

# G GIESSEREI

Die Zeitschrift für Technik, Innovation und Management

**CASTING  
THE FUTURE**  
SINCE 1914



## HÖCHSTLEISTUNGEN BEIM AUTOMATISCHEN GUSSPUTZEN mit der innovativen Programmoptimierung MAUS CAAT

**Qualität und Zeiteffizienz  
in neuen Dimensionen.**

Das neue Gussputzcenter  
MAUS 1400 in Kombination  
mit der zum Patent angemel-  
deten Selbstoptimierungs-  
software MAUS CAAT.

Mehr erfahren:



**Reichmann**  
CASTING FINISHING

# XEDURA® foundry

Drahtgurtstrahlanlage zum Strahlen von Gussteilen mit Sandanhaftung



**RUMP**  
STRAHLANLAGEN  
www.rump.de

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

05258 508 0

Berglar 27 • 33154 Salzkotten



**RUMP**  
STRAHLANLAGEN

# Politik auf der Pause-Taste



FOTO: BDG

**Martin Vogt,**  
Chefredakteur  
(E-Mail: martin.vogt@bdguss.de)

**W**enn wir mit dieser Doppelausgabe der GIESSEREI in eine kurze Sommerpause gehen, blicken wir auf ein dichtes und anspruchsvolles erstes Halbjahr 2024 zurück. Mit der Großen Gießertechnischen Tagung in Salzburg und dem Zukunftstag am Verbandssitz in Düsseldorf (Bericht gleich nach dem Inhalt in dieser Ausgabe) hat der BDG zwei vielbeachtete und wichtige Branchenveranstaltungen ausgerichtet. Und wir haben mit EUROGUSS und CastForge zwei wichtige Messen auf deutschem Boden erlebt.

Wobei böse Zungen in Stuttgart schon raunten, man wohne wohl eher einer Auslandsmesse im Inland bei, auf der man die Stände deutscher Gießer zwischen all den türkischen, chinesischen, portugiesischen, spanischen, tschechischen oder italienischen schon quasi suchen müsse.

Das dürfte weniger als Kritik an der Landesmesse Stuttgart gemeint sein – die ja im Gegenteil erfolgreich ihren Job gemacht hat mit dem Verkauf von mehr Ausstellungsfläche an mehr ausländische Aussteller als 2022 – sondern eher der Sorge um die eigene Industrie entspringen.

Wo bleibt sie denn die deutsche Gießerei-Industrie? Nicht nur Europas, sondern den weltweiten, exportorientierten Wettbewerb mit seinen Begehrlichkeiten für den attraktiven deutschen Markt im Nacken? Ein Markt allerdings, der derzeit ausgesprochen

schleppend läuft. Unter Druck gesetzt von hohen Energiepreisen und sich verschlechternden Rahmenbedingungen. Zunehmend genervt von einer Politik, die den energieintensiven industriellen Mittelstand geflissentlich ignoriert und von Problemen offiziell nichts wissen will.

Über den Tag der Industrie Ende Juni berichten wir hier nicht explizit, wobei dieser Tag in Berlin in seiner Erkenntnis erhellend war: Da haben mit Bundeskanzler Scholz, Wirtschaftsminister Habeck und Finanzminister Lindner die drei Spitzen der Koalition gesprochen. Jeder für sich, so auch der Eindruck des BDG vor Ort, hielt eine durchaus starke Rede mit klaren Aussagen und Ankündigungen. Die aber, und das ist der missliche Befund, untereinander beziehungslos blieben.

Wenn so gar kein Team auf dem Platz steht, wenn jeder nur für sich spielt, mag die zwangsläufig resultierende Erfolglosigkeit für Fußballfans schlimme emotionale Konsequenzen haben. Aus der Hubschrauberperspektive eines Industrielandes aber sind die Folgen überschaubar. Anders verhält es sich mit dem politischen Nicht-Teamplay. Zunächst wird noch in der Erscheinungsphase dieser GIESSEREI-Ausgabe die Frage beantwortet werden, ob sich das Team Koalition überhaupt auf einen 2025er-Haushalt als Minimalkonsens einigen kann. Definitiv aber droht noch ein bleierner Stillstand von knapp eineinhalb Jahren, bis nach der nächsten Bundestagswahl eine neue Administration übernimmt.

Hat das Industrieland Deutschland so viel Zeit für die (wirtschafts-)politische Pausetaste, während viele Wettbewerber auf „Play“ oder sogar „Fast Forward“ stehen? Nein, wie immer mehr Experten insbesondere aus dem Verbands- und Wirtschaftsumfeld mahnen, auf dem Tag der Industrie natürlich auch BDI-Präsident Siegfried Russwurm.

Ich wünsche Ihnen schöne Sommerferien – Sie lesen uns wieder mit der Septemberausgabe.



FOTO: REICHMANN

**90**  
**Gussputzen**

**PROZESS&PRODUKT**

Um mit dem automatischen Gussputzen signifikante Produktivitätssteigerungen realisieren zu können, setzen Gießereien mit Erfolg auf eine zum Patent angemeldete Selbstoptimierungssoftware.



FOTO: MARTIN YOGT, BDG

**12**  
**CastForge**

**BRANCHE**

Die dritte Auflage der CastForge in Stuttgart brachte mehr Aussteller, mehr Ausstellungsfläche, mehr Besucher. Wobei der deutsche Markt weiterhin schwierigsten Rahmenbedingungen unterliegt.



FOTO: LANDESMESSE STUTTGART GMBH

**80**  
**Metallbearbeitung**

**PROZESS&PRODUKT**

Obwohl der Digitalisierungsgrad in der Metallbearbeitung oft noch erschreckend gering und von Insellösungen geprägt ist, ist dies ein wichtiges Thema auf der Messe AMB im September in Stuttgart.



**30**  
**Schwingfestigkeit**

**SPECIAL FORSCHUNG**

Bei Gusseisen mit Kugelgraphit bereitet das Abschätzen von Schwingfestigkeiten dickwandiger Bauteile noch Schwierigkeiten.

**500 µm**

FOTO: FRAUNHOFER LBF

## BRANCHE | VERANSTALTUNGEN

- 6 Dritter Zukunftstag des BDG: „Wir brauchen zehn bis zwölf Jahre Planungssicherheit“, *Kristina Krüger*
- 11 Wahl des BDG-Präsidiums: Clemens Küpper als BDG-Präsident bestätigt
- 12 CastForge: Mehr Aussteller, mehr Erwartungen, *Martin Vogt*
- 14 VDI-Fachkonferenz: E-Mobilität als Chance für die Gießerei-Industrie, *Kristina Krüger, Monika Wirth*

## BRANCHE | MELDUNGEN

- 16 Wieland: Gießerei um Recyclingcenter erweitert
- 19 Verbände: CSDDD in nationales Recht umsetzen, LkSG aussetzen
- 21 Speira: Weiterer Aluminium-Recyclingofen

## SPECIAL FORSCHUNG

- 24 Fokus: Meldungen aus der Forschung
- 30 Gusseisen mit Kugelgraphit – Schwingfestigkeit geschweißter, dickwandiger Bauteile, *Christoph Bleicher, Steffen Schönborn, Jan Niewiadomski*
- 48 Modellierung von Entkernungswerkzeugen – Gekoppelte Mehrkörpersimulation und Finite-Elemente-Analyse zur Kernbruchvorhersage, *Melvin Mariadass, Roman Binder, Wolfram Volk, Daniel Günther*
- 58 Forschungsprojekt DeQaGuss – Neue Qualitätskriterien für Stahlgussbauteile im Bauwesen, *Marcel Mott, Thomas Ummenhofer, Dietmar Kohler, Dominik Stetter*
- 66 Forschungsprojekt ReGAIN für nachhaltige Prozesse – Resiliente Automotive-Gießereien durch AI-gestützte Assistenten, *Kai Kerber, Dierk Hartmann, Anna-Sophia Wilde, Christoph Herrmann, Tim Kaufmann, Leopold Beck*
- 72 Weitere Forschungsaktivitäten

## PROZESS&PRODUKT

- 80 Trends auf der Messe AMB in Stuttgart: Digitalisierung in der Metallbearbeitung, *Landesmesse Stuttgart*
- 85 Kugelstrahlen: Kosten reduzieren und Produktivität erhöhen, *Doris Schulz*
- 88 Effiziente Reinigung von Getriebekomponenten: Automatisierte Korbwaschanlage mit Portalsystem, *Christine Brühöfner*
- 90 Automatisches Gussputzen: Signifikante Produktivitätssteigerungen erreichbar, *Stefanie Henkel*
- 92 Drahtgurtstrahlanlage: Strahlen von Gussteilen mit Sandanhaftung, *Anton Kaup*
- 94 Probabilistische Eigenschaftsvorhersage: Methodik zur abgesicherten Gussteilauslegung und -fertigung, Teil 2, *Horst Bramann, Jakob Olofsson, Jörg C. Sturm*
- 104 Umrüstung auf adiabate 3DK-Systeme: Eisenwerk Brühl mit zukunftsweisender Prozesskühlung, *Heino Schütten*
- 106 News

## MANAGEMENT

- 112 Unternehmensstrategie: Wachstums- und Erfolgsturbo Service, *Peter Schreiber, Hartmut Pleyer*

## SERVICE

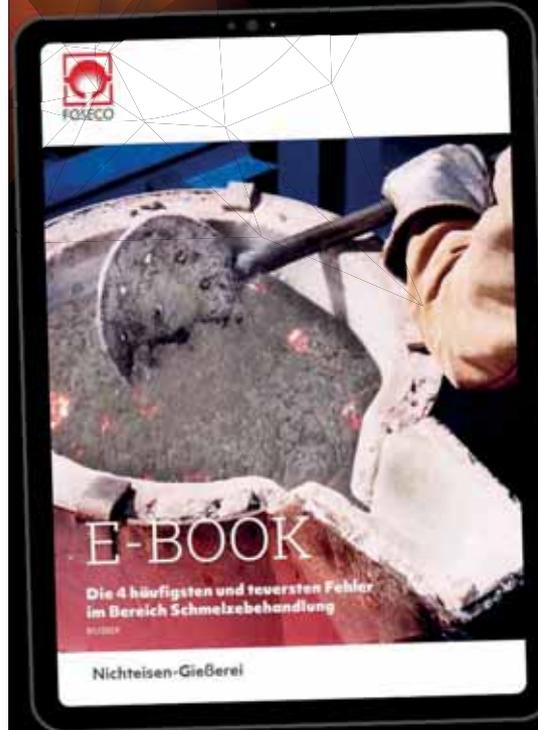
- 116 Patente
- 122 Medien
- 123 VDG intern
- 124 Termine

## RUBRIKEN

- 3 Editorial
- 126 Inserentenverzeichnis, Stellenmarkt
- 128 Vorschau & Impressum

**Noch kein Abo?** Dann wählen Sie die Hotline **06 123/9238-242** oder schicken eine E-Mail an: [dvsmedia@vuserice.de](mailto:dvsmedia@vuserice.de)

**Leserbriefe:** [redaktion@bdguss.de](mailto:redaktion@bdguss.de)



**FREE E-BOOK**

Die vier häufigsten  
und teuersten Fehler  
im Bereich  
Schmelzbehandlung



**DOWNLOAD**



zu

Sponsoren:

Elkem

HA  
GROU

### Unternehmensnachfolge

So geht's: Alexander und Tatjana Schüle, beide Schüle Metallgiesserei diskutieren mit Dr. Marc Evers, DIHK, und Judith Schulte-Loh.

# Zukunftstag

## der Gießerei-Industrie 2024



Dritter Zukunftstag des BDG

## „Wir brauchen zehn bis zwölf Jahre Planungssicherheit“

Am 19. Juni diskutierten Vertreter aus der Branche, Stakeholder und branchenfremde Experten wieder allgemeingültige Themen aus Unternehmensführung und Wirtschaftspolitik. Geprägt wurde der dritte Zukunftstag der deutschen Gießerei-Industrie vor allem durch die Forderung nach sicheren und besseren Rahmenbedingungen.

VON KRISTINA KRÜGER

In der Düsseldorfer Verbandszentrale verfolgten über 130, via Livestream fast 1500 Teilnehmer das Programm des 2021 vom BDG ins Leben gerufenen Formats (zum Vergleich: Gut 530 Zuschauer nutzten 2021 den Livestream). Auch während der Drittauflage des Zukunftstags drehte sich am Vormittag alles um (wirtschaftspolitische) Rahmenbedingungen und am Nachmittag um die Fachkräftesprache.

Gleich in seiner Begrüßungsrede machte BDG-Präsident Clemens Küpper deutlich, dass es im Juni 2024 nicht mehr nur um die Energiekosten geht. „Wir brauchen die klare Aussage der Politik: Ihr seid unsere mittelständische Industrie, ihr seid das Wichtigste für unseren Wohlstand. Aber der Mittelstand wird in Berlin nicht genügend gesehen“, so Küpper und fordert: „Wir brauchen ein klares Bekenntnis der Bundesregierung zum energieintensiven industriellen Mittelstand. Dazu gehört Planungssicherheit.“

Um keine Missverständnisse aufkommen zu lassen: Die im Vergleich zum europäischen Ausland konkurrenzlos hohen Energiepreise in Deutschland fressen die Unternehmen auf, die Stromsteuerentlastung greift nicht wirklich und seit Januar kommen noch die kräftig gestiegenen Netzentgelte hinzu, die rund 25 Prozent des Strompreises ausmachen. Die Frage der Energieversorgung hat also nichts an Brisanz verloren. „Aber die Energiekosten, Netzentgelte und langfristige Verträge – das sind Bedingungen, die andere Länder nicht haben, weil sie Regierungen haben, die sich darum kümmern“, ordnet der alte und neue BDG-Präsident das Thema wirtschaftspolitisch ein. Seine Forderung: „Die Netzentgelte müssen eine gesamtstaatliche Aufgabe sein, sie dürfen nicht auf die einzelnen Unternehmen abgewälzt werden.“ Und damit werden die Energiekosten zu einem wichtigen, aber eben nur einem Teil eines grundsätzlichen Problems. Das veranlasste den BDG dazu, gleich zu Anfang die rhetorische, aber dadurch nicht minder provokative Frage zu stellen: „Brauchen wir noch Guss aus Deutschland?“

Mangelnde Sichtbarkeit des breiten Mittelstands – auch Carolin Schenuit, Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS) nimmt dies in Berlin wahr, ebenso die isolierte Position Deutschlands in der europäischen Klimapolitik. Die Grünenpolitikerin pocht dennoch auf die internationale Strahlkraft dessen, was in Deutschland umgesetzt wird. Für sie ein Grund, an Guss in Deutschland festzuhal-

ten, aber auch dafür, die Klimapolitik weiter zu forcieren. Und die Förderung des Klimaschutzsubventionsfonds zu nutzen, die bislang nur zu 50 Prozent ausgeschöpft werde. Die Gefahr der Abwanderung treibt Dr. Klaus Bauknecht, Chefvolkswirt der IKB Deutsche Industriebank, nicht um. Das Problem sei nicht, dass die deutschen Mittelständler im Ausland investierten. „Der gehobene Mittelstand investiert zurzeit generell nicht, auch nicht im Ausland.“ Das zarte Pflänzchen der konjunkturellen Erholung, das er feststellt, will er mit Investitionen ankurbeln. „Wir müssen es hier produzieren – weil wir es

BDG-Hauptgeschäftsführer Max Schumacher sorgt sich inzwischen um mehr als hohe Energiekosten. Er sieht den Standort Deutschland in Gefahr. Rechts Judith Schulte-Loh, die den Zukunftstag moderierte.

Rolf Cramer, Druckguss Westfalen, und Dr. Christiane Heunisch-Grotz, Gießerei Heunisch. Die Gießer würden sich lieber wieder mehr um ihre Produktion und reale CO<sub>2</sub>-Einsparungen kümmern können, als in Berichtspflichten zu ersticken.

hier brauchen“. Jedoch schließt sich auch für ihn gleich darauf der Kreis: „Das braucht absolute Planungssicherheit, und die kann man durch klare Strukturen in der Regierung ganz leicht erreichen.“

Die Kundensicht sieht die Wertschöpfungskette dann im nächsten Panel nicht unbedingt nur auf Deutschland beschränkt. Bertram Kawlath, Vizepräsident VDMA und Geschäftsführender Gesellschafter Schubert & Salzer, und Ronald Krug von AGCO setzen auf differenzierte Lieferketten und finden dabei Unterstützung bei Philipp West, Leiter Vertrieb & Engineering, Luitpoldhütte. Gerade unter





Dr. Klaus Bauknecht, Chefvolkswirt der IKB Deutsche Industriebank, und Carolin Schenuit, FÖS, konnten vieles aus der Begrüßungsrede von Clemens Küpper nur bestätigen. Der BDG-Präsident thematisierte u. a. die mangelnde Sichtbarkeit des energieintensiven Mittelstands besonders in Berlin (oben).

## Wenn Politik statt Gegeneinander ein Miteinander leben würde – das wäre dann einmal wirklich ein Wettbewerbsvorteil.

Clemens Küpper, BDG-Präsident

dem Eindruck der letzten Ereignisse herrscht jedoch Einigkeit. Man dürfe nicht 100 Prozent auf Globalisierung setzen, sondern solle einen Teil der Serie auch in Deutschland platzieren. Ronald Krug: „Jedes Unternehmen muss für sich entscheiden, wie es die Volumina – deutsch gegen international – aufteilt.“ Der Wunsch nach sicheren Rahmenbedingungen überwiegt auch hier: „Planungssicherheit darf nicht an eine Legislaturperiode geknüpft sein, sondern sollte mindestens über 10 bis 12 Jahre laufen und in der EU müssen ähnliche Rahmenbedingungen herrschen“, so Philipp West abschließend.

Und die Gießer? Sie konfrontieren Volkswirte, Einkäufer und Co. damit, wie sich überbordende Bürokratie, hohe Energiekosten, immer schlechtere Rahmenbedingungen und eine mangelnde Industriestrategie auf ihre Unternehmen auswirkt. Förderungen? „Die Vergabeprozesse sind so kompliziert, da laufen wir immer mit dem Kopf gegen die Wand“, macht Dr. Christiane Heunisch-Grotz, Gießerei Heunisch, ihrer Frustration Luft. „Wir ertrinken in Berichtspflichten, wir schreiben auf, wie viel CO<sub>2</sub> wir ausstoßen, aber wir beschäftigen uns nicht damit, wie wir sie reduzieren können“, so Christiane Heunisch-Grotz



Anna Säger (links) und Silke Masurat (rechts) mit Anleitungen und Impulsen zur Mitarbeitergewinnung. Bertram Kawlath, Vizepräsident VDMA, Ronald Krug, AGCO, und Philipp West, Leiter Vertrieb & Engineering, Luitpoldhütte, (unten) über Liefer- und Wertschöpfungsketten.



und Rolf Cramer, Geschäftsführer Druckguss Westfalen, unisono. „Statt uns um unsere Produktion zu kümmern, und wir produzieren ganz viel, was für die Transformation wichtig ist“, fügt Rolf Cramer hinzu. Für den von Bauknecht angenommenen Konjunkturaufschwung sieht Heunisch-Grotz keine Anzeichen, jedenfalls nicht in markantem Maße. Eine Einschätzung, die im Übrigen auch von einer Analyse des Wirtschaftsverbands Stahl- und Metallverarbeitung (WSM) gestützt wird.

Der Ruf nach weniger Bürokratie und besseren Rahmenbedingungen zog sich bis in den Nachmittag hinein. Dr. Marc Evers, Referatsleiter Mittelstand, Existenzgründung, Unternehmensnachfolge bei der DIHK, beschäftigt sich tagtäglich mit dem schwierigen Thema der Unternehmensnachfolge. Und seine Daten zeigen, dass sich nach Corona die Zahl derer, die einen Nachfolger suchen, wieder normalisiert hat – nicht jedoch die Zahl derer, die Nachfolger werden wollen. Unsichere Rahmenbedingungen und die Genehmigungsflut, die auf Interessenten warten, schrecken viele ab. „Ich sehe in die Zukunft, und ich sehe tolle Dinge. Aber dann sehe ich auch gleich die Klötze am Bein“, so Tatjana Schüle während der Diskussion. Die Wirtschaftsingenieurin hat sich zusammen mit ihrem Vater und Onkel trotzdem auf den Weg gemacht, die Metallgiesserei Schüle GmbH zu übernehmen. Trotz Bürokratismus und unsicheren Rahmenbedingungen.

Wirtschaftspolitik vormittags und die menschliche Komponente nachmittags – BDG-Hauptgeschäftsführer Max Schumacher war zufrieden. Er konnte abschließend das Fazit des Zukunftstags auf eine Forderung reduzieren, die sich an die Politik richtet: „Schaffen Sie die richtigen Rahmenbedingungen und lassen Sie die Unternehmen machen. Wir brauchen Raum zum Arbeiten.“



### „Die Zeiten von Post and Pray sind vorbei“

Das ist die Quintessenz des Nachmittags unter dem Motto „Recruiting neu denken“. Der Arbeitsmarkt ist ein Arbeitnehmermarkt, Instrumente der Arbeitnehmerwerbung sollten also genauso behandelt werden wie ein Absatzmarkt, so die These von Silke Masurat, Zentrum für Arbeitgeberattraktivität (zeag). Zusammen mit Anna Säger, Beraterin für Handwerk und Metallbau, und Dr. Julian Stahl, Head of Market Intelligence XING, ist sie der Auffassung, dass Employerbranding und kontinuierliches Storytelling die Werkzeuge, Social Media die Plattform für die erfolgreiche Acquire von Mitarbeitern sind. Die im Übrigen unterschiedliche Alters- und Bevölkerungsgruppen als Zielgruppe denken sollte. Masurat will an der Wurzel ansetzen: Eine neue Vertrauenskultur müsse her, die Arbeitnehmer und Vorgesetzte dazu befähige, die Freiheiten der New Work zu nutzen.

„Machen Sie Ihre Mitarbeiter zu Fans“, forderte die Geschäftsführerin der zeag auf. Der BDG zeigte mit seinem Azubiwettbewerb selbst einen möglichen Weg. Die Auszubildenden verschiedener Gießereien hatten auf TikTok in kurzen Vlogs über ihren Alltag berichtet. Die Gewinnerin Lea Pugliese von STIHL wurde auf dem Zukunftstag bekannt gegeben. Sie konnte sich über 1500 Euro freuen.



Dr. Julian Stahl, XING, setzt in puncto Mitarbeiter auf alle Altersgruppen.

# Clemens Küpper als BDG-Präsident für weitere drei Jahre bestätigt

Im Rahmen seiner Mitgliederversammlung wurde beim Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie (BDG) auch gewählt. Am Vortag des Zukunftstages stand u.a. die Wahl des Präsidiums und des Präsidenten an. Neu im Präsidium: Dr. Christiane Heunisch-Grotz, Dr. Marc Mateika und Lars Steinheider. Clemens Küpper geht in eine weitere Amtszeit als Präsident.



FOTOS: MARTIN VOGT/BDG

Das neue Präsidium im Atrium des HDGI nach der Wahl des alten und neuen Präsidenten: In der vorderen Reihe v.l.n.r. Hartmut Fischer, Reinhard Tweer, Dr. Christiane Heunisch-Grotz, Clemens Küpper, Stefan Michel, hinten Dr. Marc Mateika, Hans-Peter Grohmann, Dr. Klaus Lellig, Max Schumacher, Lars Steinheider, Dirk Engels

**C**lemens Küpper, Geschäftsführer der Eisengiesserei Baumgarte aus Bielefeld, war 2021 als Präsident gewählt worden und kandidierte bei den Wahlen am 18. Juni erneut. Er wurde vom Präsidium einstimmig für die weitere dreijährige Periode bis 2027 gewählt und bleibt damit Präsident des BDG. Nach seiner Bestätigung im Amt stellte sich der alte und neue Präsident den BDG-Mitgliedern mit den Worten: „Ich habe mich gern erneut zur Wahl gestellt – obwohl und weil ich wusste, was mich erwartet. Denn wir haben eine tolle Mannschaft in der Hansaallee.“

Das Präsidium setzt sich nach den Wahlen in der Mitgliederversammlung wie folgt zusammen. Im Präsidium neu mit dabei: Dr. Christiane Heunisch-Grotz, Geschäftsführende Gesellschafterin Heunisch, Bad Windsheim, und Dr. Marc Ma-



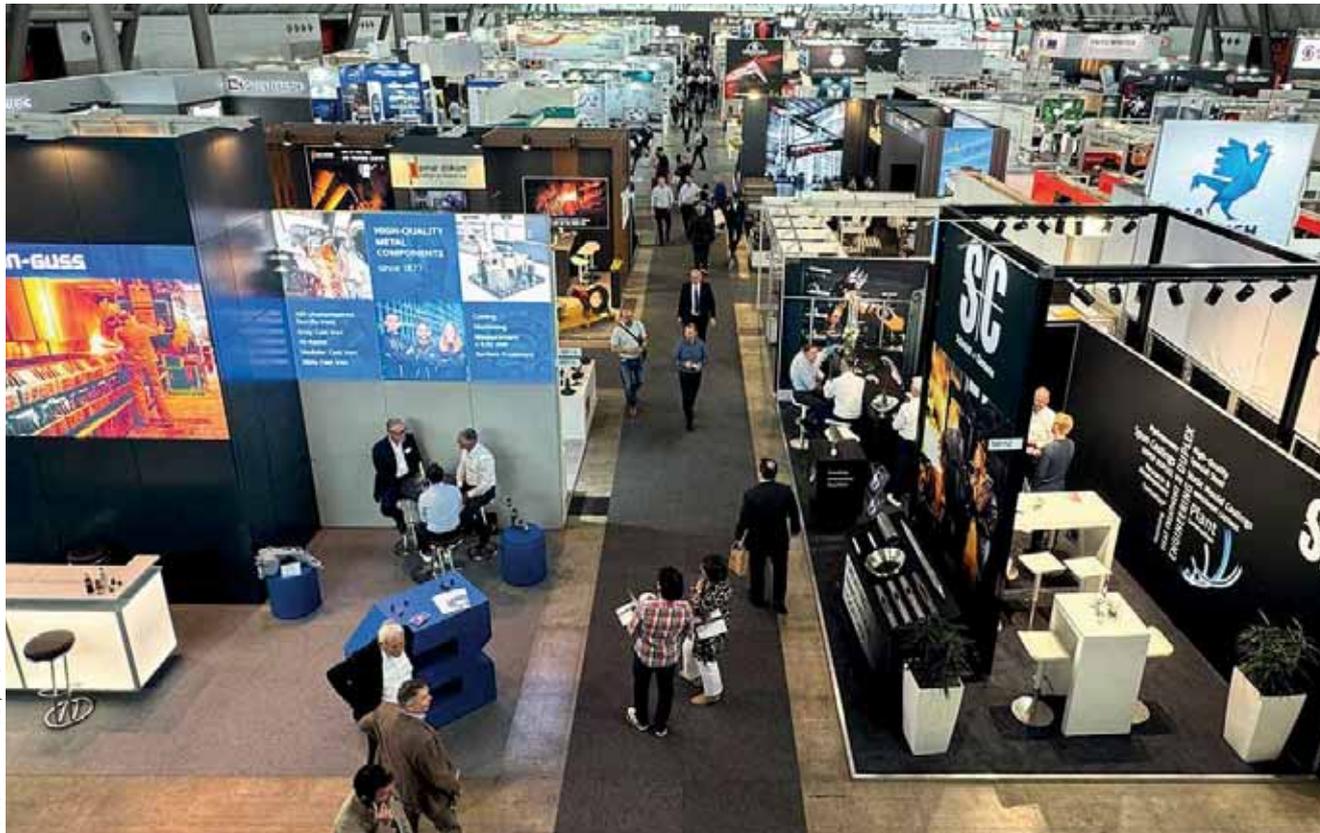
teika, Geschäftsführer bei MeierGuss, Rahden (beide für den Bereich Eisen/Fe) sowie Lars Steinheider, Geschäftsführer bei der FWH Stahlguss GmbH, Mühlheim/Ruhr (Vizepräsident Technik).  
Im Amt bestätigt wurden für den Bereich Technik Dirk Engels, Isselguss und Dr. Klaus Lellig, Nematik Europe. Ebenfalls wiedergewählt wurden im NE-Bereich Hartmut Fischer, Andreas Stihl Magnesium-Druckguss, Stefan Michel, Ed. Fittscher GmbH & Co. KG Metallgießerei und Hans-Peter Grohmann, Johann Grohmann GmbH & Co. KG als Vizepräsident. Reinhard Tweer von der Reinhard Tweer GmbH blieb Vizepräsident des Bereichs Eisen/Fe. Die Wahlen fielen einstimmig aus. Als kooptiertes, nicht stimmberechtigtes Mitglied komplettiert BDG-Hauptgeschäftsführer Max Schumacher wie bereits bislang das Präsidium. Ausgeschieden sind Dr.-Ing. Jens Wiesenmüller und Josef Ramthun.

