

# SCHWEISSEN und SCHNEIDEN

DVS  
1-2  
2022

Fachzeitschrift für Schweißen und verwandte Verfahren

[www.schweissenundschneiden.de](http://www.schweissenundschneiden.de)

74. JAHRGANG

## Machen Sie Ihre Produktion effektiver

Mit CoWelder von Migatronic

CoWelder wurde für ambitionierte fertige Unternehmen sämtlicher Größen und Branchen entwickelt, die ihre Produktivität erhöhen und ihre Qualität verbessern möchten.

Entdecken Sie das Potenzial  
[www.migatronic.com/de](http://www.migatronic.com/de)

Migatronic Schweißmaschinen GmbH  
Telefon: (+49) 641-982840  
[info@migatronic.de](mailto:info@migatronic.de)

**MIGATRONIC**



■ Ultraschall-Einfluss auf artgleiche Titanschweißungen

■ Wolframschmelz-carbidbasierte MMC-Schichten

■ geregelte Temperaturfelder bei der Strahlbearbeitung

■ Einfluss des Metaldampfs auf den WIG-Lichtbogen

**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 erstmals 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**

12. Auflage 2020  
930 Seiten, m. Bildern, Abb. u. Tabellen  
Best.-Nr. 502353

**Preis: 223,00 Euro | E-Book: 223,00 Euro**

**Bei der Bestellung der Kombi-Fassung erhalten Sie Buch  
und E-Book zum Preis von 289,90 Euro**



74. Jahrgang 2022

## Technisch-wissenschaftliche Fachzeitschrift des DVS, Düsseldorf „Peer Reviewed Journal“ seit 1949

### Aktuell

- 4 Studie zum Welthandel: Das Tauziehen um Waren geht bis Mitte 2022 weiter
- 6 Europäische Norm zur Beleuchtung von Arbeitsstätten aktualisiert
- 7 Digitales Büro und Corona: Mittelstand nutzt den Digitalisierungsschub nicht
- 8 Online-Events statt Präsenzveranstaltungen: keine Selbstläufer
- 10 Für Sie notiert

### Aus Unternehmen

- 12 Bodenfahrwerk für Universal-Widerstandsbuckelschweißanlage geliefert: millimetergenau auf den Punkt
- 13 Prototypen-Zentrum von Fronius: Individuelle Lösungen für komplexe Schweißaufgaben
- 14 Wasserstrahlschneiden öffnet neue Türen für Fliesen und Ofenbau
- 15 Kurzmeldungen
- 18 Produkte

### Fachbeiträge

- 24 Zeitlich und örtlich geregelte Temperaturfelder bei der Werkstoffbearbeitung mit dem Elektronenstrahl und dem Laserstrahl  
U. Reisgen, S. Olschok, O. Engels, T. Graf, R. Weber, M. Sawannia, M. Jarwitz
- 32 Wolframschmelzcarbidbasierte MMC-Schichten für den industriellen Einsatz im Formenbau  
A. Langebeck, C. Jahnke, T. Wunderlich, C. Hein, A. Bohlen, E. Uhlmann
- 40 Einfluss von Leistungsultraschall auf die Realisierung artgleicher Ti6Al4V/Ti6Al4V-Schweißverbindungen  
M. Thomä, A. Gester, G. Wagner

### Berichte

- 48 Möglichkeit zur experimentellen Untersuchung des Einflusses von Metaldampf auf einen WIG-Lichtbogen
- 49 Prüflabor für Eigenspannungsanalysen am Institut für Füge- und Schweißtechnik erfolgreich akkreditiert – NOSA unterstützt Forschung und Industrie bei der Optimierung und Analyse von Bauteilen
- 51 Schweißen im Anlagen- und Behälterbau – 49. Sondertagung im Oktober 2021 in München
- 61 DVS CONGRESS 2021 – Teil 2: Bericht über die Vorträge der Vortragsveranstaltungen des DVS im September 2021 in Essen

### Aus dem Verband

- 71 Landes- und Bezirksverbände
- 72 Studierendengruppen im DVS
- 73 Arbeitsschutz beim Schweißen verbessern
- 73 Festveranstaltung: 100 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz
- 74 Wir gratulieren/ Wir trauern um
- 75 Neu im DVS-Präsidium
- 75 Schweißen ohne Funkenflug

### Veröffentlichungen

- 77 Bücher/Zeitschriften/Normen
- 81 Stellenmarkt
- 83 Firmenverzeichnis zum Anzeigenteil
- 83 Impressum

# Studie zum Welthandel: Das Tauziehen um Waren geht bis Mitte 2022 weiter

Konsum-Boom trifft Lieferengpässe: So lässt sich die aktuelle Situation im Welthandel kurz zusammenfassen. Auch Lieferkettenunterbrechungen und die nach wie vor herrschende Corona-Pandemie sind zu diesem „Date“ geladen – eine recht ungunstige Beziehungskonstellation. Und so schnell wird sich das voraussichtlich nicht ändern, denn bis mindestens Sommer 2022 dürfte diese Volatilität die neue Norm sein. Zu diesem Schluss kommt die neue Welthandelsstudie „Batting out of supply chain disruptions“ des weltweit tätigen Kreditversicherers Euler Hermes.

## Erholung in Sicht: Aktueller Einbruch nur temporär

Der Einbruch beim weltweiten Handel mit Waren im 3. Quartal 2021 (–1,1% beim Volumen im Vergleich zum Vorquartal) im Zuge der vielerorts rollenden vierten Coronawelle dürfte allerdings vorübergehend sein. Schon im 4. Quartal sollte sich der weltweite Warenhandel mit +0,8% zum Vorquartal leicht erholt haben.

Insgesamt legt der Welthandel 2021 beim Volumen der gehandelten Waren und Dienstleistungen um voraussichtlich rund 8% im Vergleich zum Vorjahr zu, beim Wert sogar um +18%. Grund für die starke Wertsteigerung sind neben Lieferengpässen die hohen Frachtkosten in der Schifffahrt und

der starke US-Dollar (USD). In den kommenden zwei Jahren dürfte sich das weltweite Handelsvolumen mit +5,4% im Jahr 2022 und +4% im Jahr 2023 sukzessive auf Vorkrisenniveau einpendeln. Auch die Entwicklung beim Wert der gehandelten Waren normalisiert sich in den nächsten zwei Jahren (2022: +7,2%; 2023: +5,7%).

„Aufs und Abs sind auch weiterhin an der Tagesordnung“, sagt Ana Boata, Head of Economic Research bei Euler Hermes. „Wir schätzen, dass aktuell rund 4% der weltweit gehandelten Waren durch Engpässe in der Schifffahrt feststecken. Das Tauziehen um Waren dürfte bis mindestens Sommer 2022 weitergehen. Die USA sitzen dabei weiterhin am längeren Hebel und sowohl Deutschland als auch Europa müssen sich hinten anstellen. China bleibt dabei der Flaschenhals durch die Null-Covid-Politik sowie eine starke Volatilität bei der Nachfrage und Logistik im Zuge des chinesischen Neujahrs.“

## Abhängiges Europa im Epizentrum der Engpässe

Europa ist im Vergleich zu den USA wesentlich stärker von Zwischenerzeugnissen abhängig. Auch die Abhängigkeit von China ist insgesamt groß: Die Experten von Euler Hermes gehen davon aus, dass ein Rückgang der gesamten chinesischen

Exporte um 10% für die EU spürbare Folgen hätte: Dies würde zu einem Rückgang der Produktion im Metallsektor um mehr als –6% führen, im Automobilsektor (einschließlich Transportausrüstung) um mehr als –3% und im Computer- und Elektroniksektor um mehr als –1%.

Europa hinkt außerdem sowohl bei Produktionskapazitäten im verarbeitenden Gewerbe als auch bei Investitionen in die Hafeninfrastruktur hinterher. Deshalb könnte sich die vollständige Normalisierung der Engpässe in Europa über das Jahr 2022 hinaus verzögern, wenn die Nachfrage weiterhin über dem Potenzial bleibt – was laut Studie derzeit das wahrscheinlichste Szenario ist.

Haushaltsgeräte, Unterhaltungselektronik, Automobilbranche sowie Maschinen und Anlagen sind am stärksten von Vorleistungsempfängern betroffen, vor allem bei Halbleitern. Gleichzeitig gehören der Energie- und Elektroniksektor sowie Maschinen und Anlagen wegen der hohen Nachfrage aber auch zu den Exportgewinnern des letzten Jahres. 2022 dürften sie ebenfalls ein starkes Exportwachstum verzeichnen. 2023 werden dann voraussichtlich die Automobilbauer und -zulieferer nach langer Durststrecke wieder zu den Exportgewinnern zählen.

„Deutsche Unternehmen konnten ihre Halbleiter-Bestände zuletzt etwas aufstocken, aber sie bleiben trotzdem weiterhin Mangelware“, sagt Milo Bogaerts, CEO von Euler Hermes in Deutschland, Österreich und der Schweiz. „Taiwan ist der weltweit größte Produzent von Halbleitern und hat zuletzt Produktionskapazitäten deutlich ausgebaut. Diese liegen durchschnittlich jetzt sogar höher als vor der Pandemie. Die größten Kontingente haben sich allerdings Asien und die USA gesichert. Deutschland als führende Industrienation in Europa hatte im Vergleich das Nachsehen.“

## Drei Faktoren beeinflussen die Normalisierung des Welthandels

Am Horizont winkt allerdings eine schrittweise Normalisierung. „Es ist Licht am Ende des Tunnels beim Kampf gegen Lieferengpässe und Lieferkettenunterbrechungen“, sagt Boata. „Es zeichnet sich eine deutliche Entspannung bei den



Die Engpässe in der Schifffahrt dürften sich mit steigenden Kapazitäten wieder auflösen. (Bild: Unsplash.com/Andy Li)

zahlreichen Ungleichgewichten und Verschiebungen im Welthandel ab. Dabei spielen drei wichtige Faktoren eine Rolle: erstens der Konsum, zweitens die Lagerbestände und Produktionskapazitäten sowie drittens die Schiffskapazitäten.“

Der Konsum boomt; er dürfte seinen Höhenflug fortsetzen und somit weiterhin für eine hohe Nachfrage sorgen. Die Lager sind in den meisten Branchen ebenfalls wieder auf Vorkrisenniveau gefüllt. Selbst bei Halbleitern dürfte sich die Lage nach und nach entspannen. „Die meisten Unternehmen werden allein wegen der Kosteneffizienz schrittweise zur ‚Just in time‘-Lagerhaltung zurückkehren – ‚Just in case‘ und Hamstern ist auf Dauer schlicht zu teuer“, sagt Bogaerts.

### Frachtraten weiter auf hohem Niveau

Die Engpässe in der Schifffahrt dürften sich mit steigenden Kapazitäten wieder

auflösen. Noch ist es nicht so weit: Die Frachtraten bewegen sich weiterhin auf Rekordniveau und tragen zusätzlich zur Teuerung bei. Allerdings hat seit November letzten Jahres eine leichte Entspannung der Situation eingesetzt. Diese dürfte sich fortsetzen, wenn Ende 2022 die ersten neu bestellten Schiffe fertiggestellt sind und eingesetzt werden.

Erhöhte Schiffskapazitäten alleine reichen allerdings nicht aus. Auch die Hafeninfrastruktur spielt eine wichtige Rolle. Da zeichnen sich mit dem staatlichen Investitionsprogramm in Höhe von 17 Mrd. USD vor allem in den USA Verbesserungen ab. In Europa gibt es hingegen keine groß angelegten Pläne für Infrastrukturinvestitionen. Aufgrund der großen Abhängigkeit europäischer Unternehmen von Zwischenerzeugnissen aus dem Ausland, insbesondere aus Asien, bleibt hier langfristig ein erhöhtes Risiko für Schocks in der Versorgungskette.

„Deutsche Häfen haben in den letzten Jahren bei der Qualität der Hafeninfrastuktur deutlich an Boden verloren“, sagt Bogaerts. „Sie erreichten zuletzt nur noch den Durchschnittswert der Industrienationen. Die Niederlande, Belgien und die USA haben hingegen ihre Positionen ausgebaut und rechts überholt. Investitionen sind deshalb gerade für Deutschland als führende Export- und Industrienation in Europa ein wichtiger Aspekt für die Stabilisierung von Lieferketten.“

Die vollständige, englischsprachige Studie von Euler Hermes mit dem Titel „Battling out of supply chain disruptions“ kann kostenlos heruntergeladen werden unter [https://www.eulerhermes.de/content/dam/onemarketing/ehndbx/eulerhermes\\_de/presse/2021-12-09-global-trade-report-euler-hermes.pdf](https://www.eulerhermes.de/content/dam/onemarketing/ehndbx/eulerhermes_de/presse/2021-12-09-global-trade-report-euler-hermes.pdf). (Nach Pressemitteilung Euler Hermes)

Anzeige

**DYNAMISCHE LÖSUNGEN  
FÜR KOMPLEXE AUFGABEN**

**GYS**  
INVEST IN THE FUTURE

**„POWER SOURCES“ by GYS**

FRANZÖSISCHER HERSTELLER SEIT 1964

**GYS GOES ROBOTICS**

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

# Europäische Norm zur Beleuchtung von Arbeitsstätten aktualisiert

Tages- und Kunstlicht nehmen in den Unternehmen eine Schlüsselrolle ein, wenn es um Wohlbefinden und Gesundheit der Mitarbeiter geht. Gute Beleuchtung erleichtert die Sehaufgaben am Arbeitsplatz, schafft optimale Bedingungen für Kommunikation und Konzentration und trägt damit auch zur Produktivität im Unternehmen bei, erklärt die Brancheninitiative licht.de. Die europäische Norm DIN EN 12464-1 „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten“ wurde aktualisiert und gibt Unternehmen und Planenden wichtige Hinweise zur Lichtgestaltung.

Ob im Büro am Computerbildschirm oder bei der Arbeit an Maschinen – die Arbeitsstättennorm legt Beleuchtungsanforderungen für berufliche Sehaufgaben fest. Sie ist im November 2021 erschienen und schlägt Beleuchtungslösungen für die meisten Arbeitsstätten in Innenräumen sowie für die dazugehörigen Flächen vor.

## Licht unterstützt die arbeitenden Menschen

Anders als der Vorgänger aus dem Jahr 2011 geht die aktuelle Fassung der Norm neben den Mindestanforderungen auch auf die Bedürfnisse der Anwender ein und erläutert die nicht-visuellen Lichtwirkungen. Denn Tages- oder Kunstlicht dient nicht nur zum Sehen, es wirkt auch auf komplexe Weise: Licht taktet die „innere Uhr“ und koordiniert die meisten Körperfunktionen im 24-Stunden-Rhythmus.

„Eine gelungene Lichtplanung kann Mitarbeitende unterstützen und damit zu Produktivität und Wohlbefinden beitragen. Im Umkehrschluss bedeutet das leider auch: Schlechte Beleuchtung kann sich negativ auf die Arbeitsergebnisse auswirken und im schlimmsten Fall Unfälle provozieren“, sagt Dr. Jürgen Waldorf, Geschäftsführer von licht.de.



Für die Allgemeinbeleuchtung ist homogenes und blendfreies Licht gefragt; eine offene Atmosphäre schaffen Lichtsysteme mit indirekt-direkter Abstrahlcharakteristik. (Foto: licht.de/Siteco)

## Sehaufgabe, Umgebung und Hintergrund

Zu große Helligkeitsunterschiede strengen die Augen an. Deswegen ist eine ausgewogene Verteilung der Leuchtdichten wichtig. „Direkt im Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit sollte die Beleuchtungsstärke am höchsten sein, in der unmittelbaren Umgebung reicht etwas weniger Licht, und im Hintergrund kann es nochmals reduziert werden“, erklärt der Lichtexperte.

Für alle Raumarten – von der Eingangshalle über Flure bis zu den sanitären Anlagen – empfiehlt die Norm etwa Beleuchtungsstärken und Werte für die Farbwiedergabe. Sie macht auch Angaben für spezielle Tätigkeiten, wie beim Schweißen, der Versorgung von Patienten im Gesundheitswesen oder im Unterricht an der Wandtafel. „Dabei handelt es sich stets um Mindestwerte. Mehr Licht ist oft die bessere Wahl, vor allem, wenn es zusätzlich individuell gedimmt werden kann“, rät Waldorf.

Daher nennt die Norm für den Wertungswert der Beleuchtungsstärke erforderliche Mindestwerte und darüber hinaus modifizierte Werte, deren Anwendung sie unter bestimmten Voraussetzungen empfiehlt: etwa, wenn viele ältere Mitarbeiter im Team sind oder Arbeitsaufgaben ungewöhnlich lange dauern. Das Beleuchtungsniveau ist jedoch nur ein Kriterium der Lichtplanung. Betrachtet werden auch Leuchtdichteverteilung, Lichtrichtung, Farbwiedergabe, Lichtfarbe und Flimmern der Lichtquellen. Bei der Planung müssen zudem die Verordnung für Arbeitsstätten (ArbStättV) und die Technische Regel für Arbeitsstätten „Beleuchtung“ (ASR A3.4) beachtet werden.

Auf der Internetseite [www.licht.de](http://www.licht.de) werden alle Kriterien guter Beleuchtung ausführlich erklärt. Darüber hinaus werden dort auch Arbeitshilfen für die Lichtplanung bereitgestellt. (Nach Pressemitteilung licht.de)

## Besuchen Sie unsere Webseite!

Wenn es um Fachinformationen für die Schweißtechnik, Fügetechnik, Trenntechnik und Beschichtungstechnik geht, ist DVS Media die erste Wahl.

[www.dvs-media.eu](http://www.dvs-media.eu)



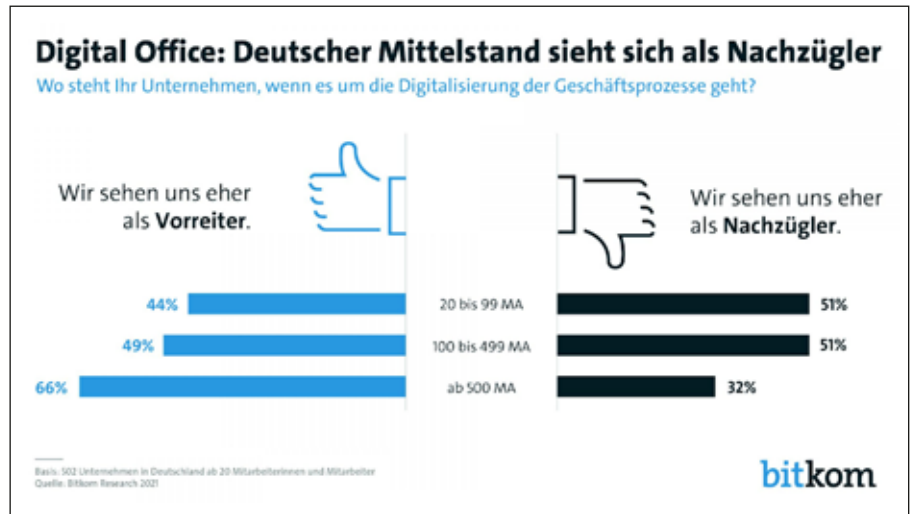
# Digitales Büro und Corona: Mittelstand nutzt den Digitalisierungsschub nicht

Durch die Corona-Pandemie hat die Digitalisierung in deutschen Unternehmen einen Schub erlebt. Der Mittelstand zeigt beim digitalen Büro („Digital Office“) allerdings noch Nachholbedarf. So sieht sich die Hälfte (51%) der mittelständischen Unternehmen zwischen 100 und 499 Beschäftigten als Nachzügler, wenn es um die Digitalisierung der Geschäfts- und Verwaltungsprozesse geht. Ebenso viele (51%) sind es bei kleinen Unternehmen zwischen 20 und 99 Beschäftigten. Bei großen Unternehmen ab 500 Beschäftigten schätzt sich hingegen nur ein Drittel (32%) als Nachzügler ein.

Das zeigen die Ergebnisse einer repräsentativen Umfrage unter 502 Unternehmen in Deutschland, die der Digitalverband Bitkom in Auftrag gegeben hat. „Das digitale Büro hat vor allem in den vergangenen Monaten für bessere Arbeitsfähigkeit und Zusammenarbeit gesorgt. Aber wir sehen im Mittelstand, dass es bei der Digitalisierung von Geschäftsprozessen konkrete Rückstände gibt. Das liegt vor allem an strukturellen Digitalisierungsdefiziten, die im Mittelstand schon seit längerer Zeit bestehen“, sagt Nils Britze, Bereichsleiter Digitale Geschäftsprozesse beim Bitkom.

## Investitionsbereitschaft im Mittelstand eher gering

So ist die Investitionsbereitschaft im Mittelstand eher gering: Nur 39% der Unternehmen mit 100 bis 499 Beschäftigten





geben an, im Jahr 2020 in die Digitalisierung ihrer Geschäfts- und Verwaltungsprozesse investiert zu haben. Ebenso viele (39%) investieren im laufenden Jahr. Die Bereitschaft, in die Digitalisierungskompetenzen der Belegschaft zu investieren, ist sogar auf ein Vor-Corona-Niveau gesunken: Wie bereits 2018 geben jetzt 60% an, gezielt in die Fort- und Weiterbildung der Mitarbeitenden für die digitale Arbeitswelt zu investieren. 2020, in der Anfangsphase der Pandemie, taten dies noch knapp drei Viertel (72%). Parallel nahm auch das Qualifikationslevel in den Unternehmen ab: Im Jahr 2020 gaben noch drei Viertel (75%) der mittelständischen Unternehmen an, über die erforderlichen Mitarbeitenden zu verfügen, um die Digitalisierung

voranzutreiben. Jetzt sagen das nur noch 60% – und damit sogar etwas weniger als 2018, als es 62% waren.

Das digitale Büro zeichnet sich unter anderem auch durch papierarme Prozesse aus. Hier haben die mittelständischen Unternehmen im Jahr 2020 große Fortschritte gemacht: Waren 2018 die Geschäftsprozesse erst von 29% der Unternehmen überwiegend papierlos, stieg der Wert auf 40%. Nun verzeichnen die Unternehmen jedoch einen kleinen Rückgang auf 36%. Im Einsatz digitaler Lösungen zeigen sich ähnliche Tendenzen: Zwar nutzen mit 95% fast alle mittelständischen Unternehmen digitale Lösungen wie CRM, ECM oder ERP. Allerdings waren es im Vorjahr schon 98% und 2018 96%. ▶

Anzeige





**Der Lichtbogenschweißer – Leitfaden für Ausbildung und Praxis**

Viele DIN-Normen sind seit der letzten Auflage überarbeitet worden und haben somit grundlegende Änderungen für Industrie und Handwerk in Planung, Konstruktion und Fertigung erforderlich gemacht.

Der Lichtbogenschweißer eignet sich mit seinen praktischen Tipps und Hinweisen besonders für die Aus- und Weiterbildung, die Wissensauffrischung von Facharbeitern und Meistern sowie als Unterstützung für die Arbeitsvorbereitung und Qualitätskontrolle.

128 Seiten, 255 Bilder und Abbildungen / 24 Tabellen,  
Best.-Nr. 205610, 11. Auflage 2013, **Preis: 25,00 Euro**

DVS Media GmbH • Aachener Straße 172 • 40223 Düsseldorf • T +49 211 1591-162 • F +49 211 1591-150 • [vertrieb@dvs-media.info](mailto:vertrieb@dvs-media.info) • [www.dvs-media.eu](http://www.dvs-media.eu)

## Chance, knappe Ressourcen effizient zu nutzen

Die größten Hürden bei der Digitalisierung des Büros sieht der Mittelstand im hohen Investitionsbedarf sowie im Zeitmangel für Digitalisierungsprojekte (jeweils 70%). 67% fehlen ausreichend Standards. „Besonders im Mittelstand

sollten digitale Geschäftsprozesse als Chance gesehen werden, um knappe Ressourcen effizient zu nutzen und Leistung nachhaltig zu steigern,“ so Britze.

Auch die Anforderungen an die IT-Sicherheit (60%) sowie die Angst vor Datenverlust (59%) spielen bei mittelständischen Unternehmen eine große Rolle. „Nur durch

den Einsatz von modernsten digitalen Technologien lassen sich die hohen Anforderungen an Datensicherheit überhaupt erst umsetzen. Bei der richtigen Ausgestaltung wird das ‚Digital Office‘ zum Wettbewerbsvorteil im Mittelstand“, sagt der Bitkom-Experte. (Nach Pressemitteilung Bitkom; www.bitkom.org)

# Online-Events statt Präsenzveranstaltungen: keine Selbstläufer

Corona-bedingt hat sich ein großer Teil des Messe- und Tagungsgeschäfts ins Internet verlagert, und die Firmen experimentieren mit vielen neuen digitalen Veranstaltungsformaten. Als Crux erweist sich allerdings oft deren Vermarktung.

Nur wenige Wirtschaftszweige wurden von der Pandemie so gebeutelt wie die Messewirtschaft. Laut Daten des Ausstellungs- und Messe-Ausschusses der Deutschen Wirtschaft (AUMA) wurden im Corona-Jahr 2020 von den in Deutschland ursprünglich geplanten 190 nationalen und internationalen Messen nur 49 durchgeführt. Und die Zahl der Aussteller und Besucher sank um 76 bzw. 78%. Etwas besser sah es bei den regionalen Messen aus, bei denen keine lange Anreise nötig war.

Doch auch hier wurden von den geplanten 165 Messen 100 abgesagt.

## Viele Messeauftritte standen schon vor Corona auf der Kippe

An dieser Situation hat sich bis heute, da das Virus uns immer noch stets begleitet, wenig geändert; und wie es mit der Messewirtschaft weitergeht, steht aktuell in den Sternen. Denn schon vor Corona fragten sich viele Unternehmen: Lohnt es sich im Internet-Zeitalter für uns noch, als Aussteller an Messen teilzunehmen? Schließlich verursacht jeder Messeauftritt hohe Kosten.

Bereits vor der Pandemie beantwortete eine wachsende Zahl von Unternehmen die Frage, ob bei Messen die Input-Output-Relation für sie noch stimmt, mit „nein“. Das

belegt zum Beispiel die Tatsache, dass 2019 die Computermesse „CeBIT“, zu der viele Jahre lang Millionen Besucher aus der ganzen Welt gekommen waren, erstmals nach 33 Erfolg Jahren nicht standfand. „Für Außenstehende kam das überraschend“, betont der Geschäftsführer des Softwareunternehmens Innolytics AG in Leipzig, Dr. Jens-Uwe Meyer. „Schließlich lautete schon damals der Megatrend ‚Digitalisierung‘. Deshalb hätte man eigentlich erwarten können, dass gerade die im IT-Bereich angesiedelten Messen boomen.“

Das taten sie aber nicht. Dies lag dem Vertriebsberater Peter Schreiber aus Ilsfeld zufolge auch daran, dass insbesondere Hersteller von Industriegütern vor Messen schon immer mit dem Problem kämpften: Wie präsentieren wir dort unsere erklärungsbedürftigen Produkte? Denn der Nutzen und Mehrwert ihrer „Problemlösungen“ erschließt sich den Besuchern, anders als bei Gebrauchsgütern, oft nicht von selbst. Er muss ihnen erklärt werden. Ein weiteres, häufiges Problem von ihnen ist: Sie können ihre „Produkte“ – zum Beispiel, weil sie maßgeschneiderte Problemlösungen oder nur Komponenten in komplexen Anlagen sind – auf Messeständen nur bedingt präsentieren. Auch deshalb dockten viele Messengesellschaften an ihre (Industrie-)Messen immer mehr Fachkongresse und -tagungen an. Diese dienen auch dazu, den Messeausstellern ein Forum zu bieten, wo sie ihre „Problemlösungen“ in aller Ruhe ihren potenziellen Kunden vorstellen und erklären können.

## Unternehmen gehen mit „Hausmessen“ eigene Wege

Trotzdem entschieden einige Unternehmen bereits vor Jahren, keine Messen mehr zu besuchen, sondern stattdessen eine



Online-Events statt Präsenzveranstaltungen erfordern neue Konzepte. (Bild: Unsplash.com/Gabriel Benoist)



Hausmesse bzw. ein technisches „Open house“ mit praktischen Vorführungen zu veranstalten. Als Vorbild diene ihnen dabei etwa das Unternehmen Apple, das seit 40 Jahren solche Events durchführt – an seinem Stammsitz und als Roadshow.

Ein Problem beim Realisieren dieses Vorhabens war, dass die meisten Unternehmen weder die Marktposition noch eine solche Fangemeinde wie Apple haben. Zudem besitzen ihre Geschäftsführer nicht den Kult-Status, den zumindest Steve Jobs bei vielen hatte, weshalb es für sie schon ein Event war, ihn zu sehen und seinen Worten zu lauschen. Entsprechend schwer fällt es den Unternehmen oft, genügend und die richtigen Personen zum Besuch ihrer Hausmessen zu bewegen. Recht einfach gelingt dies meist noch bei Stammkunden, doch bei potenziellen Neukunden sieht dies anders aus. Deshalb erfüllen viele Firmenevents eine Funktion nicht, die früher die Messebesuche gerade bei eher unbekanntem Unternehmen hatten, nämlich: mit Neukunden in Kontakt zu kommen – und sei es zufällig, wenn diese beim Messebummel an ihrem Stand vorbeischlenderten.

### Firmenevents bedürfen einer sorgfältigen Planung

Daher sollten Unternehmen, die beispielsweise eine Hausmesse planen, sich vorab unter anderem intensiv mit folgenden Fragen befassen:

- Wer soll an der Veranstaltung teilnehmen?
- Wie kommen wir mit diesen Personen bzw. Organisationen in Kontakt?
- Wie vermitteln wir ihnen, dass sich der Besuch unserer Veranstaltung für sie lohnt?
- Wie sollte das (Rahmen-)Programm gestaltet sein, damit die Zielpersonen sich auf den Weg zu uns machen und zum Beispiel einen Tag bei uns verweilen?

Bei solchen Vorüberlegungen gelangen Betriebe oft – ähnlich wie die Messesellschaften, wenn es um das Fördern ihrer Kongresse geht – zu der Erkenntnis: Wir brauchen einen Redner, der als Zugpferd für unsere Veranstaltung dient. Dies kann entweder ein Prominenter sein, den viele Angehörige der Zielgruppe einmal live erleben möchten, oder ein anerkannter Experte für ein Fachthema, das der Zielgruppe auf den Nägeln brennt. ►



## JOIN! THE FULL WELDING SOLUTIONS!

for your Lasting Connections



Grundwerkstoffe, Stromquellen, Schweißzusätze und mehr – viele Komponenten tragen zu einem perfekten Schweißergebnis bei. Eine Full Welding Solution von Böhler Welding ist jedoch viel mehr als die Summe ihrer Teile. Wir genießen das Ansehen als führende Autorität auf dem Gebiet der Schweißmetallurgie und auf dieser soliden Vertrauensbasis bauen unsere Full Welding Solutions auf. Unsere kompetenten und engagierten Experten begleiten den gesamten Prozess an der Seite unserer Kunden, von der Konzeption des Schweißprojektes bis zur erfolgreichen Durchführung.

JOIN! Your Full Welding Solution.



Scannen für weitere Infos

## Online-Events erfordern neue Konzepte

Seit Ausbruch der Corona-Pandemie waren aber auch Hausmessen und „Open houses“ als Präsenzveranstaltungen zumeist nicht möglich. Deshalb verlagerten viele Unternehmen diese Events ins Netz. Dabei hegten sie laut Aussagen der Wiener Wirtschaftspsychologin Sabine Prohaska anfangs oft die Illusion: Unsere in Präsenzveranstaltungen bewährten Formate entfalten auch online eine hohe Wirkung.

Das ist selten der Fall, denn „bei Online-Events ist die Aufmerksamkeitsspanne von Menschen viel geringer als bei Präsenzveranstaltungen“, betont Prohaska. Spricht bei einem Online-Event zum Beispiel nur eine Person vor laufender Kamera, verlieren die Zuschauer meist schnell das Interesse. Das heißt: Sie verschwinden. Entsprechend wichtig ist es bei Online-Events, die Kernbotschaften mit Bildern und Videos zu visualisieren. Zudem sollten in Vorträge interaktive Elemente wie Publikumsfragen per Chat oder Interviews integriert sein.

Generell gilt es bei Online-Kongressen und -Tagungen, die zentralen Botschaften in viel kürzerer Zeit zu transportieren, so Dr. Jens-Uwe Meyer. Zudem sollten Veranstalter statt auf „Monumental-Events“ wie

Tagesseminare besser auf Veranstaltungsreihen setzen.

## Viele Entscheider sind zunehmend „online-müde“

Diese dramaturgischen Anforderungen haben inzwischen viele Unternehmen verinnerlicht. Probleme bereitet es ihnen aber oft noch, Teilnehmer für ihre Online-Events zu gewinnen – und dies obwohl daran theoretisch jeder Mensch weltweit teilnehmen könnte, sofern er über einen PC oder ein Tablet sowie einen Internetzugang verfügt. Trotzdem fällt es vielen Unternehmen zunehmend schwer, Teilnehmer zu akquirieren, auch weil es inzwischen ein Überangebot an digitalen Veranstaltungen gibt. Zudem verbringen viele Entscheidungsträger in den Unternehmen ohnehin einen großen Teil ihres Arbeitstags in und mit Videokonferenzen. Deshalb haben sie oft keine Lust mehr auf ein weiteres Online-Event.

Entsprechend hoch – und deutlich höher als bei Präsenzveranstaltungen – ist bei Online-Events die sogenannte „No-Show-Rate“: Das heißt, von den angemeldeten Personen nehmen letztlich viele gar nicht teil. Bei kostenlosen Kunden-Events kann ihr Anteil bis zu zwei Drittel betragen – „auch weil dem Veranstalter aus Teilnehmersicht

hierdurch kein finanzieller Schaden entsteht“, erklärt Peter Schreiber. Schließlich muss er für das Event keinen Raum anmieten und auch kein Buffet für das anschließende „Come-together“ aufbauen.

## Teilnehmer müssen mit System akquiriert werden

Gerade deshalb gilt es aber bei Online-Events, sogenannte Highlights zu schaffen und diese zu kommunizieren. Dr. Meyers Tipp, der selbst ein erfahrener Vortragsredner zu den Themen Innovation und Digitalisierung ist: „Definieren Sie Ihre Zielgruppe im Vorfeld sehr genau und sprechen Sie die potenziellen Teilnehmer abgestuft mehrfach gezielt an, um ihre Neugier zu wecken. Und halten Sie auch nach der Anmeldung ihr Interesse hoch, zum Beispiel durch inhaltliche Appetithäppchen vorab. Dann ist die ‚No-Show-Rate‘ niedriger.“

Generell gilt laut Sabine Prohaska im Bereich der Online-Events: Mit der modernen Informations- und Kommunikationstechnik lassen sich viele neue, spannende Veranstaltungsdesigns entwerfen. „Erfolgsentscheidend ist aber, wie so oft im Leben, das ‚Gewusst wie‘.“

Lukas Leist,  
freier Journalist, Darmstadt

## Für Sie notiert

■ Das Projekt „HANDWERK<sup>N</sup> – Nachhaltigkeit in Handwerksbetrieben stärken!“ hat einen **kostenlosen Nachhaltigkeits-Leitfaden** herausgegeben. Das Nachschlagewerk ermöglicht Betriebsinhabern und

Führungskräften aus dem Handwerk einen umfänglichen Einblick in das Thema des zukunftsfähigen Wirtschaftens. Komplexe Nachhaltigkeitsaspekte werden informativ aufbereitet, um das Erstellen einer

Nachhaltigkeitserklärung zu erleichtern. Als Ergänzung zum „digitalen Nachhaltigkeits-Navigator Handwerk“ unterstützt der Leitfaden dabei, die Stärken und Potenziale zukunftsfähiger Betriebsführung

Anzeige



### Prüfungsfragenkatalog für den Schweißer

Mehr als 800 Multiple-Choice-Fragen behandeln alle Wissensgebiete, in denen sich ein angehender Schweißer auskennen muss. Damit ermöglicht der Fragenkatalog die optimale Vorbereitung auf alle Schweißerprüfungen.

Die Fragen sind auf nationale und internationale Schweißerprüfungen abgestimmt und entsprechen der aktuell gültigen Normung.

Pro Frage ist jeweils nur eine Antwort richtig – ein Lösungsschlüssel am Ende des Buches hilft beim Überprüfen der Ergebnisse. Dies garantiert eine ideale Prüfungsvorbereitung.

Der Fragenkatalog ist unterteilt in die Blöcke: ■ Schweißprozesse ■ Werkstoffe / Schweißzusatzwerkstoffe ■ Arbeitssicherheit ■ Nahtvorbereitung ■ Arbeitstechnik ■ Qualitätssicherung

DVS Media GmbH • Aachener Straße 172 • 40223 Düsseldorf • T +49 211 1591-162 • F +49 211 1591-150 • vertrieb@dvs-media.info • www.dvs-media.eu



6. Auflage 2021,  
88 Seiten broschiert,  
DIN A4, Best.-Nr.: 600090

Preis: 32,00 Euro

Preis Buch & E-Book: 48,00 Euro

zu erkennen und zu nutzen. Er kann im PDF-Format kostenlos heruntergeladen werden unter [https://nachhaltiges-handwerk.de/wp-content/uploads/Nachhaltigkeits-Leitfaden\\_HANDWERKhochN.pdf](https://nachhaltiges-handwerk.de/wp-content/uploads/Nachhaltigkeits-Leitfaden_HANDWERKhochN.pdf).

■ Das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) hat im Dezember die **Ausbildungsmarktbilanz 2021** vorgestellt. Im vergangenen Ausbildungsjahr wurden 473.100 Verträge neu abgeschlossen. Dies sind 1,2% mehr als im Jahr zuvor. „Das ist ein kleiner Hoffnungsschimmer in einer schwierigen Zeit. Die Zahl liegt jedoch noch deutlich unterhalb des Niveaus von vor der Corona-Pandemie“, erklärt Bundesbildungsministerin Bettina Stark-Watzinger. „Deshalb können wir uns damit nicht zufriedengeben. Es ist unser Ziel, deutlich mehr junge Menschen in Ausbildung zu bringen.“ So soll eine Exzellenzinitiative Berufliche Bildung auf den Weg gebracht werden, um Ausbildung deutlich attraktiver zu machen. Darüber hinaus soll ein Pakt zur Stärkung und Modernisierung berufsbildender Schulen aufgelegt und die Berufsorientierung flächendeckend ausgebaut werden. Die BIBB-Erhebung über die neu abgeschlossenen Ausbildungsverträge wird jährlich in Zusammenarbeit mit den für die Berufsausbildung zuständigen Stellen durchgeführt. Dabei werden die Ausbildungsverträge berücksichtigt, die in der Zeit vom 1. Oktober des Vorjahres bis zum 30. September des Erhebungsjahres neu abgeschlossen wurden. Die vollständigen Ergebnisse sind auf der Internetseite des BIBB unter [www.bibb.de/naa309-2021](http://www.bibb.de/naa309-2021) veröffentlicht.

■ Bund und Länder unterstützen die **Messewirtschaft in Deutschland** mit einem neuen Ausfall-Sonderfonds. Damit sollen die Kosten der Veranstalter zur Vorbereitung von Messen gegen das Risiko abgesichert werden, dass die Veranstaltung coronabedingt abgesagt werden muss. Über den Sonderfonds können veranstaltungsbezogene Kosten in einem Umfang von insgesamt bis zu 600 Mio. Euro abgesichert werden. Der Bund stellt das Geld zur Verfügung, Antragsbearbeitung und Auszahlung liegt bei den Ländern. Im Fall der pandemiebedingten Absage einer Messe können maximal 80% der dadurch entstandenen veranstaltungsbezogenen Kosten von dem Fonds übernommen werden. Die höchstmögliche Entschädigungssumme beträgt 8 Mio. Euro je Veranstaltung.

Abgedeckt sind Betriebs- und Personalkosten, Anmietungen, Wareneinsätze sowie beauftragte Dienstleister. Berücksichtigt werden Veranstaltungen mit einem planmäßigen Durchführungsdatum bis zum 30. September 2022, wobei die Messe oder Ausstellung vorab auf der zugehörigen zentralen Online-Plattform registriert werden muss. Weitere Informationen zu dem Sonderfonds finden sich unter: [www.sonderfonds-messe.de](http://www.sonderfonds-messe.de).

■ Das Plakat „**Das 5-Punkte-Programm gegen Leiterunfälle**“ der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) zeigt, wie Leitern sicher verwendet werden. Ob bei Montage-, Ausbau- oder Bewehrungsarbeiten: Sobald es beim Arbeiten in die Höhe geht, sind Leitern häufig im Einsatz. Zugleich sind diese für fast die Hälfte der Absturzunfälle von Versicherten der BG BAU verantwortlich. Im Jahr 2020 wurden

fast 3.000 Absturzunfälle im Zusammenhang mit einer Leiter gemeldet, acht Menschen verloren durch einen Leiterunfall das Leben. Die Hauptursachen von Unfällen mit tragbaren Leitern sind das Abrutschen von den Sprossen, das Wegrutschen der Leiter und Gleichgewichtsverlust. „Wenn die Gegebenheiten den Einsatz einer Leiter erforderlich machen, sind der feste Stand der Leiter und der sichere Stand der Beschäftigten darauf die wichtigsten Voraussetzungen für sicheres Arbeiten in der Höhe“, erklärt Bernhard Arenz, Leiter der Hauptabteilung Prävention der BG BAU. Werden die beiden Grundsätze „Die Leiter ist immer zweite Wahl“ und „Wenn Leiter, dann Stufe statt Sprosse“ berücksichtigt, ist bereits viel für die Absturzprävention getan. Das Plakat kann kostenlos heruntergeladen werden unter <https://www.bgbau.de/service/angebote/medien-center-suche/medium/2997/>.

Anzeige

**B**erthold  
**S**chmidt  
**F**luterschen

**BSF**  
Schweißen & Automation





Ihr Kompetenzpartner fürs Widerstandsschweißen und verwandte Verfahren

<b>Wir sind spezialisiert auf:</b>	Punktschweißen, Buckelschweißen, Rollennahtschweißen, Laserschweißen, Mikroschweißen
<b>Wir liefern:</b>	Standard- u. modifizierte-Maschinen Fertigungszellen u. Fertigungslinien
<b>Wir liefern Maschinen in der Technik:</b>	AC / 50 Hz, DC-3-Phasen-50Hz, MF / 1000 Hz, KE mit Impulsen, KE mit Sinus-Plus-Form-Technik
<b>Wir liefern:</b>	Retrofitmaschinen nach MRL 2006-42-EG
<b>Wir liefern:</b>	Schweißsteuerungen
<b>Wir liefern:</b>	Schweißelektroden u. Schweißwerkzeuge
<b>Wir reparieren:</b>	Ihre Anlagen in wenigen Tagen vor Ort
<b>Wir ändern:</b>	Ihre Maschinensteuerung von analog auf digital inkl. redundanter Ventiltechnik
<b>Wir automatisieren:</b>	Ihre vorhandenen Anlagen
<b>Wir beraten:</b>	Persönlich in ihrem Hause

**Berthold Schmidt**  
Anwendungstechniker • Vertrieb/Projektmanagement

BSF-Schweißen & Automation  
Technisches Büro  
Ahornweg 10  
D-57614 Fluterschen, Germany

Tel.: +49 - 26 81 - 98 63 62  
Mobil: +49 - 160 - 33 5 33 18  
Berthold.Schmidt@BSF-Schweissen.de  
[www.BSF-Schweissen.de](http://www.BSF-Schweissen.de)

# Bodenfahrwerk für Universal-Widerstandsbuckelschweißanlage geliefert: millimetergenau auf den Punkt

Bei der Gatzsch Schweißtechnik GmbH in Attendorn im Sauerland dreht sich alles ums Fügen. Ob Standard- oder Sonder-schweißanlagen, mit oder ohne Roboter: Gatzsch entwickelt und produziert individuelle Lösungen unter anderem für innovative Automobilzulieferer. Um flexibel große und kleine Pkw-Komponenten mit hoher Produktivität und Qualität fügen zu können, muss die Buckelschweißmaschine schnell, frei programmierbar und millimetergenau verfahren. Dazu verbauen die Sauerländer Bodenfahrwerke von Indunorm Bewegungstechnik.

## Zielsicher und wiederholgenau die Schweißposition ansteuern

Die Buckelschweißmaschine verfährt mit hoher Geschwindigkeit und steuert zielsicher und wiederholgenau jede Schweißposition an. „Die Komponenten müssen optimal gefügt werden“, beschreibt Dipl.-Ing. Martin Gatzsch, Geschäftsführer bei der Gatzsch Schweißtechnik GmbH. „Schließlich werden sie später in Pkws verbaut, die ihre Fahrgäste im Laufe ihres Betriebs hunderttausende Kilometer transportieren und sicher ans Ziel bringen müssen.“

Das Unternehmen entwickelt und produziert individuelle Lösungen für das Fügen, die vor allem bei Automobilzulieferern zum Einsatz kommen – so wie diese halbautomatische Universal-Widerstandsbuckelschweißanlage, die bis zu 3 m lange Bauteile verschweißen kann. Die zu bearbeitenden Komponenten können zudem unterschiedlich geformt sein. Der Anwender kann die Anlage auf alle Widerstandsschweißaufgaben frei programmieren. Die Fertigteile werden an der einen Materialschleuse manuell entnommen und anschließend neue zu fügende Blechteile eingelegt, während zeitgleich hinter der anderen Materialschleuse verschiedene Schweißmuttern und -schrauben automatisiert zugeführt und mit den Blechteilen verschweißt werden.

## Präzise von Schweißposition zu Schweißposition

Um die bis zu 3 m langen Bauteile zuverlässig und präzise fügen zu können, muss die Anlage flexibel und automatisch die richtigen Schweißpositionen ansteuern können – „und das über viele Jahre millimetergenau“, sagt Martin Gatzsch. Dazu hat sie einen großen Aktionsbereich: Die

Buckelschweißmaschine verfährt auf einem 7 m × 2 m langen Bodenfahrwerk der Indunorm Bewegungstechnik.

„Darauf kann die Anlage zwischen und in den zwei Arbeitsbereichen zweiachsig frei programmierbar verfahren und dort die gewählten Anschweißteile an die Bleche schweißen“, erläutert Bodo Heinz, Vertriebsingenieur bei Indunorm. Sein Arbeitgeber sitzt in Duisburg und hat einen Standort in Stuttgart. Das Unternehmen ist zudem der größte europäische



Um alle Schweißpositionen sicher ansteuern zu können, verfährt die Buckelschweißmaschine auf einem 7 m × 2 m langen Bodenfahrwerk der Indunorm Bewegungstechnik.



Die Bodenfahrwerke bestehen aus einer stabilen Unterkonstruktion, auf der Kugelumlaufrollführungen angebracht sind; den Antrieb übernimmt eine Zahnstange.



Auf der Widerstandsbuckelschweißmaschine bei Gatzsch lassen sich flexibel große und kleine Pkw-Komponenten fügen. (Bilder: Indunorm Bewegungstechnik)

Vertriebspartner des Linearführungsherstellers THK.

### Schweres leicht verfahren

„Unsere Bodenfahrwerke eignen sich perfekt für diese Aufgabe“, sagt Bodo Heinz. „Wir bieten diese Fahrwerke in unterschiedlichen Baugrößen an. Die stärkste Version kann bis zu 500 kg handhaben.“ Die kompakten Lösungen bestehen aus einer stabilen Unterkonstruktion aus Blech, auf der Kugelumlauf Führungen angebracht

sind. Den Antrieb übernimmt eine Zahnstange, die über eine fest installierte Dauerschmierung verfügt. Damit erreichen die Einheiten Verfahrensgeschwindigkeiten bis zu 90 m/min.

„Die Fahrwerke lassen sich über Bodenanker und -nivellierungen befestigen und mit einem Blech abdecken“, erklärt Bodo Heinz. „Alle Oberflächen sind gut zu reinigen, und die Einheiten sind bei Servicearbeiten leicht zugänglich.“ Durch den einfachen und robusten Aufbau können

die Bodenfahrwerke jederzeit in der Länge erweitert werden – entweder millimetergenau oder aber mit standardisierten Modulängen. Auf diese Weise kann Gatzsch Schweißtechnik auf geänderte Anforderungen der Kunden flexibel reagieren und ihnen passgenaue Lösungen liefern. Indunorm hat den Aufbau und die Inbetriebnahme vor Ort übernommen. (Nach Pressemitt. Indunorm Bewegungstechnik; [www.indunorm.eu](http://www.indunorm.eu))

## Prototypen-Zentrum von Fronius: Individuelle Lösungen für komplexe Schweißaufgaben

Individuelle Lösungen für herausfordernde Schweißaufgaben erarbeiten – dabei unterstützt Fronius Unternehmen aus Industrie und Gewerbe in seinem Prototypen-Zentrum in Wels/Österreich, das Anfang 2021 eröffnet wurde. Ob es um Machbarkeitsstudien, das Schweißen von Prototypen, Vorserien oder die Lohnfertigung von Kleinserien geht: Der Kunde kann vom umfassenden Wissen der Experten profitieren, seinen Termindruck sowie sein Investitionsrisiko verringern.

Unternehmen, die Trends aufgreifen oder neue Marktsegmente erschließen möchten, verlassen ihre Komfortzone. Denn häufig benötigen sie dafür neuartige Werkstoffe und Bauteile und stellen sich neuen Herausforderungen in der Produktion. Die Entwicklung und der Bau von Prototypen ist dabei ein zentrales Thema. Zum Teil gehen damit hohe Investitionen

etwa in Anlagen, Software und Personal einher.

Um Risiko und Kosten zu reduzieren, bietet Fronius den Unternehmen die Möglichkeit, schweißrelevante Bereiche ihres Prototypenbaus dauerhaft auszulagern. Im über 900 m<sup>2</sup> großen Prototypen-Zentrum in Wels arbeiten Spezialisten an individualisierten Lösungen für jegliche Schweißherausforderungen.

### Hohe Qualität und eine lückenlose Dokumentation

„Seit wir Anfang 2021 das Prototypen-Zentrum in Betrieb genommen haben, konnten wir den Kunden verschiedener Branchen Lösungen für unterschiedlichste Anforderungen bereitstellen“, betont Wolfgang Scherleitner, Leiter des Zentrums. „Wir bieten aber nicht nur prozesstechnische Unterstützung, sondern haben

das Angebot auch um zahlreiche Hightech-Analysen und Simulationen erweitert. So können wir hohe Qualität und eine lückenlose Schweißdaten-Dokumentation sicherstellen.“

Das Prototypen-Zentrum verfügt hierfür unter anderem über 3-D-Vorrichtungsbau und Vermessung sowie die Möglichkeit der Offline-Programmierung einschließlich Schweißprozesssimulation. Doch auch Wärme- und Verzugssimulation, Schweißnahtinspektion, Laserstrahl-Nachtsuchkamera, Heiß-Aktiv-Plasmatechnologie zur Oberflächenreinigung sowie ein Labor für metallografische Untersuchungen gehören zum Standard. Mit der Software „Weld-Cube“ – zur Dokumentation und Analyse von Schweißdaten – ermöglicht Fronius, die gesamte Bauteilgeschichte detailliert nachzuverfolgen. Überdies legen die Schweißtechnik-Spezialisten von Anfang



Die Roboterschweißzelle verfügt über Hightech-Prozessvarianten von Fronius, etwa Cold Metal Transfer (CMT), Pulse Multi Control (PMC) und Low Spatter Control (LSC). (Bilder: Fronius International)



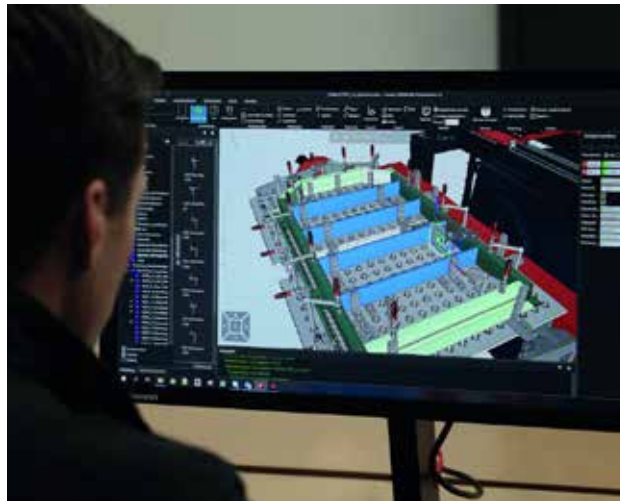
In der Laser-Hybrid-Zelle wird ein leistungsstarkes Metall-Schutzgasschweißsystem mit moderner Lasertechnologie kombiniert: Bei einer Geschwindigkeit von bis zu 8 m/min können Komponenten unterschiedlicher Werkstoffe in hoher Qualität – bei gleichzeitig geringem Verzug – verschweißt werden.

an Wert auf rationelle, ressourcenschonende und effiziente Fertigung.

### Effizientere Fertigungsmethoden

Bedeutenden Mehrwert bietet das Prototypen-Zentrum von Fronius vor allem dann, wenn es um hohe Qualitätsanforderungen und effizientere Fertigungsmethoden geht. Große Dimensionen, komplexes Design, enge Zeitpläne oder komplett neue Produkte, die besonders intelligente Schweißkonzepte erfordern, sind dabei inbegriffen. Ebenso begleiten die Schweißtechnik-Experten die Anwender beim Umstieg vom Handschweißen auf das Roboterschweißen – oder wenn neue Werkstoffe bzw. Schweißprozesse verwendet werden sollen.

Dies gelang bereits für Kunden aus verschiedenen Branchen, wie der Automobil- und Zuliefererindustrie, der Raumfahrttechnik, der Agrar- und



Die „Pathfinder“-Simulationssoftware ermöglicht schon in der Vorprojektphase Taktzeitenanalysen und die realistische Darstellung kompletter Prozessabläufe.

Baumaschinenindustrie oder für den kommerziellen Transport. Ob Batteriewannen für die Elektromobilität, Achsen, Rahmenteile oder auch diverse Anwendungen weiterer Industriezweige: Im

Prototypen-Zentrum können Teile mit bis zu 1.500 kg Gewicht und einer Dimension von 3 m x 2 m gefügt werden. (Nach Pressemitteilung Fronius International GmbH; www.fronius.com)

## Wasserstrahlschneiden öffnet neue Türen für Fliesen- und Ofenbau

Seit 20 Jahren ist die Geisler Fliesen- und Ofenbau GmbH in Maria Alm im Salzburger Land/Österreich auf Fliesen, Granit, Marmor und alle Arten von Natursteinen in Bad- und Wohnbereichen sowie in Gärten und in Wellness-Zonen der heimischen Hotellerie spezialisiert. Zudem umfasst ein wichtiger Bereich im Portfolio die Umsetzung von Sanierungen und Badsanierungen einschließlich der Koordination aller entsprechenden Gewerke.

Große 12-mm-Keramikplatten und Fliesen im Großformat von bis zu

160 cm x 320 cm liegen dabei als Werkstoffe voll im Fokus des Unternehmens. Und diese Expertise in der Großflächenkeramik ist auch ein wesentlicher Faktor, warum sich Geisler im Juli 2020 für das „PremiumCut“-Wasserstrahlschneidsystem mit einem 68°-Schneidkopf von STM Waterjet entschieden hat.

### Neue Möglichkeiten für Großformatplatten

„Das Wasserstrahlschneidsystem öffnet uns wirklich neue Türen“, erklärt

Geschäftsführer Markus Geisler, „es bietet völlig neue Möglichkeiten, vor allem wenn es um Großformatplatten geht.“ Waschtische, Waschbecken, Ofenverkleidungen, Mobiliar wie Tische – jedes Stück ist ein Unikat, aber auch Küchenarbeitsplatten gehören zu den Kernelementen im Angebot der Salzburger Firma. Man kann durch die neue Maschine jetzt auch ein neues Sortiment anbieten. „Denn 12 mm dicke Keramikplatten sind händisch nicht mehr zu bearbeiten. Hier haben wir jetzt endlich das perfekte System in der Umsetzung.“



Seit Juli 2020 ist das Wasserstrahlschneidsystem „STM Premium Cut“ im Einsatz bei der Geisler Fliesen und Ofenbau GmbH im österreichischen Maria Alm. (Bilder: peterkuehnl.com)



Mit der neuen Maschine können auch Logos, individuelle Texturen oder Familienwappen in Fliesen eingraviert werden.

Auch beim Zuschneiden von Feinsteinplatten, Natursteinplatten sowie Rigolen (unterirdische Auffangbecken für Regenwasser) für die Terrasse kann das Unternehmen jetzt mit der „STM PremiumCut“ schneller und flexibler arbeiten. Die Kommunikation zwischen dem Bediener in der Werkstatt und dem Team auf der Baustelle funktioniert reibungslos, rasch und digital. Durch die präzise Vorfertigung müssen Bauteile auf der Baustelle dann auch nicht mehr bearbeitet werden, was die Bauzeit entsprechend verkürzt.

„Man ist durch die neue Maschine auch nicht mehr materialabhängig. Metallplatten, Unterlegplatten – alles ist möglich,

sauber und ohne Verzug zu schneiden“, berichtet Markus Geisler. Es sei damit sehr viel möglich, auch das Gravieren von Logos, individuellen Texten oder Familienwappen in Fliesen: „Hotels kommen einfach mit ihren Wünschen zu uns und wir gravieren oder schneiden exakt ihr Logo.“

### Klassisches Kaltschneidverfahren ohne Gefügeveränderung

Da das Wasserstrahlschneiden ein klassisches Kaltschneidverfahren ist, kommt es zu keinerlei Wärmeentwicklung und daraus resultierender Gefügeveränderung. Daraus folgen auch keine Aufhärtungen an den Schnittkanten bei gleichzeitig

sauberen exakten Fasen. Mit der Wasserstrahltechnologie kann fast jeder Werkstoff – ob Metall, Stein, Glas oder Kunststoff – ohne Umrüstaufwand, ohne thermische Beeinflussung und mit hoher Schnittkantenqualität bearbeitet werden.

