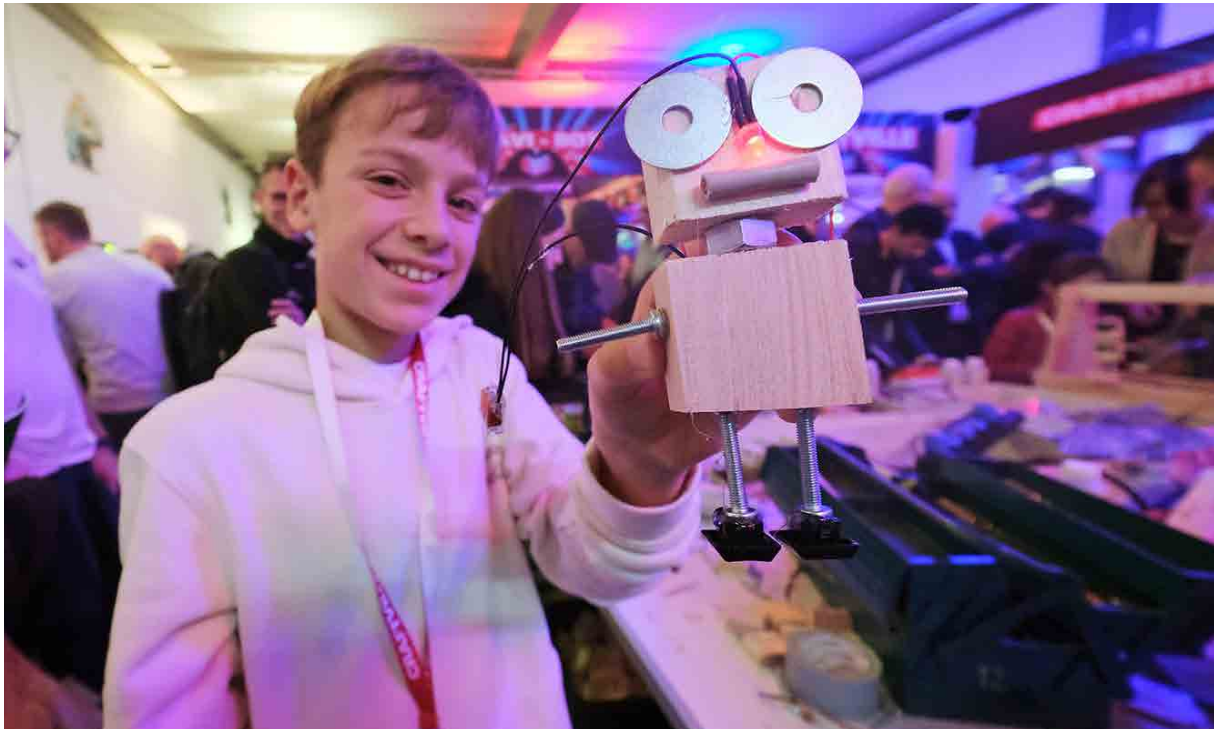


11.000 Menschen tauchten ein in Technikwelt und Handwerk

Publikumsmagnet „Nacht der Technik“ faszinierte mit Mix aus Wissenschaft, Forschung, Handwerk und Unterhaltung



Wissenschaft in Anwendung und Handwerk zum Anfassen – das ist ein Leitmotiv der „Nacht der Technik“, das auch mit ihrer 16. Auflage das Publikum begeisterte. (Foto: Michael Jordan)

Auch mit ihrer 16. Auflage hat die Koblenzer „Nacht der Technik“ begeistert dank einer besonderen und inzwischen unverkennbaren Mischung aus Information und Unterhaltung. Rund 11.000 Besucher strömten in die Bildungszentren der Handwerkskammer (HwK) Koblenz, die zehn Stunden lang zur Veranstaltungskulisse für 90 Programmpunkte und Ausstellungsfläche von 120 Unternehmen, Forschungseinrichtungen oder Handwerksorganisationen wurden.

Der Mix aus Spaß und Unterhaltung, aus Wissenschaft und Technik kam hervorragend an, „insbesondere, weil wir nicht ‘tote Materie’ mit Schildern ‘Bitte nicht berühren’ präsentieren, sondern Mitmach- und Anfassaktionen! Das schließt eindeutig das Handwerk mit ein, denn wenn schon eine Handwerkskammer 11.000 Menschen begrüßen darf, dann wollen wir natürlich auch unsere ‚Wirtschaftsmacht von nebenan‘ ins Rampenlicht stellen und näherbringen. Und zwar dort, wo im Alltag Lehrlinge aus-, Meister fort- und Handwerker weitergebildet werden,“ fassen Ralf Hellrich und Kurt Krautscheid als Hauptgeschäftsführer und Präsident der HwK Koblenz das Erfolgskonzept zusammen. Mit enormem Aufwand wurden die Bildungszentren für die

Publikumsveranstaltung umgebaut und ganz neu ausgestaltet. Wo 24 Stunden vorher noch Auszubildende lernten, wie man sägt, schweißt oder schraubt, tauchten Gäste aus Nah und Fern wie auch aller Altersklassen ein in faszinierende nächtliche Technikwelten.

Traditionell widmet sich die Großveranstaltung dem Thema des Wissenschaftsjahres, ausgerichtet vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt. 2025 lautete das Motto „Zukunftsenergien“. Auch das Internationale Jahr der Quantenforschung fand sich im Programm wieder. Auf einfache wie auch verständliche Weise vermittelten die Experten in Vorträgen und Shows diese Themen und so lud die Welt der Wissenschaft und Forschung aus einer sehr nahbaren Perspektive dazu ein, sie besser kennenzulernen. Das technische Spektrum reichte von Raumfahrt und Astronomie über Künstliche Intelligenz, Digitalisierung und Quantenforschung bis zu Zukunftsenergien und natürlich innovativen Anwendungen im Handwerk der Zukunft.

Zu den Programmhöhepunkten zählten die Wissenschaftsshow von Christoph Biemann, den „Physi-



Wenn's stinkt und kracht ist's Wissenschaft: Comedian Konrad Stöckel zeigte mit seinen – wie er selbst sagt – „beklopperten“ Experimenten, dass Wissenschaft richtig Spaß machen kann. (Foto: Michael Jordan)

kanten“ und Konrad Stöckel mit viel Klamauk und beeindruckenden Experimenten. Spannende Vorträge unter anderem des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) oder der TV-Moderatorin Claudia Kleinert waren Publikumsmagnete wie auch der virtuelle Weltraumflug im „SpaceBuzz One“, der Kindern einen faszinierenden Blick auf die Erde aus dem All ermöglichte. Wann kann man schon in eine Rakete einsteigen und zu den Sternen fliegen, um auf den Heimatplaneten Erde zu schauen? Auch das machte die „Nacht der Technik“ möglich.

Als Gäste der Veranstaltung zeigten sich auch Wirtschaftsministerin Daniela Schmitt und Wissenschaftsminister Clemens Hoch begeistert. „Das ist erstklassige Werbung für das Handwerk, seine Berufsvielfalt und natürlich für die Handwerkskammer Koblenz“, fasste Daniela Schmitt die Eindrücke ihres über zweistündigen Rundgangs zusammen, bei dem sie sich viel Zeit nahm für Gespräche mit Gästen und Ausstellern, darunter viele Wirtschaftsunternehmen. Und auch „Fachminister“ Clemens Hoch war beeindruckt von den Inhalten der Techniktage, denn „wie sich Wissenschaft hier darstellt, ist nicht abstrakt oder fernab der Wirklichkeit, sondern als Teil unseres Lebens. Das ist mit den vielen praktischen Anwendungen und Vorführungen auf besondere Weise erlebbar und die Publikumsresonanz beweist auch, wie gut das Veranstaltungskonzept ankommt.“

Und natürlich war das „Handwerk zum Anfassen und Kennenlernen“ ein ganz wichtiges Anliegen der ausrichtenden Handwerkskammer – mit Erfolg: Viele jüngere Besucher und damit potentielle Fachkräfte von morgen, fühlten sich angesprochen von den vielen handwerklichen Mitmachstationen und informierten sich im Herzstück der HwK Koblenz – den berufsbildenden Zentren – direkt über die berufliche Vielfalt des Handwerks. „Nicht nur die Inhalte unserer Veranstaltung sind modern und zukunftsorientiert, unsere Zentren mit ihrer Einrichtung für Schulung und Qualifizierung sind es auch“, betonte Peter Eich als Leiter der Zentren. Er verbuchte die Nacht der Technik 2025 zusammen mit Ralf Hellrich, Kurt Krautscheid – und 11.000 begeisterten Besuchern – als einen klaren Erfolg. „Wir freuen uns schon jetzt auf die nächste Auflage im Jahr 2027!“

Handwerkskammer Koblenz



Robotik, Quantenforschung und Zukunftsenergien gehörten diesmal zu den Schwerpunktthemen der Koblenzer Nacht der Technik. (Foto: Photo-Herzmann)

Ingenieurstudium im Wandel

Wie Erstsemester wieder Lust an der Technik bekommen



Schaut man auf die schlechten Ergebnisse der letzten PISA-Studien in Deutschlands Schulen, das abnehmende Interesse an MINT-Fächern oder auch die IQB-Bildungsstudie 2024, die im Oktober dieses Jahres mit der Erkenntnis veröffentlicht wurde, dass mittlerweile mehr als jeder dritte Neuntklässler im Fach Mathematik die Mindestleistungsstandards für den mittleren Schulabschluss verfehlt (und in den Fächern Physik, Chemie und Biologie sieht es auch nicht besser aus), so ist diese Entwicklung keine Überraschung, sondern eine logische Folgerung. Viele Faktoren beeinflussen diese Entwicklungen, wobei die Gründe hinlänglich bekannt sind. Und hierbei kann die immer wieder mit aufgeführte Corona-Pandemie nicht für alle Ewigkeit als Erklärungsansatz herhalten. Die Politik versucht, leider meist nur halbherzig, mit Maßnahmen entgegenzuwirken und die Empfehlungen der Wissenschaft umzusetzen. Auch wenn massive finanzielle Anstrengungen hierfür von Nöten sind, welche Investitionen sind gewinnbringender angelegt als die in die Ausbildung und Zukunft unserer Kinder? Und nicht zuletzt ist jede Mühe zum Scheitern verurteilt, wenn das Elternhaus nicht die erforderlichen Grundlagen legt und mit am gleichen Strang zieht.

Ausgangssituation

Viele Lehrende an Ingenieur fakultäten berichten zunehmend von Erstsemestern, die sich mit einfachen physikalischen Zusammenhängen, mathematischen Umformungen oder technischen Zeichnungen - infolge mangelndem praktischem Verständnis - schwertun. Der Befund ist kein Einzelfall: Zahlreiche Hochschulen verzeichnen steigende Durchfallquoten in Grundlagenfächern und eine wachsende Kluft zwischen den Anforderungen der Lehre und dem Vorwissen der Studierenden.

Wenn die Grundlagen wackeln

Ingenieure entwickeln, konstruieren, berechnen und verbessern technische Produkte und Systeme wie Maschinen, Bauwerke oder Software. Sie arbeiten auf der Grundlage naturwissenschaftlicher und mathematischer Kenntnisse, um Probleme zu lösen, neue Technologien zu entwickeln und bestehende Systeme zu optimieren. Dies praktizieren sie mit hoher Kreativität und Innovationsfreudigkeit. Sie sind ein wichtiges Glied innerhalb unserer Gesellschaft mit einem hohen Maß an sozialer Verantwortung.

Inhaltsverzeichnis

11.000 Menschen tauchten ein in Technikwelt und Handwerk	1
Ingenieurstudium im Wandel	3
tibb e. V. jetzt auf LinkedIn	7
Handwerk mit Zukunft - Erprobung neuer Technologien in der Praxis	8
Ausbildung, Beruf und Weiterbildung im DVS	11
Innovationsraum Erneuerbare Energien	14
Im Fokus: Physikalisch-Technische Bundesanstalt und Open-Hybrid LabFactory e. V.	16
Ein neuer Ansatz zur Fertigung von Bipolarplatten für Brennstoffzellen	21
Impulse für eine Branche im Wandel - Rückblick auf den Deutschen Schneidkongress® 2025	24
Additive Fertigung in der Orthopädietechnik	27
Additive Fertigung mit Draht - Präzise Schweißtechnik für die Produktion der Zukunft	28
Energieeffiziente Prozessstrategien für die Fertigung von Glasbauteilen durch Trennen und Fügen	30
Mach ChatGPT & Co. zu deinen digitalen Assistenten	33
Wasserstrahl-Schneiden muss bekannter werden!	34

Interesse an Mathematik und Naturwissenschaften sowie ein solides technisches und praktisches Verständnis sind also Grundvoraussetzungen für ein erfolgreiches Ingenieurstudium. Dem wirken die eingangs geschilderten Entwicklungen entgegen - keine vielversprechenden Voraussetzungen für die Zukunft der Ingenieurausbildung. Zudem zeigt eine aktuelle Auswertung des VDI, dass junge Menschen Ingenieurberufe mit traditionellen Tätigkeiten assoziieren. Sie nehmen das Ingenieurstudium als sehr anspruchsvoll, langweilig und selektiv wahr. Nicht gerade ein gutes Image für einen die Zukunft mitgestaltenden Beruf.

Das subjektive Empfinden vieler Hochschullehrer in Bezug auf die rückläufigen Leistungen von Studierenden konnte durch eine Untersuchung am Fachbereich Maschinenwesen der Fachhochschule Kiel am Beispiel von Leistungsnachweisen objektiviert werden. Hierfür wurden im Schwierigkeitsgrad vergleichbare Klausuren aus dem Fach "Einführung in die Maschinenkonstruktion" der letzten 10 Jahre statistisch ausgewertet. Das Ergebnis zeigt eindrucksvoll den beschriebenen Negativtrend, ein fast linearer Leistungsabfall von gut 20% über die letzten 10 Jahre. Um einen akzeptablen Notenschnitt zu erhalten, wurde dieser und die Durchfallquote über die Jahre entsprechend angepasst. Dieses Vorgehen kenne ich auch aus anderen Hochschulen.

Aus der Tatsache heraus, dass in Schulen der Praxisbezug und handwerkliches Tun in den Hintergrund getreten sind und Werkstätten oder Labore durch digitale Räume ersetzt werden, wird bei den Schülern/Schülerinnen ein analoges Defizit erzeugt, d. h., das Verständnis für physische Prozesse bleibt oft auf der Strecke. Logisch, dass den Studenten ebenfalls das technische Grundverständnis fehlt. Junge Menschen erleben die Technik oft nur noch als "Black Box". Das Auto ist ein Computer auf Rädern, das Smartphone ein geschlossenes System. Wer nie erlebt hat, wie Strom fließt, ein Getriebe funktioniert oder Material sich unter Belastung verhält, tut sich schwer, abstrakte Formeln mit realen Phänomenen zu verknüpfen.

Einen entscheidenden Vorteil haben hier die Studenten, die über eine abgeschlossene Berufsausbildung verfügen, am sinnvollsten in dem Fachbereich des Studiums. Dieser Teilnehmerkreis verfügt nicht nur über die praktische Kompetenz, sondern in der Regel auch über die nötige Reife, ein Studium erfolgreich zu Ende führen zu können.

Technik anschaulich und begreifbar machen

Viele Hochschulen haben das Problem erkannt und reagieren mit kreativen Konzepten. So werden Brückenkurse in Mathematik und Physik angeboten, die nicht auf Wiederholung, sondern auf Verständnis setzen. Andere führen Engineering-Bootcamps oder Projektwochen ein, in denen Studierende vom ersten Seme-

ster an etwas bauen, testen und erleben.

MakerSpaces, Robotik-Labore und offene Werkstätten machen Technik wieder greifbar. Statt Formeln trocken herzuleiten, sehen Studierende etwa mit Augmented-Reality-Anwendungen, wie sich Kräfte in einem Träger verteilen oder wie Strömungen in einer Turbine verlaufen. Lernen durch Anfassen heißt die Devise: Wer ein Bauteil fräst, ein Schaltkreisbrett lötet oder einen Sensor programmiert, versteht Theorie plötzlich als Werkzeug und nicht als Hürde.

Eine gute Hilfestellung bieten hierbei auch die Bildungs- und Technologiezentren der Handwerkskammern, die durch ihre hochmodern ausgestatteten und in die Zukunft gerichteten Werkstätten in der Vernetzung zu den Hochschulen kompetente, verlässliche und auf Augenhöhe operierende Wirtschaftspartner bei der Praxisvermittlung sind.

Als Reaktion der Fachhochschule Kiel auf den negativen Trend der Leistungsnachweise im Fach der maschinenelementaren Grundlagen wurde jetzt ein Anschauungsgetriebe realisiert, welches mit ergänzenden Screenshots Vorlesungsinhalte aus dem Bereich der Maschinenelemente begreifbar machen soll. Die Teile sind zwecks Korrosionsschutzes, Montier- und Demontierbarkeit sowie der Realitätsnähe geölt, d. h. man braucht einen Lappen in der Vorlesung. Das Getriebe bietet aus didaktischen Gründen viele Informationen, kommt bei den Studierenden gut an und findet auch in der Wirtschaft eine breite Unterstützung. Ob sich erste Erfolge dieses Projektes auch im Leistungsnachweis widerspiegeln, zeigt die kommende Klausurarbeit.

Von der Theorie zur Praxis: Was helfen kann

Hochschullehrende bieten heute in der Vermittlung technischer Inhalte mithilfe digitaler Techniken in der Regel einen anschaulichen und verständlichen Unterricht an. Sie Visualisieren, z. B. über 3D-Modelle, Simulationen, Animationen und farbliche Hervorhebung, sie stellen über praktische Beispiele und Analogien einen Alltagsbezug her, sie praktizieren ein stufenweises Vorgehen vom Einfachen zum Komplexen und sie fördern je nach Möglichkeit auch das experimentelle Lernen durch praktische Demonstrationen (z. B. interdisziplinäre Projekte) oder auch Hands-on-Erfahrung.