Deniz Aytekin hat in seiner Zeit als deutscher Fußballschiedsrichter gelernt, schnell richtige Entscheidungen zu treffen – auch wenn Spieler und Fans ihn lautstark und z.T. auch mit körperlichem Einsatz durch ihre physische Präsenz unter Druck setzen.

teika, Geschäftsführer bei MeierGuss, Rahden (beide für den Bereich Eisen/Fe) sowie Lars Steinheider, Geschäftsführer bei der FWH Stahlguss GmbH, Mühlheim/Ruhr (Vizepräsident Technik).

Im Amt bestätigt wurden für den Bereich Technik Dirk Engels, Isselguss und Dr. Klaus Lellig, Nematik Europe. Ebenfalls wiedergewählt wurden im NE-Bereich Hartmut Fischer, Andreas Stihl Magnesium-Druckguss, Stefan Michel, Ed. Fittscher GmbH & Co. KG Metallgießerei und Hans-Peter Grohmann, Johann Grohmann GmbH & Co. KG als Vizepräsident. Reinhard Tweer von der Reinhard Tweer GmbH blieb Vizepräsident des Bereichs Eisen/Fe. Die Wahlen fielen einstimmig aus. Als kooptiertes, nicht stimmberechtigtes Mitglied komplettiert BDG-Hauptgeschäftsführer Max Schumacher wie bereits bislang das Präsidium. Ausgeschieden sind Dr.-Ing. Jens Wiesenmüller und Josef Ramthun.

Nach einem Impulsvortrag von Dr. Sebastian Tewes, Leiter Technik, Innovation&Transformation über Transformationsprozesse in und außerhalb der Gießereibranche ging es vom Haus der Gießerei-Industrie (HDGI) auf der Hansaallee in die Classic Remise. In dem denkmalgeschützten Ringlokschuppen befinden sich Werkstatt- und Servicebetriebe sowie Händler für Oldtimer – und eine Unzahl von klassischen Fahrzeugen in historischer Industriearchitektur. Zusammen mit dem Vortrag von Deniz Aytekin, deutscher Fußballschiedsrichter, die perfekte Einstimmung, um am darauf folgenden Tag im Rahmen des Zukunftstags der Gießerei-Industrie weiter zu diskutieren. Der Betriebswirt und Online-Unternehmer Aytekin erläuterte, wie man unter Druck schnell Entscheidungen treffen kann und dennoch menschlich bleibt. Eine Fähigkeit, die auch in der Unternehmensführung wichtig ist.



FOTOS: MARTIN VOGT, BDG

Gut besucht: Die Landesmesse vermeldet für die 2024er-CastForge ein deutliches Plus an Ausstellern und Besuchern.

## Guss- und Schmiedemesse CastForge

# Mehr Aussteller, mehr Erwartungen

Die Landesmesse Stuttgart sieht ihre CastForge auch in der dritten Auflage als großen Erfolg – gemessen am Zuwachs der Aussteller. Nicht zu übersehen ist indes ein insbesondere für den deutschen Heimatmarkt der Messe wesentlicher Fakt: Wirtschaftliche Situation und Rahmenbedingungen sind ungünstig.

### VON MARTIN VOGT

Zur vollständigen Beschreibung der CastForge, der Messe für Guss- und Schmiedeteile, gehören beide Aspekte. So bedeuten 491 ausstellende Unternehmen ein beachtliches Wachstum von 39 Prozent im Vergleich zur Vorveranstaltung. Gewachsen war auch die Ausstellungsfläche von 2022 auf 2024 – und zwar auf 9654 Quadratmeter. Insgesamt 4286 Fachbesucherinnen und Fachbesucher waren auf der diesjährigen CastForge dabei. Dies entspricht einem Wachstum von über 20 Prozent. Insgesamt kamen 37 Prozent der Besucherinnen und Besucher aus dem Ausland – und zwar aus 45 Ländern.

Mit diesem Wachstum verbunden ist ein neuer Höchststand beim Anteil der

ausländischen Aussteller. 72 Prozent oder 353 von 491 kamen aus dem Ausland. Am stärksten vertreten, so die offizielle Info der Landesmesse Stuttgart, waren Italien, Frankreich, Österreich, Türkei, Schweiz. In der Tat nicht zu übersehen waren die Gemeinschaftsstände etlicher Länder, subjektiv stark vertreten war auch China. Entsprechend euphorisch rezipierten ausländische Gießerei-Vertreter die 2024er-Auflage.

### Ausländische Produzenten schießen auf deutschen Markt

„Die CastForge 2024 war ein wichtiger Meilenstein für die türkische Guss- und Schmiedeindustrie. Die Messe ermöglichte türkischen Herstellern, neue Geschäfts-



Schwierige Zeiten: BDG-Hauptgeschäftsführer Max Schumacher monierte die immer schlechteren Rahmenbedingungen am Standort Deutschland.



beziehungen zu knüpfen“, sagt Aynur Aynur, Mitglied des Board of Directors der IDMMB – Istanbul Ferrous and Non-Ferrous Metals Exporters’ Association. Wilfrid Boyault, Managing Director, Fédération Forge Fonderie kommentiert: „Die CastForge bietet der französischen Gießerei- und Schmiedeindustrie eine ausgezeichnete Sichtbarkeit in einem wichtigen Markt“. Und Marina Giacopinelli, Geschäftsführerin des Exportverbandes spanischer Gießereien FUNDIGEX, betont: „Die CastForge ist ohne Zweifel eine der wichtigsten Fachmessen für die Guss- und Schmiedebranche und bietet eine großartige Möglichkeit, Neukunden zu gewinnen und den spanischen Sektor zu stärken“. Ähnlich Josef Hlavinka, Geschäftsführer, Svaz sléváren České republiky: „Für den Erhalt der industriellen Entwicklung in Europa sind Gussteile unverzichtbar. Die CastForge hat sich zu einer führenden europäischen Fachmesse für die tschechische Gießerei-Industrie entwickelt“. Was auch der Portugiese Rafael Campos Pereira, Executive Vice-President, AIMAPP Metal Portugal, teilt: „Die CastForge ist nicht nur die führende Fachmesse für Gießereien und Schmieden, sondern auch in einem der wichtigsten Exportmärkte für Metal Portugal verankert“.

### Deutscher Markt mit außerordentlich schwierigem Rahmen

So viel deutliche Hoffnung also von Verbänden und Gießern aus dem Ausland, die nach neuem Absatz suchen. Sie trafen in Stuttgart und treffen dauerhaft auf einen schwierigen deutschen Markt, der momentan nicht mal die einheimischen Betriebe auslastet. Grund dafür: Die aktuelle Rezession, für die energieintensiven Betriebe verstärkt durch immer weiter schlechtere Rahmenbedingungen. Dies kommunizierten in ihren Eingangsaussagen zur CastForge die Hauptgeschäftsführer von Guss- und Schmiedeverband, Max Schumacher und Tobias Hain, auch in bemerkenswerter Deutlichkeit.

Schumacher sah im Eröffnungstalk vor dem Hintergrund der aktuellen Rezession die „deutsche Wirtschaft am Scheideweg“, thematisierte „Bürokratielasten“ und „Stromkosten“ und stellte mit Blick auf die Berliner Koalition eine „Wagenburgmentalität“ fest. Schumacher wörtlich: „Die CastForge ist ein wichtiger Treffpunkt für unsere Branche, um in der aktuell tiefgreifenden Krise des Wirtschaftsstandortes über Entwicklungen und Herausforderungen zu diskutieren. Der Kampf gegen den Klimawandel gelingt nur mit dem Gusseuropameister Deutschland. Dafür brauchen wir eine Industrie- und Energiepolitik, die die Industrie als Partner und nicht als Gegner sieht und die den Mittelstand nicht überfordert. Dazu gehören niedrigere Stromkosten und

weniger Bürokratie sowie ein Moratorium beim Lieferkettensorgfaltspflichten-gesetz“.

### Hohe Besucherqualität und Zufriedenheit des Fachpublikums

Das Fachpublikum zeichnete sich durch eine hohe Entscheidungskraft aus. 84 Prozent, so hat die Landesmesse ermittelt, gaben an, an Einkaufs- und Beschaffungsentscheidungen im Unternehmen beteiligt zu sein. Erfreulich war das Gesamturteil des Fachpublikums: Die CastForge wurde mit der Note 1,9 bewertet. 82 Prozent würden die Fachmesse weiterempfehlen. Die nächste CastForge findet vom 9. bis 11. Juni 2026 statt.



### Start-up „Castfast“

## Bestellt, bepreist, geliefert

Ein spannendes Projekt auf der CastForge war das Start-up Castfast, eine Ausgründung der Mainzer Eisengießerei Römheld & Moelle (im Bild oben die vier aktuellen Macher). Einfache Idee: Castfast nimmt Anfragen für Teile entgegen – gießt aber nicht selbst, sondern kalkuliert Preis und Lieferdatum und vergibt den Gussauftrag an Gießereien, mit denen das Start-up zusammenarbeitet. Der Kreis dieser Gießereien wird beständig erweitert. Zentral dabei sind Software und Eingabemaske: Der Kunde gibt Material (aktuell Eisen, Aluminium und Stahl sollen bald verfügbar sein), Bauteilgröße sowie weitere Parameter wie Sandform, Sandkern und 3-D-Rekonstruktion ein, lädt seine Zeichnung als 3-D-Konstruktionszeichnung in der Maske hoch und bekommt relativ rasch ein Feedback: Die Eingabemaske ist bewusst einfach gehalten und erinnert ein wenig ans Online-Shopping in farbenfrohem Orange sowie der Anzeige eines „Warenkorbs“.

Als Ergebnis angezeigt wird dann der Preis, das Lieferdatum – und sogar der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des definierten Bauteils. Neben der Fertigung eines kompletten, gegossenen Bauteils gehört zum Angebotskatalog auch die Erstellung von 3-D-Modellen auf Basis von Zeichnungen sowie die Herstellung von abgussfertigen Kernen und kompletten Formen. Die Nachfrage ist ganz offensichtlich vorhanden, wie Geschäftsführer Rudolf Riedel sagt: „Noch verbrennen wir Geld – aber wir sind unserem Zeitplan deutlich voraus: Die ersten Bestellungen und Umsätze kamen nach vier Wochen – wir hatten mit einem ganzen Jahr bis dahin kalkuliert“.



FOTOS: KRISTINA KRÜGER/BDG

Was ist drin für das Verfahren Guss in der E-Mobilität? Gar nicht so wenig, zeigten die Vortragenden, hier Siegfried Heinrich, Schauffler Tooling und CEO der Schauffler Fischer Group, Laichlingen

Technologieoffenheit, alternative Märkte und Unternehmertum

## E-Mobilität als Chance für die Gießerei-Industrie

Wie stellen Gießereien sich zukunftsorientiert auf, im Spannungsfeld von technischem Fortschritt und einer Politik, die mit ihren Regularien immer mehr in wirtschaftliche Belange von Unternehmen und Weltwirtschaft eingreift? Das war der gemeinsame Nenner der Vorträge auf der VDI-Fachkonferenz, die im Juni in Neuss stattfand.

### VON KRISTINA KRÜGER UND MONIKA WIRTH

**F**ünf Themenblöcke, zwei Veranstaltungstage und ein Brainstorming im gemeinsamen World-Café später zog Prof. Thilo Röth, FH Aachen, der die Veranstaltung moderierte, das Fazit: „Ich vermute, eine sehr gute Stimmung wahrgenommen zu haben.“ Tatsächlich waren die Teilnehmer wegen der Einschätzungen der

Vortragenden gekommen, um die Zukunft ihrer Unternehmen verlässlicher planen zu können. Wissen, wohin die Reise geht – das ist wohl das, was viele Gießer zurzeit umtreibt. Die oft beschworenen verlässlichen politischen Rahmenbedingungen, die den meisten fehlen – sie gehören zu den Umständen, die die Gießer selbst nicht wirklich beeinflussen können. Aber sie können sich darauf einstellen – technologisch und kaufmännisch. Dementsprechend wollte die Veranstaltung wirtschaft-

liche Prognosen und technische Antworten liefern. Thilo Röth war mit dem Ergebnis zufrieden. „Die Vielschichtigkeit hier fand ich sehr, sehr spannend“, so sein zufriedenes Schlusswort.

### E-Mobilität

Sie schwächelt, die E-Mobilität, und die Gießereien, die auf sie gesetzt haben, brauchen einen längeren Atem als gedacht. Anselm Sante, Roland Berger

GmbH, berichtet von sich nur langsam erholenden Märkten. Problem der deutschen Wettbewerber gegenüber Asien und selbst den USA sind vor allem die volatilen Energiepreise. Sie sind nicht nur die Ursache für steigende Kosten pro Produkt, die nur bedingt weitergegeben werden können. Sie bremsen auch den Absatz der E-Autos. Gießereien können dem mit intelligentem Energieeinkauf, Diversifizierung und langfristigen Verträgen bedingt entgegenwirken. Langfristig ist jedoch ihre operative Exzellenz, Investitionen in Forschung und Entwicklung, die Identifizierung neuer Märkte und der Einstieg in den Nicht-Automotive Bereich ausschlaggebend für den wirtschaftlichen Erfolg. Dr. David Bothe, Frontier Economics Limited, kann das nur unterstützen. Ja, die aktuell politisch regulatorisch vorgegebene Versteifung auf die E-Mobilität hemmen die ökonomische und die ökologische Entwicklung. Ein Technologiewettbewerb – beispielsweise von Biokraftstoffen und E-Mobilität – sei jedoch keine Bedrohung, sondern Chance, die CO<sub>2</sub>-Neutralität im Verkehrssektor schneller zu erreichen. Und gerade bei Engpässen eine wertvolle Option. Denn die bestehende Verbrennerflotte könnte so zur klimaneutralen Transformation beitragen, braucht der Netzausbau, der dann irgendwann einmal genügend grünen Strom bereitstellen könnte, doch noch Zeit. Trotzdem, so Bothe: Das Rufen nach sicheren Richtlinien dürfe unternehmerisches Tun und die Entwicklung neuer Technologien bis zur Marktreife nicht ersetzen.

Technischer wurde es dann bei Dr.-Ing. Timo Hanns und Dr.-Ing. Martin Hirsch von BMW. Der OEM setzt in seiner Leichtmetallgießerei auf eigene Entwicklungen – ein Trend, den später auch Dr.-Ing. Hagen Wegner MBA, Principal, FEV Consulting, Aachen, in seinem Vortrag herausstellen wird. Technikbeherrschung ist nicht mehr das alleinige Kriterium. Ohne virtuelle Methoden und eine hierarchie- und abteilungsübergreifende Kommunikation der kurzen Wege sei kein wirtschaftlicher Erfolg mehr möglich. Auch diese Aussage sollte später Zustimmung finden – bei Dr.-Ing. Moritz Frenzel, Technical Director Engineering Data Science Altair Engineering in München. „Die Digitalisierung ist schon da, die Algorithmen, die gibt’s, die Verantwortlichkeiten, die muss man klären“, so der Experte für KI und Generatives Design in seinem Vortrag am zweiten Konferenztag. Trotz aller Technologieoffenheit: Die Elektromobilität wird sich etablieren, wenn auch später als ursprünglich geplant, zeigt sich Dr. Achim Egner-Walter, Martinrea Honsel, zuversichtlich. Er stellte verschiedene Konzepte zur Fertigung von Batterie-

**Das Brainstorming im World-Café war Bilanz des ersten Tages und Brücke zum zweiten. Aus der Diskussion: Welche Bauteile bietet der elektrifizierte Antriebsstrang für Guss, welche Potenziale und Restriktionen hat Gigacasting und was sind die Schlüsselfaktoren für nachhaltige Gussbauteile?**



kästen und -rahmen vor. Gegossene Rahmenstrukturen könnten Möglichkeiten für Gießereien eröffnen – als kostengünstigere und qualitativ hochwertigere Alternative zu den zurzeit üblichen Batteriekästen, die aus Gussteilen, Extrusionsprofilen und Aluminiumblechen gefügt sind. Ob kleinere Bauteile im Druck- oder größere Bauteile im Niederdruck-Kokillengießen oder aber Gigacastings – simulatives Bewerten und Optimieren nimmt auch für ihn eine Schlüsselrolle ein. Die letzten drei Vorträge des Tages zeigten die Möglichkeiten von optimiertem Thermomanagement auf.

### Nachhaltigkeit und Gigacasting

Der Vortrag von Dipl.-Ing. Gerd Röders, G.A. Röders, Soltau, stellte von Anfang an klar: Nachhaltigkeit ist nicht nur eine lästige Forderung der Politik, auch die Nachbarn seines 210 Jahre alten, stadtnah gelegenen Unternehmens schauen genau hin. Und seine Mitarbeiter wollen einen sicheren, seine potenziellen Auszubildenden einen sinnstiftenden Arbeitsplatz. Das Unternehmen G.A. Röders steht stellvertretend für viele mittelständische Gießereien, die sich – inzwischen mit einem Standort außerhalb Deutschlands – mit der von nationaler Seite und EU geforderten Berichterstattung konfrontiert sehen. Gerd Röders berichtete von seinen – positiven – Erfahrungen mit dem Deutschen Nachhaltigkeitskodex (DNK). Auch nachdem er seine Nachhaltigkeitsberichterstattung nach den neuesten Entwicklungen noch einmal überarbeiten „darf“ – er ist zuversichtlich, dass es mit dem DNK wieder funktionieren wird.

Der Formenbau ist beim Gigacasting angekommen – der Vortrag von Siegfried Heinrich, Geschäftsführer Schaufler Tooling und CEO der Schaufler Fischer Group, Laichlingen, zeigte dies eindrucksvoll. Der Anlagenbau auch – Artur Seltenreich von StrikoWestofen, Gummersbach, übernahm

hier den Nachweis und stellte vier Fallbeispiele vor. Auch die anderen Vorträge des zweiten Tages widmeten sich dem Elefanten im Raum: dem Gigacasting. Ab wann ist Gigacasting kosteneffizient, ab wann nachhaltig? „Gigacasting wird kommen und dementsprechend bereiten sich die ganzen Zulieferer darauf vor“, ist sich Dr.-Ing. Hagen Werner von FEV Consulting sicher. Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck verbessert sich vor allem bei der Verwendung von rezyklierten Materialien, führt er weiter aus. Jost Gaertner von Alumag Automotive analysierte die Geschäftsmodelle der einzelnen OEMs auch hinsichtlich der Materialien ihrer Produkte. Er sitzt sozusagen direkt an der Quelle. Denn das Beratungshaus Alumag erschließt aufgrund seiner Marktdatenbanken neue Märkte für seine Kunden und lokalisiert potenzielle Lieferanten. Die schonungslose Aussage des Experten, wenn es um Gewicht und Kosten in puncto Gigacasting geht: „Der Preis schlägt alles. Toyota und Honda machen das nicht, weil sie einem Trend nachlaufen, sondern weil sich das rechnet mit diesem Gigacasting.“ Auch er besinnt sich auf die unternehmerischen Tugenden: „Kämpfen Sie für Ihr Produkt und Ihren Prozess. Wenn heute was in Guss gemacht wird, heißt das nicht, dass das morgen noch so ist – und umgekehrt.“

### Fazit

Unter dem Strich vermittelt die Veranstaltung die Erkenntnis: Nachhaltigkeit ist auf allen Ebenen ein Trend, den jede Branche auf der Agenda haben muss, nicht nur die Gießerei-Industrie. Gigacasting kommt, E-Mobilität auch, wenn auch nicht so schnell wie gedacht. Daten, KI, Simulation sind Enabler für langfristigen Erfolg – aber vor allem ist es unternehmerische Risikofreude, innovative Ideen und technologische Entwicklungen, die Gießereien resilient für zukünftige Entwicklungen machen.



FOTO: WIELAND

WIELAND

## Gießerei um Recyclingcenter erweitert

Mit dem offiziellen Spatenstich am 27. Mai 2024 fiel bei Wieland der Startschuss für das Kupferrecyclingcenter in Vöhringen. Nach Inbetriebnahme wird sich die weltweite Recyclingquote der Wieland-Produkte auf über 80 Prozent erhöhen.

„Betrachten wir die Erweiterung der Gießerei in Vöhringen durch ein Recyclingcenter aus der Nachhaltigkeitsperspektive, handelt es sich hier um ein globales Leuchtturmprojekt mit Signalwirkung“, betont Dr. Erwin Mayr, CEO der Wieland Gruppe. „Denn die neue Anlage ist ein wichtiger Baustein auf unserem Weg, den Materialkreislauf nachhaltig zu schließen und unsere globale Recyclingquote in naher Zukunft auf 100 Prozent zu erhöhen“. Dadurch kommt Wieland seinem Ziel der treibhausgasneutralen Produktion bis spätestens 2045 einen großen Schritt näher. Weitere Eckpfeiler der Dekarbonisierungsstrategie sind die Elektrifizierung aller Anlagen zum Ausstieg aus fossilen Brennstoffen sowie der vollständige Einsatz Erneuerbarer Energien durch grüne

Stromlieferverträge und der Eigenstromerzeugung mithilfe von Photovoltaik- und Windkraftanlagen.

In Vöhringen werden 25 neue Arbeitsplätze entstehen. In der neuen Anlage werden künftig Reinkupfer-Bolzen mit einem Rezyklatanteil von 100 Prozent produziert. Hierfür kommen Kupferschrotte und -granulate sowie Produktionsschrotte aus der Fertigung vor Ort zum Einsatz.

Beim Spatenstich: Vertreter von Wieland, der soho projekt GmbH, der Stadt Vöhringen, des Landkreises Neu-Ulm, der FBW Fertigbau Wochner und der Leonard Weiss GmbH & Co. KG.

Der Recyclingprozess basiert auf einem sehr energieeffizienten Verfahren, der sogenannten Feuerraffination.

[www.wieland.com/de](http://www.wieland.com/de)

FRIST FÜR FORSCHUNGSZULAGE 2020

## Anträge bis Mitte August stellen

Da die Prüfung der Bescheinigungsstelle Forschungslage bis zu drei Monate dauert, empfehlen die Fördermittelberater von EPSA Deutschland Anträge bis Mitte August zu stellen.

Unternehmen, die noch Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen (F&E) aus dem Jahr 2020 geltend machen möchten, sollten sich sputen. Zwar endet die Frist für die Beantragung der Forschungszulage beim Finanzamt erst am 31. Dezember 2024. Jedoch benötigt die Bescheinigungsstelle Forschungszulage zwei bis drei Monate, um die Anträge zu prüfen. Ohne diese Bescheinigung wird der Antrag auf Forschungszulage vom Finanzamt nicht bearbeitet. Bei nicht fristgerechter Beantragung können Unternehmen bis zu 1 Million Euro an Förderungen für F&E-Ausgaben im Jahr 2020 verlieren.

Die Forschungszulage bietet Unternehmen jeder Größe und Branche die Möglichkeit, Investitionen in Forschung und Entwicklung seit dem 1. Januar 2020 fördern zu lassen. Seit Einführung der Forschungszulage in 2020 können Unternehmen ihre förderfähigen Aufwendungen bis zu vier Jahre rückwirkend geltend machen. Geregelt wird diese Verjährung von Folgebescheiden durch § 171 Abs. 10 der Abgabenordnung.

[www.epsa-deutschland.de](http://www.epsa-deutschland.de)



Das Eisenwerk Hasenclever in Battenberg ist gerettet.

## EISENWERK HASENCLEVER

# Investor DiHAG übernimmt

Anfang Juni hat Insolvenzverwalter Martin Mucha von der Kanzlei Grub Brugger bekannt gegeben, dass die DiHAG Integrated Foundry Group das Eisenwerk Hasenclever übernehmen wird.

Der Geschäftsbetrieb in Battenberg geht uneingeschränkt weiter, alle Arbeitsplätze bleiben erhalten. Über den Kaufpreis wurde Stillschweigen vereinbart. Der Vollzug des Unternehmenskaufvertrags steht noch unter der aufschiebenden Bedingung von kartellrechtlichen Freigaben.

Die Eisenwerk Hasenclever & Sohn GmbH fertigt aktuell mit rund 840 Mitarbeitern hochtemperaturfeste Abgaskomponenten für namhafte Hersteller und Systemlieferanten der internationalen Automobilbranche. Produkte des Unternehmens kommen auch außerhalb des Automotivbereichs, insbesondere für Zylinderköpfe, zum Einsatz. Hasenclever musste im November 2023 beim Amtsgericht Marburg Insolvenz anmelden, da es zu starken Nachfrageschwankungen gekommen war. Zudem führte der simultane Hochlauf von neuen Kundenprojekten zu hohen Ausschussquoten und einem erhöhten Finanzierungsbedarf.

Die DiHAG Integrated Foundry Group betreibt bereits acht traditionsreiche, moderne Gießereien in Deutschland, Polen und Ungarn. Zum Portfolio gehören Gussprodukte im Eisen- und Stahlguss sowie in Kokillen gefertigte Produkte aus Eisen und Stahl, z. B. Walzen für Stahlwerke.

<https://hasenclever.com>

Möchten Sie, dass wir Ihre Presseinformationen für unsere Rubrik **Branchenmeldungen** berücksichtigen?

Dann schicken Sie Ihre Meldungen bitte an: [redaktion@bdguss.de](mailto:redaktion@bdguss.de)

# CLEAN PART & MOLD PROZESS

## SAUBERER DRUCKGUSS OHNE TRENNMITTEL-RÜCKSTÄNDE

So rückstandsfrei, wie sich ein Muffin aus der Form lösen lässt, so funktioniert das nun auch bei Bauteilen aus dem Metalldruckguss. Denn die von der CHT neu entwickelten Additive für Trennmittel verhindern Rückstände in der Gussform und in deren Umfeld. Durch geschickte Formulierung kann zudem auf Silikonadditive verzichtet werden. Es entstehen Bauteile, die sich perfekt weiterverarbeiten lassen. Qualitätsprobleme, zusätzliche Kosten aufgrund von Lackierfehlern sowie eine mangelnde Haftung von Klebstoffen lassen sich vermeiden. Darüber hinaus können neue Anforderungen an Bauteile für die Elektromobilität leichter erfüllt werden. Dies alles gelingt mit den innovativen Additiven aus dem **CLEAN PART & MOLD RELEASE PROZESS** der CHT.



