchemikalien
  - 3880 Farben und Lacke
  - 3890 Flussmittel zum Löt
  - 3900 Hilfsstoffe zum Gießpress- und Gießschmelzschweißen
  - 3910 Hitzeschutzmittel bei Schweißarbeiten
  - 3920 Imprägniermittel

- 3930 Keramikformkörper
  - 3940 Keramikpulver
  - 3950 Lösemittel
  - 3960 Lötstopfmittel
  - 3970 Oberflächenreiniger
  - 3980 Passivierungsmittel
  - 3990 Reinigungsmittel
  - 4000 Rohstoffe für die Stabelektrodenumhüllung
  - 4010 Rostschutzmittel
  - 4020 Sauerstoff- und Pulverlanzen
  - 4030 Signierfarben
  - 4040 Sprengstoff
  - 4050 Schmiermittel
  - 4060 Schneidpulver für Beton, Gusseisen u. a. Werkstoffe
  - 4070 Schweißkerne
  - 4080 Schweißgrundierung
  - 4090 Schweißnahtreinigungsmittel
  - 4100 Sprays, technische
  - 4110 Strahlmittel
  - 4120 Trenn-, Schrupp- und Schleifscheiben
  - 411 Messtechnik und Sensorik
  - 4130 Chemische Analyse
  - 4140 Dehnungs-, Weg- und Winkelmessung
  - 4150 Durchflussmengen- und Strömungsgeschwindigkeitsmessung
  - 4160 Rasterelektronenmikroskope
  - 4170 Ferritgehaltmessgeräte
  - 4180 Fotografie und Kinematografie
  - 4190 Geschwindigkeits- und Drehzahlmessung
  - 4200 Hand- und andere Messgeräte für das Lichtbogenschweißen (Strom, Spannung, Drahtgeschwindigkeit, Gasgeschwindigkeit, Schweißgeschwindigkeit, Streckenenergie)
  - 4210 Holografie
  - 4220 Kalibrierung und Eichung
  - 4230 Kapazitäts- und Induktivitätsmessung
  - 4240 Kraftmesssysteme
  - 4250 Lehren, Schweißnahtlehren
  - 4260 Leistungsmessung
  - 4270 Masse-, Dichte-, Kraft-, Drehmoment- und Druckmessung
  - 4280 Messgeräte für Gase, Rauch, Stäube
  - 4290 Messgeräte für Schall/Geräusch
  - 4300 Messgeräte für Strahlung
  - 4310 Messgeräte für das Widerstandsschweißen (Impulse, Perioden, Strom, Spannung), Rogowski-Gürte
  - 4320 Mess- und Überwachungsgeräte für die Elektroden-Eindringtiefe beim Widerstandsschweißen
  - 4330 Mikroskopie
  - 4340 Oberflächengüte (Schnittflächengüte)
  - 4350 Probenvorbereitungsanlagen
  - 4360 Rauheitsmessung von Oberflächen/Rautiefen
  - 4370 Schichtdicken-, Wanddicken- und Risttiefmessung
  - 4380 Sensortechnik
  - 4390 Sonstige Messtechnik und Messgeräte
  - 4400 Spannungsoptik
  - 4410 Strom- und Spannungsmessung
  - 4420 Temperaturmessung (optisch, elektrisch, chemisch, mechanisch)
  - 4430 Thermografie
  - 4440 Überwachungsgeräte für das Lichtbogenschweißen
  - 4450 Überwachungsgeräte für das Widerstandsschweißen
  - 4460 Wasserstoffbestimmung
  - 4470 Widerstands- und Isolationsmessung
  - 4480 Zeit-, Ereigniszahl-, Frequenzmessung
- 12 Prüftechnik – Zerstörungsfreie Prüfung**
- 4490 Akustische Messgeräte
  - 4500 Akustische Mikroskopie
  - 4510 Analysen-Geräte
  - 4520 Atomabsorptionsspektrometer
  - 4530 Auger-Sonden
  - 4540 Automatisierung und Rechnerunterstützung für die zerstörungsfreie Prüfung
  - 4550 Automatische Testsysteme
  - 4560 Automatisierung in der Mess- und Prüftechnik