Dabei überwiegt jedoch die Vorlesungsintegration. Die praktischen Übungen erfordern mehr personellen und materiellen Aufwand und treten daher leider oft in den Hintergrund. So wurde z. B. im Maschinenbau beim Übergang von der Diplom-Prüfungsordnung zum Bachelor mit der Verkürzung der Studiendauer auch das Konstruktionslabor rigoros gekürzt, wobei diese Übungen für den praktisch-theoretischen Lernfortschritt von enormer Wichtigkeit waren.

Für die praktische Wissensvermittlung müssen Hochschuldozierende mehr Zeit und Ressourcen für betreutes Üben und individuelle Förderung erhalten. Peer-Tutoring-Programme, in denen ältere Semester jüngeren helfen, wirken hier besonders effektiv.

Lernräume zu öffnen, wie offene Labore, Experimentierwerkstätten oder digitale Lernplattformen mit Simulationen schaffen ebenfalls Zugang zur Technik und das unabhängig vom Vorwissen.

Auch helfen, Technik wieder in den Alltag zu holen, können früh angesetzte Kooperationen zwischen Hochschulen und Schulen. Ein Schülerprojekt, bei dem ein einfacher Windkanal oder ein Solarkraftwerk entsteht, weckt oft mehr Verständnis als ein ganzes Schuljahr Physikunterricht.

Ingenieurwissenschaften leben vom Tun

Wenn Hochschulen es schaffen, Freude am Experimentieren zu fördern und Theorie mit Praxis zu verbinden, können auch digital geprägte Studenten-Generationen zu exzellenten Ingenieurinnen und Ingenieuren werden. Denn Begeisterung für Technik entsteht nicht vor dem Bildschirm, sondern in dem Moment, in dem etwas funktioniert, das man selbst entwickelt und gebaut hat.

Technik wird besonders verständlich, wenn sie sichtbar, erlebbar und kontextualisiert vermittelt wird. Durch Kombination aus Visualisierung, Analogie, praktischer Interaktion und interaktiven Tools wird aus abstrakter Technologie etwas Begreifbares und Anschauliches.

tibb e. V. hat dies früh erkannt und für verschiedene junge Fertigungsverfahren - so bereits vor über 25 Jahren innerhalb der Lasermaterialbearbeitungstechniken - für die Ausbildung und Lehre praktische und digitale Tools zur Verfügung gestellt, z. T. auch in englischer Sprache. So z. B. verschiedene praktische Demonstrationskoffer oder mit Hilfe digitaler Produktionstechnik und der geschickten Kombination von Realaufnahmen und 3D-Simulationen eine DVD über manuelle und automatisierte Kunststoffschweißverfahren. Diese Hilfsmittel haben in Hochschulen und Berufsbildungseinrichtungen Einzug gehalten und helfen bei einer praxisnahen Ausbildung.

Liebe tibb-Mitglieder,

mit der vorliegenden Ausgabe der tibbnews möchten wir Ihnen zum Jahresende wieder einen kurzen Rückblick auf die Arbeit unseres Vereins und einige aktuelle Informationen und Projektergebnisse aus dem Umfeld einzelner Mitglieder geben. Vielen Dank an die Verfasser und viel Freude und spannende Eindrücke beim Lesen.

Einige Aktivitäten möchte ich hier kurz aufgreifen. Am

07. Mai dieses Jahres fand im Congress Center der Messe Essen im Rahmen des "Deutschen Schneidkongresses 2025" die 25. Mitgliederversammlung des tibb e. V. statt. Der Veranstaltungsort wurde auf Einladung unseres Vorstandsmitglieds Gerhard Hoffmann, Geschäftsführer Schneidforum Consulting GmbH & Co. KG. gewählt. Der von Herrn Hoffmann organisierte Schneidkongress fand gemeinsam mit der Schneidmesse "CuttingWorld" der Messe Essen vom 06. bis 08. Mai statt (siehe den Bericht in dieser Ausgabe). Nachträglich noch ein herzliches Dankeschön an Gerhard Hoffmann, der es uns ermöglichte, kostenfrei die Mitgliederversammlung in den Räumen durchzuführen und an der Veranstaltung teilzunehmen.

In diesem Jahr fanden turnusgemäß wieder Wahlen statt. Schatzmeister und Vorstand wurden nach ihren Jahresberichten (siehe Ihnen zugesandtes Protokoll der Mitgliederversammlung) einstimmig entlastet. Bei den in diesem Jahr turnusgemäß stattgefundenen Wahlen wurde der bisherige Vorstand für weitere zwei Jahre in seinen Funktionen bestätigt. Ich möchte in dem Zusammenhang noch mal darauf hinweisen, dass der Vorstand regelmäßig alle zwei Monate sogenannte Jour-Fixe-Termine als Onlinesitzungen durchführt. Diese Form hat sich gut bewährt, um sich zu wichtigen und aktuellen Themen austauschen zu können. Wer als Mitglied Interesse hat, an Sitzungen teilzunehmen, ist herzlich eingeladen. Melden Sie sich hierzu gerne, damit wir Ihnen den Teilnahme-Link zusenden können.

Vom 10. bis 11. September führte uns eine Exkursion in den Norden Deutschlands, und zwar am ersten Tag in die Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Braunschweig und am zweiten Tag ins Open Hybrid LabFactory unter Leitung der TU Braunschweig in Wolfsburg. Die Exkursion war sowohl von der Teilnehmerzahl als auch von den Inhalten her sehr erfolgreich (siehe Bericht). Hier meinen Dank auch nochmals an Werner Krassau, der, wie man es von ihm gewohnt ist, wieder ein interessantes und spannendes Programm zusammengestellt hat und natürlich auch an die gastgebenden Forschungsstätten.

Am 23. und 25. September konnten wir exklusiv für unsere Mitglieder einen zweiteiligen Online-Workshop zu dem Thema "Mach ChatGPT & Co. zu deinem digitalen Assistenten" durchführen. Dieser Praxis-Workshop wurde von unserem Mitglied Andrea Weis, Business-Coach und KI-Expertin aus Hamburg, mit großem Erfolg geleitet. Praxisnähe und schnelle Umsetzung erzielten ein gutes Gefühl bei den Teilnehmenden (beachten Sie auch den Bericht hierzu). Danke auch an dich Andrea, für das individuelle Coaching bei der Umsetzung.

Zurzeit planen wir für das erste Halbjahr 2026 ein Halbtagesseminar für Entscheidungsträger aus der Wirtschaft mit dem Arbeitstitel: "Reverse-Engineering-Technologien für KMU und Handwerk am Beispiel der

Herstellung von Ersatzteilen". Schwerpunktmäßig geht es darum, den Ablauf des Prozesses zu verstehen, d. h. 3D-Scan zur Erfassung der Geometrie, CAD-Bearbeitung zur Modellierung und abschließend Herstellung durch 3D-Druck. Hierbei werden auch rechtliche Aspekte thematisiert. Wenn genauer Ablauf und Zeitpunkt der Veranstaltung vorliegen, werden wir Sie natürlich darüber informieren.

Bedanken möchte ich mich noch ganz ausdrücklich bei unserer Kollegin Alexandra Stallbaum, die sich gemeinsam mit Werner Krassau um den Aufbau einer zusätzlichen Kommunikationsplattform kümmert, nämlich LinkedIn. Siehe hierzu die Informationen auf der folgenden Seite

Und noch was: Die Jahreszahl 2026 hat für unseren Verein eine besondere Bedeutung. Ende 2001 wurde tibb e. V. auf der Messe Euromold in Frankfurt gegründet, d. h. wir können nächstes Jahr auf unser 25-jähriges Bestehen zurückblicken. Dies möchten wir mit Ihnen natürlich in gebührendem Maße feiern. Einzelheiten hierzu werden wir in Kürze besprechen und in die Planung einsteigen. Wir informieren Sie rechtzeitig, wenn der Programmablauf Formen angenommen hat.

Liebe Freunde,

es duftet wieder nach Lebkuchen, Weihnachtsplätzchen und Glühwein, Weihnachten liegt in der Luft. Für viele die schönste Zeit des Jahres. Wir lassen zu Hause ein bisschen Stille und Ruhe einkehren, verbringen wundervolle Stunden mit der Familie, kommen zum Nachdenken, Kindheitserinnerungen kehren zurück, ein Hauch von Geheimnisvollem liegt über uns.

Mit Weihnachten neigt sich das Jahr so langsam dem Ende zu, auch deshalb ist es richtig, sich noch mal für das wirklich Wichtige im Leben Zeit zu nehmen, nämlich für die Familie und Andere, die uns am Herzen liegen. Vielleicht haben wir sie im Stress des Alltags über das Jahr hinweg ein wenig vernachlässigt.

Und denken wir auch an die vielen unverschuldet in Not geratenen Opfer der Kriege, Krisen und Konflikte. Das Leben und Wohlergehen von vielen Millionen Kindern ist in Gefahr. Wünschen wir allen Betroffenen und ihren Angehörigen viel Kraft und eine positive Zukunft.

Mit Blick auf das zu Neige gehende Jahr möchte ich auch nicht versäumen, mich im Namen des gesamten Vorstandes für Ihre Treue zum Verein und Ihr persönliches Engagement zu bedanken. Die gemeinsame und vertrauensvolle Arbeit hat uns allen sehr viel Freude bereitet und auch das gehört für eine erfolgreiche Netzwerkarbeit dazu. Daher freue ich mich auf weitere Jahre spannender Zusammenarbeit.

Für das bevorstehende Weihnachtsfest wünsche ich Ihnen und Ihren Lieben schöne und besinnliche Feiertage und einen guten Start in ein für Sie hoffentlich gesundes, glückliches und erfolgreiches Jahr 2026.

Ihr

Friedhelm Fischer
Friedhelm Fischer



Aktueller Vorstand des tibb e. V.: v. l. n. r.: Gerhard von Kulmiz, Werner Herold, Dr. Hartmut Müller, Arno Momper, Peter Schlüter, Udo Albrecht (Schatzmeister), Werner Krassau (stellv. Vorsitzender), Dr. Friedhelm Fischer (Vorsitzender), Markus Klemmt (stellv. Vorsitzender). Nicht anwesend: Johann Dausenau, Ulrike Längert, Dennis Weiler, Gerhard Hoffmann, Hans-Peter Wendorff. (Foto: tibb e. V.)

tibb e. V. jetzt auf LinkedIn

Neuer Kommunikationskanal erhöht Sichtbarkeit des Netzwerks und fördert Austausch innerhalb der Mitgliedschaft

Was ist LinkedIn?

LinkedIn ist ein soziales Netzwerk, das speziell für berufliche Kontakte entwickelt wurde. Dort können sich Personen, Unternehmen und Vereine präsentieren, Beiträge veröffentlichen, Neuigkeiten teilen und sich zu fachlichen Themen austauschen. Viele nutzen die Plattform, um in Verbindung zu bleiben, Wissen weiterzugeben oder neue berufliche Impulse zu erhalten.

Warum LinkedIn für tibb e. V.?

- Sichtbarkeit steigern: Das LinkedIn-Profil macht tibb e. V. für potenzielle Partner, neue Mitglieder und Multiplikatoren noch sichtbarer



Screenshot der LinkedIn-Seite (Quelle: tibb e. V.)

- Bessere Vernetzung: Mitglieder können sich leichter untereinander finden, verbinden und (z. B. über Fachfragen, Kooperationsprojekte oder Karrierechancen) austauschen
- Wissen teilen: Der tibb e. V. möchte Impulse (z. B. von aktuellen Trends, Praxisfälle, Erfolgsgeschichten der tibb e. V. Mitglieder)
- Veranstaltungen kommunikativ begleiten: Ankündigungen, Nachberichte oder Live-Eindrücke von unseren Events lassen sich dort sehr direkt und interaktiv verbreiten

Verantwortlich für den Auf- und Ausbau des LinkedIn-Auftritts sind Werner Krassau und Alexandra Stallbaum. Sie werden regelmäßig Inhalte posten, moderieren und dafür sorgen, dass der Account lebendig bleibt. Die Inhalte sollen aus Vereinsneuigkeiten, Branchen-Insights, Veranstaltungshinweisen oder inspirierenden Erfahrungsberichten aus dem Kreis der tibb-Mitglieder bestehen.

Der tibb e. V. sieht in LinkedIn eine sinnvolle Ergänzung zu den bisherigen Kommunikationswegen. Die Plattform ermöglicht es, bestehende Kontakte zu stärken, neue Verbindungen zu schaffen und die Themen des Vereins einer breiteren Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen. Mitglieder sind herzlich eingeladen, dem LinkedIn-Profil des tibb e. V. zu folgen, Inhalte zu teilen und sich aktiv zu beteiligen. Durch gemeinsame Aktivitäten soll die Präsenz des Vereins weiter wachsen und das Netzwerk rund um den tibb lebendiger und sichtbarer werden.

Ihre Mitwirkung ist gefragt

Mitglieder sind herzlich eingeladen, sich aktiv einzubringen: Teilen Sie gerne interessante Projekterfahrungen, berichten Sie in kurzen Beiträgen von Ihren Aktivitäten im tibb, kommentieren Sie unsere Beiträge oder schlagen Sie Themen vor, die Ihnen besonders am Herzen liegen.

So finden Sie uns auf LinkedIn

Folgen Sie einfach dem LinkedIn-Profil des tibb e. V. und vernetzen Sie sich dort mit uns. Gerne können Sie auch weitere Mitglieder oder Bekannte aus dem tibb-Umfeld dazu einladen, ebenfalls zu folgen. Je mehr Personen sich beteiligen, desto stärker wird die gemeinsame Sichtbarkeit und Vernetzung unserer Gemeinschaft.

Alexandra Stallbaum,
tibb e. V.

Handwerk mit Zukunft - Erprobung neuer Technologien in der Praxis

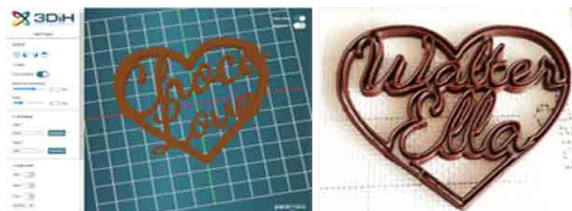
Damit digitale Lösungen im Handwerk nicht einfach nur „von außen“ kommen, hat das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt die Förderlinie „Handwerk 4.0: digital und innovativ“ gestartet. Seit 2021 arbeiten darin neun Verbundprojekte aus Handwerksbetrieben, Forschungs- und Technologiepartnern zusammen. Ziel ist es, digitale Werkzeuge so weiterzuentwickeln, dass sie robust, verständlich und alltagstauglich sind.

Ein zentraler Punkt dabei: Handwerksbetriebe sind aktiv beteiligt. Die Projekte entstehen im Werkstattalltag, im Kundengespräch, auf der Baustelle. So werden Technologien wie Augmented Reality, künstliche Intelligenz, digitale Bauwerksmodelle (BIM) oder Entlastungssysteme wie Exoskelette nicht abstrakt entwickelt, sondern direkt an den realen Anforderungen des Handwerks ausgerichtet.

Drei Beispiele aus der Praxis: Wie digitale Technologien das Handwerk verändern

3D-Druck für das Konditoreihandwerk

In vielen Konditoreien steckt enorm viel kreative Energie, doch manchmal fehlt das passende Werkzeug, um Ideen schnell und präzise umzusetzen. Das Projekt 3DiH unterstützt Konditor*innen dabei, 3D-Druck als Gestaltungsmittel in ihre Arbeit zu integrieren.

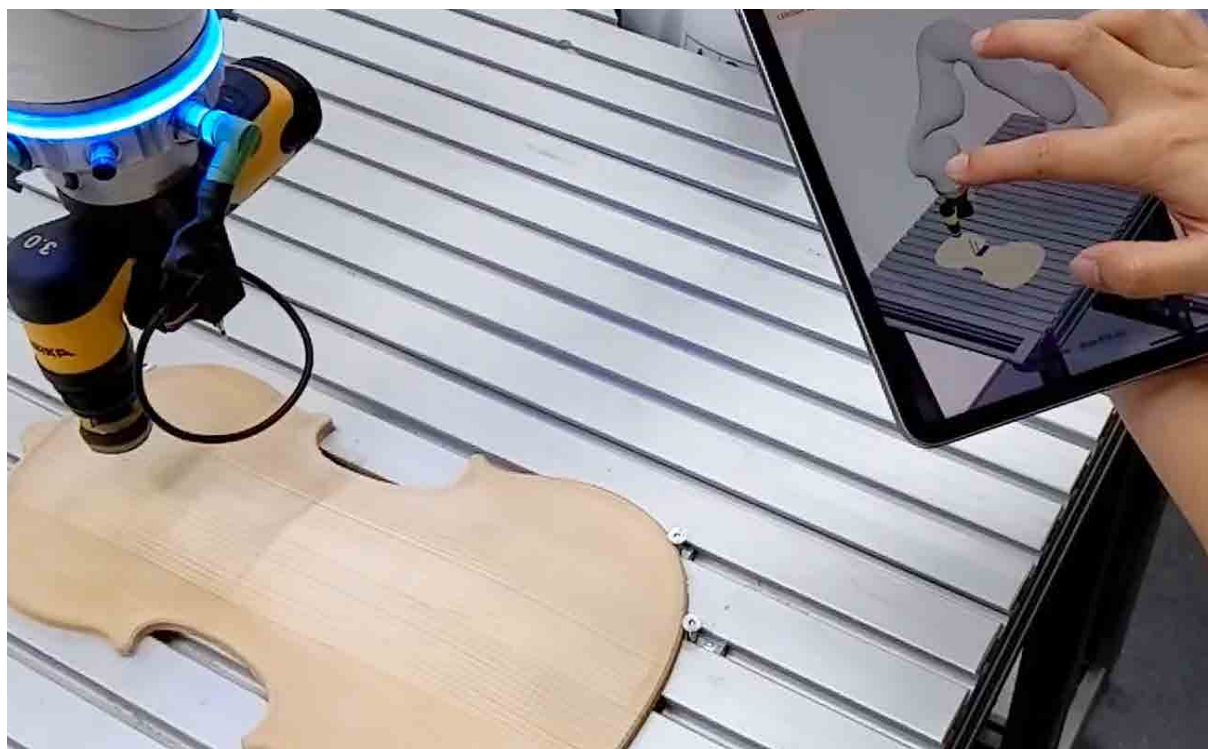


3D-Druck als Ergänzung zur handwerklichen Gestaltung (Quelle: Projekt 3DiH)

Statt Formen mühsam von Hand zu schnitzen oder aus mehreren Arbeitsschritten aufzubauen, können ornamentale Dekore, Schriftzüge oder individuelle Kundenwünsche digital entworfen und direkt hergestellt werden. Die Technologie ersetzt dabei nicht das handwerkliche Können, sie erweitert es und macht neue Produkte möglich, die zuvor zu aufwendig oder nur in kleinen Serien herstellbar waren.