Weitere Infos unter:  
[www.cht-silicones.com](http://www.cht-silicones.com)

## Höltke übernimmt globales Schleuderradgeschäft

Wheelabrator, Teil der Norican Group, stärkt sein globales Führungsteam mit der Berufung von Magdalene (Magda) Höltke in die Rolle des Senior Vice President Global Wheel.

Im Rahmen eines geplanten Nachfolgeprozesses übernimmt Magda Höltke damit den Staffelstab von Heinrich Dropmann, der auch nach mehr als 30 Dienstjahren bei Wheelabrator dem Unternehmen erhalten bleibt. Er wird sich auf den Vertrieb und die Geschäftsentwicklung konzentrieren und sein umfangreiches Wissen in den Dienst von Kunden weltweit stellen.

Magda Höltke hat in Organischer Chemie promoviert sowie einen Master of Business Administration abgeschlossen. Sie hat den Großteil ihrer Karriere in den Bereichen Oberflächentechnik und Automotive-Beschichtungen verbracht, davon allein 15 Jahre bei BASF Coatings in strategischen Führungsrollen, Forschung & Entwicklung und in technischen Funktionen. Zuletzt war sie bei der PETER/LACKE Group Technologiedirektorin mit europäischer Verantwortung.



Magda Höltke

FOTO: WHEELABRATOR

Vom globalen Schleuderrad-Technologiezentrum in Metelen aus wird Magda Höltke das gesamte Schleuderradgeschäft leiten – mit Verantwortung für In-

novationstrategie und Technologieentwicklung, sowie Verkauf und Geschäftswachstum.

[www.wheelabratorgroup.com/de-de](http://www.wheelabratorgroup.com/de-de)

### FRAUNHOFER IPK

## Leitfaden betriebliches Klimamanagement

Das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK und der Bundesverband Der Mittelstand. BVMW e. V. haben einen Leitfaden entwickelt, der KMU beim Aufbau eines betrieblichen Klimamanagements unterstützt.

Wachsende Ansprüche von Kunden, Auftraggebern oder Mitarbeitern, aber auch gesetzliche Regularien stellen Firmen vor die Herausforderung, sich mit den eigenen Umweltauswirkungen zu beschäftigen. Insbesondere gesetzliche Berichtspflichten innerhalb der EU, wie die Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), werden in den kommenden Jah-

ren immer mehr Unternehmen betreffen.

Der Leitfaden „Klimamanagement in Unternehmen“ unterstützt Firmen jetzt dabei und gibt Orientierung beim Aufbau eines ganzheitlichen betrieblichen Klimamanagements. Er zeigt Schritt für Schritt auf, wie Unternehmen eine Treibhausgasbilanz (THG-Bilanz) erstellen, Klimaschutzziele festlegen, Klimaschutzmaßnahmen umsetzen und ihre Erfolge kommunizieren können. Unternehmen lernen unter anderem Methoden und Tools für die Bilanzierung ihrer THG-Emissionen kennen und erfahren, wie sie auf Basis ihrer THG-Bilanz und ihrer Klimaschutzziele sinnvolle und effiziente Klimaschutzmaßnahmen auswählen können. Sie lernen, wie sie Maßnahmen strukturiert planen, fortlaufend umsetzen und systematisch evaluieren können und erhalten Tipps für die Nachhaltigkeitsberichterstattung unter Berücksichtigung freiwilliger und verpflichtender Standards. Die Schritt-für-Schritt-Anleitung ist so angelegt, dass sie auf individuelle Unternehmensbedürfnisse angepasst werden kann. Der Leitfaden



FOTO: FRAUNHOFER IPK

steht ab sofort unter der angegebenen URL kostenfrei zum Download bereit.

<https://klimaschutz-wirtschaft.de/materialien>

## CSDDD in nationales Recht umsetzen, LkSG aussetzen

Das deutsche Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (LkSG) soll um zwei Jahre verschoben werden. Das fordern der BDG und weitere Verbände in einem gemeinsamen Schreiben an die Politik.

Doppelt hält nicht immer besser: Im Fall des deutschen Lieferkettensorgfaltspflichtengesetzes, von dem seit 2024 Unternehmen mit einer Mitarbeiterzahl ab 1000 Beschäftigten betroffen sind, und der europäischen Lieferkettenrichtlinie (CSDDD) jedenfalls nicht. Der BDG, der Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie und der Bundesverband Keramische Industrie haben deshalb am 10. Juni gleichlautende Schreiben an den Bundesminister für Arbeit und Soziales Hubertus Heil, Bundesfinanzminister Christian Lindner, Bundesjustizminister Dr. Marco Buschmann, an den Chef des Bundeskanzleramts Wolfgang Schmidt und an Bundeswirtschaftsminister Dr. Robert Habeck gesendet. Sie weisen darin auf die Überbelastung des Mittelstands durch die Parallelwelten von nationalem und europäischem Recht hin. Zumindest bei Letztgenanntem dürften sie damit offene Türen einrennen. Erst am 7. Juni hatte er auf dem Tag der Familienunternehmen in Berlin im Hinblick auf das CSDDD eine Aussetzung des



FOTO: ADOBESTOCK

Mit CSDDD und LkSG droht doppelter bürokratischer Aufwand bei der Beschaffung.

LkSG um zwei Jahre angeregt – Gegenwind von der SPD und Applaus von der FDP waren die Folge.

Schon die eineinhalb Jahre LkSG haben für deutsche Unternehmen deutlich mehr Bürokratie gebracht, die andere europäische Länder zurzeit noch nicht bewältigen müssen. Ab 2029 käme dann auch das im Mai von der EU verabschiedete CSDDD dazu. Von der Nachhaltigkeitsberichterstattung (CSRD), die ab 2026 fällig wird, gar nicht zu reden.

Mit CSDDD und LkSG ist außerdem eine Doppelstruktur entstanden, die mit der Umsetzung des CSDDD erst einmal synchronisiert werden muss. Dabei könnte die EU-Lieferkettenrichtlinie nach ihrer Umsetzung in nationales Recht durchaus weniger Unternehmen betreffen als das deutsche LkSG, aber auch rechtliche Gefahren bergen, die der BDG für seine Mitglieder im Auge halten wird.

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

### WERKSTOFFPLUS AUTO 2025

## Call for Paper

Wer an der Fachtagung WerkstoffPlus Auto am 19. und 20. Februar 2025 mit einem Vortrag teilnehmen will, wird gebeten, sein Abstract bis zum 30. Juli 2024 einzureichen.

Zum 15. Mal veranstaltet das Institut für Fahrzeugkonzepte des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) am 19. und 20. Februar 2025 in Stuttgart die Fachtagung WerkstoffPlus Auto. Mit der Fachtagung für neue Fahrzeug- und Werkstoffkonzepte bietet das Institut auch 2025 eine hervorragende Plattform, um sich mit Führungskräften und Experten aus der gesamten automobilen Wertschöpfungskette auszutauschen und dort Forschungsergebnisse, Entwicklungen und Innovationen zu präsentieren.

Die Themenschwerpunkte 2025 sind Vision ZERO, neue Karosseriekonzepte, Werkstoff- und Bauweiseninnovationen, Leichtbau im Elektrofahrzeug, Sekundärlegierungen und Design for Recycling sowie Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen. Die Abstracts können unter der im Folgenden angegebenen URL eingereicht werden.

[www.werkstoffplusauto.de/call-for-paper](http://www.werkstoffplusauto.de/call-for-paper)

**MIT UNSEREN  
INTERFACE-LÖSUNGEN  
WERDEN MESSWERTE  
ZU ERGEBNISSEN.**

#### DIE BOBE-BOX:

Für alle gängigen Messmittel, für nahezu jede PC-Software und mit USB, RS232 oder Funk.

**BOBE**  
INDUSTRIE-ELEKTRONIK

**IHRE SCHNITTSTELLE ZU UNS:**  
[www.bobe-i-e.de](http://www.bobe-i-e.de)

## Zentrum für klimaneutrale metallurgische Thermoprozesse eröffnet

In dem Ende Mai eröffneten Technikum untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wie heute mit Erdgas betriebene energieintensive Prozesse auf Erneuerbare Energie umgestellt werden können.

Dabei haben die Forscherinnen und Forscher vor allem das Schmelzen von Metallen im Blick, aber auch die Keramik- und Glasindustrie. Eine Möglichkeit diese Prozesse grüner zu machen ist die Elektrifizierung. Die notwendige Energie liefert hier idealerweise Strom aus erneuerbaren Quellen.

„Mit dem neuen Zentrum für klimaneutrale metallurgische Thermoprozesse wollen wir jetzt schon Lösungen für die aktuelle Herausforderung vieler Industrien finden, die schon bald Erdgas als Energiequelle ersetzen wollen. Unser Ziel sind emissionsfreie Thermoprozesse, die wir durch ein geschlossenes Kreislaufsystem optimieren“, so Prof. Gotthard Wolf, Leiter des Gießerei-Instituts der TU Bergakademie Freiberg.

Dazu wurden in Freiberg bereits zwei Technologien entwickelt, die künftig Erdgasbrenner ersetzen könnten. Bei Ver-

(v.l.n.r.) Staatssekretär Dr. Andreas Handschuh, Kanzler Jens Then, Prof. Gotthard Wolf und Rektor Prof. Klaus-Dieter Barbknecht eröffnen das Zentrum für klimaneutrale metallurgische Thermoprozesse mit einem Glockenschlag.



FOTO: TU FREIBERG

wendung grünen Stroms wird der Prozessschritt des Schmelzens, z. B. von Aluminium, damit vollständig CO<sub>2</sub>-frei. Es handelt sich um eine plasmabeheizte sowie eine induktiv beheizte Heißgas-Fackel. „Jede der elektrisch betriebenen Fackeln könnten in existierenden Schmelzöfen ausgetauscht werden, ohne dass die meist mittelständischen Gießerei-Betriebe in alternative Öfen investieren müssen“, erklärt Prof. Gotthard Wolf.

Im neuen Technikum auf dem Freiburger Campus will das Team die beiden Technologien nun weiter testen und gemeinsam mit Industriepartnern auf ihre Anwendung überprüfen. Der Bau des neuen rund 1,3 Millionen Euro teuren Technikums wurde durch Eigenmittel der Universität und des Gießerei-Instituts ermöglicht.

<https://tu-freiberg.de>

### ACHEMA-PLAKETTE

## Clemens Schmees geehrt

Clemens Schmees, geschäftsführender Gesellschafter von Schmees cast, wurde am 12. Juni 2024 auf der ACHEMA für seine Verdienste mit der Plakette in Titan ausgezeichnet.

Mit der ACHEMA-Plakette werden Persönlichkeiten geehrt, die sich um die Förderung der DECHEMA und der ACHEMA verdient gemacht haben. Sie wurde anlässlich des 50-jährigen Bestehens der Frankfurter Messe im Jahre 1970 gestiftet und 1973 zum ersten Mal vergeben. Der studierte Gießer Clemens Schmees agierte in seinem über elfjährigen Engagement im DECHEMA-Vorstand als wichtiges Bindeglied zwischen Ausstellern und Vorstand. Die



FOTO: DECHEMA

Clemens Schmees (Mitte) erhielt im Juni die ACHEMA-Plakette in Titan.

ACHEMA ist ihm seit jeher eine Herzensangelegenheit, daher engagiert er sich in seinen Ehrenämtern seit vielen

Jahren maßgeblich für eine erfolgreiche Durchführung der Messe.

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

## Weiterer Aluminium-Recyclingofen

Speira, Neuss, investiert 40 Millionen Euro in weitere Recyclingkapazität, um das Rheinwerk weiterzuentwickeln und am Standort in Summe dann bis zu 1,5 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Einsparung pro Jahr zu realisieren.

„Wir wollen in Europa die Nummer 1 im Aluminiumrecycling werden“, erklärt Boris Kurth, Leiter des Dosengeschäfts bei Speira sowie des Recycling- und Gießereibetriebs im Rheinwerk. „In den vergangenen 20 Jahren haben wir am Standort bereits signifikante Recyclingkapazitäten und Europas modernste Sortieranlage für Dosenschrotte aufgebaut und dadurch die höchst energieintensive Primärproduktion von Aluminium ersetzt. Diesen Weg gehen wir konsequent weiter und unterstreichen unser Bekenntnis zur Kreislaufwirtschaft mit dem vierten Recyclingofen für das Rheinwerk“.

Der neue Ofen wird 2025 errichtet. Der Produktionsbeginn ist für Anfang 2026 geplant. Parallel wird die dritte von vier vorhandenen Gussanlagen umgebaut und damit für Recyclinglegierungen optimiert. Ein Drittel der heruntergefahrenen Hütte wird das neu zu errichtende Schrottlager beheimaten. Hier werden nicht nur Lagerflächen entstehen, sondern auch Anlagen zur Beprobung der eingehenden



FOTO: SPEIRA

Rechts die Gießerei, in der der neue Ofen errichtet wird, vorne links die drei Hallen der heruntergefahrenen Aluminiumhütte, die nun teilweise für neue Lagerflächen und die Beprobung genutzt werden sollen.

Schrotte und deren Vorbereitung für das Einschmelzen. In der Gießerei werden außerdem die Lagerflächen für Krätzen erweitert. Krätze ist die Oxidschicht, die sich beim Abkühlen des Flüssigaluminiums bildet und abgeschieden wird, um wieder recycelt zu werden.

In dem neuen Recyclingofen werden dann solche Aluminiumlegierungen geschmolzen, die nach dem Walzen zu Getränkedosen verarbeitet werden. In diesem Markt kann Speira die eigene Nachhaltigkeitsambition besonders gut belegen. Denn die Getränkedose ist ein sehr schnelllebiges Produkt, der Lebenszyklus von Produktion über Befüllung, Verkauf im Einzelhandel, Konsum durch den End-

verbraucher, Entsorgung bis zum Recycling dauert nur rund 60 Tage. Das bedeutet, dass ein und dasselbe Dosenaluminium viele Male pro Jahr die Recyclinganlagen von Speira durchläuft und der ökologische Vorteil modernster Technik besonders oft und besonders effizient genutzt werden kann. Deshalb setzt sich Speira auch für eine ständige Verbesserung der Recyclingquote bei Getränkedosen ein: Unter dem Dach des Verbandes European Aluminium forscht das Unternehmen zusammen mit anderen Herstellern an recyclingfreundlichen Legierungen und fördert Pfand-, Rücknahme- und Sammelsysteme für das wertvolle Leichtmetall.

[www.speira.com](http://www.speira.com)



ADDING  
VALUE

## WER BRIKETTIERT, PROFITIERT.

RUF Brikettiersysteme verpressen lose Metallspäne zu kompakten Briketts.

Bereits über 2.000 RUF-Brikettieranlagen laufen erfolgreich in der Metall verarbeitenden Industrie. Profitieren auch Sie von den Vorteilen:

- Volumenreduzierung durch Brikettierung
- Rückgewinnung von Kühlschmierstoffen & Ölen
- Vereinfachte Logistik reduziert Transportkosten
- Definierte Schrottqualitäten
- Mehrerlös für Briketts möglich
- Wiedereinschmelzen wird ermöglicht

Brikettieren Sie Späne, Stäube und Schlämme aus Aluminium, Guss, Stahl, Kupferlegierungen und vielen weiteren Werkstoffen.

Ruf Maschinenbau GmbH & Co. KG  
Tel. +49 (0) 8268/9090-20  
[www.brikettieren.de](http://www.brikettieren.de)

**RUF**  
BRIKETTIERSYSTEME



# 22. VDG-Zusatzstudium

## Gießereitechnik 2024/2025

**Grundmodul:** 22.-26.07.24  
RWTH Aachen

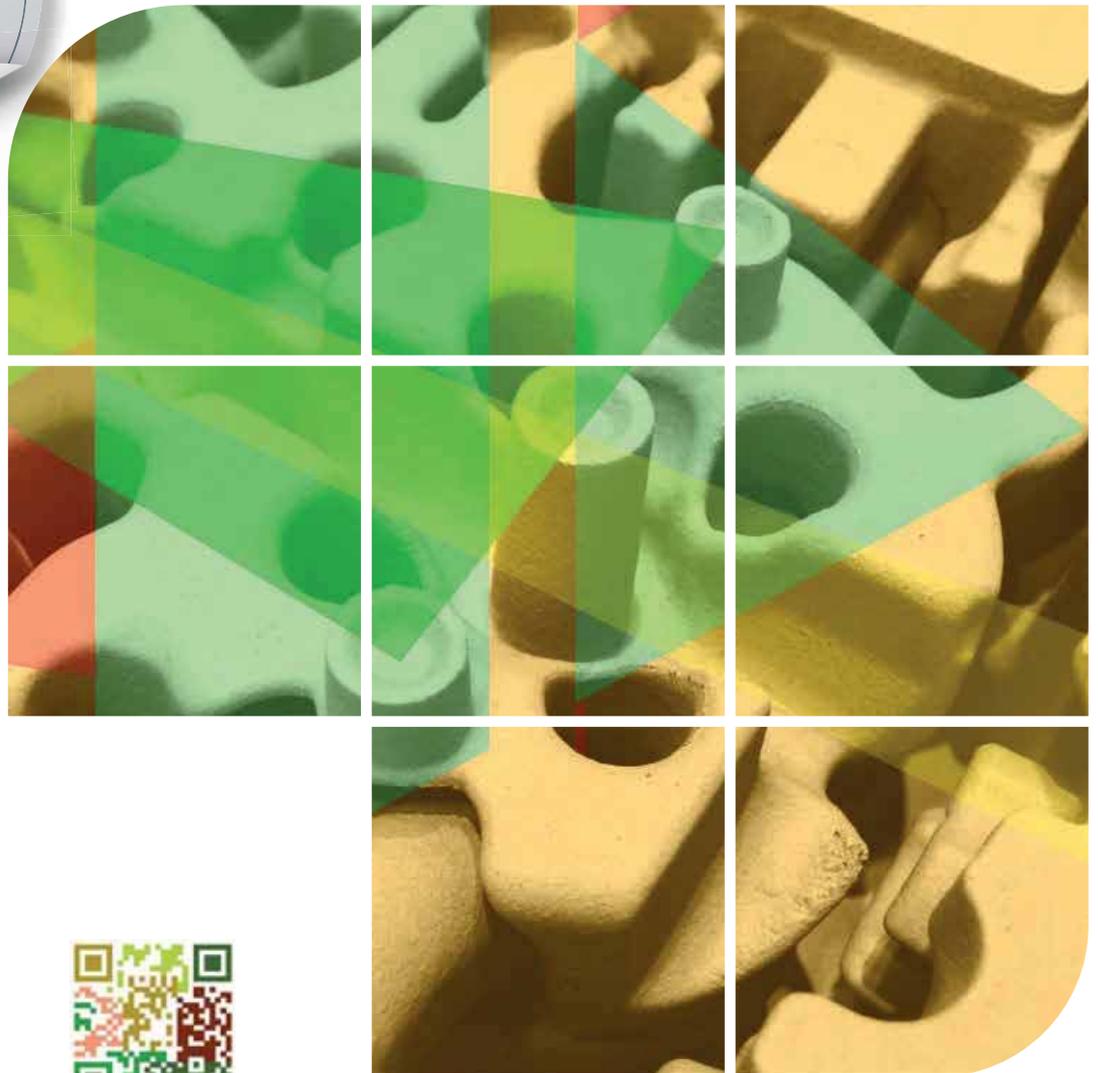
**Modul 1:** 08.-13.09.24  
RWTH Aachen

**Modul 2:** 27.-31.01.25  
Hochschule Aalen

**Modul 3:** 17.-21.03.25  
TU Bergakademie Freiberg

**Modul 4:** 22.-26.09.25  
TU Clausthal-Zellerfeld

**Modul 5:** 17.-21.11.25  
VDG-Akademie Düsseldorf



 **GIESSEREI**

**SPECIAL: FORSCHUNG**

Perspektiven  
**Perspektiven**  
Perspektiven

Forschen für die Zukunft –  
nachhaltig und innovativ

## Heimischer Kalk statt Magnesium aus Übersee

**UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN:** Spätestens die Lieferengpässe während und nach dem Höhepunkt der Corona-Pandemie haben gezeigt, in welchem Ausmaß globale Abhängigkeiten unsere Wirtschaft bestimmen. Politische Forderungen und Überlegungen in der EU zielen daher verstärkt darauf ab, die Rohstoffversorgung Europas wieder unabhängiger zu gestalten.

Das Institut für Technologien der Metalle (ITM) der Universität Duisburg-Essen (UDE) hat gemeinsam mit der Fritz Winter Eisengießerei GmbH & Co. KG (FW) in Stadtallendorf und dem FEHS – Institut für Baustoff-Forschung e. V. in Duisburg einen neuartigen Prozess entwickelt, der heimischen Kalk statt Magnesium zur Entschwefelung von Eisenschmelzen einsetzt. „Ähnliches findet in der Stahlindustrie bereits statt“, erläutert Prof. Dr. Rüdiger Deike, Leiter der Arbeitsgruppe Metallurgie und Umformtechnik, „allerdings werden dort keine Kalk-Kohlenstoff-Mischungen wie in dem von uns entwickelten Prozess eingesetzt“.

Berechnungen zufolge (bezogen auf 2021) könnten in Deutschland mit dem neuen Prozess jährlich 2000 t Magnesium ersetzt werden. Das verringert nicht nur die Abhängigkeit der Gießerei-Industrie von globalen Rohstoffmärkten, das Verfahren bietet weitere Vorteile: Magnesium liegt nach seinem Einsatz zur Entschwefelung fein verteilt in einer Mischung als Oxid oder Sulfid in der Schlacke vor und kann nicht mehr wirtschaftlich recycelt werden, ist somit verloren. Kalkbasierte Entschwefelungsmittel hingegen sind deutlich umweltfreundlicher, kostengüns-



FOTO: FRITZ WINTER EISENGIEßEREI

Anlage zum Einblasen von pulverförmigem Kalk in eine Gusseisenschmelze.

tiger und weisen einen geringeren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck auf, dazu trägt der Herstellungsprozess der Rohstoffe erheblich bei. Auch Emissionen, die beim Transport entstehen, sind bei der kalkbasierten Alternative, die im Inland verfügbar ist, deutlich geringer.

Dass das Verfahren prinzipiell funktioniert, konnte im Labor- und Technikumsmaßstab vom ITM in Kooperation mit FW und der OCC GmbH nachgewiesen werden. Die anschließend entwickelte großtechnische Anlage nahm FW, eine der größten Gießereien in der Welt, parallel

zur normalen Produktion in Betrieb und erbrachte so den Nachweis, dass die Technologie großserientechnisch einsetzbar ist. Der Prozess wurde innerhalb der Forschungsprojekte SUBMAG (2012) und EKALGU (2017), die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziert wurden, entwickelt. Die Ergebnisse wurden im *Journal of Sustainable Metallurgy* 10 (2024), 797-809 (doi.org/10.1007/s40831-024-00829-y) veröffentlicht.

[www.uni-due.de](http://www.uni-due.de)

## Grüner Stahl aus giftigem Rotschlamm

**MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR EISENFORSCHUNG GMBH:** Die Nachfrage nach Stahl und Aluminium wird Prognosen zufolge bis 2050 um bis zu 60 % steigen. Ihre konventionelle Produktion belastet die Umwelt jedoch erheblich. So stammen 8 % der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Stahlindustrie. Bei der Aluminiumproduktion wiederum fallen jährlich etwa 180 Mio. t Rotschlamm an, der stark ätzend ist und Spuren von Schwermetallen wie etwa Chrom enthält. Dieser Abfall wird unter anderem in Australien, Brasilien und China bestenfalls in gigantischen Deponien aufwendig getrocknet und entsorgt. Bei starkem Regen wird er

oft aus der Deponie gespült und bei Trockenheit als Staub vom Wind in der Umwelt verbreitet. Zudem greift der stark alkalische Rotschlamm die Betonwände der Deponien an, sodass auslaufender Rotschlamm bereits mehrmals Umweltkatastrophen auslöste, etwa 2010 in Ungarn. Große Mengen werden aber auch einfach in der Natur entsorgt.

Doch ein am Max-Planck-Institut für Eisenforschung entwickelter Prozess könnte gleichzeitig das Abfallproblem der Aluminiumproduktion lösen und die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Stahlindustrie verbessern. In einer Studie, die im Fachmagazin *Nature* erschien, zeigt das Team, wie sich Rot-

schlamm, der aus bis zu 60 % Eisenoxid besteht, als Rohstoff der Stahlindustrie nutzen lässt. Die Wissenschaftler schmelzen den Rotschlamm in einem Lichtbogenofen und reduzieren das darin enthaltene Eisenoxid gleichzeitig mit einem Plasma, das 10 % Wasserstoff enthält, zu Eisen. Diese Plasmareduktion dauert gerade einmal 10 min, wobei sich das flüssige Eisen von den flüssigen Oxiden trennt und anschließend einfach abscheiden lässt. Das Eisen ist so rein, dass es sich direkt zu Stahl weiterverarbeiten lässt. Die zurückbleibenden Metalloxide sind nicht mehr ätzend und erstarren beim Abkühlen zu einem glasartigen Material, das

sich zum Beispiel in der Bauindustrie als Füllmaterial einsetzen lässt.

„Wenn man aus den 4 Mrd. t Rotschlamm, die bei der weltweiten Aluminiumproduktion bislang angefallen sind, mit grünem Wasserstoff Eisen erzeugen würde, könnte die Stahlindustrie fast 1,5 Mrd. t CO<sub>2</sub> einsparen“, sagt Isnaldi Souza Filho, Forschungsgruppenleiter am Max-Planck-Institut für Eisenforschung. Auch die Schwermetalle im Rotschlamm lassen sich mit diesem Verfahren entschärfen. Chrom wurde nach der Reduktion im Eisen bereits nachgewiesen und auch andere Schwer- und Edelmetalle gehen wahrscheinlich ins Eisen oder einen separaten Bereich über, was weitere Studien untersuchen.

Der neue Prozess nützt aber nicht nur der Umwelt doppelt, er ist auch ökonomisch interessant: Mit Wasserstoff und einem Strommix für den Lichtbogenofen aus nur teilweise regenerativen Quellen lohnt sich das Verfahren bereits, wenn der Rotschlamm 50 % Eisenoxid enthält. Berücksichtigt man die Kosten für die Entsorgung des Rotschlammes, reichen sogar

35 %. Mit grünem Wasserstoff und Strom ist bei den heutigen Kosten, den Aufwand für die Deponierung des Rotschlammes eingerechnet, ein Anteil von 30 bis 40 % Eisenoxid nötig, damit das entstehende Eisen am Markt konkurrenzfähig ist. Ein

weiterer Vorteil ist, dass Lichtbogenöfen in der Metallindustrie weit verbreitet sind. In vielen Fällen müsste die Branche also nur wenig investieren, um nachhaltiger zu werden.

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



FOTO: GABRIEL CASSAN / ADOBE STOCK

Rotschlamm wird derzeit in Deponien wie hier bei Aughinish Aluminiumhütte in Irland entsorgt. Am Max-Planck-Institut für Eisenforschung wurde ein Prozess zur ökologischen und wirtschaftlichen Nutzung entwickelt.

## DLR neuer Projektträger des IGF: Gießerei-Forschung geht weiter



FOTO: BDG

Dr. Sebastian Tewes, Geschäftsführer FVG

**BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN GIEßEREI-INDUSTRIE (BDG):** Im August 2023 wurde bekannt, dass die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) zukünftig nicht mehr der Projektträger der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) sein wird. Bereits Ende Juni 2022 hatte das BMWK den seit 1996 laufenden Vertrag mit der AiF zum 31.12.2023 gekündigt und die Projektträgerschaft europaweit ausgeschrieben, da es Konflikte mit dem

geltenden Vergaberecht sah. Der AiF sah sich durchaus wettbewerbsfähig. Erst im Mai 2023 bescheinigte eine externe Evaluierung einem reformierten AiF eine starke Rolle im deutschen Innovationssystem. Dennoch übergab das Ministerium die Administration der IGF an das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Die Projektträgerschaft begann zum 1. September 2023 und ging nach einer viermonatigen Übergangsphase am 1. Januar 2024 ganz auf das DLR über, dessen Mandat dann bis Ende 2026 andauern soll.