Auch von der mehrtägigen Schulung zum Start, der intuitiven Software und von den raschen und einfachen Service-Möglichkeiten ist Markus Geisler angetan: „Wir hatten mit der Anlage bisher noch kein gravierendes Problem. Sie läuft wie ein Glöckerl.“ Und bei technischen Fragen, die gerade am Anfang immer mal auftauchen können, gibt es eine Service-Hotline und die Möglichkeit der Fernwartung mit digitaler Diagnose und Hilfestellung. Durch die räumliche Nähe zu STM sieht Geisler auch kein Problem, im Falle des Falles rasch an ein benötigtes Ersatzteil zu kommen.

Für die Fliesen-Spezialisten aus Maria Alm ist die Anlage von STM aktuell auch ein regionales Alleinstellungsmerkmal. Mit dem Vorteil, als einer von wenigen Fliesenlegerbetrieben eine Premium-Wasserstrahlschneidanlage zu betreiben, denken er und sein Team immer weiter über Einsatzmöglichkeiten und Chancen nach, die ihnen das neue System bietet. (Nach Pressemitt. STM Waterjet; [www.stm-waterjet.com](http://www.stm-waterjet.com))

## Kurzmeldungen

### Trumpf feiert 50-jähriges Laser-Jubiläum in Schramberg

Das Hochtechnologieunternehmen Trumpf mit Hauptsitz in Ditzingen feiert den 50. Geburtstag seines Lasertechnik-Standortes in Schramberg. Über 1.400 Beschäftigte, darunter Physikerinnen, Ingenieure und Software-Architekten, entwickeln, produzieren und warten heute im Schwarzwald Lasertechnik, die in der ganzen Welt in zahlreichen Branchen zum Einsatz kommt. Es handelt sich hierbei um den zweitgrößten Standort von Trumpf in Deutschland. Hagen Zimer, Standort-Geschäftsführer, betont: „Schramberg ist die Keimzelle der industriellen Festkörper-Lasertechnik in Deutschland. Wir haben mit der Bearbeitung von Spiralfedern für die Uhrenindustrie begonnen und liefern heute modernste Lasertechnik für Elektromobilität, Displayfertigung oder auch Smartphone und Tablets in die ganze Welt.“ Entwickler in Schramberg haben

maßgeblich die sogenannte Ultrakurzpulslasertechnik entwickelt und zur Industriereife gebracht. Mit ihrer Hilfe lassen sich

beispielsweise harte Werkstoffe wie Glas oder Saphir, aber auch Solarzellen effizient bearbeiten. Für die Industrialisierung

Anzeige

**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, Reaktor-  
bauteilen, Behältern, Rohrleitungen,  
Guß- und Schmiedeteilen, Schweiß-  
nähten 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: [klumpf@diffutherm.de](mailto:klumpf@diffutherm.de) • [www.diffu-therm.de](http://www.diffu-therm.de)



Über 1.400 Beschäftigte arbeiten in Schramberg im Schwarzwald am zweitgrößten Standort von TrumPF in Deutschland. (Bild: TrumPF)

dieser Technologie erhielt TrumPF im Jahr 2013 gemeinsam mit Vertretern des Technologiekonzerns Bosch und der Universität Jena den renommierten Deutschen Zukunftspreis vom Bundespräsidenten.

### Vinci Energies übernimmt Robotik- und Schweißspezialisten conntronic

Das Unternehmen Vinci Energies aus Frankfurt/Main übernimmt die conntronic Prozess- und Automatisierungstechnik GmbH, Augsburg, und erweitert damit das Leistungsportfolio seiner Marke „Actemium“ für industrielle Prozesslösungen in den Bereichen Robotik, Maschinen- und Schweißtechnik. Conntronic ist spezialisiert auf die Entwicklung und den Bau kundenspezifischer Schweißmaschinen und -anlagen – von der einzelnen Maschine bis zu komplett automatisierten Systemen. Das Unternehmen besitzt langjährige Erfahrung in den Bereichen Kondensatorentladungs-, Mittelfrequenz- sowie Laserstrahlschweißen und bietet alle diese Technologien unter einem Dach. Mit dem „conntronic teccenter“ unterhält das

Unternehmen zudem eine Forschungs- und Entwicklungsabteilung, die den Kunden unter anderem Machbarkeitsanalysen, Bauteilentwicklung, Kleinserien zur Prozessvalidierung sowie die Abbildung prozessreifer Prototypen ermöglicht. conntronic erwirtschaftete 2020 mit 53 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern einen Umsatz von rund 9,2 Mio. Euro.

### Cloos erweitert Geschäftsführung

Die Carl Cloos Schweißtechnik GmbH, Haiger, hat ihre Geschäftsführung verstärkt: Zum 1. November 2021 ist Alexander Veidt als Chief Financial Officer (CFO) bei dem Schweiß- und Robotikspezialisten eingestiegen. In dieser Funktion verantwortet er die Bereiche Finanzen und Controlling, IT, Organisation und Personal. Er führt das Unternehmen gemeinsam mit dem Chief Technological Officer (CTO) Stephan Pittner, der für die Entwicklungsbereiche sowie die Business Unit Automation zuständig ist. Sieghard Thomas, der das Unternehmen seit 2016 als Chief Executive Officer (CEO) leitete, hat sich Ende 2021 aus dem operativen Geschäft zurückgezogen.



Roboter zum Laserstrahlschweißen in verkettetem Aufbau. (Bild: Vinci Energies)

Nach seiner Ausbildung zum Industriekaufmann hat Alexander Veidt sein Studium der Betriebswirtschaftslehre mit den Schwerpunkten Unternehmensrechnung und Management von KMU im Jahr 2005 erfolgreich abgeschlossen. Daraufhin folgten verschiedene Stationen im Controlling und als CFO bei mehreren Unternehmen. „Ich freue mich nun sehr auf neue Aufgaben und Herausforderungen bei Cloos als technologischer Vorreiter in der manuellen und automatisierten Schweißtechnik“, sagt Alexander Veidt. „Ich möchte die Internationalisierung des Unternehmens weiter vorantreiben, sodass unsere weltweiten Standorte noch enger zusammenrücken.“



Die Cloos-Geschäftsführung (von links nach rechts): Alexander Veidt, Sieghard Thomas und Stephan Pittner. (Bild: Cloos)

### Audi und Kuka kooperieren im Automobilbau

Die Audi AG hat das Automatisierungsunternehmen Kuka, Augsburg, mit der Planung, Lieferung und Integration in mehrere Karosseriebaulinien für den Unterbau zweier neuer Fahrzeugmodelle der Mittel- und Oberklasse beauftragt. Der Auftrag hat ein Volumen im mittleren einstelligen Millionen-Euro-Bereich. Für den Teilbereich des Unterbaus übernimmt Kuka die Integration und teilweise Taktzeitreduzierung in zwei vollautomatisierten Karosseriebaulinien. Etwa 200 Roboter führen hier Fertigungsaufgaben wie Widerstandspunktschweißen und Kleben aus. „Unsere langjährige Erfahrung im Gestalten flexibler und effizienter Fertigungsprozesse





Für den Teilbereich des Unterbaus übernimmt Kuka die Integration und teilweise Taktzeitreduzierung in zwei vollautomatisierten Karosseriebaulinien. (Bild: Audi AG)

macht uns zum zuverlässigen Partner der Automobilindustrie," sagt Gerald Mies, CEO Kuka Systems GmbH. „Wir freuen uns über das Vertrauen in unsere Technologien.“ Kuka ist ein international tätiger Automatisierungskonzern mit einem Umsatz von rund 2,6 Mrd. Euro und etwa 14.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern.

### Kemper Training Center geht in Vreden an den Start

Hier geht es um die neueste Absaugtechnik beim Schweißen – und ums Netzwerken in entspanntem Ambiente: Gemeinsam mit Schweißexperten aus verschiedenen Social-Media-Kanälen hat die Kemper GmbH ihr neues Training Center am Unternehmenssitz in Vreden eröffnet. Auf einer Gesamtfläche von 400 m<sup>2</sup> unterteilt es sich in vier Bereiche. In der Lounge, ausgestattet mit Sofas und Sesseln, fördert das Unternehmen in entspannter Atmosphäre den Netzwerkgedanken. In dem modern designten Showroom mit Messestand-Charakter stellt Kemper das gesamte aktuelle Produktsortiment aus – von mobilen Absauggeräten über zentrale Filteranlagen bis hin zu Raumluftungssystemen und weiterem Arbeitsschutz-Equipment. In einem Schulungsraum führen



Im kürzlich eröffneten Training Center von Kemper können Interessenten die neueste Absaugtechnik beim Schweißen live erleben. (Bild: Kemper GmbH)

Experten in aktuelle Normen und den richtigen Umgang mit den Geräten ein. Wer diese direkt testen möchte, kann im Welding Space den Lichtbogen zünden. An mehreren Arbeitsplätzen sind die gängigen Schweißverfahren unter maximalen Sicherheitsaspekten zu erleben. „Mit unserem neuen Angebot bedienen wir das wachsende Bedürfnis nach sauberer Atemluft am Arbeitsplatz“, betont Björn Kemper, Vorsitzender der Geschäftsführung der Kemper GmbH. „Unsere Partner sind herzlich eingeladen, bei und mit uns effektiven Arbeitsschutz neu zu entdecken und weiterzuentwickeln.“

### Wechsel in der Vertriebsleitung bei der ULT AG

Bei der ULT AG aus Löbau, Anbieter von Absaug- und Filtertechnik, geht eine Ära zu Ende: Wolfgang Richter wird die Vertriebsleitung an Marko Höher übergeben. Seit Gründung der ULT AG vor mehr als 25 Jahren hat Richter das Unternehmen mitgestaltet und entwickelt. Neben seiner Tätigkeit in der Geschäftsleitung verantwortete er in den letzten Jahren die Entwicklung des nationalen Vertriebes sowie des Vertriebsinnendienstes als Vertriebsleiter. Vorstand Alexander Jakschik sagt: „Wolfgang Richter hat in den vergangenen Jahrzehnten eine solide Vertriebsstruktur und langfristige Partnerschaften erfolgreich aufgebaut. Um im Zuge bevorstehenden Ruhestandes Mitte 2023 eine gute Übergabe und Kontinuität zu gewährleisten, freuen wir uns, dass wir Marko Höher für die Stelle der Vertriebsleitung national und des Vertriebsinnendienstes gewinnen konnten.“ Höher verfügt über mehr als zwanzig Jahre Berufserfahrung in Technik und Management von Projekten, Service und Vertrieb. Seine beruflichen Stationen



Wolfgang Richter (links) übergibt die nationale Vertriebsleitung der ULT AG an Marko Höher (rechts).

vor der ULT AG waren Unternehmen im Bereich der Halbleiterindustrie und des Maschinen- und Anlagenbaus.

### Kostenlose Online-Seminare zur Druckluftherzeugung

Nach dem Erfolg im vergangenen Jahr führt Atlas Copco auch im Jahr 2022 seine Online-Seminarreihe fort. Die 30- bis 60-minütigen Webinare bieten neben Einblicken in verschiedene Druckluftfachthemen auch die Möglichkeit zum Live-Chat mit den Referentinnen und Referenten. Für das erste Halbjahr 2022 ist bereits ein Programm mit unterschiedlichen Themen rund um das Thema Druckluft und Industriegase geplant, darunter etwa die folgenden:

- BAFA-Förderung für Kompressoren,
  - 10 Schritte zur CO<sub>2</sub>-Reduktion mit energieeffizienter Drucklufttechnologie,
  - Was ist Prozessfiltration und wo wird sie eingesetzt?
  - CO<sub>2</sub>-Reduktion durch autarke Stickstoff- oder Sauerstoffherstellung vor Ort,
  - Effiziente Druckluftherzeugung: mit Wärmerückgewinnung Kosten sparen.
- Die Teilnahme an allen Druckluft-Webinaren ist kostenlos. Sie können über die Webseite <https://www.atlascopco.com/de-de/compressors/druckluft-wissen/druckluft-kompressoren-online-seminare> gebucht werden. Um einen optimalen und möglichst interaktiven Ablauf der Veranstaltung gewährleisten zu können, ist die maximale Teilnehmerzahl begrenzt.

# Produkte

## Mobiles CNC-Schneidsystem für kleine Anwendungen

Für den kleinen Einsatzfall hat Thermacut sein Schneidsystem „Ex-Track CNC“ (Bild 1) konzipiert, mit dem metallverarbeitende Betriebe schnell, unkompliziert und wirtschaftlich arbeiten und sich unabhängig von Zulieferern machen können. Das XY-Portal mit seinem Arbeitsbereich von 3.000 mm × 1.500 mm – ausgerüstet mit Autogen- oder Plasmaschneidbrenner – schneidet das gewünschte Bauteil mit einer maximalen Schneidgeschwindigkeit von 3.000 mm/min. aus dem gewählten Blech aus. Der Vertikalhub des Brenners ist 100 mm. Das System hat eine ähnliche Funktionalität wie größere Schneidportale. Per CNC-Technik schneidet es einfache wie komplexe Formen exakt und mit hoher Wiederholgenauigkeit. Es ist transportabel, sodass es problemlos von zwei Personen zum Einsatzort getragen werden kann. Der Tisch wird kundenspezifisch realisiert, etwa mit Absaugung oder Wasserbett. Der Bediener kann das Gerät manuell programmieren, kann eigene Programme aus einer Bibliothek mit 50 Standardformen generieren oder ein CAD-System wie AutoCAD nutzen. Da zwei Brenner für Autogen- und Plasmaschneiden gleichzeitig am Portalarm platzierbar sind, können Anwender einfach die optimale Technologie wählen. Per Autogenbrenner lassen sich Bauteildicken bis 90 mm schneiden, mit dem Plasmaschneider bis 20 mm. (Thermacut GmbH, Am Rübgarten 2, 57299 Burbach; [www.thermacut.de](http://www.thermacut.de))



Bild 1



Bild 2

## Automatisierter Wechsel von Stromkontaktrohren

Um eine gleichbleibend hohe Schweißqualität beim automatisierten Lichtbogenschweißen zu erzielen, ist ein regelmäßiger Wechsel der Stromkontaktrohre erforderlich. Der noch weit verbreitete manuelle Austausch ist zeitaufwendig, da die Roboterlinien dafür gestoppt werden müssen. Mit dem neuen Wechsler „Tipman CTC-001“ (Bild 2) wird der Austauschprozess automatisiert. Er wechselt die Stromkontaktrohre in nur etwa 40 s, ohne die Produktionslinien zu unterbrechen. Der Prozess wird von drei eingebauten Sensoren präzise überwacht, die dafür sorgen, dass die Stromkontaktrohre zuverlässig ausgetauscht und aufgeschraubt werden. Geliefert wird der „Tipman CTC-001“ mit eigener, vorkonfigurierter Steuerung, Ständer und Sensoren. Dank seines kompakten Designs benötigt er nur wenig Platz in der Schweißzelle und ist mit fast allen Arten von Brennern kompatibel. Nach automatischem Abschrauben der Gasdüse wird der

Draht durch den inkludierten Drahtabschneider geschnitten. Nach dem Entfernen des alten Stromkontaktrohrs und der Säuberung wird ein neues aufgeschraubt. Die alten Stromkontaktrohre werden automatisch ausgeschleust und in einer Box für die leichte Entsorgung gesammelt. Bis zu zehn Ersatz-Stromkontaktrohre sind im Magazin enthalten. (Kyokutoh Europe GmbH, Radlkoferstraße 2, 81373 München; [www.kyokutoh.de](http://www.kyokutoh.de))

## Induktionsheizgerät für die Bearbeitung von Karosserien

Einfache Bedienung, schnelles Erwärmen, eine präzise in Stufen einstellbare Heizleistung von bis zu 5.200 W und Induktoren, die auch für die Bearbeitung der Karosserie geeignet sind – all das zeichnet die effiziente, flüssigkeitsgekühlte Induktionsstation „Combiduction Auto 50 LG“ (Bild 3) des französischen Herstellers GYS



Bild 3

aus. Beim Abtrennen und Erwärmen von Stahl- oder Aluminiumteilen steht sie dem Anwender mit einer umfangreichen Palette schnell wechselbarer Induktoraufsätze zur Seite, die sich sowohl für Arbeiten an Karosserie als auch Mechanik oder zur Wartung eignen. Dies sorgt für hohe Flexibilität bei jeder Anwendung, etwa beim Trennen von Bauteilen, Lösen von festgefressenen oder aufgeklebten Komponenten oder bei Richt- und Reparaturarbeiten bei konstanter und kraftvoller Heizleistung. Das Gerät erwärmt Metall im Inneren flammenlos und auf den Punkt genau bis zur Rotglut (etwa 800°C). So kann es optimal in der Nähe von Kabeln oder wärmeempfindlichen Bauteilen eingesetzt werden. Das 3 m lange Induktorkabel ermöglicht auch Arbeiten an schwer zugänglichen Stellen oder großen Höhen. (GYS GmbH, Professor-Wieler-Straße 11, 52070 Aachen; [www.gys-schweissen.com](http://www.gys-schweissen.com))

### Planfräse zum Abarbeiten von Schweißraupen

In metallbearbeitenden Betrieben müssen oft tausende Meter von Schweißraupen abgearbeitet werden. Meist wird dazu ein großer Winkelschleifer verwendet, was jedoch mühsam und zeitaufwendig ist. Mit der Metall-Planfräse „PFM 17“ (Bild 4) bringt Metabo nun eine Maschine auf den Markt, die eigens für das Abarbeiten von Schweißraupen entwickelt wurde. Beim Planfräsen entsteht kein gesundheitsgefährdender Metallstaub, sondern kleine Metallspäne, die sich ganz einfach von der Arbeitsoberfläche wegwischen lassen. Mit der neuen Planfräse können Schweißraupen bis zu einer Breite von 25 mm und einer Höhe bis zu 6 mm abgearbeitet werden. Zudem können



Bild 4

Anwender Vertiefungen bis 2 mm fräsen. Die Frästiefe lässt sich ganz einfach mit dem patentierten „One-Touch-Controller“ in 0,1-mm-Schritten werkzeuglos einstellen. Im Lieferumfang ist eine magnetische Führungsschiene enthalten – sie kann in Sekundenschnelle und ohne Werkzeug fixiert werden und ist sofort einsatzbereit. Dank schlankem Griffbereich und werkzeuglos verstellbaren Bügelgriff liegt die Maschine sicher in der Hand und kann optimal geführt werden. (Metabowerke GmbH, Metabo-Allee 1, 72622 Nürtingen; [www.metabo.com](http://www.metabo.com))

### Filteranlage für explosive Medien

Als hocheffiziente Filteranlage ist die „EXCube“ (Bild 5) speziell geeignet, um explosive Medien im Verarbeitungsprozess sicher und wirksam abzuscheiden. Bei der hocheffizienten 7,5 kW-Anlage auf Basis der Baureihe „Filtercube“ werden die Rauche und Stäube (alveolengängige Partikel mit einer Größe unter 0,4 µm) beim Brenn-, Plasma- oder Laserstrahlschneiden mit den speziell entwickelten Filterpatronen nahezu bis 100% abgeschieden. Vor allem die kompakte Aufstellfläche des Basis-Modells mit 800 mm × 800 mm ist ein zentraler Anlagenvorteil, durch den sich viele Anwendungsfelder erschließen lassen. Teka empfiehlt die Anlage zur Explosionsdruckentlastung im Außenbereich aufzustellen, doch unter gewissen gebäudetechnischen Voraussetzungen ist auch eine Aufstellung im Innenbereich möglich. Insgesamt hat die „EXCube“ einen geringen Schalldruckpegel von rund 73 dBA. (Teka Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH, Millenkamp 9, 48653 Coesfeld; [www.teka.eu](http://www.teka.eu))



Bild 5

### Neue Schweißerschutzkleidung

„Alpha Welding 2“ ist eine neue Schweißerschutzkollektion der Klasse 2, in der das Gewebe Tecapro verarbeitet ist (Bild 6). Die Kleidung kombiniert Hochleistungsfasern, einen hohen Tragekomfort und sehr gute Schutzeigenschaften. Der hohe Baumwollanteil von 79% macht die persönliche Schutzausrüstung (PSA) zudem atmungsaktiv. Die verwendeten Stoffe wurden eigens für den Einsatz unter extremen Bedingungen entwickelt und isolieren ihre Träger gegen die Hitze. Zudem schützen sie vor geschmolzenen Metallspritzern, die an der glatten Oberfläche des Gewebes einfach abperlen. Für eine bessere Sichtbarkeit auch in dunklerer Arbeitsumgebung sind reflektierende Elemente eingearbeitet. Die einfarbige Unisex-Kollektion in



Bild 6

Dunkelblau oder Dunkelgrau besteht aus Arbeitsjacke, Arbeitshose, Latzhose und Overall. Sie bietet Schweißerschutz DIN EN ISO 11611 Klasse 2, Hitze- und Flamm-schutz nach DIN EN ISO 11612 A1+2, B1, C1, E3, F1 und hat elektrostatische Eigenschaften nach EN 1149-5. CWS-Arbeitskleidung ist im flexiblen Servicemodell erhältlich: Die Kleidung wird hygienisch gewaschen, langfristig instand gehalten und auf Sicherheit überprüft. Bei Bedarf repariert das Unternehmen die Textilien und tauscht sie bei Verschleiß oder im Falle von Größenänderungen aus. (CWS, Dreieich Plaza 1A, 63303 Dreieich; www.cws.com)

### Faserlasermaschinen mit „MSE SmartControl“

„MSE SmartControl“ (Bild 7) ist eine erste gemeinsame Entwicklung von MicroStep Europa und Eckelmann. Die Faserlasermaschinen der neuesten Generation „MSE SmartFL“ lassen sich damit intuitiv über einen robusten 21,5-Zoll-Industrie-Panel-PC bedienen, auf dem das bereits IIoT-fähige „E°Cut HMI“ von Eckelmann läuft. Zusätzlich ist eine flexible Bedienung per Handbediengerät möglich, welches in Funktionalität und Design optimal auf die Anwendung abgestimmt wurde.



Bild 7

Die Kooperation der MicroStep Europa GmbH mit der Eckelmann AG besteht seit Januar 2021. Gemeinsam möchten beide Unternehmen künftig revolutionäre Industrie-4.0-Konzepte für die Blechbearbeitung voranbringen und engagieren sich dazu im mittelständisch geprägten „Industrie Business Network 4.0 e. V.“ (IBN 4.0).

Die neue Baureihe „MSE SmartFL“ ist „I4.0-ready“ zur Nutzung der herstellerübergreifenden, europäischen IIoT-Vernetzungslösung „IndustryFusion“. Die Open-Source-Vernetzungslösung für Smart Factories und Smart Products ist eine Initiative des IBN 4.0 und erlaubt eine inter-operable Verknüpfung von Maschinen,

Fabriken und Cloud-Plattformen. „IndustryFusion“ soll Unternehmen jeder Größe befähigen, ihre Fertigung zu digitalisieren und Zugang zu einem breiten Industrie-4.0-Ökosystem schaffen, das von der Pluralität und Vielfalt mittelständischer Akteure am Markt lebt. In diesem Sinne ist auch eine Nutzung mit „FactoryWare MMS“ möglich: Das hersteller- und technologieunabhängige „Machine Management System“ von Eckelmann bietet gerade mittelständischen Blechbearbeitern einen leichtgewichtigen Einstieg in die Digitalisierung und Vernetzung von Maschinen. (Eckelmann AG, Berliner Straße 161, 65205 Wiesbaden; www.eckelmann.de)

Anzeige



Der Stellenmarkt für die Branche.  
[www.home-of-welding.com/jobportal](http://www.home-of-welding.com/jobportal)

#### Wir beraten Sie gerne!

Britta Wingartz | Vanessa Wollstein  
 T +49 211 15 91-155 /-152 | anzeigen@dvs-media.info

In Kooperation mit StepStone



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 Regelarbeit und kannst an Fachsitzungen teilnehmen!

Stelle die Weichen, werde jetzt Mitglied im DVS!

J. Dupke | M. Kelzenberg

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

Aachener Straße 172 40223 Düsseldorf  
T +49 211 1591-169/-170  
F +49 211 1591-370  
[mitglieder@dvs-hg.de](mailto:mitglieder@dvs-hg.de)



**CORODUR**  
DAS ORIGINAL FÜLLDRAHT GMBH

**CORODUR**  
VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH  
MEHR ALS NUR FÜLLDRAHT

**DINSE**

**DT**  
DODEK  
TECHNIK

**DRAHPO**  
SCHWEISSZUSATZWERKSTOFFE

**DURUM**  
VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

**EIPA**  
WEAR  
TECHNOLOGIES

SCHNELLER VORWÄRTS »  
**ERL**  
AUTOMATION

**ewm**  
WE ARE WELDING

**Ferro Umformtechnik**  
• schweißen • spritzen • laserschneiden

**Fischel**  
Schweißtechnik

**FLIESS**  
SINCE 1915

**Fronius**

**GREGGERSEN**  
1924

**DVS** GSI SLV

**GYS**  
INVEST IN THE FUTURE

**HARRIS**  
A LINCOLN ELECTRIC COMPANY

**HELLING**  
NDT  
Zerstörungsfreie  
Werkstoffprüfung

**hilti**  
Welding Consumables & Abrasives

**IBEDA**  
SOLUTIONS FOR GASES

**inelco**  
grinders

**JESS**  
WELDING

**KEMPER**

**DIEU-THERM**

**KÖCO**  
KÖSTER & CO

**LORCH**  
smart welding

**Wurzen GmbH**

**MEGMEET**  
Digitale Schweißtechnik

**MERILE**  
Faszination Schweißen

**MESSER**  
Cutting Systems

**MESSER**  
Gases for Life

**MICATRONIC**  
WELDING VALUE



Die Experten rund ums Plasmaschweißen



# Zeitlich und örtlich geregelte Temperaturfelder bei der Werkstoffbearbeitung mit dem Elektronenstrahl und dem Laserstrahl

Im hier vorgestellten Forschungsvorhaben [1] wurde ein Verfahren zur zeitlich und örtlich temperaturgeregelten Prozessführung bei der Elektronen- und Laserstrahlbearbeitung entwickelt. Mithilfe eines solchen Verfahrens lassen sich erforderliche Wärmeführungen, beispielsweise für die Wärmebehandlung von Bauteilen, direkt am Werkstück umsetzen, indem die aus numerischen Temperaturfeldsimulationen erhaltenen Vorgabetemperaturfelder an der Bauteiloberfläche durch eine temperaturgeregelte Prozessführung eingestellt werden. Die Entwicklung eines solchen Verfahrens umfasste die Konzeption des Regelkreises und der Regelstrategie sowie die Konstruktion einer modular aufgebauten Abbildungsoptik für die zeitlich und örtlich aufgelöste Erfassung der Ist-Temperatur der Werkstückoberfläche nach dem Prinzip der Quotientenpyrometrie. Des Weiteren wurde die Software für die Umsetzung der Regelstrategie inklusive Auswertung der aktuellen Ist-Temperaturverteilung und Berechnung und Ausgabe der erforderlichen Stellgrößen entwickelt. Abschließend wurde die Umsetzung des entwickelten Verfahrens für eine beispielhafte Vorgabetemperaturverteilung bei der Elektronenstrahlbearbeitung erfolgreich demonstriert.

## 1 Einleitung

Sowohl mit dem Elektronen- als auch mit dem Laserstrahl kann die Energie und damit Temperaturfelder lokal gezielt in das Bauteil eingebracht werden. Dies erlaubt auch bei komplexen Bauteilgeometrien eine lokal gezielte Wärmebehandlung [2]. Im industriellen Umfeld wird die Wärmebehandlung zur Oberflächenmodifikation mittels Elektronen- und Laserstrahl bereits eingesetzt [3...6]. Die erforderliche Wärmeführung hängt jedoch von der genauen Werkstoffzusammensetzung und der Bauteilgeometrie ab, und die Parameter für eine korrekte Prozessführung sind in der Regel im Vorfeld nicht bekannt. Diese müssen zumeist in zeit- und kostenintensiven Versuchsreihen empirisch ermittelt werden. Mittels numerischer Temperaturfeldsimulationen können die erforderliche Wärmeführung und das zugehörige Oberflächentemperaturfeld bereits heute zeit- und ortsaufgelöst berechnet werden [7...10]. Es fehlt jedoch aktuell noch die Möglichkeit, diese Ergebnisse direkt auf das Bauteil anzuwenden. Mithilfe einer zeit- und ortsaufgelösten, temperaturgeregelten Prozessführung könnten die Ergebnisse aus der Simulation direkt aufs Bauteil übertragen werden und dadurch die Versuchsreihen zur empirischen Ermittlung der Prozessführung auf ein Minimum reduziert werden.

Ein solches Verfahren zur zeitlich und örtlich temperaturgeregelten Prozessführung bei der Elektronen- und

## STICHWÖRTER

Elektronenstrahlschweißen, Laserstrahlschweißen, Messtechnik, Simulation und Berechnung

## DIE AUTOREN



### Prof. Dr.-Ing. Uwe Reisgen

Leiter des Instituts für Schweißtechnik und Füge-technik (ISF) der RWTH Aachen University  
reisgen@isf.rwth-aachen.de



### Dr.-Ing. Simon Olschok

Oberingenieur am Institut für Schweißtechnik und Füge-technik (ISF) der RWTH Aachen University  
olschok@isf.rwth-aachen.de



### Dr.-Ing. Oliver Engels

Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Laserstrahlschweißen am Institut für Schweißtechnik und Füge-technik (ISF) der RWTH Aachen University  
engels@isf.rwth-aachen.de



### Prof. Dr. phil. nat. Thomas Graf

Institutsdirektor am Institut für Strahlwerkzeuge (IFSW) der Universität Stuttgart  
thomas.graf@ifsw.uni-stuttgart.de



### Dr. phil. nat. Rudolf Weber

Leitung der Verfahrensentwicklung am Institut für Strahlwerkzeuge (IFSW) der Universität Stuttgart  
rudolf.weber@ifsw.uni-stuttgart.de



### Michael Sawannia, M. Sc.

Gruppenleiter Makromaterialbearbeitung am Institut für Strahlwerkzeuge (IFSW) der Universität Stuttgart  
michael.sawannia@ifsw.uni-stuttgart.de



### Dr.-Ing. Michael Jarwitz

Leiter Nachwuchsgruppe Advanced Manufacturing am Institut für Strahlwerkzeuge (IFSW) der Universität Stuttgart  
michael.jarwitz@ifsw.uni-stuttgart.de

Weitere Informationen zu den Autoren unter  
<https://www.schweissenundschneiden.de/autoren>



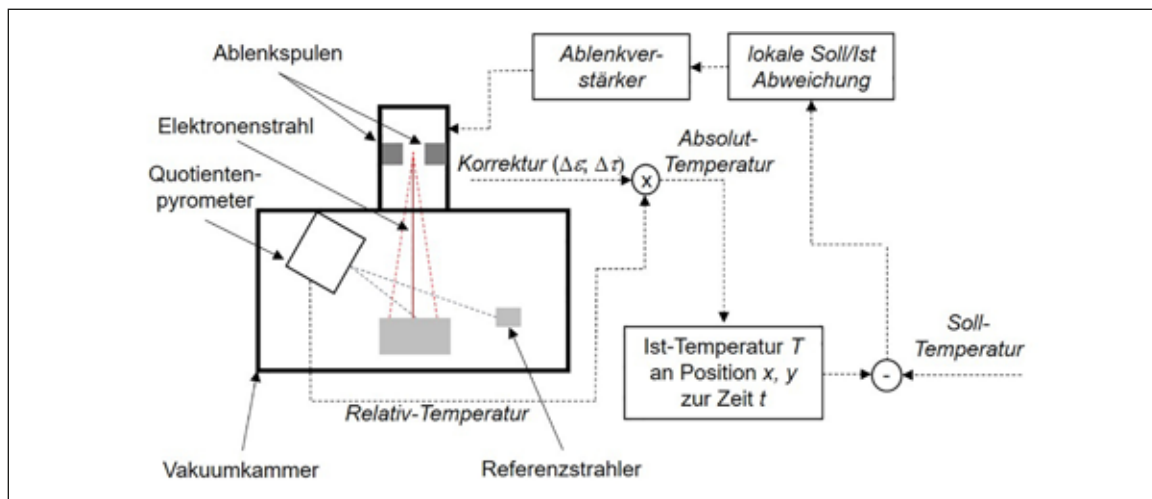


Bild 1 • Konzept des Regelkreises.

Laserstrahlbearbeitung wurde im Rahmen des IGF-Projekts „StrahlClosedLoop“ [1] entwickelt. Die Ergebnisse werden im Folgenden vorgestellt. Es wird auf die Auswahl, Auslegung und praktische Umsetzung von Regelkreis, Regelstrategie und Oberflächentemperaturerfassung eingegangen. Die Umsetzung des entwickelten Verfahrens wurde anhand einer örtlich und zeitlich geregelten Aufbringung einer exemplarischen Vorgabtemperaturverteilung auf ein Bauteil durch Elektronenstrahl demonstriert.

## 2 Konzept

Als übergeordnetes Projektziel wurde die exemplarische Umsetzung eines Verfahrens zur zeitlichen und örtlichen Einstell- und Regelungsmöglichkeit von

Temperaturzyklen im Bauteilinnern mit dem Elektronenstrahl nur durch Heizen der Bauteiloberfläche nach frei wählbaren Vorgaben definiert, beispielsweise abgeleitet aus einer numerischen Temperatursimulation. Dazu wurde ein Regelkreis aufgebaut, bestehend aus der vorgegebenen, örtlich hochaufgelösten Soll-Temperatur der Bauteiloberfläche als Führungsgröße, des definiert manipulierbaren Elektronenstrahls als Stellgröße, sowie der rückgeführten, tatsächlich vorherrschenden Ist-Temperatur auf der Bauteiloberfläche als rückgeführte Messgröße, **Bild 1**.

Zur praktischen Umsetzung des vorgestellten Regelkonzepts musste zum einen ein Verfahren zur zeitlich und örtlich aufgelösten, optischen Erfassung der Oberflächentemperatur entwickelt und integriert werden.

## ABSTRACT

# Temporally and locally controlled temperature fields during material processing with electron beam and laser beam

In the research project presented here [1], a method for temporally and locally temperature-controlled process management in electron and laser beam processing was developed. With the aid of such process, the required heat conduction, for example for the heat treatment of components, can be implemented directly on the workpiece by adjusting the default temperature fields at the component surface obtained from numerical temperature field simulations by means of temperature-controlled process control. The development of this process included the design of the control loop and the control strategy as well as the construction of a modular imaging optics for the temporally and locally resolved acquisition

of the actual temperature of the workpiece surface according to the principle of quotient pyrometry. Furthermore, the software for the implementation of the control strategy including the evaluation of the current actual temperature distribution and the calculation and output of the required manipulated variables was developed. Finally, the implementation of the developed method was successfully demonstrated for an exemplary target temperature distribution in electron beam machining.

## KEYWORDS

electron beam welding, laser beam welding, measuring technology, simulation and calculation

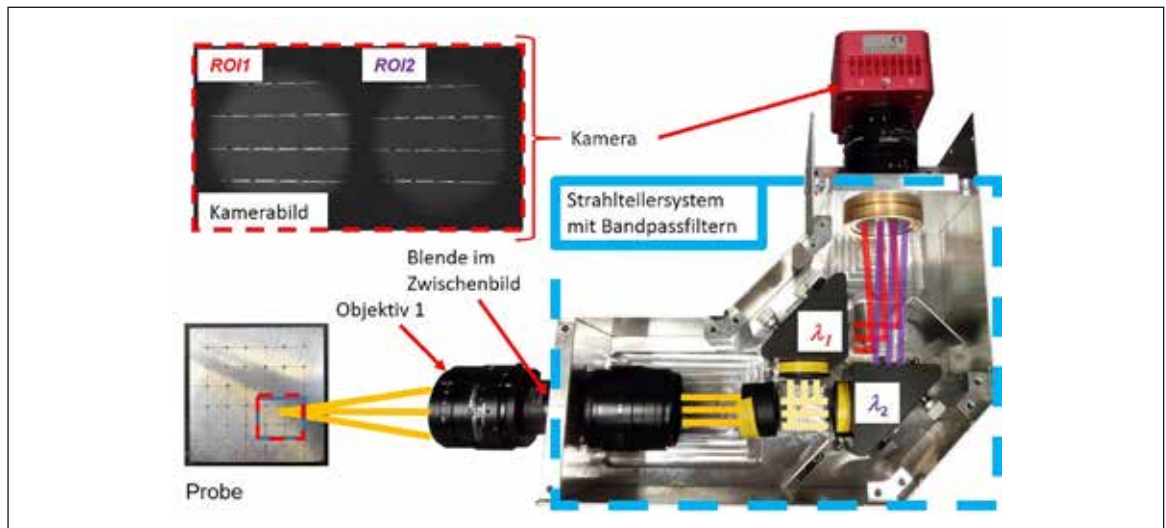


Bild 2 • Abbildungsoptik des 2D-Pyrometers.

Als Messprinzip wurde hierzu die Quotientenpyrometrie ausgewählt. Es musste also ein Quotientenpyrometer aufgebaut und eine zugehörige maßgeschneiderte Software entwickelt werden, um die Ist-Temperatur mit hoher zeitlicher und örtlicher Auflösung erfassen zu können. In diesem Zusammenhang galt es auch, den Einfluss variierender Emissionseigenschaften des Werkstücks sowie veränderliche Transmissionseigenschaften des optischen Strahlengangs auf die Genauigkeit der Temperaturerfassung quantitativ zu bestimmen und in den Berechnungsalgorithmus mit einfließen zu lassen.

Zum anderen musste ein übergeordneter Regelkreis entworfen werden. Hier wird in einem ersten Schritt der örtlich hochaufgelöste Abgleich von Soll- zu Ist-Temperatur in Echtzeit durchgeführt. Weiterführend wird der Elektronenstrahl, basierend auf der erfassten Temperaturdifferenz und gemäß einer zu entwickelnden Regelstrategie, hochfrequent und mit hoher örtlicher Auflösung über die Werkstückoberfläche geführt.

Durch die Kombination der Möglichkeit zur Messung der Ist-Temperaturverteilung, der Möglichkeit zur definierten Manipulation des Elektronenstrahls und eines übergeordneten Regelkreises wird somit ein Regelsystem aufgebaut, mit welchem sich frei vorgebbare Temperaturfelder auf der Bauteiloberfläche erzeugen lassen.

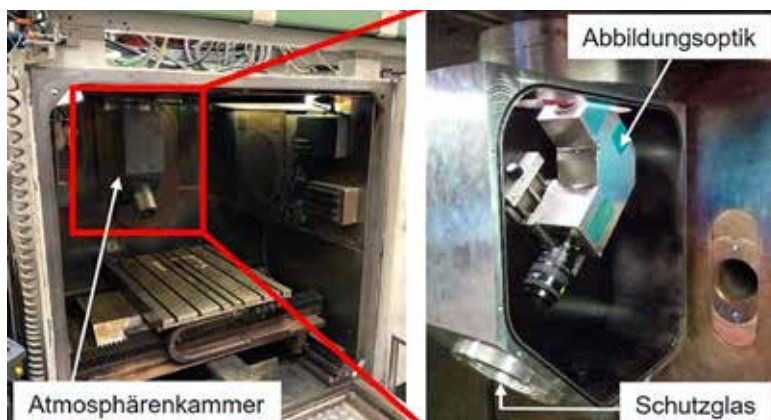


Bild 3 • Integrierte Abbildungsoptik in der Elektronenstrahlbearbeitungsanlage.

### 3 Auswahl des Messprinzips für die Temperaturerfassung

Ein elementarer Bestandteil des Verfahrens ist die örtlich und zeitlich aufgelöste Erfassung der aktuellen Ist-Temperaturverteilung auf der Bauteiloberfläche. Hierzu wurde ein thermographisches Messverfahren ausgewählt, basierend auf dem Prinzip der Quotientenpyrometrie, welches in einem kamerabasierten Aufbau umgesetzt wurde. Thermographische Messverfahren nutzen die abgestrahlte Wärmestrahlung des Messobjekts für die Temperaturmessung, was eine berührungslose Messung erlaubt. Die von einem Bauteil abgestrahlte Wärmestrahlung hängt im Wesentlichen von der Temperatur und dem Emissionsgrad der Bauteiloberfläche ab. Der Emissionsgrad ist wiederum eine Materialeigenschaft, die in der Regel von vielen Größen (unter anderem Temperatur, Beobachtungswinkel, ...) abhängt und dessen Wert in der Praxis meist nicht exakt bekannt ist. Bei der Quotientenpyrometrie wird das Verhältnis der Wärmestrahlung aus zwei unterschiedlichen Spektralbereichen für die Temperaturmessung genutzt. Wenn der Emissionsgrad des Materials in beiden Spektralbereichen gleich ist, so ist die Temperaturmessung unabhängig vom Emissionsgrad [11]. Diese Annahme wird beim Einsatz der Quotientenpyrometrie oft angewendet, jedoch selten überprüft, ob diese im konkret vorliegenden Anwendungsfall auch jeweils wirklich zutrifft. Diese Annahme wurde im Rahmen des Projekts für den Vergütungsstahl 42CrMo4 (Werkstoffnummer 1.7225) experimentell überprüft und validiert. Ein weiterer Vorteil der Quotientenpyrometrie ist, dass aufgrund der Verhältnismessung keine Kalibrierung des Sensors für eine absolutgenaue Strahldichtemessung notwendig ist, wodurch der Einsatz des Sensors vereinfacht wird. Als Spektralbereiche für die Quotientenpyrometrie wurden die Wellenlängenbereiche  $\lambda_1 = 747 \pm 17$  nm und  $\lambda_2 = 857 \pm 15$  nm gewählt. Diese liegen im längerwelligen Teilbereich des Empfindlichkeitsbereichs von CMOS-basierten Kameras, in dem typischerweise die Quanteneffizienz mit  $> 30\%$  [12] immer noch vergleichsweise hoch ist.

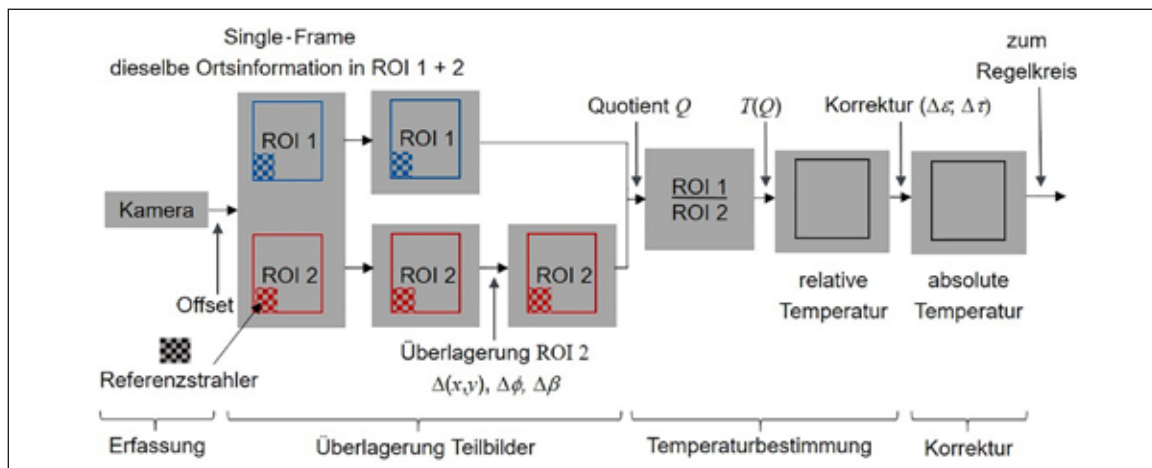


Bild 4 • Schematische Darstellung des Softwareprinzips zur Temperaturbestimmung.

Die Wahl längerer Wellenlängen ist für die Erfassung niedrigerer Temperaturen vorteilhaft, da hier die abgestrahlte Intensität der Wärmestrahlung höher ist im Vergleich zu den kürzeren Wellenlängen im Empfindlichkeitsbereich von CMOS-Kameras.

#### 4 Auslegung und Aufbau der Abbildungsoptik für die Quotientenpyrometrie und Integration in die Elektronenstrahl-Vakuumkammer

Um orts aufgelöste Temperaturmessungen auf einem Werkstück mittels Quotientenpyrometrie durchzuführen, werden zwei Bilder des Werkstücks mit derselben Ortsinformation, jedoch unterschiedlichen Spektralinformation, hier  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$ , benötigt. Um zwei Bilder auf ein und demselben Kamera-Chip abbilden zu können, ist eine entsprechende Abbildungsoptik erforderlich. In Kombination mit einem entsprechenden Berechnungsalgorithmus ergibt sich daraus das 2D-Pyrometer zur Temperaturbestimmung. Der Aufbau der Abbildungsoptik ist in **Bild 2** gezeigt.

Die Abbildungsoptik besteht aus einem variablen Objektiv (Objektiv 1), einem Strahlteilersystem und einer Kamera, welche die zwei benötigten Bilder aufnimmt. Das erste Objektiv der Optik bestimmt mit seiner Brennweite die Bildfeldgröße des Werkstücks auf der Kamera. Die örtliche Trennung der zwei spektral unterschiedlich gefilterten Bilder erfolgt durch das Strahlteilersystem. Dieses teilt die vom Prozess emittierte Wärmestrahlung mittels eines dichroitischen Strahlteilers in zwei Lichtwege auf. Die spektrale Begrenzung der Bilder wird mittels eines Bandpassfilter im jeweiligen Lichtweg eingestellt. Die beiden Lichtwege werden anschließend über einen zweiten dichroitischen Strahlteiler wieder überlagert und gemeinsam auf den Kamerachip geleitet. Jeder Lichtweg wird zuvor über einen Spiegel leicht geneigt, sodass die zwei Bilder auf dem Kamerachip räumlich getrennt werden können. Um einen wohldefinierten und scharf begrenzten Bildausschnitt einstellen zu können, und damit auch ein Überlappen der Bilder auf dem Kamerachip zu vermeiden, wird zwischen Objektiv 1 und

dem Strahlteilersystem ein Zwischenbild erzeugt, in welchem der Bildausschnitt mit einer Blende räumlich begrenzt wird. Das Kamerabild mit den zwei spektral getrennten Teilbildern wird im Anschluss an den Temperaturberechnungsalgorithmus übergeben.

Prinzipiell lässt sich die Abbildungsoptik zur Temperaturbestimmung/-überwachung von beliebigen Prozessen nutzen, welche genügend thermische Strahlung emittieren. Der Aufbau der Abbildungsoptik ist durch die Nutzung von C-Mount-Adaptern für das Objektiv 1 und die Kamera zudem flexibel gehalten. Anwenden wird das einfache Anbringen von eigenen Kameras ermöglicht, sodass zum Beispiel vorhandene Softwarechnittstellen zur Anlage weiter genutzt werden können. Für unterschiedlich benötigte Bildfeldgrößen oder örtliche Auflösungen lässt sich zudem das erste Objektiv einfach tauschen. Für den nachfolgenden Versuchsaufbau wurde ein Objektiv mit einer Brennweite von  $f = 50$  mm gewählt, um eine Bildfeldgröße von etwa  $45 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$  abzubilden. Die örtliche Auflösung war  $< 1$  mm. Als Kamera wurde die HD1-D1312-80-G2-12 von Photon Focus [12] verwendet.

Die Abbildungsoptik wurde für die im Rahmen des Projekts durchgeführten Versuche innerhalb der Vakuumkammer der Elektronenstrahlbearbeitungsanlage eingesetzt. Dazu wurde das gesamte optische System in eine Atmosphärenkammer mit atmosphärischen Druckverhältnissen verbaut, um die verwendete Kamera bestimmungsgemäß per Konvektion zu kühlen. Die zum Betrieb der Kamera notwendige Kabellage wird über einen Flansch aus der Vakuumkammer herausgeführt. Im Beobachtungsstrahlengang befand sich zwischen der Abbildungsoptik und dem zu bearbeitenden Werkstück ein Schutzglas zur Abdichtung der Atmosphärenkammer. Hierfür wurde ein Quarzglas verwendet, welches für die ausgewählten Messwellenlängen eine konstant hohe Transmission von  $> 90\%$  [13] aufweist. Die in Richtung Vakuumkammer weisende Schutzglasoberfläche wurde mittels eines konstanten Heliumvolumenstroms von  $200 \text{ ml/min}$  effektiv vor Bedampfung geschützt. **Bild 3** zeigt die im Innern der Elektronenstrahlbearbeitungsanlage verbaute Abbildungsoptik.

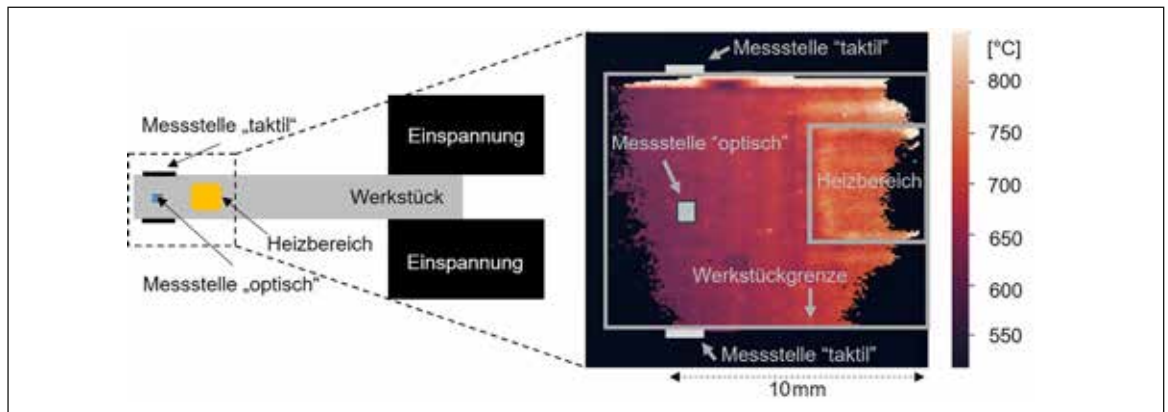


Bild 5 • Skizze des Aufbaus für die Kalibrierung (links); berechnetes Temperaturfeld während der Kalibrierung mit eingezeichneter Position der Messstellen und des Heizbereichs (rechts).

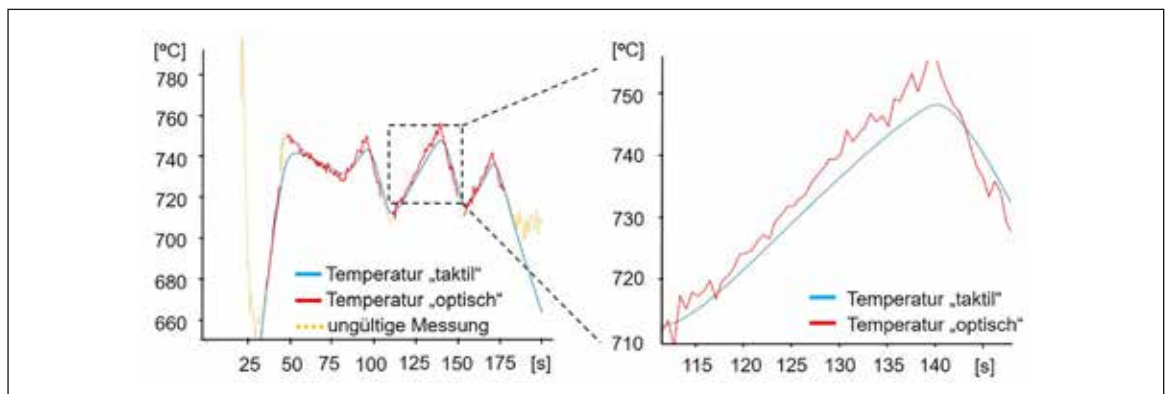


Bild 6 • Vergleich der taktill (blau) und optisch (rot) gemessenen Zeit-Temperatur-Verläufe zur Überprüfung der Kalibrierung (links), Detailausschnitt (rechts).

## 5 Auswertevorgehen für die Bestimmung der Ist-Temperatur

Das Prinzip der Software zur Temperaturerfassung ist gemäß **Bild 4** in mehrere Funktionsabschnitte unterteilt. Wie in **Bild 2** dargestellt, werden zwei Teilbilder (ROI1 und ROI2) der betrachteten Werkstückoberfläche nebeneinander auf dem Kamerachip abgelichtet. Dabei wird der kamerabedingte Offset softwareseitig berücksichtigt. Um genau die Bildpunkte von ROI1 und ROI2 vergleichen zu können, die die gleiche Ortsinformation haben, werden beide Teilbilder mithilfe einer im Rahmen des Forschungsprojekts entwickelten Software virtuell mit hoher Genauigkeit überlagert. Dies stellt eine Herausforderung dar, da einerseits die Werkstückoberfläche unter einem Winkel von 45° beobachtet wurde, und andererseits ROI1 und ROI2 auch um wenige Grad zueinander verkippt auf dem Kamerachip abgelichtet werden. Anschließend wird für jedes Pixelpaar gleicher Ortsinformation der Quotient bezüglich der detektierten Strahlungsintensität berechnet und daraus, nach dem Prinzip der Quotientenpyrometrie, die relative Temperatur für den zugehörigen Ort auf der Werkstückoberfläche bestimmt. Unter Einbezug der spezifischen optischen Eigenschaften der Abbildungsoptik (Sensitivität des Kamerachips, Absorption der optischen Komponenten, etc.) mittels einer Kalibrierung, kann die Absolut-Temperatur der Werkstückoberfläche mit hoher örtlicher Auflösung bestimmt werden. Für die

einmalig durchzuführende Kalibrierung des Systems wurde eine Werkstückoberfläche mit bekannter (taktill erfasster) Absolut-Temperatur mit der Abbildungsoptik beobachtet und die relative Temperatur nach dem zuvor beschriebenen Prinzip ermittelt. Der resultierende Temperaturunterschied kann nun quantifiziert und mathematisch in der Software berücksichtigt werden. Des Weiteren wurde ein Referenzstrahler innerhalb der Vakuumkammer im Beobachtungsfeld platziert. Dieser Referenzstrahler emittiert vor und nach dem Härtevorgang, basierend auf der Zufuhr elektrischer Energie, Licht mit konstanter Intensität. Sollte es beispielsweise zu einer ungewollten Bedampfung des Schutzglases kommen, sodass die optischen Eigenschaften des Systems verändert werden, kann dies über einen Abgleich mit dem Referenzstrahler festgestellt werden.

## 6 Kalibrierung der Abbildungsoptik

Für die praktische Durchführung der Kalibrierung wird ein stabförmiges Werkstück einseitig eingespannt und das andere Werkstückende mit Thermoelementen versehen, **Bild 5, links**. Das Werkstück wird in einem definierten Heizbereich mit dem Elektronenstrahl aufgeheizt. Die Heizleistung wird dabei so niedrig gewählt, dass die Werkstückoberfläche nicht aufschmilzt. Als Resultat stellt sich eine annähernd homogene Oberflächentemperatur im Bereich des uneingespannten Werkstückendes ein, welche taktill

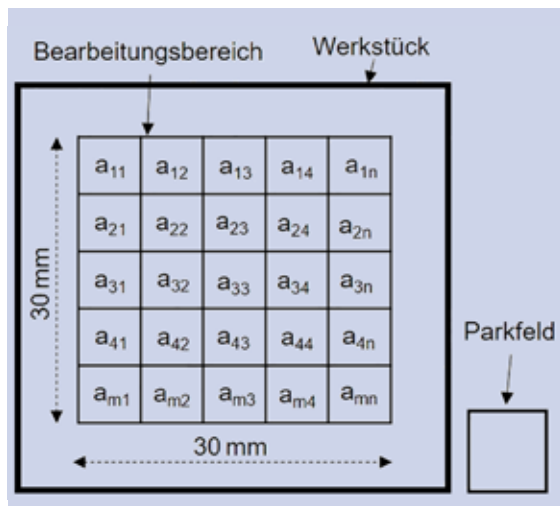


Bild 7 • Skizze der Anordnung des auf die Werkstückoberfläche gelegten Rasters und des räumlich separierten Parkfelds für den Elektronenstrahl.

und mit hoher Genauigkeit mittels Thermoelemente erfasst wird.

Zeitgleich wird am freien Werkstückende die relative Oberflächentemperatur mit dem oben dargestellten Softwareprinzip berechnet. Ein resultierendes Temperaturfeld ist beispielhaft in **Bild 5**, rechts, dargestellt. Im Rahmen dieser Untersuchungen konnte aufgezeigt werden, dass sich die Abweichung der tatsächlich vorherrschenden taktil gemessenen Temperatur in Relation zur optisch erfassten Temperatur über einen linearen Zusammenhang beschreiben lässt, in welchen nur die Transmissionseigenschaften der Abbildungsoptik und des Schutzglases mit einfließen. Durch die Einführung eines Korrekturfaktors in den Berechnungsalgorithmus lassen sich die spezifischen optischen Eigenschaften der Abbildungsoptik somit berücksichtigen, sodass mit dem System nun absolute Oberflächentemperaturen mit hoher Genauigkeit erfasst werden können.

Zur Überprüfung der durchgeführten Kalibrierung wurde ein Werkstück im gleichen Versuchsaufbau in unregelmäßigen zeitlichen Abständen durch den Elektronenstrahl auf der Oberfläche geheizt und die Temperatur der Werkstückoberfläche wiederum optisch und taktil erfasst. Die Ergebnisse sind in **Bild 6** gezeigt. Dargestellt ist der Verlauf der Temperatur über der Zeit. Die blaue Kurve spiegelt den taktil erfassten Temperaturverlauf wider, wohingegen die rote Kurve die zeitgleich mit der Abbildungsoptik erfasste Absolut-Temperatur repräsentiert. Es ist zu erkennen, dass sich beide Kurven im Temperaturbereich von etwa 710 bis 760°C mit Abweichungen von wenigen Grad Celsius überlagern.