- 4561 Begutachten und Prüfen von Produkten, Fügeverfahren und Fertigungsabläufen
- 4562 Beratung und Planung zur Fertigung, zum Werkstoff-, Energie- und Verfahrenseinsatz, Technologietransfer
- 4570 Betatron- und Linearbeschleuniger
- 4580 Bildverarbeitungsanlagen
- 4590 Bildverstärker
- 4600 CAQ
- 4610 CCD-Kameras
- 4620 CIM
- 4630 Computer-Tomographie
- 4640 Dehnungs- und Spannungsbestimmungen
- 4650 Dehnungsmessgeräte
- 4660 Densitometer Dichtheitsprüfanlagen u. -geräte
- 4670 Dichtheitsprüfung
- 4680 Dickenmessgeräte
- 4690 Dosis- und Dosisleistungsmessgeräte
- 4700 Dunkelkammeranlagen
- 4710 Durchstrahlungsprüfung
- 4720 Echtzeit-Radiographie-Systeme
- 4730 Endoskope
- 4740 Eigenspannungs-Messgeräte
- 4750 Eindring-Prüfanlagen
- 4760 Elektrische Prüfung
- 4770 Elektrodynamische Prüfung
- 4780 Rasterelektronenmikroskopie
- 4790 Elektronische Messgeräte
- 4800 Entmagnetisierungsanlagen
- 4810 Farbeindring-Prüfmittel
- 4820 Farbeindringprüfung
- 4830 Farbmessgeräte
- 4840 Feldstärkenmessgeräte
- 4850 Fertigungs-Messtechnik
- 4860 Fertigungsüberwachung
- 4870 Formgestalt-Messgeräte
- 4880 Fotografische Geräte
- 4890 Füllstandsmessgeräte
- 4900 Gefüge-Prüfung
- 4905 Gestaltung und Berechnung von Schweißkonstruktionen, Schweißpläne u.ä.
- 4910 Gammagrafie-Geräte
- 4920 Härteprüfung
- 4930 ICP-Spektrometer
- 4940 Informationssysteme
- 4950 Infrarot-Messtechnik
- 4960 Infrarothermographie
- 4970 Kalibrierung
- 4980 Kenngrößenbestimmung
- 4990 Kernspinresonanz
- 5000 Korrosionsprüfung
- 5010 Laborqualitätssicherung
- 5020 Längenmess- und Prüfgeräte
- 5030 Laminografie
- 5040 Laserstrahlprüfung
- 5050 Lasertechnik
- 5060 Lecksuche
- 5070 Lichtmessgeräte
- 5080 Lichtmikroskopie
- 5090 Magnetpulver
- 5100 Magnetpulver-Prüfgeräte und Anlagen
- 5110 Magnetische Prüfung
- 5120 Manipulatoren
- 5130 Markiersysteme
- 5140 Mathematik, Statistik, Rechner
- 5150 Messdatenerfassung
- 5160 Messsysteme
- 5170 Metallografie
- 5180 Metallografische Prüfungen
- 5190 Mikrofokus-Röntgenanlagen
- 5200 Mobilspektrometer
- 5210 Neutronenstrahlprüfung
- 5220 Oberflächenprüfgeräte
- 5230 Optische Prüfung
- 5240 Penetrieranlagen, -mittel
- 5250 Physikalische Prüfungen
- 5260 Prüfdokumentation
- 5270 Prüfmaschinen
- 5280 Prüfmittel für Magnetpulverprüfung
- 5290 Prüfmittelüberwachung
- 5300 Prüfung von Schweißverbindungen
- 5310 Qualitätskontrolle
- 5320 Qualitätsplanung
- 5330 Qualitätssicherung bei der Prozessüberwachung