Mit der Änderung stand ein gewachsenes System aus rund 101 Mitgliedsvereinigungen, 50 000 eingebundenen Unternehmen und mehr als 1200 Forschungseinrichtungen zur Disposition, das sich als Organisator eines wettbewerblichen Auswahlverfahrens praxisnaher Projekte verstand. Auch die Forschungsvereinigung Guss (FVG) machte sich in dieser Situation gemeinsam mit anderen Verbänden gegenüber der Politik dafür stark, die Qualität der IGF und die Arbeit der Forschungsvereinigungen zu erhalten. Gerade in Zeiten der Transformation spielt für die mittelständisch geprägte Gießerei-Industrie die vorwettbewerbliche Bewältigung von gemeinsamen

Herausforderungen eine besondere Rolle.

Unter dem Strich kann die FVG ihre Arbeit auch nach dem Wechsel des Projektträgers weiterführen. Das BMWK will die IGF inklusive des Gutachtersystems fortsetzen, Forschungsvereinigungen wie die FVG, die bis zum 31. Dezember 2023 ordentliche Mitglieder des AiF waren, bleiben bis Ende 2025 unmittelbar antragsberechtigt, ab 2026 öffnet sich das Antragsrecht auch für weitere Institutionen. Zurzeit werden die Forschungsvereinigungen noch durch einen wöchentlichen Roundtable unterstützt, den die AiF in beratender Funktion durchführt, bis er demnächst durch die DLR übernommen wird. Rechtliche Unklarheiten bezüglich der Zuwendungsbescheide und Weiterleitungsverträge, unzureichende Kommunikation mit dem neuen Projektträger, fehlende Freischaltung des neu zu implementierenden Verwaltungstools profi Online sind einige Ursachen dafür, dass der Übergang zum neuen Projektträger länger dauert als angenommen. Die Abläufe werden sich aber dank der fleißigen Arbeit unserer FVG-Mitarbeiter bald eingespield haben.

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

## Sicherer Wasserstoff für die Energiewende

**ERNST-ABBE-HOCHSCHULE (EAH), JENA:** Ein wichtiger Baustein der globalen Energiewende ist die Nutzung von Wasserstoff als Energiespeicher und -träger der Zukunft. Der Umgang mit Wasserstoff entlang der gesamten Wertschöpfungskette kann jedoch zu extremen sicherheitstechnischen Herausforderungen führen. Da Wasserstoff ein hochentzündliches Gas ist, das mit Luft eine explosionsfähige Atmosphäre bildet, stellt das Medium eine potenzielle Gefahr für Mensch und Umwelt dar, wie beispielsweise die Explosion einer Wasserstofftankstelle in Norwegen im Jahr 2019 gezeigt hat, und kann in größeren Anlagen Katastrophen auslösen. Für verschiedene Medien, die eine explosionsfähige Atmosphäre erzeugen können, existieren Schutzsysteme, die unter anderem in der chemischen und petrochemischen Industrie bereits weit verbreitet sind. Die Eigenschaften von Wasserstoff stellen besondere Anforderungen an die Entkopplungsmöglichkeiten von Anlagenteilen dar.

Im Rahmen des Forschungsprojektes H2EXSTOP beschäftigt sich das Projekt-konsortium, bestehend aus der EAH Jena, der Physikalisch-Technischen Bundesan-

Flammdurchschlagsicherung (Detonationsrohrsicherung) bis max. Anschlussnennweite DN1000 (Flammenfilterdurchmesser 2000 mm), für Wasserstoff (IIC) bis max. DN250.



GRAFIK: BRAUNSCHWEIGER FLAMMENFILTER GMBH (PROTEGO)

stalt, der R. Stahl Schaltgeräte GmbH, der Braunschweiger Flammenfilter GmbH und der Haver und Boecker OHG, mit der Sicherheit von Wasserstofftechnologien. Ziel des Forschungsvorhabens, das im April 2024 gestartet ist, ist die Erarbeitung von Grundlagen zur explosionschutztechnischen Entkopplung beim Einsatz von Wasserstoff entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Wasser-

stoffwirtschaft, um eine sichere Handhabung zu gewährleisten und die Explosionsgefahren, die bei der Erzeugung, der Speicherung, dem Transport und der Nutzung von Wasserstoff bestehen, zuverlässig beherrschen zu können. Die Gesamtkosten belaufen sich bei einer Projektlaufzeit von drei Jahren auf ca. 2,6 Millionen Euro.

[www.eah-jena.de](http://www.eah-jena.de)

## Werkzeugstähle additiv verarbeiten

**RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM:** Werkzeuge für Umformprozesse werden in der Regel aus Werkzeugstahl hergestellt und benötigen ein bestimmtes Eigenschaftsprofil, um optimal und über einen möglichst langen Zeitraum eingesetzt werden zu können. Sie müssen unter anderem besonders hart und verschleißbeständig sein und eine möglichst hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Bislang werden sie vor allem durch Gießen oder die spanende Materialbearbeitung hergestellt, wobei Material verloren geht. Die Verfahren der Additiven Fertigung besitzen hier eine Menge Vorteile, welche die Forscherinnen und Forscher des Lehrstuhl Werkstofftechnik (LWT) der Ruhr-Universität Bochum gerne ausnutzen wollen. So wird zum einen nur genauso viel Material benötigt, wie das Werkzeug am Ende ausmacht. Außerdem bieten additive Fertigungsverfahren die Möglichkeit, komplexe Strukturen wie etwa Kühlkanäle in Werkzeuge einzubauen. Sie können Umformprozesse optimieren und die Lebensdauer der Werkzeuge erhöhen. Man kann

auch durch bestimmte additive Fertigungsverfahren ein gegossenes Werkstück finalisieren und seine Oberfläche durch die Verwendung von Legierungen mit unterschiedlichen Eigenschaften beschichten. So kann man vorgegossene Umformwerkzeuge optimieren und mit lokal unterschiedlichen Eigenschaften versehen. Das wiederum verlängert die Werkzeugstandzeit und verbessert den Umformprozess. Die etablierten Legierungen eignen sich allerdings nur bedingt für die additive Verarbeitung.

Eine Legierung zu finden, welche die geforderten Eigenschaften aufweist und additiv gefertigt werden kann, ist Ziel eines Projekts am Lehrstuhl Werkstofftechnik (LWT) der Ruhr-Universität Bochum, das von der Firma Dörrenberg Edelstahl GmbH für vier Jahre gefördert wird. Die Suche beginnen mit thermodynamischen Berechnungen und von erfolgreichen Legierungen ausgehend. Bei vielversprechenden Berechnungen geht es dann ans Experiment: Die berechneten Legierungen werden durch die lehrstuhleigene

Verdüsungsanlage zu Pulver verdüst, welches dann mittels Pulverbettverfahren oder Direct-Energy-Deposition zu Probenkörpern verarbeitet wird. Beim Pulverbettverfahren verschmilzt ein Laser in einer Metallpulverschicht nur die Pulverpartikel, die das Werkstück später ausmachen sollen. Beim Direct-Energy-Deposition wird das Metallpulver durch eine Zufuhrdüse zielgerichtet auf ein Werkstück aufgebracht und dort lokal durch Laserstrahlung aufgeschmolzen und mit dem Werkstück verbunden. Die Besonderheit bei diesem Verfahren stellt die gleichzeitige Verwendung von zwei unterschiedlichen Legierungen dar, wodurch Bauteile oder Beschichtungen mit lokal unterschiedlichen Eigenschaften gefertigt werden können.

[www.ruhr-uni-bochum.de](http://www.ruhr-uni-bochum.de)

# Unikate für die Raumfahrt per 3-D-Druck

## CONSTRUCTOR UNIVERSITY BREMEN:

Großer Erfolg für die Forschungsgruppe um Prof. Dr. Dr.-Ing. Yilmaz Uygun: Das aus der Gruppe entstandene Start-up „NebulaForm“ wurde in den Raumfahrtinkubator der Europäischen Weltraumorganisation ESA aufgenommen. Der Raumfahrtinkubator „ESA BIC Northern Germany“ mit Sitz in Bremen unterstützt Start-ups bis zu zwei Jahre in ihrem Geschäftsaufbau, sowohl mit maßgeschneiderten Trainings als auch mit einer finanziellen Förderung in Höhe von 50 000 Euro. „Der Inkubator ermöglicht es uns, auch in der Raumfahrt mit ihren spezifischen Anforderungen zu wachsen und unsere Technologie weiterzuentwickeln“, sagt Uygun.

Das großformatige 3-D-Drucken ist ein Paradebeispiel dafür, wie aus der Grundlagenforschung industrielle Anwendungen entstehen können. Mit einem Druckbereich von bis zu 1,5 m im Radius und einer Druckhöhe von mittlerweile bis zu 3 m hat die Forschungsgruppe den Drucker zunächst mit Eigenmitteln entwickelt, dann förderte die Kieserling-Stiftung das Projekt. Anschließend wurde es mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz im Rahmen des EXIST-Programms fortgeführt. Vom Bremer 3-D-Ideenpreis wurde der Drucker als herausragende Innovation in der Additiven Fertigung gewürdigt.

Viele Bauteile in der Raumfahrt sind Einzel- und Sonderanfertigungen oder werden nur in kleinen Stückzahlen hergestellt. Uygun und sein Partner Serkan Özkan sind davon überzeugt, dass be-



Prof. Yilmaz Uygun und sein Team arbeiten an der Nutzung von 3-D-Druckverfahren für die Raumfahrt.

stimmte Ausrüstungsgegenstände in der Raumfahrt bedarfsgerechter, schneller, kostengünstiger und gewichtsoptimierter per 3-D-Druck hergestellt werden können als durch herkömmliche Verfahren. Ihren bestehenden Drucker wollen sie weiterentwickeln, etwa durch die Nutzung neuer Werkstoffe wie Karbonfasern oder Hochleistungskunststoffen, die auch bei Temperaturen von weit mehr als 300 Grad Celsius nicht schmelzen. Der Druckbereich soll bis auf 24 Kubikmeter wachsen. Das Start-up arbeitet auch an einem kleinformatigen Drucker auf einer rotierenden Achse, der im All eingesetzt werden kann. Eine erste Raumfahrtbehörde hat bereits

Interesse gezeigt. Schon im kommenden Jahr könnte das Gerät im Weltall erprobt werden.

Wenn der Drucker sich im All bewährt, werden sich auch auf der Erde neue Geschäftsfelder erschließen, meint Uygun. Von den Innovationen und den Erfahrungen im Inkubator werden auch seine Studenten profitieren, denn die aktuellen Forschungsergebnisse werden immer in die Lehre mit eingebunden. Lehre und Forschung gehen also Hand in Hand. Auch an NebulaForm sind zwei Studierende beteiligt.

<https://constructor.university/>

## Aktoren aus Formgedächtnislegierungen

### FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PHYSIKALISCHE MESSTECHNIK IPM:

Viele Anwendungen z. B. im Werkzeug- und Maschinenbau benötigen Aktoren, um elektrische Signale in mechanische Bewegungen umsetzen zu können. Sind dabei große Kräfte bei geringem Bauraum erforderlich, haben Aktoren aus thermischen Formgedächtnislegierungen (FGL) bereits heute die Nase vorn. Einziges Manko ist ihr schlechtes Abkühlverhalten und die damit einhergehende geringe Dynamik. Nun haben drei Fraunhofer-Institute Hochlast-Formgedächtnis-Aktoren entwickelt, die große Kräfte bei geringer Baugröße erstmals hochdynamisch schalten können. Diese neuartigen Aktoren sind bei einem Durchmesser von nur 15 mm und ei-

ner Länge von 16 mm in der Lage, eine Masse von 500 kg um bis zu 200  $\mu$ m anzuheben. Dank eines innovativen Peltier-Temperiersystems können die Aktoren mit mehr als 0,3 Hz geschaltet werden. Zunächst wurden einzelne Teilfunktionsmuster entwickelt, um die drei zentralen Fragestellungen des Projektes zu beantworten: Wie kann der Bauraum eines FGL-Hochlastaktors minimiert werden? Wie gelingt die schnelle Temperierung des entwickelten Aktors? Können die benötigten FGL-Komponenten additiv gefertigt werden?

Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen entwickelte das Team einen FGL-Hochlastaktor, der dank einer additiv gefertigten FGL-Komponente und einer leistungsfähigen Temperierung ein deutlich verbessertes Ei-

genchaftsprofil aufweist. Anhand eines Funktionsdemonstrators konnte gezeigt werden, dass sich die neuen Hochlastaktoren ideal z. B. für die Feinpositionierung von Bauteilen in Produktionsmaschinen eignen und für Anwendungen prädestiniert sind, die große Halte- bzw. Spannkkräfte erfordern.

Zur schnellen Kühlung eines FGL-Hochlastaktors hat ein Team des IPM zwei Ansätze verfolgt: zum einen schaltbare Heatpipes, zum anderen runde thermoelektrische Module. Insbesondere mit dem zweiten Ansatz war es möglich, hohe Dynamiken bei geringer Systemgröße zu erreichen. Das eröffnet im Hinblick auf Kompaktheit, Regelbarkeit und Einfachheit völlig neue Einsatzmöglichkeiten für FGL-Aktoren. [www.ipm.fraunhofer.de](http://www.ipm.fraunhofer.de)

## Verflechtung von Wissenschaft und Medien

**LEIBNIZ-INFORMATIONSZENTRUM WIRTSCHAFT (ZBW):** Die Kommunikation wissenschaftlicher Fakten gewinnt zunehmend an Bedeutung, dabei wirft die Beziehung zwischen Wissenschaft und Medien zahlreiche Fragen auf:

- > Wie gelangen wissenschaftliche Forschungsergebnisse in die öffentliche Kommunikation, insbesondere durch den Journalismus?
- > Welche Auswirkungen haben die öffentliche Kommunikation und journalistische Darstellungen von Forschungsergebnissen auf den wissenschaftlichen Diskurs?
- > Wie beeinflusst die Medienberichterstattung die internen Prozesse in der Wissenschaft?
- > Welche Wechselbeziehungen bestehen zwischen Wissenschaft und Medien?

Ein im Open Access verfügbarer Sammelband mit dem Titel „The Science-Media Interface: On the Relation Between Internal and External Science Communication“ [1] widmet sich diesen Fragen und bietet Antworten, um das Verständnis dieser Schnittstelle zu vertiefen. Er wurde vom ZBW im Rahmen des BMBF-Projekts „MeWiKo – Medien und wissenschaftliche Kommunikation“ herausgegeben und enthält Beiträge von Experten aus den Bereichen Szientometrie, quantitativer Wissenschaftsforschung, Kommunikationswissenschaft und Journalismusforschung. Eine zentrale Erkenntnis ist, dass die herkömmlichen Grenzen zwischen interner Wissenschaftskommunikation (den Praktiken innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft zur Produktion und Verbreitung wissenschaftlichen Wissens) und externer Wissenschaftskommunikation (der Kommunikation zwischen Wissen-



Prof. Dr. Isabella Peters: Neuer Sammelband beleuchtet Schnittstellen zwischen interner und externer Wissenschaftskommunikation.

schaft und Gesellschaft) durchlässig sind und insbesondere in digitalen Umgebungen verschwimmen. Im Wechselspiel zwischen beiden Formen gibt es erste Hinweise auf Zusammenhänge zwischen der Erwähnung wissenschaftlicher Publikationen in den Medien und ihrem Impact innerhalb der Wissenschaft.

Die Popularisierung wissenschaftlicher Erkenntnisse beim Transfer in andere gesellschaftliche Kontexte ist ein wichtiger Prozess, der traditionell stark von den Medien beeinflusst wird. Dies kann jedoch zu Vereinfachungen und Dekontextualisierung führen, was die Rolle des Journalismus bei der Vermittlung von Wissenschaft herausfordert. Die Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Medien wird von verschiedenen Trends beeinflusst, darunter der Druck auf Forsch-



Dr. Steffen Lemke: Das Buch „The Science-Media Interface“ trägt dazu bei, die Auswirkungen auf Wissenschaftsjournalismus, Forschungsarbeit und deren Bewertung zu verstehen.

rinnen und Forscher, ihre wissenschaftliche Produktion zu erhöhen und der Druck, Forschungsergebnisse als Preprints zu veröffentlichen, bevor der akademische Begutachtungsprozess abgeschlossen ist. Gleichzeitig engagieren sich immer mehr Forscher und Institutionen in der externen Wissenschaftskommunikation, um ihre Sichtbarkeit zu erhöhen und Fördermittel einzuwerben.

[www.zbw.eu](http://www.zbw.eu)

### Literatur

[1] Broer, I., Lemke, S., Mazarakis, A., Peters, I., & Zinke-Wehlmann, C. (Eds.). (2023). *The Science-Media Interface: On the Relation Between Internal and External Science Communication*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG. <https://doi.org/10.1515/9783110776546>

## InCeight Casting C<sup>8</sup>, 2025

**FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BETRIEBSFESTIGKEIT UND SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT LBF, DARMSTADT:** Der interdisziplinäre Kongress für Hochleistungs-Gussbauteile findet zum 3. Mal statt, vom 5. bis 7. März 2025 in Stockstadt (Rhein).

InCeight Casting bietet einen umfassenden Erfahrungs- und Wissensaustausch zwischen allen Disziplinen, die am Produktentwicklungsprozess und am Produktlebenszyklus von Gussbauteilen be-

teiligt sind, beginnend mit der Konstruktion und endend mit der Auswahl einer geeigneten R-Strategie. Im Mittelpunkt der Vorträge steht die Verknüpfung von Methoden und Kompetenzen aus verschiedenen Disziplinen mit dem Ziel, leistungsfähige und optimierte Bauteile zu erhalten. Ziel ist es, ein gemeinsames Verständnis für die unterschiedlichen Anforderungen an leistungsfähige und effiziente Gussprodukte zu entwickeln.

[www.inceight-casting.com](http://www.inceight-casting.com)

Möchten Sie, dass wir Ihre Presseinformationen für unsere Rubrik **Forschung/Focus** berücksichtigen?

Dann schicken Sie Ihre Meldungen bitte an: [redaktion@bdguss.de](mailto:redaktion@bdguss.de)

# Batterien der nächsten Generation

**TECHNISCHE UNIVERSITÄT (TU) DARMSTADT:** Zink-Luft-Batterien gehören zu den ältesten und zugleich effizientesten chemischen Batteriespeichern. Die Spannung beruht auf einer Reaktion von metallischem Zink mit Sauerstoff aus der Luft. Verwendung finden die Batterien etwa als Knopfzellen in Hörgeräten sowie in größerer Form im Betrieb von Elektrozaunen und Signallampen. Allerdings haben diese Energiespeicher auch gravierende Nachteile: Sie sind bisher nicht wiederaufladbar. Zudem benötigen sie Elektroden aus metallischem Zink, das möglichst vollständig genutzt werden sollte, um eine Wiederaufladbarkeit sowie eine hohe Lade- und Entladeleistung zu gewährleisten. Da dies bislang nur mit einer Effizienz von etwa 50 % gelingt, werden die metallischen Anoden überdimensional ausgelegt. Dadurch ist die Produktion wenig ressourcenschonend und die Batterien sind für mobile Anwendungen

unnötig schwer und ungeeignet. „Man kann sich dies als Totvolumen einer bestimmten Benzinmenge vorstellen, die nie aus einem Tank gefördert werden kann, letztlich aber immer mitgeführt werden muss, um den Betrieb überhaupt erst möglich zu machen“, erklärt TU-Chemieprofessor Jörg J. Schneider. Ein weiteres Defizit der Zink-Luft-Speichertechnologie in ihrer bisherigen Form ist, dass sich beim wiederholten Aufladen dendritische Kristallstrukturen bilden, die die Batterie schädigen oder sogar zerstören.

Schneiders Arbeitsgruppe in der Anorganischen Chemie löste diese Probleme mit einem völlig neuen Ansatz: Anstatt mit Metallanoden und -kathoden führen die Wissenschaftler den Lade- und Entladeprozess direkt aus einer homogenen Elektrolyt-Lösung heraus durch. Der Elektrolyt ist in jeder Batterie fester Bestandteil und dient im neuen Konzept zugleich als leitfähiges Medium und als Quelle für

die Abscheidung und Auflösung der Zinkanode. Mit der Abscheidung und Wiederauflösung des Aktivmetalls Zink direkt aus einer Lösung an einer nanostrukturierten Kohlenstoffelektrode ist es gelungen, funktions- und leistungsfähige, wiederaufladbare Zink-Luft-Batterien zu entwickeln. Mit der neuen Technologie können die Speicher bislang mehr als 200 Mal mit hoher Leistungs- und Energiedichte wiederaufgeladen werden und es besteht weiteres Optimierungspotenzial. Die Nutzbarkeit der chemisch gespeicherten Energie ist mit einer sogenannten Entladungstiefe von 92 % bereits fast vollständig reversibel. Da für den Betrieb der Batteriezelle keine Metallelektroden mehr benötigt werden und nur noch ein Minimum an chemischen Substanzen, ist die Effizienz deutlich erhöht und das Gewicht gegenüber den bisherigen Zink-Luft-Speichersystemen stark reduziert.

[www.tu-darmstadt.de](http://www.tu-darmstadt.de)

# Offenes Datenformat vereinfacht 3-D-Druckprozess

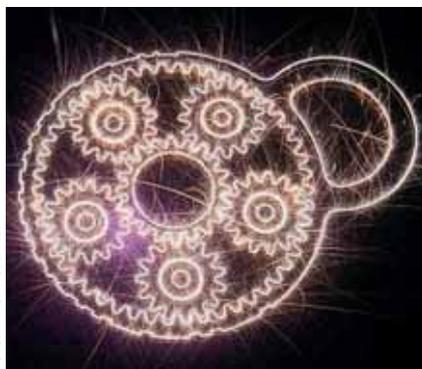


FOTO: FRAUNHOFER ILT

Bislang werden beim metallischen 3-D-Drucken für CAD, CAM und Nacharbeit verschiedene Datenformate genutzt. Ein einheitliches offenes Format beschleunigt die Prozesse erheblich.

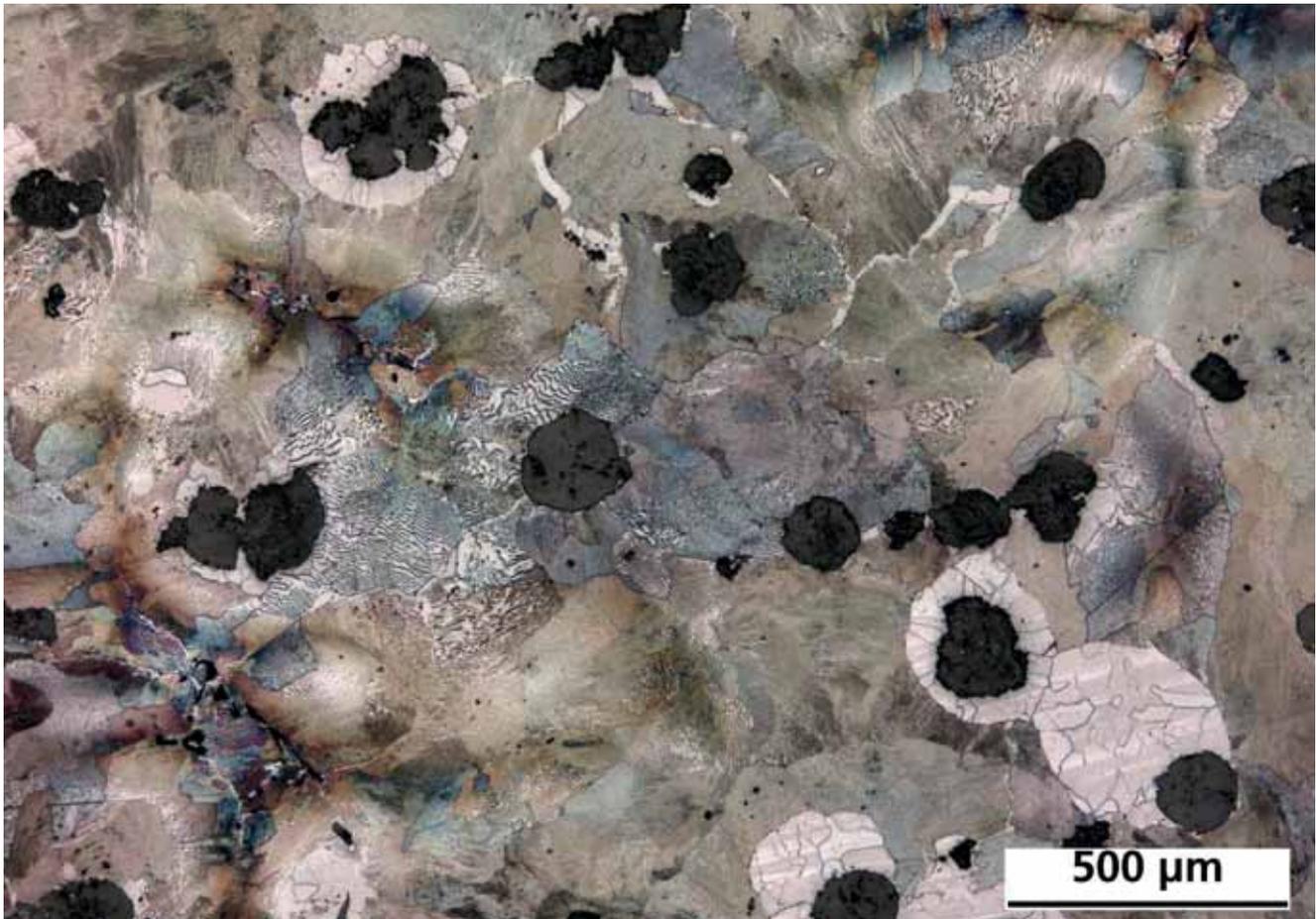
**FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT:** Für das 3-D-Drucken von Metallen gibt es vielfältige Verfahren. Am geläufigsten ist die Laser Powder Bed Fusion (LPBF). Entlang der Prozesskette müssen die Konstruktionsdaten mehrfach umgewandelt werden. Dabei entstehen teils Datenvolumina im zweistelligen Gigabyte-Bereich. Ein Forschungsteam der Lehrstühle für Lasertechnik LLT und für Digital Additive Production DAP der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen sowie des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT in Aachen

hat eine praktikablere Lösung entwickelt. Das neue Open-Vector-Format beschleunigt das 3-D-Drucken, erlaubt verteilte Datenverarbeitung und vereinfacht neben der Anlagenskalierung auch die Steuerung größerer Anlagenparks.

Der Bedarf an einem neuen Datenformat erschließt sich beim Blick auf die Abläufe in der LPBF-Prozesskette. Nach der Konstruktion mit einem CAD-Programm müssen die Bauteilkonturen im zweiten Schritt in kleinste geometrische Strukturen umgewandelt werden. Anschließend folgt das virtuelle Einpassen des Bauteils in den Bauraum, wobei es so gedreht und gegebenenfalls mit anderen Teilen im virtuellen Bauraum angeordnet wird, dass dessen Volumen optimal genutzt wird („nesting and orientation“). In diesem Schritt wird die Konstruktion außerdem durch etwaige Stützstrukturen abgesichert. Bis hierher werden die Daten im Prozess als dreidimensionale Koordinaten geführt. Es folgt das sogenannte „Slicing“, dass die 3-D-Struktur in tausende 2-D-Schichten für den LPBF-Prozess übersetzt. Neben den 2-D-Konturen der jeweiligen Schicht setzt der Prozess präzise Anweisungen zur Maschinensteuerung voraus. Dies geschieht vor allem über proprietäre Lösungen der jeweiligen LPBF-Anlagenhersteller.