## 7 Konzeptionierung der Regelstrategie

Im Rahmen des Projekts wurden drei verschiedene Regelungs-Konzepte betrachtet und hinsichtlich verschiedener Kriterien gegenübergestellt. Zwei wesentliche Kriterien stellen dabei zum einen die Zeitdauer dar, innerhalb der das Solltemperaturfeld auf der Werkstückoberfläche eingestellt werden kann, und zum anderen, ob das temporäre Überschreiten der Solltemperatur

zulässig ist. So lassen sich beispielsweise Regelungen konzeptionieren, welche je Iteration lediglich einen geringen Energieeintrag leisten und sich somit dem Solltemperaturfeld über einen längeren Zeitraum annähern. Bei einem solchen Konzept lässt sich das temporäre Überschreiten der lokalen Solltemperaturen effektiv unterdrücken. Bei anderen Konzepten werden höhere Energieeinträge geleistet. In Folge kommt es zu einer raschen Annäherung an die vorgegebene Solltemperatur. Das temporäre Überschreiten der lokalen Sollwertvorgabe lässt sich nicht vollständig vermeiden.

**Bild 7** zeigt schematisch die Oberfläche eines quadratischen Werkstücks, auf welcher ein quadratisches Rasterfeld mit variablen äußeren Abmessungen gelegt wird.

Allgemein sind die Eigenschaften des Rasterfelds jedoch hinsichtlich Form, Größe und Auflösung frei einstellbar. Der Elektronenstrahl soll nun mit einer frei wählbaren Verweildauer auf den Mittelpunkt eines jeden Teilfelds mäanderförmig geführt werden. Nach jeder vollständigen Durchlaufsequenz durch das gesamte Feld wird der Elektronenstrahl auf ein vom Werkstück räumlich entkoppeltes Parkfeld gerichtet. Während der Elektronenstrahl auf dem Parkfeld verweilt, wird die Oberflächentemperatur für jedes Teilfeld mittels des Quotientenpyrometers berechnet. Sofern die Ist-Temperatur, im Rahmen eines frei vorgebbaren Toleranzbereichs, unterhalb der vorgegebenen Soll-Temperatur liegt, wird der Elektronenstrahl für die folgende Durchlaufsequenz auf das entsprechende Teilfeld geführt. Liegt die Ist-Temperatur hingegen innerhalb des Toleranzbereichs der Soll-Temperatur, wird das entsprechende Teilfeld bei der folgenden Durchlaufsequenz nicht vom Elektronenstrahl angefahren. Vielmehr wird der Elektronenstrahl auf das Parkfeld geführt und verweilt dort so lange bis in der Sequenz ein Teilfeld angefahren werden soll, welches eine zu große Abweichung hinsichtlich der Ist- zur Soll-Temperatur aufweist. Dieser beschriebene Prozesszyklus wird kontinuierlich iterativ wiederholt, bis die Sollwertvorgabe vollständig auf die Werkstückoberfläche übertragen ist.

## 8 Demonstration der geregelten Aufbringung eines Temperaturfelds

Im Folgenden soll die Demonstration des geregelten Aufprägens eines frei vorgebbaren Temperaturfelds auf einer quadratischen Werkstückoberfläche beschrieben werden. Als Werkstück wurde ein Blechabschnitt aus Stahl der Werkstoffnummer 1.4301 mit den Abmaßen 50 mm × 50 mm × 3 mm gewählt. Es wurde ein Regelungs-Konzept verwendet, welches das Temperaturfeld auf der Werkstückoberfläche mittels eines geringen und konstanten Energieeintrags dem geforderten Solltemperaturfeld annähert. Das Solltemperaturfeld hat die äußeren Abmessungen 30 mm × 30 mm und wird gemäß **Bild 8** vorgegeben.

Die Fläche des Solltemperaturfelds wurde virtuell in 100 × 100 Teilfelder aufgeteilt und eine Verweildauer je Teilfeld von 0,1 ms vorgegeben. Die Leistung

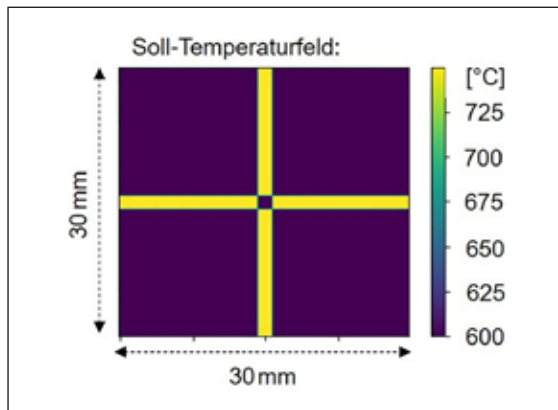


Bild 8 • Ausgewählte Sollwertvorgabe des Temperaturfelds für die Demonstration.

des Elektronenstrahls wurde konstant auf 300 W vor eingestellt. Mit diesen Vorgaben betrug die Zeitdauer eines vollständigen Iterationsschritts, bestehend aus Anfahren der Teilfelder mit dem Elektronenstrahl, Temperaturerfassung sowie Berechnung der nachfolgenden Durchlaufsequenz des Elektronenstrahls etwa 1,2 s. Dabei entfallen etwa 0,2 s auf die Berechnung der Oberflächentemperatur und etwa 1 s auf die Durchlaufsequenz des Elektronenstrahls.

**Bild 9** zeigt ausschnittsweise die gemessene Ist-Temperatur der Werkstückoberfläche über den Aufheizvorgang bis hin zur erreichten Sollwertvorgabe. Darüber hinaus sind im oberen Bildteil die von der Abbildungsoptik

erfassten und der Temperaturberechnung zugrundeliegenden ROIs mit aufgeführt. Der zeitliche Abstand der dargestellten Oberflächentemperaturen beträgt gemäß der Regelfrequenz etwa 1,2 s. Es ist zu erkennen, dass das kreuzförmige Muster aus der Sollwertvorgabe geregelt aufgebracht werden konnte.

### 9 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Umsetzung des Verfahrens zur zeitlich und örtlich temperaturgeregelten Prozessführung konnte erfolgreich demonstriert werden. Somit steht nun ein Verfahren zur Verfügung, mit dem Vorgabetemperaturfelder aus der Simulation direkt auf Bauteile angewendet werden können. Durch den modularen Aufbau der entwickelten Abbildungsoptik und den Einsatz von Standardkomponenten kann der Aufbau in der Praxis einfach an unterschiedliche Randbedingungen angepasst werden, wie beispielsweise unterschiedliche Arbeitsabstände und Bildfeldgrößen.

Vor dem Hintergrund, die zeitliche Effizienz des Regelalgorithmus zu erhöhen, existieren verschiedene Ansätze. Hinsichtlich der Temperaturberechnung sind große Teile der Software in C++ programmiert. So lassen sich Codeanpassungen im Rahmen des Entwicklungsprozesses rasch umsetzen. Es ist jedoch denkbar, erprobte und bezüglich der Rechenzeit aufwendige Berechnungsalgorithmen auf einen Field-Programmable-Gate-Array (FPGA) auszulagern, um die Geschwindigkeit der Temperaturberechnung zu steigern. Darüber

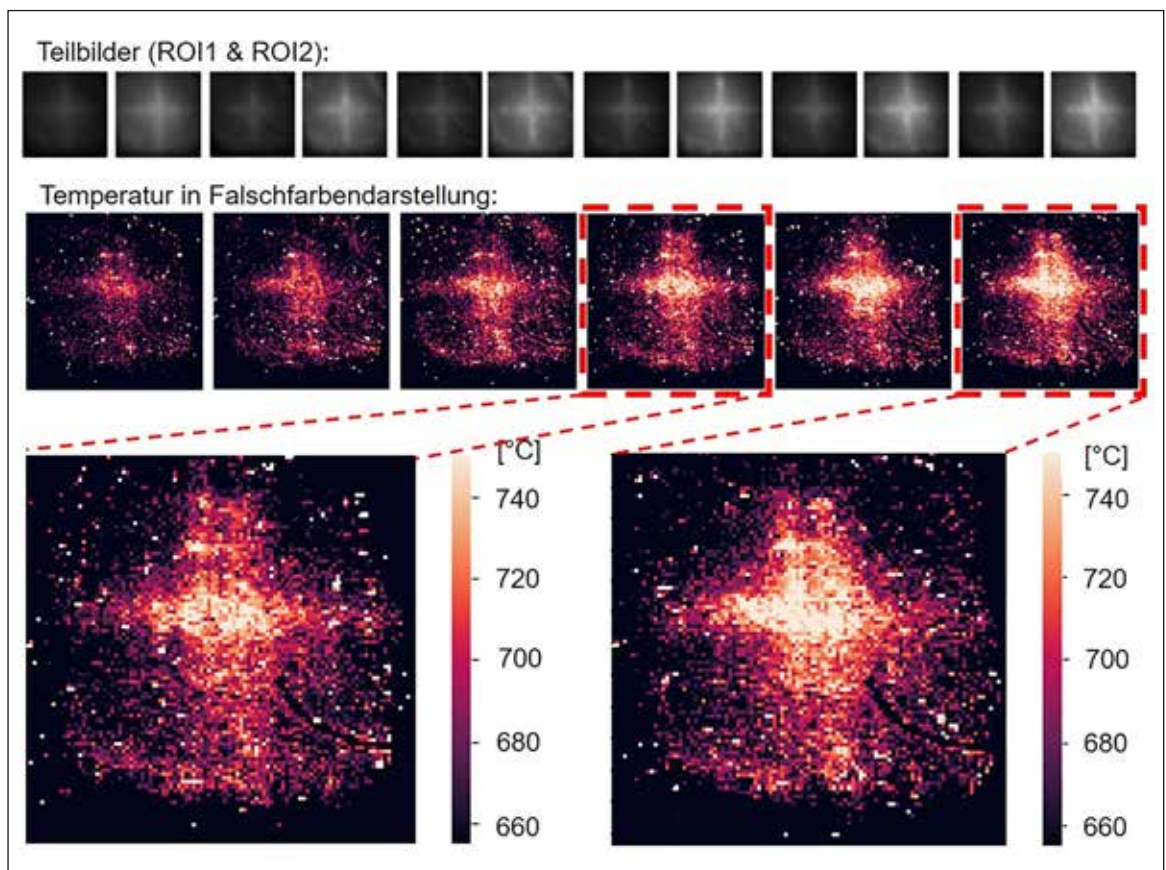


Bild 9 • Zu verschiedenen Zeitpunkten während des geregelten Energieeintrags von der Abbildungsoptik erfasste Teilbilder (ROI1 und ROI2) (oben); zugehöriges, mittels 2D-Pyrometer abgeleitetes Ist-Temperaturfeld der Werkstückoberfläche (unten).

hinaus ist es ebenfalls denkbar, aufwendigere, bisher nur konzeptionell entwickelte Regelstrategien zu programmieren und zu erproben. So könnten Werkstückbereiche, welche einen hohen Energieeintrag benötigen, bevorzugt vom Elektronenstrahl angefahren werden. Ebenfalls ist in diesem Zusammenhang die Implementierung einer Leistungsregelung in den Regelalgorithmus denkbar. So lassen sich vorgegebene Temperaturfelder schneller auf Bauteiloberflächen übertragen und der Energieeintrag wird effizienter gesteuert.

Des Weiteren könnte die zuvor beschriebene Regelstrategie mit der Aufteilung des zu bearbeitenden Werkstückbereichs in virtuelle Teilfelder analog bei der Laserstrahlbearbeitung umgesetzt werden, wenn beispielsweise eine Scanneroptik eingesetzt wird. Für die Anwendung bei der Laserstrahlbearbeitung sollte jedoch standardmäßig auch eine Leistungsregelung mit integriert werden, um den Energieeintrag einstellen zu können.

#### Literatur

- [1] Engels, O.: Zeitlich und örtlich geregelte Temperaturfelder bei der Materialbearbeitung mit dem Elektronenstrahl und Laserstrahl „StrahlClosedLoop“. Schlussbericht. Forschungsvorhaben IGF-Nummer 19.961 N/DVS-Nummer 06.109. RWTH Aachen 2021.
- [2] Hügel, H., u. T. Graf: Laser in der Fertigung: Grundlagen der Strahlquellen, Systeme, Fertigungsverfahren. 3., überarb. und erw. Aufl. Springer Vieweg, Wiesbaden 2014.
- [3] Schulze, K.-R.: Elektronenstrahlhärten im Automobilbau. Schw. Schn. 61 (2009), H. 9, S. 460/63.
- [4] Zenker, R.: Thermische Randschichtbehandlung - warum nicht auch mit EB-Technologien? Tagungsvortrag. „Lasertechnologien im Automobilbau, Stuttgart, 2000“.
- [5] Kovalenko, V. S.: The experience of laser heat treatment application in industry of Ukraine. In: Mazumder J., Conde O., Villar R., Steen W. (Hrsg.) „Laser processing: surface treatment and film deposition“, S. 925/32. Springer Science+Business Media, Dordrecht/NL 1996.
- [6] Amende, W.: Laserstrahlgestützte Oberflächentechnik im Turbinenbau. In: Jüptner, W., Sepold, G. (Hrsg.) „Lasermaterialbearbeitung im Transportwesen: Beiträge zum 3. Laseranwenderforum vom 18. und 19. September 1997 (LAF ,97) in Bremen“, S. 228/37.
- [7] Yanez, A., u. a.: Modelling of temperature evolution on metals during laser hardening process. Applied surface science 186 (2002), H. 1-4, S. 611/16.
- [8] Cordovilla, F., u. a.: Numerical/experimental analysis of the laser surface hardening with overlapped tracks to design the configuration of the process for Cr-Mo steels. Materials & Design 102 (2016), S. 225/37.
- [9] Fakir, R., N. Barka u. J. Brousseau: Case study of laser hardening process applied to 4340 steel cylindrical specimens using simulation and experimental validation. Case Studies in Thermal Engineering 11 (2018), S. 15/25.
- [10] Fortunato, A., u. a.: A comprehensive model for laser hardening of carbon steels. Journal of Manufacturing Science and Engineering 135 (2013), H. 6.
- [11] Bernhard, F. (Hrsg.): Technische Temperaturmessung: physikalische und meßtechnische Grundlagen, Sensoren und Meßverfahren, Meßfehler und Kalibrierung. Springer-Verlag, Berlin 2004.
- [12] Photonfocus AG (Hrsg.) „HD1-D1312-80-G2“ [online], Datenblatt. Verfügbar unter <https://www.photonfocus.com/de/produkte/kamerafinder/kamera/hd1-d1312-80-g2/> [Zugriff am 03.01.2022].
- [13] GVB GmbH - Solutions in Glass (Hrsg.) „VIOSIL SQ“ [online], Datenblatt. Verfügbar unter [https://www.g-v-b.de/File/Viosil%20SQ-Produktinformation\(1\).pdf](https://www.g-v-b.de/File/Viosil%20SQ-Produktinformation(1).pdf) [Zugriff am 03.01.2022].

### DANKSAGUNG

Das IGF-Vorhaben Nummer 19.961 N/DVS-Nummer 06.109 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.



Anzeige



Auftragsfertigung  
Anlagenbau  
[pro-beam.com](http://pro-beam.com)

**pro beam**

### E-BEAM FOR HIGH PRECISION WELDING

Mit der Technologie des Elektronenstrahls fügen wir die verschiedensten Metalle zu anspruchsvollen Bauteilen. Dabei überzeugt das Präzisions-schweißverfahren mit einer einfachen Automatisierung, hohen Produktivität sowie Wirtschaftlichkeit.

- ➔ Maximale Präzision bei minimalem Verzug
- ➔ Kostenersparnis dank einbaufertiger Bauteile
- ➔ Reproduzierbar

# Wolframschmelzcarbidbasierte MMC-Schichten für den industriellen Einsatz im Formenbau

Zur Steigerung der abrasiven Verschleißbeständigkeit können Oberflächen lokal mit Hartpartikeln verstärkt werden. Diese sogenannten Metal-Matrix-Composit(MMC)-Schichten können mittels Laserstrahldispersieren gefertigt und durch Mikrofräsen nachbearbeitet werden. Im hier vorgestellten Forschungsvorhaben wurde als Grundwerkstoff verwendete Aluminiumbronze ( $\text{CuAl10Ni5Fe4}$ ) mit Wolframschmelzcarbid verstärkt. Der Hartpartikelgehalt kann dabei durch eine Steigerung des Pulvermassenstroms bis zur Packungsdichte des unverarbeiteten Pulvers erhöht werden. Über eine temperaturbasierte Leistungsregelung kann eine gleichbleibend homogene MMC-Schicht mit konstanter Dicke und Tiefe dispersiert werden. Durch das Mikrofräsen mit optimierten Parametern können qualitativ hochwertige MMC-Oberflächen für den industriellen Einsatz in Spritzgusswerkzeugen hergestellt werden. Dabei wurde vor allem der Zahnvorschub  $f_z$  als kritischer Prozessparameter identifiziert.

## 1 Problemstellung

In vielen Industrien spielt die kostengünstige Herstellung von Komponenten aus Kunststoff mittels Spritzguss eine entscheidende Rolle [1]. Die für diesen Prozess benötigten Abformwerkzeuge müssen dabei meist höchsten Anforderungen bezüglich ihrer Oberflächenqualität und Formgenauigkeit genügen [2]. Sie werden üblicherweise aus gehärtetem Stahl gefertigt, da sie während des Spritzgießens hohen lokalen Beanspruchungen ausgesetzt sind und gleichzeitig hohe Standzeiten  $t_s$  erreichen müssen. Diese Spritzgusswerkzeuge werden industriell mit beschichteten Hartmetallwerkzeugen gefräst. Es ist bekannt, dass eine Verstärkung der hochbeanspruchten Oberflächen mit Hartpartikeln wie Wolframschmelzcarbid (WSC) zu einer Verbesserung der Verschleißbeständigkeit führen kann [3], wodurch die Standzeiten weiter erhöht werden könnten. Eine solche Hartpartikelverstärkung kann durch das Laserstrahldispersieren realisiert werden [4]. Es entstehen sogenannte Metall-Matrix-Composite (MMC). Der Einsatz von Hartpartikeln zur lokalen Verstärkung erlaubt es, statt gehärtetem Stahl einen weichen Matrixwerkstoff wie Nichteisenmetall (NE-Metall) einzusetzen. Dies hat den Vorteil, dass die Endkonturbearbeitung im Bereich des unverstärkten NE-Metalls deutlich effizienter wird.

Der vorteilhafte Einsatz von lokal hartpartikelverstärkten NE-Metallen als Werkstoff für Spritzgusswerkzeuge birgt jedoch fertigungstechnische Herausforderungen. So beeinflussen die Prozessparameter während des Laserstrahldispersierens und der spanenden Endkonturbearbeitung des MMC-Werkstoffs die Oberflächenqualität erheblich. Um diesen Herausforderungen zu begegnen und das Potenzial von MMC-Oberflächen zur Standzeiterhöhung von Spritzgusswerkzeugen nutzen zu können, wurde im hier vorgestellten Forschungsprojekt die Prozesskette Laserstrahldispersieren und anforderungsgerechte Endkonturbearbeitung erforscht und anhand eines realen Funktionsmusters abgebildet.

## DIE AUTOREN



**Anika Langebeck, M. Sc.**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Gruppe DED-Verfahren des BIAS  
Bremer Institut für angewandte Strahltechnik  
langebeck@bias.de



**Christian Jahnke, M. Sc.**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Mikroproduktionstechnik, Gruppe Mikrozerspanung des Fraunhofer-Instituts für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik  
christian.jahnke@ipk.fraunhofer.de



**Tim Wunderlich, M. Sc.**

Service-Ingenieur bei der bvSys Bildverarbeitungssysteme GmbH, Bremen  
t.wunderlich@bvsys.de



**Dipl.-Ing. Christoph Hein**

Abteilungsleiter Mikroproduktionstechnik am Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK, Berlin  
christoph.hein@ipk.fraunhofer.de



**Annika Bohlen, M. Sc.**

Leiterin der Gruppe DED-Verfahren des BIAS  
Bremer Institut für angewandte Strahltechnik  
bohlen@bias.de



**Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann**

Leiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK  
Geschäftsführender Direktor am Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF) der TU Berlin  
eckart.uhlmann@ipk.fraunhofer.de

Weitere Informationen zu den Autoren unter  
<https://www.schweissenundschneiden.de/autoren>

## STICHWÖRTER

Aluminium, Aluminiumlegierungen, oberflächengeschützte Werkstücke, Wolfram, Wolframlegierungen, Werkstofffragen, Werkzeugbau



Der erste Teil der Forschungsarbeit zielte dabei auf die Optimierung des Laserstrahldispersierens für die MMC-Herstellung ab. Hier wurden zunächst die Grenzen der MMC-Schichten, wie der maximal zu erreichende Hartpartikelgehalt, ermittelt. Zudem wurde eine pyrometergestützte Leistungsregelung umgesetzt, die ein gleichbleibendes Temperaturfeld und damit eine gleichbleibende Schichtqualität unabhängig von der Größe und Geometrie der zu beschichtenden Fläche erlaubt.

Der zweite Teil der Arbeit adressierte die Fräsbearbeitung der MMC-Schichten. Dass Prozessparameter existieren, welche zu einer Trennung von Matrix-Werkstoff und Hartpartikeln gleichermaßen führen, wurde bereits in früheren Studien nachgewiesen [5]. In dieser Arbeit konnte durch gezielte Parameteroptimierung eine Demonstratorgeometrie gefertigt werden, welche den industriellen Anforderungen bezüglich der Oberflächengüte und der Formgenauigkeit  $a_F$  genügt.

## 2 Experimentelles

### 2.1 Laserstrahldispersieren

Die durchgeführte Erprobung und Optimierung der Herstellung von MMC-Werkstoffschichten erfolgte an Proben aus Aluminiumbronze ( $\text{CuAl}_{10}\text{Ni}_5\text{Fe}_4$ ) mit einer Hartpartikelverstärkung aus sphärischem Wolframschmelzcarbid (WSC) mit einer Partikelgröße von 45 bis 106  $\mu\text{m}$ . Das Laserstrahldispersieren wurde mit einem Scheibenlaser TruDisk 12002, Hersteller Trumpf, Ditzingen, durchgeführt. Der Laserstrahl wurde über einen Lichtwellenleiter mit einem Faserkerndurchmesser von 200  $\mu\text{m}$  zum Bearbeitungskopf geführt, der Fokusdurchmesser betrug aufgrund des Abbildungsverhältnisses der Optik 250  $\mu\text{m}$ . Das WSC-Pulver wurde über eine koaxiale Sechsstrahldüse, Hersteller GTV Verschleißschutz, Luckenbach, in das Schmelzbad eingebracht. Mit dem eingesetzten Pulver und

einem typischen Pulvermassenstrom zwischen 13 und 26 g/min wurde ein Pulverfokusdurchmesser von etwa 4,8 mm gemessen. Der Laserstrahl wurde defokussiert, sodass ein Laserspot von 3 mm Durchmesser mit einem gaußförmigen Intensitätsprofil auf der Substratoberfläche erzeugt wurde. Hierdurch konnte einerseits eine ausreichend hohe Laserstrahlleistungsintensität erreicht werden, ohne dass durch eine zu hohe Laserstrahlleistung die Pulverdüse oder der Lichtwellenleiter beschädigt werden, und andererseits ein guter Pulvernutzungsgrad von mehr als 50% erzielt werden. Die Erkenntnisse bezüglich der Prozessführung wurden von quaderförmigen Proben mit einer Oberfläche von 20 mm  $\times$  50 mm bzw. 50 mm  $\times$  60 mm auf komplexere Oberflächen eines Funktionsmusters aus dem Spritzguss übertragen. Da die dreieckige Geometrie der Funktionsmusteroberfläche mit einer Breite und Höhe von 18 mm sehr klein war, wurde ein kleiner Laserspotdurchmesser von 1,5 mm eingestellt. So konnte die Geometrie präziser abgebildet werden. Mit einem koaxialen Quotientenpyrometer Metis H322 (Messbereich 700 bis 2.300°C), Hersteller Sensortherm, Steinbach, wurde die Temperatur gemessen und die spätere Regelung umgesetzt. Die Analyse der Proben erfolgte über eine automatisierte Bildauswertung an metallographischen Querschliffen.

### 2.2 Mikrofräsen

Der Nachweis der Einsetzbarkeit der Fräsbearbeitung zur erfolgreichen Nachbearbeitung der laserstrahldispersierten MMC-Schichten erfolgte durch die Fertigung einer Demonstratorgeometrie mit verschiedenen Parametern. Als Demonstratorgeometrie wurde dabei eine Angusstruktur gewählt, wie sie in **Bild 1a** dargestellt ist. Dazu wurden Kugelfräswerkzeuge mit einem Werkzeugdurchmesser  $D = 1$  mm und einer Schneidenzahl  $z = 1$  verwendet, welche binderlosen

## ABSTRACT

# Tungsten fused carbide-based MMC coatings for industrial use in mold making

To increase abrasive wear resistance, surfaces can be locally reinforced with hard particles. These Metal-Matrix-Composit (MMC) surfaces can be manufactured by laser melt injection and finished with micro milling. In the research project presented here, aluminium bronze ( $\text{CuAl}_{10}\text{Ni}_5\text{Fe}_4$ ) was used as the base material, which was reinforced with fused tungsten carbide. The hard particle content can be increased up to the packing density of the unprocessed powder by increasing the powder mass flow. A temperature-based laser power control can be used to manufacture a consistently homogeneous

MMC layer with constant thickness and depth. Suitable MMC surfaces for the industrial application in injection molds can be produced through micro milling with optimised milling parameters. The feed per tooth  $f_z$  was identified as a critical process parameter.

## KEYWORDS

aluminium, aluminium alloys, surface coated parts, tungsten, tungsten alloys, material questions, tool making

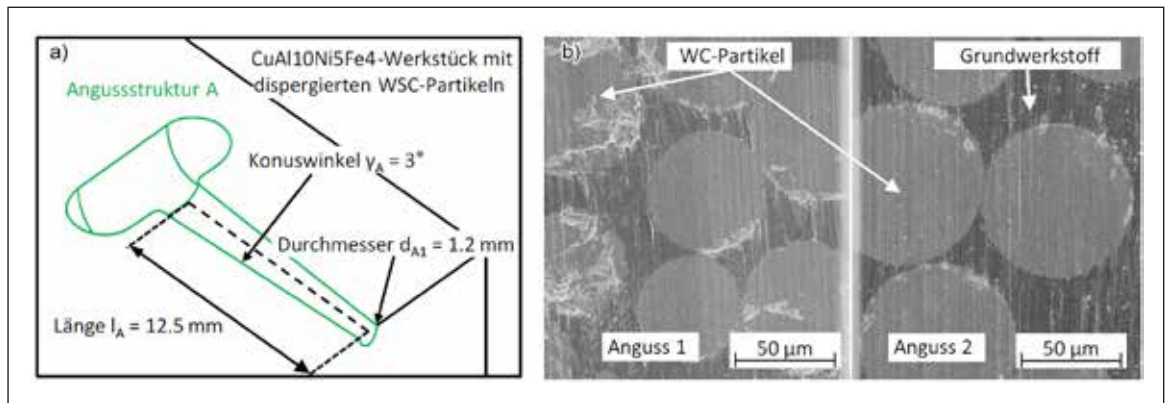


Bild 1 • Schematische Darstellung der gefertigten Angussstruktur (a) und REM-Aufnahmen von zerspannten MMC-Oberflächen (b).

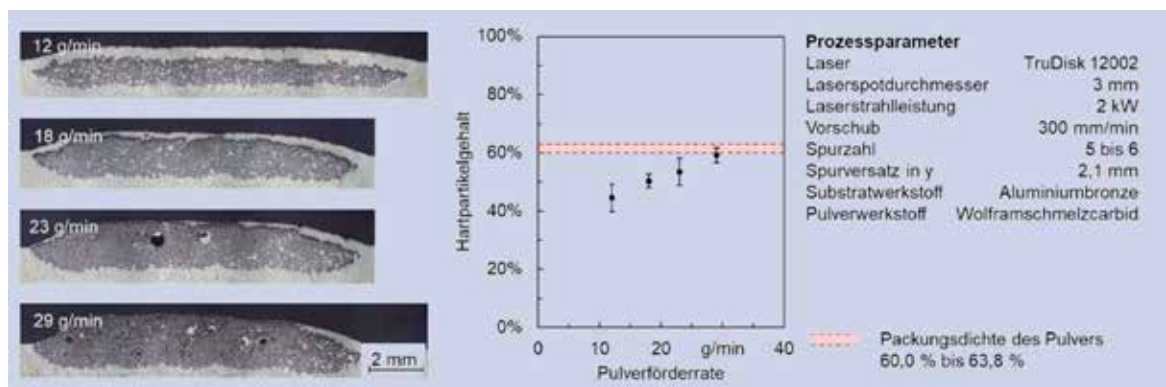


Bild 2 • Hartpartikelgehalt beim Laserstrahldispersieren in Abhängigkeit vom Pulvermassenstrom.

polykristallinen Diamanten (bPKD) als Schneidstoff besitzen. Diese wurden vom Hersteller Sumitomo Electric Hartmetall, Willich, bezogen. Als Grundparameter wurden dafür eine seitliche Zustellung  $a_e = 20 \mu\text{m}$ , eine Schnitttiefe  $a_p = 10 \mu\text{m}$  und eine Drehzahl  $n = 39.000 \text{ 1/min}$  eingesetzt. Es wurde insbesondere der Einfluss des Zahnvorschubs  $f_z$  untersucht. So wurde eine Angussstruktur, bezeichnet als Anguss 1, mit einem Zahnvorschub  $f_z = 2 \mu\text{m}$  gefertigt und eine andere, bezeichnet als Anguss 2, mit  $f_z = 0,8 \mu\text{m}$ . Dieselbe Geometrie wurde aus dem Werkzeugstahl 1.2344 gefertigt und als Referenzversuch ebenfalls ausgewertet. Dazu wurden herkömmliche Kugelfräswerkzeuge mit einem Werkzeugdurchmesser  $D = 1 \text{ mm}$  und einer Schneidzahl  $z = 2$  aus Vollhartmetall gewählt. Diese verfügten über eine für die Stahlbearbeitung typische TiAlN-Beschichtung und wurden vom Unternehmen GDE-Werkzeuge, Halver, bezogen. Im Falle beider Werkzeugtypen wurde generell Taschenfräsen als Strategie zur Herstellung der Angussstruktur eingesetzt. Als Parameter für die Probe aus Stahl wurden eine Schnitttiefe  $a_p = 10 \mu\text{m}$ , eine seitliche Zustellung  $a_e = 20 \mu\text{m}$ , ein Zahnvorschub  $f_z = 8 \mu\text{m}$  und eine Drehzahl  $n = 30.000 \text{ 1/min}$  eingesetzt. Die gefertigten Geometrien wurden bezüglich ihrer erreichten Oberflächengüte und Formgenauigkeit analysiert. Zur messtechnischen Erfassung des arithmetischen Mittenrauwerts  $R_a$  wurde dabei das Rauheits- und Konturmessgerät Hommel-Etamic nanoscan 855, Hersteller Jenoptik, Jena, verwendet. Die Formgenauigkeit wurde beispielhaft durch

die Messung verschiedener Durchmesser  $d_{A1}$  entlang des konischen Teils der Angussstruktur analysiert. Die Messung der Durchmesser  $D_i$  wurde mit dem Fokusvariationsmikroskop InfiniteFocus G4, Hersteller Alicona Imaging, Graz/AT, durchgeführt. Zur Qualifizierung der bearbeiteten Oberflächen wurde weiterhin das Rasterelektronenmikroskop NeoScope JCM-5000, Hersteller Jeol, Tokyo/JP, verwendet.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Laserstrahldispersieren

Eine Steigerung des Hartpartikelgehalts (Packungsdichte der Hartpartikel innerhalb der MMC-Schicht) konnte bei sonst konstanten Prozessparametern durch die Höhe des Pulvermassenstroms eingestellt werden. Für eine Laserstrahlleistung von 2 kW und eine Vorschubgeschwindigkeit von 300 mm/min zeigte sich dabei ein annähernd linearer Zusammenhang von Pulvermassenstrom und resultierendem Hartpartikelgehalt, **Bild 2**. Bei hohen Hartpartikelgehalten kann es jedoch zu prozessbedingten Poren kommen. Darüber hinaus nahm die Schichtdicke mit steigendem Pulvermassenstrom sichtbar zu. Der maximale Hartpartikelgehalt von  $59,2 \pm 2,6 \%$  wurde mit einem Pulvermassenstrom von 29 g/min erreicht. Damit liegt der Hartpartikelgehalt im Bereich der gemessenen Packungsdichte des Pulvers von 60,0 bis 63,8%. Die Auswertung des Hartpartikelgehalts über die Schichtdicke zeigt eine homogene Hartpartikelverteilung. Wurde die Prozessgeschwindigkeit von 300 auf 500 mm/min erhöht, stellte sich eine

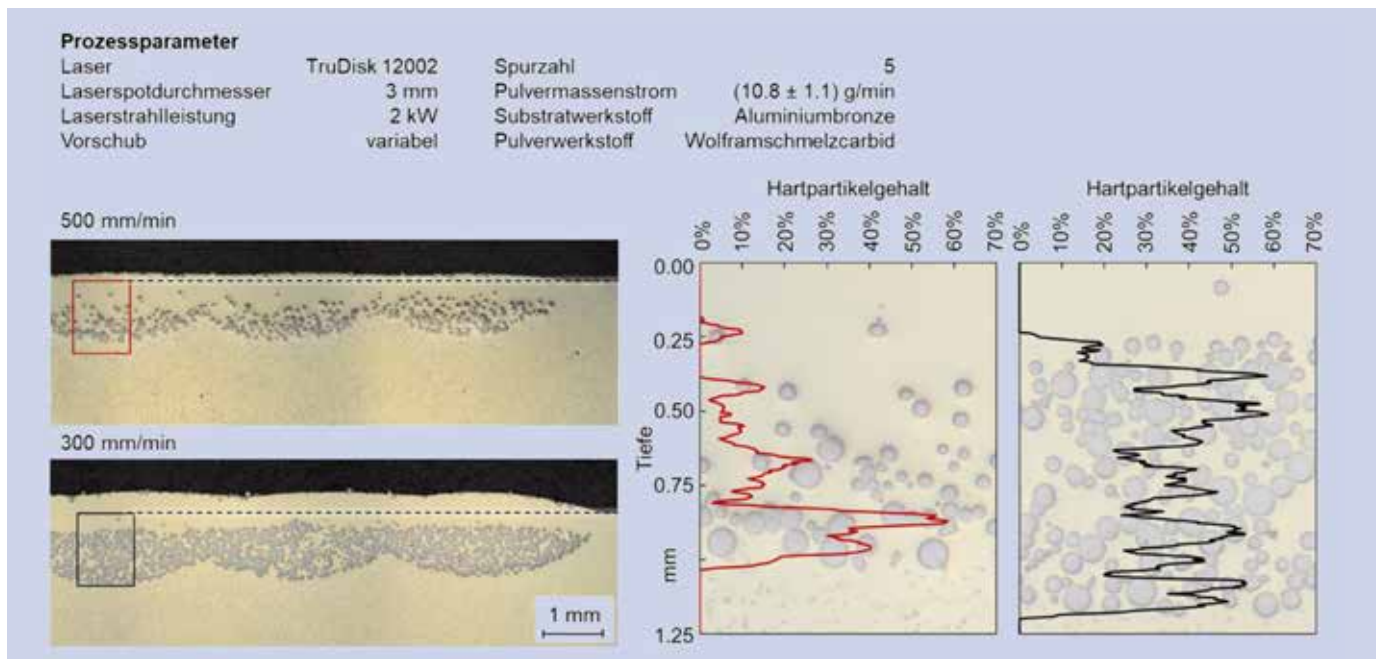


Bild 3 • Hartpartikelverteilung beim Laserstrahldispersieren mit einer Prozessgeschwindigkeit von 500 mm/min und 300 mm/min.

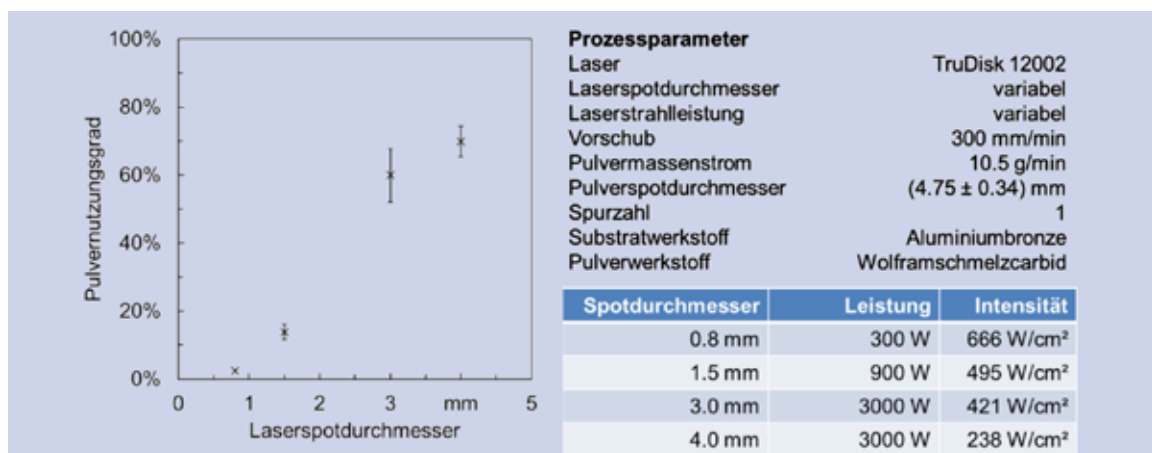


Bild 4 • Pulvernutzungsgrad in Abhängigkeit vom Laserspotdurchmesser.

vertikale Gradierung des Hartpartikelgehalts ein, **Bild 3**. Im oberen Bereich der Schicht (bis etwa 600 µm unterhalb der ursprünglichen Substratoberfläche), die mit 500 mm/min Vorschub dispersiert wurde, ist die Packungsdichte der Hartpartikel deutlich geringer als am Grund der MMC-Schicht (1 mm unterhalb der ursprünglichen Substratoberfläche).

Die Prozesseffizienz war vorrangig durch die Abstimmung der Pulverstromgeometrie auf die Schmelzbadgeometrie bedingt. Die Prozesseffizienz bzw. der Pulvernutzungsgrad nahm dabei mit steigender Laserspotgröße zu, **Bild 4**. So wurden bei einem Laserspotdurchmesser von 3 mm und größer hohe Pulvernutzungsgrade von über 50% erzielt. War der Spotdurchmesser mit 1,5 mm sehr viel kleiner als der Durchmesser des Pulvermassenstroms mit 4,8 mm in der Bearbeitungsebene, lag der Pulvernutzungsgrad bei lediglich 14%. Trotz des geringen Pulvernutzungsgrads konnte während des Laserstrahldispersierens des Funktionsmusters

ausreichend Pulver der Prozesszone zugeführt werden, um eine MMC-Schicht zu erzeugen (siehe **Bild 7**).

Abhängig von der zu beschichtenden Geometrie kann es zu einer Wärmeakkumulation im Bauteil kommen, wodurch lokal unterschiedliche Bedingungen für das Laserstrahldispersieren herrschen, die sich negativ auf die MMC-Schichtqualität auswirken können. Eine Wärmeakkumulation tritt auch immer dann kurzzeitig auf, wenn die Verfahrrichtung des Laserstrahls über die Werkstückoberfläche geändert wird. Mithilfe einer geeigneten Regelung der Laserstrahlleistung über die gemessene Temperatur konnte eine Wärmeakkumulation verhindert werden. Dies hatte zudem den Vorteil, dass bereits zu Prozessbeginn die erforderliche Solltemperatur erreicht wurde, sodass über den gesamten Flächenquerschnitt eine gleichbleibende Schichttiefe und -dicke erzielt wurden, **Bild 5**. Im unregulierten Prozess nahmen sowohl die Schichttiefe als auch die Schichtdicke mit steigender Prozessdauer zu. Die

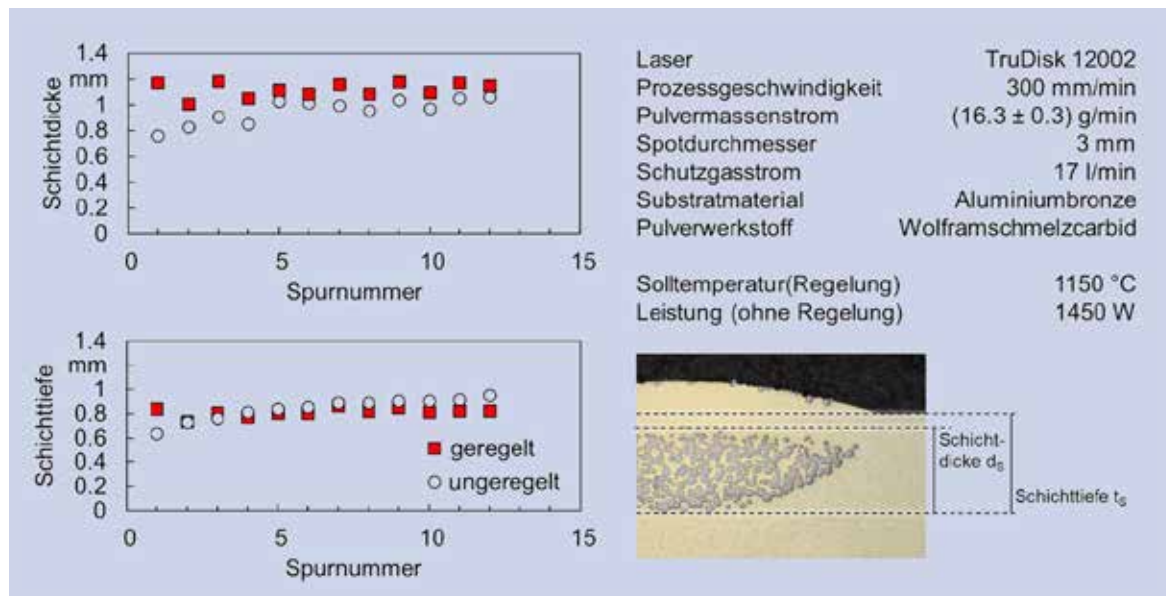


Bild 5 • Nutzen der Regelung, um eine gleichbleibende Schichtdicke und -tiefe zu erreichen.

Regelung wurde dabei erfolgreich mit einem koaxial zum Laserstrahl geführten Pyrometer umgesetzt.

### 3.2 Mikrofräsen

Als erster Schritt zur Auswertung der gefertigten Angussstrukturen wurden rasterelektronenmikroskopische (REM-) Aufnahmen zur qualitativen Beurteilung der erreichten Oberflächen herangezogen. **Bild 1b** zeigt dabei beispielhaft solche Aufnahmen für Anguss 1 und Anguss 2. In diesem Bild sind dabei die zwei Bestandteile der MMC-Schicht, der Grundwerkstoff (dunkler im Bild) und die WSC-Partikel (heller im Bild), deutlich voneinander zu unterscheiden. Allerdings zeigen einige der Partikel in der Aufnahme von Anguss 1 eine nicht ganz scharfe Abgrenzung zur umgebenden Matrix. Die REM-Aufnahmen deuten an, dass die Probe Anguss 2 mit dem geringeren Zahnvorschub  $f_z$  eine bessere Trennung und damit eine geringere Oberflächenrauheit aufweist.

Die quantitativen Messergebnisse für die gefertigten Angussstrukturen sind in **Bild 6** zusammengefasst. Darin sind die beiden Proben gefertigt aus dem MMC-Material der Referenzprobe aus dem Werkzeugstahl 1.2344 gegenübergestellt. Der arithmetische Mittenrauwert  $R_a$  ist in **Bild 6a** dargestellt. Konkret wurde ein arithmetischer Mittenrauwert von  $R_a = 170$  nm für den Anguss 1 und  $R_a = 80$  nm für den Anguss 2 erfasst. Für die Stahlprobe wurde ein arithmetischer Mittenrauwert  $R_a = 40$  nm ermittelt. Diese Verbesserung der Oberflächen-güte der gefrästen MMC-Werkstoffschichten konnte qualitativ bereits aus den REM-Aufnahmen in **Bild 1b** festgestellt werden und bestätigt sich damit hier.

In **Bild 6b** werden schließlich die erreichten Formabweichungen  $a$  gegenüber gestellt. Für die Referenzprobe aus dem Stahl 1.2344 konnte eine Formabweichung  $a = 4$   $\mu$ m ermittelt werden. Derselbe Wert wurde ebenfalls für die Angussstruktur 1 erreicht. Auch in diesem Fall kann ein Verbesserungspotenzial durch die

Reduzierung des Zahnvorschubs  $f_z$  abgeleitet werden. Denn für den Anguss 2 wurde eine Formgenauigkeit  $a = 3$   $\mu$ m bestimmt.

### 4 Diskussion

Die Forschungsergebnisse zeigen, dass der Hartpartikelgehalt innerhalb der MMC-Schicht durch den Pulvermassenstrom bestimmt wird. Die Ergebnisse legen nahe, dass der erreichbare Hartpartikelgehalt durch die Packungsdichte des verwendeten Pulvers begrenzt ist. Hierzu wurden ergänzend Messungen der Schüttdichte des Pulvers durchgeführt. Es wurde eine Schüttdichte von  $10,2 \pm 0,1$  g/cm<sup>3</sup> gemessen. Diese entspricht etwa 60,0 bis 63,8% der physikalischen Dichte des WSC-Pulvers. Zudem wird der Hartpartikelgehalt und auch die Verteilung der Hartpartikel durch die Prozessgeschwindigkeit bestimmt. Mit zunehmender Prozessgeschwindigkeit wird eine Gradierung des Hartpartikelgehalts erreicht. Diese begründet sich in der kürzeren Lebensdauer des Schmelzbads, weshalb die Hartpartikel mit fortschreitender Schmelzbadlebensdauer sukzessive weniger tief in die viskose Schmelze eindringen [6].

Die Prozessregelung für eine homogene Prozess-temperatur über die gesamte Prozessdauer wurde auf Basis des Messsignals eines einzelnen Messkanals des Quotientenpyrometers umgesetzt. Die Berechnung der Prozess-temperatur über den Quotienten der Messsignale beider Messkanäle war nicht zielführend. Dies liegt darin begründet, dass die Messsignale des Pulvers die des Schmelzbads derart überlagerten, dass trotz steigender Leistung keine Temperatursteigerung festgestellt werden konnte. Da der Emissionsgrad des Prozesses unbekannt ist, konnten keine realen Temperaturen bestimmt werden. Die Prozessregelung ließ sich dennoch mit dem verwendeten Versuchsaufbau reproduzierbar umsetzen.

Wie in der Problemstellung erläutert, spielen die Oberflächengüte und Formgenauigkeit in der

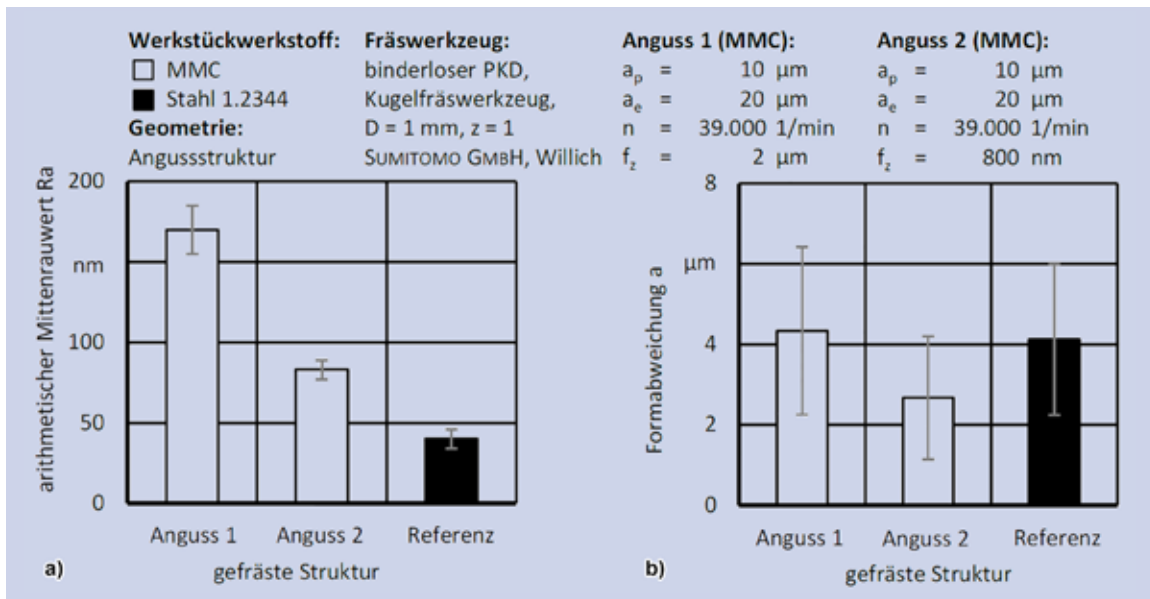


Bild 6 • Auswertung der gefertigten Angussstrukturen: a) arithmetischer Mittenrauwert Ra und b) Formabweichung a ( $a_p$  Schnitttiefe,  $a_e$  Zustellung, n Drehzahl,  $f_z$  Zahnvorschub).

industriellen Praxis eine wichtige Rolle. Im Falle der Zerspanung von MMC-Werkstoffen hängen diese Eigenschaften maßgeblich davon ab, ob während der Bearbeitung eine duktile Trennung beider MMC-Komponenten erzielt wird. Beim Einsatz ungünstiger Parameterkombinationen, kann es insbesondere zu einem Herausbrechen ganzer WSC-Partikel aus dem Werkstoffverbund kommen, ohne dass diese getrennt werden. Aufgrund der Größe der WSC-Partikel ( $45 \mu\text{m} \leq d_k \leq 106 \mu\text{m}$ ) kommt es in diesem Fall zu einer deutlichen Erhöhung der Oberflächenrauheiten und somit zu unzureichenden Prozessergebnissen. Die REM-Aufnahmen in **Bild 1b** zeigen die gefrästen Angussstrukturen. Es ist deutlich zu erkennen, dass eine Trennung beider MMC-Komponenten ohne ein Herausbrechen der WSC-Partikel bei den hier eingesetzten Parametern erfolgt ist.

Bei dem Vergleich der hergestellten Angussstrukturen aus den MMC-Schichten wird deutlich, dass die Reduktion des Zahnvorschubs von  $f_z = 2 \mu\text{m}$  für Anguss 1 auf  $f_z = 0,8 \mu\text{m}$  für Anguss 2 einen deutlichen Einfluss auf das Prozessergebnis hat. Insbesondere die Oberflächenrauheit konnte dabei deutlich gesenkt werden. Die hier vorgestellten Forschungsarbeiten wurden hinsichtlich ihrer Einsetzbarkeit im Formenbau entwickelt. Für viele Anwendungen innerhalb dieser Branche werden arithmetische Mittenrauwerte von  $50 \text{ nm} \leq Ra \leq 150 \text{ nm}$  und Formabweichungen  $1 \mu\text{m} \leq a \leq 5 \mu\text{m}$  in Abhängigkeit von der Dimension  $D_{sc}$  der gefertigten Struktur gefordert [7...9]. Die vorgestellten Ergebnisse zeigen in Hinblick auf diese Anforderungen ein deutliches Einsatzpotenzial. Dies wird auch im Vergleich der Messergebnisse der MMC-Proben zur Referenzprobe aus dem Werkzeugstahl 1.2344 gestützt. Denn es wurde gezeigt, dass durch optimierte Parameter qualitativ gleichwertige Bearbeitungsergebnisse für den MMC-Werkstoff erzielt werden können wie bei der konventionellen Schlichtbearbeitung einer Probe aus Werkzeugstahl.

## 5 Folgerungen für die Praxis und Ausblick

Der Stand der Forschung zeigt das hohe Potenzial von MMC-Oberflächen auf NE-Legierungen, wenn diese für den Einsatz in Spritzgusswerkzeugen nutzbar gemacht werden können. Dies war das Ziel des durchgeführten Forschungsvorhabens, welches erreicht und an realen Funktionsmustern demonstriert werden konnte, **Bild 7**. Eine kontrollierte Herstellung der MMC-Werkstoffschichten mit einer homogenen WSC-Partikelverteilung wurde erfolgreich umgesetzt. Es gilt dabei für einen ökonomischen Prozess, die Laserspotgröße dem Pulverfokus anzupassen. Der maximale Hartpartikelgehalt ist durch die Schüttdichte respektive die Packungsdichte des verwendeten Pulvers begrenzt. Um eine homogene Hartpartikelverteilung zu erzielen, ist eine hinreichend geringe Prozessgeschwindigkeit zu wählen. Eine Prozessregelung ist zwingend erforderlich, wenn hohe Ansprüche an eine gleichbleibende Schichtdicke und -tiefe gestellt werden. Dies kann durch eine temperaturgesteuerte Leistungsregelung mit Hilfe eines koaxialen (Quotienten-) Pyrometers umgesetzt werden. Über eine fräsende Nachbearbeitung können exzellente Oberflächen mit einem arithmetischen Mittenrauwert von  $Ra = 80 \text{ nm}$  und Formabweichungen von  $a = 3 \mu\text{m}$  für die gemessenen Geometriemerkmale erzielt werden. Der Zahnvorschub gilt hier als kritische Prozessgröße, um hohe Oberflächengüten auf heterogenen MMC-Schichten erzeugen zu können. Das gezeigte Funktionsmuster, **Bild 7**, wurde bereits erfolgreich im Einsatz erprobt. Damit wurde die untersuchte Technologie - Laserstrahldispersion + Mikrofräsen - zur Herstellung von MMC-Oberflächen für den industriellen Einsatz qualifiziert.

Zukünftige Arbeiten sollten die weitere Optimierung aller Prozessschritte zum Ziel haben. Dies umfasst neben der Reduzierung der erzeugbaren Dicke  $d$  der MMC-Schichten auch eine weitere Optimierung der

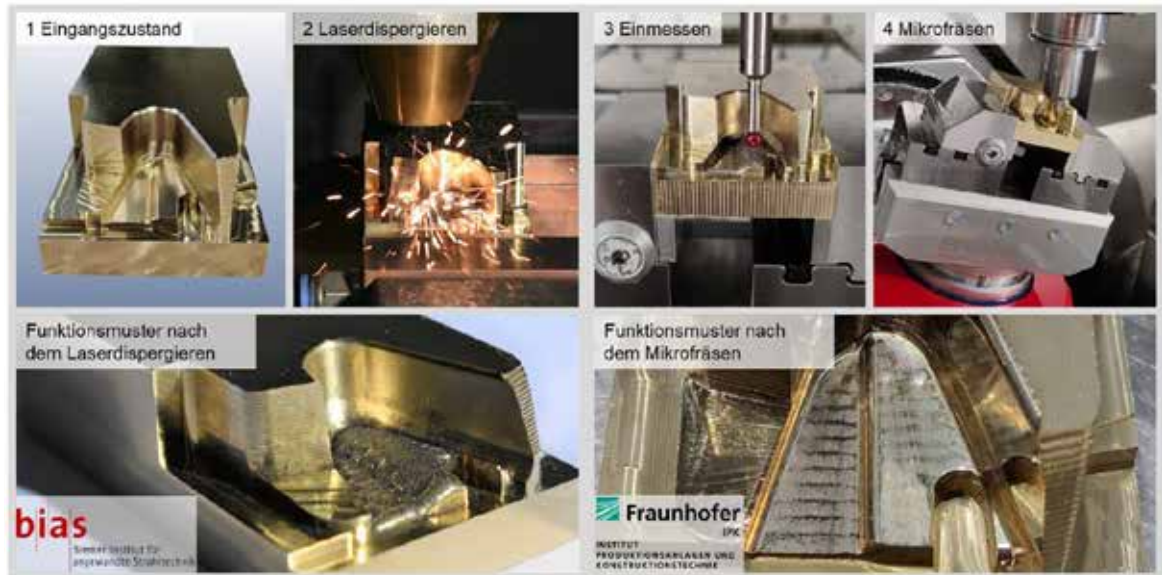


Bild 7 • Prozesskette für die Herstellung eines Spritzgusswerkzeugs mit einer MMC-Oberfläche.

Fräseparameter. Letzteres bezieht sich hauptsächlich auf eine mögliche Erhöhung des Zeitspanvolumens für Schruppbearbeitungen, insbesondere durch Anpassung der Parameter Schnitttiefe  $a_p$  bzw. seitliche Zustellung  $a_e$ . Aufgrund der hohen Anforderungen, welche die Herstellung und Zerspanung des untersuchten MMC-Werkstoffs aufweisen, sollte eine Effektivitätsanalyse für die gesamte Prozesskette des Spritzgusses vorgenommen werden. In diesem Zusammenhang erfolgen zurzeit Standzeitversuche mit dem MMC-verstärkten Funktionsmuster, um die relevanten Anwendungsgebiete für diese Technologie zu lokalisieren.

#### Literatur

- [1] Hecke, M., u. W. K. Schomburg: Review on microinjection molding of thermoplastic polymers. *Journal of Micromechanics and Microengineering* 14 (2004), S. R1.
- [2] Giboz, J., T. Copponex u. P. Mele: Micro molding of thermoplastic polymers: a review. *Journal of Micromechanics and Microengineering* 17 (2007), S. R96.
- [3] Freiß, H.: Hartpartikelverstärkte Oberfläche für das Trockentiefziehen eines hochlegierten Stahls. Diss. Universität Bremen 2020.
- [4] Warneke, P., u. T. Seefeld: High-speed laser melt injection of tungsten carbide in highly conductive copper alloys. *Key Engineering Materials* 809 (2019), S. 94/99.

- [5] Uhlmann, E., u. a.: Fräsen von Wolframkarbid-basierten MMC-Werkstoffen. *wt Werkstattstechnik online* 110 (2020), H. 7/8, S. 462/66.
- [6] Pei, Y. T., V. Ocelik u. J. T. M. De Hosson: SiCp/Ti4Al4V functionally graded materials produced by laser melt injection. *Acta Materiala* 50 (2002), H. 8, S. 2035/51.

## DANKSAGUNG

Das IGF-Vorhaben Nummer 19.941 N/DVS-Nummer 06.3046 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.

Für diese Förderung sei gedankt. Ein Dank gilt dem Fachausschuss FA 6 „Strahlverfahren“ der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS für die inhaltliche Begleitung. Ein weiterer Dank gilt insbesondere den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses (PA) für die technische Unterstützung, die Bereitstellung von Geräten und Material sowie die intensiven Diskussionen und wertvollen fachlichen Hinweise.