Im praktischen Ablauf des Projekts wurden vier Konditoreien aus ganz Deutschland eingebunden. Zuerst wurden Potenziale und Bedarfe analysiert: welche Formen sind bislang schwierig herzustellen, welche Werkzeuge fehlen? Danach folgten Schulungen und Coachings im Betrieb: Vom Entwurf bis zur Druckvorbereitung, vom Materialhandling bis zur Vermarktung. Darüber hinaus entstehen zwei Plattformen, über die 3D-Druckdienstleistungen und ein 3D-Konfigurator abrufbar sind sowie eine Plattform in der Schulungsmaterialien bereitgestellt werden.

Weitere Informationen zu dem Projekt: <https://3dih.de>



Entwicklung direkt in der Werkstatt: Handwerk und Forschung arbeiten im LEROSH-Projekt eng zusammen. (Quelle: Projekt LEROSH3DiH)

Lernende Robotik für Schleif- und Polierprozesse im Handwerk

Das Projekt LEROSH untersucht, wie kollaborative Robotersysteme (Cobots) sinnvoll in handwerkliche Arbeitsprozesse integriert werden können. Im Rahmen des Projekts wurde unter anderem eine webbasierte No-Code-Benutzeroberfläche eingeführt, über die Fachkräfte den Roboter für Schleif- und Polieraufgaben ohne Programmierkenntnisse trainieren können.

Die Robotersysteme werden direkt in Werkstätten erprobt: In gemeinsamen Terminen wird beobachtet, wo genau Schleif- und Polierarbeiten anspruchsvoll sind: Wann ist der Druck zu hoch, wann zu gering? Wie verändert sich die Oberfläche je nach Material, Werkzeug oder Feuchte? Diese Beobachtungen fließen unmittelbar in die Weiterentwicklung der Robotik ein. Fachkräfte geben Rückmeldung zur Handhabung, zum Ablauf und zur Bedienlogik, während die Entwickler*innen die Steuerung anpassen, Bewegungsparameter verfeinern und die Lernalgorithmen verbessern. So entsteht ein iterativer Entwicklungsprozess, in dem sich Praxiswissen und technologische Gestaltung gegenseitig präzisieren.

Das Besondere an dieser Zusammenarbeit ist der Perspektivwechsel: Robotik wird nicht von außen in die Werkstatt hinein gedacht, sondern aus der Werkstatt heraus definiert. Dadurch entstehen Lösungen, die robust, anwendungsnah und anschlussfähig sind und die tatsächlichen Anforderungen des Handwerks berücksichtigen. Das Projekt zeigt somit exemplarisch, wie moderne Robotik im Handwerk nicht nur neue Technik darstellt, sondern gezielt unterstützende Arbeitsmittel werden kann, insbesondere bei wiederkehrenden, körperlich belastenden oder hochpräzisen Schleif- und Polierarbeiten.

Weitere Informationen zu dem Projekt: <https://lerosh.de>

Exoskelette für das Handwerk

Im Alltag vieler Handwerksbetriebe gehören körperlich belastende Tätigkeiten zum Alltag: schwere Lasten tragen, über Leitern arbeiten, auf unebenen Böden hantieren – all das fordert das Muskel-Skelett-System. Genau hier setzt das Projekt ReHopE an.

Ziel ist es, Exoskelette nutzbar zu machen, die speziell auf die Anforderungen des Handwerks zugeschnitten sind: ergonomisch, sicher, flexibel und leicht integrierbar. Dafür werden Bewegungsabläufe per Sensorik erfasst und ausgewertet. Somit können Fehlhaltungen erkannt, Belastungsmuster sichtbar gemacht werden. Gleichzeitig entsteht ein digitales Einsatzplanungs-Werkzeug, mit dem Betriebe entscheiden können, wann, wo und wie Exoskelette sinnvoll eingesetzt werden.

Damit die Exoskelette im ReHopE-Projekt wirklich praxistauglich werden, arbeiten Handwerksbetriebe aus verschiedenen Gewerken direkt an der Entwicklung mit. In Werkstatt- und Baustellentests wird gemeinsam erprobt, wie das System sich in reale Arbeitsabläufe integriert: Welche Bewegungen unterstützt es gut, wo schränkt es ein, wie schnell lässt es sich anlegen und einstellen? Rückmeldungen aus diesen Erprobungen fließen unmittelbar in die Weiterentwicklung von Passform, Bewegungsfreiheit und Bedienlogik ein. So entsteht ein Unterstützungswerkzeug, das nicht für das Handwerk gedacht, sondern mit dem Handwerk gestaltet wird.

Ein wichtiger Aspekt: Nicht Technik um ihrer selbst willen, sondern Technik als Unterstützung. Die Fachkraft bleibt Expertin – das Exoskelett hilft, körperliche Belastung zu reduzieren, Langlebigkeit im Beruf zu fördern und Arbeitsschritte ergonomischer zu gestalten.

Weitere Informationen zu dem Projekt: <https://rehope.offis.de>

Vom Prototyp zur Praxis – warum es Austausch braucht

In den Projekten der Förderlinie entstehen viele neue Ideen und Technologien: Werkzeuge, Plattformen, Prozesse, die zeigen, wie Handwerk in Zukunft aussehen kann. Doch damit diese Entwicklungen nicht in Projektdokumentationen oder Laborsituationen bleiben, braucht es Räume, in denen Erfahrungen geteilt, Fragen gestellt und Lösungen gemeinsam weitergedacht werden können. Digitalisierung wird schließlich nicht nur eingeführt, sie wird im Prozess der Arbeit gelernt – im Betrieb, in Werkstätten, in Ausbildungssituationen. Genau an diesem Punkt beginnt die Arbeit des Begleitforschungsprojekts Handwerk mit Zukunft (HaMiZu).

Mit HaMiZu – Handwerk mit Zukunft wird die Förderlinie wissenschaftlich begleitet. Konsortialführer des Projekts ist das Heinz-Piast-Institut für Handwerks-technik (HPI). Während die neun Verbundprojekte neue digitale Technologien gemeinsam mit Handwerksbetrieben entwickeln und erproben, sorgt HaMiZu dafür, dass diese Erfahrungen sichtbar werden und über Projektgrenzen hinweg geteilt werden können.

HaMiZu beobachtet, vernetzt und ordnet ein. In Gesprächen, Workshops und Betriebseinblicken wird sichtbar, welche digitalen Lösungen in welchen handwerklichen Kontexten tatsächlich funktionieren – und an welchen Stellen sie angepasst werden müssen. Dabei treten oft ähnliche Herausforderungen auf: Wie lässt sich eine neue Technologie in bestehende Arbeitsabläufe integrieren? Welche Routinen verändern sich? Und welche Voraussetzungen brauchen Betriebe und Mitarbeitende, um sie sinnvoll einsetzen zu können? Aus diesen Erfahrungen entwickelt HaMiZu Orientierung und Übersetzung: Wissen aus einzelnen



Exoskelett im Handwerk als Unterstützungssystem für körperlich belastende Tätigkeiten (Quelle: Projekt ReHopE)

Projekten wird so aufbereitet, dass es für andere Betriebe, Bildungsstätten und Netzwerke anschlussfähig wird – praxisnah, verständlich und direkt nutzbar.

Von der Technologie zur Lernsituation

Wenn neue Technologien in Betrieben Einzug halten, verändern sich nicht nur Werkzeuge auch Lern- und Arbeitsprozesse verschieben sich. In HaMiZu wird genau diese Perspektive fokussiert: Wie kann das Wissen, das in den Projekten entsteht, so aufbereitet werden, dass es für Ausbildung und Weiterbildung direkt nutzbar wird?

Dafür werden die technologischen Neuerungen nicht abstrakt beschrieben, sondern am realen Arbeitsprozess im Handwerk verankert. Gemeinsam mit den Projektteams und beteiligten Betrieben wurden zunächst ein konkreter Arbeitsablauf identifiziert und zwar dort, wo eine Technologie etwas verändert: etwa bei der digitalen Gestaltung eines Tortendekors, beim Trainieren eines Roboterschleifsystems oder beim ergonomisch unterstützten Montieren mit einem Exoskelett.

Auf dieser Grundlage entwickelt das HPI Lernsituationen, die Lernenden ermöglichen, diesen Prozess selbstständig und handlungsorientiert nachzuvollziehen. Es geht dabei nicht um das Erlernen der Technik an sich, sondern darum, wie sich Arbeitsweisen durch Technik verändern und wie diese Veränderungen begreifbar und lernbar werden.

Um die Ergebnisse nachhaltig nutzbar zu machen, entsteht derzeit eine Handreichung, die die entwickelten Lernsituationen aus allen Projekten der Förderlinie dokumentiert. Sie richtet sich insbesondere an überbetriebliche Bildungsstätten, Berufsschulen und Betriebe, die neue Technologien in Lern- und Arbeitsprozessen verankern möchten.

Die Veröffentlichung erfolgt in Kürze.

Weitere Informationen zu dem Projekt: <https://www.hamizu.de>

Silke Thiem,
Heinz-Piest-Institut für Handwerkstechnik

Ausbildung, Beruf und Weiterbildung im DVS

Junge Menschen für die Fügetechnik begeistern

Der DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. setzt sich national und international für die Nachwuchsförderung in der Fügetechnik ein. Mit vielfältigen Formaten und praxisnahen Angeboten spricht der Verband gezielt junge Menschen an und bietet ihnen attraktive Möglichkeiten zur beruflichen Orientierung und Weiterentwicklung. Damit leistet der DVS einen wichtigen Beitrag zur Sicherung des Fachkräftenachwuchses in Industrie und Handwerk.

In diesem Jahr zeigte der DVS auf der Weltleitmesse SCHWEISSEN & SCHNEIDEN, wie sich technisches Interesse bei jungen Menschen wecken und fördern lässt: Mit einem klaren Fokus präsentierte sich der Verband im September 2025 als zentrale Anlaufstelle für Schüler, Auszubildende und Studierende auf der Messe. Über 37.000 Gäste aus 100 Nationen kamen nach Essen. Dort präsentierten mehr als 800 Aussteller aus 44 Ländern ihre neuesten Technologien auf dem Messegelände der Ruhrmetropole.

Der DVS ist Partner der SCHWEISSEN & SCHNEIDEN und war mit dem rund 600 Quadratmeter großen Stand der DVS Group für viele der erste Anlaufpunkt auf der Messe. Hier bot er nicht nur Informationen über Bildungsangebote und Forschungsprojekte, sondern auch praxisnahe Einblicke in moderne Fügetechnologien – wie beim handgeführten Laserstrahlschweißen. Im Zentrum der Aktivitäten standen neben dem fachlichen Austausch die beiden DVS-Wettbewerbe „Jugend schweißt“ und die International Welding Competition, die jungen Talenten eine Bühne bieten, um ihr Können zu zeigen und sich mit Gleichgesinnten zu vernetzen.

Ein Highlight war auch der erstmals durchgeführte YOUNGSTERTAG auf der SCHWEISSEN & SCHNEIDEN. Hier kamen Schüler, Auszubildende und Studierende in den direkten Kontakt mit Fachleuten und Unternehmen. Sie hatten die Möglichkeit, Fragen zu

stellen und sich über Karrierewege in der Fügetechnik zu informieren. Für Ausbilder war dieser Tag eine ideale Gelegenheit, junge Menschen gezielt auf die vielfältigen Möglichkeiten im DVS aufmerksam zu machen und sie zur aktiven Teilnahme zu motivieren.

„Für uns ist die Nachwuchsförderung eine Herzensangelegenheit. Besonders stolz sind wir auf unseren Bundeswettbewerb „Jugend schweißt“, der in diesem Jahr sein 30-jähriges Jubiläum feiert. Darüber hinaus haben zahlreiche Schüler und Studierende in diesem Jahr Einladungen zur Messe erhalten, um die Fügetechnik in ihrer ganzen Bandbreite kennenzulernen. Wir freuen uns darauf, sie auf ihrem Weg durch die Füge-, Trenn- und Beschichtungstechnik zu begleiten und zu fördern. Gerne verfolgen wir, wie die Nachwuchskräfte ihre Fähigkeiten weiterentwickeln und die Schweißtechnik mit neuen Ideen bereichern“, betont Dr.-Ing. Roland Boecking, Hauptgeschäftsführer des DVS.

30 Jahre DVS-Bundeswettbewerb „Jugend schweißt“

Ein weiterer Höhepunkt der Weltleitmesse SCHWEISSEN & SCHNEIDEN 2025 war die feierliche Eröffnung des DVS-Bundeswettbewerbs „Jugend schweißt“ durch DVS-Präsidentin und Präsidentin der IHK Koblenz, Susanne Szczesny-Oßing, sowie durch DVS-Hauptgeschäftsführer Dr.-Ing. Roland Boecking.



Gruppenbild „Jugend schweißt“ (Foto: Lichtschacht/DVS)



Der Pokal „Jugend schweißt“ gehört den Gewinnern.
(Foto: Lichtschacht/DVS)

Der Wettbewerb, der in diesem Jahr sein 30-jähriges Jubiläum feierte, ist das bedeutendste Nachwuchsformat in der schweißtechnischen Branche. Seit 1995 bietet der DVS damit jungen Menschen eine Bühne, um ihr Können unter Beweis zu stellen – und begeistert damit seit drei Jahrzehnten Auszubildende, Fachkräfte und Ausbildungsbetriebe gleichermaßen.

Alle zwei Jahre treten die besten Nachwuchstalente aus Handwerk und Industrie gegeneinander an – koordiniert von der DVS-Bundesarbeitsgruppe „Jugend schweißt“. Der Wettbewerb zählt heute zu den größten Berufswettbewerben in Deutschland. Er hat in den vergangenen Jahrzehnten maßgeblich dazu beigetragen, die jeweils nächste Generation von schweißtechnischen Fachkräften zu fördern und zu inspirieren.

„Jugend schweißt“ ist ein mehrstufiger Wettbewerb, der mit lokalen Vorrunden in den DVS-Bezirksverbänden beginnt. Wer dort als Siegerin oder Sieger in

seiner Disziplin hervorgeht, darf beim DVS-Landeswettbewerb antreten. Die Gewinner auf Landesebene reisen im Anschluss zum DVS-Bundeswettbewerb.

Für junge Menschen im Alter von 16 bis 23 Jahren ist „Jugend schweißt“ mehr als ein Wettbewerb: Es ist eine Chance, sich mit Gleichgesinnten zu vernetzen, von erfahrenen Fachleuten zu lernen und die eigenen Fähigkeiten in einem praxisnahen Umfeld weiterzuentwickeln. So stärkt die Teilnahme am DVS-Wettbewerb „Jugend schweißt“ nicht nur das Selbstbewusstsein und die beruflichen Perspektiven, sondern trägt auch zur Sicherung des Fachkräftebedarfs in der Schweißtechnik bei.

Dass der DVS-Wettbewerb auf Bezirks-, Landes- und Bundesebene stattfinden kann, ist vor allem dem großen Einsatz zahlreicher haupt- und ehrenamtlicher Unterstützerinnen und Unterstützer zu verdanken. Sie sorgen dafür, dass die Teilnehmenden optimal vorbereitet sind. So trainieren viele Jugendliche außerhalb ihrer Arbeitszeit am Abend oder am Wochenende. Sie werden von der Arbeit freigestellt oder nehmen Urlaubstage, um beim Wettbewerb dabei zu sein. Dies gilt für die Betreuenden ebenso wie für die Teilnehmenden. Spätestens hier zeigt sich, welches Maß an Motivation jeder Einzelne einbringt. „Wenn die jungen Menschen im Wettbewerb stehen und mit großem Ehrgeiz und Einsatzwillen ihre Fähigkeiten unter Beweis stellen – dann wissen wir, wofür wir das alles tun“, betont Hans-Jörg Herold, Vorsitzender der DVS-Bundesarbeitsgruppe „Jugend schweißt“.

In vier Einzeldisziplinen wurden die Könnner ihres Fachs gesucht: im Gasschweißen (G), im Wolfram-Inertgasschweißen (WIG), im Lichtbogenhandschweißen (E) und im Metall-Aktivgasschweißen (MAG). Im Gruppenwettbewerb setzten sich folgende Teams durch: Die Goldmedaille sicherte sich das Team aus Westfalen, den zweiten Platz belegte das Team aus Hamburg/Schleswig-Holstein und den dritten Platz sicherte sich das Team aus Rheinland-Pfalz.

International Welding Competition – Nachwuchstalente im weltweiten Vergleich

Neben dem DVS-Wettbewerb „Jugend schweißt“ findet alle vier Jahre der internationale Schweißwettbewerb, die International Welding Competition statt. Seit über 15 Jahren bietet dieser Wettbewerb jungen Fachkräften aus verschiedenen Ländern die Möglichkeit, ihr Können unter realen Bedingungen zu zeigen und sich mit Kolleginnen und Kollegen aus aller Welt auszutauschen.