Die neue Lösung „Open Vector Format“ (OVF) bietet offene Strukturen, sodass die Nutzer vollen Zugriff auf die Geometriedaten haben. Diese werden in einem am Fertigungsprozess orientierten Vektorformat gespeichert; das reduziert den Umfang der Dateien gegenüber dem Textformat. Zusätzlich lassen sich Fertigungsinformationen wie z. B. die Laserleistung oder die Delay-Zeiten beim Scanprozess speichern. Bei Mehrstrahlanlagen wird zudem die sogenannte Scan-Feed-Allocation festgelegt, also die Aufteilung auf mehrere Strahlquellen. Im Detail basiert das Format auf der Open-Source-Technologie „Protocol Buffers“, die auch Google für strukturierte Daten nutzt. Für das 3-D-Drucken ist die schichtweise Verarbeitung der Daten wichtig, was die Steuerung über ein Netzwerk ermöglicht und so die lokale Datenhaltung stark reduziert. Experimentelle Vergleiche zeigen, dass das neue Format in ähnlicher Geschwindigkeit verarbeitet wird wie proprietäre Formate der Maschinenhersteller. Das neue Format ist in den Laboren an der RWTH Aachen und des Fraunhofer ILT bereits im Einsatz. Die Forscher sind mit Herstellern von 3-D-Aufbereitungssoftware sowie mit Scanner-Herstellern im Gespräch, die das Format in ihre Software integrieren wollen.

[www.ilt.fraunhofer.de](http://www.ilt.fraunhofer.de)



Ungängen beeinträchtigen die Werkstoffeigenschaften teils erheblich.

Gusseisen mit Kugelgrafit

## Schwingfestigkeit geschweißter, dickwandiger Bauteile

Der Einsatz großer Gussstücke wirft immer wieder Fragen zum Einfluss von Ungängen auf die Bauteillebensdauer auf. Besonders kritisch werden hierbei lokale Störungen an der Bauteiloberfläche gesehen. Ergibt eine bauteilspezifische Nachberechnung keinen Aufschluss, werden die betroffenen Bereiche häufig ausgearbeitet und nachträglich geschweißt. Im Gegensatz zu Stahlgussbauteilen bereitet beim Gusseisen mit Kugelgrafit das Abschätzen von Schwingfestigkeiten und lokalen Sicherheiten aufgrund einer unzureichenden Kenntnis über die Auswirkung einer Schweißung noch Schwierigkeiten. Gleichzeitig wollen Gießereien ihren Bauteilausschuss reduzieren, insbesondere bei Großkomponenten. Daher wurden verschiedene Möglichkeiten des Schweißens untersucht, um das zyklische Werkstoffverhalten von Grundwerkstoff, Wärmeeinflusszone und Schweißnahtwerkstoff zu ermitteln und Methoden der Bauteillebensdauerbeurteilung und Zuverlässigkeitsgestaltung zu erarbeiten.

## 1. Einleitung

Für den Einsatz in der Windkraftindustrie zeichnet sich Guss-eisen mit Kugelgrafit (GJS) durch die hohen vergießbaren Wand-dicken, die große Spanne an Werkstofffestigkeiten und die gu-te Gießbarkeit aus. Die Werkstoffgruppe findet in der Nabe und der Drehmomentstütze des Maschinenträgers, aber auch in der Rotorhohlwelle sowie im Getriebe durchgehend Anwendung.

Lokal treten immer wieder Ungängen wie Lunker, Dross und Poren im Gefüge auf, die bei randnaher Lage zur Reduktion der Bauteilbeanspruchbarkeit führen, da dort in aller Regel die höchsten Beanspruchungen auftreten. Dies ist umso kritischer, wenn die im Sinne der Umsetzung von Leichtbau hohe Werkstoffausnutzungen mit geringen Wanddicken zusammentreffen. Fragen zur Zuverlässigkeit und Betriebsfestigkeit von Serienbauteilen, die lokale Ungängen aufweisen, treten dann in den Vordergrund und lassen sich nicht ohne weiteres beantworten. In diesem Zusammenhang fordern Zertifizierungsorgane [1] im

Allgemeinen, dass lokale Ungängenbereiche ab- oder ausge-arbeitet werden. Dies ist mit einem hohen Nacharbeitsaufwand verbunden und führt häufig dazu, dass Wandmindeststärken lokal unterschritten werden und diese teilweise nur wenige cm großen ausgearbeiteten Bereiche zum Ausschuss des ganzen Bauteils führen. Dies widerspricht jedoch dem Wunsch nach Nachhaltigkeit und Ressourcen- sowie Fertigungseffizienz.

Eine Lösungsmöglichkeit bieten das arteigene und artfremde Schweißen dieser Bauteilbereiche. Das Schweißen von GJS ist zwar technisch möglich, jedoch bisher nicht allgemein durch Abnahmerichtlinien der Zertifizierungsorgane geregelt. Im Zusammenhang mit Reparaturschweißungen an Windkraftanlagen verlangt etwa die DNV-Richtlinie [1] eine besondere Qualifikation des Schweißbetriebs sowie eine geprüfte Schweißverfahrenszulassung oder Schweißprozess-Spezifikation und einen registrierten Prüfbericht (welding procedure approval record - WPAR). Das artfremde Schweißen für zyklisch beanspruchte Bauteile ist bisher nicht zulässig, was auch mit dem mangelnden Wissen über die Auswirkung des Reparaturschweißens auf die lokale Ermüdungsfestigkeit der Schweißung zusammenhängt.



**Bild 1:** a) Gussplatte mit gefräster Nut für die Entnahme von Biegeproben, b) Gussplatte mit gefräster Nut für die Entnahme von Axialproben, c), d) geschweißte Gussplatten, e) Bauteilsegmente der Rotornabe; f) Bauteilsegment mit eingebrachter Nut, g) Bauteilsegment mit geschweißter Nut.

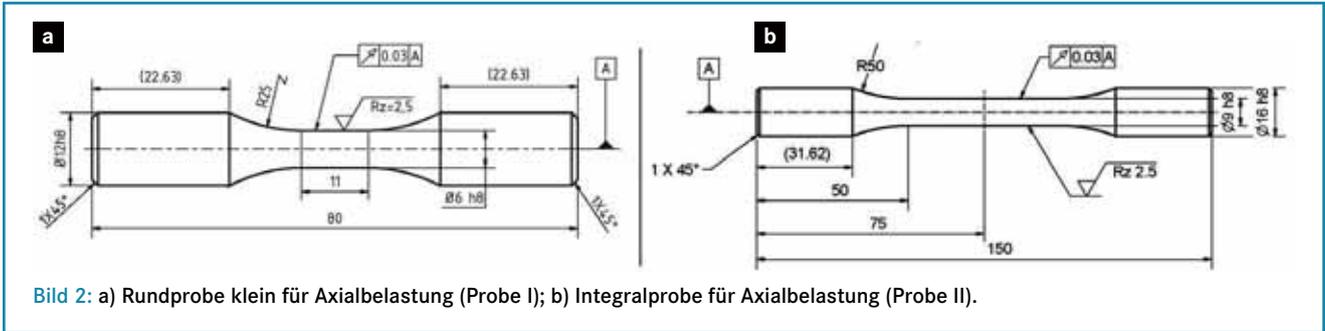


Bild 2: a) Rundprobe klein für Axialbelastung (Probe I); b) Integralprobe für Axialbelastung (Probe II).

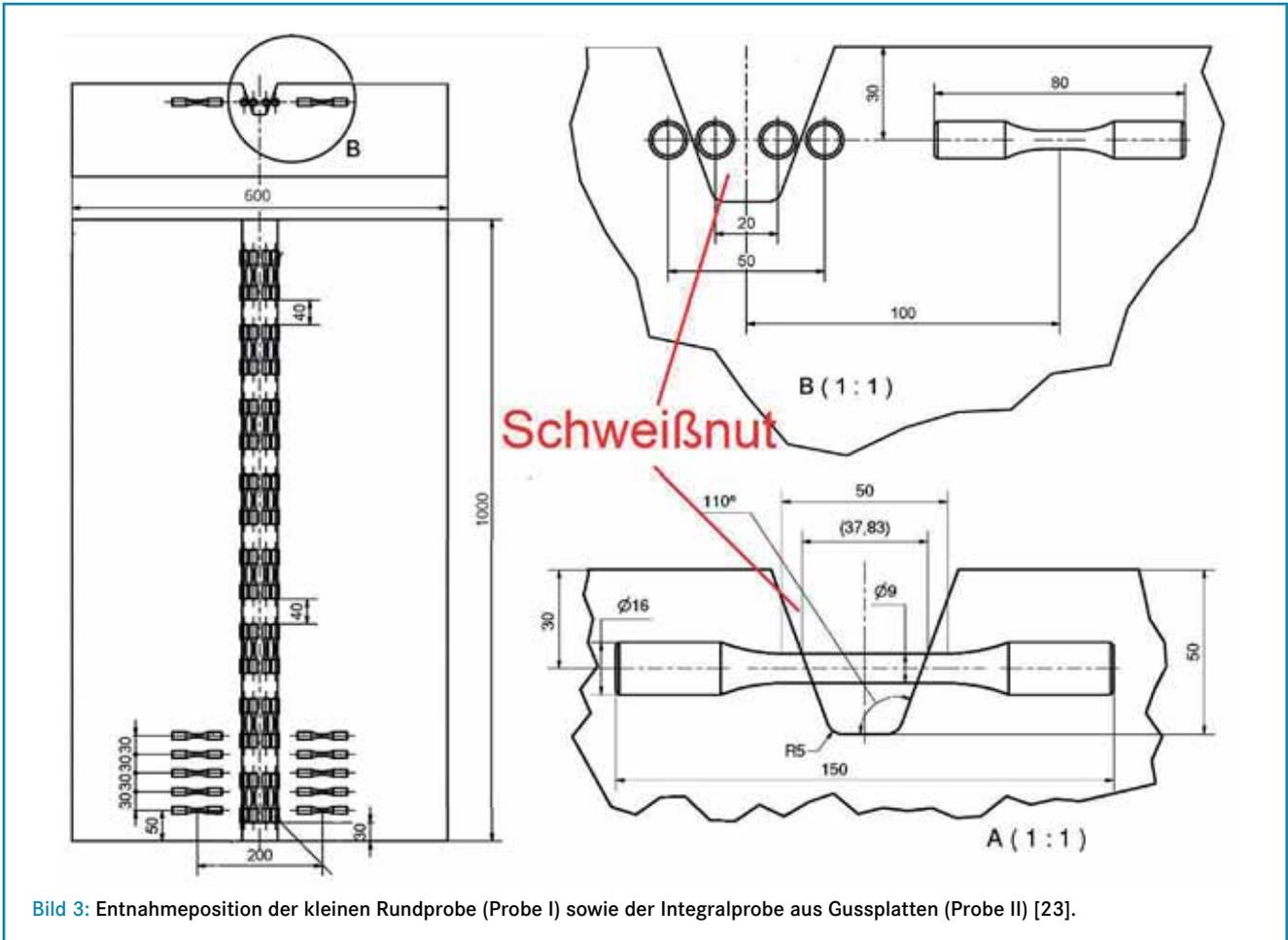


Bild 3: Entnahmeposition der kleinen Rundprobe (Probe I) sowie der Integralprobe aus Gussplatten (Probe II) [23].

**Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung der untersuchten Werkstoffe.**

Werkstoff	Chemische Zusammensetzung in Gew.-%							
	C	Si	Mn	Cr	S	Ni	Mg	Cu
EN-GJS-400-18LT	3,72	1,97	0,20	0,03	0,01	0,01	0,044	0,02
EN-GJS-450-18	3,36	2,93	0,20	0,03	0,01	0,02	0,05	0,02
EN-GJS-700-2	3,66	1,89	0,40	nicht bestimmt	0,01	nicht bestimmt	0,05	1,06

Um eine breite Akzeptanz für Schweißungen an GJS-Bauteilen für die Windkraft erreichen zu können, wurden im Rahmen des BMWK-Vorhabens „nodularWELD“ [2] grundlegende Zusammenhänge zwischen Schweißbarkeit, Schweißzusatzwerkstoff und der je GJS-Werkstoff resultierenden Schwingfestigkeit hergestellt. Zusammen mit Partnern aus Industrie und Forschung wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen sowohl artgleiche als auch artfremde Schweißzusatz-

werkstoffe auf ihre Eignung für die GJS-Werkstoffe EN-GJS-400-18LT, EN-GJS-450-18 sowie EN-GJS-700-2 eingehend untersucht. Ziel der Untersuchungen war es, je Werkstoff ein geeignetes Schweißverfahren zu identifizieren, das insbesondere in Gießereien und ggf. auf Baustellen für Windkraftanlagen Anwendung finden kann, die quasi-statische sowie zyklische Beanspruchbarkeit der geschweißten Bereiche zu bewerten und

zudem die Grundlagen für eine praktikable Bemessung von Bauteilbereichen mit Schweißungen zu schaffen. Dazu wurden an den Werkstoffen an unterschiedlichen Probengeometrien sowohl der Grundwerkstoff als auch der geschweißte Werkstoffzustand axial sowie unter Biegung bei den Lastverhältnissen  $R\sigma = -1$  und  $R\sigma = 0$  zyklisch unter Dehnungs- und auch Spannungsregelung charakterisiert. Die vorliegende Ausarbeitung geht dabei auf die kraftgeregelten Untersuchungen ein,

**Tabelle 2: Schweißzusatzwerkstoffe je GJS-Werkstoff.**

Schweißzusatzwerkstoff	Schweißung	Werkstoff		
		EN-GJS-400-18LT	EN-GJS-450-18	EN-GJS-700-2
Castolin 2-26D	warm	nicht untersucht	ungeeignet	nicht untersucht
Teromatec 4226	warm	nicht untersucht	ungeeignet	nicht untersucht
ENDOTec DO* 636*	warm	ungeeignet	ungeeignet	nicht untersucht
Castolin 2-44	kalt	ungeeignet	nicht untersucht	ungeeignet
Castolin XHD 2230	kalt	ungeeignet	ungeeignet	ungeeignet
CastoMag 45640 Ti	kalt	geeignet	ungeeignet	geeignet
EnDoTec Do 23	kalt	ungeeignet	geeignet	ungeeignet

die an Plattenmaterial sowie im Falle des EN-GJS-400-18LT auch an einem Realbauteil ermittelt wurden.

## 2. Relevante Vorarbeiten

Die German Welding Society [3] schlägt einen bruchmechanischen Ansatz für geschweißte Bauteile vor, der Grund- und Schweißzusatzwerkstoff sowie Wärmeeinflusszone mit ihren unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften und deren Auswirkungen sowohl auf das statische [4] und zyklische Rissinitiations- als auch die unterschiedlichen Rissfortschrittsverhalten berücksichtigt. Nachweisverfahren für die allgemeine Anwendung sind derzeit nur teilweise standardisiert, z. B. bei der bruchmechanischen Analyse, wie in [5] diskutiert, allerdings nicht für die Anwendung im Bereich der Windenergie. Eine Reihe von statischen und dynamischen Untersuchungen an

Schweißverbindungen aus GJS wurden in [6] durchgeführt und entsprechende Festigkeitsparameter in Abhängigkeit der Bauteilwanddicke für perlitisches GJS abgeleitet. Dabei wurden Stumpfstoßverbindungen, die mittels Schutzgas- und Lichtbogenschweißen unter Verwendung von Nickel-Eisen-Elektroden hergestellt wurden, untersucht.

Schock [7] fasst Untersuchungen über die Eigenschaften von Schweißverbindungen mit artähnlichem Schweißzusatzwerkstoff an duktilem Gusseisen der Legierungen EN-GJS-350-22 und EN-GJS-400-18 zusammen. Die Schweißung wurde elektrisch, kalt und mit Stahlelektroden durchgeführt. Es wurden quasi-statische Festigkeitseigenschaften (Zugfestigkeit, Streckgrenze, Bruchdehnung) solcher Schweißnähte erreicht, die teilweise sogar diejenigen des Grundwerkstoffs übertrafen. Die Schwingfestigkeiten lagen jedoch auf Höhe des Grundwerkstoffs. Artfremdes Schweißen wurde nicht berücksichtigt. Weitere Untersuchungen wurden von Schramm [8] mit dem Ziel durchgeführt, eine Datenbasis für GJL und weitere GJS-Werkstoffe zu ermitteln.

Holdstock [9] berichtet zu Untersuchungen an geschweißtem GJS für Windkraftkomponenten, die von Simulationen des Schweißprozesses sowie detaillierten Gefügeuntersuchungen begleitet wurden. Insbesondere beim hoch-siliziumhaltigen EN-GJS-500-14 wird dort die Bildung von Ledeburit im Bereich der Wärmeeinflusszone aufgezeigt. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass Risse aufgrund hoher Spannungen beim Schweiß-

**AL** Aluminium  
Sharing a vision.



# ALUMINIUM 2024.

08. – 10. Oktober 2024  
Messegelände Düsseldorf

[aluminium-exhibition.com](http://aluminium-exhibition.com)

**JETZT  
TICKET  
SICHERN**

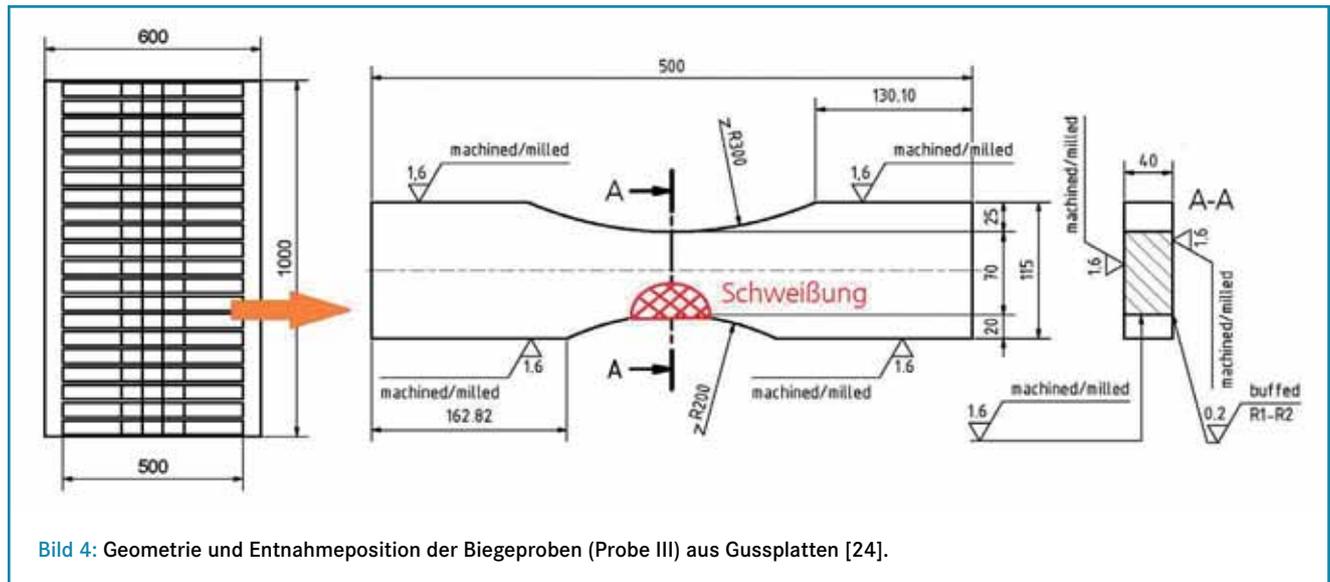
Built by  
**RX** In the business of  
building businesses

Supported by  
**AD** Aluminium  
Deutschland European  
Aluminium



**Tabelle 3: Schwingproben.**

Probe	Belastungsart	Kerbformzahl $K_f$	Spannungsgradient $X^*$ in 1/mm	Höchstbeanspruchtes Bauteilvolumen $HBV_{90\%}$ in $mm^3$	Entnahmeort	Werkstoff	Werkstoffzustand
I	Axial	1,04	0,09	442	Gussplatten	EN-GJS-400-18LT	Grundwerkstoff
						EN-GJS-450-18	
						EN-GJS-700-2	
II	Axial	1,00	0,04	3.730	Gussplatten und Bauteil	EN-GJS-400-18LT	Integral, bestehend aus Grundwerkstoff, Wärmeeinflusszone und Schweißgut
						EN-GJS-450-18	
						EN-GJS-700-2	
III	Biegung	1,08	0,04	4.336	Gussplatten	EN-GJS-400-18LT	Integral, bestehend aus Grundwerkstoff, Wärmeeinflusszone und Schweißgut
						EN-GJS-450-18	
IV	Biegung	1,01	0,09	806	Bauteil	EN-GJS-400-18LT	Integral, bestehend aus Grundwerkstoff, Wärmeeinflusszone und Schweißgut



prozess in der Wärmeeinflusszone entstehen und bis weit in den Grundwerkstoff hineinreichen. In Bleicher [10] wird, ausgehend von weiteren Ergebnissen aus dem Projekt "nodular-WELD" [2], auch das zyklische dehnungsbasierte Werkstoffverhalten von geschweißtem EN-GJS-400-18LT und EN-GJS-450-18 anhand von zyklischen Spannungs-Dehnungskurven sowie Dehnungswöhlerlinien beschrieben und diskutiert.

Basierend auf Untersuchungen am Schweißzusatzwerkstoff, der Wärmeeinflusszone sowie dem Grundwerkstoff konnte gezeigt werden, dass insbesondere bei hohen elasto-plastischen Beanspruchungen der Schweißzusatzwerkstoff die höchste, dehnungsbasierte Schwingfestigkeit und die höchste Spannungs-Dehnungskurve aufweist. Für den Bereich der Langzeitfestigkeit wurde hingegen gezeigt, dass die Schwingfestigkeit

der drei unterschiedlichen Bereiche nahezu vergleichbare Werte bei jedoch teilweise deutlich unterschiedlichen Elastizitätsmoduln erreichen. Es zeigte sich, dass die Schwingfestigkeit, wie auch die zyklische Spannungs-Dehnungskurve des Werkstoffs, nahe der Wärmeeinflusszone unbeeinflusst vom Schweißprozess die gleiche Festigkeit erreicht wie der entfernt liegende Grundwerkstoff selbst.

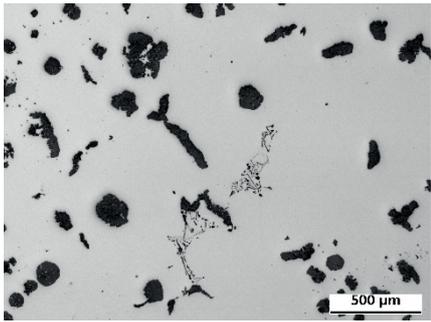
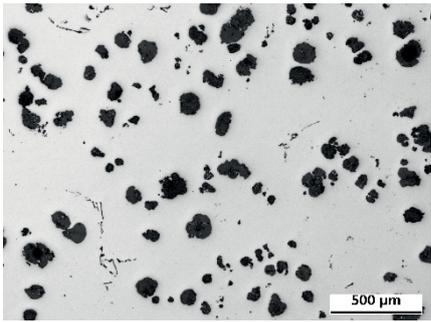
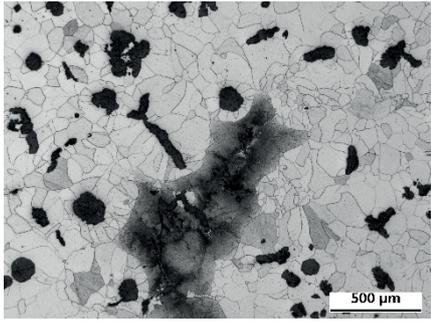
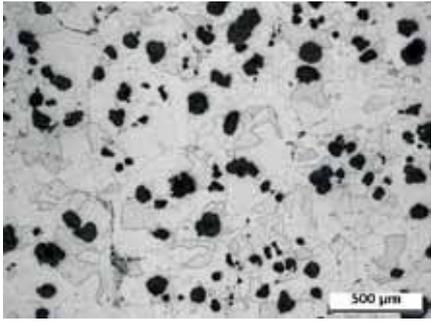
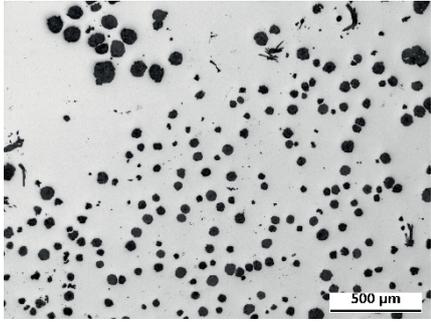
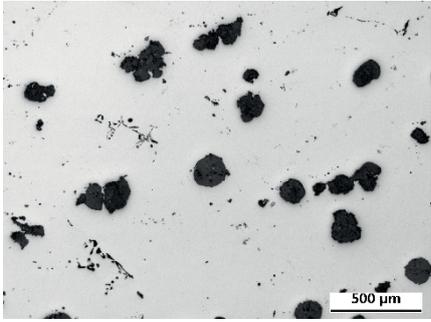
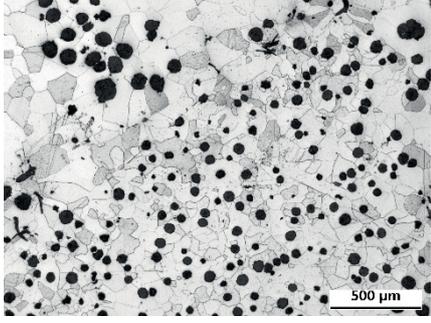
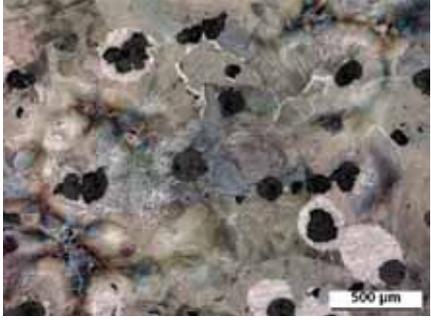
### 3. Untersuchte Werkstoffe, Schweißungen und Probenentnahme

Für die Untersuchungen wurden mehrere Gussplatten mit einer Wanddicke von 200 mm sowie einer Länge von 1000 mm und einer Breite von 600 mm aus EN-GJS-400-18LT, EN-GJS-450-18

Tabelle 4: Ergebnisse der zyklischen Werkstoffuntersuchungen für die geschweißten und ungeschweißten Werkstoffe.									
Werkstoff	Belastungsart	Schwingprobe	Werkstoffzustand	Anzahl durchgeführter Einzeluntersuchungen	Spannungsverhältnis R	Neigung der Wöhlerlinie in der Zeitfestigkeit k	Abknickpunkt $N_k \cdot 10^5$	Nennspannungsamplitude $\sigma_{a,n}/N_{lim}$ bei $N_{lim}$ (inMPa)	Streumaß T.
EN-GJS-400-18LT Gussplatte	Axial	I	Grundwerkstoff	12	-1	9,5	10	157	1:1,23
				13	0	5,6	3	99	1:1,13
				Mittelspannungsempfindlichkeit M = 0,58					
		II	Integralzustand	13	-1	5,4	30	98	1:1,44
				18	0	5,6	10	67	1:1,38
				Mittelspannungsempfindlichkeit M = 0,46					
	Biegung	III	Grundwerkstoff	10	-1	6,4	10	144	1:1,17
				12	0	7,4	20	108	1:1,13
				Mittelspannungsempfindlichkeit M = 0,33					
		Grundwerkstoff, Wärmeeinflusszone und Schweißgut	12	-1	3,2	20	76	1:1,51	
			11	0	3,8	-	42	1:1,39	
			Mittelspannungsempfindlichkeit M = 0,81						
EN-GJS-400-18LT Bauteil	Axial	II	Integralzustand	14	-1	5,1	6	133	1:1,22
				6	0	5,8	6	87	1:1,23
	Mittelspannungsempfindlichkeit M = 0,53								
	Biegung	IV	Grundwerkstoff, Wärmeeinflusszone und Schweißgut	15	-1	3,5	3	99	1:1,39
EN-GJS-450-18 Gussplatte	Axial	I	Grundwerkstoff	17	-1	8,6	10	164	1:1,16
				17	0	14,7	20	125	1:1,20
				Mittelspannungsempfindlichkeit M = 0,31					
		II	Integralzustand	11	-1	6,5	10	48	1:1,22
				12	0	9,3	20	30	1:1,29
	Mittelspannungsempfindlichkeit M = 0,60								
	Biegung	III	Grundwerkstoff	10	-1	4,9	10	140	1:1,11
				10	0	6,3	10	112	1:1,11
				Mittelspannungsempfindlichkeit M = 0,25					
		Grundwerkstoff, Wärmeeinflusszone und Schweißgut	13	-1	7,3	-	51	1:1,36	
12			0	5,9	-	40	1:1,62		
Mittelspannungsempfindlichkeit M = 0,28									
EN-GJS-700-2 Gussplatte	Axial	I	Grundwerkstoff	16	-1	9,4	10	193	1:1,12
				14	0	6,7	10	110	1:1,29
				Mittelspannungsempfindlichkeit M = 0,75					
		II	Integralzustand	11	-1	7,6	20	126	1:1,55
				12	0	7,2	20	75	1:1,38
				Mittelspannungsempfindlichkeit M = 0,68					

und EN-GJS-700-2 (Tabelle 1) gegossen. Ferner stand eine Rotornabe einer Windenergieanlage aus EN-GJS-400-18LT zur Verfügung. Nach einer Ultraschallprüfung der Gussplatten und der Rotornabe wurde die Rotornabe zerlegt. In einen Abschnitt der Rotornabe sowie in die Gussplatten wurden Nuten eingefräst.