## Die aktuellen Mediadaten liegen für Sie bereit!

Unsere Anzeigenabteilung erreichen Sie direkt unter folgenden Nummern:

☎ +49 211 1591-155/-152

☎ +49 211 1591-150

✉ [britta.wingartz@dvs-media.info](mailto:britta.wingartz@dvs-media.info)

✉ [vanessa.wollstein@dvs-media.info](mailto:vanessa.wollstein@dvs-media.info)





# Mediadaten 2022

## Jetzt planen!



 +49 211 1591 142

# Einfluss von Leistungultraschall auf die Realisierung artgleicher Ti6Al4V/Ti6Al4V-Schweißverbindungen

Der Beitrag thematisiert den Einfluss von Leistungultraschall auf das Prozessverhalten sowie die ausgebildete Mikrostruktur und die resultierenden quasistatischen und zyklischen Kennwerte artgleicher rührreibgeschweißter Titan/Titan-Schweißverbindungen der industriell relevanten Legierung Ti6Al4V. Das vorteilhafte hybride Fügeverfahren des ultraschallunterstützten Rührreibschweißens (USE-FSW) zeichnet sich durch eine Herabsetzung der Fügepartnerfließspannung und eine Wechselwirkung des Leistungultraschalls mit Unstetigkeiten (wie beispielsweise Oxidlinien) aus. Basierend auf der Kombination dieser beiden Wirkmechanismen lagen die Ziele der durchgeführten Untersuchungen in der verbesserten Durchmischung der Rührzone und der Verminderung nachteiliger Oxidlinien. Hinsichtlich der sich ausbildenden Mikrostruktur zeigte die USE-FSW-Schweißverbindung einerseits eine Reduktion von Oxidlinien und andererseits das Vorhandensein globularer primärer  $\alpha$ -Körner in der Rührzone, was als Erklärung für die höheren erzielten Zugfestigkeiten mittels Leistungultraschallunterstützung dient. Dahingegen konnte für den Ermüdungsbereich keine nachhaltig erhöhte Dauerfestigkeit für den USE-FSW-Prozess nachgewiesen werden.

## 1 Einleitung

Qualitativ hochwertige Titan-Schweißverbindungen lassen sich aufgrund der hohen Affinität von Titan gegenüber den Luftgasen Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff nur mittels geeigneter Schutzgaseinrichtungen realisieren [1; 2]. Neben den dafür etablierten Schmelzschweißverfahren wie Wolfram-Inertgasschweißen und Laserstrahlschweißen stellt das Rührreibschweißen (friction stir welding – FSW) eine innovative und leistungsfähige Alternative dar [3]. Als Pressschweißverfahren zeichnet es sich durch das Fügen unterhalb der Schmelztemperatur der Fügepartner aus [4]. Bisherige Untersuchungen auf dem Gebiet des Rührreibschweißens artgleicher Ti/Ti-Schweißverbindungen wiesen trotz hoher erreichter quasistatischer Verbindungsfestigkeiten zumeist das Vorhandensein von Oxidlinien in der Fügezone nach, welche vor allem im Bereich zyklischer Belastungen äußerst nachteilig für die erzielbaren Verbindungslebensdauern sind [5]. Weiterhin zeigten sich auch vergleichsweise starke Verschleißerscheinungen an den jeweils eingesetzten FSW-Werkzeugen [6]. Basierend auf derartigen Herausforderungen beim Rührreibschweißen wurden verschiedene Hybridverfahren, wie beispielsweise auch das ultraschallunterstützte Rührreibschweißen entwickelt. Der zusätzliche mechanische Energieeintrag in Form hochfrequenter Ultraschallschwingungen besitzt das Potenzial, unerwünschte Oxidlinien aufzubrechen und die Verbindungsqualität zu erhöhen.

## 2 Stand der Technik

Das Rührreibschweißen ist für artgleiche Aluminiumverbindungen nach DIN EN ISO 25239-2020-12 genormt und lässt sich in vier Hauptprozessschritte

## DIE AUTOREN



### Dr.-Ing. Marco Thomä

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde am Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik der Technischen Universität Chemnitz  
marco.thomae@mb.tu-chemnitz.de



### Andreas Gester, M. Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde am Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik der Technischen Universität Chemnitz  
andreas.gester@mb.tu-chemnitz.de



### Univ.-Prof. Dr.-Ing. Guntram Wagner

Inhaber der Professur Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde am Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik der TU Chemnitz  
guntram.wagner@mb.tu-chemnitz.de

Weitere Informationen zu den Autoren unter <https://www.schweissenundschneiden.de/autoren>

## STICHWÖRTER

Festigkeit, Reibschweißen, metallurgische Fragen, Werkstofffragen

untergliedern [7]. Beim Eintauchen wird ein rotierendes zylindrisches Werkzeug mit einem abgesetzten Schweißstift an der Spitze unter einem definierten Vorschub auf die Fügepartner gepresst. Im Kontaktbereich zwischen Werkzeug und Fügepartner erfolgt eine lokale Plastifizierung infolge der reibungs-basierten Temperatureintrags, wodurch das Eintauchen des Schweißstifts in die Fügepartner ermöglicht wird. Das sich anschließende Verweilen des Werkzeugs in dieser Position ist gekennzeichnet durch eine gleichmäßigere Erwärmung der Fügepartner. Nachfolgend verfährt das FSW-Werkzeug mit einer festgelegten Schweißgeschwindigkeit entlang des jeweiligen Stoßes und verrührt die beiden artgleichen Fügepartner ineinander. Letztlich taucht das Werkzeug wieder aus den verschweißten Fügepartnern aus und hinterlässt dabei ein charakteristisches Endloch, welches über verschiedene Strategien vermieden bzw. beseitigt werden kann [3]. Da für die Verbindungsbildung ein Plastifizieren der Fügepartner ausreichend ist, werden im Fügeprozess nur rund 80% der Schmelztemperatur der Fügepartner erreicht. Deshalb zeichnet



sich das Rührreibschweißen als Pressschweißverfahren durch eine besondere Mikrostruktur für schwer oder nicht schweißbare Werkstoffkombinationen (Klassifikation basierend auf Schmelzschweißen) aus. Zu den weiteren Vorteilen des FSW-Prozesses zählen neben einer hohen Verbindungseffizienz der Verzicht auf Zusatzwerkstoffe, die Vermeidung von Prozessgasen, die gute Automatisierbarkeit sowie die Möglichkeit, heliumdicht zu fügen [4]. Trotz dieser vorteilhaften Eigenschaften des Rührreibschweißens stellt das Vorhandensein von Oxidlinien in artgleichen Aluminium/Aluminium- bzw. Titan/Titan-Verbindungen aktuell noch immer eine Herausforderung für Anwender dar und bedingt zusätzliche zeit- und kostenintensive Prozessschritte. Insbesondere bei zyklischen Beanspruchungen, wie beispielsweise im Schienenfahrzeugbau sowie im Bereich der Luft- und Raumfahrt, wirken sich Oxidlinien sehr negativ auf die erreichbaren Verbindungslebensdauern aus [6]. Für rührreibgeschweißte Ti/Ti-Verbindungen konnte ein frühzeitiges Versagen bei vergleichsweise geringen Spannungsamplituden unter zyklischer Beanspruchung durch Oxidlinienverläufe nachgewiesen werden [5].

Weitere Untersuchungen zum Rührreibschweißen artgleicher Ti6Al4V/Ti6Al4V-Verbindungen belegten das Vorhandensein verschiedener Gefüge bzw. Gefügeanteile (bimodal oder lamellar), abhängig von den gewählten FSW-Parametern bzw. Werkzeugen und den daraus resultierenden Prozesstemperaturen im Bereich unterhalb oder oberhalb der Betatransustemperatur dieser Titanlegierung [8...11]. Hinsichtlich einer verbesserten Durchmischung sowie der Reduktion von Oxidlinien für artgleiche Verbindungen haben sich hybride Fügeverfahren wie beispielsweise das ultraschallunterstützte Rührreibschweißen (USE-FSW) entwickelt. Der USE-FSW-Prozess ist charakterisiert durch die zeitsynchrone

und parallele Einkopplung von Leistungsschall in einen Fügepartner, wobei zwei Wirkmechanismen zum Tragen kommen [12]. Einerseits tritt der Leistungsschall in Wechselwirkung mit Unstetigkeiten und besitzt dabei unter bestimmten Bedingungen die Fähigkeit, derartige Artefakte zu verkleinern oder zu zerstören. Dieser Effekt wird in der Medizintechnik bei der Beseitigung von Nierensteinen angewendet [13]. Andererseits kann durch das Auftreten des akusto-plastischen Effekts die Fließspannung der Fügepartner herabgesetzt werden [14]. Aus der Kombination dieser beiden Wirkmechanismen ergeben sich zahlreiche Vorteile, zu denen unter anderem die Plastifizierung eines größeren Werkstoffvolumens, eine homogenere Verrührung der Fügezone, ein tieferes Einschweißen sowie die Reduktion bzw. Vermeidung von intermetallischen Phasen (artfremde Verbindungen) und Oxidlinien (artgleiche Verbindungen) zählen [15...19].

Das Ziel der durchgeführten Untersuchungen zum ultraschallunterstützten Rührreibschweißen lag deshalb, neben der Analyse des Prozessverhaltens, in der Verbesserung der sich ausbildenden Mikrostruktur der Fügezone sowie der daraus resultierenden quasistatischen und zyklischen Verbindungskennwerte.

### 3 Experimentelles Vorgehen

Die Rührreibschweißversuche wurden auf einem Universalbearbeitungszentrum DMU80T von DMG Mori, Bielefeld, durchgeführt, welches zusätzlich mit einer Vorrichtung für das pneumatische und mechanische Aufspannen der Fügepartner versehen wurde. An der Unterseite der Aufspannvorrichtung waren vier Kraftsensoren des Unternehmens Kistler, Winterthur/CH, montiert, wodurch die Schweißkräfte in allen drei Raumrichtungen detektiert sowie eine kraftgeregelte Versuchsführung umgesetzt werden konnte. Die

## ABSTRACT

# Influence of power ultrasound on the realization of Ti6Al4V/Ti6Al4V joints

The article deals with the influence of power ultrasound on the process behaviour as well as the formed microstructure and the resulting quasi-static and cyclic properties of similar friction stir welded titanium/titanium joints of the industrially relevant alloy Ti6Al4V. The advantageous hybrid joining process of ultrasound enhanced friction stir welding (USE-FSW) is characterized by a reduction of the joining partner yield stress and an interaction of the power ultrasound with discontinuities. Based on the combination of these two mechanisms of action, the objectives of the investigations carried out were improved mixing of the stirred zone and the reduction of detrimental

oxide lines. With regard to the resulting microstructure, the USE-FSW joint showed on the one hand a reduction of oxide lines, and on the other hand the presence of globular primary  $\alpha$ -grains in the stirred zone, which serves as an explanation for the higher tensile strengths achieved by means of power ultrasound enhancement. However, no sustained increase in fatigue strength could be demonstrated for the USE-FSW process in the fatigue zone.

## KEYWORDS

strength, friction welding, metallurgical questions, material questions



Bild 1 • Ölgekühlter Werkzeugaufnehmer mit Schutzgasumspülung.

Fügepartner bestanden aus Ti6Al4V mit den Abmaßen  $140\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 1,25\text{ mm}$  und wurden im Stumpfstoß verschweißt. Als Werkzeugwerkstoff wurde Wolfram mit einer Lanthanoxidpartikelverstärkung von 1% genutzt. Das Werkzeug besaß weiterhin einen konischen Schweißstift mit einer Durchmesserjüngung von 8 mm auf 4 mm. Der Schulterdurchmesser betrug 11 mm und als Schweißstiftlänge wurden 1,15 mm

gewählt. Die Fixierung des Werkzeugs erfolgte in einem speziell angefertigten, ölgekühlten Werkzeugaufnehmer mit einer Argon-Schutzgasumspülung der Reinheit 99,95%, **Bild 1**. Zur Detektion der Prozesstemperatur wurde ein Infrarot-Pyrometer verwendet, welches ebenfalls an der Spindel fixiert wurde. Die Rührreibschweißparameter wurden experimentell unter Zuhilfenahme eines zentral zusammengesetzten, flächenzentrierten Versuchsplans („Face-centred central composite design“ – CCF) nach der Wirkungsflächenmethode ermittelt. Der bestmögliche Parametersatz bestand aus einer Drehzahl von 1.000 U/Min, einer Schweißgeschwindigkeit von 75 mm/min, einem Anstellwinkel von  $2^\circ$  und einer vertikalen Schweißkraft von 4 kN. Die zusätzliche Einkopplung des Leistungultraschalls erfolgte über ein Rollnahtmodul RM20 des Unternehmens Schunk, Lauffen am Neckar, wobei die Rollnahtsonotrode in einem festen Abstand von 95 mm zur Stoßfuge in einen der Fügepartner einkoppelte. Dieser feste Abstand zwischen Einkopplungspunkt des Ultraschalls und der Stoßfuge entsprach in guter Näherung einem Viertel der Wellenlänge einer longitudinalen Ultraschallschwingung in Titan und basierte auf der Kombination aus konstruktiven Randbedingungen sowie der früheren Auslegung für eine maximale longitudinale Schwingungseinkopplung [20]. Das Rollnahtmodul arbeitete bei einer Resonanzfrequenz von 20 kHz, einem Puls-Pause-Verhältnis von 2:1 (zur Schonung der Sonotrode), einer Amplitude von  $21\ \mu\text{m}$ , einer Anpresskraft von 1,5 kN und verfuhr mit der gleichen Geschwindigkeit von 75 mm/min, **Bild 2**.

Zur Ermittlung der quasistatischen mechanischen Kennwerte wurden aus dem Grundwerkstoff sowie den FSW- und USE-FSW-Verbindungen jeweils drei Querzugproben mittels Wasserstrahlschneiden unter Beachtung geeigneter Abstände zu Beginn und Ende der Naht hinsichtlich Prozesseinlauf und -auslauf entnommen. Anschließend erfolgte ein Überfräsen der Proben zur

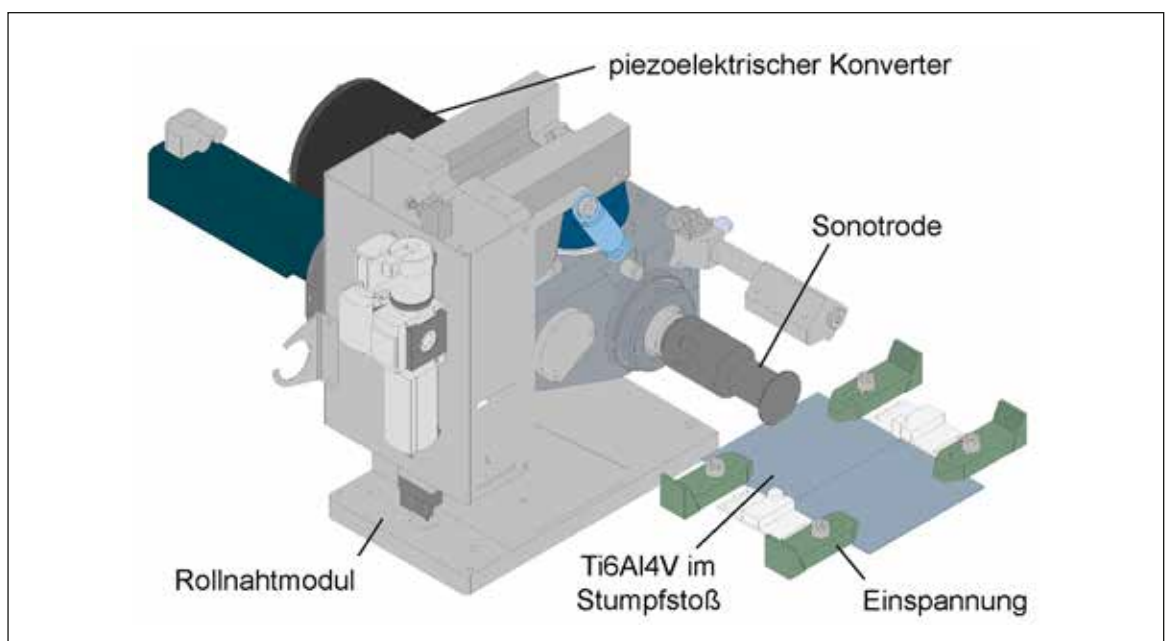


Bild 2 • Schematischer Versuchsaufbau beim USE-FSW.

makroskopischen Beseitigung von oberflächennahen Unebenheiten. Die Zugversuche wurden nachfolgend an einer 20-kN-Anlage Z20 Zwick Allround-Line des Unternehmens ZwickRoell, Ulm, bei Raumtemperatur nach DIN EN ISO 4136 durchgeführt [21]. Die Dehnrates betrug  $2,5 \times 10^{-3}$  und die Dehnung wurde über ein Extensometer Axial Clip-on, Hersteller Instron, Norwood/US, gemessen. Für die Bestimmung des zyklischen Ermüdungsverhaltens ausgewählter Verbindungen wurden aus den jeweiligen Verbindungen wiederum quer zur Schweißnaht jeweils vier Ermüdungsproben in Anlehnung an DIN 50100:2016-12 entnommen [22]. Es wurde erneut auf einen passenden Abstand bzgl. Prozessein- und Prozessauslauf geachtet. Die Proben wurden ebenfalls mittels Wasserstrahlschneiden entnommen und anschließend überfräst. Nachfolgend wurden die Ermüdungsproben bis auf eine Rauheit von  $Ra\ 0,2\ \mu\text{m}$  poliert. Die Ermüdungsversuche erfolgten an einer servohydraulischen Prüfanlage Landmark 100 kN des Unternehmens MTS, Berlin, und erfolgten bei Raumtemperatur mit einer Prüffrequenz von 5 Hz, einem Lastverhältnis von 0,1 und einer Rampe als Signalform. Die Dehnung der Ermüdungsproben wurde mittels eines Axialdehnungsexensometers erfasst. Zur Vermeidung langwieriger und materialintensiver Wöhlerversuche wurden jeweils zwei stufenweise Laststeigerungsversuche (LSV) mit einer Stufenlänge von jeweils 10.000 Zyklen und einer Stufenhöhe von 40 MPa bis zum Versagen der Proben gefahren, um eine erste Abschätzung hinsichtlich der Dauerfestigkeit der Proben zu erreichen. Dazu wurden nach dem PHYBAL-Prinzip für sehr spröde Proben die Schnittpunkte der Tangenten an die Kurve der ersten Ableitung der mathematischen plastischen Dehnungsamplitude herangezogen [23]. Anschließend wurden Einstufenversuche (ESV) in Anlehnung an das Treppenstufenverfahren durchgeführt zur Überprüfung der mittels LSV ermittelten Dauerfestigkeiten bei  $2 \times 10^6$  Lastwechseln.

#### 4 Vergleichende Analyse der Prozesstemperaturen

Da sich bei  $\alpha+\beta$ -Titanlegierungen für die Betatransustemperatur ein diffusionsgesteuerter Übergangsbereich von 800 bis 995°C einstellt, war die Analyse der Prozesstemperaturen von besonderem Interesse. **Bild 3** zeigt vergleichend die aufgenommenen

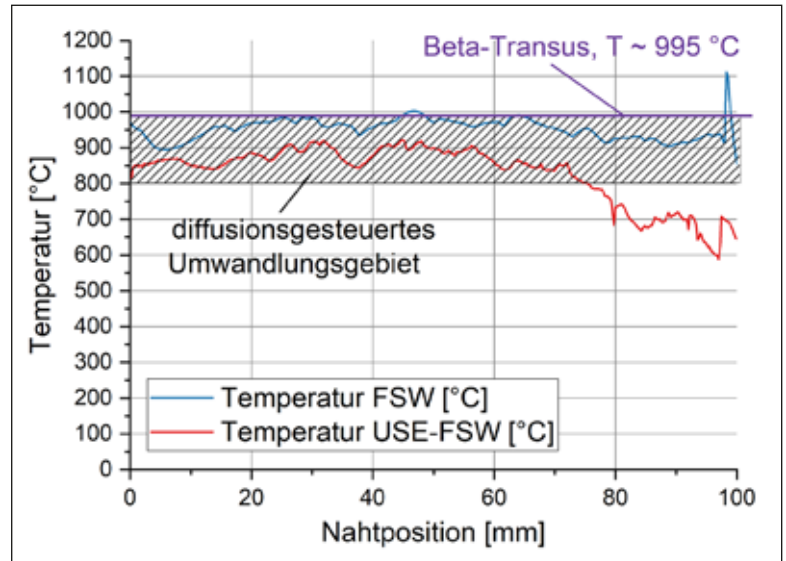


Bild 3 • Vergleich der Prozesstemperaturen zwischen FSW- und USE-FSW-Versuchen.

Temperaturverläufe für den FSW- (blaue Linie) und den USE-FSW-Prozess (rote Linie). Beide Temperaturkurven verlaufen nahezu durchgängig in dem schraffiert dargestellten Bereich des diffusionsgesteuerten Umwandlungsgebiets, welcher von der lilafarbenen Linie der Betatransustemperatur bei 995°C begrenzt wird. Die blaue FSW-Temperaturkurve besitzt im Mittel mit etwa 950°C eine um rund 100°C höhere Prozesstemperatur als die rote USE-FSW-Kurve (Mittelwert etwa 850°C). Weiterhin wird aus der Darstellung ersichtlich, dass die rote USE-FSW-Kurve nach etwa 75 mm auf einen mittleren Wert von etwa 700°C abfällt. Dieser Effekt könnte unter anderem mit Unregelmäßigkeiten im Stoßbereich der Fügepartner und einem daraus resultierenden größeren Fügespalt erklärt werden. Somit wäre die effektive Reibfläche zwischen Werkzeug und Fügepartnern reduziert, was einen Abfall der Prozesstemperatur nach sich ziehen würde. Dieser mögliche Effekt wird in nachfolgenden Untersuchungen weiterverfolgt. Basierend auf der thermografischen Messmethode bedingten oberflächennahen Temperaturmessungen ist aufgrund von möglichen Abschattungen und Wärmeleitungseffekten davon auszugehen, dass die Prozesstemperatur im Bereich der Rührzone durchaus höher ausfällt und somit für den FSW-Prozess größer als 995°C ist. Dies hätte eine kurzzeitige vollständige Umwandlung in das

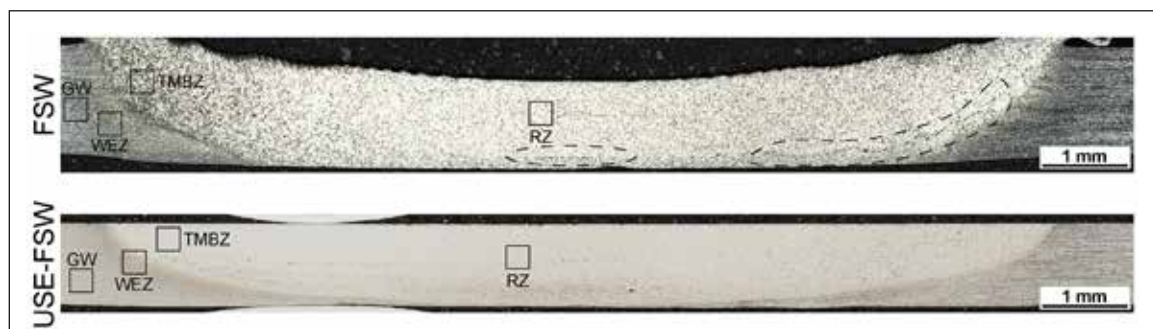


Bild 4 • Vergleich der Mikrostruktur zwischen FSW- und USE-FSW-Versuchen durch lichtmikroskopische Querschliffaufnahmen bei fünffacher Vergrößerung.

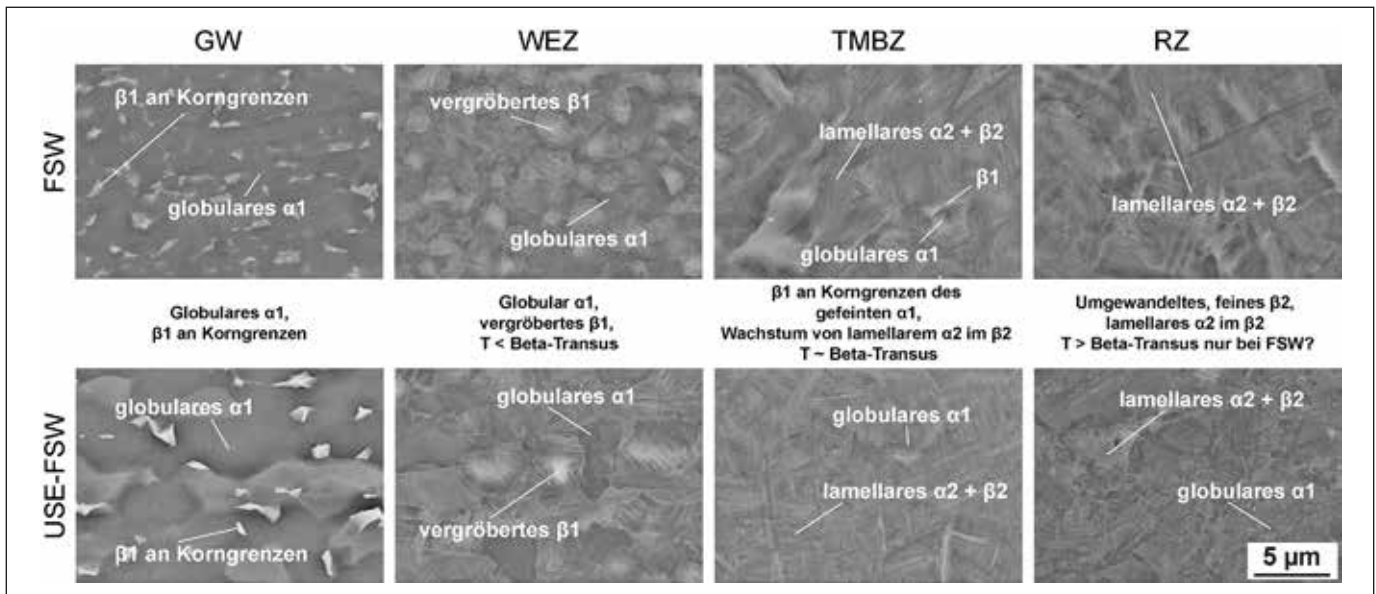


Bild 5 • Vergleich der Gefüge zwischen FSW- und USE-FSW-Versuchen durch rasterelektronenmikroskopische Querschliffaufnahmen bei fünftausendfacher Vergrößerung.

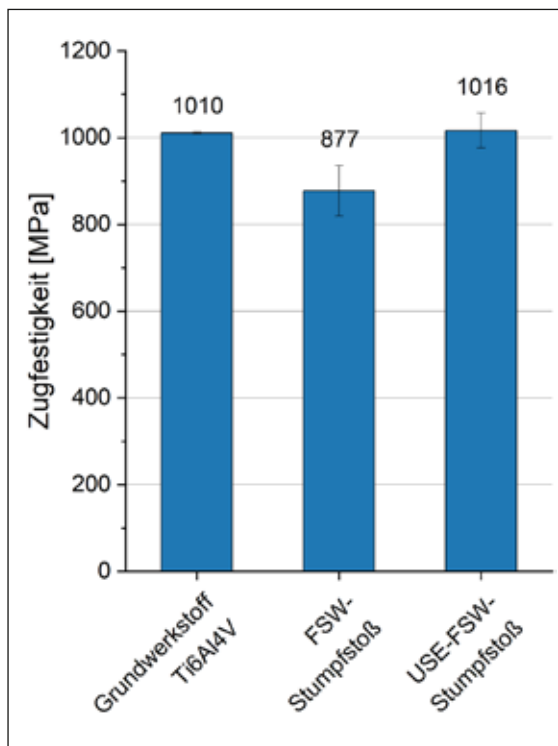


Bild 6 • Vergleich der Zugfestigkeiten zwischen Grundwerkstoff, FSW- und USE-FSW-Verbindungen.

sekundäre  $\beta$ -Gefüge zur Folge, wodurch bei anschließender ausreichend schneller Abkühlung der Fügezone sich an den Korngrenzen sekundäres  $\alpha$ -Titan ausscheidet und in das  $\beta$ -Titan hineinwächst. Das resultierende Gefüge besteht aus lamellarem  $\alpha+\beta$ -Titan, dessen Feinstreifigkeit durch die vorherrschende Abkühlgeschwindigkeit bestimmt wird [2].

### 5 Vergleichende Analyse der Mikrostrukturen

Nachfolgend wurden die resultierenden Mikrostrukturen der FSW- und der USE-FSW-Verbindungen

ebenfalls vergleichend betrachtet. **Bild 4** stellt lichtmikroskopische Aufnahmen der beiden Verbindungen gegenüber. Im Vergleich zur USE-FSW-Verbindung weist die konventionelle FSW-Verbindung eine Oxidlinie auf (siehe schwarze gestrichelte Bereiche), was eine verbesserte Durchmischung bzw. das Aufbrechen von Oxidlinien mittels Ultraschallunterstützung nahelegt und mit der Literatur zum ultraschallunterstützten Rührreibschweißen übereinstimmt [9; 17]. Die geometrische Ausprägung der Fügezone erscheint ansonsten nahezu gleich, wobei die jeweils charakteristischen Bereiche der Rührzone (RZ), der thermo-mechanisch beeinflussten Zone (TMBZ), der Wärmeeinflusszone (WEZ) und des Grundwerkstoffs (GW) in den lichtmikroskopischen Darstellungen gut zu erkennen sind. Durch höherauflösende Analysen dieser Bereiche der beiden Verbindungen mittels Rasterelektronenmikroskopie konnte ergänzend das jeweils vorliegende Gefüge genauer betrachtet werden, **Bild 5**. Der Grundwerkstoff zeichnet sich für beide Verbindungen durch ein primäres globulares  $\alpha$ -Titangefüge mit  $\beta$ -Titan an den Korngrenzen aus, was für Ti6Al4V charakteristisch ist. In der sich anschließenden Wärmeeinflusszone weisen sowohl die FSW- als auch die USE-FSW-Verbindung immer noch das primäre globulare  $\alpha$ -Titangefüge auf, wobei das  $\beta$ -Titan durch den prozessbedingten Temperatureintrag in der WEZ vergrößert. Da in dieser Zone noch kein lamellares  $\alpha+\beta$ -Titan vorliegt, wurde in der Wärmeeinflusszone erwartungsgemäß der Bereich des bei 800°C beginnenden diffusionsgesteuerten Umwandlungsgebiets nicht erreicht. Im Vergleich dazu zeigen die sich anschließenden Bereiche der thermo-mechanisch beeinflussten Zonen der beiden Verbindungen neben primärem  $\alpha$ -Titan auch bereits Anteile von sekundärem lamellarem  $\alpha+\beta$ -Titangefüge und besitzen somit ein bimodales Gefüge. Für den Querschliff der mit Ultraschallunterstützung gefertigten Verbindung konnte dabei kein primäres  $\beta$ -Titan gefunden werden. Daraus

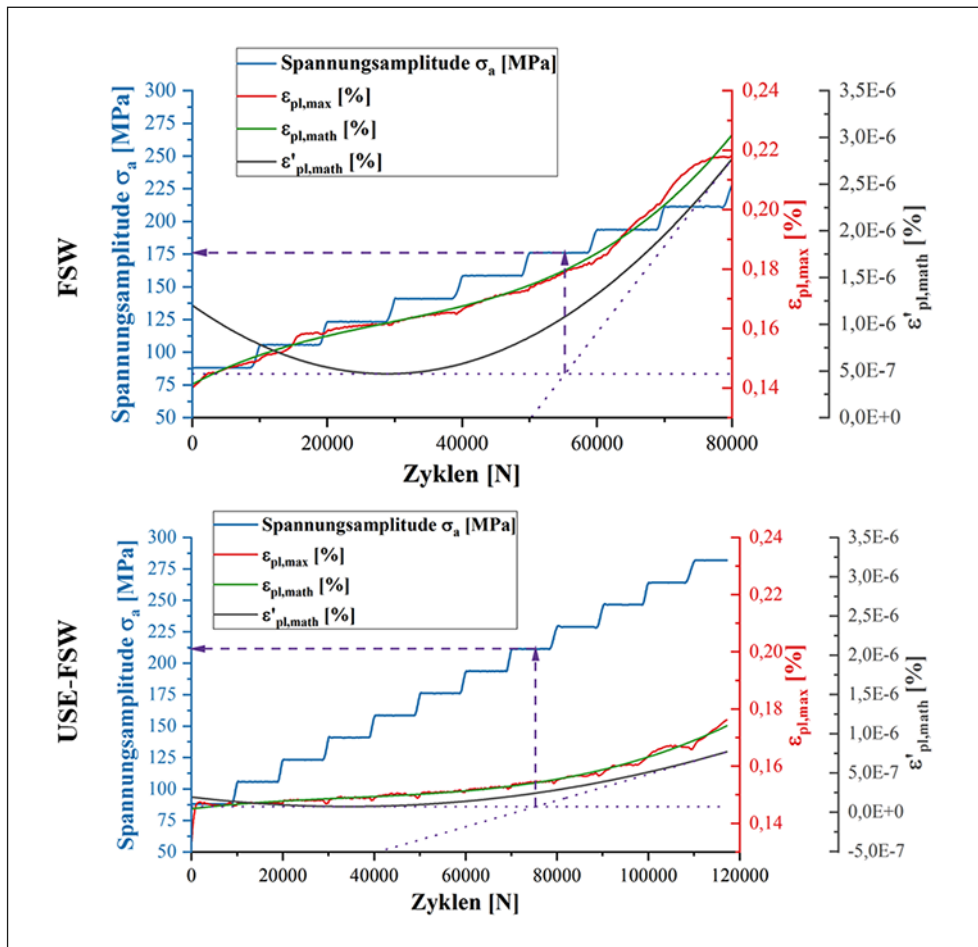


Bild 7 • Vergleich der stufenweisen Laststeigerungsversuche zwischen FSW- und USE-FSW-Verbindungen.

kann geschlussfolgert werden, dass die TMBZ während der Fügeprozesse Temperaturen im Bereich von 800 bis 995°C erfahren hat. Für den Bereich der Rührzone war demnach das Vorhandensein eines lamellaren  $\alpha+\beta$ -Titangefüges zu erwarten. Für die RZ der FSW-Verbindung konnte ein derartiges, ausschließlich lamellares Gefüge nachgewiesen werden, wohingegen die USE-FSW-Verbindung im Bereich der Rührzone auch noch vereinzelt primäres globulares  $\alpha$ -Titan aufwies. Diese geringen Gefügeausprägungen können mit den zuvor detektierten Prozesstemperaturen erklärt werden, welche für die FSW-Verbindung höher waren und somit hinsichtlich der thermografischen Messmethodik durchaus durchgängig über 995°C gelegen haben konnten.

## 6 Vergleichende Analyse des quasistatischen Verhaltens

Aufbauend auf den mikrostrukturellen Untersuchungen wurde das quasistatische Verhalten der FSW- und USE-FSW-Verbindungen mit dem Grundwerkstoff verglichen. Dabei wurden jeweils drei Zugversuchsproben aus den Verbindungen mittels Wasserstrahlschneiden entnommen und anschließend geprüft. **Bild 6** zeigt die jeweils erreichten Zugfestigkeiten. Für die FSW-Verbindung zeigt sich eine Abnahme der Zugfestigkeit um etwa 13% gegenüber dem Grundwerkstoff. Die USE-FSW-Verbindung hingegen liegt in Bezug auf seine Zugfestigkeit

von 1016 MPa auf dem Niveau des Grundwerkstoffs (1010 MPa). Ein Grund dafür kann in der verbesserten und homogeneren Durchmischung der Fügezone sowie der Vermeidung von Oxidlinien für die Verbindungen mit Ultraschallunterstützung liegen, wodurch eine gleichmäßigere Lastübertragung gewährleistet werden kann. Weiterhin kann auch das Vorhandensein von Anteilen des primären globularen  $\alpha$ -Titan in der Rührzone der USE-FSW-Verbindung zu einem homogeneren Übergang in der Mikrostruktur geführt haben, was in der Arbeit von Ahmadian unter anderem mit dem größeren Kaltverfestigungsvermögen des globularen  $\alpha$ -Titans belegt wurde [24].

## 7 Vergleichende Analyse des zyklischen Verhaltens

Abschließend wurde das zyklische Verhalten der FSW- und USE-FSW-Verbindungen ausgewählter Proben untersucht. Zur Vermeidung zeit- und werkstoffintensiver Wöhlerkurven wurden zunächst stufenweise Laststeigerungsversuche vorgenommen, **Bild 7**. Die Diagramme zeigen, dass für die USE-FSW-Probe eine höhere abgeschätzte Dauerfestigkeit von etwa 210 MPa im Vergleich zu etwa 175 MPa für die FSW-Probe ermittelt wurde. Diese Verbesserung der Dauerfestigkeit um etwa 20% korreliert mit den Ergebnissen der vorherigen Untersuchungen und kann auf den Einfluss des Leistungsultraschalls auf die Prozesstemperatur,

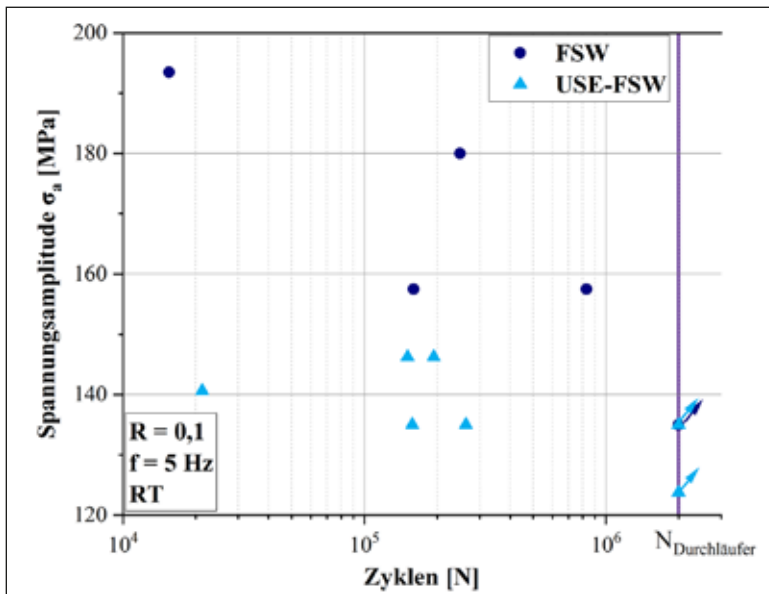


Bild 8 • Vergleich der Einstufenversuche zwischen FSW- und USE-FSW-Verbindungen.

die Mikrostruktur sowie die quasistatische Festigkeit zurückgeführt werden. Zur näheren Überprüfung dieser abgeschätzten Dauerfestigkeiten wurden Einstufenversuche in Anlehnung an das Treppenstufenverfahren durchgeführt. **Bild 8** stellt die ermittelten Dauerfestigkeiten gegenüber. Im Gegensatz zu den LSV belegten die Einstufenversuche nicht die zuvor angenommene höhere Dauerfestigkeit der USE-FSW-Proben, da für beide Zustände eine Dauerfestigkeit von 135 MPa erreicht wurde. Weiterhin erscheint der FSW-Prozess für den Zeitfestigkeitsbereich vorteilhaft zu sein, was ebenfalls in Kontrast zu den bisherigen Annahmen steht. Die Gründe dafür können vielschichtig sein. Einerseits kann dies als Hinweis gewertet werden, dass stufenweise Laststeigerungsversuche deutlich konservativer interpretiert werden sollten. Außerdem sind in diesem Zusammenhang für kerbempfindliche Werkstoffe wie Titan Chargeinflüsse sowie mögliche Toleranzunterschiede der eingestellten Rauheit zu beachten. Zusätzlich könnte der zuvor detektierte höhere Anteil an primärem globularem  $\alpha$ -Titan in der Rührzone beim USE-FSW zu einer stärkeren Akkumulation von Versetzungen bei niedrigeren Spannungsamplituden führen, was sich negativ auf den kraftgeregelten Zeitfestigkeits- und Dauerfestigkeitsbereich auswirkt. Dementgegen könnte dieses Verhalten aber Vorteile im dehnungsgeregelten Bereich der Kurzzeitfestigkeit haben.

## 8 Schlussfolgerungen und Ausblick

Im hier vorgestellten Forschungsvorhaben wurde der Einfluss von Leistungultraschall beim Rührreißschweißen artgleicher Ti6Al4V/Ti6Al4V-Verbindungen untersucht. Hinsichtlich der unterschiedlichen Prozesstemperaturen scheint der Leistungultraschall diese im Bereich von etwa 100°C zu vermindern. Die mikrostrukturellen Analysen belegen eine verbesserte Durchmischung durch den Leistungultraschall sowie die angestrebte Vermeidung von Oxidlinien, was als einer der

Hauptgründe für die um etwa 13% gesteigerte Zugfestigkeit der USE-FSW-Verbindungen angesehen werden kann. Bei der Betrachtung der zyklischen Kennwerte konnte die um etwa 20% erhöhte Dauerfestigkeit mit Ultraschallunterstützung gefügter Verbindungen durch Einstufenversuche nicht bestätigt werden. Zusammenfassend zeigte der USE-FSW-Prozess nahezu durchgängig positive Auswirkungen auf die resultierende Mikrostruktur sowie mechanischen Kennwerte der erzeugten Ti6Al4V/Ti6Al4V-Verbindungen.

Eine weiterführende Betrachtung des Einflusses von Leistungultraschall auf das Prozessverhalten sowie die Mikrostruktur und daraus resultierender quasistatischer und zyklischer Verbindungskennwerte für artgleiche Ti6Al4V/Ti6Al4V- sowie artfremde Ti6Al4V/X5CrNi18-10-Verbindungen im Stumpf- und Überlappstoß können dem Abschlussbericht zum hier vorgestellten IGF-Vorhaben [25] entnommen werden.

## DANKSAGUNG

Das IGF-Vorhaben Nummer 20.022 BR/DVS-Nummer 05.057 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.



## Literatur

- [1] Malletschek, A.: Einfluss von Titan auf den Entwurf von Unterwasserfahrzeugen. Diss., TUHH Universitätsbibliothek 2011, doi: 10.15480/882.996.
- [2] Peters, M., u. C. Leyens (Hrsg.): Titan und Titanlegierungen. Wiley-VCH, Weinheim 2010, ISBN 978-3-527-30539-1.
- [3] Mishra, R. S., P. S. De u. N. Kumar: Friction stir welding and processing. Springer International Publishing, Basel/CH 2014, ISBN 978-3-319-07043-8, doi: 10.1007/978-3-319-07043-8.
- [4] Besharati Givi, M. K., u. P. Asadi: Advances in friction stir welding and processing. Woodhead Publishing, Sawston/UK 2014, ISBN 978-0-85709-454-4.
- [5] Pasta, S., u. A. P. Reynolds: Residual stress effects on fatigue crack growth in a Ti-6Al-4V friction stir weld. Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures 31 (2008), H. 7, S. 569/80, doi: 10.1111/j.1460-2695.2008.01258.x.
- [6] Buhl, N.: Rührreißschweißen von Titanwerkstoffen und Analyse der Verbundeigenschaften. Werkstoffkundliche Berichte Bd. 32. TU Kaiserslautern 2014, ISBN 3-932066-31-6.
- [7] DIN EN ISO 25239-1:2020-12 „Rührreißschweißen - Aluminium - Teil 1“ (Ausgabe Dezember 2020).
- [8] Zhang, Y., u. a.: Microstructural characteristics and mechanical properties of Ti-6Al-4V friction stir welds. Materials Science and Engineering: A 485 (2008), H. 1-2, S. 448/55, doi: 10.1016/j.msea.2007.08.051.
- [9] Liu, H. J., L. Zhou, u. Q. W. Liu: Microstructural characteristics and mechanical properties of friction stir welded joints of Ti-6Al-4V titanium alloy, Materials & Design 31 (2010), H. 3, S. 1650/55, doi: 10.1016/j.matdes.2009.08.025.
- [10] Edwards, P., u. M. Ramulu: Identification of process parameters for friction stir welding Ti-6Al-4V. Journal of Engi-

neering Materials and Technology, Transactions of the ASME 132 (2010), H. 3, S. 173, doi: 10.1115/1.4001302.

[11] Buffa, G., u. a.: Effect of process parameters on the joint integrity in friction stir welding of Ti-6Al-4V lap joints. KEM 554-557 (2013), S. 1083/90, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.554-557.1083.

[12] Thomä, M., u. a.: Application of the hybrid process ultrasound enhanced friction stir welding on dissimilar aluminum/dual-phase steel and aluminum/magnesium joints. Materialwiss. Werkstofftech. 50 (2019), H. 8, S. 893/912, doi: 10.1002/mawe.201900028.

[13] Leonhardt, S., u. M. Walter (Hrsg.): Medizintechnische Systeme. Springer Vieweg, Wiesbaden 2016, ISBN 978-3-642-41238-7, doi: 10.1007/978-3-642-41239-4.

[14] Blaha, F., u. B. Langenecker: Dehnung von Zink-Kristallen unter Ultraschalleinwirkung. Naturwissenschaften, 42 (1955), S. 556, doi: 10.1007/BF00623773.

[15] Amini, S., u. M. R. Amiri: Study of ultrasonic vibrations' effect on friction stir welding. Int J Adv Manuf Technol 73 (2014), S. 127/35, doi: 10.1007/s00170-014-5806-7.

[16] Ma, Z., u. a.: A general strategy for the reliable joining of Al/Ti dissimilar alloys via ultrasonic assisted friction stir welding. Journal of Materials Science & Technology 35 (2019), H. 1, S. 94/99, doi: 10.1016/j.jmst.2018.09.022.

[17] Padhy, G. K., u. a.: Local microstructure evolution in Al 6061-T6 friction stir weld nugget enhanced by ultrasonic vibration. Materials & Design 92 (2016), S. 710/23, doi: 10.1016/j.matdes.2015.12.094.

[18] Tarasov, S. Y., u. a.: Ultrasonic-assisted aging in friction stir welding on Al-Cu-Li-Mg aluminum alloy. Weld

World 61 (2017), H. 4, S. 679/90, doi: 10.1007/s40194-017-0447-8.

[19] Thomä, M., u. a.: Analysis of the oscillation behavior of hybrid aluminum/steel joints realized by ultrasound enhanced friction stir welding. metals 10 (2020), H. 8, S. 1079, doi: 10.3390/met10081079.

[20] Straß, B.: Ultraschallunterstütztes Rührreißschweißen von Al/Mg-Verbunden. Diss. Technische Universität Kaiserslautern 2015, ISBN: 978-3-932066-35-1.

[21] DIN EN ISO 4136 „Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Querzugversuch“ (Ausgabe Februar 2013).

[22] DIN 50100:2016-12 „Schwingfestigkeitsversuch – Durchführung und Auswertung von zyklischen Versuchen mit konstanter Lastamplitude für metallische Werkstoffproben und Bauteile“ (Ausgabe Dezember 2016)

[23] Ahmadian, P., u. M. Morakabati: The effect of lamellar and globular  $\alpha$ -phase on mechanical behavior of strongly textured Ti-6Al-4V alloy. Trans Indian Inst Met 73 (2020), H. 5, S. 1301/309, doi: 10.1007/s12666-020-01957-1.

[24] Ebel-Wolf, B, F. Walther u. D. Eifler: Cyclic deformation behaviour and lifetime calculation of the magnesium die-cast alloys AZ91D, MRI 153M and MRI 230D. International Journal of Materials Research 98 (2007), H. 2, S. 117/22, doi: 10.3139/146.101443.

[25] Thomä, M., u. a.: Untersuchungen zum ultraschallunterstützten Rührreißschweißen von Titan/Titan-Verbunden und Titan/Stahl-Mischverbunden. Schlussbericht. Forschungsvorhaben IGF-Nr. 20.022 / DVS-Nr. 05.057. Technische Universität Chemnitz 2020.



## App zu Schweißer-Prüfungsbezeichnungen nach DIN EN ISO 9606-1

Sie haben eine Schweißaufgabe und benötigen eine Vorgabe für eine gültige Prüfungsbezeichnung? Oder wollen Sie den Aufbau der Prüfungsbezeichnungen nach Norm intensiv kennenlernen und verschiedenste Varianten durchspielen? Dann ist die neue App von DVS Media genau das richtige für Sie! Unsere App leitet Sie Schritt für Schritt durch die Details einer Schweißaufgabe. Aus den gewählten Vorgaben wird die normgerechte Prüfungsbezeichnung zusammengestellt. Das Ergebnis kann direkt aus der App als Email verschickt werden. Nach und nach werden folgende Bereiche abgefragt:

- Schweißprozess
- Zusatzwerkstoffgruppe
- Schweißposition
- Produktform
- Schweißzusatztyp
- Nahteinheiten
- Nahtart
- Abmessungen

Alle Eingaben werden über Auswahlmenüs gesteuert. Über Navigationsbuttons kann man jederzeit zu einem vorherigen Schritt zurückkehren und Änderungen der getroffenen Auswahl vornehmen.

Die App ist für das Smartphone-Betriebssystem Android als auch für Windows10 verfügbar.

DVS Media GmbH • Aachener Straße 172 • 40223 Düsseldorf  
T +49 211 1591-162 • F +49 211 1591-150 • vertrieb@dvs-media.info • www.dvs-media.eu



erhältlich für  
EUR 1,99



# Möglichkeit zur experimentellen Untersuchung des Einflusses von Metalldampf auf einen WIG-Lichtbogen

Das Prozessergebnis beim Schmelzschweißen mittels Lichtbogen wird in hohem Maße durch die Stabilität des Lichtbogens beeinflusst. Diese Stabilität wiederum ist abhängig von einer Vielzahl an Einflussfaktoren, wodurch die Analyse der Einzeleffekte erschwert wird. Einer dieser Einflussfaktoren, der in der Literatur hinsichtlich eines stabilisierenden Effekts diskutiert wird, ist der während des Prozesses entstehende [1] oder beim Laserstrahl-Lichtbogen-Hybridschweißen durch den Laserstrahlprozess erzeugte Metalldampf [2]. Durch einen neuentwickelten Versuchsstand ist es nun möglich, den Effekt des Metalldampfs separiert von einer ansonsten mit der Metalldampferzeugung einhergehenden Werkstoffwärmung zu untersuchen.

**Bild 1** zeigt links schematisch das Prinzip dieses Versuchsstands. Es wird ein Lichtbogen zwischen zwei nicht abschmelzenden Elektroden gezündet. Der Metalldampf wird auf einem separaten, seitlich zum Lichtbogen angeordneten Substratwerkstoff mit Hilfe eines Laserstrahlprozesses erzeugt. Es wird ein Laserstrahl-tiefschweißprozess verwendet, bei dem in erhöhtem Maße Metalldampf erzeugt wird, der durch den Rückstoßdruck aus der Dampfkapillare in Richtung des Lichtbogens strömt [3]. Geeignet als Substratmaterial, welches vorrangig für die Zusammensetzung des erzeugten Metalldampfs verantwortlich ist, sind metallische Werkstoffe, in denen über das jeweils verwendete Laserstrahl-system Laserstrahl-tiefschweißprozesse umgesetzt werden können. Bisherige Untersuchungen wurden beispielsweise bereits mit Aluminium-, Titan- und Stahlwerkstoffen durchgeführt, um den Einfluss des Basiselements und auch der enthaltenen Legierungselemente innerhalb des Metalldampfs zu analysieren. Eine weitere Besonderheit des Versuchsstands ist, dass der Laserstrahlprozess erst später dazu geschaltet werden kann, sodass der direkte Vergleich der Prozesse mit und ohne Metalldampfeinbringung ermöglicht wird, **Bild 1 rechts**.

Zur Validierung der Metalldampfeinbringung in den Lichtbogen wurde der Versuchsablauf mit Hilfe von Schlierenaufnahmen erfasst, **Bild 2**. In diesen Aufnahmen

konnte aufgrund von Dichteunterschieden zwischen Prozessgas, Umgebungatmosphäre und Metalldampf ein direktes Einströmen des Metalldampfs in den Lichtbogen beobachtet werden.

Weiterhin sind in den Versuchsstand zur Charakterisierung der Lichtbogen-Metall-dampf-Wechselwirkung verschiedenste Messgeräte integrierbar. Die Lichtbogen-spannung, welche die Leitfähigkeit im

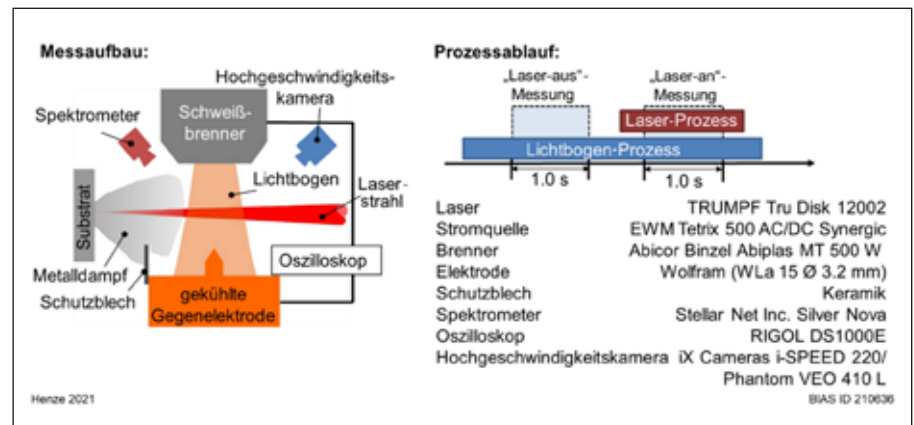


Bild 1 • Schema des Versuchsstands (links) und des Prozessablaufs (rechts) zur Messung des Einflusses von Metalldampf auf die Lichtbogenstabilität.

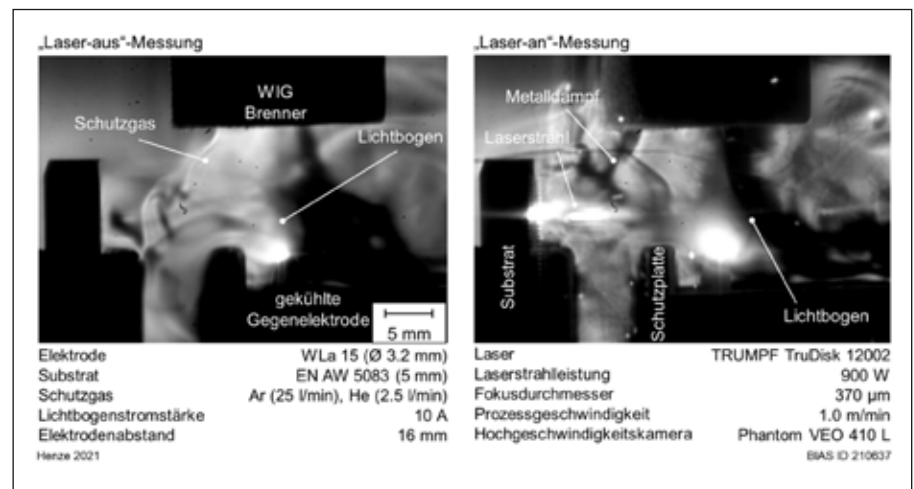


Bild 2 • Schlierenaufnahme des Prozesses ohne (links) und mit (rechts) laserstrahlinduzierter Einbringung von Metalldampf.

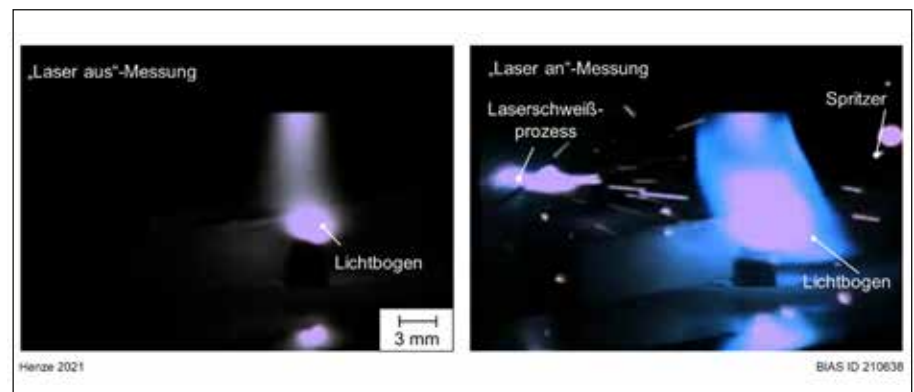


Bild 3 • Aufnahme des Prozesses mit Hilfe einer Hochgeschwindigkeitskamera (iX Cameras i-SPEED 220) bei Verwendung eines Aluminiumsubstrats (EN AW-5083).



Lichtbogen charakterisiert und daher als Indikator für die Lichtbogenstabilität geeignet ist [4], kann über ein Oszilloskop gemessen werden. Außerdem ermöglicht ein Spektrometer die Aufnahme des Lichtbogenspektrums, über welches aus den gemessenen Wellenlängen Rückschlüsse auf die im Lichtbogen eingebrachten Elemente gezogen werden können. Der Prozess wurde zusätzlich bereits über mehrfarbige Hochgeschwindigkeitsaufnahmen erfasst, in denen beispielsweise die Veränderung des Lichtbogens bei der Einbringung von Elementen aus der Aluminiumlegierung EN-AW-5083 deutlich und anschaulich erkennbar ist, **Bild 3**.

Der vorgestellte Versuchsstand wird aktuell am BIAS in Bremen eingesetzt, um

das Prozessverständnis hinsichtlich des Metaldampfeinflusses für verschiedene Metaldampfzusammensetzungen und Prozessregime zu untersuchen. Auskunft: Insa Henze, Telefon +49 421-218-58136, E-Mail [henze@bias.de](mailto:henze@bias.de).

I. Henze, T. Mattulat und P. Woizeschke, BIAS – Bremer Institut für angewandte Strahltechnik, Bremen

## DANKSAGUNG

Für die Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Projekts „Einfluss von Metaldampf auf die Lichtbogenstabilität“, Projektnummer 387755874, wird gedankt.