Zur SCHWEISSEN & SCHNEIDEN 2025 lud der DVS Teams aus insgesamt 13 Nationen ein, um das weltweit beste Team im Schweißen zu ermitteln. Teilnehmende Gruppen aus Bosnien-Herzegowina, Bulgarien, China, Griechenland, Indien, Italien, Rumänien,

Schweiz, Serbien, Spanien, Tschechien und der Ukraine sowie ein Team aus dem Gastgeberland Deutschland präsentierten ihre Fertigkeiten in verschiedenen Schweißverfahren und zeigten eindrucksvoll, wie hoch das Niveau der Ausbildung weltweit ist.

Besondere Aufmerksamkeit zog das indische Team auf sich, da es ausschließlich aus jungen Schweißrinnen bestand – ein Novum in der Geschichte des Wettbewerbs. Die fünf Teilnehmerinnen hatten sich in ihrem Heimatland qualifiziert und zeigten, dass die Fügetechnik auch für Frauen attraktive berufliche Perspektiven bietet.

Nachwuchsförderung mit Tradition und Zukunft

Mit seinen bekannten und neuen Formaten zeigt der DVS, wie gezielte Nachwuchsförderung funktionieren und gleichzeitig Spaß machen kann. Mit dem DVS-Bundeswettbewerb „Jugend schweißst“, der International Welding Competition und dem YOUNGSTERTAG schafft der Verband praxisnahe Zugänge für junge Menschen – und bietet ihnen echte Perspektiven für Ausbildung und Beruf.

Für Ausbilder, Berufsschulen und Unternehmen ergeben sich daraus wertvolle Anknüpfungspunkte: Sie können junge Talente gezielt auf die Angebote des DVS aufmerksam machen, zur Teilnahme motivieren und ihnen den Weg in eine zukunftsorientierte Branche ebnen. Die hohe Beteiligung, das Engagement der Teilnehmenden und die internationale Vernetzung zeigen: Die Fügetechnik bietet nicht nur spannende technische Herausforderungen, sondern auch vielfältige Entwicklungsmöglichkeiten für die kommende Generation.

*Thomas Schneidewind und Isabel Nocker,
DVS – Deutscher Verband für Schweißen und
verwandte Verfahren e. V.*

Weiterführende Links:

www.dvs-home.de
www.dvs-home.de/next-generation
www.dvs-home.de/bildung
www.jugend-schweisst.de



V.l.n.r.: Die Goldmedaille sicherte sich das Team aus Westfalen, den zweiten Platz belegte das Team aus Hamburg/Schleswig-Holstein und das Team Rheinland-Pfalz sichert sich den dritten Platz in der Teamwertung beim DVS-Bundeswettbewerb. (Quelle: Lichtschacht/DVS)

Impressum

Gefördert durch:



**Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie**

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Beratungsstellen für
Innovation und
Technologie

Idee und Redaktion: Dipl.-Phys. Udo Albrecht, Koblenz

Herausgeber: tibb e. V.
junge technologien in der beruflichen bildung
c/o Handwerkskammer Koblenz
August-Horch-Straße 8
56070 Koblenz

Internetadresse: www.tibb-ev.de

Vorsitzender: Dr.-Ing. Friedhelm Fischer, Koblenz

stellvertretende
Vorsitzende: Werner Krassau, Hamburg
Dipl.-Ing. Markus Klemmt, Hannover

Schatzmeister: Dipl.-Phys. Udo Albrecht, Koblenz

Beisitzer:
Dipl.-Ing. Arno Momper, Düsseldorf
Dipl.-Ing. Johann Dausenau, Ransbach-Baumbach
Dipl.-Ing. Peter Schlüter, Iserlohn
Dr.-Ing. Hartmut Müller, Jena
Ulrike Längert, Hilden
Dipl.-Ing. Hans-Peter Wendorff, Hannover
Dipl.-Ing. Dennis Weiler, Koblenz
Dipl.-Ing. Gerhard Hoffmann, Solingen
Dipl.-Ing. Gerhard von Kulmiz, Mönchengladbach

Innovationsraum Erneuerbare Energien

Praxis, Digitalisierung und Nachhaltigkeit als Schlüssel für die Energiewende im Handwerk

Die Energiewende stellt das Handwerk vor komplexe Herausforderungen: Die Integration erneuerbarer Energien, die Digitalisierung von Gebäudetechnik und die Entwicklung nachhaltiger Wertschöpfungsketten erfordern neue Kompetenzen und innovative Lösungen. Mit dem Innovationsraum Erneuerbare Energien hat die Handwerkskammer Koblenz nun ein bundesweit einzigartiges Schulungs- und Demonstrationszentrum geschaffen, das diese Anforderungen praxisnah vermittelt und in dem die Gewerke übergreifende Qualifizierung von Fachkräften aus den „Klimagewerken“ Elektro- und Versorgungstechnik zu Themen der erneuerbaren Energiegewinnung- und Speicherung sowie moderner Gebäudetechnik anhand praxisnaher Beispiele stattfinden kann.

Systemintegration und Praxisnähe als Leitbild

Im Innovationsraum werden Technologien aus den Bereichen wie Photovoltaik, Solarthermie, Wärmepumpen, Hybridkollektoren, Energiemanagementsysteme (EMS), Smart Home und Gebäudeautomation sowie die ganzjährige Speicherung und Abgabe von Energie mittels Wasserstoff gewerkeübergreifend vermittelt.

Das Besondere: Dank eines Inselnetzsystems ist der Innovationsraum als autarkes System zu nutzen und wird damit insgesamt zum Lernträger.

Die technische Ausstattung folgt dem Prinzip der Systemintegration:

- Eine vernetzte PV-Anlage mit Pufferbatterie ermöglicht Inselnetzbetrieb und Notstromversorgung.
- Eine Ladesäule für Elektrofahrzeuge ist direkt mit dem EMS verbunden und erlaubt die praxisnahe Schulung von Ladeinfrastruktur und Energiemanagement.
- Digitale Schnittstellen verbinden die PV-Anlage mit Wärmepumpe, Klimaanlage und einer Kleinwindkraftanlage und demonstrieren deren Verknüpfung unter realen Bedingungen.
- Ein Speichergerät wandelt solare Überschussenergie in Wasserstoff um, der als Langzeitspeicher dient und bei Bedarf rückverstromt werden kann – ein Ansatz, der die saisonale Speicherung und Nutzung erneuerbarer Energie ermöglicht.
- Schulungsstände mit Smart-Home- Komponenten sowie Wärme- und Versorgungstechnik zeigen die enge Vernetzung der Gewerke und deren Fachrichtungen.

Digitalisierung als Motor für Innovation und Effizienz

Die Digitalisierung ist integraler Bestandteil des Innovationsraums. Die Teilnehmer arbeiten mit digitalen Solar-Messgeräten, einem Wallscanner zur Leitungsprüfung im Mauerwerk und einem Labornetzgerät zur Simulation und Abbildung von Sonnenverläufen. Die Planung und Analyse erfolgt mit einem digitalen 3D-Planungstool, Live-Daten werden über Cloud-Anbindung visualisiert und ausgewertet.

Die Ausstattung erlaubt es, Energiemanagement und Gebäudevernetzung nicht nur theoretisch zu erfassen, sondern an realen Anlagen zu erproben und zu optimieren. Als „offenes System“ gestaltet, kann der Lehrraum als eine Art „Reallabor“ jederzeit an aktuelle Entwicklungen und Neuigkeiten angepasst werden.

Lehrsysteme für die nächste Generation der Gebäudetechnik

Die praxisorientierten Schulungen umfassen sicherheitsrelevante Messungen, den Vergleich von AC- und DC-Ladesystemen sowie die Simulation geographischer PV-Szenarien. Ergänzt wird das Angebot durch Schulungsstände für Solarthermie, Wärmepumpen, Heizungshydraulik und Abwassertechnik, die einen ganzheitlichen Blick auf die Gebäudetechnik und deren energetische Optimierung ermöglichen. Daneben stehen auch moderne Lehrsysteme für kontrollierte Wohnraumlüftung (KWL), Smart Home und digitale Heiztechnik im Fokus. Die KWL-Anlage ist maßstabsgetreu und mit realen Komponenten ausgestattet, die Betriebsparameter werden über Tablet und Webbrowser visualisiert.

Für die Heizungs- und Wärmepumpentechnik stehen modulare Schulungsstände zur Verfügung, die den hydraulischen Abgleich, die Integration smarter Komponenten und die Digitalisierung bestehender Systeme ermöglichen.

Mit einem kompakten Hausmodell können praxisnahe Inhalte aus den Bereichen Gebäudeautomation, Raumklima- und Komfortsteuerung sowie Sicherheitsfunktionen wie Rauchmelder und Wassersensoren vermittelt werden. Die Lernziele reichen hierbei von der Planung und Installation über den Betrieb und die Wartung bis zur energetischen Optimierung und dem Aufbau von Beratungskompetenz.

Hohe Bedeutung für Fachkräftequalifizierung und regionale Wertschöpfung

Der Innovationsraum Erneuerbare Energien ist ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

gefördertes Projekt und in seiner Ausrichtung bundesweit einzigartig. Davon überzeugte sich auch jüngst die Parlamentarische Staatssekretärin im BMWG Gitta Connemann, die das Schulungs- und Demonstrationzentrum im Rahmen eines Besuches bei der Handwerkskammer Koblenz seiner Nutzung übergab.

„Mit dem Innovationsraum Erneuerbare Energien hat die Handwerkskammer Koblenz einen einzigartigen Ort geschaffen. Dort werden Digitalisierung und Nachhaltigkeit im und für das Handwerk erlebbar. Hier werden die Fachkräfte von morgen praxisnah und gewerkeübergreifend ausgebildet. Modernste Technik bereitet sie auf die Herausforderungen der Energiewende vor. Innovative und vernetzte Technologien eröffnen neue Chancen für das Handwerk. Dieses Engagement ist förderwürdig. Deshalb haben wir für die technische Ausstattung rund 440.000 Euro an Fördermitteln bereitgestellt.“ so Connemann und machte auch klar, warum diese Investition gerade im Handwerk besonders gut angelegt ist: „Unser Handwerk ist das Rückgrat des deutschen Mittelstandes – mit über einer Million Betrieben. Es sichert Wertschöpfung in den Regionen vor Ort, schafft Ausbildungsplätze und gestaltet auch unsere Energiewende.“

Hauptgeschäftsführer Ralf Hellrich griff diese Gedanken auf und ergänzte: „Die Energiewende gelingt letztendlich nur mit dem Handwerk – und mit Men-

schen, die bereit sind, neue Wege zu gehen. Unsere Betriebe stehen im Zentrum der Energiewende – sie sind es, die innovative Technik in die Praxis bringen und nachhaltige Lösungen bei den Menschen vor Ort umsetzen. Wir sind stolz darauf, mit Unterstützung des BMWG einen Innovationsraum anbieten zu können, der technischen Fortschritt in Theorie und Praxis erlebbar macht und damit die Wettbewerbsfähigkeit des Handwerks stärkt.“

Als Beratungs- und Demonstrationsraum zur Nutzung verschiedener Zielgruppen wie z. B. durch die Innovations- und Technologieberater sowie zur Durchführung von Lehr- und Informationsveranstaltungen in der Aus- und Weiterbildung trägt das Angebot nun aktiv zum Innovations- und Technologietransfer bei.

Die konsequente Systemintegration, die gewerkeübergreifende Ausbildung und die enge Verzahnung mit aktuellen Technologien machen ihn zu einem zentralen Baustein der Fachkräftesicherung und der erfolgreichen Umsetzung der Energiewende. Für die Handwerksbetriebe in der Region und darüber hinaus eröffnet er neue Perspektiven und trägt dazu bei, Innovationen aus der Theorie in die Praxis zu bringen – genau dort, wo sie gebraucht werden.

*Kristina Schmidt,
Handwerkskammer Koblenz*



Der neue „Innovationsraum Erneuerbare Energien“ wurde feierlich durch Staatssekretärin Gitta Connemann (Mitte) und Kurt Krautscheid (rechts) sowie Ralf Hellrich, Präsident und Hauptgeschäftsführer der HwK, als Demonstrations-, Schulungs- und Beratungszentrum eröffnet. (Foto: Michael Jordan)

Im tibb-Fokus: Physikalisch-Technische Bundesanstalt und Open-Hybrid LabFactory e. V.

Herbst-Exkursion ging diesmal nach Braunschweig und Wolfsburg

Vom 10.–11. September 2025 bot sich 16 Mitgliedern des tibb e. V. erneut, wie in den vergangenen Jahren, eine Plattform für fachlichen Austausch und das Kennenlernen aktueller, innovativer Projekte.

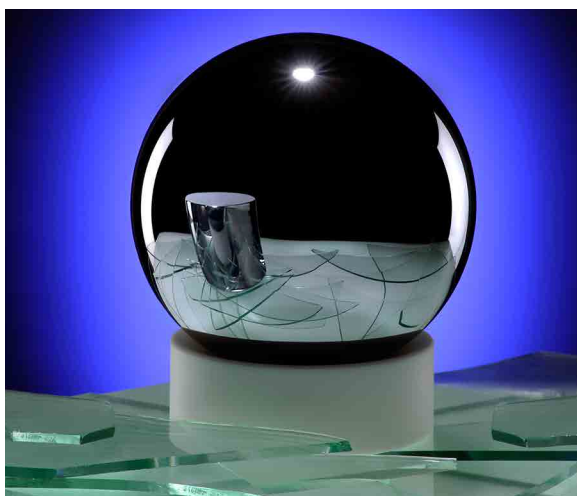


Dr. Dr. Jens Simon hält die Teilnehmer der tibb-Exkursion mit seinem Vortrag über die Geschichte und die Aufgaben der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Bann. (Foto: Udo Albrecht)

Tag 1: Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Dr. Dr. Jens Simon, Leiter der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB), faszinierte die 16-köpfige Besuchergruppe des tibb e. V. bei seiner Begrüßung zu den Hintergründen der Metrologie. Die Wissenschaft vom Messen ist die Kernaufgabe der PTB. Die Geschichte des Ur-Meters sowie die des Ur-Kilogramms standen am Anfang seines spannenden Vortrags.

Danach ging es ein paar Schritte über das PTB-Gelände zum „Solarmodultubus“. Im Neubau der Arbeitsgruppe Solarmodule erläuterte uns deren Leiter Dr. Stefan Riechelmann die Forschungsaktivitäten, die sowohl an Labormessplätzen sowie an Freifeldmessplätzen stattfinden. Hier ist neben der Messung elektrischer Parameter auch die Berücksichtigung von Wind- und Winkelabhängigkeiten möglich.



Mit einer Kugel aus einem hochangereicherten ^{28}Si -Einkristall wurde 2010 die Avogadro-Konstante so genau wie nie zuvor gemessen. Der so ermittelte Wert war ein Meilenstein auf dem Weg zur Neudefinition des Kilogramms auf der Basis einer in ihrem Wert festgelegten Fundamentalkonstanten. (Foto: PTB Braunschweig)

Zielsetzung: Konsistente Kalibrierung gemäß der IEC 61853 Energy Rating Normreihe.

Forschungsschwerpunkte:

- Pränormativer Ansatz zur Abschätzung von Solarmodulen, um Einflussfaktoren auf Leistung zuverlässig zu erfassen.
- Einsatz von Laserlicht zur verbesserten Charakterisierung von Prüflingen und zur Reduktion von Messunsicherheiten.
- Entwicklung neuer Messmethoden zur präzisen Charakterisierung von Sonnensimulatoren, um Messunsicherheiten weiter zu minimieren.



Die PTB nimmt bei der Solarzellenkalibrierung die weltweit führende Position ein. Dr. Stefan Riechelmann erläutert den Exkursionsteilnehmern des tibb e. V. Aufgaben und Funktion des Solarmodultubus. (Foto: Udo Albrecht)

Großes BMWi-Vorhaben:

- Umrüstung des bestehenden Sonnensimulators auf einen bifazialen Messbetrieb mit beidseitigen Lichtquellen.
- Aufbau eines Freifeldmessplatzes zur primären Rückführung von Solarmodulen durch Sonnensichtmessungen.

Auch Fragen aus dem privaten Umfeld der Teilnehmer (Solarmodule auf Dächern) wurden ausführlich beantwortet.

Nach diesen spannenden Einblicken in die Messmethoden von Solarmodulen ging es weiter über das Freigelände zum Vortrag von Dr. Timmermann über Quantentechnologie.

Die Politik fördert die Erforschung des Kleinen mit großen Mitteln – aus Überzeugung, die wirtschaftliche und gesellschaftliche Zukunft gestalten zu können. Die Rede ist von der Quantenwelt: Objekte und

Phänomene, die bisher im Dunkeln lagen, werden zunehmend steuerbar. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gewinnen immer stärker die Regie in dieser Welt. Die Bandbreite reicht von sicherer Quantenkommunikation über Quantencomputer mit enormen Rechenkapazitäten bis hin zu Quantensimulationen chemischer Reaktionen und Quantensensoren für die medizinische Diagnostik.

Daraus erwachsen gigantische technologische Versprechen mit hohen wirtschaftlichen Potenzialen. Ihre Ausschöpfung wird breit gefördert: durch das milliardenschwere Förderprogramm Quantum Technologies Flagship der Europäischen Kommission und durch nationale Ergänzungsprogramme. Gleichzeitig arbeiten große, traditionsreiche Unternehmen ebenso wie Start-ups an Entwicklungen, die neue QT-basierte Produkte auf den Markt bringen sollen. Wie die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) zu Beginn der Quantenmechanik die Messkunst vorangetrieben hat, treibt sie heute die messtechnischen Möglichkeiten der Zweiten Quantenrevolution voran – mit neuen Generationen von Atomuhren, noch präziseren elektrischen Standards und innovativen Messmethoden in der Medizin. Die Grundlagen der Quantenmessung münden zudem in konkrete Anwendungen. Um diese Anwendungen für die wirtschaftliche Entwicklung der Quantentechnologie nutzbar zu machen, wurde unlängst das Quantum-Technologie-Kompetenzzentrum QTZ gegründet.