- 5340 Qualitätssicherung bei der Reparatur/ Instandhaltung
- 5350 Qualitätssicherung in der Serienfertigung
- 5360 Radioaktive Stoffe
- 5370 Radiographie
- 5380 Röntgenfilm
- 5390 Röntgenapparate
- 5400 Röntgendiffraktometer
- 5410 Röntgenfilm-Betrachtungsgeräte
- 5420 Röntgenfluoreszenzanalyse
- 5430 Röntgenröhren
- 5440 Röntgenwagen
- 5450 Röntgenzubehör
- 5460 Scanner
- 5470 Schadensanalyse
- 5480 Schallemissionsanalyse
- 5490 Schallemissionsgeräte
- 5500 Schichtdickenmessgeräte
- 5505 Schweißaufsicht-, Bau-, Betriebs- und Fertigungsüberwachung
- 5510 Schweißnahtprüfung
- 5520 Schwingungsmessung
- 5530 Sicherheitstechnik
- 5540 Sichtprüfung
- 5550 Signal- und Bildverarbeitung
- 5560 Simulation
- 5570 Software-Pakete
- 5580 Sonstige zerstörungsfreie Prüfverfahren
- 5590 Spektralanalyse
- 5600 Spektral-Analyse-Geräte
- 5610 Spektralphotometer
- 5620 Spektrometer
- 5630 Strahlenmessgeräte
- 5640 Strahlenschutz-Messgeräte, Bauteile und Stoffe
- 5650 Steuersysteme
- 5660 Streuflussprüfgeräte
- 5670 Temperaturmessgeräte
- 5680 Thermische Analyse
- 5690 Thermische Prüfung
- 5700 Thermografie-Anlagen
- 5710 Ultraschall-Applikationen
- 5720 Ultraschall-Prüfgeräte und Anlagen
- 5730 Ultraschallprüfung
- 5740 Ultraschall-Reinigungs-Anlagen
- 5750 Ultraschall-Wandler
- 5755 UV-Leuchten
- 5760 Verschleißprüfungen/Erosionsprüfungen
- 5770 Verwechslungsprüfung
- 5780 Vibrationsanalyse
- 5790 Videoanlagen u. Kameras
- 5800 Wärmeleitfähigkeitsmessgeräte
- 5810 Werkstoffprüfung
- 5820 Wirbelstromprüfung
- 5830 Wirbelstromprüfgeräte und Anlagen
- 5840 Zerstörungsfreie Prüfung
- 5850 Zubehör für Prüfeinrichtungen

### 13 Prüftechnik – Zerstörende Prüfung

- 5860 Dynamische Bruchprüfung (Battelle-, Drop-Weight-, Double-Torsion-, Explosion-Bulge-, Esso-Kerbschlagbiege-, Kerbschlagzug-, Niblick- und Robertson-Versuch)
- 5870 Härteprüfung
- 5880 Hilfsmittel, Automatisierung und Rechnerunterstützung für die zerstörende Prüfung
- 5890 Kic-Versuch, Rissöffnungsversuch (COD-Versuch)
- 5900 Schweißbeignungsprüfung (Kaltriss- und Heißrissprüfung u. a.)
- 5910 Sonstige und mechanisch-technologische Prüfungen
- 5920 Statische Bruchprüfung (Aufschweißbiege-, Berst-, Deep-, Notch-, Falt-, Kerbiege-, Kerbzug-, Wide-Plate-Versuch)
- 5930 Universalprüfeinrichtungen
- 5940 Zeitstands- und Dauerfestigkeitsprüfung, Schwingprüfanlagen
- 5950 Zug-, Druck-, Torsions- und Biegeprüfung

### 14 Prüftechnik – Werkstoffprüfung

- 5960 Betriebsüberwachung, Fertigungsüberwachung
- 5970 Kenngrößenbestimmung

- 5980 Qualitäts- und Fehlerprüfung
- 5990 Umweltschutzprüfungen
- 6000 zu prüfende Eigenschaften
- 6010 zu prüfende Werkstoffe
- 6020 zu prüfende Bauteile (Anwendungsbereiche)

### 15 Prüftechnik – Prüfverfahren/ Prüfeinrichtungen

- 6030 Bauteilprüfung/Konstruktionsprüfung
- 6040 Bruchmechanische Kennwerte
- 6050 Chemische Prüfungen
- 6060 Festigkeit, Zähigkeit
- 6070 Gefügeuntersuchungen
- 6080 Hilfsmittel für Metallografie (Ätzmittel, Poliermittel, Einbettmassen)
- 6090 Mechanische Prüfverfahren
- 6100 physikalische Prüfungen
- 6110 Schweißbeignungsprüfungen
- 6120 Technologische Prüfverfahren
- 6125 Prüftische

### 16 Qualitätssicherung (nach Masing „Handbuch der QS“)

- 6130 A+F im QM
- 6140 Bilatometrie
- 6150 Ergonomie der Arbeitsplätze
- 6160 Gebrauchsanweisungen
- 6170 Mathematik, Statistik, Rechner
- 6180 Messtechnik
- 6190 Organisation zur QS, Versicherungen
- 6200 Qualitätsplanung, Bewertung
- 6210 Qualitätssicherung bei der Verpackung, Lagerung und Transport
- 6220 Qualitätssicherung in Klein- und Mittelbetrieben, im Handwerk
- 6230 Qualitätssicherung von Software