## Literatur

- [1] Tanaka, K., u. a.: Investigation of transient metal vapour transport processes in helium arc welding by imaging spectroscopy. *J. of Physics D: Applied Physics* 53 (2020), H. 42, S. 425202.
- [2] Schnick, M., u. a.: Numerische und experimentelle Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen einem Plasmalichtbogen und einem Laserstrahl geringer Leistung. Vortrag „Große Schweißtechnische Tagung 2009“, DVS Berichte Bd. 258, S. 16/21. DVS-Media, Düsseldorf 2009.
- [3] Lee, J., u. a.: Mechanism of keyhole formation and stability in stationary laser welding. *J. of Physics D: Applied Physics* 35 (2002), H. 13, S. 1570.
- [4] Suban, M., u. J. Tušek: Methods for the determination of arc stability. *J. of Materials Processing Technology* 143-144 (2003), S. 430/37.

# Prüflabor für Eigenspannungsanalysen am Institut für Füge- und Schweißtechnik erfolgreich akkreditiert

## NOSA unterstützt Forschung und Industrie bei der Optimierung und Analyse von Bauteilen

Am Institut für Füge- und Schweißtechnik der Technischen Universität (TU) Braunschweig können ab sofort im Norddeutschen Zentrum für Spannungsanalytik (NOSA) Eigenspannungen im jüngst akkreditiertem Prüflabor, **Bild 1**, gemessen und analysiert werden. Damit ist die TU Braunschweig der perfekte Ansprechpartner in Sachen röntgenographischer Eigenspannungsbestimmung für Industrie und Unternehmen der Schweißtechnik.

Eigenspannungen sind innere Spannungen, die ohne das Einwirken äußerer Kräfte im Bauteil auftreten. Sie entstehen während der Produktion oder Fertigung unter Einwirkung von plastischen Verformungen mikroskopischer und makroskopischer Werkstoffbereiche. Sie spielen auch bei jeglicher Art der Bauteilbearbeitung eine Rolle, wenn es dabei zur Wärmeeinwirkung kommt, zum Beispiel bei Getriebebauteilen, Zahnrädern, Turbinen oder anderen Komponenten der Automobil- sowie Luftfahrtindustrie. Daher sind sie auch in der Schweißtechnik von hoher Bedeutung und werden in der Entwicklung zumeist analysiert.

## Hohe Anforderungen an Kompetenz bestätigt

Die Eigenspannungen können sowohl einen positiven als auch negativen Einfluss

auf das Bauteilverhalten haben. Aufgrund des jahrzehntelang angesammelten breiten Wissens um die Wirkung von Eigenspannungen sind sie heute ein industriell genutztes Ingenieurswerkzeug für die gezielte Optimierung von Bauteileigenschaften, insbesondere bei hoch- und höchstfesten Werkstoffen.

Schon seit vielen Jahren beschäftigt sich das Institut für Füge- und Schweißtechnik der TU Braunschweig im Rahmen des

Norddeutschen Zentrums für Spannungsanalytik (NOSA) mit der Ermittlung von Eigenspannungen in metallischen Werkstoffen und geschweißten Bauteilen. Dabei werden bei der Werkstoffanalyse sowohl zerstörende als auch zerstörungsfreie Prüfmethoden angewendet, **Bild 2**. Seit diesem Jahr ist das NOSA nun von der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) als Prüflabor zur Eigenspannungsanalyse nach DIN 17025 akkreditiert. Dadurch werden die



Bild 1 • Akkreditierungsurkunde. (Bild: Markus Köhler, TU Braunschweig)



Bild 2 • Prüflabor: Positionierung einer Probe im Röntgendiffraktometer. (Bild: Paul Diekhoff, TU Braunschweig)



Bild 3 • Portables Röntgendiffraktometer im Einsatz. (Bild: Paul Diekhoff, TU Braunschweig)

hohen Anforderungen an die Kompetenz, die einheitliche Arbeitsweise sowie die Qualitätsansprüche bestätigt.

### Akkreditierung Grundvoraussetzung für viele Industriekooperationen

In unterschiedlichen eigens entwickelten stationären sowie mobilen Röntgendiffraktometern werden täglich eine Vielzahl von Eigenspannungs-, Phasen- und Texturanalysen im Rahmen grundlagebezogener und anwendungsorientierter Forschungsvorhaben durchgeführt. Da insbesondere die Ermittlung bearbeitungsspezifischer

Eigenspannungszustände ein seit langem industriell eingeführtes Mittel zur serienbegleitenden Qualitätskontrolle sowie zur Prototypenentwicklung ist, betätigt sich das Institut zudem als Dienstleister auf diesem Gebiet im Rahmen von bilateralen Industrieprojekten. Angeboten werden derartige Untersuchungen für Unternehmen, die auf solche Analysen angewiesen sind, selbst aber nicht über das notwendige Wissen sowie die notwendige Ausrüstung verfügen. Die Akkreditierung des Prüflabors ist dabei für viele Industriepartner eine Grundvoraussetzung für gemeinsame Projekte und ist für das NOSA eine große Entwicklungschance.

### Ausstattung durch ein portables Kleinstdiffraktometer erweitert

Das Prüflabor verfügt über eine größere Anzahl von Röntgendiffraktometern, die neben der Eigenspannungsermittlung auch Texturanalysen sowie Phasenanalysen, zum Beispiel die quantitative Restaustenitbestimmung, ermöglichen. Die selbst entwickelten Messplätze sind vor allem auf das Ziel ausgerichtet, verhältnismäßig große Prüfkörper zerstörungsfrei untersuchen zu können und dabei einen je nach Messaufgabe möglichst großen Automatisierungsgrad zu ermöglichen. Dies bietet den Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen die Möglichkeit, im Rahmen



Bild 4 • Der QR-Code (Link: <https://www.tu-braunschweig.de/ifs/institut/forschung/abteilungen-und-kompetenzen/festigkeit-und-bauteilverhalten/nosa>) führt zu weiteren Informationen und Kontaktdaten.

von Forschungsvorhaben sehr detaillierte Analysen des Eigenspannungszustands an unterschiedlichen Versuchskörpern in einem akzeptablen Zeitrahmen vornehmen zu können. Neben den wissenschaftlichen Anwendungen werden die Einrichtungen aber auch für anwendungsnahe Arbeiten im Kundenauftrag eingesetzt.

Seit diesem Jahr verfügt das Labor auch über ein neues portables Kleinstdiffraktometer, **Bild 3**, mit dem Eigenspannungsanalysen an Prüfkörpern und Bauteilen durchgeführt werden können, bei denen aufgrund ihrer Größe oder ihres Gewichts zerstörungsfreie Untersuchungen mit Hilfe von Labordiffraktometern nicht mehr möglich sind. Die Kompaktheit des Gerätes erlaubt beispielsweise auch die unmittelbare Anwendung in Prüfaufbauten und In-situ-Messung, zum Beispiel bei der Schwingfestigkeitsprüfung. Es bietet daher die Möglichkeit, wesentlich detaillierter veränderliche Eigenspannungszustände über die Lebensdauer von Prüfständen zu verfolgen, wodurch eine verfeinerte Bewertung des Eigenspannungseinflusses auf das Festigkeitsverhalten erreicht werden kann. Aufgrund eines gegenüber Labordiffraktometern veränderten Mess- und Auswertprinzips sind dabei zudem erhebliche Verkürzungen der Messzeiten realisierbar. QR-Code und Link in **Bild 4** führen zu weiteren Informationen und Kontaktdaten.

P. Diekhoff und T. Nitschke-Pagel,  
Technische Universität Braunschweig,  
Nordeutsches Zentrum für  
Spannungsanalytik – NOSA

### Das DVS-Regelwerksportal

Über 500 DVS-Merkblätter und -Richtlinien recherchieren und kommentieren!  
Besuchen Sie uns auf [www.dvs-regelwerk.de](http://www.dvs-regelwerk.de)



# Schweißen im Anlagen- und Behälterbau

## 49. Sondertagung im Oktober 2021 in München

Ganz ungewohnt, diesmal im Herbst vom 5. bis 8. Oktober 2021, fand zum neun- und vierzigsten Mal die bekannte Sondertagung „Schweißen im Anlagen- und Behälterbau“ im Münchener Künstlerhaus am Lenbach-Platz statt. Wegen der hohen Covid-19-Infektionszahlen im Frühjahr wurde die Tagung in den Herbst verschoben. SLV München, TÜV Süd Industrie Service, DVS-Landesverband Bayern und DVS Bezirksverband München hatten eingeladen, und über 130 Interessierte nahmen an der Tagung teil. Die vorgeschaltete „Basisinfo“ hatte die Besonderheiten der Verarbeitung von Stahlwerkstoffen zum Programmpunkt – von „einfachen“ Stahlwerkstoffen über Chrom-Nickel- und Duplexstähle sowie warmfeste Stähle bis hin zu hoch- und ultrahochfesten Feinkornbaustählen.

Während der Sondertagung fanden, dem bewährten Konzept folgend, am Vormittag jeweils Vorträge zu den Themengebieten „Qualitätssicherung und Normen“ sowie „Werkstoffe und Verfahren“ statt. An den Nachmittagen wurden mit Bezug auf die Basisinfo und die Vorträge intensive Diskussionen in den Arbeitsgruppen geführt. Diese Arbeitsgruppen werden dabei von den Vortragenden und Profis aus der Schweißtechnik moderiert. Der Reiz dieser Traditionsveranstaltung, die deutschlandweit einzig ist, liegt darin, dass die Teilnehmer untereinander Fragestellungen zu diesen Themen in verschiedenen Arbeitsgruppen diskutieren. Die Ergebnisse der Diskussionen aus den Arbeitsgruppen sind im Folgenden wiedergegeben.

Die Veranstalter laden schon jetzt herzlich zur 50. Sondertagung in der Zeit vom 3. bis 6. Mai 2022 nach München ein. Die Planungen für ein wiederum spannendes Jubiläumsprogramm mit Basisinfo haben bereits begonnen.

### Mittwoch, 6. Oktober 2021

#### Arbeitsgruppe 1: Vertiefung der Basisinfo – Besonderheiten der schweißtechnischen Verarbeitung von Stahlwerkstoffen

##### Wie beeinflussen die physikalischen Vorgänge beim Abkühlen aus der Schweißwärme die Werkstoffeigenschaften von geschweißten Bauteilen?

Schrumpfen erzeugt Eigenspannungen, die eine Rissbildung im Nahtbereich begünstigen. Bei geringeren, steileren Öffnungswinkeln kann durch das direkte Aufeinandertreffen der Erstarrungsdendriten ein Heißriss entstehen. Eine Vergrößerung des Nahtöffnungswinkels und Reduzierung der Streckenenergie kann diese Gefahr reduzieren.

##### Welchen Einfluss haben Art und Herstellung einer (artgleichen) Schweißverbindung auf die Korrosionsbeständigkeit von unlegierten und niedriglegierten Stählen?

Im flüssigen Medium Ammoniak kann eine Spannungsrisskorrosion erzeugt werden. Durch ein Spannungsarmglühen und den Einsatz niederfester Stähle kann diese

Gefahr reduziert werden. Ein Strahlen oder Hämmern der Schweißverbindung reduziert ebenfalls diese Gefahr. Durch Vorwärmen kann das Zugspannungsniveau der Schweißverbindungen gesenkt und damit die Gefahr der Spannungsrisskorrosion reduziert werden. Schrumpfbehinderungen sollten vermieden werden.

##### Welche Informationen benötigt der Hersteller, um Schadensrisiken im späteren Betrieb zu reduzieren?

Es werden unbedingt Angaben zum Medium, zur Temperatur und zum Druck benötigt. Unterschiedliche Wasserqualitäten sind zu beachten. Fließgeschwindigkeiten bzw. Stillstandzeiten müssen beachtet werden.

##### Welche Risiken beim Herstellen von Schweißverbindungen bei nicht artgleichen Werkstoffen kennen Sie? Wie lassen sich diese reduzieren?

Beim Anlassglühen von Schweißverbindungen aus unterschiedlichen unlegierten und niedriglegierten Stählen sind die zulässigen Glühtemperaturen der einzelnen Werkstoffe zu beachten, um insbesondere Entfestigungen zu vermeiden. Dies gilt insbesondere für warmfeste Stähle sowie für thermomechanisch gewalzte bzw. vergütete Stähle. Beim Glühen von Schwarz-Weiß-Verbindungen müssen die unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten und die Diffusion, insbesondere der Elemente C und Cr mit der in Verbindung stehenden Ausbildung einer spröden Zone, beachtet werden. Außerdem kann es zu einer C-verarmten Zone

### Ihr Beitrag aus „SCHWEISSEN und SCHNEIDEN“ als Sonderdruck

Wir gestalten Ihren Beitrag ganz individuell nach Ihren Vorgaben, auch Anzeigen sind möglich.

Weitere Informationen erhalten Sie von Frau Reintjens.

☎ +49 211 1591-156

✉ [martina.reintjens@dvs-media.info](mailto:martina.reintjens@dvs-media.info)



auf der C-Stahlseite neben dem CrC-Saum kommen.

### Wie verändern (geplante und ungeplante) Betriebszustände die Lebensdauer geschweißter Bauteile?

Beim Einsatz warmfester Stähle müssen bei der Wiederinbetriebnahme bei tiefen Umgebungstemperaturen besondere Vorkehrungen getroffen werden, zum Beispiel Anwärmen der Anlage vor der Druckbeaufschlagung. Eine Erhöhung der Betriebstemperatur, beispielsweise über isolierend wirkende Beläge, kann die Lebensdauer reduzieren, zum Beispiel bei befeuerten Wärmetauscherrohren.

### Inwieweit sind der Lieferzustand und die mechanisch-technologischen Kennwerte von Stählen beim Schweißen zu berücksichtigen?

Vergleichbare Festigkeitswerte können durch Legierungselemente oder durch Vergüten oder Verformen erzeugt werden. Dies hat einen Einfluss auf die weiteren Verarbeitungsschritte wie Umformen oder

Schweißen. Bei komplexen Verarbeitungsschritten oder beim Schweißen hochfester Stähle kann die Beschaffung von normgerechten Werkstoffen unterschiedlicher Stahlhersteller zu Problemen führen.

### Darf an geprägten Oberflächen (Fertigungsbeschichtungen) geschweißt werden?

Es gibt eine Zulassung für das Überschweißen von geprägten Oberflächen nach DASt 006. Ein Schweißen an geprägten Oberflächen kann zu Schweißnahtunregelmäßigkeiten, insbesondere Poren, führen.

### Warum korrodieren grob geschliffene Oberflächen an CrNi-Stählen leichter als glatte Oberflächen?

Die Korrosionsbeständigkeit hochlegierter, nichtrostender Stähle ist im Bereich rauer Oberflächen grundsätzlich herabgesetzt, insbesondere wenn Ablagerungen nicht ausgeschlossen werden können. Gemäß Informationsschrift der „Informationsstelle Edelstahl Rostfrei“ sinkt die

Korrosionsbeständigkeit ab einer Rautiefe von 4 µm sprunghaft. Die Anwesenheit von Anlauffarben senkt die Korrosionsbeständigkeit zusätzlich ab.

### Arbeitsgruppe 2: „Erstellung von Gefährdungsbeurteilungen anhand verschiedener Beispiele“ Wann benötige ich eine Gefährdungsbeurteilung (GBU)?

Jeder Arbeitgeber ist gemäß Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG §5) verpflichtet, für Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten am Arbeitsplatz zu sorgen. Die Gefährdungsbeurteilung ist der zentrale Punkt zur Umsetzung dieser Verpflichtung. Eine GBU ist für jeden Arbeitsplatz durchzuführen. Dies gilt ab dem ersten Mitarbeiter. Eine GBU bezieht sich auf alle möglichen Gefährdungsarten, die im Zusammenhang mit der Tätigkeit, den Gerätschaften oder der Umgebung während der Arbeit bestehen könnten, siehe hier auch DGUV § 3.

Die GBU muss vor dem Beginn der Aufnahme jeder Tätigkeit erstellt sein. Tätigkeiten ohne ein Gefährdungspotenzial benötigen keine GBU. GBU sind generell durchzuführen

- bei Erstbeurteilung von Tätigkeiten;
- bei Festlegung der Prüffristen für Arbeitsmittel;
- bei Änderungen von Arbeitsstätten, Arbeitsplätzen, Arbeitsorganisation, Arbeitsverfahren, Neubeschaffung von Anlagen oder Geräten, Einrichtungen, Änderungen von Betriebsmitteln und Arbeitsstoffen, rechtlichen Vorgaben, Änderungen im Stand der Technik oder Wissenschaft;
- nach Arbeitsunfällen, Beinaheunfällen, Störfälle oder Ähnlichem;
- nach medizinischen Aussagen bezüglich arbeitsmedizinischer Probleme, Vorsorge, Berufskrankheiten, oder ähnlichen Aussagen;
- bei neuen Informationen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz.

Die GBU muss in schriftlicher Form vorgehalten werden.

### Wer ist dafür verantwortlich und wer erstellt eine GBU?

Die Verantwortung trägt generell der Unternehmer selbst. Diese Verantwortung kann hierbei auf die jeweiligen Vorgesetzten delegiert werden. Dies entbindet den Unternehmer selbst nicht von der Hauptverantwortung. Hierzu werden die



Bild 1 • Sieben Schritte zur Gefährdungsbeurteilung.

Unternehmerpflichten auf die jeweiligen Vorgesetzten schriftlich im Arbeitsvertrag oder durch einen separaten Vertrag übertragen. Die Erstellung der GBU erfolgt durch den Unternehmer in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Vorgesetzten. Die Sicherheitsfachkraft bzw. der Sicherheitsbeauftragte sind hier nur beratend und unterstützend tätig. Bei der Erstellung einer GBU sind generell mit einzubeziehen:

- Unternehmer und/oder Vorgesetzte (Ersteller);
- Fachkräfte für Arbeitssicherheit;
- Sicherheitsbeauftragte;
- Betriebsarzt;
- Belegschaft, die in den betroffenen Arbeitsbereichen beschäftigt ist.

### Wie wird eine GBU erstellt?

Zur Vorgehensweise wurde **Bild 1** gezeigt, in dem sieben Schritte zur Gefährdungsbeurteilung veranschaulicht sind.

### Wie lange ist eine GBU gültig?

Es gibt hier keine festen Fristen. Es wird grundsätzlich empfohlen, alle ein bis zwei Jahre jede GBU zu überprüfen. Dies sollte durch festgelegte Fristen nachverfolgt werden. Zusätzliche erforderliche und notwendige Anlässe zur Überprüfung einer GBU ergeben sich aus den Ausführungen zu Frage 1 „Wann benötige ich eine GBU“.

### Welche notwendigen Schritte kommen nach der Erstellung einer GBU?

Hier Durchführung der Maßnahmen nach dem STOP-Prinzip:

- S Substitution der Gefährdung,
- T Technische Lösung, Gefährdung zu beseitigen,
- O Organisatorische Lösung, Gefährdung zu beseitigen,
- P PSA – Persönliche Schutzausrüstung für die Tätigkeiten festlegen.

Anschließend gegebenenfalls die GBU neu erstellen und Betriebsanweisung erstellen. Notwendig ist eine dokumentierte Unterweisung der betroffenen Mitarbeiter.

### Welche grundlegenden Punkte von absolut notwendigen GBU sind unter anderem in den Bereichen Corona und Schwangerschaft zu berücksichtigen?

Bezüglich Corona ist das Infektionsschutzgesetz mit seinen Verordnungen zu beachten. Hier gilt generell, dass die GBU bei jeder Änderung der Verordnung neu gesichtet und neu beurteilt werden müssen. Dies ist zu dokumentieren. Da

die Verordnungen länderspezifisch sind, gilt in München derzeit die 14. Bayrische Infektionsschutzmaßnahmenverordnung (14. BayIfSMV) vom 1. September 2021.

Nach dem Mutterschutzgesetz vom Mai 2017 § 10 „Beurteilung der Arbeitsbedingungen; Schutzmaßnahmen“ hat jeder Arbeitgeber für jede Tätigkeit vorab im Rahmen einer GBU zu ermitteln, ob

- a) Schutzmaßnahmen erforderlich sind,
- b) Umgestaltungsmaßnahmen der Arbeitsbedingungen notwendig sind,
- c) überhaupt eine Fortführung der Tätigkeit möglich ist.

Beschäftigungsverbote §11 MuSchuG: Bei kleineren Betrieben kann dies auch durch eine „GBU Schwangerschaft“ erfolgen. Bei Bekanntwerden einer Schwangerschaft müssen die für den Arbeitsplatz, bzw. Arbeitsbereich, bzw. Arbeitsumgebung relevanten GBU der schwangeren Person gesichtet und auf die aktuelle Situation hin überprüft werden. Hierzu ist gegebenenfalls eine spezielle Betriebsanweisung zu erstellen, mit anschließender Unterweisung der schwangeren Person.

Weitere wesentlichen Gesetze sind unter anderem

- Jugendschutzgesetz und
- Arbeitszeitgesetz.

Diese Ausführungen der Arbeitsgruppe zur Basis-Info stellen keine Rechtsberatung dar, sind ein Ergebnis der Arbeitsgruppe an diesem Tag und stellen nur einen Wegweiser zur obigen Thematik dar. Für spezielle betriebsspezifische Fragen hat man sich an die jeweilige Sicherheitsfachkraft oder an einen sicherheitstechnischen Berater zu wenden.

### Arbeitsgruppe 3: „Lösungen zur Umsetzung der ISO 14731“

Information zu den Begriffen

#### Kompetenz:

Fähigkeit, aktuelles Wissen zielgesetzt zur Lösung eines Problems einsetzen zu können. Problematik der Kompetenz ist die „Nicht-Messbarkeit“ dieser Eigenschaft.

#### Kritikalität:

Welche Folgen haben die Auswirkung des Versagens einzelner Bauteile usw.

### Wer ist in Ihrem Unternehmen verantwortlich, das erforderliche Kompetenzniveau für eine Schweißaufsichtsperson (SAP) festzulegen?

Die Einführung zertifizierter Managementsysteme für Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz (SGA), wie DIN ISO 45001 bzw. weitere Arbeitsmanagementsysteme, sind ein Grundstein für ein sicheres Arbeitssicherheitssystem. Falls keine eigenen Fachkräfte für Arbeitssicherheit (mit aktuellem Wissensstand) im Betrieb vorhanden sind, ist der Einsatz von externen Fachkräften und überbetrieblichen Diensten zur Überwachung der „Safety-Compliance“ sehr zu empfehlen. Abhängig von der Größe eines Betriebs sind gesetzliche Pflicht-Bereitungsstunden für den Bereich Arbeitssicherheit nachzuweisen. Ist dies nicht gewährleistet, kann dieses Versäumnis zu ernsthaften Folgen für den Arbeitgeber führen. In der betrieblichen Organisation ist außerdem auf eine Pflichtenübertragung an die Fachkundigen bzw. an die jeweiligen Vorgesetzten zu achten, um die Verantwortung für die Einhaltung des Arbeitsschutzsystems zu gewährleisten.

### Wie wurde das Kompetenzniveau des Schweißaufsichtspersonals bezüglich der „mit dem Schweißen verbundenen Tätigkeiten, den zu fertigenden Produktarten, der Kritikalität der Anwendung und den Qualitätsanforderungen nach ISO 3834“ beschrieben?

Derzeit wird in vielen Betrieben anstelle des Kompetenzniveaus noch immer die



Einstufung nach DVS-Ausbildung (SFI, SFT, SFM) genutzt. Vielfach werden die Anforderungen gemäß den Regelwerken festgelegt. Zum Beispiel wird für die Baustellentätigkeit (Überwachung vor, während und nach dem Schweißen) ein erfahrener Schweißer gefordert. Für kritischere Bereiche hingegen, wie in der Chemie für Personen mit Kenntnis der Druckgeräterichtlinie und Verarbeitung der entsprechenden Werkstoffe, werden intensivere Kenntnisse gefordert. Bewusst wird die Qualifikationsanforderung nicht festgelegt.

Verschiedene Verfahrens- und Arbeitsanweisungen bis hin zum Handbuch legen diese Kompetenzniveaus in einigen Unternehmen bereits fest. Besonderes Augenmerk wird auf die Anforderungen der Regelwerke KTA, DVGW usw. gelegt. In bereits existierenden Kompetenzanforderungen wird nicht mehr zwingend an den „alten“ Benennungen (SFI usw.) festgehalten, sondern eher an die praktischen vorliegenden Erfahrungen appelliert.

#### **Wie wurden eine mögliche erforderliche Ausbildung, Qualifikation und Erfahrung für den Arbeitsplatz festgeschrieben?**

Derzeit wird von den Teilnehmern an einer DVS/IIW-Ausbildung und Qualifizierung zum SFI/SFT/SFM festgehalten. Dabei ist nicht nur theoretisches Wissen ausschlaggebend, die SAP muss sich auch in der praktischen Anwendung bewähren. Ergänzende Ausbildungen durch DVS-Kurse sowie die Verfolgung von Ausbildungsplänen, durch die die SAP ihre Kompetenz aufbaut, sind essenziell.

Viele Unternehmen schreiben bereits Zeiträume über erworbene praktische Erfahrung vor; einheitlicher Konsens: zwischen ein und drei Jahren. Wenige Kunden machen sich noch keine Gedanken über alternative Wege zum Wissenserwerb, sondern setzen zu viel auf die offiziellen Titel, zum Beispiel SFI, und hoffen so auf erforderliches Wissen.

#### **Wie wird eine vorgesehene SAP bezüglich der gestellten Kompetenzanforderungen überprüft und wie wird das Ergebnis dokumentiert?**

Ein klassisches, scharf definiertes Kompetenzprofil ist in vielen Unternehmen noch nicht vorhanden. Ein Unternehmen führt beispielsweise die Kompetenzbewertung anhand definierter Kriterien wie

fachliche Kompetenz, kommunikative Fähigkeit sowie Stand und Bereitschaft von Weiterbildung durch. Ergänzt wird dies durch weitere Kurse zur Einarbeitung, zum Beispiel rechtliche Grundlagen.

Ein anderes Unternehmen setzt zusätzlich auf wöchentliche Teambesprechungen, die einen internen Erfahrungsaustausch ermöglichen. Im Rahmen von „Welding workshop approval“ wird so eine SAP jährlich überprüft und dokumentiert. Es wird darauf vertraut, dass eine gewisse Kompetenzüberprüfung in externen Audits, zum Beispiel EN 1090-2, erfolgt. Ebenso können Mitarbeitergespräche genutzt werden. Hierbei werden Problematiken angesprochen und Lösungsansätze aufgezeigt.

#### **Welches Kompetenzniveau hat die Person, die die Kompetenzbeurteilung der SAP durchgeföhrt hat?**

In jedem Regelwerksbereich gibt es festgelegte übergeordnete Schweißaufsichtspersonen. Diese sind hierfür benannt und dürfen die zugeordneten Kollegen bewerten. Problem sind kleine oder mittelständische Unternehmen, da die SAPs oft von Personen benannt werden, die die Kompetenz nicht ausreichend bewerten können. Nach Möglichkeit sollte die Überprüfung von einer Person durchgeführt werden, die das gleiche oder ein höheres Kompetenzniveau als die zu überprüfende Schweißaufsichtsperson hat.

#### **Wie sehen Sie sich als Hersteller in der Lage, die Kompetenzbeurteilung eigenständig durchzuführen? Welche Unterstützung durch externe Stellen würden Sie sich wünschen?**

Im Rahmen einer Zertifizierung nach den Teilen DIN EN ISO 3834-x oder Modulzertifizierung nach Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU könnte als Endergebnis auch die Beurteilung der SAP sein. Eine personalisierte Beurteilung der SAP ist datenschutzrechtlich kritisch.

#### **Wie setzen Sie das neue Element B.20 um (Arbeit und Umweltschutz)? Ist dies eine Aufgabe der SAP?**

In diesem Bereich sollte die SAP nur beratend tätig sein. Eine Übernahme der Unternehmerpflichten nach DGVU 100-500 Kapitel 2.26 sollte nicht Bestandteil der Aufgabe sein. Eine direkte Weisungsbefugnis besteht nicht und kann somit auch nicht direkt umgesetzt werden.

#### **Arbeitsgruppe 4: „Additive Manufacturing (AM) – Additiv gefertigte Druckgeräte aus metallischen Werkstoffen“ Warum wird eine Norm als Werkzeug zur Umsetzung der wesentlichen Sicherheitsanforderungen (ESR) der Druckgeräterichtlinie (PED) für additiv gefertigte Druckgeräte oder Bauteile benötigt?**

Eine Norm ist eine Handlungsanleitung zur praktischen Umsetzung der Sicherheitsanforderungen (welche Prüfungen, Probenanzahl, Bewertungskriterien usw.). Eine Erarbeitung eines technischen Regelwerks ist erforderlich, um Schritte zu identifizieren, die zu tun sind, um regelkonform (in Europa: Druckgeräterichtlinie – PED) zu bauen. Die PED verbietet NICHT die Anwendung von AM, setzt nur allgemeingültige wesentliche Sicherheitsanforderungen (ESR). Harmonisierte Normen führen zu einer Beweislastumkehr. Die Idee: Norm bestehend aus

- einem Haupttext mit allgemeinen Anforderungen, gültig für alle AM-Verfahren;
- jeweils einem separaten Anhang für jedes AM-Verfahren;
- Unteranhängen in jedem Anhang für verwendete Werkstoffe.

Sie ist erweiterbar um neue AM-Verfahren oder auch Werkstoffe.

#### **Welche Inhalte/Themen sind für Sie für die praktische Umsetzung am wichtigsten, zum Beispiel Einzelgutachten (PMA – Particular Material Appraisal), Abnahme, Design?**

Als Stichworte wurden genannt:

- mechanisch-technologische Eigenschaften, geeignete Prüfverfahren;
- soweit möglich, Übertragbarkeit von Verfahren;
- Bewertungsgruppen nach DIN EN ISO 5817;
- Festigkeitseigenschaften, Sicherheitsbeiwerte.

Zu beachten: Inwieweit ist Übertragbarkeit gegeben, angesichts der Komplexität der mit AM gefertigten Bauteile?

Ein PMA ist im Prinzip – da „neuer“ Werkstoff – immer erforderlich, solange prEN 13445-14 nicht harmonisiert ist. Ein PMA im Kontext zu AM ist deutlich umfassender, im vorliegenden Normkonzept ist dies ein inhärenter Bestandteil der Qualifikationsprozedur. Nominell wäre PMA damit nach erfolgter Harmonisierung einer EN 13445-14 zwar nicht mehr erforderlich,

aber die Qualifikationsprozedur bleibt natürlich nach wie vor Bestandteil der harmonisierten EN.

### **Wie lässt sich eine AM-Norm für unbefeuerte Druckbehälter (konkret: prEN 13445-14) auf andere Druckgeräte wie Armaturen und Rohrleitungsbauteile anwenden?**

Vorschlag im europäischen Gremium:

- Bauteile nach EN 13445-14 dürfen in harmonisierten EN-Normen für Rohrleitungen bzw. Armaturen (gegebenenfalls auch Kessel) eingesetzt werden.
- Mechanisch-technologische – nach EN 13445-14 ermittelte – Kennwerte können in den betreffenden Berechnungsteilen (EN 13480-3 bzw. EN 12516) eingesetzt werden.

Dies sollte von den einzelnen Komitees (zum Beispiel CEN/TC 267, CEN/TC 269 oder CEN/TC 69) in den jeweiligen Normen nach Erscheinen der EN 13445-14 umgesetzt werden.

### **Welche Bauteile aus welchen Werkstoffen kommen aktuell bei der Herstellung von AM-gefertigten Druckgeräten zum Einsatz?**

Im ersten Anlauf: Stahl (Powder Bed Fusion), Aluminium (DED – direct energy deposition), Nickel (Powder Bed Fusion) sind aktuell im Normentwurf enthalten. Ein Vorschlag für Stahl mit DED ist aktuell im deutschen Spiegelausschuss in Arbeit. Ti, Cu und Ni-Basiswerkstoffe (DED) sind ebenfalls von großem Interesse, bisher aber noch nicht in dem Normentwurf enthalten (können bei entsprechender Zuarbeit jederzeit ergänzt werden). Wichtig: Eine Tabelle mit Kennwerten für Stahl – analog zu prEN 13445-14 Anhang B.3 Aluminium – wäre bei DED sehr wünschenswert.

### **Welche Erfahrungen gibt es mit „gewährleisteten“ Eigenschaften des fertigen AM-Produkts (Reproduzierbarkeit, Streuung)?**

Diese Frage konnte aufgrund fehlender Erfahrung im Auditorium noch nicht besprochen werden.

### **Welche zerstörungsfreien Prüfungen, Verfahren und Zulässigkeitsgrenzen werden aktuell für AM-Bauteile angewendet? Welche ergänzenden Prüfungen wenden Sie zur Bewertung an?**

Es werden aktuell Verfahren und Zulässigkeitsgrenzen aus der Schweißtechnik

verwendet. Im Auditorium wurde unter anderem die Anwendung von Normen aus der Gießereitechnik angesprochen. Je nach AM-Methode können sich die auftretenden Fehler gar nicht oder signifikant von aus dem Schweißprozess bekannten Ungängen unterscheiden. Bestehende Prüfmethoden/Zulässigkeitsgrenzen müssen daher gegebenenfalls neu bewertet werden. Weiterhin sind bei Bedarf – abhängig von der AM-Methode – noch andere Prüfverfahren (zum Beispiel Computertomographie) und Zulässigkeitsgrenzen für AM zu entwickeln.

### **Arbeitsgruppe 5: „Stand und Entwicklung der Digitalisierung in der Schweißtechnik (Info-Disku)“**

In der Info-Diskussion wurde eingangs vorgestellt, welche Ideen hinsichtlich der Digitalisierung eines Schweißprozesses vorhanden sind, um Echtzeitdaten beim Schweißen über eine intelligente Sensorik auswerten zu können und bestenfalls den Prozess zu stoppen, bevor eine Störung im Schweißprozess zu einer nicht zulässigen Unregelmäßigkeit in der Schweißnaht führen kann. Für die Realisierung dieser Idee ist es erforderlich, in vielen Versuchsreihen Daten zu sammeln, um später mit Hilfe künstlicher Intelligenz (KI) automatische Bewertungen entstandener Unregelmäßigkeiten vornehmen zu können (Ziel: weniger Störungen des Schweißprozesses). Das heißt, das erklärte Ziel ist das zeit- und positionskonforme Verknüpfen der Schweißparameter mit den digitalisierten Prüfergebnissen. Dadurch kann die Qualität abgesichert werden und die Wirtschaftlichkeit des Schweißprozesses durch die Reduzierungen von Prozessstörungen sowie eine mögliche Reduzierung des Prüfumfanges verbessert werden. Insgesamt können sich folgende Wettbewerbsvorteile ergeben:

- Nutzung einer höher abgesicherten Qualitätsgarantie,
- Erschließung konstruktiver Freiheiten für den Kunden,

- neue softwarebasierte, ressourcenschonende Fertigungsmöglichkeiten.

### **Wie hoch ist der Mechanisierungsgrad in Ihrer Fertigung und welche mechanisierte Schweißverfahren haben Sie in Ihrem Betrieb?**

Der Mechanisierungsgrad in den Unternehmen ist bei anwesenden Vertretern von Herstellern/Montagefirmen derzeit aufgrund der entsprechenden hohen Rüstzeit sowie des vorhandenen Verschleißes der Schweißausrüstung, insbesondere unter Baustellenbedingungen, recht gering. Daher wird oftmals noch auf eine entsprechende Mechanisierung/Automatisierung in den Betrieben verzichtet. Hersteller von Schweißmaschinen bieten inzwischen die Möglichkeit an, das manuelle Schweißen durch zusätzliche Sensorik zu überwachen. In diesem Zusammenhang wird auch die Aufzeichnung und Auswertung der Echtzeitdaten immer wichtiger.

### **Welche Technologien für Digitalisierung und Industrie 4.0 werden aktuell in Ihrem Unternehmen genutzt?**

Der verstärkte Einsatz von Robotern ist bei dem einen oder anderen Hersteller geplant. Die aufgezeichneten Schweißparameter sollen dabei während des Schweißprozesses aufgezeichnet und entsprechend im Nachgang der durchgeführten Schweißung ausgewertet werden. Andere Technologien der Digitalisierung werden noch nicht genutzt. Die Anwesenden waren sich einig, dass es dringend erforderlich ist, den Anwender der Schweißverfahren (Behälter- und Apparatebauer) eine Unterstützung in adäquater Weise zur Verfügung zu



# Mediadaten 2022

**SCHWEISSEN  
und SCHNEIDEN**



Fachzeitschrift für Schweißen und verwandte Verfahren

www.schweissenundschneiden.de

72. JAHRGANG

stellen (Ergebnisse aus durchzuführenden F&E-Projekten, externe Beratung im Rahmen der Erhöhung des Automatisierungsgrads), um die „Aufholjagd“ hinsichtlich der Digitalisierung in der Schweißtechnik massiv beschleunigen zu können.

### **Inwieweit sind Sie persönlich und Ihre Schweißtechniksparte in die Entwicklung der digitalen Strategie Ihres Unternehmens mit einbezogen?**

Keiner der Anwesenden ist in die Entwicklung der digitalen Strategie des Unternehmens eingebunden bzw. wird in diesem Zusammenhang von der Geschäftsführung angesprochen.

### **Welchen Status haben Sie bei der Anwendung von Digitalisierung in der Schweiß- und Prüftechnik?**

Die Digitalisierung spielt im Bereich der Schweiß- und Prüftechnik bei den Herstellern im Anlagen- und Behälterbau in den meisten Fällen noch eine sehr untergeordnete Rolle.

### **Welche zusätzliche Sensorik ergänzend zu den Schweißparametern nutzen Sie bereits in der Fertigung?**

Keiner der Anwesenden nutzt derzeit zusätzliche Sensorik ergänzend zu den üblichen Schweißparametern.

**Donnerstag, 7. Oktober 2021**

## **Arbeitsgruppe 1: „Organisation der Schweißaufsicht in Unternehmen und Unternehmensgruppen unter Berücksichtigung verschiedener Regelwerke“**

### **Wird als „Schweißaufsicht“ die Definition nach DIN EN ISO 14731:2019 vorausgesetzt? („Koordination der Ausführungen bei der Herstellung von Schweißungen und für die mit dem Schweißen zusammenhängenden Tätigkeiten“)**

Eine „Schweißaufsicht“ wird in verschiedenen Produktnormen gefordert. Der eingeführte Begriff für die umfassenden Aufgaben ist in DIN EN ISO 14731 genannt. Die Aufgaben werden vor Ort abhängig vom Einsatz (zum Beispiel auf Baustellen) reduziert festgelegt. Der zuvor genannte Begriff ist somit nur für die „verantwortliche“ Schweißaufsicht (englisch: welding

coordinator) anzuwenden. Diese Person muss vom Hersteller festgelegt werden. Weitere Begriffe (Schweißaufsicht vor Ort, Schweißaufsicht Konstruktion, Schweißüberwachung usw.) können in Abhängigkeit vom Aufgabengebiet selbst festgelegt werden.

### **Für welche Bedingungen wird eine Aufteilung auf unterstützende Schweißaufsichten für die Funktion der verantwortlichen Schweißaufsicht empfohlen (verschiedene Produktionsstätten, Baustellen usw.)?**

Als Bedingungen wurden genannt: unterschiedliche Produktionsstätten oder Baustellen, Regelwerke, Produkte, usw. Weiterhin kann auch aufgeteilt werden nach Funktion, zum Beispiel Konstruktion, Untervergabe/Kaufteilüberwachung (im Bereich Qualität), Lieferantenaudits, Produktionsüberwachung usw.

Für Schweißaufsichten des Kunden bzw. einer Abnahmegesellschaft: Diese sollen nur kontrollierende Aufgaben durchführen, keine Festlegungen für den Lieferanten treffen. Eingreifen sollen/dürfen sie nur, wenn Abweichungen zu Vertragsanforderungen festgestellt werden (keine Weisungsbefugnis, keine Haftungsübernahme für den Lieferanten).

### **Weshalb wird eine Aufteilung für verschiedene Regelwerke empfohlen?**

Aufgrund der speziellen Anforderungen der einzelnen Anwendungsregelwerke – abhängig von Produktpalette, verschiedenen Produktbereichen, internationalen Fertigungsstätten, Anzahl der Anwendungsregelwerke und gegebenenfalls Betriebsgröße – kann eine Aufteilung nach Regelwerken sinnvoll sein, weil in unterschiedlichen Regelwerken unterschiedliche Festlegungen zu Funktionen vorliegen, zum Beispiel für Stahlbau, DVGW, Druckgeräte nach Druckgeräterichtlinie (DIN EN 13445/13480/AD2000), ASME, Nukleartechnik, wehrtechnische Produkte, usw.

### **Wie unterscheiden sich die Qualifikationsanforderungen an die Schweißaufsicht für unterschiedliche Regelwerke?**

Die Qualifikationsanforderungen für die Schweißaufsicht sind in den Produktregelwerken genannt. So werden zum Beispiel in DVGW (abhängig von Druckklasse),

DIN 2303 (abhängig von Bauteilklasse), AGFW 446, DIN EN 15085 (unterschiedliche Zertifizierungslevel), AD2000 (abhängig von Bauteil, Wärmebehandlung usw.), VGB S-013 und ASME-Code unterschiedliche Qualifikationsniveaus gefordert.

### **Auf welcher Basis wird das Kompetenzniveau der Schweißaufsichten geprüft und dokumentiert?**

Durch Fachgespräche in der Werkstatt bzw. auf Baustellen wird das vorhandene Kompetenzniveau abgeprüft; das Ergebnis wird teilweise dokumentiert, zum Beispiel in Aktennotizen und Checklisten. Die Prüfung der verantwortlichen Schweißaufsicht erfolgt üblicherweise im Rahmen externer Audits, zum Beispiel nach AD 2000-HP 0, DGRL Modul H/H1 oder DIN 2303.

Es wurde diskutiert, ob die Bestätigung der Kompetenzprüfung in den Auditbericht aufgenommen werden sollte. Dies ist abhängig vom Einsatzort nach betriebsinternen Vorgaben, zum Beispiel Werknorm/Verfahrensweisung mit Bezug auf DIN EN ISO 14731.

Bei Neueinstellungen prüft teilweise die bestehende verantwortliche Schweißaufsicht das Kompetenzniveau des Bewerbers. Man war der Meinung, dass bei Stellenausschreibungen Qualifikationsanforderungen nach Richtlinie DVS/IIW 1170 angegeben werden sollten.

### **Wie wird die Aufteilung in der Praxis gelöst (zum Beispiel Verfahrensweisung mit Matrix bezüglich Aufgaben, Befugnisse und Kenntnisse/Fähigkeiten)?**

Die Aufteilung erfolgt

- übergeordnet in Verfahrensweisungen mit Matrix aus den vorgenannten Themen;
- in der Prozessbeschreibung zum Produktentstehungsprozess (PEP);
- detailliert in Bestellungen zur Schweißaufsichtsperson mit Matrix in der Anlage;
- projektbezogen für Abwicklung;
- im Organigramm des Betriebs mit Rollenbeschreibungen auf BU-Ebene und gegebenenfalls auf Projektebene;

Siehe auch: Merkblatt DVS 0711 „Aufgaben, Verantwortung und Zuständigkeit nach DIN EN 14731“ (Hinweis: letzte Version ist aus 2016 enthält noch nicht die erweiterten Forderungen der DIN EN ISO 14731:2019).



## Darf ein nach ASME gefertigter und in Deutschland aufgestellter Behälter ohne ASME-Stamp repariert werden?

Ja, da der ASME-Code nur für die Herstellung gilt. Weiterhin für im Betrieb befindliche Behälter gilt die Betriebssicherheitsverordnung.

## Arbeitsgruppe 2: „Steigerung der Produktivität durch Unterpulverschweißen mit Wechselstrom“

### Welche Erfahrungen haben Sie beim Einsatz des Unterpulverschweißens (UP) mit Wechselstrom gesammelt?

Bislang findet das UP-Schweißen mit Wechselstrom im Wesentlichen bei Mehrdrahtprozessen wie dem UP-Tandemschweißen Verwendung, wobei der erste Schweißkopf mit Gleichstrom (DC+) schweißt, um einen guten Einbrand zu erzielen. Das UP-Eindrahtschweißen mit Wechselstrom wird derzeit noch kaum angewendet. Ausnahmen sind das Schweißen von warmfesten und druckwasserstoffbeständigen Stählen wie 10CrMo9-10 und ähnlichen, bei denen besondere Anforderungen hinsichtlich der Kerbschlagzähigkeit bei tieferen Temperaturen gefordert sind. Hier bietet das UP-Schweißen mit Wechselstrom bekanntermaßen höhere Zähigkeitswerte. Im kryotechnischen Anlagenbau mit 9%-Nickel-Stählen findet dieser Schweißprozess ebenfalls Verwendung, da er gegen magnetische Blaswirkung unempfindlich ist und gleichermaßen höhere Zähigkeitswerte liefert als das UP-Schweißen mit Gleichstrom. Ein Anwendungsbeispiel ist der Bau von Speichertanks für verflüssigtes Erdgas (LNG) im europäischen und asiatischen Raum.

### Was sind die Vor- und Nachteile des UP-Schweißens mit Wechselstrom?

Die Vor- und Nachteile des UP-Schweißens mit Wechselstrom lassen sich wie folgt kurz zusammenfassen:

#### Vorteile

- höhere Abschmelzleistung um bis zu etwa 40% als mit Gleichstrom, zunehmend mit dem Minuspol-Anteil;
- hohe mechanisch-technologische Gütewerte des Schweißguts, in der Regel mit höherer Kerbschlagzähigkeit als beim UP-Schweißen mit Gleichstrom;
- Unempfindlichkeit gegen magnetische Blaswirkung, dies ist beispielsweise vorteilhaft bei Längsnähten an

Behälterschüssen, empfindlichen Werkstoffen wie 9%-Ni-Stählen;

- relativ einfache Umsetzbarkeit in der Fertigung.

#### Nachteile

- etwas geringerer Einbrand, durch Erhöhung des Schweißstroms kompensierbar;
- höhere Aufnahme von diffusiblem Wasserstoff in das Schweißgut (in Abhängigkeit vom verwendeten Schweißpulver).
- Die Anwendung bei Schweißaufgaben mit hohen Anforderungen an die Einbrandtiefe ist nicht empfehlenswert. Beispielsweise wird bei Lage-Gegenlage-Schweißungen am I-Stoß und beim Einseitenschweißen ein tiefer Einbrand bei geringstmöglicher Abschmelzleistung gewünscht, um die Nahtüberhöhung im zulässigen Bereich zu halten. Hier ist das UP-Schweißen mit DC+ von Vorteil.
- Aufwand für Gerätetechnik, Fertigungsplanung und Qualitätssicherung wie bei jeder Einführung neuer Schweißprozesse.

### Welchen Einfluss haben die zusätzlichen Einstellmöglichkeiten Balance, Offset und Frequenz, die man an modernen Inverterstromquellen einstellen kann?

Verglichen zum UP-Schweißen mit Gleichstrom bieten moderne Inverterstromquellen beim UP-Schweißen mit Wechselstrom weitere Einstellmöglichkeiten bzw. Parameter.

#### Balance

Ausgehend von einer Rechteckwelle mit zeitlich gleichem Anteil von Plus- und Minuspolung (Balance 50%) ist es möglich, die zeitlichen Anteile, also wie lange der Pluspol bzw. der Minuspol anliegt, zu variieren. Eine Verlängerung der Zeit, in der der Pluspol anliegt, wird zu einer Zunahme der Einbrandtiefe und einer Abnahme der Abschmelzleistung führen. Umgekehrt gilt: Je länger der Minuspol anliegt, desto höher wird die Abschmelzleistung und

desto geringer wird die Einbrandtiefe. Die Balance wird meist im Bereich von 25 bis 75% eingestellt.

#### Offset

Unter Offset versteht man das Variieren der Amplitude, also der Lichtbogenspannung. Man kann negative sowie positive Offset-Werte verwenden. Ein positiver Offset von zum Beispiel +3 V wird den positiven Ausschlag der Rechteckwelle um 3 V erhöhen, analog dazu den negativen Ausschlag um 3 V verringern. Ähnlich wie bei der Balance ergibt eine Verschiebung in Richtung Pluspol eine Zunahme der Einbrandtiefe bei gleichzeitiger Abnahme der Abschmelzleistung. Eine Verschiebung in Richtung Minuspol ergibt dann den umgekehrten Effekt: die Abschmelzleistung steigt, aber die Einbrandtiefe verringert sich. Der Offset wird sinnvoll im Bereich von  $\pm 3$  V verwendet.

#### Frequenz

Das Variieren der Frequenz wirkt sich weder auf die Einbrandtiefe noch auf die Abschmelzleistung aus. Im Wesentlichen verwendet man die Frequenzmodulation nur dann, wenn sich die Blaswirkung beim Schweißen mit mehreren Lichtbögen negativ auswirkt (Erhöhung der Frequenz). Beim Schweißen von Kehlnähten oder Decklagen kann die Anbindung der Raupe an den Grundwerkstoff und das Nahtaussehen verbessert werden. Die Naht wird etwas breiter und flacher, Fließlinien sind auf der Oberfläche weniger ausgeprägt. Die Einstellung erfolgt meist zwischen 20 und 100 Hz.



# Mediadaten 2022



## Welche Anwendungen sind für das UP-Schweißen mit Wechselstrom prädestiniert?

Für Anwendungen, bei denen es auf die Einbrandtiefe und eine möglichst geringe Nahtüberhöhung ankommt, ist das UP-Schweißen mit Wechselstrom nicht oder nur eingeschränkt geeignet. Dazu zählen das Schweißen von Lage-Gegenlage mit dem Eindrahtprozess, das UP-Einseitenschweißen und zum Beispiel bei DY-Nähten beim Schweißen der ersten Raupe. Moderne Inverterstromquellen bieten hier den Vorteil, dass die für den Einbrand kritischen Raupen mit Gleichstrom (DC+) geschweißt werden und für die Folgeraupen auf Wechselstrom umgeschaltet wird. Dies ist teils auch während des Schweißens möglich („on-the-fly“), was beim Schweißen von Rundnähten von Vorteil ist.

Wird ein tiefer Einbrand benötigt und die Unempfindlichkeit des Wechselstromprozesses gegen magnetische Blaswirkung ist von Bedeutung, wird unter Nutzung der Balance der zeitliche Anteil des Pluspols genutzt, also zum Beispiel Balance 67 oder 75%. Eine typische Anwendung hierfür ist das UP-Quernahtschweißen beim Bau von LNG-Tanks aus 9%-Nickel-Stählen, die für das Problem der magnetischen Blaswirkung durch Aufmagnetisierung bekannt sind.

Die Modifikation des Wechselstroms zum Minuspol durch Balance und Offset bietet den größten Gewinn an Abschmelzleistung. So sind Erhöhungen der Abschmelzleistung um mehr als 40% möglich, wenn die Parameter Balance 25% und Offset -3 V genutzt werden. Anwendungen hierfür sind beim UP-Schweißen von Kehl- und Stumpfnähten in allen Industrie-segmenten zu finden. Dies gilt sowohl für das UP-Eindraht- als auch für das UP-Mehrdrahtschweißen, zum Beispiel das Tandemschweißen, bei dem von DC+/AC auf AC mit beiden Schweißköpfen umgeschaltet werden kann.

## Was ist bei der Umsetzung in der Produktion zu beachten?

Bei der Auswahl des Schweißpulvers ist auf die Stromeignung zu achten. Wechselstromgeeignete UP-Pulver sind nach DIN EN ISO 14174:2019 mit dem Kennzeichen „AC“ klassifiziert, Beispiele für verschiedene Anwendungen:

- DIN EN ISO 14174: S A FB 1 55 AC H4, ein fluoridbasisches Pulver zum

UP-Schweißen von unlegierten und Feinkornstählen sowie hochfesten, warmfesten und witterungsbeständigen Stählen;

- DIN EN ISO 14174: S A AB 1 57 AC H5, ein aluminatbasisches Pulver zum UP-Schweißen von unlegierten und Feinkornstählen;
- DIN EN ISO 14174: S A FB 2 55 53 AC ein fluoridbasisches Pulver zum UP-Schweißen von nichtrostenden, hitzebeständigen und kaltzähnen Stählen und Nickellegierungen.

Die Eignung für Wechselstrom (AC) schließt im Allgemeinen die Eignung für Gleichstrom (DC) ein. Für die Umstellung vom üblichen Unterpulverschweißen mit Gleichstrom (DC+) auf Wechselstrom (AC) ist in Schweißanweisungen nach DIN EN ISO 15609-1:2019 zunächst die Stromart und die Polung anzugeben. Ähnlich wie beim MIG/MAG-Impulsstromschweißen sind beim UP-Schweißen mit modifiziertem Wechselstrom auf der WPS zusätzliche Informationen zu den einstellbaren Parametern wie Balance, Offset und Frequenz anzugeben. Neben den Schweißanweisungen sind auch Arbeitsprüfungen, Verfahrensprüfungen und Bedienerprüfungen bei Änderungen der Stromart zu erstellen.

## Welche Anforderungen sind an Bedienerprüfungen beim UP-Schweißen zu stellen?

Die Prüfung von Bedienern zum mechanischen und automatischen Schweißen metallischer Werkstoffe ist in DIN EN ISO 14732:2013 geregelt. Für das vollmechanische Schweißen gilt, dass bei einem „Wechsel der Art der Schweißrichtung“, also zum Beispiel bei Einführung des UP-Schweißens mit Wechselstrom unter Verwendung einer modernen Inverterschweißstromquelle, mit Rücksicht auf den Geltungsbereich eine neue Bedienerprüfung durchzuführen ist.

Die Bedienerprüfung wird in der Regel basierend auf einer pWPS oder WPS mit einer „Arbeitsprobe“ (Qualifizierung aufgrund einer vorgezogenen Arbeitsprüfung nach DIN EN ISO 15613:2004) oder häufig mit der Durchführung einer Schweißverfahrensprüfung nach DIN EN ISO 15614-1:2020 kombiniert. Weitere Verfahren der Qualifizierung sind das Schweißen von Prüfständen nach DIN EN ISO 9606-1:2017 oder auf Grundlage einer Fertigungs- oder Stichprobenprüfung.

Auf der Schweißer-Prüfungsbescheinigung nach DIN EN ISO 9606-1 sind Stromart und Polung zu vermerken. Prüfungsbescheinigungen für Bediener nach DIN EN ISO 14732:2013 enthalten bislang keine separate Angabe zu verwendeter Stromart und Polung, jedoch den Verweis zur verwendeten „Hersteller-Schweißanweisung“, also WPS nach DIN EN ISO 15609-1:2019, die ihrerseits die Angaben zu Stromart und Polung fordert.

## Arbeitsgruppe 3 „Hilfe, mein Werkstoff ist nicht für meinen Anwendungsfall zugelassen. Was tun?“

### Welche Anforderungen gibt es für Werkstoffe im Rahmen Druckgeräterichtlinie (DGRL) Anhang I und in welchen Normen/Spezifikationen finde ich diese?

Werkstoffe, die zur Herstellung von Druckgeräten verwendet werden, müssen die Anforderungen der DGRL 2014/68/EU Anhang I, Abschnitt 4 erfüllen. Die eingesetzten Werkstoffe müssen den vorhersehbaren Betriebs- und Prüfbedingungen genügen und insbesondere eine ausreichend hohe Duktilität und Zähigkeit besitzen. Stähle müssen den Bestimmungen des Anhang I, Abschnitt 7.5 entsprechen. Werden andere spröde Werkstoffe eingesetzt, sind entsprechende Maßnahmen zu treffen.

Hersteller des Druckgeräts müssen dabei sicherstellen, dass die verwendeten Werkstoffe den vorgegebenen Anforderungen der DGRL 2014/68/EU Anhang I, Abschnitt 4 entsprechen, und vom Werkstoffhersteller entsprechende Bescheinigungen mit den vorgegebenen Vorschriften einholen. Für die wichtigsten drucktragenden Teile der Kategorien II, III, IV sind diese Bescheinigungen mit spezifischer Prüfung (Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach EN 10204) von Werkstoffherstellern mit zertifiziertem Qualitätsmanagement zu beziehen.

Die Einhaltung der Werkstoffvorschriften der DGRL sind durch die Verwendung von Werkstoffen nach harmonisierten Normen, Werkstoffen mit europäischer Werkstoffzulassung oder mit Einzelgutachten zu den Werkstoffen zu belegen. Die im Rahmen der DGRL 2014/68/EU harmonisierten Normen sind im europäischen Amtsblatt der europäischen Kommission gelistet. ([https://ec.europa.eu/info/index\\_en](https://ec.europa.eu/info/index_en)).

### Welche Schritte sind bei nicht zugelassenen Werkstoffen erforderlich, und welche Prüfungen müssen durchgeführt werden?

Für Werkstoffe, die weder in harmonisierten Normen noch in europäischen Werkstoffzulassungen geführt oder nicht vollständig abgedeckt sind bzw. deren Betriebsbedingungen außerhalb des festgelegten Anwendungsbereichs liegen, ist die Erstellung eines Werkstoffeinzelgutachtens (PMA) gemäß DGRL 2014/68/EU, Anhang I, Abschnitt 4.2 b, 3. Spiegelstrich erforderlich. Es muss qualitative und quantitative Angaben umfassen, die belegen, dass die einschlägigen grundlegenden Sicherheitsanforderungen aus Anhang I der DGRL erfüllt sind. Ein PMA wird von dem Druckgerätehersteller unter seiner Verantwortung erstellt und bei Druckgeräten der Kategorien III und IV von der für das Konformitätsbewertungsverfahren beauftragten Notifizierten Stelle bestätigt. Das PMA sollte in der Entwurfsphase vorliegen, bei Druckgeräten der Kategorien III und IV zur Entwurfsprüfung.

EN 764-4 enthält Anforderungen an Werkstoffe, die nicht nach harmonisierten Normen hergestellt werden. Im Abschnitt 5 der Norm sowie in ihren Anhängen B bis E werden Prüfprogramme in Abhängigkeit vom Werkstoff und der Erzeugnisform vorgegeben. Diese Prüfprogramme sind als Leitfaden anzuwenden. Im Abschnitt F von EN 764-4 ist ein Beispiel eines Werkstoff-Einzelgutachtens (PMA) gegeben.