Als letzter Referent kam Andreas Barthel, Sachgebietsleiter Technologietransfer zu Wort. In seinem Vortrag erhielten wir wertvolle Hinweise zur Start-up Szene der PTB.

Im Jahr 2005 hat das Präsidium ein Leitbild zum Technologietransfer verabschiedet. Es definiert die Rahmenbedingungen für die Förderung von Innovationen aus der PTB und ist Bestandteil des QM-Systems der Behörde. Damit präzisiert es die Anforderungen des

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig

In Braunschweig und Berlin kommt die Zeit aus Atomuhren, erstrecken sich Längen bis hinab in die Nanowelt, wird an grundlegenden Fragen zu den physikalischen Einheiten geforscht, und in den Laboratorien werden Messgeräte für höchste Genauigkeitsansprüche kalibriert. Damit gehört die Physikalisch-Technische Bundesanstalt zu den ersten Adressen in der internationalen Welt der Metrologie. Als nationales Metrologieinstitut Deutschlands ist die PTB oberste Instanz bei allen Fragen des richtigen und zuverlässigen Messens. Sie ist technische Oberbehörde des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE) und beschäftigt rund 1900 Mitarbeitende.

Einheiten- und Zeitgesetzes im Hinblick auf die „Förderung des Technologietransfers“.

Technologietransfer zählt bei der PTB zum Kernangebot: Er soll Wissenschaft und Wirtschaft stärker koppeln und damit dem politischen Auftrag folgen. Die Verstärkung des Technologietransfers in die deutsche Wirtschaft ist ein mit dem BMWE vereinbartes Ziel. Unter Technologietransfer versteht die Behörde alle Aktivitäten, die zu einer wirtschaftlichen Verwertung ihrer Forschungsergebnisse führen.

Ausgründungen sind ein wertvoller Beitrag zum Technologietransfer. Die PTB berät Gründerinnen und Gründer bei rechtlichen und organisatorischen Fragen und bietet bei Bedarf Vermietungen sowie Nutzungsüberlassungen an. Zukünftig sollen Mitarbeitende sowohl im Bereich Ausgründungen als auch in Forschungskooperationen zeitweise für externe Firmen tätig sein können, um Kompetenzen, Netzwerke und Ressourcen optimal zu nutzen – im Einklang mit Richtlinien und dem Auftrag der Behörde.

Tag 2: Open-Hybrid LabFactory (OHLF), Wolfsburg

Die Begrüßung der 16 Teilnehmer des tibb e. V. übernahm Dipl.-Chem. Elisabeth Stammen, Abteilungsleiterin am Institut für Füge- und Schweißtechnik der TU Braunschweig – Bereich Klebetechnik.

Nach einer kurzen Einführung durch Geschäftsführer Dr. Stefan Schmitt zum Forschungscampus OHLF e.V. wurden in einem Rundgang die Ziele und Themenfelder wie z. B. „Leichtbau und Kreislaufwirtschaft“ im zukunftsorientierten und nachhaltigen Automobilbau erläutert: Der Campus forscht beispielsweise an der Senkung des CO₂-Footprints und an der Rückgewinnung strategischer Rohstoffe mit modernsten Technologien. Der OHLF ist ein vom Bundesministerium für Forschung, Wissenschaft und Raumfahrt besonders geförderter Campus, auf dem Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Vertreterinnen und Vertreter der Industrie gemeinsam unter einem Dach forschen. In gemeinsamen Projekten werden neue Ansätze für die Mobilität von morgen entwickelt.



Dr. Stefan Schmitt präsentiert den tibb-Mitgliedern die Reallabore der Open-Hybrid LabFactory. (Foto: OHLF)



Anwendungsorientierter Transfer von Forschungsergebnissen: Auch Physikalisch-Technischen Bundesanstalt Braunschweig wird eine wichtige Rolle spielen. Einem Fokus auf Start-ups sowie kleine und mittelständische Unternehmen.



in den Laboren des Quantentechnologie-Kompetenzzentrums der
ichtige Basis für industrielle Entwicklungen geschaffen – mit besonde-
men (KMU). (Foto: Udo Albrecht)

In einem hochmodernen Gebäude mit 200 Arbeitsplätzen und einem Technikum im Industriemaßstab finden die Partner eine Infrastruktur vor, die den gesamten Innovationsprozess „von der Idee bis zum fertigen Bauteil“ ermöglicht. Das Technikum steht zudem Nichtmitgliedern im Rahmen von Dienstleistungsverträgen offen.

Als Abschluss gab es noch drei Vorträge aus den Bereichen:

- Verarbeitung von biobasierten Werkstoffen, Güven Celebi, Joint Research Group
- Herausforderungen und Möglichkeiten des Design-4Recycling, Michael Griesse, Batteriekonzepte
- Digitale Zwillinge in der Produktionstechnik: Potentiale und Herausforderungen, Fynn Dierksen

Der Ausflug an die OHLF war nicht nur lehrreich, sondern auch inspirierend für alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Sie konnten erleben, welche innovativen Forschungsprojekte das OHLF mit den Partnern in Wolfsburg am Campus durchführt.

Fazit:

Diese Art von Exkursionen des tibb e. V. sind ein wichtiger Bestandteil der Aktivitäten, die dazu beitragen, den Austausch zwischen den Mitgliedern zu fördern und für die weitere Vereinsarbeit Einblicke in spannende und innovative Projekte zu erhalten.

Werner Krassau,
tibb e. V.



Forschung braucht Raum. Gruppenfoto im Zentrum der Forschungsfabrik für kreislauffähige Fahrzeugkonzepte. (Foto: OHLF)

Ein neuer Ansatz zur Fertigung von Bipolarplatten für Brennstoffzellen

Wasserstoff bietet für die Umsetzung der Energiewende Möglichkeiten, die bislang noch nicht voll ausgeschöpft wurden. Er kann vielfältig eingesetzt werden: als Energieträger, als Prozessgas und auch als Energiespeicher. Eine weithin bekannte Anwendung ist die Erzeugung elektrischer Energie mittels Brennstoffzellen. Hauptbestandteile von Brennstoffzellen sind die sogenannten Bipolarplatten. Eine Bipolarplatte besteht aus zwei Grundplatten, die gegensinnig geprägt, aufeinandergelegt, und dann verschweißt werden. Durch das Fügen der Grundplatten ergeben sich durch die eingeprägten Vertiefungen Kanäle. Diese Kanäle dienen der Versorgung der Brennstoffzelle mit Sauerstoff, Wasserstoff und Kühlwasser.

Damit eine Brennstoffzelle eine verwertbare elektrische Leistung liefern kann, sind in ihr mehrere Einzelzellen zusammengeschaltet. Bipolarplatten bilden Anoden und Kathoden von Einzelzellen.

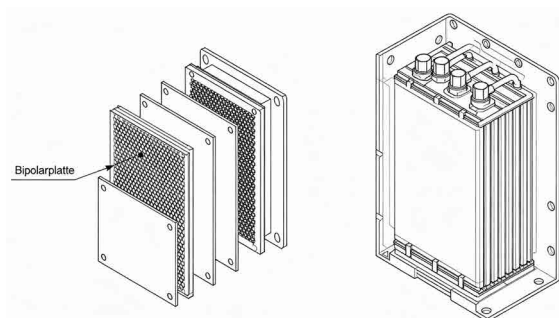


Bild 1: Aufbau einer Brennstoffzelle mit Bipolarplatten (Quelle: LMB Automation GmbH)

Bei der Herstellung der Platinen werden die Vertiefungen für die Kanäle mit einem Presswerkzeug eingeprägt. Nach der Prägung ist die Platine im nächsten Arbeitsschritt aus dem Grundblech herauszuschneiden. Danach werden die notwendigen Segmente und Löcher in die Platine geschnitten. Die Geometrie der Bipolarplatten wird durch das gewünschte bzw. erforderliche Design der Brennstoffzelle vorgegeben, die Zahl der Varianten steigt stetig. Nach dem Schneiden werden die Platinen so aufeinandergelegt, dass sich die erforderlichen Kanäle bilden. Durch ein Verschweißen der Platinen längs der Vertiefungen werden die benötigten Kanäle abgedichtet.

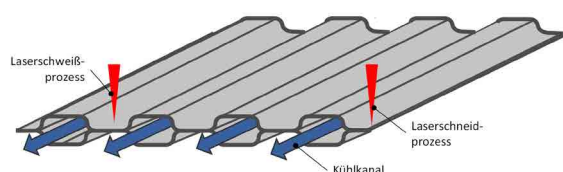


Bild 2: Grundaufbau einer Bipolarplatte (Quelle: LMB Automation GmbH)

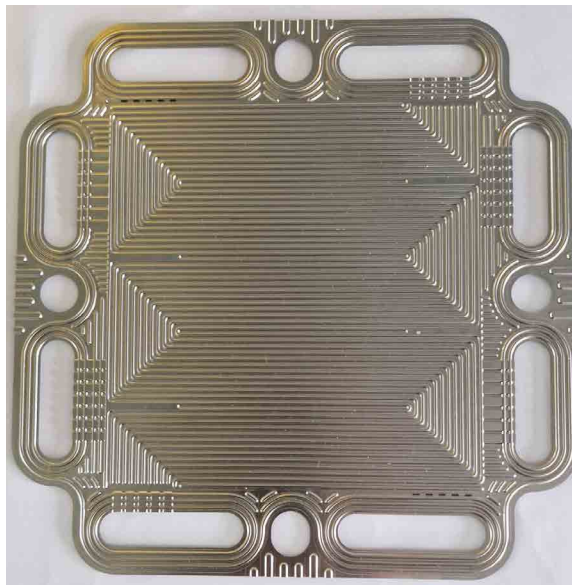


Bild 3: Beispiel einer Bipolarplatte (Quelle: LMB Automation GmbH)

Da es sich bei dem Grundmaterial um dünnes Edelstahlblech mit Dicken zwischen 0,05 und 0,1 mm handelt, ist ein lagerichtiges und wärmearmes Schweißen notwendig. Beide Bearbeitungen, Schweißen und Schneiden, können mit einem Laser präzise durchgeführt werden. Bei beiden Anwendungen kann mit jeweils recht hohen Vorschubgeschwindigkeiten gearbeitet werden (ca. 5 bis 10 m/min).



Bild 4: Verwendete Grundplatte (Quelle: LMB Automation GmbH)

Laserschneidanlage und Laserschweißanlage

Wenn zur Fertigung der Bipolarplatten zwei Anlagen benötigt werden, dann bedeutet dies für die Grundausstattung bereits eine hohe Investition.

Um die Kosten für die Grundausstattung zu reduzieren und damit auch kleineren Firmen den Einstieg in

die Brennstoffzellenfertigung zu ermöglichen, kam der Gedanke auf, beide Bearbeitungsmethoden in eine Anlage zu integrieren. Zur Umsetzung wurde eine Interessengemeinschaft gebildet, die im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie einen Antrag auf Förderung gestellt hat, der bewilligt wurde. Als Partner für die Umsetzung fanden zusammen:

- ILT, Institut für Lasertechnik der RWTH Aachen
- dLS, Zerspanungs- & Lasertechnik, Eschweiler
- Ingenieurbüro Düputell, Menden
- LMBA, LMB Automation GmbH, Iserlohn

Anmerkung der Redaktion: Das Institut für Lasertechnik der RWTH Aachen (ILT), die LMB Automation GmbH (LMBA) sowie deren Geschäftsführer und Autor dieses Artikels sind langjährige aktive Mitglieder des tjb e. V.

Das bereits abgeschlossene Projekt wurde als geförder-
tes ZIM-Projekt unter dem Kennzeichen LasProBi
KK5326902ZG1 durchgeführt.

Welche Hauptanforderungen ergaben sich für eine Umsetzung des Projektes?

- Schweißen und Schneiden der Grundelemente mit einem Laser und einer Optik
- Maschinenaufbau für das Schweißen und das Schneiden mit den entsprechenden Aufnahmen

und Spannvorrichtungen

- c. Lagerrichtige Ausrichtung der Grundplatten für die Bearbeitung über ein BV-System
- d. Programmerstellung für das Schweißen und Schneiden mit Technologiedatenbank
- e. Programmtechnische Verknüpfung von Scannerachsen und Servoachsen

Zu a.: Schweißen und Schneiden mit einem Laser

Für die Bearbeitung können sowohl Faserlaser wie auch Scheibenlaser eingesetzt werden. Die notwendige Leistung liegt bei ein bis zwei kW. Ausgerüstet wurde der eingesetzte Laser mit einer Faser $d = 0,1$ mm und einer Scanneroptik mit einer Feldgröße von 100×100 mm.

Um mit einer Scanneroptik auch Schneiden zu können, muss die Optik mit einer Schneiddüse erweitert werden. Zur Umsetzung wurde eine Optik mit einer Schneiddüse aufgebaut, die sich pneumatisch unter die Scanneroptik schwenken lässt. Die Ausrichtung der Zusatzoptik erfolgt in der Weise, dass der Laserstahl mittig in der Scanneroptik eingekoppelt wird. Die Position der Einkopplung befindet sich genau in der Mitte des Arbeitsfeldes der Optik. In dieser Position trifft der Laserstrahl senkrecht auf die Werkstückoberfläche, wie es beim Schneiden erforderlich ist.

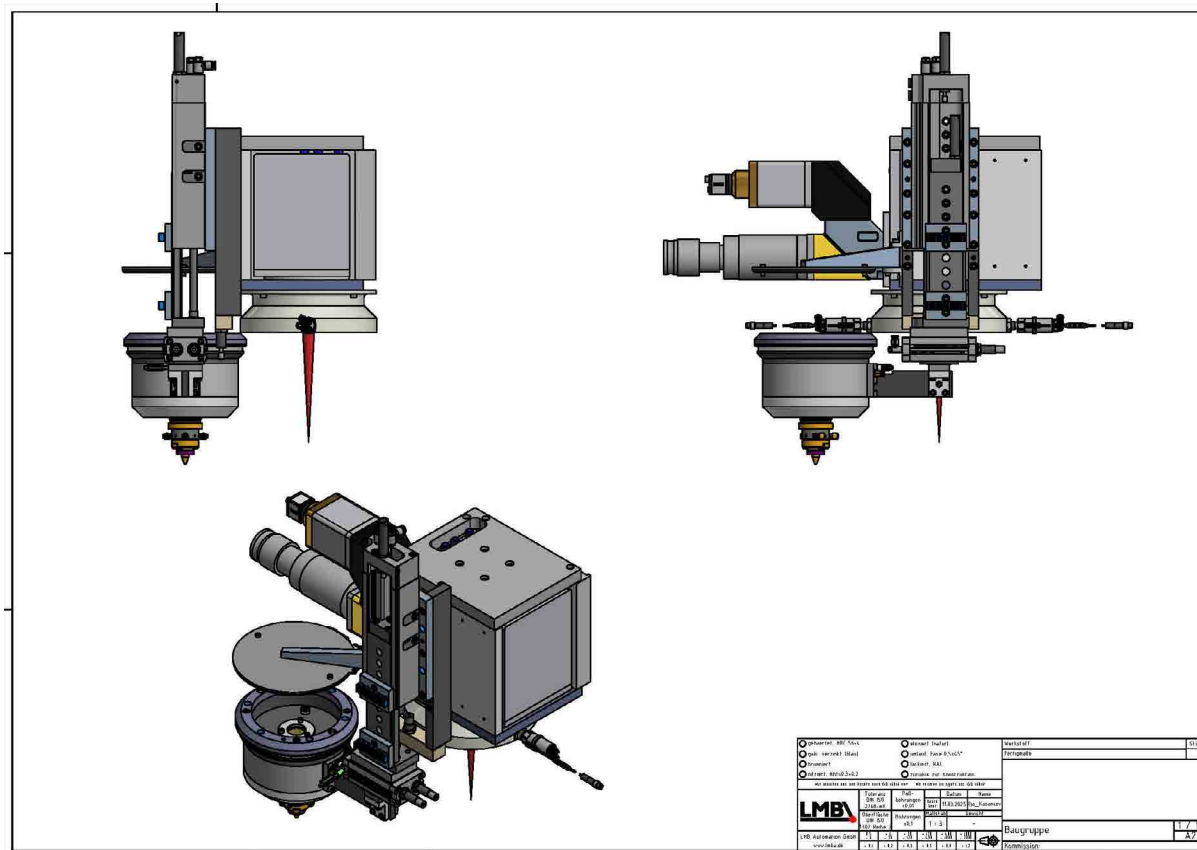


Bild 5: Scanneroptik mit schwenkbaren Schneiddüse (Quelle: LMB Automation GmbH)

Beim Einsatz einer Schneiddüse wird das aufgeschmolzene Material mit einem Gasjet, in diesem Falle Stickstoff, aus dem Schnittpalt herausgedrückt. Damit das geschmolzene Material beseitigt werden kann, muss die Aufnahmeplatte für die Grundplatten entsprechend der Schneidgeometrie mit Schlitzen versehen werden. Damit kein Staub die Optik des Scanners verschmutzt, ist die Schneiddüse mit einem Schutzglas nach oben hin verschlossen. Das Schutzglas ist vom Material und von der Beschichtung her so ausgelegt, dass der Laserstrahl ungehindert auf das Werkstück gelangen kann.

Nach dem Zurückschwenken der Schneiddüsenoptik in die Ausgangsposition wird von oben ein Deckel aufgesetzt, der den optischen Aufbau nach oben hin gegen Verschmutzung abdichtet. Das Ausschwenken der Schneiddüse ist notwendig, um den Spiegeln der Optik die Möglichkeit zu geben, den Strahl im gesamten Bearbeitungsfeld zu bewegen. Nur in der Nullposition kann der Strahl durch die Schneidoptik geleitet werden.

Zu b.: Maschinenaufbau

Für das Schweißen und Schneiden kann der gleiche Maschinenaufbau genutzt werden. Der Unterschied bei der Bearbeitung liegt jeweils in der Spanntechnik. Damit die Grundplatten geschnitten werden können, wird die Auflagenplatte für die Platinen an den Schneidpositionen mit Schlitzen versehen. Somit kann das geschmolzene Material mit dem Schneidgas nach unten abgeführt werden.