### 17 Sonstiges

- 6240 Aus- und Weiterbildung
- 6250 Beratungsunternehmen
- 6260 Datenverarbeitung
- 6270 Dienstleistungsunternehmen
- 6280 Fachzeitschriften/Fachbücher
- 6290 Forschungsinstitute
- 6300 Informationssysteme
- 6310 Kalkulationssysteme
- 6320 Verbände und Organisationen
- 6330 Zertifizierung

## V Auftragsarbeiten und Dienstleistungen für das Fügen, Trennen und Beschichten

### 2 Auftragsausführungen – Verarbeiten bestimmter Werkstoffe

- 7030 Aluminium
- 7040 Automatenstähle
- 7050 Beschichtete und plattierte Werkstoffe
- 7060 Beton
- 7070 Betonstähle
- 7080 Blei, Wismut, Kobalt, Cadmium
- 7090 Cermets
- 7100 Chrom
- 7110 Dualphasen-Stähle, Duplex-Stähle
- 7120 Duroplaste
- 7130 Elastomere
- 7140 Faserverstärkte Werkstoffe, Verbundwerkstoffe
- 7150 Feinkornbaustähle
- 7160 Feuerfestwerkstoffe
- 7170 Glas
- 7180 Gusseisen
- 7190 hochlegierte Stähle
- 7200 Hochtemperaturwerkstoffe
- 7210 Keramik, Gläser
- 7220 Kohlenstoff
- 7230 Kupfer
- 7240 Laminat
- 7250 Leder
- 7260 Magnesium
- 7270 Messing

- ☐ 7280 Nickel
- ☐ 7290 Niedriglegierte Stähle
- ☐ 7300 Niob, Mangan
- ☐ 7310 Pappe, Papier
- ☐ 7320 Platin, Gold, Silber
- ☐ 7330 Pressmasse (Polymere)
- ☐ 7340 Rohrstähle
- ☐ 7350 Schienenstähle
- ☐ 7360 Schiffbaustähle
- ☐ 7370 Sinterwerkstoffe
- ☐ 7380 Stahlguss
- ☐ 7390 Superharte Werkstoffe, Superlegierungen (isostatisches Heißpressen)
- ☐ 7400 Thermoplaste
- ☐ 7410 Titan
- ☐ 7420 Unlegierte Stähle
- ☐ 7430 Werkzeugstähle
- ☐ 7440 Wetterfeste Stähle
- ☐ 7450 Wolfram, Tantal, Molybdän
- ☐ 7460 Zinn, Zink
- ☐ 7470 Zirkon, Vanadium, Beryllium
- ☐ 7480 Neue Werkstoffe (hochfeste, Leichtbau-, superharte, Nano-, lichtleitende, elektrische, magnetische Werkstoffe, Implantatwerkstoffe u.a.)

### 3 Auftragsausführungen – Verarbeitung bestimmter Halbzeuge

- ☐ 7490 Band- und Breitband
- ☐ 7500 Bewehrungsstahl und -matten
- ☐ 7510 Bleche, Platten, Buckelbleche, Lochbleche
- ☐ 7520 Drähte
- ☐ 7530 Federn
- ☐ 7540 Folien, dünne Bänder
- ☐ 7550 Gussstücke
- ☐ 7560 Kunststofffolien, -bänder, -platten
- ☐ 7570 Kunststoffrohre, -flansche und andere Kunststoffhalbzeuge
- ☐ 7580 Kunststoffschläuche
- ☐ 7590 Kunststoffprodukte
- ☐ 7600 Kupferrohre
- ☐ 7610 Messingrohre
- ☐ 7620 Profile (Träger)
- ☐ 7630 Rohre und Flansche
- ☐ 7640 Ronden
- ☐ 7650 Schienen
- ☐ 7660 Schläuche (Metall)
- ☐ 7670 Schmiedestücke
- ☐ 7680 Sinterformteile
- ☐ 7690 Strangpresserzeugnisse