### Welchen Einfluss hat das Produktregelwerk?

Das Produkt- bzw. das Auslegungsregelwerk hat einen erheblichen Einfluss

auf die Nachweisführung der eingesetzten Werkstoffe (Zeugnisbelegung, Prüfumfang, zulässige Spannungen usw.). Die Teilnehmer empfehlen die Anwendung harmonisierter Auslegungsregelwerke (zum Beispiel EN 13445), um den Bestellprozess so einfach wie möglich zu gestalten. Wenn nicht harmonisierte Regelwerke angewendet werden sollen (beispielsweise ASME Code), muss zuvor vom Hersteller ein PMA erstellt werden (siehe auch vorherige Frage), um sicherzustellen, dass die eingesetzten Werkstoffe den Anhang I der DGRL 2014/68/EU erfüllen (Nachweise, Prüfumfang, usw. muss zu einem harmonisierten Werkstoff vergleichbar sein).

### Was ist bei der Materialbestellung zu beachten?

Das PMA sollte zum Zeitpunkt der Bestellung vorhanden sein, um etwaige weitergehende Prüfungen berücksichtigen zu können. Als Alternative bieten sich – sofern verfügbar – doppelt attestierte Werkstoffe (EN einschließlich Anhang ZA + ASME SA) an.

### Welchen Geltungsbereich haben PMAs (Particular Material Appraisal)?

Ein PMA ist auf einen bestimmten Anwendungsfall (Hersteller, Druckgerät, Projekt, Halbzeug, Einsatzbereich, Auslegungsregelwerk) beschränkt und ist mit einer eindeutigen Kennnummer zu versehen. Für vergleichbare Anwendungsfälle kann das PMA für mehrere Druckgeräte verwendet werden. Ein PMA behält seine Gültigkeit, sofern die vorgenannten Bedingungen nicht geändert werden. Das VdTÜV Merkblatt 1271 sieht mit Anwendung des AD 2000 als Auslegungsregelwerk eine

Gültigkeit von drei Jahren vor. Eine Verlängerung ist nach Überprüfung möglich.

### Wie ist mit Abweichungen im Rahmen der Kontrolle von Prüfbescheinigungen umzugehen?

Sofern die festgelegten Eigenschaften nicht erfüllt werden, ist ein Einsatz nicht möglich. Bei fehlenden Eigenschaften kann eventuell eine Nacherprobung an Restmaterial möglich sein. Die Prüfung muss eine Ergänzung zum ursprünglichen Zertifikat darstellen. Ziel darf nicht sein, die bereits im Zertifikat enthaltenen Eigenschaften zu „verbessern“. Die Prüfung rechtfertigt keine Erhöhung der zulässigen Spannung über die in der grundlegenden Werkstoffspezifizierung angegebenen Werte hinaus. Der Druckgerätehersteller trägt für alle zusätzlich durchgeführten Prüfungen die volle Verantwortung.

Sofern die grundlegenden Sicherheitsanforderungen der DGRL erfüllt werden, kann in Abhängigkeit von den betroffenen Eigenschaften im Rahmen eines Abweichungsberichts über Maßnahmen und Einschränkungen (Einsatzbereiche der Werkstoffe überprüfen, Gefährdungsanalyse, Druck, Temperatur, Risikoanalyse, Prüffristen, Sicherheitsbeiwerte usw.) entschieden werden.

### Wie verhält es sich bei Werkstoffen, die im Rahmen der Schlussprüfung nicht über die notwendigen Nachweise verfügen?

Um Abweichungen im Rahmen der Schlussprüfung zu vermeiden, sollte das PMA bereits zur Bestellung vorliegen und als Bestellspezifikation herangezogen

Anzeige



## Stahlschlüssel – Neuauflage 2019

Über 70 000 Stahlmarken und Normen von ca. 300 Stahlwerken und Lieferanten Inhalt:

- DIN/EN-Werkstoffnummern-Verzeichnis in numerischer Reihenfolge
- Wer liefert welchen Stahl
- Lieferantenverzeichnis Deutschland und International
- Lieferformenverzeichnis
- Stahlmarkenverzeichnis Deutschland und International (alphabetische/numerische Reihenfolge)
- Angaben zu den Werkstoffgruppen
- In drei Sprachen: Deutsch, Englisch und Französisch



### Plastikeinband

839 Seiten, DIN A4, 24. Auflage 2016  
Deutsch/Englisch/Französisch  
ISBN 978-3-922599-35-7, Best.-Nr. 500160  
Preis: 210,00 Euro, zzgl. Versandkosten, inkl. MwSt.

### CD Version

Einzelplatz lokal, Best.-Nr. 500095  
Preis: 630,00 Euro, zzgl. Versandkosten, inkl. MwSt  
Netzwerkversion (floating licence)  
Preis 1-User: 720,00 EURO  
zzgl. Versandkosten, inkl. MwSt.

DVS Media GmbH • Aachener Straße 172 • 40223 Düsseldorf • T +49 211 1591-162 • F +49 211 1591-150 • [vertrieb@dvs-media.info](mailto:vertrieb@dvs-media.info) • [www.dvs-media.eu](http://www.dvs-media.eu)

werden. Ein Einsatz der Werkstoffe ohne das dazugehörige PMA ist nicht möglich. Bei fehlenden Eigenschaften kann eventuell eine Nacherprobung an Restmaterial möglich sein.

Für den Nachweis der Produkte in Form von spezifischen Prüfungen mit Bescheinigung 3.1 nach EN 10204 ist die nach Anhang I, 4.3 der DGRL geforderte Qualifizierung des Werkstoffherstellers zu berücksichtigen. Um diese Anforderung zu erfüllen, sollte der Gerätehersteller in seinen technischen Unterlagen die sachgerechte Bescheinigung des Qualitätssicherungssystems des Werkstoffherstellers aufbewahren.

#### **Arbeitsgruppe 4: „Anwendungsbezogene Zusatzanforderungen an die Qualifizierung von Schweißverfahren“**

##### **Welche anwendungsbezogenen Zusatzforderungen gibt es (zusätzliche Prüfungen für das Prüfstück oder zusätzliche Maßnahmen bei der Prüfstückanfertigung)?**

Von den Teilnehmern wurde nachstehende Regelwerke bzw. Anforderungen genannt:

- zusätzliches Material für ergänzende Schweißerprüfungen;
- militärische technische Regeln;
- erdverlegter Rohrleitungsbau: EN 12732, AGFW FW 446, DVGW GW 350, VdTÜV1052;
- API 934 Zusätzliche Anforderungen an Wärmebehandlung/Stufenglühen;
- Sauergas (NACE);
- zusätzliche Korrosionstest ASTM G46 (Offshore, Petrochemie);
- Mischverbindungen Nickel mit Duplex (Beschaffbarkeit Halbzeuge zum Rohrbogen für Verfahrensprüfung);
- Anforderungen aus AD 2000 – Regelwerk;
- DIN EN 13480-4, DIN EN 12952, DIN EN 13445, DIN EN 1090;
- Reserveprüfstücke;
- Trinkwasserbereich: Anforderungen an Anlauffarben;
- Reserveprüfstück;
- Warmzugversuch;
- interne Festlegung zur Simulation von Baustellenbedingungen;
- personenbezogene Arbeitsprüfungen;
- Simulation der Betriebsbedingungen (zum Beispiel fließendes Gas).

##### **Welche Abweichungen oder Einschränkungen sind zu berücksichtigen, zum Beispiel eingeschränkter Geltungsbereich?**

- Geltungsbereich Wanddicke bei AD 2000 einlagig:  $t = t \times 1,1$ , bei DIN EN ISO 15614-1  $t = t \times 1,3$ ;
- VdTÜV 1153: Orbitalschweißen;
- Geltungsbereich DVGW GW 350 und AGFW FW 446;
- Geltungsbereich von Werkstoffen (NORSOK);
- Elektrodenschweißen, UP, Fülldraht;
- Einschränkungen des Geltungsbereiches im Zusammenhang mit Zähigkeitsanforderungen (Kerbschlagprüfung);
- Eignungsprüfungen (Dickenbereiche von Zusatzwerkstoffen, Hersteller);
- interne Festlegungen/Kundenspezifikationen.

##### **Welche Zusatzforderungen würden Sie aus Ihrer innerbetrieblichen Erfahrung stellen?**

- spezielle Betriebsbedingungen;
- klar abgegrenzte Vorgaben der WPS über die Geltungsbereiche der Regeln hinaus;
- Prüfstückanforderungen;
- zusätzliche Prüfstücke und Proben;
- prozessbedingte qualitätssichernde Einschränkungen;
- Dokumentation der verwendeten Gerätetechnik und Prüfung auf Übertragbarkeit auf andere Geräte;
- innerbetriebliche Qualifikation des Personals.

##### **Wie beziehen Sie Zusatzanforderungen in Ihre Planung und Vorbereitung der Qualifizierungsmaßnahme ein?**

Diese Zusatzanforderungen werden vorher analysiert und bewertet, und es werden Festlegungen getroffen. Diese Punkte haben Auswirkungen auf die Qualitätssicherung der Produktion. Weiterhin werden Kosten und Nutzen gegeneinander abgewogen. In der Regel soll bei Zusatzanforderungen die Schweißaufsicht einbezogen werden.

##### **Wie werden Ergebnisse und Zusatzanforderungen ergänzend zum Verfahrensprüfungsbericht (WPQR) bescheinigt?**

Ergebnisse aus dem Regelwerk und aus den Zusatzanforderungen sind im Bericht zu erläutern (direkt oder in den zugehörigen Anlagen). Für das zu erfüllende

Regelwerk ist die dafür zugelassene Prüfstelle zu beauftragen.

##### **Wenden Sie den regelwerksbezogenen Geltungsbereich vollumfänglich an, welche Einschränkungen nehmen Sie aufgrund Ihrer Erfahrung aus der Praxis vor, mit oder ohne Dokumentation?**

Nein, die Anforderungen aus der Praxis sind zusätzlich zu berücksichtigen.

#### **Arbeitsgruppe 5 „Schweißtechnische Verarbeitung von Aluminiumwerkstoffen“ Welche Oberflächenvorbereitung ist zum Aluminiumschweißen erforderlich?**

Zuerst Entfernung von Schmutz, Ölen und Fetten mit geeigneten Lösungsmitteln, zum Beispiel Isopropanol. Am besten ist eine spanabhebende Bearbeitung, zum Beispiel Fräsen; Schleifen nur mit für Aluminium geeigneten Schleifscheiben. Bürsten im geregelten Bereich ist wenig geeignet. Bauteile sind zur Vermeidung von Kondensatbildung frühzeitig zu temperieren. Beim Schweißen im I-Stoß ist wurzelseitig die Kante zur Vermeidung von Wurzeinfall zu brechen.

##### **Wie können die optimalen Schweißbedingungen zum Aluminiumschweißen sichergestellt werden?**

Feuchtigkeitsgehalt im Schutzgas ist durch Messung mit Taupunktmessgerät zu überwachen. Auf die Sicherstellung einer definiert gleichmäßigen Schmierung auf der Zusatzwerkstoffoberfläche ist zu achten. Zugluft bzw. Einwirbelung von feuchter Luft in den Schweißbereich ist zu vermeiden. Schutzgasleitungen sollen vor Schweißbeginn ausreichend mit Schutzgas gespült werden. Geeignete Schutzgas-schläuche (siehe auch Merkblatt DVS 0971) sind zu verwenden, wenn möglich, metallische Leitung. Im vollmechanisierten/automatisierten Bereich ist die Verwendung einer Höhensteuerung empfehlenswert. Es sind geeignete Drahtförderseelen und Stromkontaktrohre zu verwenden.

##### **Welche Möglichkeiten gibt es zur Wirtschaftlichkeitssteigerung beim Aluminiumschweißen?**

WIG: Steigerung der Stromstärke, He-Zusatz im Schutzgas (zum Beispiel 50%), höhere Vorwärmtemperatur.

MIG: Dickdraht-, Hochstrom-, Tandemschweißen; Schweißen größerer Wanddicken im Behälterbau in Lage-Gegenlage-Technik.

### Welche Vorteile bringen Helium-Zusätze sowie Dotierungen zum Schutzgas Argon beim Aluminiumschweißen?

#### Heliumzusatz

- Absenkung der erforderlichen Vorwärmtemperatur bei größeren Wanddicken;
- Vergrößerung des Einbrands bzw. Erhöhung der Schweißgeschwindigkeit;
- Verringerung der Gefahr von Bindefehlern;
- Verringerung der Porenanfälligkeit.

### Zusatz von Dotierungen

- Verbesserung der Lichtbogenstabilität;
- unempfindlicher gegenüber Änderungen der Randbedingungen;
- geringfügige Erhöhung des Einbrands.

### Wie kritisch sind Emissionen beim Aluminiumschweißen?

- Leitkomponenten sind Schweißrauch und Ozon;
- alveolengängige Rauche beim MIG-Schweißen sind kritisch;
- wenig emittierende Prozesse einsetzen (zum WIG statt MIG);
- Absaugbrenner, belüftete Helme, lokale Absaugungen sowie Hallenbelüftung verwenden.

### Additive Fertigung bei Aluminium – was ist zu beachten?

- Kontrollierte Wärmeeinbringung;
- Zwischenlagentemperatur einhalten;
- Erkenntnisse vom Schweißen (Antworten der vorhergehenden fünf Fragen) beachten;
- Einsatz geeigneter Bahnplanungssoftware;
- geeignete Strategie zur Reduzierung des Verzugs;
- Möglichkeiten der Kühlung in Betracht ziehen, um Überhitzung zu vermeiden.

J. Mußmann, Meerbusch

## DVS CONGRESS 2021 – Teil 2

### Bericht über die Vorträge der Vortragsveranstaltungen des DVS im September 2021 in Essen

Vom 14. bis 17. September 2021 veranstaltete der DVS in Essen seinen jährlich stattfindenden Kongress. Nachstehend werden exemplarisch aus einigen Vortragsgruppen aus Sicht der Berichterstatter interessante Ergebnisse der Großen Schweißtechnischen Tagung des DVS sowie des DVS-Studentenkongresses vorgestellt. Sämtliche Beiträge enthält der DVS-Bericht 371 (Berichteband mit 50 Druckseiten der Kurzfassungen einschließlich USB-Card mit Komplettfassungen, Preis 137,00 Euro zuzüglich Versandkosten, erschienen bei DVS Media GmbH, Düsseldorf, Auskunft Herr Hübner, Telefon 0211 1591162, E-Mail bernd.huebner@dvs-hg.de).

### Additive Fertigung (DVS Campus) Qualifizierung eines ferritischen Werkstoffs für die additive Fertigung mittels SLM-Verfahren zur Anwendung in sicherheitsrelevanten Bereichen

Additive Fertigungsverfahren finden zunehmend Einzug in sicherheitsrelevante Anwendungsgebiete. In diesem Kontext entsteht die Anforderung, für diese Anwendungsbereiche zugelassene oder etablierte Werkstoffe additiv verarbeiten zu können, die bislang nur konventionell eingesetzt wurden. Dabei spielen nicht nur die Verarbeitbarkeit und die grundlegenden Werkstoffeigenschaften für eine sichere Bauteilauslegung eine entscheidende Rolle, sondern auch das nötige Werkstoff- und Prozessverständnis.

Ferritische Stähle, die konventionell verarbeitet wurden, sind bereits häufig in sicherheitsrelevanten Einsatzgebieten zu finden. Die Nutzung ferritischer Stähle im Bereich der additiven Fertigung mittels laserstrahl- und pulverbettbasierter Verfahren (L-PBF/SLM) ist allerdings bisher verhältnismäßig wenig erforscht. Auf der Suche nach neuen Werkstoffen für das L-PBF-Verfahren wird angenommen, dass sich gut schweißgeeignete Werkstoffe auch additiv verarbeiten lassen. Die dem Beitrag zugrundeliegende Studie behandelt

die Verarbeitbarkeit im L-PBF-Verfahren, das Prozessverhalten und die erreichbaren Werkstoffeigenschaften des gut schweißgeeigneten, ferritischen Werkstoffs 22NiMoCr3-7. Die im L-PBF erzielten Werkstoffeigenschaften werden mit dem konventionell hergestellten, geschmiedeten Bauteilen aus diesem Werkstoff (Blockmaterial) verglichen. Die Studie zeigt, dass der Werkstoff 22NiMoCr3-7 für die Verarbeitung im L-PBF-Verfahren geeignet ist. Außerdem zeigte sich, dass die Werkstoffeigenschaften des „as-printed“-Werkstoffs

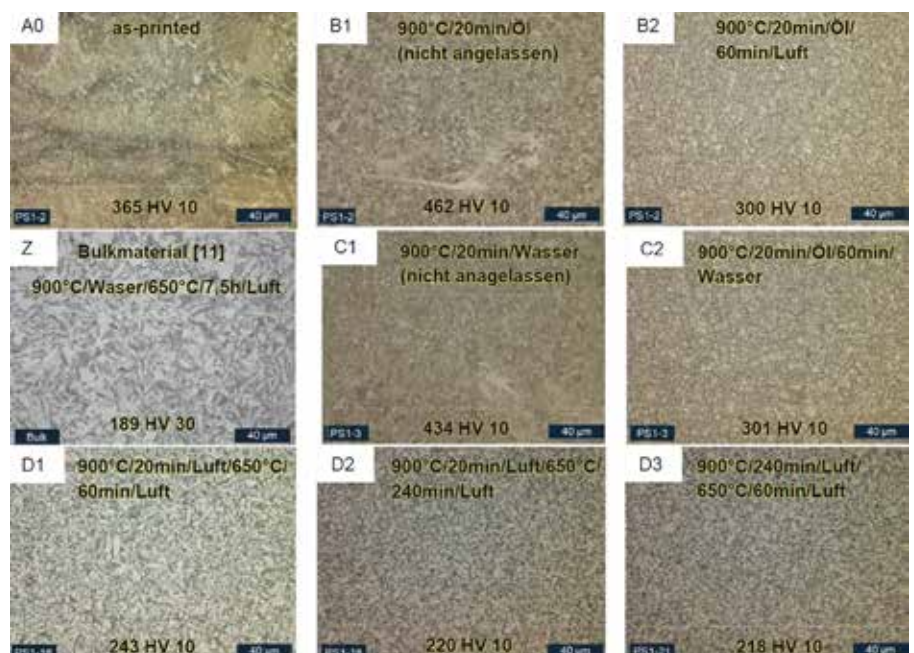


Bild 15 • Schliffbilder und Härtewerte nach der Wärmebehandlung.

durch eine Wärmebehandlung denen des Blockwerkstoffs angenähert werden konnten, **Bild 15**.

### Entwicklung und Erprobung eines Mehrkathoden-WIG-Zusatzdrahtprozesses zur additiven Fertigung von Metallkomponenten

In dem Beitrag wird die Entwicklung und Erprobung eines Mehrkathoden-WIG-Prozesses (WIG – Wolfram-Inertgasschweißen) mit koaxialer Schweißzusatzzuführung zum additiven Fertigen von Metallkomponenten vorgestellt. Gegenüber dem verbreiteteren Metall-Schutzgas(MSG)-Schweißverfahren ermöglicht das WIG-Verfahren aufgrund der getrennten Energie- und Zusatzwerkstoffzufuhr hochqualitative Schweißergebnisse bei jedoch geringerer Auftragleistung. Dabei ist das WIG-Verfahren für viele Werkstoffe, vor allem auch für hochreaktive Materialien, geeignet.

Durch den Einsatz zweier synchronisierter Kathoden soll der Energieeintrag in den Grundwerkstoff bei gleichbleibendem Gesamtstrom verringert werden. Der Prozess wird mit einer koaxialen Kaltdrahtzuführung kombiniert, um somit einen richtungsunabhängigen WIG-Prozess mit verringerter Wärmeeinflusszone zu realisieren. Zum Bestimmen des Potenzials eines solchen Prozesses wurde der Einfluss der Stromstärke der WIG-Lichtbögen sowie die Drahtvorschubgeschwindigkeit des Kaltdrahts auf das Schweißergebnis untersucht.

Die Ergebnisse zeigen, dass der entwickelte WIG-Doppellichtbogen mit einer axialen Drahtzuführung dazu eingesetzt

werden kann Auftragschweißungen durchzuführen, die für die additive Fertigung geeignet sind. Dazu wurde der Zusammenhang zwischen der entstehenden Nahtform und den Parametern Schweißstrom  $I$  und Drahtvorschubgeschwindigkeit  $v_D$  untersucht. Durch die Möglichkeit diese Parameter unabhängig voneinander zu steuern, ergibt sich ein Vorteil des Prozesses gegenüber dem klassisch eingesetzten MSG-Prozess. Im Rahmen der untersuchten Prozessparameter konnte ein stabiler Prozess mit einer Drahtvorschubgeschwindigkeit von  $v_D = 4$  m/min eingestellt werden. Dies entspricht einer Abschmelzleistung von 2,13 kg/h. Damit ist der WIG-Kaltdrahtprozess in einem wirtschaftlichen Bereich zwischen den Pulverbettverfahren und dem MSG-Prozess anzusiedeln.

Der eingesetzte Demonstrator ist allerdings sehr begrenzt bezüglich der einstellbaren Parameter und kann eine mittige Drahtzuführung nicht gewährleisten, **Bild 16**. Um genauere Aussagen über die Möglichkeiten des WIG-Prozesses treffen zu können, ist eine konstruktive Weiterentwicklung des Demonstrators notwendig.



Bild 16 • Brennerkopf des Demonstrators.

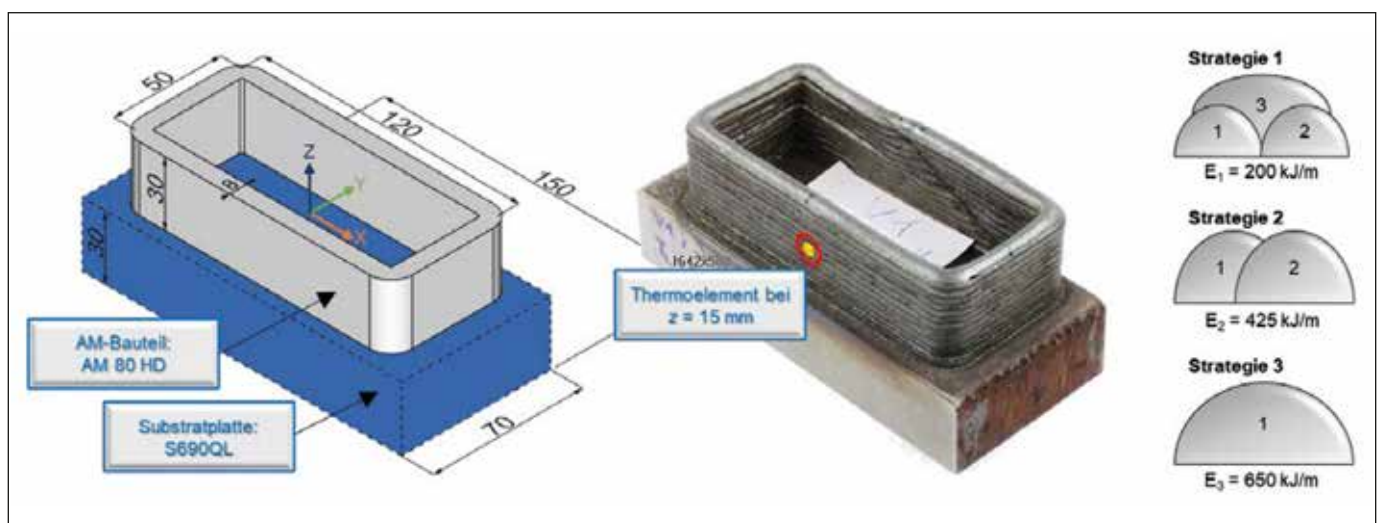


Bild 17 • Spezifikation der Referenzgeometrie (offener Hohlquader); links: CAD-Modell, Mitte: Schweißergebnis, rechts: verwendeter Lagenaufbau zur Generierung einer 8 mm breiten Schicht mit unterschiedlicher Streckenenergie  $E$ .

fehlender quantitativer Erkenntnisse und Richtlinien bezüglich schweißbedingter Beanspruchungen und Bauteilsicherheit während der Herstellung und des Betriebs stark limitiert. In einem gemeinsamen Forschungsprojekt (FOSTA-P1380/IGF21162BG) der BAM und der TU Chemnitz werden die mit Eigenspannungsausbildung und der Gefahr einer Kaltrissbildung verbundenen prozess- und werkstoffbedingten sowie konstruktiven Einflüsse untersucht.

Im Fokus dieser Analysen steht die Bestimmung der Wechselwirkungen zwischen WAAM-Prozessparametern bzw. der Wärmeleitung auf das Gefüge und die Eigenspannungen. Hierfür werden Referenzproben als offene Hohlquader mit definierten Abmessungen, **Bild 17**, vollautomatisiert mit einem speziellen, hochfesten WAAM-Massivdraht (Streckgrenze über 790 MPa) geschweißt. Die gezielte Einstellung der geometrischen Eigenschaften erfolgt durch Schweißparameter und Nahtaufbau bei etwa 4 kg/h mittlerer Abschmelzleistung. Die Wärmeleitung wird innerhalb eines statistischen Versuchsplans mittels Streckenenergie (200 bis 650 kJ/m) und Zwischenlagentemperatur (100 bis 300°C) so variiert, dass die  $\Delta t_{9/5}$ -Abkühlzeiten dem empfohlenen Verarbeitungsbereich entsprechen (etwa 5 bis 20 s). Ziel ist es, bei konstanten geometrisch-konstruktiven Randbedingungen, den Einfluss der Wärmeleitung auf Gefüge und resultierende Eigenspannungen zu analysieren.

Für die Streckenenergie können neben den Gefügeeinflüssen aufgrund der resultierenden Abkühlzeit deutliche Effekte insbesondere auf die lokalen Eigenspannungen im Bauteil belegt werden. Das Schweißen mit zu hoher Wärmeeinbringung bzw. Abschmelzleistung kann zu ungünstigen Gefüge- und

Bauteileigenschaften führen, gleichzeitig jedoch niedrigere Zugeigenspannungsniveaus bewirken. Solche komplexen Wechselwirkungen gilt es letztlich mit diesen Untersuchungen zu klären, um leicht anwendbare Verarbeitungsempfehlungen und Normvorgaben für ein wirtschaftliches, anforderungsgerechtes und rissicheres WAAM von hochfesten Stählen den Anwendern zur Verfügung zu stellen.

Die bisherigen Ergebnisse lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

- Durch Anpassung des Lagenaufbaus können konstante Bauteilgeometrien mit unterschiedlichen Streckenenergien realisiert werden.
- Die Streckenenergie beeinflusst maßgeblich das Abkühlverhalten beim schichtweisen Fertigen des Bauteils. Wie zu erwarten, führen hohe Streckenenergien zu niedrigeren Abkühlraten. Die Zwischenlagentemperatur hat einen vergleichsweise geringeren Effekt auf die Abkühlzeit und eignet sich aus spannungstechnischer Sicht zum Einstellen bzw. Optimieren des schweißbedingten Beanspruchungsniveaus des Bauteils.
- Die Eigenspannungen auf den Decklagen längs der Schweißrichtung zeigen im Mittel einen Anstieg um etwa 50% hin zu den Ecken des Bauteils aufgrund geometrie- bzw. konstruktionsbedingter Schrumpfbehinderung.
- Die Zwischenlagentemperatur zeigt innerhalb der Versuchsmatrix keinen signifikanten Einfluss auf das Eigenspannungsniveau auf der Oberfläche der Decklage.
- Der Einfluss der Streckenenergie auf das Längs- und Quereigenspannungsniveau auf der Oberfläche der Decklage ist signifikant. Höhere Streckenenergie bzw. Abschmelzleistungen bedingen geringere Eigenspannungen. Eine

abschließende Klärung dieser Einflüsse bedarf zum einen die Untersuchung lokaler Effekte durch Schrumpfung und Umwandlung durch hohe lokale Temperaturgradienten während des Abkühlens. Zum anderen sind hierfür systematische Untersuchungen weitere Oberflächen, wie der Seitenwände der Proben, und volumenhafte Eigenspannungsanalysen erforderlich.

Die Ergebnisse dienen als Grundlage für weitere Untersuchungen der Eigenspannungsverteilungen der Bauteile sowie der Einflüsse von Bauteilgestaltung und Aufbaustrategie auf die Eigenspannungsentwicklung. Ferner ist die Analyse der Wärmeleitung und Abkühlbedingungen auf die Gefüge und mechanisch-technologischen Eigenschaften der hochfesten WAAM-Bauteile geplant. Mit den Erkenntnissen lassen sich Handlungs- und Verarbeitungsempfehlungen für eine beanspruchungsoptimierte Fertigung ableiten und ein praktikabler Kaltrisstest für die Anwender bei der Verarbeitung hochfester Stähle mittels WAAM entwickeln.

J. Anders, Düsseldorf

## Additive Fertigung – Lichtbogenverfahren

### Einfluss des Schutzgases auf auskragend gefertigte WAAM-Strukturen

Das „Wire Arc Additive Manufacturing“, kurz WAAM, ist eine additive Fertigungsmethode mit hohem technischem und wirtschaftlichem Potenzial. Das Verfahren, mit dem vergleichsweise große Bauteile schnell gefertigt werden können, wird deshalb in vielen Forschungsprojekten behandelt. Die Untersuchungen beschränken sich dabei fast ausschließlich auf die Fertigung in Wannenposition, womit ein großes Potenzial, welches das WAAM gerade für das Bauwesen bietet, wegfällt, zum Beispiel an bestehende Bauteile oder am Einsatzort in der endgültigen Bauteilposition zu fertigen. Der Beitrag beschäftigt sich daher mit der Fertigung auskragender Strukturen, **Bild 18**.

Folgende Erkenntnisse können aus den Untersuchungen für auskragende Strukturen abgeleitet werden:

- Mit dem Schutzgas Ferroline C6X1 lassen sich bei auskragender Fertigung die größten Aufbauraten erzielen.
- Das Schutzgas Ferroline C6X1 hat keinen negativen Einfluss auf die für das Bauwesen relevanten Werkstoffeigenschaften.

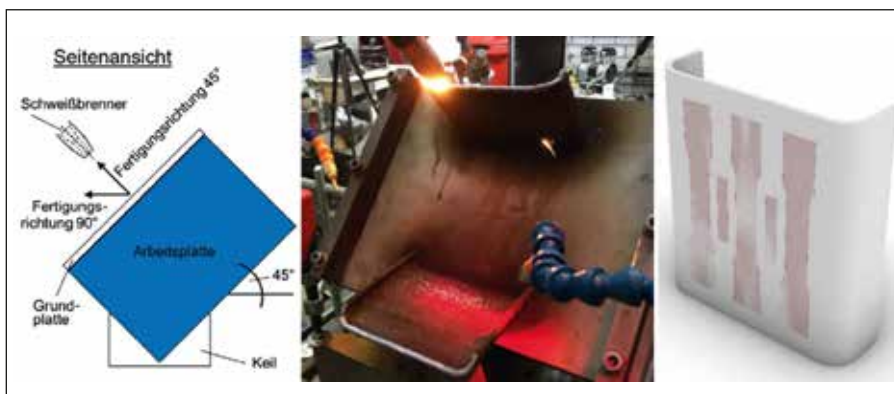


Bild 18 • Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus (links), Herstellung der Probekörper, zeitgleich für 45° und 90° Fertigungsrichtung (Mitte) und Anordnung der Proben innerhalb eines Probenkörpers (rechts).

- Eine Reduzierung des Aktivgasanteils (Inoxline C2) fördert die Porenbildung und geht mit einer schlechteren Prozessstabilität einher.
- Im Vergleich zu einer früheren Untersuchung mit dem Draht Weko 2 (G3Si1) konnte die Aufbaurate mit dem Weko 4 L (G4Si1 mit erhöhtem Si-Gehalt von 1,05%) nochmals gesteigert werden.

Die Untersuchungen waren ausgelegt auf eine Schweißnahtdicke von 5 mm und eine Wandstruktur, die zwar auskragend gefertigt wird, jedoch keine weiteren Komplexitätsgerade aufweist. In weiteren Untersuchungen sollte der Einfluss des Schutzgases für andere Dicken und Schweißnahtgeometrien sowie ganze Bauteile untersucht werden.

### Numerische Berechnung und Optimierung einer WAAM-Gaskühlung

Für die aktive Kühlung der Bauteile bei der additiven Fertigung mit drahtbasierten

Lichtbogenschweißverfahren (WAAM) sollen konstruktive Gestaltungsvarianten von Kühlgasdüsen für die gezielte Beeinflussung der Bauteileigenschaften unter Anwendung der zu entwickelnden Düsen erarbeitet werden. Mit Hilfe eines CFD-Modells (Computational Fluid Dynamics) für die Anströmung des Bauteils mit zusätzlichem Kühlgas (Luft, Argon-Luft-Gemisch) während des Anwendens eines Wolfram-Inertgasschweißlichtbogens wurde der Einfluss ausgewählter konstruktiver Gestaltungsaspekte einer coaxialen Kühlgasdüse und Prozessparameter auf die Bauteilkühlung und die Schutzgasabdeckung untersucht.

Es wurde ein Modell entwickelt, mit welchem die Wirkung auf das Abkühlverhalten des Bauteils und die Qualität der Schutzgasverteilung untersucht und bewertet werden können, **Bild 19**. Anhand von Parametervariationen wurden geeignete Betriebsparameter und konstruktive

Eigenschaften einer Kühlgasdüse mit coaxialer und rotationssymmetrischer Strahlform identifiziert. Untersucht wurden der

- Einfluss der Abströmung zwischen Schutzgasdüse und Kühlgasdüse, der
  - Einfluss des Durchmessers der Kühlgasdüse und des Kühlgasvolumenstroms und der
  - Einfluss der Temperatur des Kühlgases.
- Es lassen sich zum Teil deutliche Reduzierungen der Bauteiltemperatur erzielen. Zu beachten ist immer die Wechselwirkung mit dem Schutzgas. Neben der Weiterentwicklung der Düsegestaltung – insbesondere mit dem Ziel, die Anströmung des Bauteils gezielt und zugleich richtungsunabhängig steuern zu können – stehen auch der Einfluss der Kühlgaszusammensetzung und die Anwendung eines feuchten Kühlgases im Fokus zukünftiger Untersuchungen.

### WAAM eines Zwischenstücks für die Bergbauausrüstung

Die lichtbogenbasierte additive Fertigung (WAAM) ist ein vielversprechendes Verfahren, um die Ersatzteilbereitstellung von schwer verfügbaren oder aufwendig herstellbaren Einzelkomponenten in kürzester Zeit zu gewährleisten. Die Straffung innerbetrieblicher Abläufe sowie die Minimierung von Herstellungs- und Lagerkosten sind eine direkte Folge. Vor dem Einsatz im Betrieb muss sichergestellt werden, dass die Bauteile fehlerfrei additiv herstellbar sind und die mechanischen Eigenschaften den Anforderungen konventionell gefertigter Werkstücke entsprechen.

Ein solcher Nachweis konnte am Beispiel eines additiv hergestellten Zwischenstücks für die Bergbauausrüstung, **Bild 20**, mit einer abschließenden Charakterisierung der Werkstoffeigenschaften erfolgreich geführt werden. Das Zwischenstück mit einem Gewicht von etwa 31 kg zum Verbinden geometrisch unterschiedlicher Profile wurde ausgehend von einer Grundplatte aus S355-J2+N beidseitig additiv mit einem Massivdraht G3Si1 aufgebaut. Die Ermittlung geeigneter Parameter, Schweißfolgen und Zwischenlagentemperaturen erfolgte experimentell mit begleitenden metallografischen Untersuchungen. Nach erfolgreicher Fertigung wurden die mechanischen Eigenschaften des Zwischenstücks bestimmt sowie die Festigkeit und Zähigkeit mit den geforderten Werkstoffkennwerten des bisher eingesetzten konventionellen Konstruktionsmaterials verglichen.

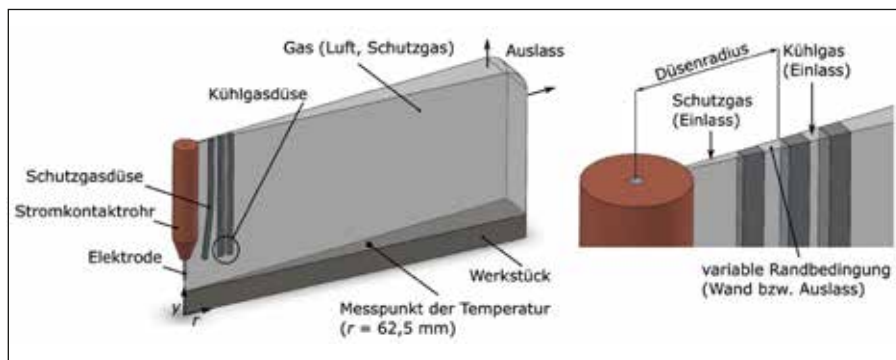


Bild 19 • Geometrie der Berechnungsgebiete und Randbedingungen im Prozessmodell (Elektrode und Stromkontaktrohr sind zur Veranschaulichung ergänzt, jedoch nicht Teilgebiete des Modells).



Bild 20 • CAD-Modell Zwischenstück (oben links), Zerlegung in Aufbaustufen der Seiten A und B (oben rechts) und additiv gefertigte Wandung der Seite A und B des Zwischenstücks (unten).



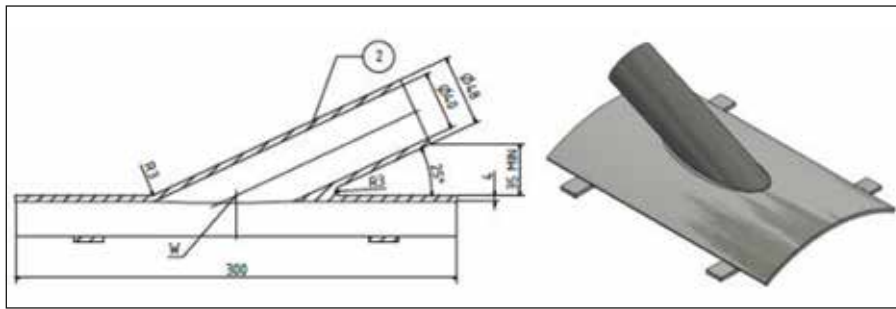


Bild 21 • Darstellung der genutzten Demonstratorgeometrie; links: technische Zeichnung, rechts: 3D Ansicht.

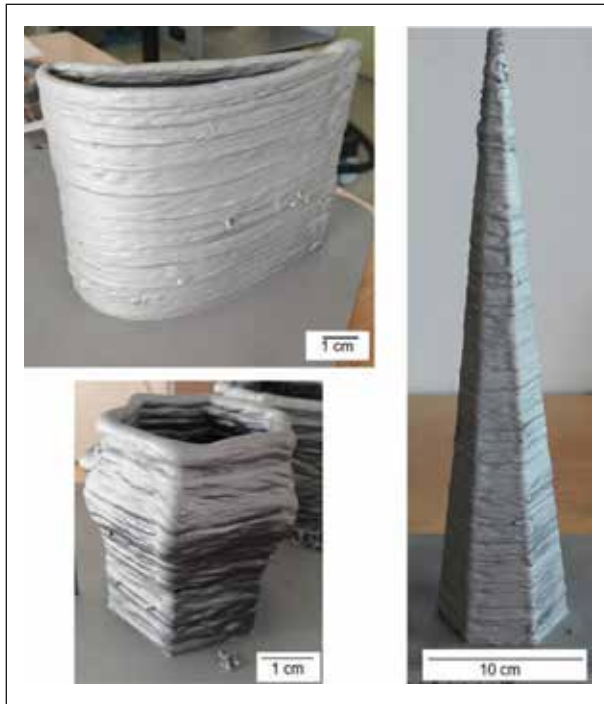


Bild 22 • Additiv mit dem Laserstrahl gefertigte Bauteile aus CrNi-Stahl und TiAl6V4.

Mit der gewählten Schweißfolge und den eingesetzten Schweißparametern wurde ein gutes Auftragsergebnis erzielt. Es wurden keine Anbindungsfehler zwischen Substratplatte und der ersten Lage sowie auch nicht zwischen den einzelnen Lagen und Schweißraupen festgestellt. In der Wärmeeinflusszone der Substratplatte wurde eine lokale Aufhärtung mit maximalen Härtewerten nachgewiesen. In den additiv aufgebauten Bauteilbereichen wurden, an den Übergängen der einzelnen Schweißraupen und Lagen, Anlassbereiche mit etwas geringerer Härte festgestellt. Die Standardabweichung betrug hier  $\pm 9,25$  HV. Durch eine Anhebung der Zwischenlagentemperatur könnte gegebenenfalls noch eine homogenere Härteverteilung erzielt werden. Ein signifikanter Härteanstieg in den abschließenden Lagen konnte nicht nachgewiesen werden.

Die Streckgrenzen und Zugfestigkeiten, der in Schweißrichtung geprüften Proben, waren im Mittel etwas höher als bei den

Proben senkrecht zur Schweißrichtung, so dass in diesem Fall von keiner signifikanten Richtungsabhängigkeit gesprochen werden kann. Die Werte für die Streckgrenzen und Zugfestigkeiten lagen bei allen Proben oberhalb der Referenzprobenwerte (Substratplatte). Bei den Zugversuchen konnten ähnliche duktile Verformungen und Bruchbilder festgestellt werden, wobei der Streubereich relativ klein war und sich um den Wert der Referenzprobe ansiedelte. Die Kerbschlagzähigkeit bei  $-20^{\circ}\text{C}$  lag im Mittel bei 167 J und somit 26% über dem Wert der Referenzprobe (132 J).

Mit den Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die mechanische Festigkeit des additiv gefertigten Materials auch in den durch die Wärmewirkung des Schweißens stärker beanspruchten Eckbereichen, dem des Grundwerkstoffs entspricht und in den restlichen Bauteilbereichen sogar tendenziell übersteigt. Es konnte mit den vorliegenden Untersuchungen gezeigt werden, dass die lichtbogenbasierte additive

Fertigung für die zukünftige Ersatzteilbereitstellung in den Schweißwerkstätten eingesetzt werden kann.

J. Anders, Düsseldorf

## Additive Fertigung – Titanbauteile

### Additive Fertigung komplexer Titanbauteile

Im Rahmen einer Studie wurde das Potenzial des „3D Plasma Metal Deposition“ (3DPMD)-Prozesses zum Herstellen komplexer Titanbauteilen betrachtet. Die Systemarchitektur umfasste zum einen die Realisierung der Schweißumgebung und zum anderen die Ermittlung charakteristischer Prozesskenngrößen, welche zur Bauteilerzeugung benötigt werden. Im Anschluss wurden der Bauprozess selbst sowie die additiv hergestellten Hybrid-Demonstratoren analysiert. Hergestellt wurde ein Rohrabgang in Hybridbauweise. Hierbei diente ein Rohrausschnitt mit einem Nenndurchmesser von  $d = 350$  mm als Basis für den Bauprozess, auf den die additive Struktur aufgebaut wurde, **Bild 21**. Die Auswertung der Prozess- und Bauparameter, der Bauteilgeometrie, der Mikrostruktur sowie mechanisch-technologischer Eigenschaften ermöglichte die Darstellung von Prozess-Struktur-Eigenschaftsbeziehungen.

3DPMD bietet die Möglichkeit, additive hergestellte Bauteile mit hohen Aufbauraten und erhöhter Werkstoffflexibilität herzustellen. Die Analyse der Morphologie und die makroskopischen Untersuchungen zeigten eine homogene Struktur ohne Defekte. Die Analyse der mechanisch-technologischer Eigenschaften ergab eine geringere Zugfestigkeit der additiven Struktur im Vergleich zum Standard-Halbzeug. Das ermittelte Gefüge sowie die Härtewerte zeigten sich jedoch als homogen und vergleichbar mit einem Standard-Halbzeug. In Summe wurde gezeigt, dass mit Hilfe der additiven Fertigung via 3DPMD ein schweißtechnisches Problem gelöst werden konnte und die Konstruktionsmöglichkeiten im Apparatebau erweitert wurden.

### Additive Fertigung von Refraktärmetallen

Die additive Fertigung von Refraktärmetallen bedeutet eine besondere Herausforderung an die umgebende Atmosphäre, da diese frei von Sauerstoff und Stickstoff sein muss. Die sicherste Methode ist die Bearbeitung in einer Vakuumkammer. Als Alternative zu dem Elektronenstrahl, wird in dem Beitrag die additive Bearbeitung

im Vakuum mit einer Laserstrahlquelle vorgestellt, die mit zwei Drahtzuführungen ausgestattet ist, welche auch die Herstellung gradierter Bauteile ermöglicht, **Bild 22**. In den Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Makro- und Mikrostruktur ähnliche Ergebnisse wie die mit Elektronenstrahlverfahren hergestellten Bauteilen aufweisen. Es konnten mit einem 2-kW-Laser Auftragsraten von mehr als 1,5 kg/h bei hochlegiertem CrNi-Stahl und etwa 0,8 kg/h bei Titan erzielt werden.

J. Anders, Düsseldorf

### Additive Fertigung – Pulverbettverfahren

#### Additive Fertigung von Druckgerätebauteilen und Druckgeräten nach Richtlinie 2014/68/EU – Umsetzung der wesentlichen Sicherheitsanforderungen

Die vergleichsweise jungen Verfahren der additiven Fertigung haben sich in den vergangenen Jahren in vielerlei Branchen, zum Beispiel in der Luft- und Raumfahrt, etabliert. Trotz des zunehmenden Interesses hindern das Fehlen harmonisierter Normen und die damit verbundenen offenen Fragestellungen noch den großflächigen Einsatz im Druckgerätebereich. Der Beitrag bietet eine Hilfestellung zum Überwinden der Hindernisse, indem die wesentlichen Aspekte des Anhang I, Richtlinie 2014/68/EU (PED) beleuchtet und daraus Anforderungen an die Anwender abgeleitet werden.

Besondere Bedeutung haben die Kapitel Fertigung von Druckgeräten, **Bild 23**, und Herstellung von Werkstoffen (Halbzeugen), da ein Hersteller additiv gefertigter Druckgeräte neben der Rolle des Druckgerätheherstellers auch die des Werkstoffherstellers übernehmen kann. Anhand eines Beispiels wird die Qualifizierung für Druckgeräte aus Pulverbettverfahren erläutert und die Anforderungen an die Zertifizierung als Werkstoffhersteller formuliert.

#### Heißrissvermeidung in der laser- und pulverbettbasierten additiven Fertigung von AlMg4,5Mn0,7 durch Zumischung von AlSi10Mg

Das Leichtbaupotenzial von Aluminiumlegierungen kann in der laserstrahl- und pulverbettbasierten additiven Fertigung (SLM/LPBF) nicht vollständig ausgenutzt werden, da die Werkstoffauswahl auf einige wenige Aluminiumlegierungen mit limitierten mechanisch-technologischen Eigenschaften begrenzt ist. Ein zentrales Hindernis dafür ist die Heißrissanfälligkeit, die die Verarbeitbarkeit auf die aktuell verwendeten Pulverwerkstoffe AlSi12 und AlSi10Mg weitestgehend beschränkt.

In der dem Bericht zugrundeliegenden Studie wurde der Pulverwerkstoff EN AW-5083 (Al Mg4,5Mn0,7) mittels des LPBF-Verfahrens verarbeitet und metallografisch auf Heißrisse untersucht. Anschließend wurde AlSi10Mg zugemischt, um die Heißrissanfälligkeit zu reduzieren, **Bild 24**. Durch die Zumischung von bereits 7% AlSi10Mg-Pulverwerkstoff (Massenanteil) konnten die Heißrisse vollständig eliminiert werden. Die Zumischung von Al-Si10Mg bewirkt eine Kornverfeinerung und die Zunahme des Volumenanteils an niedrigschmelzenden Phasen. Beide Effekte reduzieren die Heißrissanfälligkeit, wie es aus dem Schmelzschweißen bekannt ist. In Zukunft können durch diesen kostengünstigen Ansatz weitere Pulverwerkstoffe mit dem LPBF-Verfahren verarbeitet und das Leichtbaupotenzial des LPBF-Verfahrens gesteigert werden.

J. Anders, Düsseldorf

### Stahlbau – Schweißen von Feinkornbaustählen

#### Hochfester Metallpulverfülldraht mit einer Streckgrenze über 1100 MPa

Die Entwicklung neuer ultrahochfester Schweißzusätze mit ihren besonderen Eigenschaften zählt sicherlich zu einer der

herausforderndsten metallurgischen Aufgaben in der Schweißtechnik. Ein Grund dafür ist die Vielzahl an chemischen Elementen, die im Schweißprozess innerhalb kürzester Zeit miteinander interagieren. Die mechanisch-technologischen Eigenschaften des erstarrten Legierungssystems können durch kleinste Modifikationen enorm beeinflusst werden. Die Schwierigkeit bei hochfesten Schweißzusätzen mit Streckgrenzen über 1100 MPa besteht darin, die Balance zwischen der geforderten hohen Festigkeit und ausreichender Zähigkeit im reinen Schweißgut zu erlangen.

Für das Schutzgasschweißen von Feinkornbaustählen wurde ein Metallpulverfülldraht entwickelt, der eine Mindeststreckgrenze von 1100 MPa und dabei auch adäquate Zähigkeitswerte aufweist. Der Zusammenhang zwischen Mikrostruktur und den daraus resultierenden mechanischen Eigenschaften wurde umfassend erforscht. Neben der fein abgestimmten Metallurgie konnten durch die innovative Fertigungstechnologie zusätzlich niedrigste Wasserstoffgehalte im reinen Schweißgut realisiert werden. Diese vielversprechende neue Generation von Schweißzusätzen soll in der Zukunft für Stahlkonstruktionen verwendet werden, um im Zuge des „Leichtbau-Gedankens“ möglichst hochfeste Leichtbaukonstruktionen herzustellen.

Der Fülldraht wurde für das Schweißen unter Mischgas (Ar+CO<sub>2</sub>) in den Positionen PA und PB konzipiert. Er ist besonders für die Fertigung ultrahochfester Konstruktionen im Automobil- und Kranbau geeignet. Es wurden Verbindungsschweißungen an hochfesten Blechen mit unterschiedlichen Wärmeeinbringungen durchgeführt. Dabei wurde gezeigt, dass selbst bei -40°C eine Kerbschlagarbeit von mindestens 27 J erreicht werden konnte.

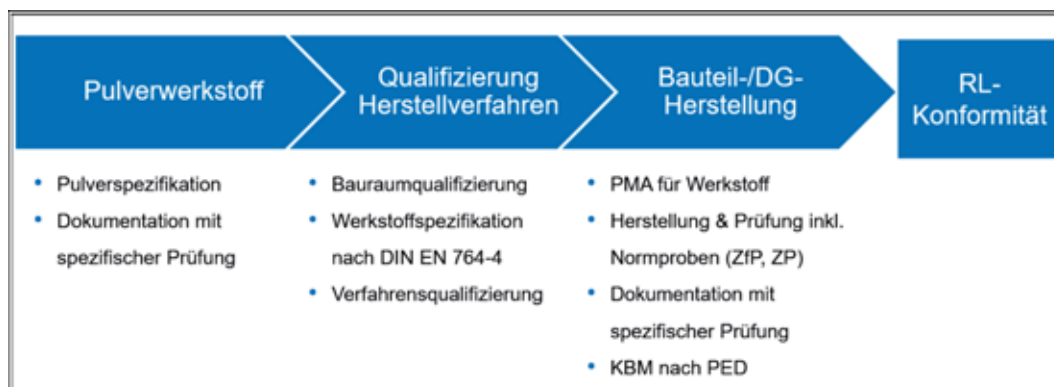


Bild 23 • Abfolge der Schritte bei der Druckgeräteherstellung.

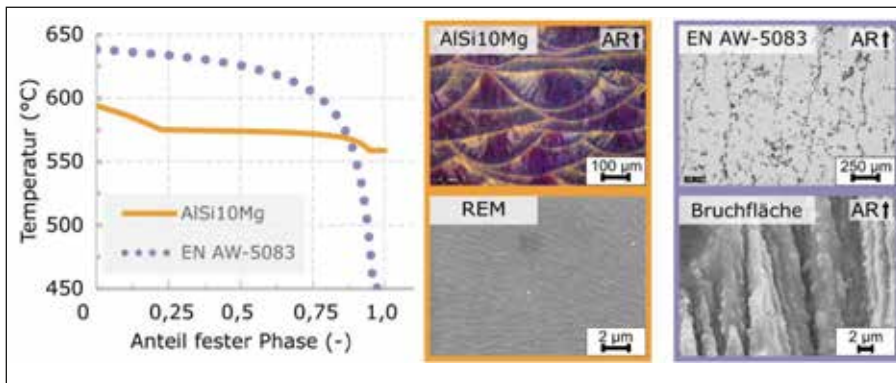


Bild 24 • Darstellung des Erstarrungspfades (Temperatur über Anteil fester Phase) von AISi10Mg und EN AW-5083; rechts: lichtmikroskopische Aufnahmen (jeweils oben) und elektronenmikroskopische Aufnahmen (jeweils unten) der Mikrostruktur für AISi10Mg und der Bruchfläche von EN AW-5083.

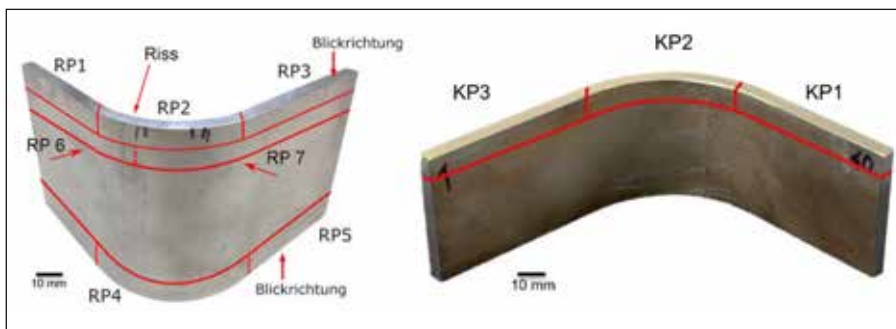


Bild 25 • Probenentnahme aus dem Blech mit Rissanzeige (links) und ohne Rissanzeige (rechts; rote Linien symbolisieren die Schnittlinien).

### Auf Eigenspannungen zurückführbare Schadensfälle an Feinkornbaustahl: Ursachen, Wirkung und einfache Abhilfemaßnahmen

Im Beitrag wird ein repräsentativer Schadensfall an einer geschweißten Konstruktion aus hochfestem Feinkornbaustahl vorgestellt. Bei dieser wurden so hohe fertigungsbedingte Eigenspannungen eingebracht, dass ein Bauteil Wochen nach der Bearbeitung versagte. Da in unmittelbarer Nähe geschweißt wurde, kam der Verdacht auf, dass das Schweißen einen signifikanten Einfluss auf den Schadenshergang hatte. Immer wieder werden derartige

Schadensfälle am Institut für Werkstofftechnik der Universität Kassel untersucht und die Schadensursache ermittelt sowie Abhilfemaßnahmen erarbeitet. Um trotz Vertraulichkeitsvereinbarungen die ermittelten werkstofftechnischen Erkenntnisse der schweißtechnisch interessierten Öffentlichkeit zugänglich zu machen, wurden die Gegebenheiten nachgestellt. Die identisch aufgetretenen Schäden werden als anonymisierte Schadensfälle vorgestellt.

Es wird gezeigt, anhand welcher Untersuchungsergebnisse (chemische Zusammensetzung, Härteverläufe, Mikroschliff-

aufnahmen usw.) Rückschlüsse auf die Schadensursache gezogen werden können, an welchen Positionen eines kaltverformten (gekanteten oder rundgewalzten) Blechs Zug- oder Druckeigenspannungen auftreten und unter welchen Umständen ein Bauteil durch die induzierten Zugeigenspannungen versagen kann, **Bild 25**. Ziel des Beitrags ist es, Möglichkeiten aufzuzeigen, derartige Schadensfälle an eigenen Bauteilen zu verhindern. Speziell geht es dabei um die gezielte Beseitigung von Zugeigenspannungen und das Einbringen von Druckeigenspannungen in oberflächennahe Bauteilbereiche mit einfachsten handwerklichen Mitteln.

### Beanspruchungsgerechte Reparatur beim Bauteilschweißen hochfester Feinkornbaustähle

Eine nachhaltige und ressourceneffiziente Fertigung und Errichtung von Windenergieanlagen, sowohl auf See als auch an Land, erfordert zunehmend den Einsatz moderner hochfester Feinkornbaustähle. Werden nach dem Schweißen dieser hochfesten Konstruktionen unzulässige Defekte detektiert, sind nach geltenden Verarbeitungsrichtlinien die defekten Bereiche durch lokales Ausfügen und anschließendes Schweißen zu reparieren. Fehlende Informationen zu adäquaten Reparaturkonzepten in den Regelwerken bedingen oftmals eine unzureichende Berücksichtigung dabei auftretender zusätzlicher Beanspruchungen durch die erhöhte Schrumpfbehinderung der Ausfugennuten. Zusätzlich haben die ausführenden Betriebe vielfach kaum Kenntnis über die Degradation angrenzender Gefüge durch thermische Ausfugeprozesse und erneutes Schweißen, die in diesem Zusammenhang besonders bei den hochfesten Stählen als kritisch anzusehen sind.