Zum Schweißen werden zusätzliche Spanner benötigt, die nach dem Einlegen der oberen Platine manuell oder pneumatisch in Position gebracht werden können.

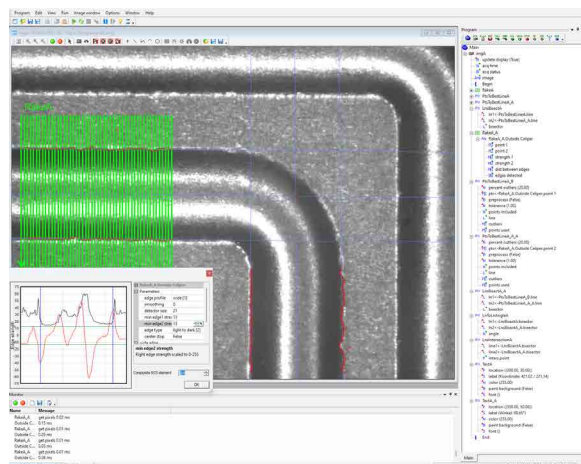


Bild 6: Scanbereich am Werkstück (Quelle: LMB Automation GmbH)

Zu c.: Lagerichtige Ausrichtung der Schweißkontur zum Werkstück

Da die Schweißungen sehr lagegenau durchgeführt werden müssen, wurde ein Kalibriemodus mittels

eines BV – Systems integriert. Dabei wird der Bereich, der zur Kalibrierung benutzt wird, mit einer Kamera abgescannt, um daraus die Linienführung mit einem Schnittpunkt für eine Justierung zu erhalten.

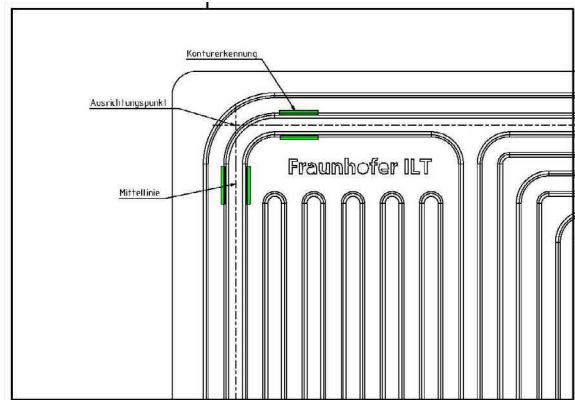


Bild 7: Generierung des Justierpunktes aus den gescannten Randlinien (Quelle: LMB Automation GmbH)

Zu d.: Programmerstellung für das Schweißen und Schneiden

Das Programm wurde so aufgebaut, dass eine eindeutige Zuordnung des Schneidens mit der nachfolgenden Schweißung gegeben ist. Weiterhin enthält das Programm eine Technologiedatenbank, die zur Abspeicherung aller relevanten Daten genutzt wird. Die Ausrichtung der Schweißkontur erfolgt anhand der Daten aus der Bildverarbeitung. Der grundsätzliche Aufbau des Programms setzt sich wie folgt zusammen:

Generierung der NC-Dateien für die CNC-Steuerung mit:

- Flexible Anpassfähigkeit durch „Offenen Postprozessor“
- Kombination der Geometrie- und Technologiedaten
- Durchführung von Berechnungen bzgl. Technologie und Geometrie
- Erzeugung der Dateien für verschiedene Prozesse
 - o Schneiden
 - o Beschriften
 - o Schweißen
 - o Protokollierung
 - o Prüfdaten
 - o Bildverarbeitung

Zu e.: Verknüpfung von Scannerachsen und Servoachsen

Die Herausforderung beim Schweißen der Platinen liegt darin, dass an Eckpunkten, an Spitzen und bei kleinen Radien die Schweißgeschwindigkeit möglichst beibehalten werden muss. Dies ist aber mit Standard-Servoachsen nicht möglich. Bei Näherung zu einem Umkehrpunkt in einer Geometrie wird die Geschwindigkeit der Achse auf nahezu null reduziert und nach der Richtungsänderung von null wieder auf die Sollgeschwindigkeit hochgefahren. Eine niedrige Geschwindigkeit bedeutet, dass die Leistungsdichte beim

Schweißen zu groß wird und daher Löcher in das dünne Material gebrannt werden. Eine Reduzierung der Laserleistung in gleichem Maße wie die Geschwindigkeit ist nicht möglich, da dann kein Schmelzbad mehr erzeugt wird. Ein nachträgliches Verschließen (Reparatur) der eingebrannten Löcher ist nicht sinnvoll umsetzbar.

Um eine gleichbleibende Geschwindigkeit des Laserstrahles erreichen zu können, wurde eine neue Vorgehensweise implementiert. Damit ist es möglich, die Führung des Laserstrahles im kritischen Bereich von den Servoachsen an die Achsen der Scanneroptik zu übergeben. Die Servoachsen können daher entsprechend den Anforderungen unabhängig vom Laserstrahl abgebremst und wieder beschleunigt werden. Nach dem Erreichen der Sollgeschwindigkeit für das Schweißen erfolgt wieder ein Umschalten von den Scannerachsen auf die Servoachsen. Diese Umsetzung erfolgt automatisch. Da die Spiegel des Scanners nahezu trägheitslos arbeiten, kann die Richtungsänderung am Eckpunkt mit einer gleichbleibenden Geschwindigkeit durchgeführt werden. Diese Umschal-

tung erfolgt jeweils automatisch mit einem speziellen Steuerungsmodul und einer angepassten Software der Fa. Aerotech in Fürth.

Zusammenfassung

Die Umsetzung dieses FuE Projektes zeigt, wie auch kleinere mittelständige Unternehmen im Verbund mit Hochschulinstituten interessante Entwicklungen durchführen und in die Praxis umsetzen können. Es ist zu hoffen, dass die Brennstoffzelle in der Zukunft wieder mehr in den Vordergrund rückt. Im Moment liegt der Schwerpunkt bei der Entwicklung der Batterietechnik. Da für die Erstellung leistungsfähiger Batterien seltene Erden notwendig sind, könnte es in der Zukunft zu Engpässen kommen. Sobald der Preis für die Herstellung von Wasserstoff nach unten geht, wird auch die Weiterentwicklung der Brennstoffzelle sicher wieder einen Auftrieb erhalten.

*Dipl.-Ing. Peter Schlüter,
LMB Automation GmbH*



Deutscher Schneidkongress®

Impulse für eine Branche im Wandel

Rückblick auf den Deutschen Schneidkongress® 2025

Der 19. Deutsche Schneidkongress® im Rahmen der CUTTING WORLD® 2025 setzte vom 6. bis 8. Mai in Essen erneut ein starkes Signal für Leistungsbereitschaft und Zukunftsorientierung in der metallverarbeitenden Industrie. Unter dem Leitsatz „Im Schnitt am Besten“ präsentierten sich die führenden Köpfe, Innovatoren und Entscheider der Schneidtechnik in einer Atmosphäre, die gleichermaßen von Fachkompetenz, Austauschbereitschaft und Aufbruchstimmung geprägt war.

Rund 20 hochkarätige Fachvorträge, zukunftsweisende Exponate und ein intensives Networking-Umfeld machten deutlich, dass die Branche trotz wirtschaftlicher Herausforderungen nicht auf der Stelle tritt, sondern aktiv an ihrer Weiterentwicklung arbeitet – technologisch wie organisatorisch.

Technologie-Trends, Forschungsimpulse und Best Practices

Der Kongress bot einen breiten Überblick über Technologien, die den industriellen Zuschnitt in den kommenden Jahren prägen werden. Besonders im Fokus stand das Spannungsfeld zwischen etablierten und neuen Verfahren:

Laserschneiden im Grobblech – Dr. Madlen Borkmann (Fraunhofer IWS) beleuchtete Chancen und Grenzen der High-Power-Lasertechnik und stellte die Frage, ob das Plasmaschneiden künftig verdrängt oder ob beide Verfahren komplementäre Rollen behalten.

Plasma- und Autogentechnik – Von automatisierten Plasmaprozessen (Dr. Michael Schnick) bis zum Brennschneiden mit Wasserstoff (Kurt Nachbargauer) wurden neue Anwendungen vorgestellt, die Effizienz- und CO₂-Potenziale erschließen.

Wasserstrahltechnologien – Vorträge zum Wasserstrahlsuspensionsschneiden (Dr.-Ing. Thomas Hassel) und zum 3D-Wasserstrahlabtragen (Manuel Schüler) zeigten, wie präzise und flexibel moderne Strahlverfahren inzwischen arbeiten.

Werkstoffverhalten und Qualitätsanforderungen – Andreas Kölsch (thyssenkrupp Schulte) adressierte praxisrelevante Fragen rund um Rückverfolgbarkeit, Materialqualität und verfahrenstechnische Besonderheiten beim Biegen und Schneiden.

Digitalisierung und KI – Beiträge zu KI-gestützten Automationslösungen, digitalisierten Wertschöpfungsketten oder KI-Anwendungen in der Lasermaterialbe-

arbeitung machten klar: Die Zukunft der Schneidbranche ist datengetrieben.

Organisation, Vertrieb und Fachkräfte – Unternehmensnahe Themen wie Social Media im B2B, KI im Vertrieb, Reststückoptimierung, ISO-1090-Compliance oder Strategien gegen den Fachkräftemangel zeigten, wie umfassend Transformation heute gedacht werden muss.

Den kompletten Umfang und Inhalt aller Referate und Themen finden Sie in der Agenda auf schneidkongress.de.

Diese thematische Vielfalt stärkte die Position des Kongresses als zentrale Austauschplattform für alle, die in Fertigung, Einkauf, Engineering oder strategischer Unternehmensplanung Verantwortung tragen.

Ein Branchentreffpunkt, der Orientierung bietet

Das Zusammentreffen der Experten und Anwender aus der schneidtechnischen Welt machten einmal mehr deutlich, welchen Stellenwert persönliche Be-

gegnung und Anlagen- und Gerätevorführungen in einem technisch anspruchsvollen Umfeld haben. Der direkte Dialog zwischen Anwendern, Herstellern und Forschungseinrichtungen führte zu intensiven Diskussionen, greifbaren Erkenntnissen und wertvollen Impulsen für Investitionsentscheidungen.

Gleichzeitig wurde spürbar, wie stark die Branche unter steigenden Kosten, Fachkräftemangel und einer volatilen Marktlage steht. Genau hier setzte der Kongress an: als Forum für praxisnahe Lösungen, als Impulsgeber für Modernisierung und als Ort, an dem Visionen entstehen.

Antwort auf die wirtschaftliche Situation: Das neue Branchenportal [Schneidforum.de](https://schneidforum.de)

Vor dem Hintergrund einer herausfordernden konjunkturellen Lage – von Auftragsrückgängen über hohe Energiepreise bis hin zu zunehmendem Wettbewerb – wächst der Bedarf nach verlässlicher Orientierung und nach Plattformen, die Wissen, Markttransparenz und Sichtbarkeit vereinen.



V. l. n. r.: Britta Hoffmann sowie Dipl.-Ing. Gerhard Hoffmann (Veranstalter Schneidforum Consulting Solingen), Dr. Madlen Borkmann (Moderatorin, Fraunhofer Institut IWS, Dresden) (Foto: Schneidforum Consulting)



Referent zum Thema „KI-Einsatz beim Plasmaschneiden“: Automatisierung des Verschleißteilmanagements durch Verschleißvorhersage“, Dr. Michael Schnick, Kjellberg Finsterwalde (Foto: Schneidforum Consulting)

Als Reaktion auf diese Entwicklungen wurde nach dem Schneidkongress 2025 das neue Schneidforum.de Branchenportal strategisch neu ausgerichtet und auf die neuen Bedürfnisse der Maschinen- und Softwarehersteller sowie der Anwender adaptiert.

Das Schneidforum-Portal fungiert fortan als:

- virtuelle Messe für Anbieter und Anwender der Schneidtechnik
- Wissens- und Weiterbildungsplattform, die Forschung, Best Practices und Fachbeiträge bündelt
- Marketing- und Vertriebschub für Unternehmen, die trotz Marktdruck sichtbar bleiben wollen
- neutrale Orientierungsstelle, die Investoren, Anwendern und Entscheider bei Technologie-, Beschaffungs- und Organisationsfragen unterstützt

Damit wird die bereits seit 19 Jahren herausragende Stellung von Schneidforum.de in der Schneidbranche weiter ausgebaut und dient unter anderem als kontinuierliche Ergänzung und strategische Antwort auf die aktuelle Wirtschaftslage.

Ausblick: Der Schneidkongress soll in Zukunft häufiger statt finden – praxisnah, unmittelbar und gemeinsam gestaltet

Auf vielfachen Wunsch der Besucherinnen, Besucher und Aussteller wird der Deutsche Schneidkongress künftig in ein neues, agiles Format überführt.

In Zukunft soll er – zurück zu seinen Wurzeln – häufiger, möglicherweise sogar wieder jährlich stattfinden. Allerdings nicht mehr ausschließlich in klassischen

Messehallen, sondern direkt dort, wo Wertschöpfung entsteht: bei Herstellern, Technologieanbietern und industriellen Anwendern.

Dieses neue Konzept eröffnet eine deutlich praxisnähere, intensivere und dialogorientierte Form des Austauschs. Unternehmen, die ihre Innovationen, Prozesse oder Best-Practice-Lösungen im Live-Betrieb präsentieren möchten, können sich über Schneidforum.de als Gastgeber bewerben. Im Rahmen einer Lighthouse-Partnerschaft, soll der Kongress als Leuchtturm-Event der Branche aktiv mitgestaltet werden, um weiterhin sein Know-how einem hochqualifizierten Fachpublikum zu öffnen.

Ziel dieser Weiterentwicklung ist es, den Wissenstransfer zu beschleunigen, Investitionsentscheidungen zu erleichtern und den Austausch zwischen Industrie, Forschung und Anwendern auf ein neues Niveau zu heben. Gleichzeitig stärken wir mit diesem Format die Branche in herausfordernden Zeiten, schaffen Nähe zu realen Fertigungsprozessen und ermöglichen einen direkten Blick hinter die Kulissen modernster Schneidtechnologien.

Wir laden alle Unternehmen ein, die Zukunft der Schneidtechnik aktiv mitzuformen. Gemeinsam wollen wir ein Netzwerk etablieren, das Orientierung bietet, Mut macht und die Innovationskraft unserer Industrie nachhaltig sichtbar macht.

Wir freuen uns auf ein Wiedersehen und begleiten die Branche bis dahin mit dem neuen Schneidforum.de Portal zuverlässig durch den digitalen Wandel.

Gerhard Hoffmann,
Schneidforum Consulting Solingen

Additive Fertigung in der Orthopädietechnik

Die stetig steigende Zahl an Beschäftigten in der Orthopädie- und Reha-technik in Deutschland spiegelt den steigenden Bedarf an qualifiziertem Personal und zuverlässigen Prozessen in dem Bereich deutlich wider.¹ Trotz des hohen Bedarfs an beispielsweise Orthesen vergehen vom Erstgespräch im Sanitätshaus bis zur Anprobe einer individuell gefertigten Orthese in der Regel mehrere Wochen.



*Additiv gefertigtes, individuell angepasstes Stützkorsett
(Foto: Ernst-Abbe-Hochschule Jena)*

Der Hauptgrund hierfür liegt in dem hohen Anteil an händischen Arbeiten und Prozessschritten, welche neben einem hohen Maß an handwerklichem Können auch viel Erfahrung und Arbeitszeit benötigen. Einige Prozessschritte wie beispielsweise die 3D-Datenerfassung mittels Scans sind heute schon in vielen Sanitätshäusern etabliert. Die Substitution weiterer händischer Arbeitsabläufe durch automatisierte Prozesse wie additive Fertigung bieten hohe Potentiale für eine zukünftige Branchenentwicklung. In einer von Protolabs durchgeführten Studie stimmten 77 % der befragten Ingenieure, Designer und Hersteller dafür, dass insbesondere im Bereich der Medizintechnik große Potentiale für die Anwendung additiver Fertigungsverfahren bestehen.²



*Laboraufbau aus Roboter und Granulatextruder mit bewegter Bauplattform und feststehendem Extruder
(Foto: Ernst-Abbe-Hochschule Jena)*

Die additive Fertigung im Allgemeinen bietet immer dort einen hohen Nutzen, wo individuelle Formen oder Einzelteile in kurzer Zeit hergestellt werden sollen. Durch die Nutzung der automatisierten Prozesse können hierbei insbesondere Zeit und Kosten gespart werden, was den Patienten helfen und die Sanitätshäuser entlasten kann.

Die Prozesskette am Beispiel einer Orthese umfasst hierbei die Datenerfassung mittels 3D-Scans, die patientenindividuelle Anpassung der Orthese im virtuellen Raum durch einen geschulten Orthopädietechniker, den 3D-Druck-Prozess sowie die abschließende Anprobe und Finalisierung direkt am Patienten. Aufgrund der Kostenvorteile, der hohen Materialvielfalt und der zuverlässigen Anlagentechnik sind insbesondere auf Materialextrusion basierende Systeme wie beispielsweise Filament-Drucker prädestiniert für einen Einsatz in der Orthopädietechnik. Hierbei werden thermoplastische Materialien erhitzt und im Schmelzzustand durch eine Düse extrudiert. Die hierbei entstehenden Kunststoffstränge werden schichtweise aufgetragen und ergeben ein dreidimensionales Bauteil.

Für einen noch effizienteren Aufbau von 3D-Strukturen sind Anlagen mit großen Granulatextrudern häufig Ge-

genstand der aktuellen Forschung. Hierbei können die Aufbauraten um ein Vielfaches gesteigert werden. Zudem werden häufig aus der Spritzgusstechnik bekannte und etablierte Materialsysteme direkt verarbeitet, was weitere Kostenvorteile ermöglicht.