Diese simulieren den ausgearbeiteten Ungängenbereich an einem späteren Serienbauteil, der geschweißt werden muss. Die Nut wurde hinsichtlich Form (V-Form), Kerbradius der Flanken (5 mm) sowie deren Tiefe (60 mm) in Abstimmung mit den Projektbeteiligten und insbesondere mit dem DNV definiert, um

Tabelle 5: Zusammenfassung der mikrostrukturellen Parameter der untersuchten Werkstoffzustände.		
Werkstoff	EN-GJS-400-18LT	
Entnahmeort	Gussplatte	Bauteil
Gefüge ungeätzt		
Gefüge geätzt		
Grafitpartikeldichte [1/mm <sup>2</sup> ]	65	58
Grafitform [%] (Anteil V + VI)	62	95
Grafitgröße [%] (Anteil 5 + 4)	74	92
Nodularität [-]	43	69
Werkstoff	EN-GJS-450-18	EN-GJS-700-2
Entnahmeort	Gussplatte	Gussplatte
Gefüge ungeätzt		
Gefüge geätzt		
Grafitpartikeldichte [1/mm <sup>2</sup> ]	75	57
Grafitform [%] (Anteil V + VI)	90	91
Grafitgröße [%] (Anteil 5 + 4)	65	71
Nodularität [-]	74	63

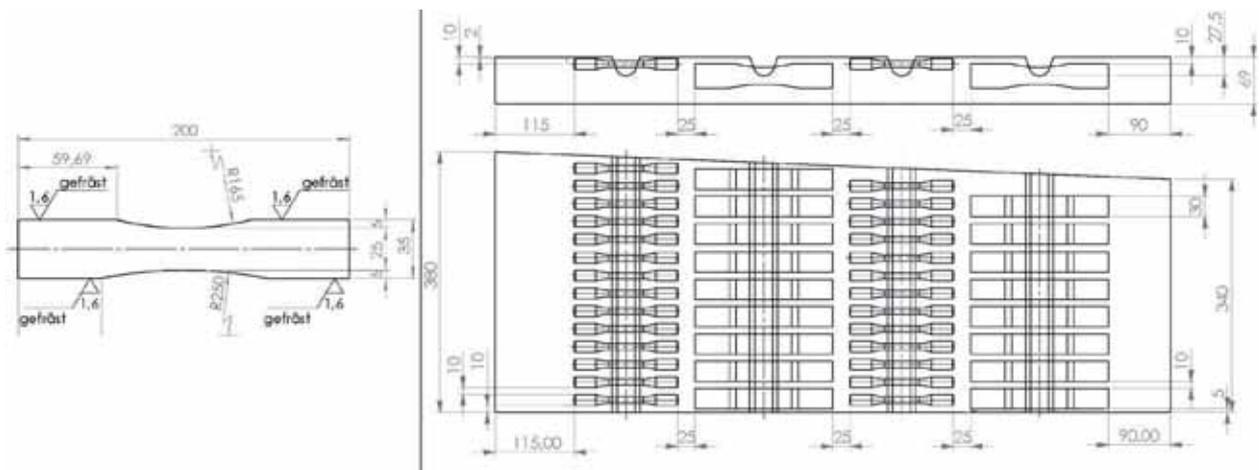


Bild 5: Geometrie und Entnahmeposition der Biegeproben (Probe IV) aus der Rotornabe.

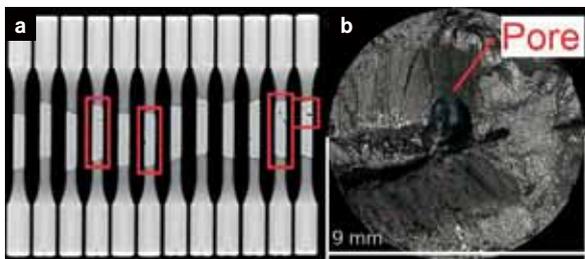


Bild 6: a) Röntgenbilder einiger Integralproben mit und ohne Poren, b) Bruchfläche mit größerer Pore.

eine möglichst realistische Anwendung zu repräsentieren (Bild 1). Anschließend wurden an kleinen Abschnitten der Gussplatten Schweißvoruntersuchungen durchgeführt, die die grundlegende Anwendbarkeit der Schweißzusatzwerkstoffe anhand statischer Kennwerte zeigen sollten [2]. Hierbei wurde sowohl kalt als auch warm mit artfremden und artgleichen Schweißzusatzwerkstoffen gearbeitet. Den Schweißungen lagen folgende Überlegungen zugrunde:

> Da eine einfache Handhabung und eine hohe Ortsunabhängigkeit des Schweißverfahrens besonders im Reparaturfall gegeben sein sollte, wurde auf ein Hand-Elektrodenschweißen zurückgegriffen.

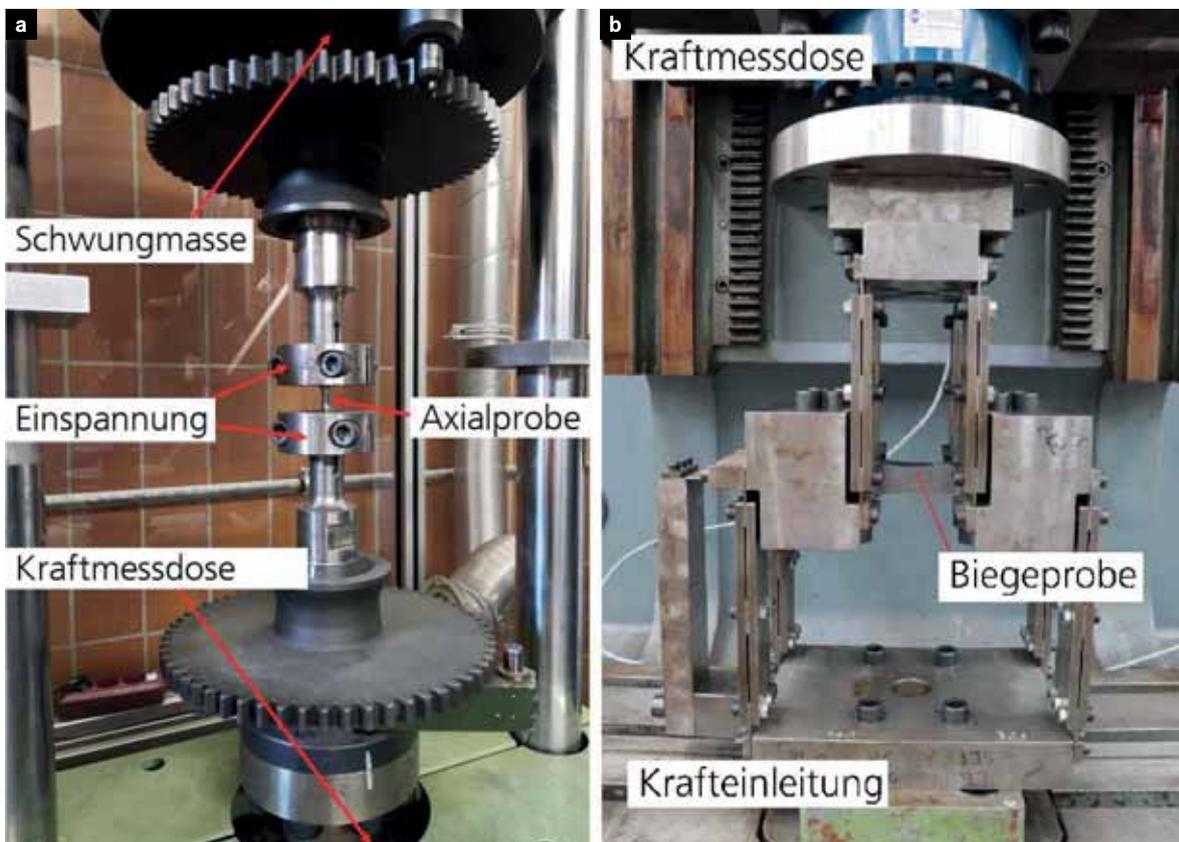
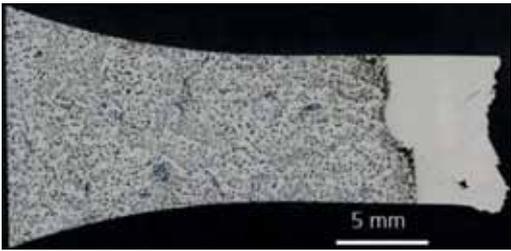
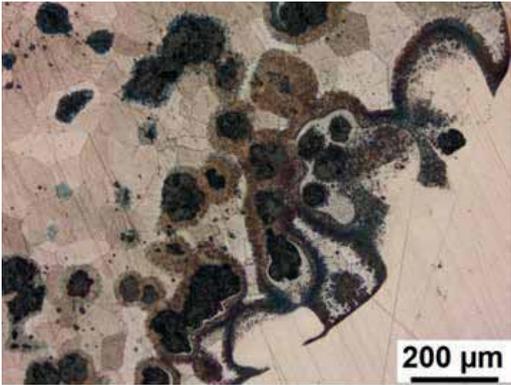
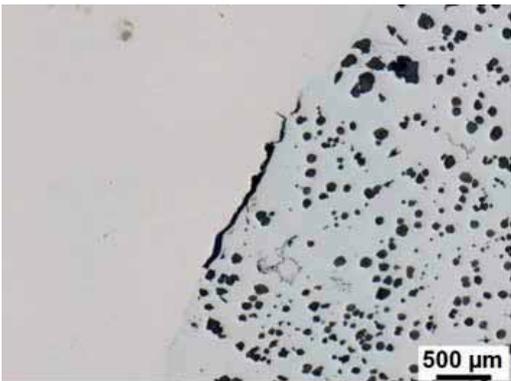
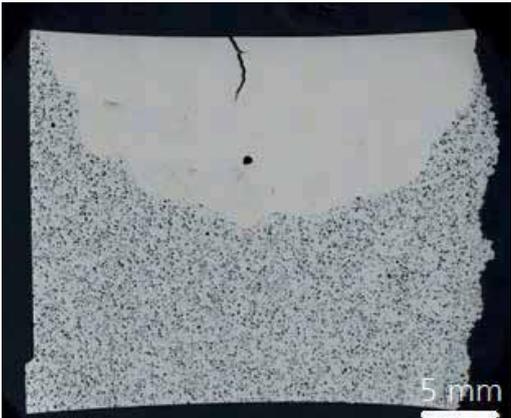


Bild 7: a) Versuchsaufbau zur Untersuchung der Axialproben; b) Versuchsaufbau zur Untersuchung der Biegeproben aus der Rotornabe unter 4-Punkt-Biegung.

Tabelle 6: Schliffe im Bereich der Schweißung.

Werkstoff	Entnahmeort	
EN-GJS-400-18LT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schliff geätzt,</li> <li>- Axialprobe (Probe II) aus Gussplatte,</li> <li>- Schweißzusatzwerkstoff mit Übergang zum Grundwerkstoff,</li> <li>- Pore im Schweißzusatzwerkstoff.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schliff geätzt,</li> <li>- Axialprobe (Probe II) aus Gussplatte,</li> <li>- Detailaufnahme im Übergang von Schweißzusatzwerkstoff zu Grundwerkstoff mit deutlicher Karbidbildung an Grenzzone.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schliff geätzt,</li> <li>- Biegeprobe (Probe III) aus Gussplatte,</li> <li>- Detailaufnahme im Übergang von Schweißzusatzwerkstoff zu Grundwerkstoff mit deutlichen Anrissen, die nicht auf zyklische Belastung, sondern den Schweißprozess zurückzuführen sind.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schliff geätzt,</li> <li>- Biegeprobe (Probe IV) aus Segment der Rotornabe (Bauteil),</li> <li>- Schliff mit kleiner Pore sowie Anriss im Schweißzusatzwerkstoff,</li> <li>- Schweißzusatzwerkstoff mit Übergang zum Grundwerkstoff.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schliff geätzt,</li> <li>- Axialprobe (Probe II) aus Segment der Rotornabe (Bauteil),</li> <li>- Schweißzusatzwerkstoff mit Übergang zum Grundwerkstoff.</li> </ul>	

**Tabelle 6: Schliffe im Bereich der Schweißung.**

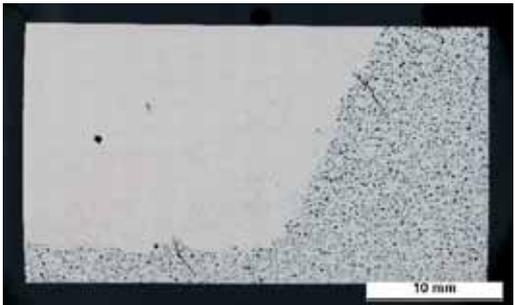
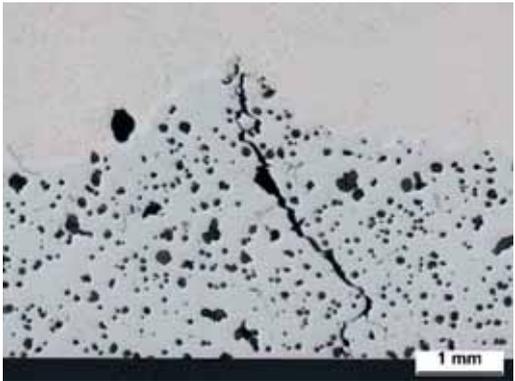
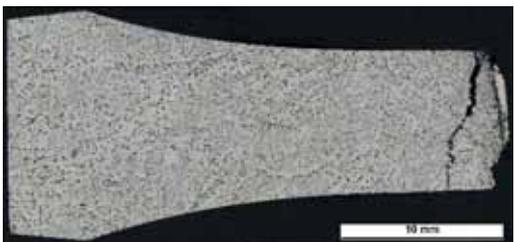
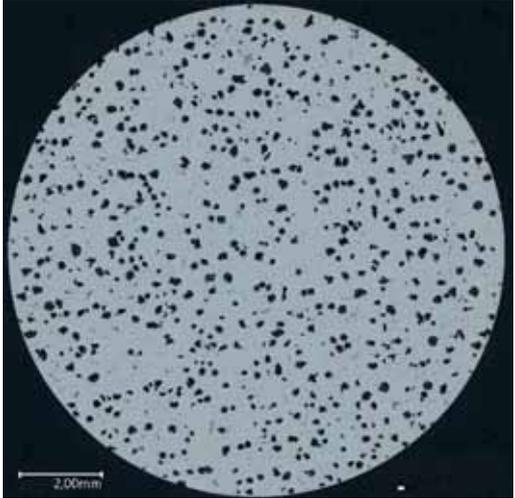
Werkstoff	Entnahmeort	
EN-GJS-450-18	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schliff ungeätzt,</li> <li>- Biegeprobe (Probe III) aus Gussplatte,</li> <li>- Schliff mit kleiner Pore sowie Anriss im Grundwerkstoff in der Wärmeeinflusszone.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schliff ungeätzt,</li> <li>- Biegeprobe (Probe III) aus Gussplatte,</li> <li>- Detailaufnahme eines Anrisses im Grundwerkstoff, der nicht auf zyklische Belastung, sondern den Schweißprozess zurückzuführen ist.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schliff geätzt,</li> <li>- Axialprobe (Probe II) aus Gussplatte,</li> <li>- Anriss im Grundwerkstoff.</li> </ul>	
EN-GJS-700-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schliff ungeätzt,</li> <li>- Axialprobe (Probe II) aus Gussplatte.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schliff geätzt,</li> <li>- Axialprobe (Probe II),</li> <li>- Geätzte Wärmeeinflusszone deutlich erkennbar,</li> <li>- Schweißzusatzwerkstoff mit Übergang zum Grundwerkstoff,</li> <li>- Teilweise ferritisch.</li> </ul>	



Bild 8: Versuchsaufbau zur Untersuchung großer Biegeproben [24].

> Weiterhin wurde eine möglichst baustellennahe Fertigung, keine Laborfertigung angestrebt. Dies hatte den Vorteil, die Ergebnisse in großer Breite anwenden zu können, zog jedoch die Notwendigkeit nach sich, kleinere Fehlstellen in der Schweißnaht akzeptieren zu müssen. Dies ist dann sinnvoll, wenn die zu entfernenden Ungenauigkeiten am Bauteil eine deutlich größere Ausdehnung ( $> 10$  mm) im Vergleich zu auftretenden Schweißporen besitzen.

Die eingesetzten Schweißzusatzwerkstoffe sowie die Ergebnisse der Voruntersuchungen je GJS-Werkstoff zeigt **Tabelle 2**. Beginnend mit dem EN-GJS-400-18LT und dem hoch-siliziumhaltigen EN-GJS-450-18 zeigte der Kaltschweißprozess die besten Ergebnisse, entsprechend wurden fortfolgend die Gussplatten und das Bauteil aus EN-GJS-400-18LT mit dem Schweißzusatzwerkstoff CastoMag 45640 Ti sowie die Gussplatten aus EN-GJS-450-18 mit dem EnDoTec Do 23 kaltgeschweißt. Letzterer zeigte dennoch bei den Schweißvoruntersuchungen generell eine starke Rissneigung und damit ein ähnliches Verhalten, das durch Untersuchungen in [2] am ebenfalls hoch-siliziumhaltigen EN-GJS-500-14 bestätigt wurde. Kaltschweißen hat für die spätere Anwendung den zusätzlichen Vorteil, dass eine lokale Vorwärmung um einige 100 K entfallen kann. Denn die warm durchgeführten Schweißungen mit Schweißzusatzwerkstoffen führten bei den Vorversuchen zu starken Einflüssen auf die lokale Mikrostruktur der Grundwerkstoffe; zudem ergaben sich hohe Streuungen der Festigkeit und teils geringe quasi-statische Kennwerte. Für die anschließende Untersuchung des EN-GJS-700-2 wurde direkt nur mit kalt verarbeitbarem Schweißzusatzwerkstoff gearbeitet, wobei auch hier die Schweißung mit CastoMag 45640 Ti die besten Ergebnisse erzielte.

Aus den so geschweißten Gussplatten und dem Bauteil (s. Bild 1) wurden Schwingproben für Axial- und Biegebelastung entnommen (**Bilder 2-5**). Die wesentlichen Parameter der je Werkstoff eingesetzten Schwingproben fasst **Tabelle 3** zusammen. Dabei wurden kleine Axialschwingproben mit Durchmesser  $d = 6$  mm (**Tabelle 3**, Bild 2a) sowohl entlang der Schweißnaht aus der Schweißnaht (Schweißzusatzwerkstoff), aus der Wärmeeinflusszone und aus dem Grundwerkstoff neben der Schweißnaht sowie quer über die Schweißnaht integrale Schwingproben mit Prüfdurchmesser  $d = 9$  mm entnommen (**Tabelle 3**, Bild 2b). Letztere umfassen damit im hoch beanspruchten Bereich der Schwingproben den Grundwerkstoff, die Wärmeeinflusszone sowie den Schweißnahtwerkstoff (s. Bild 2) und bilden damit den integralen Werkstoffzustand in einer Schwingfestigkeitskenngröße ab. Der Einsatz der Integralprobe ermöglicht dabei die zielgerichtete Untersuchung des Versagensausgangs in einem der drei Bereiche und lässt eine Ableitung von Schwingfestigkeitskennwerten wie Streuungen auch

für die Bemessung integraler Bauteilbereiche zu.

Am Bauteil treten insbesondere in hoch beanspruchten Bereichen Spannungsgradienten auf. Liegen größte Bauteilabmessungen und flache Spannungsgradienten vor, können die lokalen Schwingfestigkeiten durch axial beanspruchte Schwingproben zielführend abgeleitet werden. Im Falle der Bemessung von Rotornaben und Maschinenträgern in Windkraftanlagen ist jedoch von Wanddicken teilweise unter 100 mm und von vergleichsweise steilen Spannungsgradienten auszugehen. Diese Zusammenhänge lassen sich gut an unter Biegung beanspruchten Schwingproben abbilden. Im vorliegenden Fall wurden aus den Gussplatten große Biegeproben (Probe III: **Tabelle 3**, Bild 2) sowie aus den Abschnitten der Rotornabe kleine Biegeproben (Probe IV: **Tabelle 3**, Bild 4) entnommen. Nach der Probenentnahme wurden alle Schwingproben im Bereich des höchstbelasteten Volumens mittels Radiografie untersucht, um lokale und zu erwartende Schweißfehler zu detektieren. Hierbei zeigten sich bei einigen Schwingproben lokale Poren in einer Größe von bis zu 4 mm. Einige Beispiele hierzu sowie eine Pore auf einer Bruchfläche nach dem Schwingversuch zeigt **Bild 6**.

#### 4. Schweiß- und Ermüdungsuntersuchungen

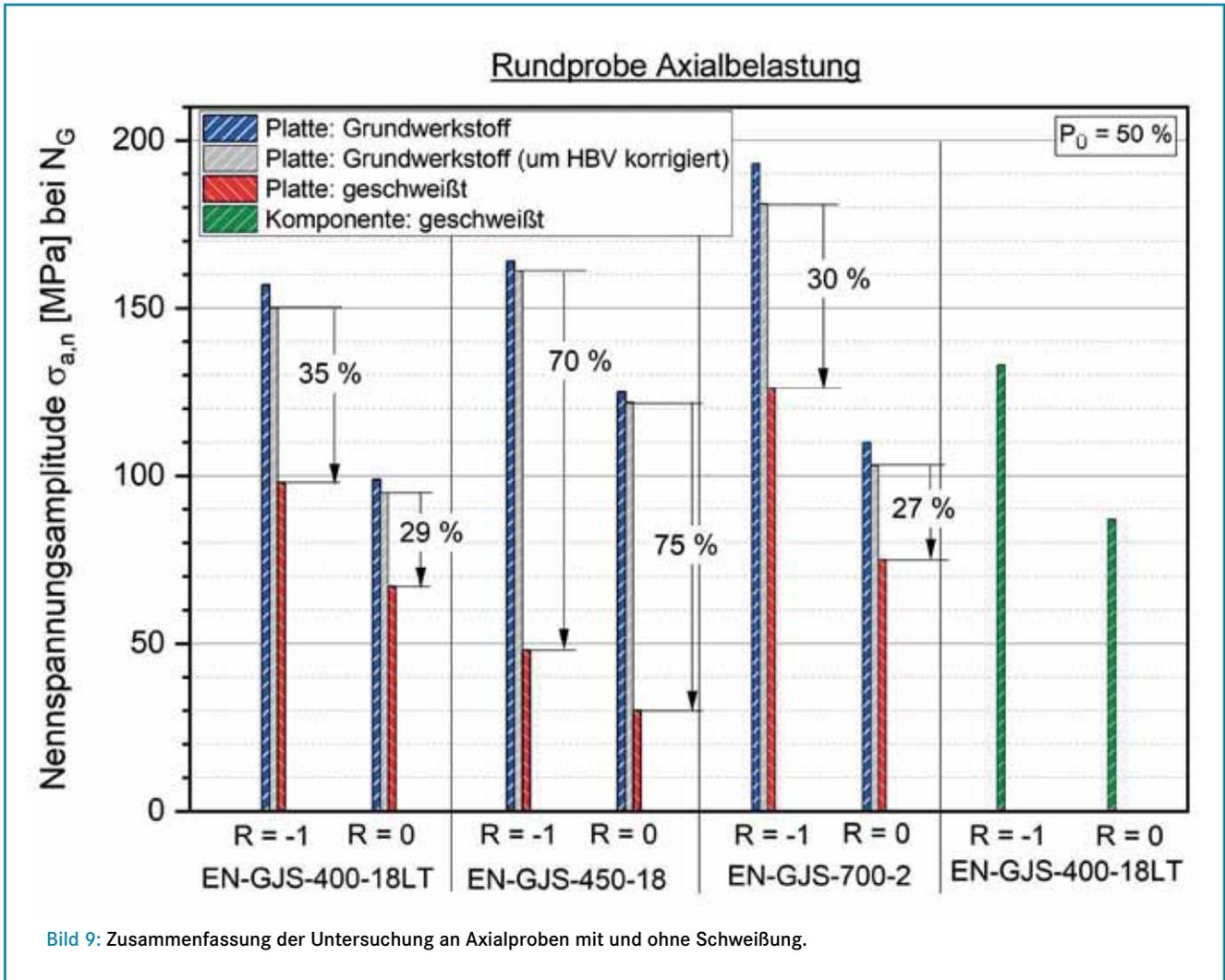
Die Schwingfestigkeitsuntersuchungen wurden für Axial- und auch Biegebelastung bis zu einer Grenzschnitzspielzahl  $N_G = 1 \cdot 10^7$  Schwingspielen unter Wechselbelastung,  $R\sigma = -1$ , sowie Zugschwellbelastung,  $R\sigma = 0$ , durchgeführt, um die Mittelspannungsempfindlichkeit sowohl für den Grundwerkstoff als auch den geschweißten Werkstoffzustand ermitteln zu können. Im Falle der Axialproben (Probe I und II) wurde auf elektrische, vertikale Resonanzprüfmaschinen zurückgegriffen (**Bild 7**), auf der die Untersuchungen bei Versuchsfrequenzen von etwa 120 Hz erfolgten. Die Schwingfestigkeitsuntersuchungen unter Biegebelastung erfolgten für Probe IV auf einer vertikalen, unwuchterregten Resonanzprüfmaschine (s. Bild 7) unter 4-Punkt-Biegung sowie für Probe III auf einer horizontalen, unwuchterregten Resonanzprüfmaschine unter 2-Punkt-Biegung bei jeweils ca. 30 Hz (**Bild 8**).