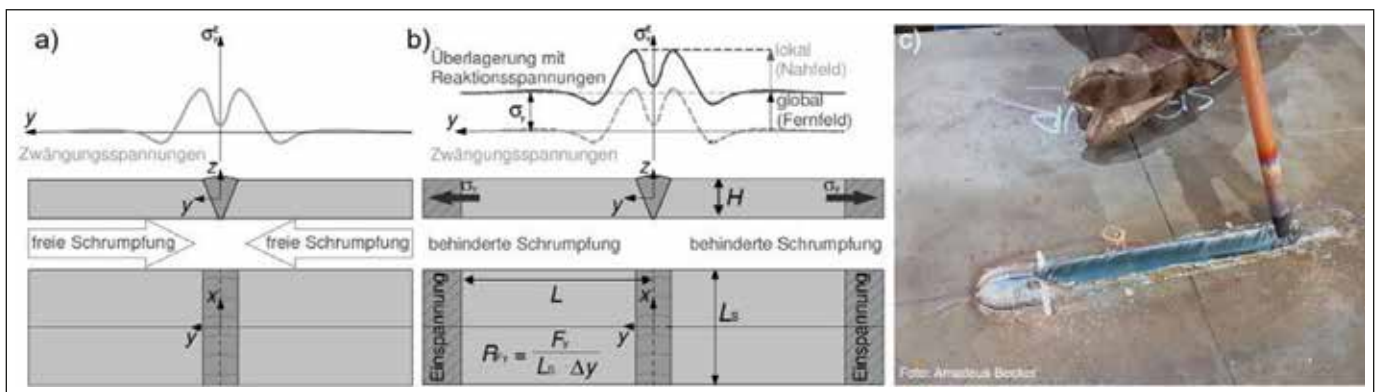


Bild 26 • Schematische Verteilung schweißbedingter Quereigenspannungen bei freier Schrumpfung (a) und unter Schrumpfbehinderung mit Einspanngradkonzept (b) sowie Anwendung des Kohlelichtbogenfugenhobels einer Schweißprobe aus S500MLO (c).

Ein Forschungsvorhaben der BAM (FOSTA P1311/IGF-Nr.20162N) fokussiert hierfür systematisch bauteilrelevante Untersuchungen zu den schweißbedingten Beanspruchungen und Gefügeveränderungen bei der Reparatur hochfester Schweißverbindungen. Wesentlich sind hierbei der Einfluss der Schrumpfbinderung, **Bild 26**, der Wärmeleitung beim Schweißen und Ausfugen sowie der Reparaturzyklenanzahl und die metallurgischen Aspekte bei den hochfesten Güten S500MLO für zukünftige Offshore-Anwendungen und S960QL für aktuelle Mobilkrananwendungen. Aufbauend auf einigen Studien zur schweißbedingten Beanspruchung hochfester Stähle zeigt der Beitrag die Identifikation geeigneter Probengeometrien und Schweißdetails mittels numerischer und experimenteller Analysen. Dadurch wird die Übertragbarkeit der vorgestellten Schweißexperimente und Ergebnisse hinsichtlich der resultierenden Schweißseignispannungen auf reale Reparaturfälle im Bereich des hochfesten Stahlbaus sichergestellt.

Es zeigt sich in Übereinstimmung mit früheren Ergebnissen eine signifikante Erhöhung der Beanspruchungen an den variierten schlitzförmigen Prüfnähten. Das Eigenspannungsniveau sowohl im Schweißgut als auch in der Wärmeeinflusszone korreliert mit dem Einspanngrad. Mit dem Ziel beanspruchungs- und werkstoffgerechte Reparaturkonzepte zu erarbeiten, sind zum einen geringere Wärmeinbringungen – besonders durch niedrige Zwischenlagentemperaturen und

Einspannbedingungen – anzustreben, um hohe Beanspruchungen und kritische Gefügedegradationen im Reparaturbereich zu vermeiden. Dies wird durch systematische Untersuchungen zum Ausfugen und Schweißen sowie letztlich dem Transfer von Verarbeitungsempfehlungen für die Anwender und Richtlinien erreicht.

J. Anders, Düsseldorf

### Stahlbau – Hochleistungsverfahren

#### Elektrogasschweißen in der schiffbaulichen Praxis der Neptun Werft Rostock

Um Blechdicken über 10 mm in der Steignahthposition einlagig möglichst wirtschaftlich fügen zu können, wurde Ende der 1950er Jahre in der UdSSR und der Bundesrepublik Deutschland das Elektrogasschweißen (EGS) entwickelt. In den asiatischen Industrieländern, allen voran Japan und Südkorea, wird es durchgehend seit den 1970er Jahren unter anderem im Schiffbau bei der Endmontage von Blöcken (Schiffsaußenhaut) genutzt. In Deutschland ist das EGS im Schiff- und Stahlbau seit Jahrzehnten quasi nicht mehr in der Anwendung und es existieren keine auf diesen Prozess abgestimmten Schweißzusätze, Anlagentechnik, Ausbildungskurse oder Erfahrungen bei dem schweißtechnischen Personal, den Schweißaufsichten und Klassifikationsgesellschaften.

In mehreren aufeinander aufbauenden Forschungsvorhaben konnte die Universität Rostock grundlegende Gegebenheiten der Schweißanlagentechnik dahingehend

modifizieren, dass auch unter den Bedingungen deutscher Werften ein stabiler Schweißprozess gewährleistet wird. Problemstellungen, welche in öffentlich geförderten Forschungsvorhaben nicht Gegenstand sein konnten, wurden durch Auftragsforschung direkt mit der Neptun Werft gelöst. Dies beinhaltete unter anderem folgende Themen:

- Modifikation der Anlagentechnik,
- Bestimmung geeigneter Schweißparameter,
- Auswahl keramische Schweißbadsicherung,
- Verfahrensanweisungen für die praxisnahe Anwendung (Blechdickensprünge, Umgang mit Ansatzstellen, Pendelbewegungen, Lichtbogenpositionierung, Auswahl Kupferschuhbreiten, Nahtvorbereitung usw.),
- Katalog für das Vermeiden von Schweißfehlern.

Des Weiteren konnte zusammen mit der ESAB Welding & Cutting ein speziell für die deutschen Werften geeigneter Schweißzusatz (ESAB VertoCore Ni1) entwickelt, produziert und entsprechend zugelassen werden (DNV-GL).

Die Neptun Werft konnte aufgrund der produktionstechnischen Gegebenheiten das EGS-Verfahren unkompliziert in der Vormontage von Kreuzfahrtschiffblöcken integrieren (Blechdicken  $t$  14 bis 20 mm), **Bild 27**. Hierzu wurden Personal ausgebildet und qualifiziert, Schweißverfahrensprüfungen (DNV-GL, RINA) erfolgreich durchgeführt und die ersten Schweißungen ab Oktober 2020 intensiv durch die Schweißaufsicht betreut. Um das Restrisiko für Qualitätsprobleme bei der Einführung eines neuen Schweißprozesses so gering wie möglich zu halten, wurden bisher alle Schweißnähte einer erhöhten zerstörungsfreien Prüfung unterzogen (100% Sichtprüfung, Ultraschallprüfung, Kreuzungen Röntgenuntersuchung). Sowohl die erreichte Qualität, welche bisher keiner Nacharbeit bedurfte (Fehlerrate 0%), als auch die massive Steigerung der Produktivität (200 bis 300%, je nach Randbedingung) beim Fügen der Außenhautstöße) veranlassen die Neptun Werft, zu prüfen, ob das Schweißverfahren zukünftig auch in die Endmontage etabliert werden kann.

#### MSG-Dickdrahtschweißen – eine Alternative zum UP-Schweißen?

Forschungsziel war die Schaffung aller notwendigen Grundlagen zur



Bild 27 • Elektrogasschweißen in der schiffbaulichen Praxis der Neptun Werft (A) und EGS-Nahtoberfläche (B).

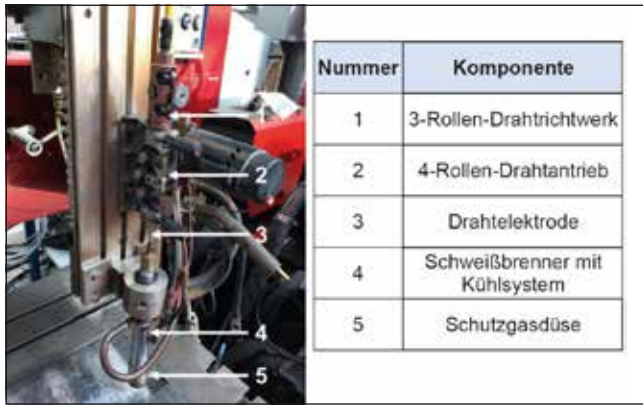


Bild 28 • Versuchsstand (links) und Bezeichnung der Komponenten (rechts).

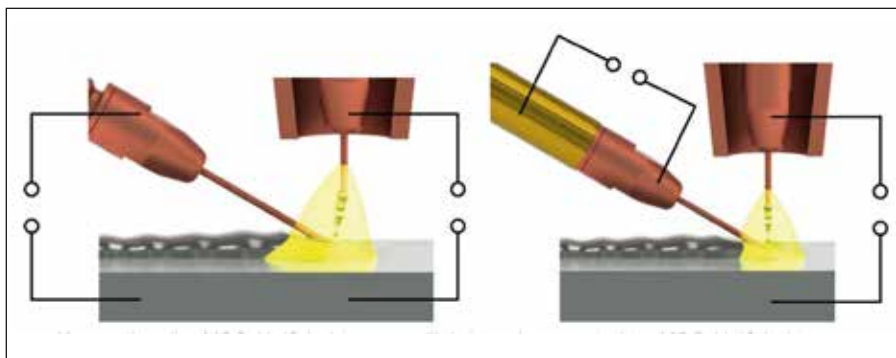


Bild 29 • Konventioneller MSG-Heißdrahtprozess (links) sowie angestrebter MSG-Heißdrahtprozess (rechts).

Industrialisierung des Hochleistungsverfahrens „MSG-Dickdrahtschweißen“ zur werkstoff- und anwendungsgerechten Verarbeitung von temperatursensiblen Stählen. Im Vorhaben wurden Verfahrensvariationen erarbeitet und analysiert, um den Energieeintrag beim Schweißen zu reduzieren und zu kontrollieren und die Abschmelzleistung des MSG-Dickdrahtverfahrens zu steigern. Dadurch konnte ein sicheres, reproduzierbares sowie wirtschaftlicheres Fügeverfahren als Alternative zum UP-Schweißen für vielfältig einsetzbare Feinkornbaustähle qualifiziert werden.

Die Validierung des MSG-Dickdrahtprozesses erfolgte anhand von Verbindungsschweißungen von Dickblechen der Güte S690Q ( $t = 20 \text{ mm}$ ), **Bild 28**. Die Verfahrensqualifizierung (Zugversuche, Härtemessungen, Kerbschlagbiegeversuche) ergab die Eignung des MSG-Dickdrahtschweißens für hochfeste Feinkornbaustähle in Bezug auf die mechanisch-technologischen Güterwerte. Gleichzeitig konnte eine höhere Wirtschaftlichkeit gegenüber dem UP-Verfahren nachgewiesen werden, indem dieselbe Fügeaufgabe unter Einsparung der Pulverkosten und der Pulverhandhabung mit nur 70% der Kosten und in 60% der Zeit gleichwertig und qualitätsgerecht erfüllt wurde.

### MSG-Heißdrahtschweißen mit vorgelagerter Heißdrahtvorwärmung

Durch die gekoppelte Zusatzwerkstoff- und Energiezufuhr bei Metall-Schutzgasschweißprozessen (MSG) weisen diese Verfahren, resultierend aus Eigenspannungen und Verzug, eine begrenzte Produktivität auf. Um die Produktivität zu steigern, können konventionelle MSG-Prozesse mit einem Heißdrahtprozess kombiniert werden. Nachteilig an Heißdrahtprozessen ist das geringe Prozessfenster, bedingt durch den benötigten Schmelzbadkontakt zum Aufrechterhalten der Widerstandserwärmung sowie die magnetische Blaswirkung des Heißdrahts.

Im Beitrag wird daher die Entwicklung eines MSG-Heißdrahtverfahrens mit vorgelagerter ohmscher Zusatzdrahtvorwärmung (zwischen zwei Stromkontaktröhren) vorgestellt, **Bild 29**. Für diese Art der Drahtvorwärmung ist kein Kontakt des Zusatzdrahts zum Schmelzbad mehr notwendig. Neben einer Steigerung der Abschmelzleistung und folglich der Produktivität werden eine Entkopplung und eine gezielte Steuerung des Zusatzwerkstoff- und Energieeintrags in Abhängigkeit vom Anwendungsfall angestrebt. Durch Verringerung des Wärmeeintrags in den Grundwerkstoff soll die Beeinflussung der mechanisch-technologischen Eigenschaften reduziert sowie die

Entstehung von Eigenspannungen und Verzug minimiert werden. Weiterhin soll durch das Verhindern der durch die Heißdrahtzufuhr hervorgerufenen magnetischen Blaswirkung das Prozessverhalten verbessert und somit die Produktivität und Robustheit des Prozesses gesteigert werden. Das Potenzial des zu entwickelnden Prozesses wird an ausgewählten Schweißversuchen dargestellt.

Durch die fehlende magnetische Blaswirkung wird der Richtungsabhängigkeit des Verfahrens entgegengewirkt. Außerdem besitzt das Verfahren eine höhere Prozessstabilität bei einer gleichzeitig größeren Toleranz gegenüber Positionierungsunregelmäßigkeiten. Durch den Einsatz der neuartigen Heißdrahtvorwärmung ist außerdem ein steilerer Anstellwinkel der Zusatzdrahtzufuhr möglich. Dadurch soll das Verfahren im späteren Projektverlauf noch auf die Einsatzfähigkeit in der additiven Fertigung hin untersucht werden. Dazu sollen Heißdrahtwinkel (Winkel zwischen Werkstück und Draht) von bis zu  $70^\circ$  realisiert werden.

### Diffusionsmessungen in UP-Mehrlagenschweißgut als effektives Tool gegen verzögerte Kaltrissbildung in Dickblechschweißungen

Offshore-Windenergieanlagen bilden einen zentralen Bestandteil der zukünftigen Energieerzeugung. Hierzu notwendige Gründungs- und Turmstrukturen werden vorrangig aus unterpulvergeschweißten (UP) Blechen aus hochfesten niedriglegierten Stählen mit Dicken bis zu 200 mm hergestellt. Die großen Blechdicken begünstigen hohe Schweiß Eigenspannungen und lange Diffusionswege für zum Beispiel über den Schweißprozess eingebrachten Wasserstoff (H). Damit steigt das Risiko für eine wasserstoffunterstützte Kaltrissbildung (WKB) an. Zum sichereren Ausschluss von WKB in den geschweißten Komponenten wird in Abhängigkeit von Nahtgröße, Wärmeeinbringung und Stahlsorte eine Mindestwartezeit (MWZ) von bis zu 48 h empfohlen, bevor die zerstörungsfreie Prüfung durchgeführt wird.

Es ist allerdings offen, ob die empfohlene MWZ zu konservativ ist. Einflüsse sind hier beispielsweise die schwierige Bewertung des Wasserstoffdiffusionsverhaltens im heterogenen UP-Mehrlagenschweißgut im Vergleich zum Grundwerkstoff (GW). Zudem sind nur sehr begrenzt H-Diffusionskoeffizienten für

UP-Mehrlagenschweißgut als Grundlage zur Abschätzung des Zeitintervalls einer möglichen verzögerten Kaltrissbildung (somit MWZ) oder auch für Nachwärmprozeduren zur Wasserstoffreduktion (keine MWZ) verfügbar. Verlässliche H-Diffusionskoeffizienten sind daher ein adäquates „Werkzeug“ zum Bewerten des Risikos einer verzögerten WKB.

Der Beitrag beschreibt Untersuchungen zur Charakterisierung der Wasserstoffdiffusionsverhalten in UP-Mehrlagenschweißgut eines 60 mm dicken Bleches einer Offshore-Stahlgüte. Dazu wurden Proben unterschiedlicher Dicke aus dem reinen Schweißgut extrahiert, **Bild 30**, und über elektrochemische Permeation und Trägergasheißextraktion im Temperaturbereich bis 400°C interessante Ergebnisse zu den korrespondierenden Diffusionskoeffizienten erarbeitet.

■ Es zeigte sich, dass Diffusionskoeffizienten bei Umgebungstemperatur als „Werkzeug“ zum Bewerten einer MWZ geeignet sind. Jedoch veränderte sich der Diffusionskoeffizient mit der

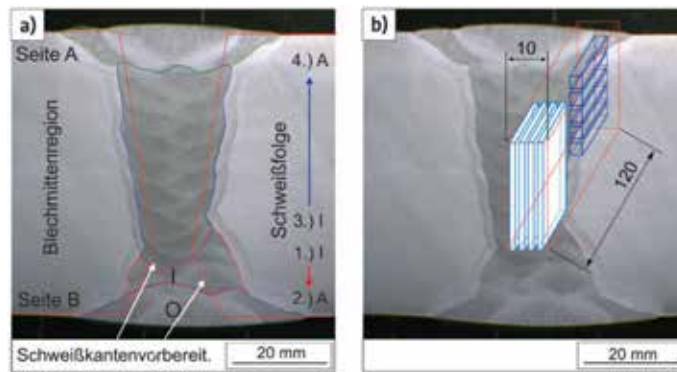


Bild 30 • Probengeometrie; a) Schliffbild Schweißnaht, b) Probenlage.

untersuchten Probendicke um bis zu einer Größenordnung, das heißt, daraus abgeleitete Wartezeiten differieren dementsprechend.

■ Dies deutet darauf hin, dass MWZs von bis zu 48 h einerseits möglicherweise zu konservativ gewählt sind, da der Wasserstoff schneller aus der Naht diffundiert. Andererseits muss aber auch die schnellere Diffusion in weitere potenziell risskritische Nahtbereiche wie die Wärmeeinflusszone berücksichtigt werden. Daher ist noch keine direkte

Aussage auf eine verallgemeinerte WKB-Anfälligkeit (ja/nein) innerhalb der MWZ möglich.

■ Im Fall einer konservativen Prävention der wasserstoffunterstützten Kaltrissbildung durch Wasserstoffarmglühen (Vermeidung der MWZ) sind die Diffusionskoeffizienten bei erhöhten Temperaturen bis 400°C zur Abschätzung der notwendigen Haltezeiten geeignet, zum Beispiel über die numerische Simulation der Wasserstoffdiffusion.

J. Anders, Düsseldorf

Anzeige

DVS MEDIA



B. Schambach, F. Zentner  
Loseblattwerk in 9 Ringordnern  
6216 Seiten, Stand: Juli 2021  
Best.-Nr.: 500 140

Preis: 528,00 Euro

DVS Media GmbH • Aachener Straße 172 • 40223 Düsseldorf  
T +49 2 11 1591-162 • F +49 2 11 1591-150 • vertrieb@dvs-media.info • www.dvs-media.eu

DIN-DVS-Taschenbücher

#### Qualitätssicherung in der Schweißtechnik | Schmelzschiessen

Die Erfüllung der Qualitätsanforderungen nach DIN EN ISO 3834 ff. werden in der Praxis durch eine Vielzahl ergänzender Normen und Merkblätter unterstützt die wichtige Komponenten im Hinblick auf die Qualitätssicherung sind. Sie bilden, wie die Normen selbst, das inhaltliche Kernstück des Loseblattwerks „Qualitätssicherung in der Schweißtechnik“.

Die einzelnen Normen und Merkblätter sind eingeteilt in Hauptbereiche, die der Gliederung der Qualitätsmerkmale nach DIN EN ISO 3834 ff. folgen. Diese wurden in dem Loseblattwerk zu übersichtlichen Gruppen zusammengefasst. Erläuterungen, Adresslisten und Verzeichnisse geben zusätzliche Hinweise zum Stand der europäischen Harmonisierung in der Schweißtechnik.

Jährlich erscheinen etwa 3–4 Ergänzungen.

Bezug nur im Abonnement möglich. Der Kauf eines Grundwerkes bewirkt ein Abonnement für mindestens ein Jahr. Der Preis der Ergänzungslieferungen ist abhängig vom Umfang. Die Auslieferung erfolgt einschließlich der jeweils aktuellsten Lieferung.

## Landes- und Bezirksverbände



David Streng, Inhaber und Geschäftsführer der Nord-Metallic GmbH & Co. KG, Jan Thiekötter, Ausbilder, Jürgen Raun, Beiratsmitglied des DVS-Bezirksverbandes (BV) Flensburg-Kiel, Jes-Oke Jordt, 3. Sieger im Lichtbogenhandschweißen, Thies Jensen, 1. Sieger im Metall-Aktivgasschweißen, Holger Liedtke, Ausbilder, Bodo Garmsen, Werkstattleiter, Susanne Wilkens, Vorstand Finanzen des BV Flensburg-Kiel (von links nach rechts).

### LV Nordrhein

Der DVS-Landesverband Nordrhein hatte seine Landesversammlung am 9. Dezember 2021. Grieger, Vorsitzender, eröffnete die Versammlung und berichtete über die Sitzung des Ausschusses der DVS-Landesverbände. Die DVS-Bezirksverbände im LV haben begonnen, Vorträge auf Webinare und Hybridvorträge umzustellen. Bisher erfolgten achtzehn Veranstaltungen, an denen 1.586 Mitglieder teilnahmen. Nach Kassen- und Kassenprüfbericht erfolgte die Entlastung des Vorstands. Es folgten die Berichte über die Aktivitäten des Vorstands Öffentlichkeit im LV, über die Arbeit des Prüfungs- und Zertifizierungsausschusses und über den DVS-Wettbewerb „Jugend schweißst“. Reinhard Spahn legt sein Amt als Koordinator von „Jugend schweißst“ im LV Ende 2023 nieder. Es werden Interessenten für seine Nachfolge gesucht. Des Weiteren informierten die Vertreter der DVS-Bezirksverbände im LV über ihre Aktivitäten im vergangenen Jahr.

### BV Halle

Am 3. November 2021 führte der DVS-Bezirksverband (BV) Halle seine Mitgliederversammlung durch. Zunächst

gedachten die Anwesenden des verstorbenen DVS-Mitglieds Prof. Dr.-Ing. Günter Buneß. Nach Erteilung des Geschäfts-, Kassen- und Kassenprüfberichts wurde der Vorstand entlastet. Die Wahl ergab: Frank Müller (Vorsitzender), Christian Schwalenberg (stellvertretender Vorsitzender, Vorstand Öffentlichkeit), Tino Gurschke (Geschäftsführer, Vorstand Finanzen), Torsten Kokot (Vorstand Technik, Wissenschaft, Forschung). Stefan Knöfel und Gloria Wetzler wurden als Rechnungsprüfer gewählt. Da die Fachexkursion 2021 aufgrund der Coronamaßnahmen ausfiel, soll sie erneut für den 14./15. Oktober 2022 geplant werden. Des Weiteren erfolgten Informationen zur geplanten Fusion der DVS-Landesverbände Mitteldeutschland und Berlin-Brandenburg. Über weitere Termine werden die BV-Mitglieder per E-Mail unterrichtet.

### BV Heilbronn

Die Mitgliederversammlung des DVS-Bezirksverbandes (BV) Heilbronn fand am 15. Oktober 2021 statt. Karl-Heinz Hahn teilte mit, dass die Kursstätten in Crailsheim und am „bfw-Schwäbisch Hall“ derzeit ruhen. Im Unternehmen Läßple Ausbildungs GmbH werden zwei Schweißlehrer

ausgebildet. Demnächst möchte Läßple eine DVS-Kursstätte einrichten. Die Teilnehmer gedachten der gestorbenen BV-Mitglieder Dr. Sabine Bühner, Dr. Horst J. Roos, Hermann Wachter und Alfred Stammer. Im Anschluss daran wurden die Ehrungen für langjährige DVS-Mitgliedschaften bekannt gegeben und die BV-Mitglieder Albrecht Baumann, Adolf Grauf und Karlheinz Sinn zu Ehrenvorstandsmitgliedern ernannt. Nach Erteilung des Geschäfts-, Kassen- und Kassenprüfberichts erfolgte die Entlastung des Vorstands.

### BV Flensburg-Kiel

Am 21. Dezember 2021 konnte der DVS-Bezirksverband Flensburg-Kiel dem Unternehmen Nord-Metallic das Banner „Wir bilden Sieger aus“ überreichen. Am 20. November 2021 hatten die beiden Auszubildenden des Unternehmens erfolgreich den DVS-Wettbewerb „Jugend schweißst“ absolviert. Thies Jensen gewann den Wettbewerb im Metall-Aktivgasschweißen, und Jes-Oke Jordt wurde Dritter im Lichtbogenhandschweißen.

### BV Ulm/Neu-Ulm

Der DVS-Bezirksverband Ulm/Neu-Ulm pflegt seit vielen Jahren eine Bildungspartnerschaft mit Brasilien. Zur „Woche der Technik“ der integrierten Hochschule FIMCA Vilhena, Brasilien, wurden Referenten eingeladen, die als Lehrer und Fachleute in renommierten Bildungseinrichtungen und multinationalen Unternehmen tätig sind. Dabei handelte es sich um ein Symposium der Koordinationsstelle des Exact Nucleus, die Vorträge, Interviews, Diskussionsrunden, Arbeitspräsentationen, Projektausstellungen, Workshops sowie Ausstellungen von Dienstleistungs- und Produktunternehmen anbietet mit dem Ziel, die technisch-wissenschaftliche und humanistische akademische Bildung zu erweitern und den Austausch zu fördern. Prof. Dr.-Ing. Volkmar Schuler, Ehrenvorsitzender des DVS-Bezirksverbandes Ulm/Neu-Ulm, hielt einen Onlinevortrag mit dem Thema „Sonderverfahren der Schweißtechnik“. Es handelte sich um einen Vortrag, in dem praktische Anwendungsbeispiele der Sonderschweißverfahren vorgestellt werden und der die Sichtweise und das Wissen der Teilnehmer erweitert.

Vorträge bei den Bezirks- und Landesverbänden

Ort	Datum	Vortrag/Veranstalter
Hamburg	10.03.	<b>Bullert: Sichtprüfung von Schweißnähten – worauf kommt es wirklich beim „wichtigsten“ Prüfverfahren an? (Workshop)</b> Auskunft: (04) 853121-145
Kirchdorf-Haag	24.03.	<b>Haberberger: Die neue DIN EN1090-2</b> Auskunft: (08677) 8386404
Krefeld	17.03.	<b>Pitzer: Einsatz und Nutzen digitaler Schweißstromquellen in der Fertigung im Mittelstand</b> Auskunft: (02161) 9929575
Trostberg	10.03.	<b>Gerster: Verarbeitung hochfester Stähle</b> Auskunft: (08677) 8386404
Wesseling	24.03.	<b>Meeyers: Einzelgutachten bei Verwendung von nichtharmonisierten Werkstoffen, zum Beispiel ASME-Werkstoffe, bei Einsatz im Bereich der DGRL</b> Auskunft: (0221) 971401-35

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

## Studierendengruppen im DVS

Für viele Studierende waren die vergangenen anderthalb Jahre eine schwierige Zeit. Kein persönlicher Kontakt, keine Vorlesungen und Seminare an den Hochschulen und manchmal technische Herausforderungen, um online studieren zu können. Die DVS-Studierendengruppen haben dies ebenso zu spüren bekommen. Daher griffen sie auf andere Formate zurück, um weiter miteinander in Kontakt zu bleiben. Ein gutes Beispiel hierfür ist die Gruppe aus Braunschweig. Am Institut für Füge- und Schweißtechnik der Technischen Universität Braunschweig waren die Folgen der Corona-Auflagen deutlich zu spüren. Besonders schmerzlich für die Studierenden waren die geschlossenen Türen des Übungsraums im Institutskeller. Die Schweißanlagen ruhten. „Sonst kommen wir abends nach der Vorlesung alle zwei Wochen mit unserer Studierendengruppe zusammen und zeigen den Anfängern verschiedene Schweißtechniken“, erklärt Paul Diekhoff, Vorsitzender der Gruppe.

Eigene Projekte konnten ebenfalls nicht durchgeführt werden. Normalerweise bietet das Treffen der Studierenden neben der Verbesserung der praktischen Fähigkeiten und dem Erlernen verschiedener Schweißverfahren noch einiges mehr. Das Zusammenkommen dient vor allem der Netzwerkpflge. Um in Verbindung zu bleiben, griff die Studierendengruppe verstärkt auf Social-Media-Kanäle zurück. Der Austausch von den gut 45 Usern fand in den vergangenen

Monaten in der bereits bestehenden WhatsApp-Gruppe statt. Mit Instagram wurde ein weiteres digitales Angebot genutzt. Unter den Hashtags #WeldingWednesday und #HappyWelding posten sie regelmäßig Bilder und tauschen sich untereinander aus. Dort werden Fragen zum Thema Schweißen diskutiert und beantwortet.

Seit dem Wintersemester 2021 sind Treffen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Studierendengruppe Braunschweig zum Schweißen und Diskutieren wieder möglich. Vielleicht wird auch nächstes Jahr ein neues Projekt in Angriff genommen.

Instagram und WhatsApp werden aber auch weiterhin für den Austausch genutzt.

Im DVS gibt es derzeit fünfzehn Studierendengruppen, die von ihrem jeweiligen DVS-Bezirksverband unterstützt werden. Wer an einer Gruppe teilnehmen oder eine Studierendengruppe neu gründen möchte, erhält Informationen von Simone Weinreich, Telefon (0211) 1591-302, E-Mail [simone.weinreich@dvs-hg.de](mailto:simone.weinreich@dvs-hg.de). Infos zu den Angeboten des DVS für Studierende und Young Professionals gibt es auf der DVS-Website: [www.dvs-home.de/next-generation/](http://www.dvs-home.de/next-generation/)



Die Vorsitzenden der DVS-Studierendengruppe Braunschweig, Paul Diekhoff (links) und Tamás Tóth. (Foto ifs, TU Braunschweig)



# Arbeitsschutz beim Schweißen verbessern

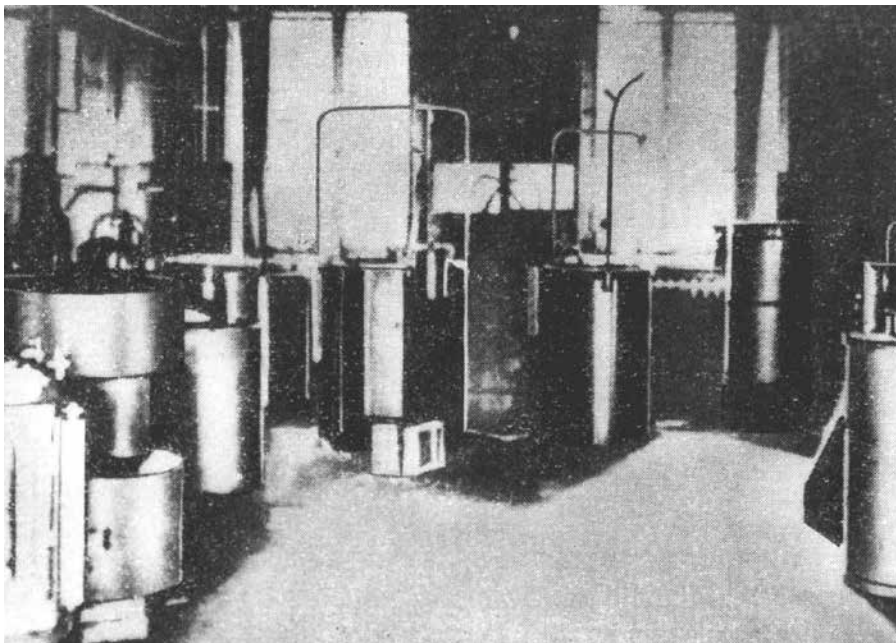
Der DVS, die Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren des DVS (DVS Forschung) und rund zwanzig weitere Partner aus Fachverbänden, Aufsichtsbehörden, sozialen Bereichen und Wissenschaft haben am 23. November 2021 eine Kooperation geschlossen, um die Schweißrauchexposition beim Schutzgasschweißen zu minimieren – bei den beiden am häufigsten verwendeten Verfahren Metall-Inertgasschweißen (MIG) und Metall-Aktivgasschweißen (MAG). Das Ziel ist, regelkonformes und praxisgerechtes Vorgehen zur Umsetzung der „Technischen Regel für Gefahrstoffe 528 (TRGS 528) „Schweißtechnische Arbeiten““ zu erreichen. Die Projektpartner haben wesentliche Handlungsfelder identifiziert, die zu erfolgreichen Maßnahmen

in der Prävention führen. Der DVS und die DVS Forschung werden ihr Fachwissen zu „Innovationen“ und „Informationen“ einbringen. Zum einen werden so künftig optimierte und neue Schweißverfahren und Entwicklungen erforscht und vorangetrieben, zum anderen nutzt der DVS sein großes Netzwerk, um über neue Maßnahmen der Prävention zu informieren und diese einer großen Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Darüber hinaus werden Unternehmen bei entsprechenden Fragestellungen unterstützt und beraten. Jens Jerzembeck, Abteilungsleiter „Forschung und Technik“ im DVS, hat die Gespräche, die zur Kooperation geführt haben, begleitet und mitgestaltet. Er sagt: „Die Projektpartner haben die Kompetenz und die Entschlossenheit, einen Plan in die konkrete

Umsetzung zu bringen. Damit schaffen wir einen Rahmen für die praktische Anwendung, um die Anforderungen des geltenden Rechtsrahmens aus der TRGS 528 praxisnah umzusetzen. Und das übrigens nicht nur für unsere DVS-Mitglieder.“ Der fachliche Erfahrungsaustausch – auch über Forschungs-, Aufklärungs- sowie Aus- und Weiterbildungsinitiativen – wird den Verständigungsprozess zwischen den beteiligten Kooperationspartnern fördern. Das Ergebnis werden gemeinsam getragene Vorschläge und Handlungsanleitungen sein, die zu branchen- und tätigkeitsspezifischen Maßnahmen der Prävention bei Schweißarbeiten führen. Ansprechpartner im DVS: Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck, Telefon +49 211 1591-173, E-Mail jens.jerzembeck@dvs-hg.de.

## 100 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz

**Festveranstaltung am 14. und 15. Juni 2022 in Chemnitz**



Schweißlaboratorium der Königlichen Gewerbeakademie Chemnitz 1924.

An der Königlichen Gewerbeakademie Chemnitz wurde 1922 eines der ersten Schweißlaboratorien Deutschlands gegründet. Die Schwerpunkte lagen in der Ausbildung von Autogen- und Elektroschweißfachleuten sowie dem Entwerfen und Berechnen von Schweißkonstruktionen.

Nach dem 2. Weltkrieg erfolgte mit der Gründung der Technischen Lehranstalten Chemnitz ein Neuanfang, zunächst im Lehrbetrieb und in der Weiterbildung von Schweißpersonal. Ende der 1950er Jahre wurde auch der Forschungsbetrieb wieder hochgefahren und die Schweißtechnik

erhielt 1962 den Status einer eigenständigen Professur. Hier wurde der Grundstein für die noch heute aktuelle Struktur mit den Abteilungen Werkstofftechnik, Fügetechnologien und Schweißkonstruktion gelegt, wobei die Fügeaufgaben schon immer ganzheitlich betrachtet wurden.

Die Lehr- und Forschungsbedingungen verbesserten sich kontinuierlich, sodass eine eigenständige Studienrichtung „Schweißtechnik“ etabliert werden konnte. Parallel zu seinem Diplomzeugnis konnte jeder Absolvent einen Abschluss als Schweißfachingenieur ablegen. Die Forschungsergebnisse der Professur führten zu zahlreichen Patenten und Veröffentlichungen. Schwerpunkte jener Zeit waren die Einführung von Schutzgasschweißverfahren, das Reibschweißen, der Einsatz von Laserstrahltechnik sowie die Automatisierung von Schweißprozessen. Darüber hinaus wurde das gesammelte Wissen in Fachbüchern niedergeschrieben. Am bekanntesten ist sicher das vier-bändige „Schweißtechnische Handbuch für Konstrukteure“ oder das „Tabellenbuch Schweiß- und Löttechnik“.

Mit der deutschen Wiedervereinigung 1990 erfolgte ein zweiter Neuanfang. Die



Heutiges Schweißlabor der Technischen Universität Chemnitz.

Hochschulstrukturen in Sachsen wurden neu geordnet, und es begann ein Wettbewerb um die „besten Köpfe“. Lehre und Forschung wurden nicht mehr zentral gelenkt, sondern die beteiligten Akteure agierten in großen Teilen eigenverantwortlich. Die Professur in ihrer heutigen Rechtsform wurde 1992 an der TU Chemnitz eingerichtet. Neben der Absicherung des Lehrbetriebs wurden erfolgreich neue Forschungspartner akquiriert. Die

marktwirtschaftlichen Gegebenheiten ergaben dabei viele neue Möglichkeiten, von der direkten Industriekooperation bis hin zum Aufbau einer drittmittelfinanzierten Belegschaft. Darüber hinaus wurde auch wieder in die Ausbildung von schweißtechnischem Personal investiert, vom Schweißer bis zum Schweißfachingenieur. In dieser Zeit wurde der Grundstein für das nunmehr bereits in der 7. Auflage erschienene Fachbuch „Schweißtechnik

– Schweißen von metallischen Konstruktionswerkstoffen“ gelegt.

Die erfolgreiche Entwicklung der Professur ist immer mit Personen verbunden. In Ihrer langen Geschichte gab es bisher vier ordentlich berufene Professoren, Prof. Schimpke, Prof. Neumann, Prof. Matthes und Prof. Mayr. Jeder dieser Professoren hat auf seine eigene Art Bleibendes geschaffen und durch seine langjährige Tätigkeit für eine außergewöhnliche Kontinuität gesorgt. Aktuell ist die Professur Schweißtechnik neu besetzt worden. Die TU Chemnitz hat zum 1. Dezember 2022 Prof. Hensel zum neuen Leiter berufen. Damit arbeitet in Chemnitz der jüngste Schweißtechnikprofessor Deutschlands. Für die Zukunft ist die Professur gut gerüstet. Neben einer vorzüglichen Laborausstattung verfügen sie über gut ausgebildete und motivierte Mitarbeiter und ausreichend lernwillige Studenten.

Seit nunmehr 100 Jahren wird in Chemnitz schweißtechnische Lehre und Forschung betrieben. Das Jubiläum wird mit einer Festveranstaltung gewürdigt, zu der die Fachwelt herzlich eingeladen ist. Informationen dazu stehen auf der Homepage unter dem Menüpunkt „100 Jahre Schweißtechnik in Chemnitz“ oder in dem Link <https://www.tu-chemnitz.de/mb/Schwei-Tech/index.php?nav=6>.

## Wir gratulieren

### Dipl.-Ing. IWE Boris Dudko,

Tallin, Estland, zur Vollendung seines 75. Geburtstags am 26. Januar 2022. Er war maßgeblich am Aufbau des Netzwerks des DVS-Regionalverbandes Baltikum

beteiligt. Sein über Jahre gewachsenes Fachwissen als Schweißingenieur gab er weiter in Kursen für Schweißaufsichtspersonen, in Vorträgen und als Autor in der schweißtechnischen Fachpresse. Für

seine Verdienste um die schweißtechnische Gemeinschaftsarbeit und DVS erhielt 2015 die DVS Ehrennadel in Silber.

## Wir trauern um

### Eduard Hadek,

Wiesloch, der am 14. Dezember 2021 im Alter von 84 Jahren starb. Dreißig Jahre war er Leiter der beruflichen Hubert-Sternberg-Schule in Wiesloch, an der er 1975 die DVS-Kursstätte Wiesloch gründete, deren Leiter er ebenfalls war. Da die Deutsche Stiftung für Internationale Entwicklung regelmäßig mit ausländischen Schulungsgruppen die Berufsschule Wiesloch besuchte, wurde die Kursstätte auch

international bekannt. Viele Jahre wirkte er im Vorstand des DVS-Bezirksverbandes Mannheim-Ludwigshafen im Bereich Kursstättenbelange mit. 2008 erhielt er das Bundesverdienstkreuz am Bande. Er hat sich durch seine 40-jährige Tätigkeit als Kommunalpolitiker sowie durch insgesamt 50-jähriges Engagement in der Vereinsarbeit verdient gemacht. Sein Einsatz für die schweißtechnische Gemeinschaftsarbeit und den DVS wurde 1985 mit

der DVS-Ehrennadel und 2011 mit dem DVS-Ehrenring gewürdigt.

### Hans Eichenseher,

Todtenweis, der am 6. Dezember 2021 im Alter von 83 Jahren starb. Das Mitglied im DVS seit 2000 war viele Jahre Leiter der Schweißtechnischen Kursstätte der Handwerkskammer Augsburg. Besonders enge Zusammenarbeit pflegte er mit dem DVS-Bezirksverband Schwaben.

## Neu im DVS-Präsidium

Seit dem 1. Januar 2022 gibt es zwei Neuzugänge im DVS-Präsidium. Zum einen tritt Dr. Philipp Beckmann, Linde AG, die Nachfolge von Dipl.-Ing. Olaf Reckenhofer an. Damit übernimmt Dr. Beckmann nicht

nur das Amt als Vorsitzender des Ausschusses für Finanzen, sondern auch die Rolle als Stellvertreter von DVS-Präsidentin Dipl.-Betriebsw. Susanne Szczesny-Oßing. Außerdem wird Jörg Mosser, Messer

Cutting Systems GmbH, mit Jahresbeginn der Nachfolger von Dipl.-Ing. Oliver Friz und wird somit im Präsidium und Vorstandsrat vertreten sein.

## Schweißen ohne Funkenflug

Wenn der Metallbau-Azubi Leonardo Marques Klausmann schweißt, sprühen keine Funken, es wird weder heiß, noch fängt es an zu riechen, denn er schweißt rein virtuell. Auf einem großen Bildschirm verfolgen seine Mitschüler jeden Schritt der Arbeit. Am Ende der Naht blinkt das Ergebnis auf: 98 %. „Das ist noch nicht perfekt, aber man kann ja noch ein paar Mal üben, bis man ins nächste Level geht“, erklärt Leonardo selbstkritisch und ergänzt: „Das ist schon richtig gut gemacht mit dem Antrieb. Bei der Stabelektrode hat man eigentlich denselben Schweißprozess wie beim normalen Schweißen.“

Vier nagelneue Soldamatic-Trainings-schweißgeräte hat die Bildungsakademie in Singen für die Schweißausbildung angeschafft, an denen die Kursteilnehmenden erste Erfahrungen sammeln können. Für Schweißlehrmeister Michael Vostry sind die Geräte ein echter Gewinn. „Das Schweißen ist sehr realistisch. Man kann alle möglichen Verfahren, Nahtformen, Bauteildicken und Schweißpositionen einrichten. Das Schweißlernen kostet normalerweise immer eine Menge Material, das gerade jetzt teuer ist. Das umgehen wir so, und es gibt auch weniger gesundheitliche Risiken“, erläutert er. Das integrierte Trainingsprogramm des DVS fördert außerdem die Motivation: „Da entsteht schon ein bisschen Kampfgeist untereinander. Man arbeitet sich hoch: Vom Anfänger über den Fortgeschrittenen bis zum Level



Beim digitalen Schweißen sprühen weder Funken, noch wird Werkstoff verbraucht. (Foto: HWK)

‚Fertig für die Kabine‘, so der Lehrmeister. Über eine zusätzliche „Teachers Software“ kann Vostry den Lernfortschritt seiner Schüler nachverfolgen. Damit jeder in den Genuss der VR(virtual reality)-Anwendung kommt, wechseln die Auszubildenden im Kurs zwischen Theorie-Selbstlernphasen und dem virtuellen Schweißen an den vier Geräten. „Wir machen das auf einem Top-Niveau hier,“ fasst Vostry zusammen.

Begeistert von den Möglichkeiten der neuen virtuellen Anwendung ist auch

Georg Hiltner, Hauptgeschäftsführer der Handwerkskammer Konstanz. „Als Bildungsträger versuchen wir immer, digitale Anwendungen bestmöglich in die Aus- und Weiterbildung einzubauen. Interessant ist das immer dann, wenn es um haptische Anwendungen geht und man Arbeitsschritte virtuell trainieren und auswerten kann“, so Georg Hiltner. Ziel sei es, sehr gute Fachkräfte für die Handwerksbetriebe auszubilden, die diese so dringend benötigen.

Anzeige

Datum	Ort	Veranstaltung
04./06.05.22	Aachen	AKL'22 „Laser Applications of Tomorrow“ Auskunft: <a href="http://www.lasercongress.org">www.lasercongress.org</a>

Möchten Sie in diesem Teil einen kostenpflichtigen Hinweis auf Ihre Veranstaltung schalten? Auskunft über die Konditionen erhalten Sie bei der Anzeigenabteilung der DVS Media, Düsseldorf, Herr Winterhalter, Telefon (0211) 1591-142, E-Mail [markus.winterhalter@dvs-media.info](mailto:markus.winterhalter@dvs-media.info).

**Ausstellungen, Tagungen, Kolloquien**

(Auskunft: DVS, Tagungsabteilung, Telefon (0211) 1591-302 und -303, E-Mail tagungen@dvs-hg.de)

Datum	Ort	Veranstaltung
02./03.03.2022	Fellbach	„EBL 2022“ – Elektronische Baugruppen und Leiterplatten, 11. DVS/GMM-Tagung
16./17.03.2022	Fellbach	„Roboter 2022“ – Tagung und Ausstellung
04./06.05.2022	Wien/Österreich	„ITSC 2022“ – International Thermal Spray Conference and Exposition
21./23.06.2022	Aachen	„LÖT 2022“ – 13. International Conference on Brazing, High Temperature Brazing and Diffusion Bonding
19./21.09.2022	Koblenz	DVS CONGRESS

Informationen über Lehrgänge, Seminare und sonstige Veranstaltungen des DVS sind über das Internet ([www.dvs-home.de](http://www.dvs-home.de)) unter dem Stichwort „Bildung“ erhältlich.

Anzeige



Aus- und Weiterbildung

**Hier werden Lötverbindungen ins rechte Licht gerückt**

Lötverbindungen entfalten ihre Wirkung meist im Verborgenen. Das Buch „Hartlöten – Eine Einführung“ stellt auch in der zweiten, aktualisierten Auflage, die Lötverbindungen, wie sie von Industrie und Handwerk verwendet werden, ins verdiente Rampenlicht.

Mit dem Ziel einer anschaulichen, praxisorientierten Darstellung erläutert das Buch alle für das Hartlöten relevanten Themen: Lötvorgänge und Konstruktionsaspekte, Lote und Grundwerkstoffe, Lötverfahren, die Prüfung von Lötverbindungen und den Arbeitsschutz. Anwendungsbeispiele, weiterführende Literaturhinweise und die abgedruckten DVS-Merkblätter zum Hartlöten sind hilfreiche Ergänzungen.

„Hartlöten – Eine Einführung“ ist das gelungene Ergebnis der Zusammenarbeit von Experten aus der DVS-Arbeitsgruppe „Hartlöten“ und dem Arbeitskreis „Schulungsunterlagen“. Die technisch fundierten Inhalte sind verständlich aufbereitet, sodass das Buch für das Selbststudium und den Unterricht gleichermaßen geeignet ist.

**Hartlöten – Eine Einführung**

2. überarbeitete Auflage 2018  
164 Seiten, 130 Bilder und Abbildungen, 28 Tabellen  
Best.-Nr. 600086  
**Preis: 41,50 Euro**

DVS Media GmbH • Aachener Straße 172 • 40223 Düsseldorf  
T +49 211 1591-162 • F +49 211 1591-150 • [vertrieb@dvs-media.info](mailto:vertrieb@dvs-media.info) • [www.dvs-media.eu](http://www.dvs-media.eu)

# Bücher

## DVS-Studie: Entstehung von Schweißrauch beim Metallschutzgasschweißen

Hrsg.: DVS. DVS Berichte Band 377. Etwa 50 Seiten. DVS Media, Düsseldorf 2022. Preis 29,00 Euro.

Das Metall-Schutzgasschweißen (MSG-Schweißen) zählt in den industriellen Fertigungsbereichen der Metallverarbeitung zu den wichtigsten Fügeverfahren und zeichnet sich durch eine universelle Einsetzbarkeit, hohe Abschmelzleistungen und hohe Schweißgeschwindigkeiten aus. Bei der Nutzung eines Lichtbogens als thermisches Werkzeug werden allerdings Emissionen freigesetzt, die in der Fertigungsumgebung auf dort tätiges Personal einwirken. Diese treten in Form von optischer Strahlung, Schall und Schweißrauch auf und stellen eine gesundheitliche Gefährdung für die Beschäftigten dar. Daher müssen entsprechende Schutzmaßnahmen ergriffen werden.

Die Literaturstudie zur Entstehung von Schweißrauch beim MSG-Schweißen wurde durch die Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren des DVS mit Unterstützung der Berufsgenossenschaft Holz und Metall beauftragt. Die Studie wertet nationale und internationale Literatur zum Thema aus und stellt den derzeitigen Kenntnisstand dar.

In einer Bestandsaufnahme wird zusammengetragen, an welchen Stellen die Literatur Hinweise zur Freisetzung von Schweißrauch beim MSG-Schweißen gibt oder welche Mechanismen für die Entstehung von Schweißrauch sorgen. Ziel ist es, den Kenntnisstand zur Entstehung von Schweißrauch beim Metall-Schutzgasschweißen auf Basis einer Auswertung nationaler und internationaler Literatur zu beschreiben. Hierbei stehen neben den physikalischen Randbedingungen vor allem die vielfältigen Einflussfaktoren im Mittelpunkt. Die Studie leistet damit einen Beitrag zur besseren Implementierung von Arbeitsschutzmaßnahmen in der schweißtechnischen Fertigung. Gleichzeitig dient sie als Informationsschrift und Nachschlagewerk.

## Tagungsband zur 8. Tagung Unterwassertechnik

Hrsg.: DVS. DVS Berichte, Band 374. 100 Seiten. DVS Media, Düsseldorf 2021. Preis 129,00 Euro.

Die Anforderungen an die Unterwassertechnik wandeln sich stetig und ihre Möglichkeiten werden kontinuierlich weiterentwickelt. Die aktuellen politischen Prioritäten in den Bereichen Energieerzeugung und Rohstoffgewinnung verdeutlichen dies. Vor allem in den Küstenregionen und im offenen Meer stellen Veränderungen, die durch den Klimawandel bedingt sind, die Akteure vor besondere Herausforderungen. Die nationalen und internationalen Weiterentwicklungen und Projekte in diesen Sektoren erfordern einen regelmäßigen Austausch über aktuelle Möglichkeiten und Neuerungen. Die 8. DVS-Tagung „Unterwassertechnik“, die im November 2021 in Hamburg stattfand, trug ihren Teil dazu bei. Der DVS-Berichtband 374 enthält alle elf Vorträge dieser Tagung, aufgeteilt in folgende Schwerpunktthemen:

- Herausforderungen der Tiefseetechnik,
- Aktuelles und Ausblicke in Wissenschaft und Forschung,
- Neues aus Regelwerken,
- Rückbau unter Offshore-Bedingungen.

## Numerische Simulation des Widerstandspunktschweiß- und Widerstandspunktschweißklebprozesses von Aluminiumlegierungen

Von Michael Piott. 252 Seiten mit zahlreichen Bildern. Shaker Verlag, Düren 2021. Preis 49,80 Euro.

Die Dissertation beschäftigt sich mit der numerischen Simulation des Widerstandspunktschweiß- und Widerstandspunktschweißklebprozesses von Aluminiumlegierungen. Dabei wird eine Methode zur Modellierung der Schweißprozesse aufgebaut und validiert mit dem Ziel einer digitalen Abbildung der Schweißlinsenentstehung.

Hierzu werden im ersten Schritt die eingesetzten Aluminiumlegierungen AA5182 und AA6014 sowie der eingesetzte Strukturklebstoff experimentell charakterisiert. Anschließend werden die Randbedingungen des Temperaturfeldes untersucht und kalibriert.

Im folgenden Schritt wird der Widerstandspunktschweißprozess mit instrumentierten Schweißversuchen analysiert sowie ein FE-Modell aufgebaut und umfassend validiert. Wesentliches Element des Modells ist ein neues Kontaktwiderstandsmodell, welches das Verhalten des elektrischen Kontaktes unter schweißtypischer Beanspruchung für

Aluminiumoberflächen abbilden kann. Zudem wird der Einfluss unterschiedlicher Schweißparameter, Werkstoffe, Oberflächenzustände, Spalte und Elektrodenkühlung auf die Schweißlinsengröße experimentell und numerisch analysiert.

Abschließend werden die Auswirkungen einer Klebstoffzwischenlage auf den Schweißprozess (Widerstandspunktschweißkleben) untersucht und das FE-Modell dahingehend erweitert. Hierzu gehört sowohl die Integration eines Klebstoffspalts als auch die Erweiterung des Kontaktwiderstandsmodells.

# Zeitschriften<sup>1</sup>

## Welding in the World, 65 (2021), Heft 12

Wang, Z., u. a.: Prediction of bead geometry with consideration of interlayer temperature effect for CMT-based wire-arc additive manufacturing, S. 2255/66.

Gonçalves e Silva, R. H., u. a.: Multiple output analysis for advanced waveform and controlled short-circuit MIG/MAG variants, S. 2267/82.

Shi, M., u. a.: Regulation of welding residual stress in laser-welded AISI 304 steel-niobium joints using a Cu interlayer, S. 2283/94.

Meyerderks, M., u. a.: Determination of LME sensitivity of zinc-coated steels based on the programmable deformation cracking test, S. 2295/2305.

Zhou, W., u. a.: Effect of welding current on the microstructures and mechanical properties of GTAW joints for ZLa22 alloy, S. 2309/18.

Westin, Elin M., u. a.: New weldable 316L stainless flux-cored wires with reduced Cr(VI) fume emissions: part 1 – health aspects of particle composition and release of metals, S. 2319/37.

Westin, E. M., u. a.: New weldable 316L stainless flux-cored wires with reduced Cr(VI) fume emissions: part 2 – round robin creating fume emission data sheets, S. 2339/48.

Gao, S., u. a.: Microstructure evolution of friction stir processed 2507 duplex stainless steel S. 2349/58.

Figueredo, B., u. a.: Failure behavior and mechanical properties in the resistance

<sup>1</sup> ausgewählte Fachbeiträge

spot welding of quenched and partitioned (Q&P) steels, S. 2359/69.

Baradarani, F., u. a.: Influence of ultrasonic vibration on the microstructure and texture evolution of AZ91 magnesium alloy during ultrasonic-assisted friction stir welding, S. 2371/82.

Li, H.: Study on ultrasonic bonding characteristics of semi-solid Al6061, S. 2383/95.

van der Mee, V.: Welding exposure scenarios, S. 2397/2401.

Sahu, A. K., u. Bag, S.: Influence of current pulsation on solidification parameters during micro-plasma arc welding of thin sheet Alloy 718, S. 2403/19.

Wang, X., M. Lu u. J. Gao: Numerical simulation for dynamic behavior of weld pool and fusion hole in TIG welding with gap, S. 2431/35.

Huang, J., u. a.: Numerical simulation for dynamic behavior of weld pool and fusion hole in TIG welding with gap, S. 2437/47.

### Journal of the Japan Welding Society (japanisch), Tokio, 90 (2021), Heft 6

Suzuki, R.: Joining the aluminum foams using foaming, S. 8/11.

Sakimoto, T.: Fracture assessment of weld joint for natural gas pipeline, S. 13/17.

Kakizaki, T., u. K. Ishizaki: Development of new electroslag welding method and study of application to 9 % Ni steel, S. 8/23.

Hamaguchi, T.: Creep strength and microstructure of heat-affected zone on 9Cr-3W-3Co-Nd-B heat-resistant steel, S. 24/28.

Homma, R.: Thick steel plates for floating offshore wind turbine welded structures, S. 29/33.

Horikawa, H., u. H. Asada: Weldability of hot-dip Zn-Al-Mg alloy coated steel sheets, S. 34/40.

### Biuletyn instytutu spawalnictwa (poln.), Nr. 5/2021 Rocznik 65

Krasnowski, K.: Relation between geometry of FSW tools and formation of nano-dispersed zones in macrostructure EN AW 6082-T6 alloy welded joints, S. 19/26.

Kowieski, S., u. J. Matusiak: Tests of technological conditions of the resistance welding and adhesive bonding of coated steel sheets, S. 27/35.

Techmański, Z., M. Stępień u. J. Stępień: Analysis of selected properties of induction welded seamed tubes, S. 36/39.

Rykała, J., u. M. Różański: Plasma transferred arc (PTS) cladding and TOPTIG

cladding of tubes made of steel 13CrMo4-5, S. 40/45.

Łomozik, M.: Microstructure, toughness and hardness of a simulated HAZ in steel S1100Q1 and of the HAZ of an actual MAG-welded joint made using a metallic flux-cored wire, S. 46/54.

## Normen

### Entwurf DIN EN ISO/ASTM 52927

„Additive Fertigung – Grundlagen – Hauptmerkmale und entsprechende Prüfverfahren“ (Ausgabe März 2022; Einsprüche bis 28. März 2022)

Das Dokument betrifft die Grundanforderungen der Prüfung von Bauteilen, welche durch additive Fertigungsverfahren entstanden sind. Es

- enthält die Liste der Qualitätseigenschaften von Bauteilen und die entsprechenden Prüfverfahren,
- enthält die spezifischen Verfahren zum Herstellen von Proben mittels eines additiven Fertigungsverfahrens,
- empfiehlt den Umfang und den Inhalt von Prüfungen und Liefervereinbarungen.