In den Laboren der Ernst-Abbe-Hochschule Jena wird beispielsweise die patientenindividuelle Herstellung von Orthesen, Probeschäften, Stützkorsetten oder Schuhleisten mittels großvolumiger additiver Fertigung in enger Zusammenarbeit mit Partnern wie dem Sanitäts- und Gesundheitshaus Carqueville erforscht. Hierzu finden roboter-basierte Systeme in Verbindung mit Granulatextrudern der Fima Munsch Kunststoff-

Schweißtechnik GmbH Anwendung. Im Rahmen durchgeführter Forschungsprojekte konnte eine Vielzahl an Demonstratoren hergestellt werden und das Schmelzschriftverfahren in die täglichen Abläufe im Sanitätshaus integriert werden.

Zusammenfassend gesagt, bietet die additive Fertigung hohe Zeit- und Kostenvorteile bei der Automatisierung von Prozessschritten entlang der aktuell noch stark von manuellen Arbeiten geprägten Prozessketten in der Orthopädie- und Rehatechnik.

M. Eng. Toni Wille,
Ernst-Abbe-Hochschule Jena

¹ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/521788/umfrage/anzahl-beschaeftigter-orthopaedie-und-rehatechniker-in-deutschland/>

² <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1499077/umfrage/umfrage-zum-potenzial-des-3d-drucks-nach-branchen/>

Additive Fertigung mit Draht - Präzise Schweißtechnik für die Produktion der Zukunft

Wie WAAM3D mit Schweißtechnologie von EWM die industrielle Metallfertigung neu denkt



Die WAAM-Technologie nutzt den Schweißlichtbogen als Energiequelle, um einen Metalldraht zu schmelzen. (Foto: EWM GmbH)

Die additive Fertigung mit Draht – bekannt als Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) – entwickelt sich zunehmend zu einer Schlüsseltechnologie für die Herstellung komplexer Metallstrukturen. Das Werkstück entsteht Schicht für Schicht, die Energie dafür liefert ein Lichtbogen, der den Metalldraht aufschmilzt.

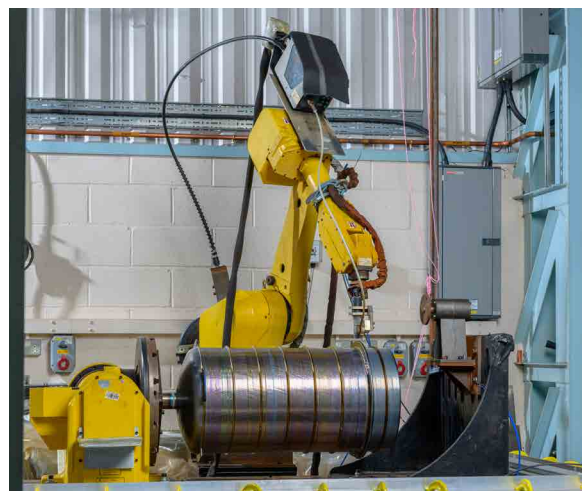
Eines der führenden Unternehmen auf diesem Gebiet ist WAAM3D mit Sitz im britischen Milton Keynes. Es wurde als Spin-off der Cranfield University gegründet, die eine zentrale Rolle in der Forschung und Weiterentwicklung der WAAM-Technologie spielt. Das Portfolio von WAAM3D umfasst nicht nur die Bereitstellung von WAAM-Systemen, sondern auch Softwarelösungen, Schulungen und Kundensupport für Unternehmen, die diese Technologie in ihre Fertigungsprozesse integrieren möchten. Sie stammen aus Branchen wie Luft- und Raumfahrt, Energie oder Schiffbau.

Schicht für Schicht zum Bauteil

Beim WAAM-Verfahren wird ein Metalldraht durch den

Lichtbogen kontinuierlich aufgeschmolzen und in dünnen Schichten aufgetragen. Koordiniert wird der gesamte Prozess mit Robotern. Die Qualität des Werkstücks hängt von der präzisen Steuerung der Prozessparameter ab, insbesondere der Stromstärke, der Drahtzufuhr und der Bewegung des Schweißkopfs.

Je nach Werkstoff und Anforderung setzt WAAM3D unterschiedliche Schweißverfahren ein, z.B. Plasma Transferred Arc (PTA) oder Gas Metal Arc (GMA). Beide Methoden ermöglichen eine gezielte Steuerung der Wärmezufuhr, sodass sich jede neue Schicht sauber mit der vorherigen verbindet. Gegenüber pulverbasierten additiven Verfahren bietet WAAM deutliche Vorteile: eine hohe Aufbaurate, eine gute Materialausnutzung, geringere Kosten durch die Verwendung von Draht als Ausgangsmaterial sowie ein sehr gut kontrollierbarer Prozess.



Das geschmolzene Material wird Schicht für Schicht aufgetragen, bis das Bauteil fertiggestellt ist. Der gesamte Prozess wird mit Robotern koordiniert. (Foto: EWM GmbH)

Anforderungen an die Schweißtechnik

Die additive Fertigung stellt hohe Ansprüche an die eingesetzten Schweißsysteme. Ein Prozess kann über Stunden oder sogar Tage laufen, daher sind Unterbrechungen oder Schwankungen in der Stromversorgung kritisch. Für WAAM3D war es entscheidend, eine Technologie zu finden, die konstant reproduzierbare Ergebnisse liefert, flexibel auf unterschiedliche Materialien reagiert, eine hohe Einschaltdauer aufweist und sich in automatisierte Fertigungssysteme integrieren lässt.

EWM-Schweißtechnik im Einsatz

Nach umfangreichen Tests entschied sich WAAM3D für Schweißsysteme von EWM. In den Fertigungszeilen des Unternehmens kommen aktuell die Tetrax 352 und die Tetrax 552 für das Plasmaschweißen zum Einsatz, GMA-Stromquellen werden derzeit evaluiert. Die Schweißgeräte ermöglichen eine präzise Kontrolle des Lichtbogens und damit eine gleichmäßige Schichtbildung sowie eine hohe Wiederholgenauigkeit, was eine zentrale Voraussetzung für stabile und reproduzierbare Prozesse ist.



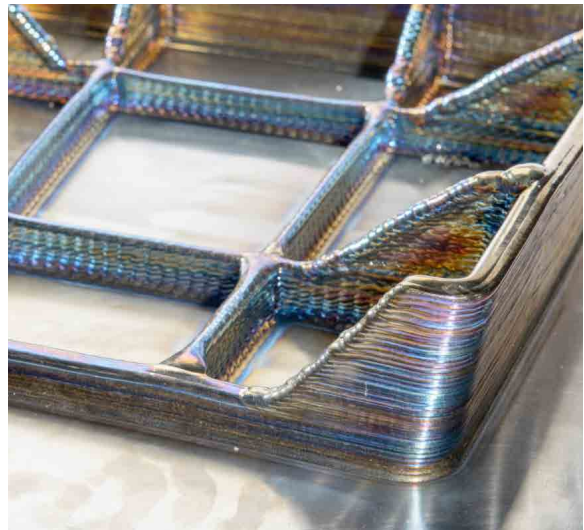
WAAM3D verwendet derzeit die Tetrax 352 und 552 für das Plasmaschweißen, da sie eine präzise Steuerung des Lichtbogens und damit eine gleichmäßige, reproduzierbare Schichtbildung ermöglichen. (Foto: EWM GmbH)

„Die Schweißtechnik ist das Herzstück unseres Fertigungsprozesses“, sagt Prof. Stewart Williams, Mitbegründer von WAAM3D. „Mit den Plasmaschweißsystemen von EWM verfügen wir über eine Lösung, die nicht nur präzise, sondern auch zuverlässig ist.“

Die exakte Regelbarkeit der Stromquellen sorgt dafür, dass das Drahtmaterial kontrolliert aufgeschmolzen und gleichmäßig aufgetragen wird. Dadurch lassen sich ungleichmäßige Nahtgeometrien und Materialfehler weitgehend vermeiden. Insbesondere bei anspruchsvollen Werkstoffen wie Titan oder Inconel ist dies ein entscheidender Faktor.

Prozesssicherheit und Zukunftsperspektiven

Die Erfahrungen von WAAM3D zeigen, dass sich durch die Kombination von WAAM-Technologie und moderner Schweißtechnik ein stabiler, industrietauglicher Fertigungsprozess realisieren lässt. Die hohe Prozesssicherheit und Wiederholgenauigkeit ermöglichen auch bei großformatigen oder komplexen Geometrien eine gleichbleibende Bauteilqualität.



Der additive Fertigungsprozess basiert auf dem Prinzip des Lichtbogenschweißens. Durch das Auftragen des flüssigen Drahtmaterials Schicht für Schicht ermöglicht WAAM den Aufbau komplexer Metallteile praktisch „von unten nach oben“. (Foto: EWM GmbH)

Neben der technischen Leistungsfähigkeit spielt für WAAM3D auch die Zusammenarbeit mit dem Technologiepartner eine Rolle. „Der Austausch mit den Experten von EWM ist für uns sehr wertvoll“, so Williams. „EWM bietet nicht nur hochwertige Schweißtechnik und eine schnelle Lieferung von Ersatzteilen, sondern auch eine hervorragende Beratung und Unterstützung. Gemeinsam entwickeln wir Lösungen, die den WAAM-Prozess weiter optimieren.“

Die additive Fertigung mit Draht gilt weltweit zunehmend als fortschrittliches Verfahren in der industriellen Metallbearbeitung. Durch die Kombination aus Materialeffizienz und Prozesssicherheit eröffnet sie neue Wege für die industrielle Produktion. Mit präziser Schweißtechnik als Kernkomponente zeigt WAAM3D, wie sich diese Zukunftstechnologie erfolgreich in der Praxis umsetzen lässt.

Jelena Schneider,
EWM GmbH

Energieeffiziente Prozessstrategien für die Fertigung von Glasbauteilen durch Trennen und Fügen

Bei einer Vielzahl von Anwendungen des Glasapparatebaus und des Laborbedarfs in der chemischen und pharmazeutischen Industrie sowie der Halbleiterbranche kommen Glasrohre zum Einsatz. Meist wird hier Borosilikatglas eingesetzt, welches jedoch nur bis in Temperaturbereiche von ca. 400 °C eingesetzt werden kann. Bei höheren Temperaturen bis zu 1100 °C kann nur Quarzglas verwendet werden. Unabhängig von der Glassorte werden Glasrohre im Anlagenbau meistens mit Flanschverbindungen aneinander oder an andere Apparaturen befestigt. Verbindungssysteme mit Dichtungen sorgen für die Abdichtung der Reaktoranwendungen gegenüber ihrer Umgebung. Auf diese Weise können verschiedenartige Glasapparaturen mit definierten Funktionen miteinander verbunden werden. Oft findet man deshalb an den Enden stoffschlüssige Rohr-Ring- oder Rohr-Rundscheibe-Verbindungen, um eine Adaption verschiedener Laborgefäße miteinander zu ermöglichen. Diese sind wie bei klassischen Rohrleitungen auch als Winkel- oder T-Stücke ausgeführt.

Die Herstellung von hochwertigen Laborprodukten aus Glas ist fertigungstechnisch eine enorme Herausforderung sowohl in der Einzel- und Kleinserienfertigung, weil diese Produkte überwiegend in Handarbeit oder in der teilautomatisierten Massenfertigung durch Trennen und anschließendes Fügen hergestellt werden. Um die Qualität der Produkte zu verbessern und die Produktion effektiver zu gestalten, ist die energieintensive Glasindustrie stets an effizienteren Fertigungstechnologien interessiert.

Der Beitrag stellt aktuelle Ergebnisse zur Entwicklung von Prozessstrategien für diverse Gläser mittels CO₂-Laser vor, der eine nahezu 100-prozentige Absorption für Glas aufweist. Dabei steht das endkonturnahe Absprengen von Borosilikat- oder Kalk-Natron-Glasrohren unter einem vorgegebenen Winkel sowie das direkte Fügen von Bauteilkombinationen aus Borosilikatglas, Quarzglas in Form von Rohr-Ring- oder Rohr-Rundscheibe-Verbindungen im Fokus der Forschung am ifw Jena. Für die Untersuchungen zum Absprengen und zum Fügen von Glasrohren wurde die jeweilige Systemtechnik inkl. Wärmeführung und Einstrahlstrategie des Lasers entwickelt sowie die Glasqualität durch werkstofftechnische Methoden an industriety-pischen Mustergläsern nachgewiesen.

Beim thermischen Absprengen erzeugt ein CNC-gesteuerter CO₂-Laserstrahl durch die lokale Energieeintrbringung und präzise Erwärmung eine der Endkontur entsprechende Spannungslinie am Glasrohrumfang. Dazu wird der Laserstrahl während der Rotation des Glasrohres entlang der Rohrachse bewegt und das Rohr entlang dieser Spannungslinie gezielt gebro-

chen. Das Absprengen unter einem vorgegebenen Winkel in Bezug zur Rohrachse wurde an Glasrohren höherer Ausdehnung für Borosilikat- oder Kalk-Natron-Glas untersucht. Die Rotationsbewegung der Glasrohre erfolgte über eine Glasmacherdrehbank, in der diese aufgenommen werden.

Um den Trennvorgang für verschiedene Rohrdurchmesser unter Variation der Fokussierbedingungen durchzuführen, wurde ein Teleskop in den Strahlengang des Lasers integriert. Weithin wurde ein wassergekühlter Umlenkspiegel entwickelt und mittels additiver Fertigung hergestellt, um den Laserstrahl im Rohrinernen umzulenken und zu fokussieren. Die Prozessführung erfolgte über die Integration eines Pyrometers in den Strahlengang des Lasers.

Die Programmierung der Achssteuerung war wesentlicher Bestandteil des Trennvorgangs, vor allem, wenn dieser unter einem Winkel erfolgen soll. So musste beispielsweise für einen Wurstschnitt bei einer Umdrehung des Rohres die Linearachse eine Sinuskurve durchlaufen, wobei die Strahlgeschwindigkeit auf der Rohrwandung konstant bleibt. Mittels moderner CNC-Technik und der entsprechenden Programmierung wurde diese Notwendigkeit sichergestellt.

Den Schwerpunkt der Forschungsarbeiten stellte die Ermittlung der Laser- und Prozessparameter dar. Neben den üblichen Prozessgrößen wie Laserleistung, Strahldurchmesser und Geschwindigkeit spielen hier auch die Einbringung eines Initialrisses sowie zusätzliche Methoden zum Erzeugen eines möglichst hohen Temperaturgradienten eine Rolle. Für ein reproduzierbares Verschmelzen der Trennkanten sorgt eine integrierte Temperaturregelung.

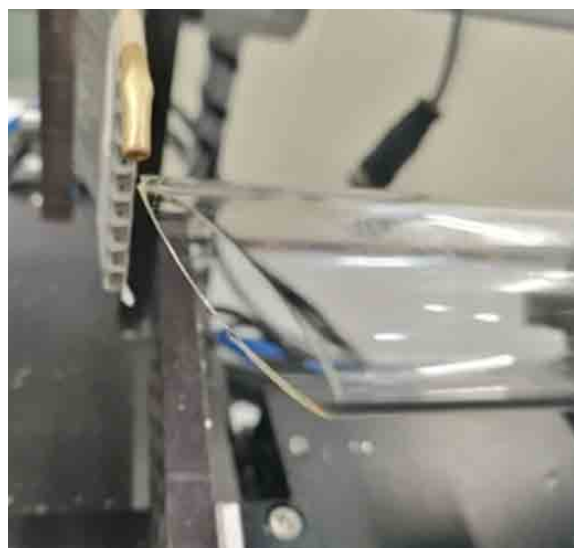


Abbildung 1: Prozessbild beim laserbasierten Absprengen von Borosilikatglas (Foto: ifw Jena)

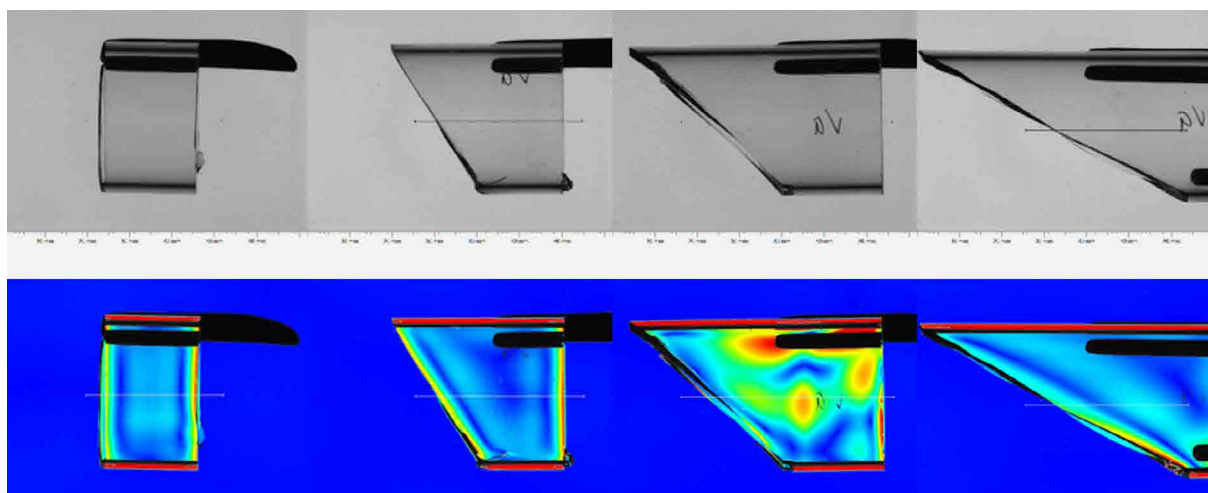


Abbildung 2: Abgesprengte Borosilikatglasrohre mit Rohrdurchmesser von 30 mm; Digitale Aufnahmen (oben) und spannungsmikroskopische Bewertung (unten) für Absprengwinkel von 0°, 15°, 30°, 45° (v.l.n.r.) (Quelle: ifw Jena)

Im Ergebnis der Untersuchungen entstanden saubere, nahezu mikrorissfreie, scharfkantige und senkrechte Kanten (Abbildung 1), die anwendungsabhängig auch als feuerpolierter C-Schliff in einer Aufspannung ausführbar sind. Die Qualität der Trennkanten (Abbildung 2) wurde lichtmikroskopisch geprüft und bewertet. Eine Analyse der Spannungen erfolgte mittels Spannungsmikroskop (ILIS - StrainMatic M4/90 zoom Polarimetersystem).