Für die Regressionsrechnung zur Ermittlung der Wöhlerlinienparameter, wie der Neigung  $k$  im Bereich der Zeitfestigkeit, sowie dem Streumaß  $T\sigma$ , wurde auf die Maximum-Likelihood-Methode zurückgegriffen [11, 12]. Durch die sich daraus ergebenden Schwingspielzahlen an variierenden Abknickpunkten  $N_k$  der Wöhlerlinien wurden für den Vergleich der Ergebnisse die Spannungen bei der Grenzschnitzspielzahl  $N_G$  zugrunde gelegt. Zur Auswertung der Schwingfestigkeitsversuche an Werkstoffproben werden die Versuchsergebnisse als Nennspannungsamplitude  $\sigma_{a,n}$  über der Bruchschwingspielzahl  $N_B$  doppelt-logarithmisch in Form von Wöhlerlinien aufgetragen.

#### 5. Ergebnisse der Schwingfestigkeitsuntersuchungen

##### 5.1 Axialbelastung

Alle ermittelten Schwingfestigkeiten und Wöhlerlinienparameter, einschließlich der ermittelten Mittelspannungsempfindlichkeit  $M$  nach W. Schütz [13], finden sich zusammengefasst in **Tabelle 4**. Eine Gegenüberstellung der ermittelten Schwingfestigkeiten für die Axial- und Biegeproben mit und ohne Schweißung



finden sich in **Bild 9** sowie in **Bild 10** für eine Überlebenswahrscheinlichkeit von  $P_{\bar{U}} = 50\%$  bei der Grenzwahrscheinlichkeit  $N_G$ .

Bezugnehmend auf die Untersuchungen am Grundwerkstoff unter Axialbelastung zeigt sich, dass erwartungsgemäß der EN-GJS-400-18LT die mit  $\sigma_{a,n} = 157$  MPa für  $R\sigma = -1$  niedrigste Schwingfestigkeit, gefolgt vom EN-GJS-450-18 mit  $\sigma_{a,n} = 164$  MPa für  $R\sigma = -1$  und dem EN-GJS-700-2 mit  $\sigma_{a,n} = 193$  MPa für  $R\sigma = -1$ , aufweist. Die ermittelten Nennspannungsamplituden bei Wechsel- und Zugschwellbelastung erreichen dabei Werte für vergleichbare Werkstoffzustände aus der Literatur [14, 15], die an gleicher Schwingprobengröße ermittelt wurden. Lediglich die Nennspannungsamplitude unter Zugschwellbelastung erreicht mit  $\sigma_{a,n} = 110$  MPa für den EN-GJS-700-2 einen vergleichsweise niedrigen Wert.

Die Ergebnisse der zyklischen, kraftgeregelten Untersuchungen an den Integralproben (Probe II) sind ebenfalls in **Bild 9** zusammengefasst und den Ergebnissen am Grundwerkstoff gegenübergestellt. Da die Probe II mit  $HBV_{90\%} = 3730$  mm<sup>3</sup> ein deutlich größeres höchst beanspruchtes Bauteilvolumen (HBV) aufweist als die Probe I mit  $HBV_{90\%} = 442$  mm<sup>3</sup>, wurden für einen korrekten Vergleich zunächst die an Probe I ermittelten Schwingfestigkeiten des Grundwerkstoffs in Richtung des größeren  $HBV_{90\%}$  korrigiert. Das  $HBV_{90\%}$  beschreibt nach einem Ansatz von [16] den statistischen und spannungs-mechanischen Einfluss nach [17], der sich bei Änderung von Bauteilgeometrien und Wanddicken zwangsläufig auf die Bauteilfestigkeit, etwa beim dickwandigen GJS, ergibt [14, 15, 18]. Mit den Kennwerten zur Abschätzung unterschiedlicher  $HBV_{90\%}$  für dickwan-

digen GJS aus [14] wurden so die Nennspannungsamplituden  $\sigma_{a,n}$ , die an der Probe I ermittelt wurden, auf das  $HBV_{90\%}$  der Probe II je Werkstoff und Lastverhältnis umgerechnet (s. Bild 9).

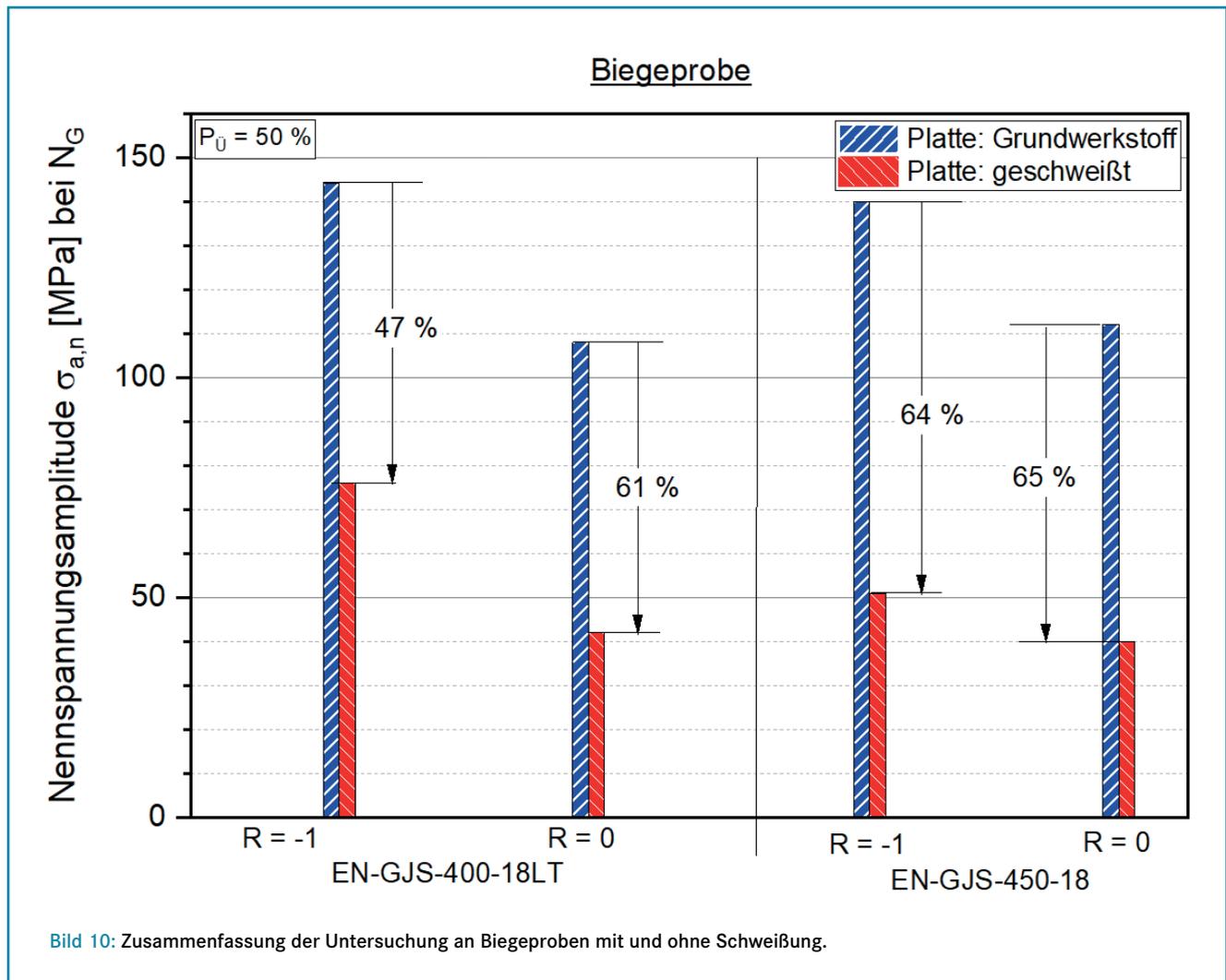
Es zeigt sich, dass durch die Schweißungen unter Axialbelastung Schwingfestigkeitsreduktionen von ca. 30 % beim EN-GJS-400-18LT sowie EN-GJS-700-2 und darüber hinaus sogar gut 70 % beim EN-GJS-450-18, sowohl unter Zugschwell- als auch Wechselbelastung, zu verzeichnen sind (s. Bild 9 und Tabelle 4). So werden für den hoch-siliziumhaltigen Werkstoff im geschweißten Zustand lediglich noch Nennspannungsamplituden von  $\sigma_{a,n} = 48$  MPa für  $R\sigma = -1$  sowie  $\sigma_{a,n} = 30$  MPa für  $R\sigma = 0$  erreicht, während für den EN-GJS-400-18LT für beide Lastverhältnisse noch  $\sigma_{a,n} = 98$  MPa bzw.  $\sigma_{a,n} = 67$  MPa ermittelt werden. Beim perlitischen EN-GJS-700-2 ergeben sich im geschweißten Zustand sogar Nennspannungsamplituden von  $\sigma_{a,n} = 126$  MPa für  $R\sigma = -1$  sowie  $\sigma_{a,n} = 75$  MPa für  $R\sigma = 0$ . Der EN-GJS-450-18 kann im vorliegenden Schweißzustand somit nicht von der höheren Werkstoffgrundfestigkeit profitieren. Ein vergleichbares Verhalten sowie Schwierigkeiten bei der Schwei-

## Stampfschablonen • Einschmelzzyylinder



A. Fengler  
Hermann Uhlmann  
Maschinen- und  
Waagenbau GmbH  
Hasseröder Straße 6

38855 Wernigerode  
Tel. 03943 / 632201  
Fax. 03943 / 905685  
www.fengler-uhlmann.de



ßung von hoch-siliziumhaltigem GJS ergaben Untersuchungen von [9] in einem noch andauernden Forschungsvorhaben. Gleichwohl ist davon auszugehen, dass die hier ermittelten Schwingfestigkeiten auch im Falle des EN-GJS-450-18 immer noch ausreichend sind, zumindest in niedrig beanspruchten Bauteilbereichen durch eine Schweißung zur Bauteilerhaltung beizutragen. Die lokal auftretenden Beanspruchungen im Betrieb sind grundsätzlich mit der Lage der auszubearbeitenden Ungängen und der dann erfolgten Schweißung abzugleichen, um eine ausreichende Zuverlässigkeit sicherzustellen.

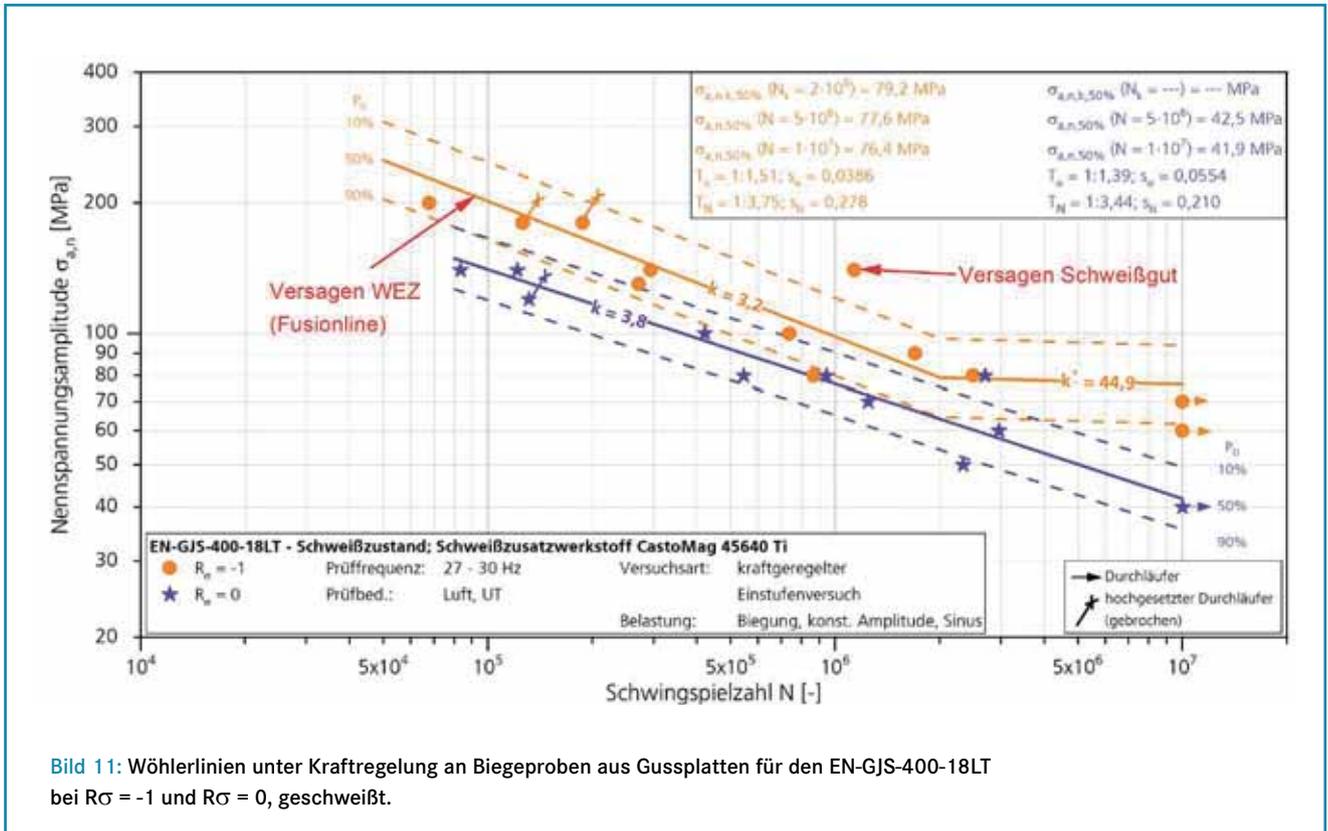
Die dem Rotornabensegment entnommenen Proben II erreichten, insbesondere im Vergleich zum EN-GJS-400-18LT aus Gussplatten, eine relativ hohe Schwingfestigkeit mit Nennspannungsamplituden von  $\sigma_{a,n} = 133$  MPa für  $R\sigma = -1$  sowie  $\sigma_{a,n} = 87$  MPa für  $R\sigma = 0$  bei  $N_G = 1 \cdot 10^7$  Schwingspielen. Diese übertreffen sogar die ermittelten Kennwerte des EN-GJS-700-2, was auch auf die geringere Dicke der Schweißnaht und eine damit verbundene geringere Auftretenswahrscheinlichkeit für Poren zurückzuführen sein dürfte. Insofern sind die in dieser Untersuchung gegenübergestellten Kennwerte an geschweißten Gussplatten als konservativ zu werten, wenn diese zur Bewertung der lokalen Festigkeit einer Schweißung bei GJS herangezogen werden.

## 5.2 Biegebelastung

Eine Zusammenfassung der erzielten Ergebnisse an den Biegeproben (Probe III) zeigt **Bild 10**. Aufgrund deutlicher lokaler Bindefehler beim EN-GJS-700-2 wurden die hierfür gefertigten

Schwingproben nicht untersucht, da ein quasi in-situ vorliegender Anriss eine Versuchsdurchführung verhinderte. Für den EN-GJS-400-18-LT sowie den EN-GJS-450-18 ergibt sich aufgrund der Probengröße und dem höheren  $HBV_{90\%}$  gegenüber den Axialproben eine leicht geringere Schwingfestigkeit für  $R\sigma = -1$  und  $R\sigma = 0$ . Beide Werkstoffe erreichen unter Biegebeanspruchung zudem ein nahezu gleiches Schwingfestigkeitsniveau. Auch die zyklische Beanspruchbarkeit bei Vorhandensein von Schweißungen fällt gegenüber denjenigen der Axialbelastung mit  $\sigma_{a,n} = 76$  MPa für  $R\sigma = -1$  sowie  $\sigma_{a,n} = 42$  MPa für  $R\sigma = 0$  beim EN-GJS-400-18LT um gut 20 MPa ab. Dies zeigt sich beim EN-GJS-450-18 nicht, der mit  $\sigma_{a,n} = 51$  MPa für  $R\sigma = -1$  sowie  $\sigma_{a,n} = 40$  MPa für  $R\sigma = 0$  gleiche Festigkeitskennwerte wie unter Axialbelastung erreicht und damit keine Empfindlichkeit der Schweißung gegenüber überlagerten Spannungsgradienten zeigt. Andererseits ist zu bemerken, dass auch die Schwingfestigkeit unter Axialbelastung im geschweißten Zustand sehr gering ist.

Die **Bilder 11 bis 13** zeigen exemplarisch Wöhlerlinien für den EN-GJS-400-18LT sowie den EN-GJS-450-18 unter Biegebeanspruchung. Hierbei zeigt sich, dass im geschweißten Zustand teilweise die Definition eines Abknickpunktes vor  $N_G = 1 \cdot 10^7$  Schwingspielen schwierig ist (s. Tabelle 4). Vielmehr ist dann mit einer durchgehenden Neigung  $k$ , ausgehend von der Zeitfestigkeit, zu rechnen. Den ermittelten Wöhlerlinien unter Biegebeanspruchung liegt meist ein Versagen im Übergangsbereich zwischen Schweißzusatzwerkstoff und Grundwerkstoff zugrunde. Lag ein Versagen im Schweißzusatzwerkstoff vor, wurden teilweise deut-



lich höhere Beanspruchbarkeiten erreicht (s. Bild 11 und 13). In Bild 12 ist neben den Streubändern für Überlebenswahrscheinlichkeiten  $P_{\bar{0}}$  von 10 %, 50 % und 90 % auch die Bemessungswöhlerlinie für  $P_{\bar{0}} = 97,5$  % eingetragen, die aus dem Streumaß ermittelt wird. Die Überlebenswahrscheinlichkeit  $P_{\bar{0}} = 97,5$  % orientiert sich dabei an typischen Werten für die Bemessung von Windkraftbauteilen, etwa nach Vorgabe des DNV [1].

### 5.3 Einfluss der Schweißung auf die Mittelspannungsempfindlichkeit sowie die Neigung der Wöhlerlinie im Bereich der Zeitfestigkeit

Die Mittelspannungsempfindlichkeiten  $M$  je untersuchtem Grundwerkstoffzustand zeigen keine einheitliche Tendenz. So zeigt sich beispielsweise kein grundlegender Anstieg der Mittelspannungsempfindlichkeit mit der Zugfestigkeit. Während der EN-GJS-400-18LT unter Axialbelastung eine Mittelspannungsempfindlichkeit von  $M = 0,58$  aufweist, erreicht der EN-GJS-450-18 lediglich einen Wert von  $M = 0,31$ . Zum EN-GJS-700-2 steigt die Mittelspannungsempfindlichkeit dann wieder auf einen sehr hohen Wert von  $M = 0,75$  an. Unter Biegung nimmt die Mittelspannungsempfindlichkeit für den Grundwerkstoff auf  $M = 0,33$  für EN-GJS-400-18LT sowie  $M = 0,28$  für EN-GJS-450-18 ab, was mit einer Änderung des  $HBV_{90\%}$  oder mit der lokalen Änderung des Spannungs-Dehnungsverhaltens zusammenhängen kann. Eine ähnliche Abhängigkeit zeigten auch Untersuchungen von [19] an dickwandigem GJS. Als Vergleich sei hier die Vorgaben des DNV [1] in Abhängigkeit der Normzugfestigkeit von  $M_{400} = 0,22$ ,  $M_{450} = 0,24$  sowie  $M_{700} = 0,33$  genannt, während die FKM-Richtlinie [20] einen konstanten Wert von  $M = 0,4$  für alle GJS-Werkstoffe annimmt.

Auch für den integralen Werkstoffzustand sowie die geschweißten Biegeproben zeigt sich kein einheitliches Verhalten in Bezug auf die Mittelspannungsempfindlichkeit. Während  $M$  für den EN-GJS-400-18LT und den EN-GJS-700-2 unter Axialbelastung leicht abfällt, wird unter Biegebeanspruchung eine

mit  $M = 0,81$  mehr als doppelt so hoher Wert für die Mittelspannungsempfindlichkeit erreicht (s. Tabelle 4). Beim EN-GJS-450-18 ist dies gegensätzlich, sodass unter Axialbelastung eine Verdopplung von  $M$  sowie unter Biegebelastung eine leichte Verringerung der Mittelspannungsempfindlichkeit zu verzeichnen ist. Weitere dehnungsbasierte Untersuchungen müssten hier zeigen, ob Änderungen der Mittelspannungsempfindlichkeit mit der lokalem Werkstoffverhalten im Bereich der Schweißung erklärbar sind.

Bezüglich der sich einstellenden Neigung im Bereich der Zeitfestigkeit ist festzustellen, dass diese durch die lokale Kerbwirkung der Schweißung beinahe über alle Untersuchungen hinweg deutlich steiler wird (s. Tabelle 4). Lediglich beim EN-GJS-450-18 liegt mit  $k = 4,9$  unter Wechselbelastung für den Grundwerkstoff ein deutlich niedrigerer Wert im Gegensatz zum geschweißten Zustand ( $k = 7,3$ ) bei gleichem Lastverhältnis vor.

### 5.4 Einfluss der Schweißung auf die Streuung

Die für den Grundwerkstoff ermittelten Streumaße liegen für alle untersuchten Werkstoffe in einem für dickwandigen GJS üblichen Bereich [18, 21, 14, 15] von  $1:1,11 < T_{\sigma} \leq 1:1,29$ . So empfehlen [18] für EN-GJS-400-15 sowie [14] für ferritische und perlitische, dickwandige GJS-Werkstoffe ein Streumaß von  $T_{\sigma} = 1:1,30$  für die Bauteilbemessung.

Im geschweißten Zustand wurde grundsätzlich ein Anstieg der Streuungen gegenüber derjenigen des Grundwerkstoffes verzeichnet, was sowohl auf den gradierten Werkstoffzustand als auch auf die teilweise vorliegenden Schweißporen zurückzuführen ist. So wurden Streumaße im Bereich  $1:1,22 < T_{\sigma} \leq 1:1,62$  für die Axial- und Biegeproben im geschweißten Zustand ermittelt. Hieraus resultierend erhöhen sich auch die Sicherheitszahlen  $j$  für die Bemessung von geschweißten Bauteilbereichen für eine Umrechnung etwa auf eine Überlebenswahrscheinlichkeit von  $P_{\bar{0}} = 97,5$  % im Falle von Windkraftbauteilen. Für eine konservative Herangehens-

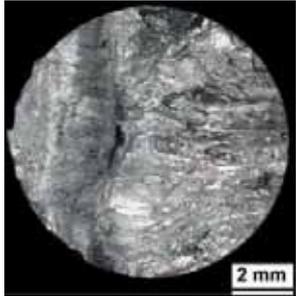
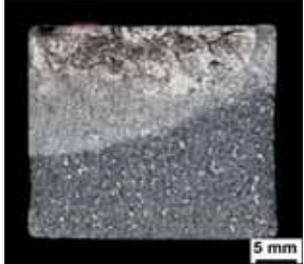
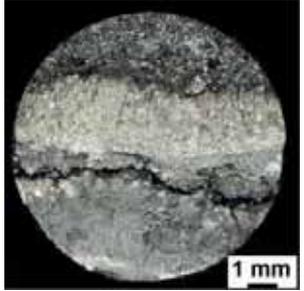
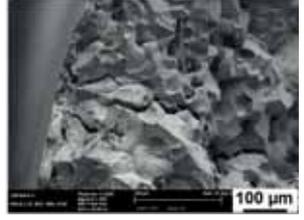
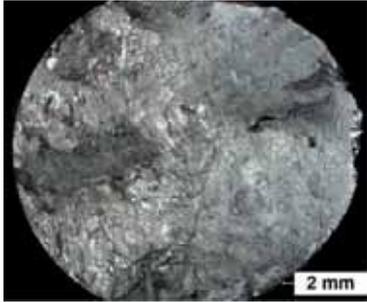
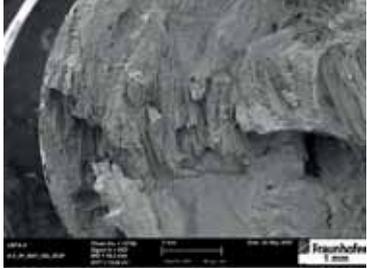
Tabelle 7: Beispiele für Bruchflächen.		
Werkstoff	Entnahmeort	
EN-GJS-400-18LT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Axialprobe (Probe II) aus Gussplatte,</li> <li>- Versagen im Schweißzusatzwerkstoff.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biegeprobe (Probe IV) aus Segment der Rotornabe (Bauteil),</li> <li>- Bruchausgang oben links im Schweißzusatzwerkstoff,</li> <li>- Riss wandert durch den Schweißzusatzwerkstoff weiter in den Grundwerkstoff.</li> </ul>	
EN-GJS-450-18	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Axialprobe (Probe II) aus Gussplatte,</li> <li>- Versagen im Übergang von Schweißzusatzwerkstoff zu Grundwerkstoff,</li> <li>- Deutlicher Riss im Übergangsbereich in der Ebene normal zur Bruchfläche zu erkennen.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Axialprobe (Probe II) aus Gussplatte,</li> <li>- Versagen im Übergang von Schweißzusatzwerkstoff zu Grundwerkstoff,</li> <li>- Transkristalliner, spröder Gewaltbruch in Übergangszone.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biegeprobe (Probe III) aus Gussplatte,</li> <li>- Bruchverlauf mitten durch Schweißzusatzwerkstoff im höchstbeanspruchten Bauteilbereich,</li> <li>- Riss läuft im Wesentlichen weiter durch den Schweißzusatzwerkstoff (40 % der Probendicke).</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biegeprobe (Probe III) aus Gussplatte,</li> <li>- Bruchausgang oben am Rande des Schweißzusatzwerkstoffes,</li> <li>- Riss läuft im Wesentlichen weiter durch den Grundwerkstoff (90 % der Probendicke).</li> </ul>	

Tabelle 7: Beispiele für Bruchflächen.		
Werkstoff	Entnahmeort	
EN-GJS-700-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Axialprobe (Probe II) aus Gussplatte,</li> <li>- Versagen im Schweißzusatzwerkstoff.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Axialprobe (Probe II) aus Gussplatte,</li> <li>- Versagen im Schweißzusatzwerkstoff,</li> <li>- Großer, sich über fast die gesamte Probe erstreckender Bereich, der nicht mit der Gegenbruchseite über Schweißzusatzwerkstoff verbunden ist.</li> </ul>	

weise bei der Bemessung entsprechender geschweißter Bereiche sollte daher ein Streumaß von  $T\sigma = 1:1,70$  angenommen werden. Damit liegt das Streumaß jedoch auf einem deutlich niedrigeren Niveau im Vergleich zu denjenigen, die für eine Bemessung von Lunkerbereichen in dickwandigem GJS herangezogen werden müssten. Hier ist nach [14] mindestens mit einem Streumaß von  $T\sigma = 1:2,30$  zu rechnen.

## 6. Metallografische und fraktografische Bewertung

Neben den Untersuchungen zum zyklischen Werkstoffverhalten wurden auch metallografische und fraktografische Untersuchungen an Axial- und Biegeproben durchgeführt. Zusammenfassend zeigt **Tabelle 5** exemplarische Aufnahmen der Mikrostruktur der Gussplatten und des Bauteils, inklusive einer Grafitanalyse nach [22]. Herauszustellen ist insbesondere ein kleinerer Anteil von Perlit beim EN-GJS-400-18LT sowie ein Anteil von Ferrit im EN-GJS-700-2. Beim EN-GJS-400-18LT ist die Nodularitätskennzahl mit 43 vergleichsweise gering, was sowohl an sehr eng beieinander und sich berührenden Grafitkugeln im Gefüge als auch an vielen langgezogenen Grafitpartikeln liegt. Die sich berührenden Grafitkugeln wurden dabei bewusst nicht getrennt.