Die Norm ist darauf ausgerichtet, die Kommunikation hinsichtlich der hauptsächlichen Qualitätseigenschaften zwischen Maschinenherstellern, Ausgangswerkstofflieferanten, AM-Systembedienern, Bauteilbietern und Kunden zu vereinfachen. Es gilt immer, wenn additive Fertigungsverfahren zur Anwendung kommen. (J. Anders)

### Entwurf DIN EN ISO 14284

„Eisen und Stahl – Entnahme und Vorbereitung von Proben für die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung“ (Ausgabe Januar 2022)

DIN EN ISO 14284 legt Verfahren zur Probennahme und zur Probenvorbereitung für die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung von Roheisen, Gusseisen und Stählen fest. Es werden Verfahren sowohl für schmelzflüssiges als auch für massives Metall festgelegt. (J. Anders)

### Entwurf DIN EN ISO 15614-5

„Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – Teil 5: Lichtbogenschweißen von Titan,

Zirkonium und ihren Legierungen“ (Ausgabe März 2022; Einsprüche bis 28. März 2022)

Das Dokument ist ein Teil einer Normenreihe (Einzelheiten dieser Normenreihe sind in ISO15607:2019, Anhang A, wiedergegeben). Es legt fest, wie eine vorläufige Schweißanweisung durch Schweißverfahrensprüfungen qualifiziert wird. Das Dokument definiert die Bedingungen für die Durchführung der Schweißverfahrensprüfungen und den Qualifizierungsbereich für Schweißverfahren für alle praktischen schweißtechnischen Tätigkeiten innerhalb des Bereiches der Einflussgrößen. Die Prüfungen sind nach dieser Norm durchzuführen. Zusätzliche Prüfungen können durch Anwendungsnormen gefordert werden. Die Norm wird angewendet beim Lichtbogenschweißen von Titan, Zirkonium und ihren Legierungen in allen Produktformen. „Lichtbogenschweißen“ umfasst die folgenden Schweißprozesse (Prozessnummern nach ISO4063): Metall-Inertgasschweißen (131), Wolfram-Inertgasschweißen (141) und Plasmaschweißen (15). Die Grundsätze dieses Dokuments können bei anderen Schmelzschweißverfahren angewendet werden. (J. Anders)

### Entwurf DIN EN ISO 15615

„Gasschweißgeräte – Acetylenflaschen-Batterieanlagen für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse – Sicherheitsanforderungen für Hochdruckeinrichtungen“ (Ausgabe Februar 2022; Einsprüche bis 7. März 2022)

DIN EN ISO 15615 legt allgemeine Festlegungen, Anforderungen und Prüfungen für hochdruckseitig liegende Ausrüstungsteile in Acetylenflaschen-Batterieanlagen bis 25 bar (2,5 MPa) nach ISO 14114 fest. Die Norm behandelt nicht die Hochdruckleitungen, Hochdruckschlauchleitungen oder den Druckregler. (J. Anders)

### Entwurf DIN EN ISO 7963

„Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Beschreibung des Kalibrierkörpers Nr. 2“ (Ausgabe Februar 2022; Einsprüche bis 7. März 2022)

DIN EN ISO 7963 legt die Anforderungen an die Maße, Werkstoffe, Herstellung und Verfahren zur Verwendung des Kalibrierkörpers Nr.2 zur Kalibrierung und Überprüfung von Ultraschallprüfgeräten fest. (J. Anders)

## DIN EN 12732

„Gasinfrastruktur – Schweißen an Rohrleitungen aus Stahl – Funktionale Anforderungen“ (Ausgabe Januar 2022)

DIN EN 12732 enthält Anforderungen für die Herstellung und Prüfung von Schweißverbindungen für das Errichten und Ändern (einschließlich Schweißen an in Betrieb befindlichen Leitungen) landverlegter Stahlrohrleitungen und Anlagen, die in der Gasinfrastruktur verwendet werden. Dazu gehören alle Druckbereiche und aufbereitetes, ungiftiges und nicht korrosives Erdgas nach EN ISO 13686 und nicht-konventionelle Gase wie (eingespeistes) Biomethan und Wasserstoff, bei denen

- die Rohrleitungsteile aus nicht legiertem oder niedrig legiertem Kohlenstoffstahl bestehen;
- alle Leitungen und Anlagen, die sich auf Gewerbe- oder Werksgelände befinden, ausschließlich der Versorgung solcher Grundstücke dienen und kein wesentlicher Bestandteil der Anlagen für Betriebsabläufe auf diesem Gelände sind;
- es sich nicht um Leitungen innerhalb von Haus- oder Industrieinstallationen nach EN 1775 oder EN 15001 handelt;
- die Auslegungstemperatur zwischen  $-40$  und  $120^{\circ}\text{C}$  liegt.

Für eingespeistes Biomethan oder Wasserstoff ist eine detaillierte technische Bewertung der funktionellen Anforderungen erforderlich, um sicherzustellen, dass es keine anderen Bestandteile oder Eigenschaften der Gase gibt, die die Integrität der Leitung beeinträchtigen können.

Das Dokument ist nicht auf Schweißnähte anwendbar, die vor der Veröffentlichung des Dokuments erstellt wurden. Es legt gemeinsame Grundprinzipien für die Gasinfrastruktur fest. Es wird erwartet, dass Anwender dieses Dokuments sich bewusst sind, dass detailliertere nationale Normen bzw. Technische Regeln in den CEN-Mitgliedsländern existieren können. DIN EN 12732 ist für die Anwendung in Verbindung mit diesen nationalen Normen und Verfahrensregeln vorgesehen, welche die vorstehend genannten Grundsätze darlegen.

Beim Auftreten von Widersprüchen aufgrund restriktiverer Anforderungen in nationalen Gesetzen und Vorschriften als in diesem Dokument gefordert, haben nationale Gesetze und Vorschriften Vorrang, wie in CEN/TR 13737 (alle Teile) dargestellt. CEN/TR 13737 (alle Teile) enthält Klärung relevanter in einem Land anwendbarer

Rechtsvorschriften und Regelungen, gegebenenfalls restriktivere nationale Anforderungen und nationale Anlaufstellen für die neuesten Informationen. (J. Anders)

## DIN EN ISO 3834-1

„Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen – Teil 1: Kriterien für die Auswahl der geeigneten Stufe der Qualitätsanforderungen“ (Ausgabe Januar 2022)

Das Dokument enthält die allgemeine Auslegung der Normenreihe ISO 3834 und die zu beachtenden Kriterien für die Auswahl der geeigneten Stufe der Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe aus den drei festgelegten Stufen in ISO 3834-2, ISO 3834-3 und ISO 3834-4. Es ist anzuwenden für die Herstellung, sowohl in Werkstätten als auch auf Baustellen. Das Dokument legt keine Anforderungen für ein gesamtes Qualitätsmanagementsystem fest. Aber Abschnitt 6 enthält Elemente eines Qualitätsmanagementsystems, deren Einschluss ISO 3834 ergänzt. (J. Anders)

## DIN EN ISO 3834-5

„Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen – Teil 5: Dokumente, deren Anforderungen erfüllt werden müssen, um die Übereinstimmung mit den Qualitätsanforderungen nach ISO 3834-2, ISO 3834-3 oder ISO 3834-4 nachzuweisen“ (Ausgabe Januar 2022)

DIN EN ISO 3834-5 legt die internationalen Normen einschließlich der Abschnitte und Unterabschnitte fest, mit denen die Übereinstimmung mit den Qualitätsanforderungen nach ISO 3834-2, ISO 3834-3 oder ISO 3834-4 nachgewiesen werden kann. Zum Hartlöten siehe ISO 22688. (J. Anders)

## Richtlinie DVS 2205-2

„Berechnung von Behältern und Apparaten aus Thermoplasten – Stehende runde, drucklose Behälter“ (Ausgabe Dezember 2021)

Die in der Richtlinie aufgeführten Konstruktions- und Berechnungsregeln gelten für stehende, zylindrische, werkstoffgefertigte Flachbodenbehälter aus thermoplastischen Kunststoffen, insbesondere Polyvinylchlorid (PVC), Polypropylen (PP), Polyethylen (PE), Polyvinylidenfluorid (PVDF). Der zylindrische Mantel mit durchgehend gleicher oder abgestufter Wanddicke kann

aus Tafeln zusammengeschweißt sein, aus einem Wickelrohr oder einem extrudierten Rohr bestehen. Neben den hydrostatischen Belastungen sind kurzzeitig und langfristig wirkende Drücke zu berücksichtigen. Als Mindestwerte sind festgelegt: Überdruck:  $0,0005 \text{ N/mm}^2$  ( $0,005 \text{ bar}$ ), Unterdruck:  $0,0003 \text{ N/mm}^2$  ( $0,003 \text{ bar}$ ). Die langfristig wirkenden Drücke sind nur dann anzusetzen, wenn sie auch wirken können. Einschränkung der Hauptabmessungen: Behälterdurchmesser  $d \leq 4 \text{ m}$ , Verhältnis  $h/d \leq 6$ , Mindestwanddicken  $s = 4 \text{ mm}$ . Die Zuständigkeiten bestimmter Rechtsgebiete (zum Beispiel Baurecht, Wasserrecht, Arbeitsschutzrecht) sind zu beachten. (J. Anders)

## Richtlinie DVS 2205-2 Beiblatt 2

„Berechnung von Behältern und Apparaten aus Thermoplasten – Stehende runde, drucklose Behälter – Auffangvorrichtungen“ (Ausgabe Dezember 2021)

Beiblatt 2 von Richtlinie DVS 2205-2 behandelt die Konstruktions- und Berechnungsregeln für Auffangvorrichtungen in Form von stehenden, zylindrischen, werkstoffgefertigten Flachbodenbehältern aus den genannten thermoplastischen Kunststoffen. Zylinder und Boden der Auffangvorrichtung dürfen keinerlei Öffnungen aufweisen. Die Hauptabmessungen sind abhängig von denen der Behälter, die sie aufnehmen sollen. Die Mindestwanddicke beträgt  $4 \text{ mm}$ . (J. Anders)

## Richtlinie DVS 2205-2 Beiblatt 4

„Berechnung von Behältern und Apparaten aus Thermoplasten – Stehende runde, drucklose Behälter – Flachbodenbehälter im Erdbebengebiet“ (Ausgabe Dezember 2021)

Beiblatt 4 von Richtlinie DVS 2205-2 behandelt die Konstruktions- und Berechnungsregeln für stehende, zylindrische, werkstoffgefertigte Thermoplast-Behälter mit Flachboden für die Aufstellung in einem deutschen Erdbebengebiet. Behälter, die in einem Erdbebengebiet außerhalb Deutschlands aufgestellt werden, sind nach dem dort gültigen Regelwerk zu bemessen. In Absprache mit dem Betreiber kann auch in Anlehnung an DIN 4149 gerechnet werden, wenn die Bodenbeschleunigung und Aussagen zum geologischen Untergrund und zum Baugrund bekannt sind. Für die Anwendung von Beiblatt 4 müssen folgende Voraussetzungen eingehalten werden:

- Der Behälter kann innerhalb oder außerhalb von Gebäuden aufgestellt werden. Sein Fundament muss direkten Kontakt zum Erdboden haben. Bei Aufstellung auf Gebäudedecken, Bühnen oder Ähnlichem sind gesonderte Nachweise erforderlich, die das Schwingungsverhalten des gesamten Systems berücksichtigen.
- Der Behälter ist stets direkt bzw. für Behälter im Auffangbehälter indirekt mit dem Fundament verankert. Die Konstruktion der oberen und der unteren Abstützung entspricht den Bildern 1 und 2 des Beiblatts. Bei davon abweichenden Konstruktionen sind entsprechende Nachweise gesondert zu führen.
- Eine Dimensionierung der Behälter und Auffangbehälter erfolgt parallel nach Richtlinie DVS 2205-2 mit Beiblatt 2, 3 und 6.
- Die Ausführung der Behälter und Auffangbehälter entspricht Richtlinie DVS 2205-2 mit Beiblatt 2, 3 und 6. (J. Anders)

### Richtlinie DVS 2205-2 Beiblatt 5

„Berechnung von Behältern und Apparaten aus Thermoplasten – Stehende runde, drucklose Behälter – Standzargenbehälter im Erdbebengebiet“ (Ausgabe Dezember 2021)

Beiblatt 5 von Richtlinie DVS 2205-2 behandelt die Konstruktions- und Berechnungsregeln für Standzargenbehälter aus Thermoplasten mit Kegel- oder Schrägboden für die Aufstellung in einem deutschen Erdbebengebiet. Für die Anwendung von Beiblatt 5 müssen folgende Voraussetzungen eingehalten werden:

- Der Behälter kann innerhalb oder außerhalb von Gebäuden aufgestellt werden. Sein Fundament muss direkten Kontakt zum Erdboden haben. Bei Aufstellung auf Gebäudedecken, Bühnen oder Ähnlichem sind gesonderte Nachweise erforderlich, die das Schwingungsverhalten des gesamten Systems berücksichtigen.
- Eine Dimensionierung des Behälters erfolgt parallel nach der Richtlinie DVS 2205-2 mit Beiblatt 3 und 7 bzw. 9.
- Die Ausführung des Behälters entspricht der Richtlinie DVS 2205-2 mit Beiblatt 3 und 7 bzw. 9. (J. Anders)

### Richtlinie DVS 2205-2 Beiblatt 7

„Berechnung von Behältern und Apparaten aus Thermoplasten – Stehende runde, drucklose Behälter – Ringgestützter Kegelboden“ (Ausgabe Dezember 2021)

Beiblatt 7 von Richtlinie DVS 2205-2 behandelt die Konstruktions- und Berechnungsregeln für stehende, zylindrische, werkstoffgefertigte Thermoplast-Behälter mit Standzarge und durch konzentrische Ringe unterstützte Kegelböden. Für die Anwendung von Beiblatt 7 müssen folgende Voraussetzungen eingehalten werden:

- Der Kegelboden endet in einem Stutzen mit Krümmer und Flansch.
- Zarge und Unterstützungsringe werden zur Durchführung des Entleerungsrohrs mit jeweils einer so großen Öffnung versehen, wie es zur Montage erforderlich ist. Die Öffnungen in der Zarge und den Ringen werden mit Rohrstützen der Länge  $d_A/2$  verstärkt, die auf beiden Seiten mit gleichem Überstand verschweißt werden.
- Die Öffnungen in Zarge und Unterstützungsringen sind so hoch anzuordnen, dass diese auch als Auflagerung des Entleerungsrohrs dienen.
- Sollten weitere Öffnungen im Kegelboden, in der Zarge, den Unterstützungsringen oder im unteren Zylinderschuss angeordnet werden, sind diese gesondert nachzuweisen.
- Absperrventile bzw. sonstige Armaturen sind außerhalb der Zarge anzuordnen; eine Zugänglichkeit des Raumes unterhalb des Kegelbodens ist nicht vorgesehen.
- Es wird ein Behälter mit Kegelboden ohne Auffangbehälter berechnet. (J. Anders)

### Richtlinie DVS 2205-2 Beiblatt 9

„Berechnung von Behältern und Apparaten aus Thermoplasten – Stehende runde, drucklose Behälter – Parallelgestützter Schrägboden“ (Ausgabe Dezember 2021)

Beiblatt 9 von Richtlinie DVS 2205-2 behandelt die Konstruktions- und Berechnungsregeln für stehende, zylindrische, werkstoffgefertigte Thermoplast-Behälter mit Standzarge und durch parallele Steifen unterstützte Schrägböden. Zylinder und Zarge können entweder aus Tafeln gefertigt oder im Wickelverfahren hergestellt

sein. Für die Anwendung von Beiblatt 9 müssen folgende Voraussetzungen eingehalten werden:

- Die Steifen werden parallel zur Neigungsrichtung des Schrägbodens angeordnet (trapezförmige Steifen).
- Zur Restentleerung ist eine Öffnung im Schrägboden – mit Krümmer durch die Zarge geführt – vorgesehen. Die mittlere Steife ist hierzu mittels einer Quersteife an beiden Seiten der Öffnung vorbeizuführen. Die Öffnung in der Zarge wird mit einem Rohrstützen mindestens der Länge  $d_A/2$  verstärkt, der auf beiden Seiten mit gleichem Überstand verschweißt wird. Sind die beiden Wechselsteifen mit der Zarge verschweißt, kann der Rohrstützen entfallen.
- Absperrventile bzw. sonstige Armaturen sind außerhalb der Zarge anzuordnen, eine Zugänglichkeit des Raumes unterhalb des Schrägbodens ist nicht gegeben.
- Es wird ein Behälter mit Schrägboden ohne Auffangbehälter berechnet. (J. Anders)

### Richtlinie DVS 2205-2 Beiblatt 11

„Berechnung von Behältern und Apparaten aus Thermoplasten – Stehende runde, drucklose Behälter – Behälter ohne Kippsicherung im Erdbebengebiet“ (Ausgabe Dezember 2021)

Bisher mussten Behälter bei Erdbeben stets sowohl gegen Verschieben wie auch gegen Kippen gesichert werden. Behälter mit einem kleinen Abmessungsverhältnis  $h_r/d$  und geringer horizontalen Beschleunigung  $a_h$  aus Erdbeben können auch ohne Sicherung gegen Kippen entworfen und verwendet werden, wenn Boden und Zylinder für die erhöhten Beanspruchungen beim Kippen des Behälters bemessen werden. Eine Sicherung gegen seitliches Verschieben ist aber weiterhin erforderlich. Der Verzicht auf die Kippsicherung kann für Behälter in ortsfester Auffangvorrichtung und für Behälter im Auffangbehälter von Interesse sein, da im ersten Fall die alleinige horizontale Verankerung durch entsprechende Gestaltung der Auffangvorrichtung ohne Bohrungen erreicht werden kann und im zweiten Fall die aufwendige obere Abstützung zwischen Behälter und Auffangbehälter entfallen kann. (J. Anders)





WWW.ATLASGMBH.COM

## Wir suchen – Baumaschinenkonstrukteur/SFI oder ST

Die ATLAS GmbH ist ein international tätiges Unternehmen mit Sitz in Ganderkesee. Wir sind ein kompetenter und leistungsstarker Ansprechpartner für den Bau und Vertrieb von Baggern und Kranen. Zur Verstärkung unseres Konstruktions-Teams suchen wir zum nächstmöglichen Zeitpunkt qualifizierte Mitarbeitende.

### Voraussetzungen

- Fachhochschulstudium Maschinenbau oder vergleichbare Qualifikation (Techniker)
- Qualifikation eines Schweißfachingenieurs oder Schweißtechnikers
- Erfahrung in der Konstruktion, idealerweise im Bereich Maschinenbau, Mobilhydraulik und Elektrik
- Hohes Maß an Durchsetzungsvermögen
- Einsatzbereitschaft, Belastbarkeit und Teamfähigkeit sowie gelegentliche Reisebereitschaft
- Englischkenntnisse in Wort und Schrift

### Ihre Aufgaben (Auszug):

- Durchführung von Konstruktionen in den Bereichen Bagger/Ladekrane
- Durchführung und Organisation der Schweißaufsicht samt aller damit verbundenen Aufgaben
- Erstellen von mechanischen Konstruktions- und Einzelteilzeichnungen in 3D CAD incl. der entsprechenden Berechnungen unter Berücksichtigung der Normen EN 12999 (Krane und Ladekrane), EN 13001 (Europäische Krannorm) und weiterer anzuwendender Normen
- Erstellen von Sachstämmen und Stücklisten in SAP
- U.a.

Wenn Sie eine neue Herausforderung reizt, erbitten wir Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen mit Gehaltsvorstellung und frühestmöglichem Eintrittstermin an: [recruiting@atlasgmbh.com](mailto:recruiting@atlasgmbh.com)  
Ihre Ansprechperson für diese Position ist Herr Michael Wegner oder Frau Sophie von Seggern. **Wir freuen uns auf Sie!**

## STELLENAUSSCHREIBUNG TECHNISCHER LEHRER/IN RICHARD-FEHRENBACH-GEWERBESCHULE, FREIBURG



**Lehrbefähigung:** Technische Lehrkraft gewerblich (Direkteinstieg)

**Bereich:** Metallbautechnik

### Stellenbeschreibung:

Bevorzugte Voraussetzung ist eine Qualifikation als Schweiß-Werksmeister/in und/oder Schweißfachkraft und/oder Schweißlehrer/in. Sofern andere, entsprechende Vorkenntnisse nachgewiesen werden, können weitere Qualifikationen zeitnah erwor-

ben werden. Einstieg mit E9 mit entsprechender Erfahrungsstufe, nach einjähriger Ausb. ggf. Übernahme in Beamtenverhältnis A10.

Bei Interesse an der ausgeschriebenen Stelle wenden Sie sich bitte direkt an Herrn OSTd Mollweide ([Mollweide.rfgsvn@freiburger-schulen.bwl.de](mailto:Mollweide.rfgsvn@freiburger-schulen.bwl.de), **0761 201 7950**) um weitere Informationen zum offiziellen Bewerbungsverfahren zu erhalten.

### SCHULBESCHREIBUNG:

Die Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule ist eine Gewerbeschule mit einer 5-zügigen Oberstufe im Technischen Gymnasium sowie einem 6-jährigen Technischen Aufbaugymnasium im Herzen von Freiburg. Des Weiteren wird das Berufsfeld Metall in der Berufsschule, in den Berufsfachschulen und dem Berufskolleg unterrichtet.

Zum Berufsfeld zählen auch die technischen Systemplaner/innen sowie die technischen Produktdesigner/innen. Die Schule hat etwa 1.800 Schülerinnen und Schüler. Weitere Informationen finden Sie auf unserer Homepage unter [www.rfgs.de](http://www.rfgs.de)



## Hugo Miebach GmbH

### - Geschäftsbereich Schweißmaschinen -

Die Unternehmen der familiengeführten Miebach-Gruppe sind mit ca. 800 Mitarbeitern auf den Gebieten Elektrotechnik, Anlagenbau, Baustoffherzeugung, Umwelttechnik und Maschinenbau tätig.

Die Hugo Miebach GmbH ist im Geschäftsbereich Schweißmaschinen – Sondermaschinenbau für Bandverbindungsschweißmaschinen mit Widerstands- und Lasertechnik – seit über 100 Jahren aktiv. Wir sind mit unseren Produkten weltweit Marktführer für Bandverbindungen in der Stahlindustrie. Mit circa 250 Mitarbeitern werden am **Standort Dortmund** Schweißmaschinen für die Herstellung und Veredelung von Stahlbändern entwickelt, konstruiert und gefertigt.

Wir suchen zum nächstmöglichen Termin:

### **Ingenieur – Technologieentwicklung Schweißen (m/w/d)**

#### Aufgabengebiet:

- Unterstützung bei der Auswahl neuer Schweißtechnologien: Versuchsplanung, Durchführung und Auswertung
- Adaption neuer Technologien in die Schweißmaschine in Abstimmung mit den Fachabteilungen
- Unterstützung bei der Inbetriebnahme von neuen Technologien
- Besuch von Fachmessen und Schnittstelle zu den Forschungseinrichtungen
- Unterstützung des Vertriebs bei Fragestellungen der Schweißbarkeit von Werkstoffen

#### Anforderungsprofil:

- Sie verfügen über ein abgeschlossenes Hochschulstudium (Dipl.-Ing., M.Sc.) im Bereich der Werkstoffwissenschaften/Fügetechnik, gerne mit einer Zusatzqualifikation im Schweißfachingenieurwesen
- Berufserfahrung im Laserschweißen von Stahlwerkstoffen, idealerweise auch im Laserschneiden, ist erforderlich
- Kenntnisse im Fügen von NE-Metallen sind wünschenswert, aber keine Voraussetzung

Sicheres Auftreten, gute Deutsch- und Englischkenntnisse in Wort und Schrift sowie eine eigenverantwortliche Arbeitsweise setzen wir voraus.

#### Wir bieten Ihnen:

- Perspektiven: Einen zukunftssicheren Arbeitsplatz beim Weltmarktführer mit Vorgesetzten, die Sie in Ihrer Weiterentwicklung unterstützen
- Finanzielle Sicherheit: Eine attraktive Vergütung und zusätzliche Sozialleistungen
- Ein angenehmes Arbeitsumfeld: Arbeiten an innovativer Technik, moderne Arbeitsmittel zur Bewältigung spannender Aufgaben, kurze Entscheidungswege eines Familienunternehmens

Wenn Sie sich diesen Aufgaben gewachsen fühlen, senden Sie bitte Ihre aussagefähigen Bewerbungsunterlagen im PDF-Format unter Angabe der **Kennziffer 2022-WS-01-49** an [bewerbung@miebach.de](mailto:bewerbung@miebach.de).

Für ein vorheriges, weiter klärendes Gespräch steht Ihnen der Leiter der Technologieentwicklung, Herr Dr. Napierala, gerne zur Verfügung: ☎ 0231/8406-130.



**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,  
Telefax: +49 211 1591-150,  
E-Mail: [media@dvs-media.info](mailto:media@dvs-media.info),  
Internet: <http://www.dvs-media.eu>,  
Geschäftsführung: Dirk Sieben.

**Redaktion:** Dipl.-Ing. Dietmar Rippegather  
(Leitung/verantwortlich), Dipl.-Ing. Viktor Travkin,  
Anja Labussek M.A., Frauke Stork  
Telefax: +49 211 1591-350,  
E-Mail: [dietmar.rippegather@dvs-media.info](mailto:dietmar.rippegather@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. Dilger, Prof. Dr.-  
Ing. habil. U. Füssel, Dr.-Ing. P. Gröger, Prof. Dr.-Ing.  
A. Hobbacher, Dr.-Ing. S. Jahn, Prof. Dr.-Ing. T. Kan-  
nengießer, 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 Radscheit, 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, Dr.-Ing. S. Trube, Prof. Dr.-Ing.  
V. Wesling, Prof. Dr.-Ing. G. Wilhelm.

**Anzeigen:** Markus Winterhalter (verantwortlich),  
Telefon: +49 211 1591-142, E-Mail:  
[markus.winterhalter@dvs-media.info](mailto:markus.winterhalter@dvs-media.info),  
Vanessa Wollstein, Telefon: +49 211 1591-152,  
[vanessa.wollstein@dvs-media.info](mailto:vanessa.wollstein@dvs-media.info).  
Gültig ist derzeit Preisliste Nr. 52 vom 1. Januar 2020.

**Vertrieb:** Leser-Service DVS Media GmbH, Tele-  
fon: +49 6123 9238-242, Telefax: +49 6123 92  
38-244, E-Mail: [dvsmedia@vusevice.de](mailto:dvsmedia@vusevice.de)

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

**Bezugsbedingungen:** „Schweißen und Schnei-  
den“ erscheint monatlich. Im Abonnement können  
Sie „Schweißen und Schneiden“ durch den Buch-  
handel oder direkt bei der DVS Media GmbH be-  
ziehen. Einzelheft 19,00 € (zuzüglich Versandkosten),  
jährliche Bezugskosten 216,00 € (zuzüglich  
Versandkosten: Inland 21,00 €; Ausland 33,00 €;  
Luftpost auf Anfrage), Digital-Abonnement  
200,00 €. Im Rahmen der persönlichen Mitglied-  
schaft im DVS können Sie „Schweißen und Schnei-  
den“ zu ermäßigten Preisen erhalten. Bei Firmen-  
mitgliedschaften sind die Kosten für mindestens  
ein Fachzeitschriftenabonnement im Mitgliedsbei-  
trag enthalten.

**Urheber- und Verlagsrecht:** „Schweißen und  
Schneiden“ sowie alle in dieser Zeitschrift enthal-  
tenen Beiträge, Bilder und Tabellen sind urheber-  
rechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich  
zugelassenen Fälle ist eine Verwertung ohne Ein-  
willigung der DVS Media GmbH strafbar.  
Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird kei-  
ne Haftung übernommen.

Firmenverzeichnis zum Anzeigenteil		
ATLAS GmbH	Ganderkesee	81
BSF-Schweißen & Automation	Fluterschen	11
DVS Media GmbH	Düsseldorf	U2, 7, 10, 20, 38, 39, 47, 59, 70, 76, 83, U3, U4
GYS GmbH	Aachen	5
Helmut Klumpf Technische Chemie KG	Herten	15
Hugo MIEBACH GmbH	Dortmund	82
Migatronic Schweißmaschinen GmbH	Wettenberg	Titel
pro-beam GmbH & Co. KGaA	Gilching	31
Richard-Fehrenbach Gewerbeschule	Freiburg	81
voestalpine Böehler Welding GmbH	Wien/Österreich	9

Anzeige

You´ll Never Work Alone

## Schweißen verbindet

Aber nicht nur Stahl. Auch Menschen. Beruflich und privat.  
Über Ländergrenzen hinweg. Interkontinental.



Eine unterhaltsame,  
vergnüglihe Fach-,  
Sach- und Lachlektüre

Mehr erfahren: 

DVS Media GmbH • Aachener Straße 172 • 40223 Düsseldorf  
T +49 211 1591-162 • F +49 211 1591-150 • [media@dvs-media.info](mailto:media@dvs-media.info) • [www.dvs-media.eu](http://www.dvs-media.eu)

# Veröffentlichung in:

## SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN; DER PRAKTIKER; WELDING AND CUTTING

<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

#### ▼ Buckelschweißen 30

##### 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

#### ▼ 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-ebeam.com  
Internet: 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  
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.com

##### EWM AG

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

##### Welding Alloys Deutschland GmbH

Ostring 52, D-47669 Wachtendonk  
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18  
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com  
Internet: www.welding-alloys.com

#### ▼ 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.durmat.com

##### 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 Industry Europe GmbH

Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss  
☎ +49 2131 60899-0 ☎ +49 2131 60899-200  
E-Mail: robots@eu.panasonic.com  
Internet: www.panasonicrobotics.eu

##### 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 AG

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 Wetztenberg  
☎ +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 AG

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 Wetztenberg  
☎ +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 Industry Europe GmbH

Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss  
☎ +49 2131 60899-0 ☎ +49 2131 60899-200  
E-Mail: robots@eu.panasonic.com  
Internet: www.panasonicrobotics.eu

##### 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 Alblisserdam  
☎ +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

# ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

## ▼ 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

### EWM AG

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Münderbach  
☎ +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-Dorbörn  
☎ +49 6655 91694-0 ☎ +49 6655 91694-30  
E-Mail: sales.germany@fronius.com  
Internet: 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  
Internet: 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  
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

### Migatronic Schweißmaschinen GmbH

Sandusweg 12, 35435 Wetztenberg  
☎ +49 641 98 284-0 ☎ +49 641 98 284-50  
E-Mail: info@migatronic.de  
Internet: 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  
Internet: www.otc-daihen.de

### Panasonic Industry Europe GmbH

Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss  
☎ +49 2131 60899-0 ☎ +49 2131 60899-200  
E-Mail: robots@eu.panasonic.com  
Internet: www.panasonicrobotics.eu

### 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  
Internet: 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  
Internet: www.sks-welding.com

### TECHNOLIT GmbH

Industriest. 8, 36137 Großenlüder  
☎ +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

## ▼ Plasma/WIG-Schweißen

270

### Fronius Deutschland GmbH

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

### 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

### Migatronic Schweißmaschinen GmbH

Sandusweg 12, 35435 Wetztenberg  
☎ +49 641 98 284-0 ☎ +49 641 98 284-50  
E-Mail: info@migatronic.de  
Internet: 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  
Internet: www.otc-daihen.de

### Panasonic Industry Europe GmbH

Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss  
☎ +49 2131 60899-0 ☎ +49 2131 60899-200  
E-Mail: robots@eu.panasonic.com  
Internet: www.panasonicrobotics.eu

### 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

## ▼ Plasmaschweißen

280

### 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

### 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.durum.com

### EWM AG

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

### Migatronic Schweißmaschinen GmbH

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

### Fronius Deutschland GmbH

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

### Panasonic Industry Europe GmbH

Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss  
☎ +49 2131 60899-0 ☎ +49 2131 60899-200  
E-Mail: robots@eu.panasonic.com  
Internet: www.panasonicrobotics.eu

## ▼ Widerstandspunktschweißen

410

### 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

## ▼ 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  
Internet: www.cloos.de

### EWM AG

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Münderbach  
☎ +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-Dorbörn  
☎ +49 6655 91694-0 ☎ +49 6655 91694-30  
E-Mail: sales.germany@fronius.com  
Internet: www.fronius.de

### Inelco Grinders A/S

Industrivej 3, DNK-9690 Fjerritslev  
☎ +45 9650 62-33 ☎ +45 9650 62-32  
E-Mail: info@inelco-grinders.com  
Internet: 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  
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

### Migatronic Schweißmaschinen GmbH

Sandusweg 12, 35435 Wetztenberg  
☎ +49 641 98 284-0 ☎ +49 641 98 284-50  
E-Mail: info@migatronic.de  
Internet: 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  
Internet: 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  
Internet: www.rehm-online.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

## 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  
Internet: www.deloro.com

# ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

## ▼ Schutzgasauftragschweißen

490

### EWM AG

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

### 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

### Panasonic Industry Europe GmbH

Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss  
☎ +49 2131 60899-0 ☎ +49 2131 60899-200  
E-Mail: robots@eu.panasonic.com  
Internet: www.panasonicrobotics.eu

### 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

### Welding Alloys Deutschland GmbH

Ostring 52, D-47669 Wachtendonk  
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18  
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com  
Internet: www.welding-alloys.com

## ▼ UP-Auftragschweißen

500

### Welding Alloys Deutschland GmbH

Ostring 52, D-47669 Wachtendonk  
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18  
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com  
Internet: www.welding-alloys.com

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

### ▼ Lichtbogenlötén

600

### EWM AG

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

### Migatronic Schweißmaschinen GmbH

Sandusweg 12, 35435 Wettenberg  
☎ +49 641 98 284-0 ☎ +49 641 98 284-50  
E-Mail: info@migatronic.de  
Internet: 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  
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, Hohlketten, Zapfnieten, Stanznieten, Blindnietmutter, 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

### 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 Langensfeld  
☎ +49 61 84 20 55-0 ☎ +49 61 84 20 55-300  
E-Mail: zentrale@ptr-ebeam.com  
Internet: www.ptr-ebeam.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 Sütze 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

## II

## 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, Elektrokettzüge)

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

### Demmeler Maschinenbau GmbH & Co. KG

Alpenstraße 10, 87751 Heimertingen  
Postfach: 51, 87751 Heimertingen  
☎ +49 8335 9859-0 ☎ +49 8335 9859-27  
E-Mail: info@demmeler.com  
Internet: www.demmeler.com

### 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

# ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

## 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

## TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Millenkamp 9, D-48653 Coesfeld  
 ☎ +49 2863 9282-0 ☎ +49 2863 9282-72  
 E-Mail: info@teka.eu  
 Internet: www.teka.eu

## ▼ 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

## TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Millenkamp 9, D-48653 Coesfeld  
 ☎ +49 2863 9282-0 ☎ +49 2863 9282-72  
 E-Mail: info@teka.eu  
 Internet: www.teka.eu

## ▼ 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

### 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

## TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Millenkamp 9, D-48653 Coesfeld  
 ☎ +49 2863 9282-0 ☎ +49 2863 9282-72  
 E-Mail: info@teka.eu  
 Internet: www.teka.eu

## ▼ 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

## TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Millenkamp 9, D-48653 Coesfeld  
 ☎ +49 2863 9282-0 ☎ +49 2863 9282-72  
 E-Mail: info@teka.eu  
 Internet: www.teka.eu

## ▼ 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

## TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Millenkamp 9, D-48653 Coesfeld  
 ☎ +49 2863 9282-0 ☎ +49 2863 9282-72  
 E-Mail: info@teka.eu  
 Internet: www.teka.eu

## ▼ 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

## TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Millenkamp 9, D-48653 Coesfeld  
 ☎ +49 2863 9282-0 ☎ +49 2863 9282-72  
 E-Mail: info@teka.eu  
 Internet: www.teka.eu

## ▼ 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

## TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Millenkamp 9, D-48653 Coesfeld  
 ☎ +49 2863 9282-0 ☎ +49 2863 9282-72  
 E-Mail: info@teka.eu  
 Internet: www.teka.eu

## ▼ 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

### TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Millenkamp 9, D-48653 Coesfeld  
 ☎ +49 2863 9282-0 ☎ +49 2863 9282-72  
 E-Mail: info@teka.eu  
 Internet: www.teka.eu

## ▼ 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 Drehkippische, Hubtische 1760

### Demmeler Maschinenbau GmbH & Co. KG

Alpenstraße 10, 87751 Heimertingen  
 Postfach: 51, 87751 Heimertingen  
 ☎ +49 8335 9859-0 ☎ +49 8335 9859-27  
 E-Mail: info@demmeler.com  
 Internet: www.demmeler.com

### 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

### Demmeler Maschinenbau GmbH & Co. KG

Alpenstraße 10, 87751 Heimertingen  
 Postfach: 51, 87751 Heimertingen  
 ☎ +49 8335 9859-0 ☎ +49 8335 9859-27  
 E-Mail: info@demmeler.com  
 Internet: www.demmeler.com

### DWT GmbH

Wilhelm-Tenhöfer-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



# ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

## 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

#### Demmeler Maschinenbau GmbH & Co. KG

Alpenstraße 10, 87751 Heimertingen  
Postfach: 51, 87751 Heimertingen  
☎ +49 8335 9859-0 ☎ +49 8335 9859-27  
E-Mail: info@demmeler.com  
Internet: www.demmeler.com

## 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), -kächer 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 AG

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

#### 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

#### Welding Alloys Deutschland GmbH

Ostring 52, D-47669 Wachtendonk  
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18  
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com  
Internet: www.welding-alloys.com

### ▼ Schweißzusätze für hochlegierten Stahlguss 2170

#### Welding Alloys Deutschland GmbH

Ostring 52, D-47669 Wachtendonk  
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18  
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com  
Internet: www.welding-alloys.com

### ▼ Schweißzusätze für Kunststoffe 2180

#### Welding Alloys Deutschland GmbH

Ostring 52, D-47669 Wachtendonk  
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18  
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com  
Internet: www.welding-alloys.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

#### Welding Alloys Deutschland GmbH

Ostring 52, D-47669 Wachtendonk  
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18  
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com  
Internet: www.welding-alloys.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 AG

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

#### 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

#### Welding Alloys Deutschland GmbH

Ostring 52, D-47669 Wachtendonk  
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18  
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com  
Internet: www.welding-alloys.com

#### Westfälische Drahtindustrie GmbH

Wilhelmstraße 7, 59067 Hamm  
☎ +49 2381 276-438 ☎ +49 2381 276-232  
E-Mail: schweissdraht@wdi.de

### ▼ Schweißzusätze für unlegierten und niedriglegierten Stahlguss 2210

#### Welding Alloys Deutschland GmbH

Ostring 52, D-47669 Wachtendonk  
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18  
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com  
Internet: www.welding-alloys.com

### ▼ Schweißzusätze für verschleißfeste und korrosionsbeständige Auftragslagen 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 AG

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: vaudit@vautid.de  
Internet: www.vautid.com

#### Welding Alloys Deutschland GmbH

Ostring 52, D-47669 Wachtendonk  
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18  
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com  
Internet: www.welding-alloys.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: vaudit@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 AG

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: vaudit@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

# ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

## EWM AG

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

## Welding Alloys Deutschland GmbH

Ostring 52, D-47669 Wachtendonk  
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18  
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com  
Internet: www.welding-alloys.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 AG

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

## Welding Alloys Deutschland GmbH

Ostring 52, D-47669 Wachtendonk  
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18  
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com  
Internet: www.welding-alloys.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

## 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 Verschleiss-technik

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 Verschleiss-technik

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

# ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

## ▼ 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@innobraze.de  
Internet: www.innobraze.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 Lottolien 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@innobraze.de  
Internet: www.innobraze.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@innobraze.de  
Internet: www.innobraze.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@innobraze.de  
Internet: www.innobraze.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

## ▼ verdrihte 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

## 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  
Internet: www.dodek.de

**Valk Welding B.V.**  
Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Ablasserdam  
☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515  
E-Mail: info@valkwelding.com  
Internet: 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  
Internet: 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  
Internet: 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  
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

**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

**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

**Valk Welding B.V.**  
Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Ablasserdam  
☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515  
E-Mail: info@valkwelding.com  
Internet: 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  
Internet: www.dwt-gmbh.de

## 3 Produktionsanlagen für Zusatzwerkstoffe

### ▼ Produktionsanlagen für umhüllte Stabelektroden und Fülldrahtelektroden 2930

**Welding Alloys Deutschland GmbH**  
Ostring 52, D-47669 Wachtendonk  
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18  
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com  
Internet: www.welding-alloys.com

## 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**  
Tempowerkring 19, 21079 Hamburg  
☎ +40 790 128-000 ☎ +40 790 128-199  
E-Mail: sales@simufact.de  
Internet: www.simufact.de

# ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

<p>▼ Erfassen, Kontrollieren und Verarbeiten von Prozess- und Fertigungsparametern <span style="float: right;">2960</span></p> <p><b>EWM AG</b> 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</p> <p><b>SKS Welding Systems GmbH</b> 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</p> <p>▼ Optiken für das Laserstrahlschweißen und/oder –schneiden <span style="float: right;">3000</span></p> <p><b>OTC DAIHEN EUROPE GmbH</b> 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</p> <p>▼ Programme (Software) <span style="float: right;">3010</span></p> <p><b>simufact engineering gmbh</b> Tempowerkring 19, 21079 Hamburg ☎ +40 790 128-000 ☎ +40 790 128-199 E-Mail: sales@simufact.de Internet: www.simufact.de</p> <p><b>SKS Welding Systems GmbH</b> 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</p> <p>▼ Serienfertigung, flexible Fertigungsanlagen und Schweißstraßen <span style="float: right;">3030</span></p> <p><b>pro-beam GmbH &amp; Co. KGaA</b> 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</p> <p><b>PTR Strahltechnik GmbH</b> 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</p> <p><b>10 Andere Verbrauchs- und Hilfsstoffe</b></p> <p>▼ Beizpaste <span style="float: right;">3830</span></p> <p><b>Chemetall GmbH</b> Aarauerstrasse 51, CH-5200 Brugg ☎ +41 56 616 90 30 ☎ +41 56 616 90 40 E-Mail: chemetall.schweiz@basf.com Internet: www.chemetall.com</p> <p>▼ Flussmittel zum Löten <span style="float: right;">3890</span></p> <p><b>Johnson Matthey &amp; Brandenberger AG</b> 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</p> <p><b>Solvay Fluor GmbH</b> Hans-Böckler-Allee 20, D-30173 Hannover ☎ +49 511 857-2035 ☎ +49 511 857-3176 E-Mail: werner.schmitt@solvay.com Internet: www.solvay.de</p> <p><b>H.P. Wirth GmbH</b> Weberstraße 46, D-75239 Eisingen ☎ +49 7232 809 78-0 ☎ +49 7232 809 78-15 E-Mail: info@hpwirth.com Internet: www.hpwirth.com</p> <p>▼ Lötstopfmittel <span style="float: right;">3960</span></p> <p><b>INNOBRAZE GmbH für Löt- und Verschleiss-technik</b> 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</p>	<p><b>11 Messtechnik und Sensorik</b></p> <p>▼ Hand- und andere Messgeräte für das Lichtbogenschweißen (Strom, Spannung, Drahtgeschwindigkeit, Gasgeschwindigkeit, Schweißgeschwindigkeit, Streckenenergie) <span style="float: right;">4200</span></p> <p><b>EWM AG</b> 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</p> <p><b>Valk Welding B.V.</b> Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam ☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515 E-Mail: info@valkwelding.com Internet: www.valkwelding.com</p> <p>▼ Kalibrierung und Eichung <span style="float: right;">4220</span></p> <p><b>EWM AG</b> 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</p> <p>▼ Schichtdicken-, Wanddicken- und Risstiefenmessung <span style="float: right;">4370</span></p> <p><b>KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG</b> Otto-Hausmann-Ring 101, D-42115 Wuppertal Postfach: 132354, D-42050 Wuppertal ☎ +49 202 71-920 ☎ +49 202 71-4932 E-Mail: info@karldeutsch.de Internet: www.karldeutsch.de</p> <p>▼ Überwachungsgeräte für das Lichtbogenschweißen <span style="float: right;">4440</span></p> <p><b>Valk Welding B.V.</b> Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam ☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515 E-Mail: info@valkwelding.com Internet: www.valkwelding.com</p> <p><b>12 Prüftechnik – Zerstörungsfreie Prüfung</b></p> <p>▼ Begutachten und Prüfen von Produkten, Fügeverfahren und Fertigungsabläufen <span style="float: right;">4561</span></p> <p><b>Ingenieurbüro Jürgen Bialek</b> 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</p> <p>▼ Beratung und Planung zur Fertigung, zum Werkstoff-, Energie- und Verfahrenseinsatz, Technologietransfer <span style="float: right;">4562</span></p> <p><b>Ingenieurbüro Jürgen Bialek</b> 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</p> <p>▼ Dichtheitsprüfung <span style="float: right;">4670</span></p> <p><b>Helling GmbH Werkstoffprüfung und Gerätebau</b> Spökerdamm 2, D-25436 Heidgraben ☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201 E-Mail: info@helling.de Internet: www.helling.de</p> <p>▼ Durchstrahlungsprüfung <span style="float: right;">4710</span></p> <p><b>Helling GmbH Werkstoffprüfung und Gerätebau</b> Spökerdamm 2, D-25436 Heidgraben ☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201 E-Mail: info@helling.de Internet: www.helling.de</p> <p>▼ Farbdringprüfung <span style="float: right;">4820</span></p> <p><b>KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG</b> Otto-Hausmann-Ring 101, D-42115 Wuppertal Postfach: 132354, D-42050 Wuppertal ☎ +49 202 71-920 ☎ +49 202 71-4932 E-Mail: info@karldeutsch.de Internet: www.karldeutsch.de</p>	<p><b>Helling GmbH Werkstoffprüfung und Gerätebau</b> Spökerdamm 2, D-25436 Heidgraben ☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201 E-Mail: info@helling.de Internet: www.helling.de</p> <p><b>Helmut Klumpf Technische Chemie KG</b> Industriestraße 15, D-45699 Herten ☎ +49 2366 1003-0 ☎ +49 2366 1003-11 E-Mail: klumpf@diffu-therm.de Internet: www.diffu-therm.de</p> <p>▼ Gestaltung und Berechnung von Schweißkonstruktionen, Schweißpläne u.ä. <span style="float: right;">4905</span></p> <p><b>Ingenieurbüro Jürgen Bialek</b> 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</p> <p>▼ Magnetische Prüfung <span style="float: right;">5110</span></p> <p><b>KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG</b> Otto-Hausmann-Ring 101, D-42115 Wuppertal Postfach: 132354, D-42050 Wuppertal ☎ +49 202 71-920 ☎ +49 202 71-4932 E-Mail: info@karldeutsch.de Internet: www.karldeutsch.de</p> <p><b>Helling GmbH Werkstoffprüfung und Gerätebau</b> Spökerdamm 2, D-25436 Heidgraben ☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201 E-Mail: info@helling.de Internet: www.helling.de</p> <p><b>Helmut Klumpf Technische Chemie KG</b> Industriestraße 15, D-45699 Herten ☎ +49 2366 1003-0 ☎ +49 2366 1003-11 E-Mail: klumpf@diffu-therm.de Internet: www.diffu-therm.de</p> <p>▼ Schweißaufsicht-, Bau-, Betriebs- und Fertigungsüberwachung <span style="float: right;">5505</span></p> <p><b>Ingenieurbüro Jürgen Bialek</b> 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</p> <p>▼ Sonstige zerstörungsfreie Prüfverfahren <span style="float: right;">5580</span></p> <p><b>Helling GmbH Werkstoffprüfung und Gerätebau</b> Spökerdamm 2, D-25436 Heidgraben ☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201 E-Mail: info@helling.de Internet: www.helling.de</p> <p>▼ Ultraschallprüfung <span style="float: right;">5730</span></p> <p><b>KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG</b> Otto-Hausmann-Ring 101, D-42115 Wuppertal Postfach: 132354, D-42050 Wuppertal ☎ +49 202 71-920 ☎ +49 202 71-4932 E-Mail: info@karldeutsch.de Internet: www.karldeutsch.de</p> <p>▼ UV-Leuchten <span style="float: right;">5755</span></p> <p><b>KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG</b> Otto-Hausmann-Ring 101, D-42115 Wuppertal Postfach: 132354, D-42050 Wuppertal ☎ +49 202 71-920 ☎ +49 202 71-4932 E-Mail: info@karldeutsch.de Internet: www.karldeutsch.de</p> <p><b>Helling GmbH Werkstoffprüfung und Gerätebau</b> Spökerdamm 2, D-25436 Heidgraben ☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201 E-Mail: info@helling.de Internet: www.helling.de</p>
--	--	---

# ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

## 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

**Welding Alloys Deutschland GmbH**  
Ostring 52, D-47669 Wachtendonk  
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18  
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com  
Internet: www.welding-alloys.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

**Welding Alloys Deutschland GmbH**  
Ostring 52, D-47669 Wachtendonk  
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18  
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com  
Internet: www.welding-alloys.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

### ▼ Hochtemperaturröten im Vakuum 7805

**Harnischmacher GmbH**  
Hans-Böckler-Str. 5, 58730 Fröndenberg  
☎ +49 2373 9772-30 ☎ +49 2373 9772-48  
E-Mail: info@harnischmacher.de  
Internet: www.harnischmacher.de

### ▼ 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 Industry Europe GmbH**  
Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss  
☎ +49 2131 60899-0 ☎ +49 2131 60899-200  
E-Mail: robots@eu.panasonic.com  
Internet: www.panasonicrobotics.eu

**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

### ▼ Rührschweißen 7960

**RRS Schilling GmbH**  
Industriestraße 30, D-21493 Schwarzenbek (Hamburg)  
☎ +49 4151 87945-71 ☎ +49 4151 87945-73  
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

**Welding Alloys Deutschland GmbH**  
Ostring 52, D-47669 Wachtendonk  
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18  
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com  
Internet: www.welding-alloys.com

## 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	30, 180, 250, 280, 410
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
Demmeler Maschinenbau GmbH & Co. KG	1390, 1760, 1910, 2040
KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG	4370, 4820, 5110, 5730, 5755
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 AG	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
Harnischmacher GmbH Löttechnik & Wärmebehandlungen	7805
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

Firma	Produkt
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
OTC DAIHEN EUROPE GmbH	180, 190, 200, 250, 270, 420, 600, 2860, 3000
Panasonic Industry 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
SLV Service GmbH	7770
Solvay Fluor GmbH	3890
Heinz Soyer GmbH Bolzenschweißtechnik	20, 1000

# Firmenindex

Firma	Produkt
Steigerwald Strahltechnik GmbH	60, 2810, 7770
Technolit GmbH	250, 2270
TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH	1390, 1430, 1450, 1480, 1490, 1500, 1510, 1650
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	

Firma	Produkt
Pioneering Wear Protecion	2220, 2250, 2270, 2280, 7050, 7710
Welding Alloys Deutschland GmbH	100, 490, 500, 2160, 2170, 2180, 2190, 2200, 2210, 2220, 2280, 2400, 2930, 7050, 7710, 8070
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 Abbrennstumpfschweißen
- 20 Bolzenschweißen
- 30 Buckelschweißen
- 40 Diffusionserschweißen
- 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 Mehrdrahtschweißen
- 250 MIG-/MAG-Schweißen
- 260 Mikroschweißen
- 270 Plasma/WIG-Schweißen
- 280 Plasmaschweißen
- 290 Pressstumpfschweißen
- 300 Rollenahtschweißen
- 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 Laserstrahlaufragschweißen
- 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 Wärmgasslöten
- 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 Vibrationschweißen
- 840 Wärmgasschweißen

### 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, Einhalsen, Sicken)
- 950 Fügen durch Wickeln
- 960 Heften mit Drahtklammern (Tackern)
- 970 Nieten
- 980 Pressverbinden (Einpressen, Schrumpfen, Dehnen, Druckfügen)
- 990 Schrauben (Schraubverbinden)
- 1000 Verbindungselemente (Nieten, Hohlketten, Zapfnieten, 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. Mutterzuführgeräte 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 Flammtemspannen
- 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, Elektrokettzüge)
- 1390 Arbeitstische (z.B. Schweiß- und Schneidische)
- 1400 Einrichtungen zur Wärmeerzeugung und -rückgewinnung
- 1410 Lastwendergerät
- 1420 Lichtdurchlässige/lichtundurchlässige Abschirmungen
- 1430 Lötrauchfilter
- 1440 Maschinenschutztor
- 1450 Örtliche Schweißrauchabsauganlagen (stationär, mobil)
- 1460 Schalldämm-Materialien, Schallschutzgehäuse
- 1470 Schutzvorrichtungen 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 Schweißerschutzschirme 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 Brennerhalbswechselsysteme
- 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), -köcher und -öfen
- 2070 Werkstücktransportsysteme (Hub-Shuttle-Systeme, Rundschtaltische)
- 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 Druckmessenrichtungen)
- 2130 Entnahmestellen-Ausrüstung (Absperrventile, Druckregler, Gasmischer, Gebrauchsstellenvorlage, Entnahmestellenkonsolen)
- 2140 Einzelflaschenanlagen, (Flaschendruckminderer, Einzelflaschensicherung gegen Gasrücktritt und Flammendurchschlag)
- 2150 Sonderausrüstungen und allgemeines Zubehör (automatische Umschalteinrichtungen, 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 Unterswasserschweißen
- 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/ Metalnitride)
- 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 drilledite 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 Schmelzschneiden
- 2850 Plasmafugen
- 2860 Plasmaschmelzschneiden
- 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 Fertigungsparametern
- 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 Faserverbundtechnologien
- 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 Laserbetriebsgas
- 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 Löten
- 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 Schweißkeride
- 4080 Schweißgrundierung
- 4090 Schweißnahtreinigungsmittel
- 4100 Sprays, technische
- 4110 Strahlmittel
- 4120 Trenn-, Schrupp- und Schleifscheiben
- 11 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 Risstiefenmessung

- 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 Gammagraphie-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 Penetrationsmittel
- 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-, Ezzo-Kerbschlagbiege-, Kerbschlagzug-, Niblink- und Robertson-Versuch)
- 5870 Härteprüfung
- 5880 Hilfsmittel, Automatisierung und Rechnerunterstützung für die zerstörende Prüfung
- 5890 Kic-Versuch, Rissöffnungsversuch (COD-Versuch)
- 5900 Schweißbeugungsprüfung (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 Schweißbeugungsprüfungen
- 6120 Technologische Prüfverfahren
- 6125 Prüftische

### 16 Qualitätssicherung (nach Masing „Handbuch der QS“)

- 6130 A+F im QM
- 6140 Bilometrie
- 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 Lamine
- 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 Rohrstähe
- 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 Gusstücke
- 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 Abbrennstumpfschweißen
- 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 Rollennahschweißen
- 7960 Rührreisschweißen
- 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 Vibrationsenspannen
- 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 Flammspritzen mit Draht oder Stab
- 6350 Flammspritzen mit Pulver
- 6360 Kunststoff-Flammspritzen
- 6370 Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen (HVOF)
- 6380 Detonationsspritzen
- 6390 Plasmaspritzen
- 6400 Suspensionsspritzen
- 6410 Laserspritzen
- 6420 Lichtbogenspritzen
- 6430 Kaltgasspritzen
- 6440 Plasma-Pulver-Auftragungsschweißen (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 NaBabscheider

- 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 Prüfabschnitte
- 6800 Prüfdienstleistung / Ausrüstung / Betriebsstoffe
- 6810 Umliertes 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

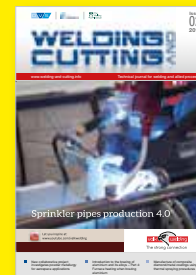
Veröffentlichung in:



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



Auflage:  
8.000 Exemplare  
Erscheinung:  
4 x jährlich  
Sprache: Englisch

## 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 – drei Fachzeitschriften:** Sie bezahlen einmalig pro Jahr und sind Monat für Monat mit Ihrem Eintrag über das ganze Jahr in insgesamt 16 Ausgaben dabei
- ✓ **Länderübergreifende Kontakte:** Die Veröffentlichung in unseren deutsch- und englischsprachigen 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: [vanessa.wollstein@dvs-media.info](mailto:vanessa.wollstein@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:  
Vanessa Wollstein



DVS Media GmbH  
Postfach 10 19 65, 40010 Düsseldorf  
Tel.: +49 211 1591-152  
Fax.: +49 211 1591-150  
E-Mail: [vanessa.wollstein@dvs-media.info](mailto:vanessa.wollstein@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: [vanessa.wollstein@dvs-media.info](mailto:vanessa.wollstein@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.

# 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.



DIN-DVS-Normen-Handbuch

### Schweißen im Stahlbau

Normen für die Herstellerzertifizierung nach DIN EN 1090-1

Jochen W. Mußmann

Erscheinungstermin: Januar 2021

7. aktualisierte und erweiterte Auflage, ca. 1184 Seiten

Best.-Nr.: 502670, ISBN: 978-3-96144-127-3

Preis: 236,00 EUR

Auch als E-Book erhältlich!

Sonderpreis Buch + E-Book: 312,74 EUR

#### Neu aufgenommene oder überarbeitete Dokumente:

- **DIN EN 10025-2 2019-10** – Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle; Deutsche Fassung EN 10025-2:2019
- **DIN EN ISO 2553 2019-12** – Schweißen und verwandte Prozesse – Symbolische Darstellung in Zeichnungen – Schweißverbindungen (ISO 2553:2019); Deutsche Fassung EN ISO 2553:2019
- **DIN SPEC 35236 2020-04** – Qualifizierung von Schweißaufsichtspersonal
- **DIN CEN ISO/TR 15608 2020-07** – Schweißen – Richtlinien für eine Gruppeneinteilung von metallischen Werkstoffen (ISO/TR 15608:2017); Deutsche Fassung CEN ISO/TR 15608:2017
- **DIN EN ISO 15614-1 2020-05** – Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – Teil 1: Lichtbogen- und Gas-schweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1:2017 + Amd 1:2019); Deutsche Fassung EN ISO 15614-1:2017 + A1:20219

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

DVS Media GmbH, 40010 Düsseldorf  
Postfach 10 19 65  
Postvertriebsstück  
Gebühr bezahlt

**G 6253**



Jahrbücher und mehr

## Aktuelles Fachwissen der Schweißtechnik und vieles mehr im **JAHRBUCH SCHWEISSTECHNIK 2022**



Zum Thema Verfahren der Füge- und Trenntechnik und Qualitätssicherung in der Füge- und Trenntechnik enthält die aktuelle Ausgabe unter anderem folgende Artikel:

- Qualitätssteigerung additiv laserstrahlgefertigter Bauteile durch Optimierung des lokalen Wärmeeintrags unter Berücksichtigung des globalen Temperaturfelds
- Nachhaltig Löten – geht das? Nachhaltiges Löten mit induktiver Erwärmung
- Sicherung von Rissen in Altkomponenten von Kraftwerksturbinen durch Laserstrahlschweißen – Betriebsbereitschaft sichern

Weitere Fachbeiträge widmen sich aktuellen Fragestellungen zu Werkstoffen, Qualitätssicherung, Geräten und Anlagen sowie der Berechnung und Gestaltung.

### **JAHRBUCH SCHWEISSTECHNIK 2022**

Bestellnummer: 600955, DIN A5, gebunden, 446 Seiten

Preis: 46,00 Euro | Preis: 36,80 Euro (für DVS-Mitglieder)