Das Fügen von qualitativ hochwertigen Schweißverbindungen im T-Stoß (Abbildung 3) wurde für Borosilikatglasrohre (\varnothing 29 mm, Wandung $s = 1,5$ mm, \varnothing 53 mm, Wandung $s = 2$ mm) und entsprechende Glaspresslinge (Sechskantplatte) durch Wärmeleitungsschweißen und für Quarzglas (\varnothing 15–60 mm, Wandung $s = 1,2$ –5 mm) durch Tiefschweißen untersucht.



Abbildung 3: Lasergeschweißte Labormessgefäße aus Borosilikatglas (Foto: ifw Jena)

Für die Versuchsdurchführung wurden CO₂-Laserquellen ($\lambda = 10,6 \mu\text{m}$) mit Laserleistungen bis 3,5 kW und flexiblen Fokussierbedingungen, verschiedene Vorwärmtechniken wie angepasste elektrische Heizer, Induktionsstromquelle oder Gasbrenner verwendet. Als Handhabungssystem kam ebenfalls eine CNC-gesteuerte Glasmacherdrehbank zum Einsatz. Die Versuche erfolgten über eine pyrometrische Temperaturmes-

sung und eine temperaturgeführte Laserleistungsregelung. Für den Prozess wurden die verschiedenen Prozessparameter (Fügetemperatur, Spalt zu Prozessbeginn, Geschwindigkeit beim Fügen/Stauchen, Stauchweg, Haltezeit nach dem Fügen/Stauchen, Streckweg, Streckgeschwindigkeit, Drehzahl, Vorwärmtemperatur, Fokusslage/Strahlquerschnitt), deren Einfluss auf den Fügeprozess und die Abhängigkeiten auf die Verbindungs- und Nahtqualität untersucht. Die Qualität der Verbindungen hinsichtlich der Ausbildung der Kehlnähte (Abbildung 3) wurde lichtmikroskopisch und mittels 2D/3D Röntgendurchstrahlung (digitale Durchstrahlungsanlagen XRH111, XR222 (VisiConsult), Abbildung 4) geprüft und bewertet. Eine Analyse der Spannungen erfolgte mittels Spannungsmikroskop (ILIS - StrainMatic M4/90 zoom Polarimetersystem).



Abbildung 4: 2D-Röntgenaufnahme (versuchsbegleitende Probenbewertung, sehr gute Ausbildung der Kehlnaht durch Laserschweißen, Labormessgefäße 500 ml aus Borosilikatglas) (Foto: ifw Jena)

Im Ergebnis der Untersuchungen konnte der Nachweis erbracht werden, dass die Qualität der Kehlnaht für Labormessgefäße (B33) mittels Laserfügen im Vergleich zur brennerbasierten Fertigung deutlich verbessert werden kann. Seitens der Prozesszeit ist für eine automatisierte industrielle Einführung weiteres Optimierungspotential vom Experimentalaufbau hin zu

einer Industrieanlage notwendig. Dies kann beispielsweise durch einen Mehrstationenbetrieb, höhere Laserleistungen oder eine Vorwärmung realisiert werden.

Das Laserschweißen von Quarzglas ist für Wandstärken bis 2 mm als Wärmeleitungsschweißen (z. B. filigrane Strukturbauteile) und bis 15 mm mit dem hybriden Tiefschweißverfahren umsetzbar. Anhand eines realen Bauteils (Abbildung 5) und weiteren Funktionsmustern wurde der Machbarkeitsnachweis erbracht.

Ziel der beschriebenen Projekte war es, die Wege und Grenzen zu konventionellen Verfahren durch den Einsatz der Lasertechnologie aufzuzeigen. Dabei sollte

die Qualität und Haltbarkeit von Produkten verbessert sowie der Material-, Zeit-, Energie- und Kostenaufwand reduziert werden, um die Digitalisierung der automatisierten Glasfertigung vorantreiben. Die Motivation seitens der Industrieunternehmen besteht in der Abwendung des drohenden Fachkräftemangels, indem die überwiegend manuelle Tätigkeit mit dem Gasbrenner zunehmend in eine automatisierte Produktion mittel Lasertechnik überführt wird.

*Susanne Kasch und Thomas Schmidt,
Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik
und Werkstoffprüfung, Jena*



Abbildung 5: Eingeschweißter Haltbolzen in Laborgefäß aus Quarzglas (Foto: ifw Jena)

Förderhinweis:

Die zugrundeliegenden Erkenntnisse wurden in den Forschungsvorhaben 49MF210042 und 49MF200009 generiert, die durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages im Programm INNO-KOM gefördert wurden.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

INNO-KOM

Mach ChatGPT & Co. zu deinen digitalen Assistenten

Ein Workshop, der zeigte, wie KI den Arbeitsalltag wirklich verändert

Künstliche Intelligenz (KI) ist kein Zukunftsthema mehr. Sie ist längst in der Praxis angekommen. Das zeigte der Workshop „Mach ChatGPT & Co. zu deinen digitalen Assistenten“, den der tibt Ende September für seine Mitglieder angeboten hat. An zwei kompakten Online-Terminen tauchten die Teilnehmenden mit Business-Coach Andrea Weiss in die Welt der KI-gestützten Arbeitsprozesse ein: praxisnah, strategisch und mit vielen Aha-Momenten.

Schon nach wenigen Minuten war klar: Hier geht es nicht um technische Spielereien, sondern um echte Mehrwerte fürs Business. Wie lassen sich Strategien schneller entwickeln? Wie können Recherchen oder Wettbewerbsanalysen in einem Bruchteil der bisherigen Zeit erledigt werden? Und wie kann ChatGPT als Sparringspartner helfen, Geschäftsmodelle, Pitches oder schwierige Gespräche zu durchdenken?

„Viele waren überrascht, wie präzise und tiefgehend KI heute analysieren kann“, berichtet die Referentin. „Gerade die Deep-Search-Analysen haben für Begeisterung gesorgt, weil man damit in Minuten Erkenntnisse gewinnt, für die früher Tage draufgingen.“

Neben diesen strategischen Anwendungen stand der Aufbau effizienter Workflows im Mittelpunkt: Wie man Recherchen mit ChatGPT strukturiert, mit Tools wie Gamma überzeugende Präsentationen erstellt oder Notebook LM als intelligente Wissensdatenbank nutzt. Statt trockener Theorie gab es vor allem eines: Praxis, Praxis, Praxis. Jeder konnte die vorgestellten Aufgaben an die KI (Prompts) direkt ausprobieren und live erleben, wie aus klaren Anweisungen verblüffend gute Ergebnisse entstehen.

*Andrea Weiss,
WEISS MARKETING*

7 Tipps der Referentin: So wird KI zum echten Assistenten

1. Klein anfangen, aber gezielt.

Ein klar definiertes Projekt reicht, um spürbare Ergebnisse zu sehen. Daraus wächst Erfahrung.

2. KI als echten Sparringspartner nutzen.

ChatGPT ist weit mehr als ein Tool, das Texte schreibt. Ob am Rechner oder in der App, die KI kann ein ‚echter‘ Gesprächspartner sein. Man kann mit ihr Ideen entwickeln, Strategien durchdenken, Geschäftsmodelle diskutieren oder Gesprächsszenarien durchspielen.

3. Deep Search als Gamechanger.

Für Recherchen, Marktanalysen oder Wettbewerbsvergleiche spart KI Stunden an Arbeit und eröffnet neue Perspektiven.

4. Workflows statt Zufall.

KI bringt erst dann echten Nutzen, wenn sie Teil der täglichen Abläufe wird: ob bei Recherchen, Präsentationen oder im Wissensmanagement.

5. Perfekte Prompts gibt es nicht.

Ein guter Prompt entsteht Schritt für Schritt. Ausprobieren, verfeinern, weiterentwickeln – auch gemeinsam mit der KI.

6. Klarheit vor Kreativität.

Wer weiß, was er erreichen will, bekommt präzise Ergebnisse. Ziel, Kontext und Aufgabe sind der Schlüssel zu guten Resultaten.

7. Neugierig bleiben.

KI ist kein abgeschlossenes Kapitel. Wer offen bleibt und experimentiert, entdeckt ständig neue Möglichkeiten.



Über die Autorin

Andrea Weiss ist Business-Coach und KI-Enthusiastin. Seit über 15 Jahren begleitet sie Unternehmen dabei, ihr Alleinstellungsmerkmal klar zu kommunizieren und ihre Sichtbarkeit zu stärken: mit Kommunikation, die wirkt und Vertrauen schafft.

Ihr Fokus: Künstliche Intelligenz sinnvoll im Marketing zu nutzen, um Ressourcen freizusetzen und wieder mehr Zeit fürs Wesentliche zu gewinnen.

Für den schnellen und ganz individuellen Weg hat sie 1:1-Coachings im Programm. Darüber hinaus gibt's Online-Workshops in der Gruppe.

Sie ist Host des Podcasts „GEFRAGT & GEBUCHT“, in dem sie wöchentlich Strategien und Tools rund um Marketing, Mindset und KI teilt.

Andrea Weiss lebt in Hamburg. Feuer und Flamme ist sie für große Schiffe, Stand-up-Paddling und italienische Schuhe.



Website:
<https://weiss-web.de>

Wasserstrahl-Schneiden muss bekannter werden!

Wir brauchen flexible Schneidverfahren für die Zukunft

Das Wasserstrahlschneiden hat sich nicht nur im Maschinenbau als äußerst vielseitiges und präzises Verfahren etabliert. Die Technologie, die sowohl für weiche als auch harte Materialien geeignet ist, kann durch Varianten wie das Reinwasserschneiden und das Abrasivstrahlschneiden eine breite Materialvielfalt bearbeiten – von Schaumstoff und Leder bis hin zu Metallen, Keramik und Glas. Im Vergleich zu thermischen Trennverfahren (z. B. Laser- und Plasmastrahlschneiden) bietet das Wasserstrahlschneiden entscheidende Vorteile. Insbesondere werden thermische Veränderungen am Werkstück vermieden, da es beim Schneiden weitgehend kühl bleibt.

Der Einsatz von OMAX-Wasserstrahlschneidanlagen ermöglicht es, selbst bei komplexen Konturen und großen Werkstücken exakte Schnitte zu erzeugen, wobei das Abrasivmittel – ein feiner Granatsand – den Schneidprozess bei härteren Materialien unterstützt. Durch den Zusatz von abrasivem Material entsteht ein scharfer Strahl, der das Material bei Geschwindigkeiten um die Schallgeschwindigkeit entfernt, ohne das Werkstück zu erhitzen. Dies ist insbesondere in sensiblen Bereichen wie der Medizintechnik oder der präzisen Metallbearbeitung von Vorteil.

Die INNOMAX AG, Exklusivpartner der OMAX Corp. (Hypertherm-Gruppe) hat sich mit mehr als 600 installierten Anlagen in den D-A-CH-Staaten als führender

Anbieter für hochwertige Wasserstrahlschneidanlagen etabliert. Weltweit sind rund 8.000 Wasserstrahlschneidanlagen installiert. Die OMAX-Systeme zeichnen sich durch technologische Innovationen wie die TiltaJET- und VersaJET-Schneidköpfe (Schrägschnitte bis zu +/- 60°) aus (siehe Bilder).



Winkel-Schneidkopf VersaJET (Foto: INNOMAX AG)

Damit erreichen die Anlagen präzise, rechtwinklige Schnitte und gleichen den natürlichen Schneidkonus aus. Diese Technologie erlaubt es, den Winkel des Schneidstrahls automatisch anzupassen, was die sonst so mühsamen Nachbearbeitungen erspart, und eine hohe Schnittqualität gewährleistet. Typische Anlagenformate wie das Modell OptiMAX 80X mit Verfah-



Hoch-Präzision-Winkelkompensations-Schneidkopf Tiltajet
(Foto: INNOMAX AG)

wegen von bis zu 6000 x 2000 mm eignen sich ideal für Großformatplatten, was vor allem in der Metall- und Keramikbearbeitung von Vorteil ist.

Die Maschinen von OMAX bieten Anwendern eine Vielzahl von Automatisierungsoptionen und Zubehör wie Mehrkopfanlagen und bewegliche Schneidköpfe, die eine noch effizientere und vielfältigere Nutzung ermöglichen. Einige der erweiterten Systeme verfügen sogar über Mehrfachportale, die es erlauben, parallel unterschiedliche Schneidaufgaben zu bearbeiten. Dies steigert nicht nur die Effizienz, sondern ermöglicht es, Standard-, Präzisions- und 3D-Schnitte auf derselben Maschine durchzuführen – ein enormer Vorteil für Unternehmen, die flexibel auf Kundenanforderungen reagieren müssen. Selbst eine zusätzliche Rotationsachse für das Werkstück ist einsetzbar.

Ein besonderes Merkmal der OMAX-Anlagen ist die Software, die auf einfache Bedienbarkeit und Kosteneffizienz ausgelegt ist. Die integrierte Kostenkalkulation erlaubt es, Schneidkosten auf Basis eingelesener Zeichnungen präzise zu berechnen und dadurch eine hohe Transparenz hinsichtlich der Produktionskosten zu gewährleisten. Zudem stellt OMAX sicher, dass die Software auch auf zukünftigen Windows-Versionen kostenfrei nutzbar bleibt, was die Lebenszykluskosten der Maschinen senkt und Investitionssicherheit schafft.

Weiterhin sind die Anlagen von INNOMAX / OMAX so konzipiert, dass sie hohen Umweltstandards entsprechen und z. B. mit einem Wasserkreislaufsystem ausgestattet werden können. Das Wasserstrahlschneiden arbeitet emissionsfrei und ohne thermische Belastung des Materials, was es zu einer umweltschonenden Alternative zu herkömmlichen Verfahren macht. Besonders wichtig ist dies im Hinblick auf die immer strenger werdenden Umweltauflagen in der Industrie.

Zusammengefasst bieten die OMAX-Systeme durch ihre Präzision und Flexibilität erhebliche Vorteile für den Maschinenbau, aber auch für fast alle anderen Industrien und das Handwerk. Die Investition in diese Anlagen wird durch den verlässlichen Support und die Innovationskraft von INNOMAX / OMAX weiter gestützt. Für viele Unternehmen stellt diese Technologie daher eine zukunftsweisende Lösung dar, die höchste Effizienz und Präzision in der Fertigung verspricht.

Weitere Informationen finden Sie auf unserer Webseite unter www.innomax-wasserstrahlschneiden.de

Gerhard von Kulmiz,
INNOMAX AG



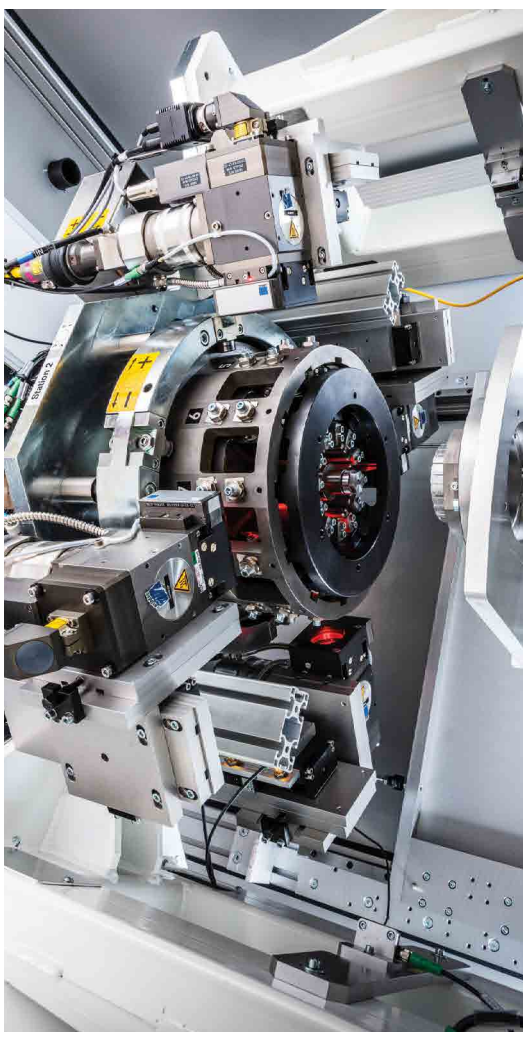
Brückensysteme sind in der Regel die Lösung für das Schneiden großformatiger Plattenmaterialien. Neben der größeren Materialaufnahme- und -abgabefläche sind diese Systeme aber oft auch unabdingbare Voraussetzung für die Ausrüstung mit mehreren Schneidköpfen und die Bestückung mit Winkelschneidköpfen. Der Abgebildete OMAX OptiMAX 80x hat eine Tischgröße von 6.578 mm x 3.937 mm.
(Foto: INNOMAX AG)

LMB...

Ihr Partner in der Lasermaterialbearbeitung zum Schneiden, Schweißen und Markieren

Für Ihre Produktionsabläufe erstellen wir

- Die optimalen Parameter mit dem richtigen Laser
- Den angepassten optimalen Prozessablauf
- Eine Vorserienproduktion zur Absicherung
- Aufbauten zur Übernahme der Produktion



Maschinenaufbau

- Entwicklung, Erstellung kompletter Produktionsanlagen
- Integration von Workstations in vorhandene Produktlinien
- Erweiterung der Laseranlagen mit Sortiereinheiten, Handlingsystemen, Spannvorrichtungen, Qualitätsüberwachung