### 4 Auftragsausführungen bestimmter Füge- oder anderer Fertigungsverfahren

- ☐ 7700 Abbreinstumpfschweißen
- ☐ 7710 Auftragschweißen
- ☐ 7720 Beizen, Sandstrahlen, Polieren, Entgraten und/oder Schleifen
- ☐ 7730 Bolzenschweißen
- ☐ 7740 Flammstrahlen
- ☐ 7750 Brennzuschnitte
- ☐ 7760 Elektroerosive, elektrochemische oder chemische Werkstückbearbeitung
- ☐ 7770 Elektronenstrahl-/Laserstrahlschweißen
- ☐ 7780 Elektroschlackeschweißen
- ☐ 7790 Gaspressschweißen
- ☐ 7800 Gasschweißen
- ☐ 7805 Hochtemperaturlöten im Vakuum
- ☐ 7810 Kleben von Kunststoffen
- ☐ 7820 Kleben von Metallen
- ☐ 7830 Kunststoffschweißen
- ☐ 7840 Kunststoffspritzen
- ☐ 7850 Laserstrahlschweißen und/oder -schneiden
- ☐ 7860 Lichtbogenhandschweißen
- ☐ 7870 Löten
- ☐ 7880 Metallisieren, Tauchbeschichten und/oder Eloxieren
- ☐ 7890 Metallspritzen
- ☐ 7900 Oxidkeramikspritzen
- ☐ 7910 Prozesssimulation
- ☐ 7920 Punkt- und/oder Buckelschweißen
- ☐ 7930 Reibschweißen

- ☐ 7940 Roboterschweißen WIG/MIG/MAG
- ☐ 7950 Rollennahtschweißen
- ☐ 7960 Rührreißschweißen
- ☐ 7970 Schutzgasschweißen
- ☐ 7980 Schweißen mit magnetisch bewegtem Lichtbogen
- ☐ 7990 Schweißsimulation
- ☐ 8000 Struktursimulation
- ☐ 8010 thermisches Schneiden
- ☐ 8020 Ultraschallschweißen
- ☐ 8030 Unterschiene-, Elektrogasschweißen und/oder UP-Schweißen
- ☐ 8040 Verschrotten
- ☐ 8050 Vibrationsentspannen
- ☐ 8060 Wärmebehandlung und/oder Vergüten
- ☐ 8070 Wartung, Instandhaltung, Reparatur
- ☐ 8080 Werkstoffsimulation
- ☐ 8085 Edelmetallhaltige Abfälle

### 5 Aus- und Weiterbildung, Zertifizierung, Forschung, Informationsvermittlung, Fachliteratur und Regelwerke

- ☐ 8090 Akkreditierungs- und Zertifizierungsorganisationen
- ☐ 8100 Abnahme-, Zulassungs-, Prüfungs- und Überwachungsorganisationen
- ☐ 8110 Aus- und Weiterbildung und Prüfung von Fachpersonal
- ☐ 8120 Fachbehörden, Kammern, Berufsgenossenschaften
- ☐ 8130 Fachverlage, Bibliotheken (Literatur, Regelwerke, Lehrfilme, Software, CD-ROM- und Diskettendienste, audiovisuelle Medien)
- ☐ 8140 Füge-technische Forschung und Lehre
- ☐ 8150 Gutachter, Sachverständige
- ☐ 8160 Informationsvermittlung (Literatur- und Faktendatenbankenrecherchen, Expertensysteme, Expertennachweis, Literaturgutachten, Stand-der-Technik- und Trendanalysen)
- ☐ 8170 Regelwerke, Normung, Patente (auch Organisationen)
- ☐ 8180 Technisch-wissenschaftliche Vereine, Industrieverbände

### VI Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Thermische Spritzen

#### 1 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Thermische Spritzen

- ☐ 6340 Flammsspritzen mit Draht oder Stab
- ☐ 6350 Flammsspritzen mit Pulver
- ☐ 6360 Kunststoff-Flammsspritzen
- ☐ 6370 Hochgeschwindigkeits-Flammsspritzen (HVOF)
- ☐ 6380 Detonationsspritzen
- ☐ 6390 Plasmaspritzen
- ☐ 6400 Suspensionsspritzen
- ☐ 6410 Laserspritzen
- ☐ 6420 Lichtbogenspritzen
- ☐ 6430 Kaltgasspritzen
- ☐ 6440 Plasma-Pulver-Auftragsschweißen (PTA)
- ☐ 6450 Druckluft- & Vacuumstrahlen (Vor- und Nachbearbeitung)
- ☐ 6460 Maskierungen & Klebebänder (Vor- und Nachbearbeitung)
- ☐ 6470 Strahlmittel (Vor- und Nachbearbeitung)
- ☐ 6480 Werkzeuge und Schleifmittel (Vor- und Nachbearbeitung)
- ☐ 6490 Ausrüstung zum Sandstrahlen (Vor- und Nachbearbeitung)
- ☐ 6500 Dichtmittel (Vor- und Nachbearbeitung)
- ☐ 6510 Abluft / Filtersysteme / Filter und weitere Ausrüstung
- ☐ 6520 Automatisierte Spritzsysteme
- ☐ 6530 Flusskontrolle
- ☐ 6540 Luftkompressoren
- ☐ 6550 Manipulatoren
- ☐ 6560 Naßabscheider

- ☐ 6570 Prüfausrüstung
- ☐ 6580 Pulverförderer
- ☐ 6590 Roboter
- ☐ 6600 Schallschutzkabinen
- ☐ 6610 Spritzkabinen
- ☐ 6620 Andere Pulver (Zusatzwerkstoffe)
- ☐ 6630 Drähte (Zusatzwerkstoffe)
- ☐ 6640 Intermetallische Pulver (Zusatzwerkstoffe)
- ☐ 6650 Karbidische Pulver (Zusatzwerkstoffe)
- ☐ 6660 Keramische Pulver (Metalloxide/Metallnitride) (Zusatzwerkstoffe)
- ☐ 6670 Keramikstäbe (Zusatzwerkstoffe)
- ☐ 6680 Metallische Pulver (Zusatzwerkstoffe)
- ☐ 6690 Selbstfließende Pulver (Zusatzwerkstoffe)
- ☐ 6700 Spritzpulver-Gemische (Zusatzwerkstoffe)
- ☐ 6710 Suspensionen (Zusatzwerkstoffe)
- ☐ 6720 Thermoplaste (Zusatzwerkstoffe)
- ☐ 6730 Feinschleifen (Vor- und Nachbearbeitung)
- ☐ 6740 Schleifen (Vor- und Nachbearbeitung)
- ☐ 6750 Spanende Bearbeitung (Vor- und Nachbearbeitung)
- ☐ 6760 weiteres (Vor- und Nachbearbeitung)
- ☐ 6770 Aus- und Weiterbildung
- ☐ 6780 Marktforschung
- ☐ 6790 Prüfabchnitte
- ☐ 6800 Prüfdienstleistung / Ausrüstung / Betriebsstoffe
- ☐ 6810 Simuliertes Spritzen
- ☐ 6820 Atmosphärische Korrosion (Schichtsysteme)
- ☐ 6830 Einlaufschichten (Schichtsysteme)
- ☐ 6840 Elektronik (Schichtsysteme)
- ☐ 6850 Maßhaltigkeit (Schichtsysteme)
- ☐ 6860 Hochtemperaturkorrosion (Schichtsysteme)
- ☐ 6870 Sanierung (Schichtsysteme)
- ☐ 6880 Vakuumplasma (Schichtsysteme)
- ☐ 6890 Verschleißschutz (Schichtsysteme)
- ☐ 6900 Wärmeschutz (Schichtsysteme)
- ☐ 6910 Aluminieren
- ☐ 6920 Anodisieren
- ☐ 6930 CVD (Chemical Vapour Deposition)
- ☐ 6940 Eloxieren
- ☐ 6950 Emaillieren
- ☐ 6960 Farbbeschichten (Lackieren, Anstreichen, Tauchen)
- ☐ 6970 Flammgrundieren
- ☐ 6980 Kunststoffbeschichten
- ☐ 6990 Metallisieren
- ☐ 7000 PVD (Physical Vapour Deposition)
- ☐ 7010 Tauchbeschichten
- ☐ 7020 Verzinnen, Verzinken, Vernickeln, Verkupfern, Verchromen

# Preisliste

Veröffentlichung in:



Auflage:  
6.000 Exemplare  
Erscheinung:  
in 6 von 11 Ausgaben  
jährlich  
Sprache: Deutsch



Auflage:  
9.000 Exemplare  
Erscheinung:  
in 6 von 11 Ausgaben  
jährlich  
Sprache: Deutsch

## Die Vorteile auf einen Blick:

- ✓ **Für jeden etwas dabei:** Der Branchenführer ist nach 13 thematisch unterteilten Hauptgruppen mit mehr als 500 relevanten Stichwörtern sortiert
- ✓ **Alles auf einen Blick:** Jeder Eintrag umfasst die vollständige Firmenanschrift inklusive E-Mail- und Internet-Adresse
- ✓ **Kosten sparen:** Wir bieten Ihnen attraktive Staffelpreise nach Anzahl der Stichwörtern
- ✓ **Ein Preis – zwei Fachzeitschriften:** Sie bezahlen einmalig pro Jahr und sind Monat für Monat mit Ihrem Eintrag über das ganze Jahr in insgesamt 12 Ausgaben dabei
- ✓ **Länderübergreifende Kontakte:** Die Veröffentlichung in unseren Zeitschriften ermöglicht Ihnen eine Kontaktaufnahme auch über Deutschlands Grenzen hinaus.
- ✓ **Zusätzlich und kostenfrei:** Der Eintrag im Internet unter [www.abc-der-fuegetechnik.de](http://www.abc-der-fuegetechnik.de) mit einer Verlinkung zu Ihrer Homepage
- ✓ **Kostenlose Veröffentlichung Ihres Firmenlogos** im Internet unter [www.abc-der-fuegetechnik.de](http://www.abc-der-fuegetechnik.de). Senden Sie Ihr Logo (jpg-Datei) an folgende E-Mail-Adresse: [britta.wingartz@dvs-media.info](mailto:britta.wingartz@dvs-media.info)
- ✓ **Beginn der Einträge jeden Monat möglich.** (Abgabe-Termin: 15. des Vormonats)

## Preise:

Anzahl der Stichwörter	Kosten pro Jahr/pro Stichwort in EUR*
1	145,00
2 – 5	128,00
6 – 10	113,00
ab 11	100,00

\* Auf alle Preise wird die derzeitige MwSt. erhoben.

### Jetzt mit verbesserter Internetpräsenz!

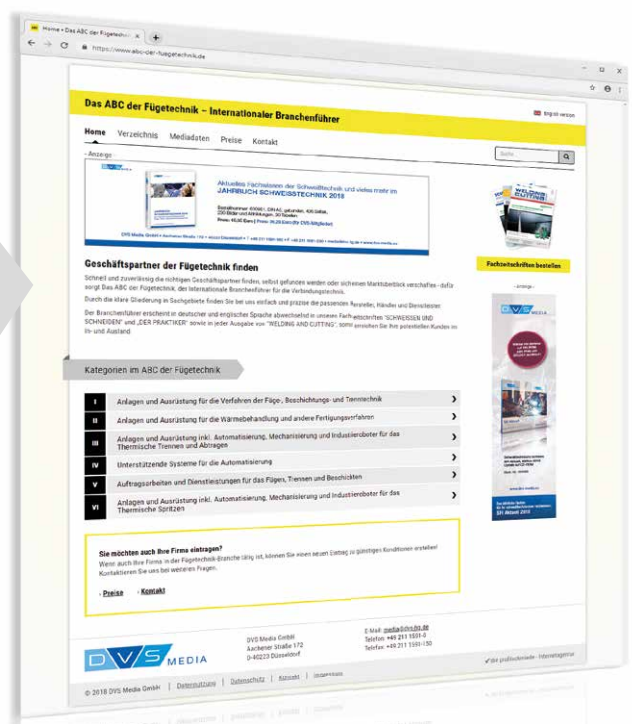
Ihr kompletter Firmeneintrag inklusive Logo und Verlinkung zu Ihrer Homepage erscheint auf [www.abc-der-fuegetechnik.de](http://www.abc-der-fuegetechnik.de) und das komplett **ohne zusätzliche Kosten**.

Die neue Online-Präsenz verdoppelt die Reichweite Ihrer Werbemaßnahmen.

Ihre Ansprechpartnerin:  
Britta Wingartz



DVS Media GmbH  
Postfach 10 19 65, 40010 Düsseldorf  
Tel.: +49 211 1591-155  
Fax.: +49 211 1591-150  
E-Mail: [britta.wingartz@dvs-media.info](mailto:britta.wingartz@dvs-media.info)  
Internet: [www.dvs-media.eu](http://www.dvs-media.eu)





# Bestellformular

## Firmeneintrag:

Firma

Straße, Hausnummer bzw. Postfach

PLZ, Wohnort

Telefon

Fax

E-Mail

Internet

**Alphabetische Einordnung unter dem Buchstaben:** (bitte ankreuzen)

A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z

**unter nachstehenden Stichwörtern:**

**Code-Nr.:** (Die Code-Nr. entnehmen Sie bitte der Produktliste auf den vorangegangenen Seiten)

- |          |           |           |           |           |           |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1. _____ | 6. _____  | 11. _____ | 16. _____ | 21. _____ | 26. _____ |
| 2. _____ | 7. _____  | 12. _____ | 17. _____ | 22. _____ | 27. _____ |
| 3. _____ | 8. _____  | 13. _____ | 18. _____ | 23. _____ | 28. _____ |
| 4. _____ | 9. _____  | 14. _____ | 19. _____ | 24. _____ | 29. _____ |
| 5. _____ | 10. _____ | 15. _____ | 20. _____ | 25. _____ | 30. _____ |

Zusätzlich und kostenfrei: Der Eintrag im Internet unter [www.abc-der-fuegetechnik.de](http://www.abc-der-fuegetechnik.de), mit einer Verlinkung zu Ihrer Homepage sowie die Veröffentlichung Ihres Firmenlogos. Bitte senden Sie das Bestellformular mit Ihrem Logo (jpg-Datei) an folgende E-Mail Adresse: [britta.wingartz@dvs-media.info](mailto:britta.wingartz@dvs-media.info).

Ansprechpartner

Bestellzeichen

Datum

Unterschrift

Die Einträge im Branchenführer erfolgen jeweils mit einer Laufzeit von 12 Monaten bis auf Widerruf.  
Abbestellungen werden zum Ende des jeweiligen Bezugsjahres unter Einhaltung einer Frist von 6 Wochen angenommen.  
Stichtag ist jeweils der 15. des Monats.

## Taschenbuch DVS-Merkblätter und -Richtlinien: Fügen von Kunststoffen

Die Neuauflage unseres Fachbuches enthält sämtliche Merkblätter, Richtlinien und Richtlinienentwürfe in deutscher Sprache, die sich mit dem Fügen im Rohrleitungs-, Behälter- und Anlagenbau sowie in der Serienfertigung beschäftigen

Weiterhin werden die in englischer Sprache erhältlichen Richtlinien sowie die mittlerweile erschienenen korrespondierenden DIN EN-Normen genannt. Ebenso sind die Ausbildungs- und Prüfungsrichtlinien in dieser Auflage enthalten.

Gegenüber der 19. Auflage enthält die aktuelle Auflage 22 neue beziehungsweise überarbeitete Dokumente aus allen Bereichen des Kunststofffügens.

Vollständigkeit, Aktualität und die internationale Perspektive machen das Taschenbuch unverzichtbar für alle, die sich fachlich mit dem Fügen von Kunststoffen befassen.

### Taschenbuch DVS-Merkblätter und -Richtlinien: Fügen von Kunststoffen

20. Auflage

Erscheinungstermin: Dezember 2023

1660 Seiten

Best.-Nr.: 100684

ISBN: 978-3-96144-243-0

Auch als E-Book und USB-Stick erhältlich.

**Preis: 138,00 Euro**



DVS Media GmbH, 40010 Düsseldorf  
Postfach 10 19 65  
Postvertriebsstück  
Gebühr bezahlt

**G 6253****DVS** FORSCHUNG

Forschungsvereinigung  
Stahlanwendung e. V.

# INNOVATIONSTAG 2024 –

## Transfertage der Fügetechnik für die Energiewende

**SAVE THE DATE:****10. – 11. APRIL 2024, STAHL-ZENTRUM, DÜSSELDORF**

Auf dem INNOVATIONSTAG 2024 werden neueste Forschungsprojekte rundum die grüne Stromgewinnung vorgestellt, dabei stehen Materialien, Prozesse und das Qualitätsmanagement im Fokus. Die Veranstaltung bietet:

- neueste Erkenntnisse für die praktische Anwendung von morgen
- vielfältige Netzwerkmöglichkeiten für den fachlichen Dialog
- eine begleitende Table-Top-Ausstellung für innovative Anbieter
- das Format „Wirtschaft trifft Wissenschaft“ für neue Ideen und Kontakte, aus denen anwendernahe Forschungsprojekte entstehen können

**Dabei sein lohnt sich!****Jetzt anmelden:**