Ergänzend zu den Schlifften zur Charakterisierung des Grundwerkstoffes wurden Schlitze und Bruchflächenaufnahmen an Proben mit Schweißungen durchgeführt, um das Schweißgut, die Wärmeübergangszone, lokale Fehlstellen sowie das Bruchverhalten besser beschreiben zu können (**Tabelle 6**). Hierbei zeigen sich in allen Werkstoffen lokal kleinere Poren im Schweißzusatzwerkstoff, wie dies bereits die Durchstrahlungsergebnisse erwarten ließen. Ebenso unabhängig vom Werkstoff ist das lokale Auftreten von Anrissen bzw. Bindefehlern im Übergangsbereich von Schweißzusatzwerkstoff zu Grundwerkstoff, die auf eine ungenügende Durchschweißung oder Spannungen aufgrund des Schweißprozesses zurückzuführen sind. Beim EN-GJS-400-18LT zeigt sich zudem im Übergangsbereich von Schweißzusatzwerkstoff zu Grundwerkstoff starke Karbidbildung sowie Grenzschichten aus Perlit und härteren Phasen. Unabhängig vom Schweißzusatz- sowie Grundwerkstoff trat bei den meisten Proben ein Versagen im Übergangsbereich

zwischen Schweißzusatzwerkstoff und Grundwerkstoff auf (**Tabelle 7**). Aber auch Proben mit einem reinen Versagen im Schweißzusatzwerkstoff waren zu verzeichnen, das auf fehlende Verbindungen innerhalb des Schweißzusatzwerkstoffes bzw. auf Bindefehlern oder sogar das Auftreten von Poren zurückzuführen ist. Teilweise lagen auch rissartige Strukturen im Schweißzusatzwerkstoff vor, die ein Versagen begünstigen, wie dies **Tabelle 7** an einer Probe am EN-GJS-450-18 zeigt. Wie etwa bei den Biegeproben (Probe III und IV), startete das Versagen in aller Regel mit einem Riss im Übergangsbereich von Schweißzusatzwerkstoff zu Grundwerkstoff, der weiter durch den Grundwerkstoff verlief und dort nicht mehr gestoppt werden konnte. Der Übergangsbereich ist damit als wesentlicher Ausgangsort für das Versagen der Schwingproben zu identifizieren.

## 7. Schlussfolgerungen und Ausblick

Die vorgestellten Untersuchungen und Ergebnisse vermitteln einen Eindruck zur zyklischen Beanspruchbarkeit von geschweißtem, dickwandigem Gusseisen mit Kugelgrafit. Hierbei wurde bewusst auf realitätsnahe Schweißbrandbedingungen zurückgegriffen, um eine Anwendbarkeit in nahezu jeder Umgebung sicherstellen zu können. Die Untersuchungen zeigen, dass für jeden Grundwerkstoff mit einer deutlichen Reduktion der Schwingfestigkeit zu rechnen ist, die insbesondere beim EN-GJS-450-18 Werte unter Zugschwell- und Wechselbelastung von bis zu 75 % erreicht. Dieser Werkstoff zeigte viele lokale, kleine Risse im Übergangsbereich und ist mit den gewählten Schweißbrandbedingungen wenig schweißgeeignet. Für den EN-GJS-400-18LT und den EN-GJS-700-2 beträgt die zyklische Beanspruchbarkeit unter reiner Axialbelastung immerhin noch 65 % und mehr bei vorhandener Schweißung. Bei überlagertem Spannungsgradienten, wie im Falle der Biegeproben, ist dann aber mit einer Reduktion der Beanspruchbarkeit von 60 % auch für den ferritischen EN-GJS-400-18LT zu rechnen. Anwendungs- und beanspruchungsabhängig kann mit den hier ermittelten Kennwerten entschieden werden, ob eine Schweißung zu Reparaturzwecken umsetzbar ist und die notwendige Mindestfestigkeit erreicht werden kann.

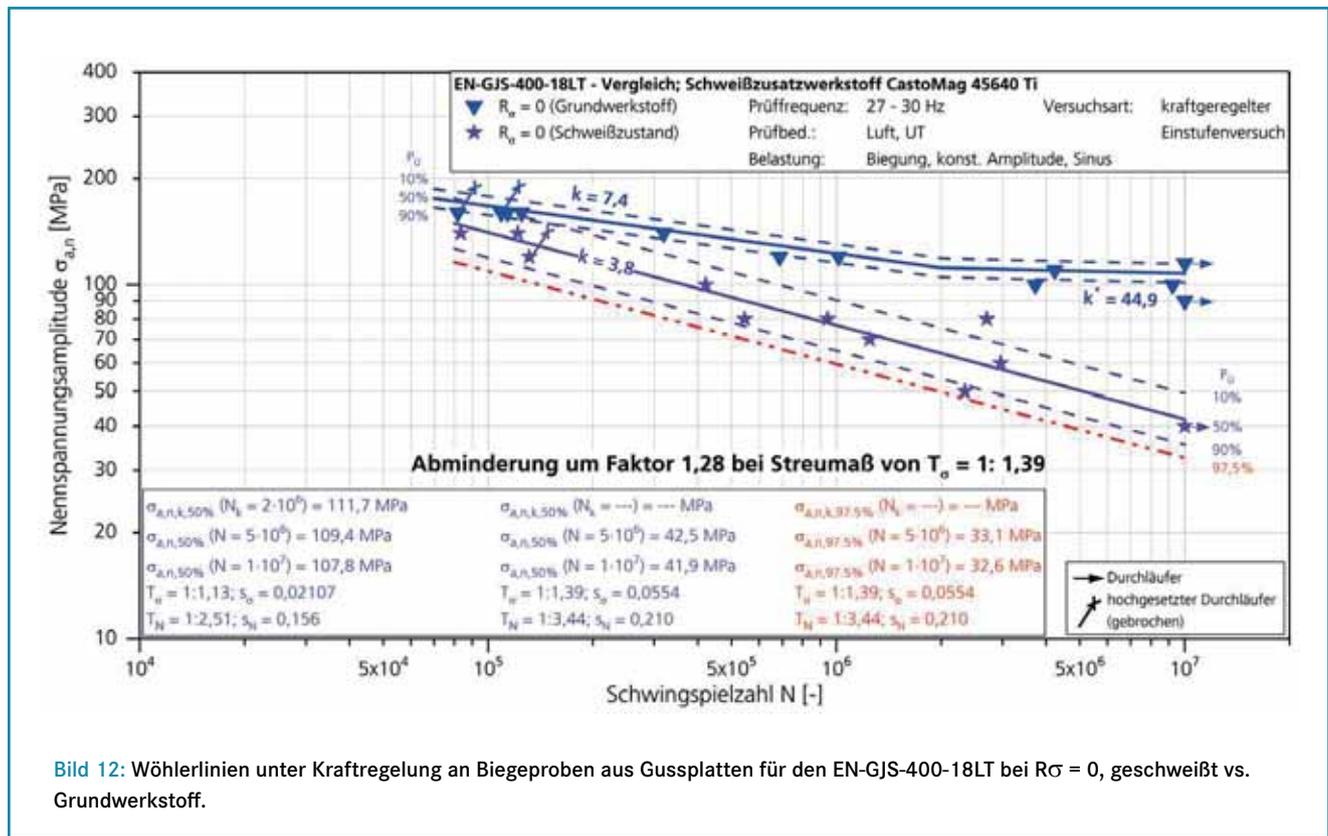


Bild 12: Wöhlerlinien unter Kraftregelung an Biegeproben aus Gussplatten für den EN-GJS-400-18LT bei  $R_{\sigma} = 0$ , geschweißt vs. Grundwerkstoff.

Diese Untersuchungen bilden einen Startpunkt, der eine grundsätzliche Einschätzung aller Implikationen des Schweißens von dickwandigem GJS auf die Schwingfestigkeit und Lebensdauer dickwandiger Bauteile ermöglicht. Neben der Vermeidung kleinerer Poren im Schweißzusatzwerkstoff und lokalen Anrissen im Übergangsbereich zwischen Grundwerkstoff und Schweißzusatzwerkstoff ist der Bewertung der Überlagerung unterschiedlicher Schweiß- bzw. Ungänzengeometrien mit lokalen Spannungsgradienten in zukünftigen Untersuchungen weitere Beachtung zu schenken. Dies konnte im Rahmen der im Projekt „nodularWELD“ durchgeführten Untersuchungen nur in Ansätzen geschehen.

[www.lbf.fraunhofer.de](http://www.lbf.fraunhofer.de)

Dr.-Ing. Christoph Bleicher, Dr.-Ing. Steffen Schönborn, Jan Niewiadomski, M.Sc.; Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt.

Kontakt: christoph.bleicher@lbf.fraunhofer.de

Gefördert durch:

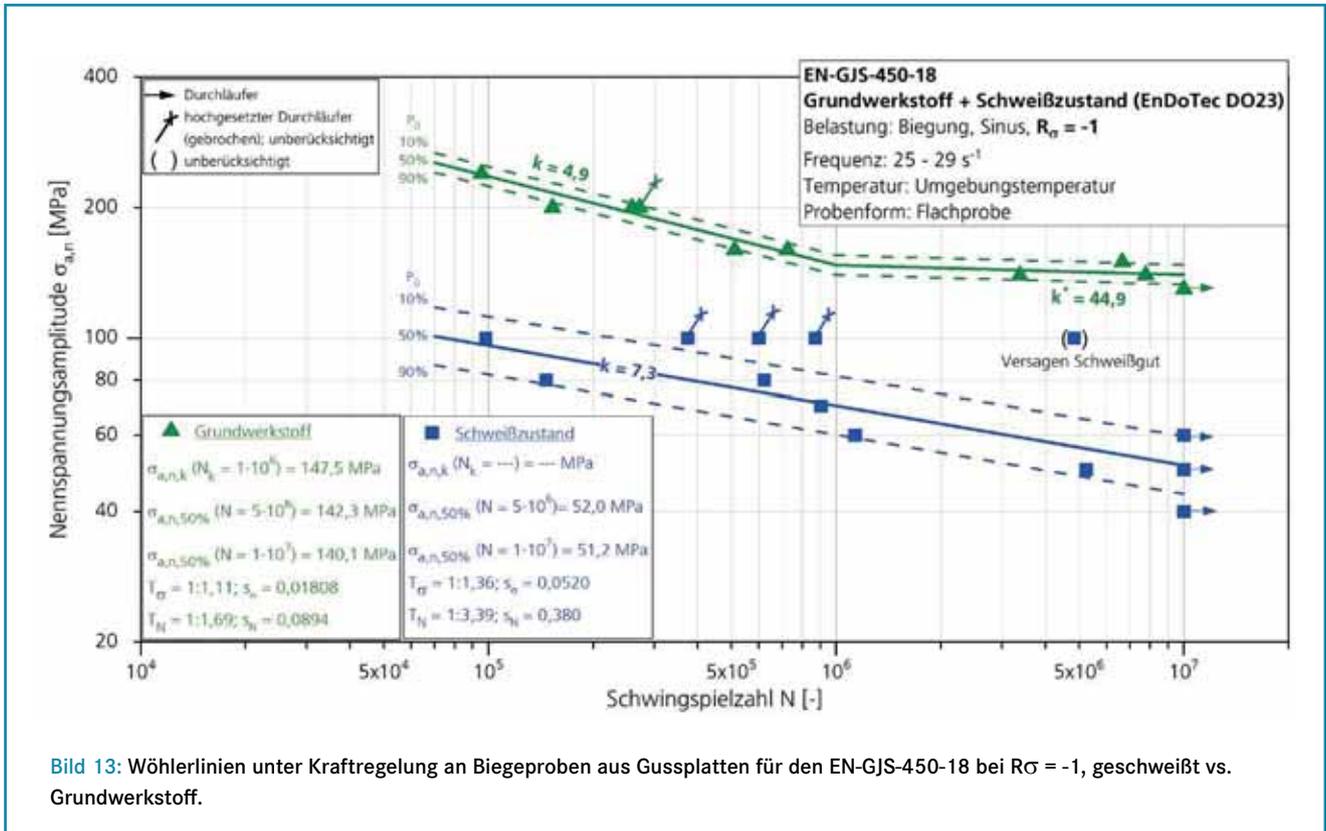


aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

An dieser Stelle sei dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz für die Förderung des Forschungsprojekts „nodularWELD“ (Förderkennzeichen 020E-100499573 und 0324273A) gedankt. Ein Dank geht ebenso an die beteiligten Projektpartner, die durch ihre Teilnahme und tatkräftige Unterstützung zum Erfolg des Projektes beitragen.

**Literatur:**

- [1] DNV (2016). "Machinery for wind turbines, DNVGL-ST-0361", DNV AS, September.
- [2] Schönborn, S.: Vorhaben „nodularWELD“ (Förderkennzeichen: 0324273A), Schlussbericht - Teilvorhaben Fraunhofer LBF - Ermittlung der lokalen, zyklischen Beanspruchbarkeit reparaturgeschweißter GJS-Bauteile, Juni 2023, Fraunhofer LBF.
- [3] VS - German Welding Society: „Bruchmechanische Bewertung von Fehlern in Schweißverbindungen Merkblatt DVS 2401“, DVS technical books, volume 101, ISBN: 978-3-87155-213-7, 2004.
- [4] Baer, W (1993). „Bruchmechanische Bewertung ferritischer Gusseisenwerkstoffe sowie artgleicher Schweißverbindungen bei statischer Beanspruchung“ TU Bergakademie Freiberg, Dissertation, 1993.
- [5] VDMA Guideline, 2013. 23902:2014-07 - Leitlinie für den bruchmechanischen Nachweis von Planetenträgern aus EN-GJS-700-2 für Getriebe von Windenergieanlagen. Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Mechanical and Plant Engineering
- [6] International Nickel, 1969. Schweißen von Sphäroguss, 1th edition, 36 pages, Germany, Düsseldorf.
- [7] Giesserei 69 (1982), [Nr. 5], S. 125 - 127.
- [8] Konstruieren + Giessen 22 (1997), [Nr. 4], p. 9 - 14.
- [9] Holdstock, R., Alizadehshamsabadi, M., 2023. Repair welding of spheroidal grafitite cast iron, Proceedings of the 2nd Congress for Intelligent Combining of Design, Casting, Computer Simulation, Checking and Cyclic Behaviour for Efficient Cast Components, InCeight Casting 2023, 6. - 8. März, Darmstadt, ISBN 978-3-8396-1892-9, S. 59 - 66.
- [10] Bleicher, C, Schönborn, S, Kaufmann, H.: A comparison of the fatigue strength of repair welded nodular cast iron materials for thick-walled applications, Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference, 33rd International Ocean and Polar Engineering Conference, ISOPE, Shanghai, 18.



– 23. Juni 2023, S. 3098 – 3105, *Offshore and Polar Engineers (ISOPE)*, ISBN 978-1-880653-80-7; ISSN 1098-6189.

[11] Spindel, J. E., Haibach, E., 1979. *The method of maximum likelihood applied to the statistical analysis of fatigue data including run-outs*, S.E.E. International Conference, University of Warwick, Coventry, 3rd to 6th April, 7.1 – 7.23.

[12] *Materials Testing* 63 (2021), [Nr. 8], S. 714-720.

[13] Schütz, W., 1967. *Über eine Beziehung zwischen der Lebensdauer bei konstanter und veränderlicher Beanspruchungsamplitude und ihre Anwendbarkeit auf die Bemessung von Flugzeugbauteilen*. Dissertation, Technische Hochschule München, 1965 und *Zeitung für Flugwissenschaften*, 15, Nr. 11, p. 407 – 419

[14] C. Bleicher: *Ein Beitrag zur Beurteilung der Schwingfestigkeit von Gusseisen mit Kugelgrafit mit besonderer Berücksichtigung der Auswirkungen von Lunkern auf die Bauteillebensdauer*, Dissertation, Technische Universität Darmstadt, Fraunhofer LBF, Darmstadt, LBF-Bericht FB-246, 2016, ISBN 978-3-8396-1048-0.

[15] Schönborn, S., 2020. *SWL Eisenguss – Ableitung von synthetischen Wöhlerlinien für Eisengusswerkstoffe*, Final report, IGF project 16257 BG, FVG, p. 182.

[16] Kuguel, R.: *A Relation between theoretical stress concentration factor and fatigue notch factor deduced from the concept of highly stressed volume*. *ASTM Proceedings*, 1961.

[17] Kloos, K.-H.: *Einfluss des Oberflächenzustandes und der Probengröße auf die Schwingfestigkeitseigenschaften*, VDI-Berichte, 268, Darmstadt, VDI, 63-76, 1976.

[18] Kaufmann, H.: *Zur schwingfesten Bemessung dickwandiger Bauteile aus GGG-40 unter Berücksichtigung gießtechnisch bedingter Gefügeengängen*. Fraunhofer LBF, Darmstadt, LBF report No. FB-214, 1998.

[19] Niewiadomski J., Bleicher C., Kaufmann H.: *Influence of the chill casting process on the cyclic material behavior of nodular cast iron*, *Proceedings of the 31st International Offshore and*

*Polar Engineering Conference, ISOPE, 20th – 25th June 2021*, S. 2404 – 2411

[20] *FKM-Richtlinie – Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile aus Stahl, Eisen-guss- und Aluminiumwerkstoffen*, 7. Auflage, Forschungskuratorium Maschinenbau (FKM), Frankfurt am Main, 2020.

[21] *Materials Testing* 57 (2015), [Nr. 9], S. 723- 731.

[22] DIN 945, (2010). *“DIN EN ISO 945: Gußeisen – Bestimmung der Mikrostruktur von Grafit,” Normenausschuss Gießereiwesen (GINA) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin.*

[23] Bleicher, C.; Schönborn, S.: *Bewertung des Einflusses von Reparaturschweißungen auf das zyklische Werkstoffverhalten von dickwandigem Gusseisen mit Kugelgrafit*, Konferenzbeitrag und Veröffentlichung *Tagung Werkstoffprüfung 2022*, 27. und 28. Oktober 2022, Dresden, *Werkstoffe und Bauteile auf dem Prüfstand – Prüftechnik – Kennwertermittlung – Schadensvermeidung*, ISBN 978-3-88355-430-3.

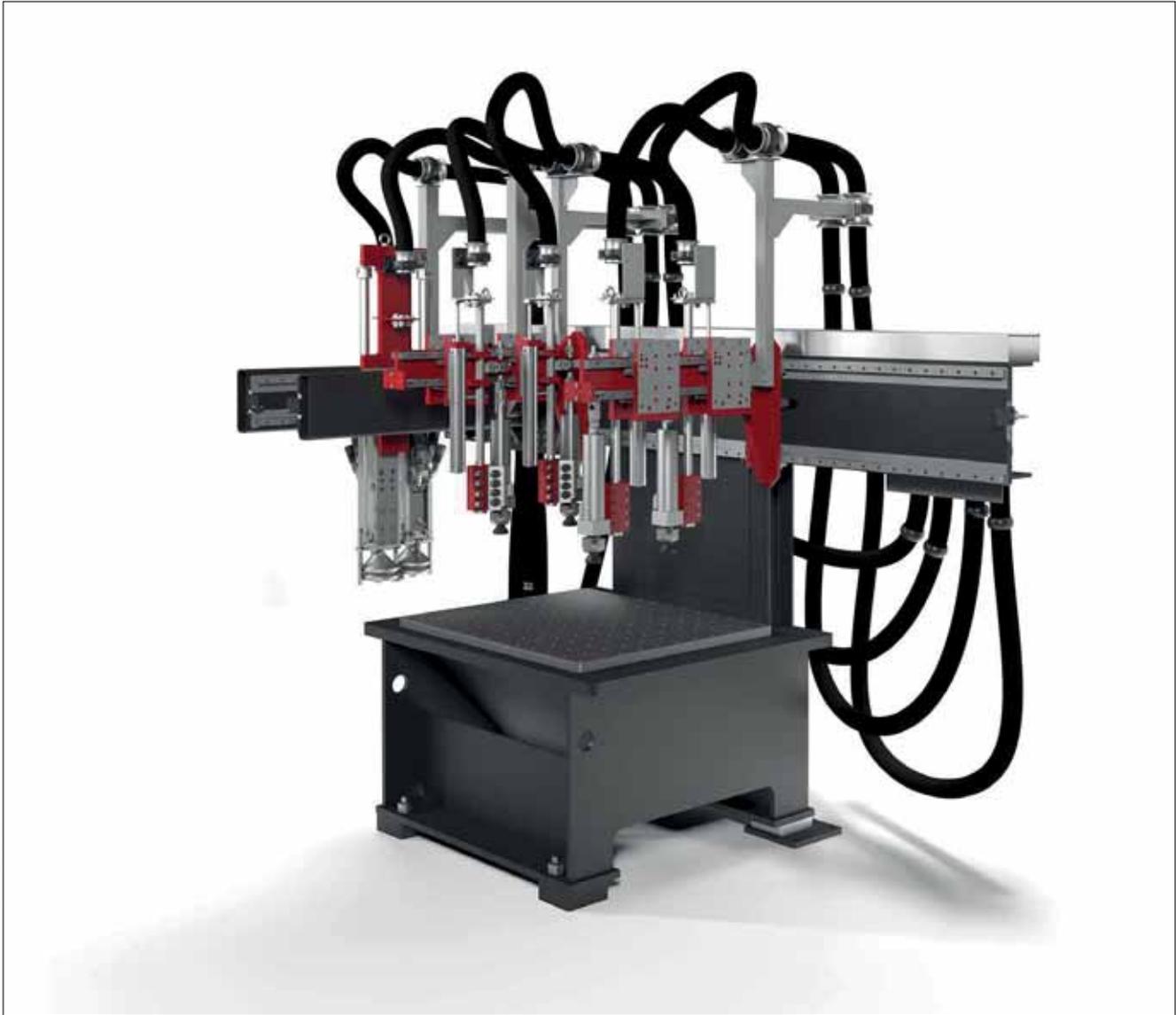
[24] Bleicher, C.; Schönborn, S.; Kaufmann, H.: *An investigation on the fatigue strength of repair welded nodular cast iron for heavy sections*, *Procedia Structural Integrity*, Volume 47, 2023, p. 478-487, ISSN 2452-3216, <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2023.07.076>.



**AAGM Aalener**  
**Gießereimaschinen GmbH**

Gewerbehof 28 · D-73441 Bopfingen  
 Tel. + 49 (0) 73 62 / 95 60 37-0  
 Fax. + 49 (0) 73 62 / 95 60 37-10  
 E-Mail: info@aagm.de · Web: www.aagm.de

GIessereianlagen



Der tatsächliche Einfluss des Entkernprozesses auf das Gussstück ist noch wenig erfasst.

Modellierung von Entkernungswerkzeugen

## Gekoppelte Mehrkörpersimulation und Finite-Elemente-Analyse zur Kernbruchvorhersage

Das Entkernen ist ein wesentlicher Teil der Gießprozesskette, der die Qualität und die Kosten der Produktion bestimmt. Die hier vorgestellte Studie versucht, die Zuverlässigkeit des Entkernungsprozesses über empirisches Wissen und Testungen hinaus zu erweitern. Die gekoppelte Mehrkörpersystem- und Finite-Elemente-Modellierungstechnik wird eingesetzt, um die nichtlineare Dynamik des Prozesses zu erfassen und die Prozessparameter zwecks Optimierung qualitativ zu bewerten.

## 1. Einführung

Da zunehmende Umweltbedenken und Emissionsvorschriften die Wahl von anorganischen gegenüber organischen Bindemitteln begünstigen, müssen deren besondere Entkernungseigenschaften in der Produktion berücksichtigt werden. Die spezifischen Material- und Entkernungseigenschaften von anorganischen Bindemitteln werden in der Literatur umfassend behandelt [1]. Es werden grundlegende Eigenschaften von Sandkernen mit verbesserten Entkernungseigenschaften beschrieben. Dabei werden Intensität und Häufigkeit der Stoßbelastung angegeben, um die Materialentfernungsrates zu erhöhen [2], eine sorgfältige Untersuchung der Wechselwirkung zwischen Hammer und Gussstück findet sich in dieser Studie nicht.

Sandkerne werden beim sogenannten Ausschlagen oder Entkernen durch mechanische Einwirkung auf das Gussstück entfernt. Die Stoßbelastungen können das Gussstück beschädigen, seine bestimmungsgemäße Verwendung gefährden oder das Ziel einer erfolgreichen Entfernung der Sandkerne verfehlen. Die Charakterisierung von Entkernungsvorrichtungen ist entscheidend, um das Wissen über den Prozess zu erweitern. Ziel der hier beschriebenen Arbeit war es, die dynamischen Belastungen während des Entkernungsprozesses unter Verwendung einer gekoppelten Mehrkörpersystem-(MKS) und Finite-Elemente-Modellierungstechnik (FEM) zu untersuchen. Die dynamischen Kräfte während des Prozesses werden simuliert und mit dem Experiment verglichen. Zur Durchführung der Experimente wird eine industrielle Entkernungsmaschine der Fill Gesellschaft mbH eingesetzt, die mit einem Laser-Doppler-Vibrometer (LDV) ausgestattet ist. Die vorgestellte Technik bestimmt die Eigenschaften des Hammers. Die zeitlich variierende Aufprallenergie und die von der Technik erfassten Prozesseigenschaften können zur Bewertung der Belastung des Gussteils herangezogen werden und bieten zusätzliche Möglichkeiten zur Bestimmung des Entkernungserfolgs.

## 2. Materialien und Methoden

Zunächst wird ein hohles Aluminiumprofil mit einem Sandkern in Form eines Biegebalkens gegossen (Bild 1, Tabelle 1). Dies ermöglicht eine einfache Messung und bietet eine direkte Vergleichsmöglichkeit mit vorhandenen Forschungsdaten. Das Herstellungsverfahren und die Materialien wurden von Ettemeyer ausführlich erörtert [2]. Das dort beschriebene Exemplar D stellt

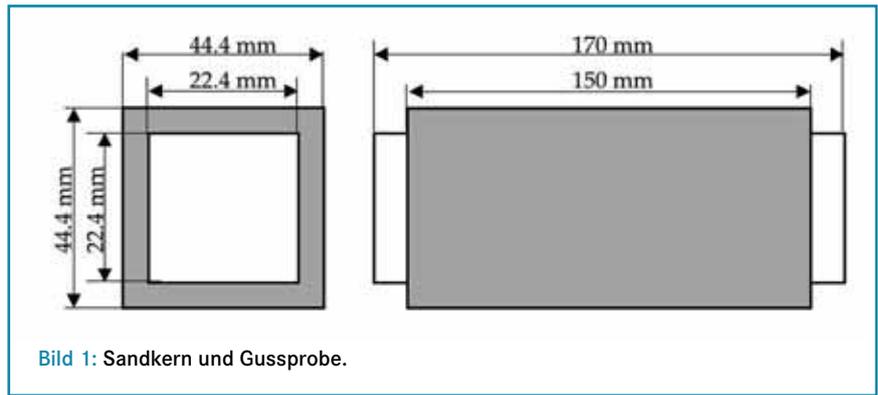


Bild 1: Sandkern und Gussprobe.

Tabelle 1: Materialparameter FEM.

Parameter	Material	Dichte in kg/m <sup>3</sup>	Elastizitätsmodul in MPa	Poissonzahl
Struktur	Stahl	7829	206,940	0,288
Dämpfer	Polyurethan	1230	22	0,45

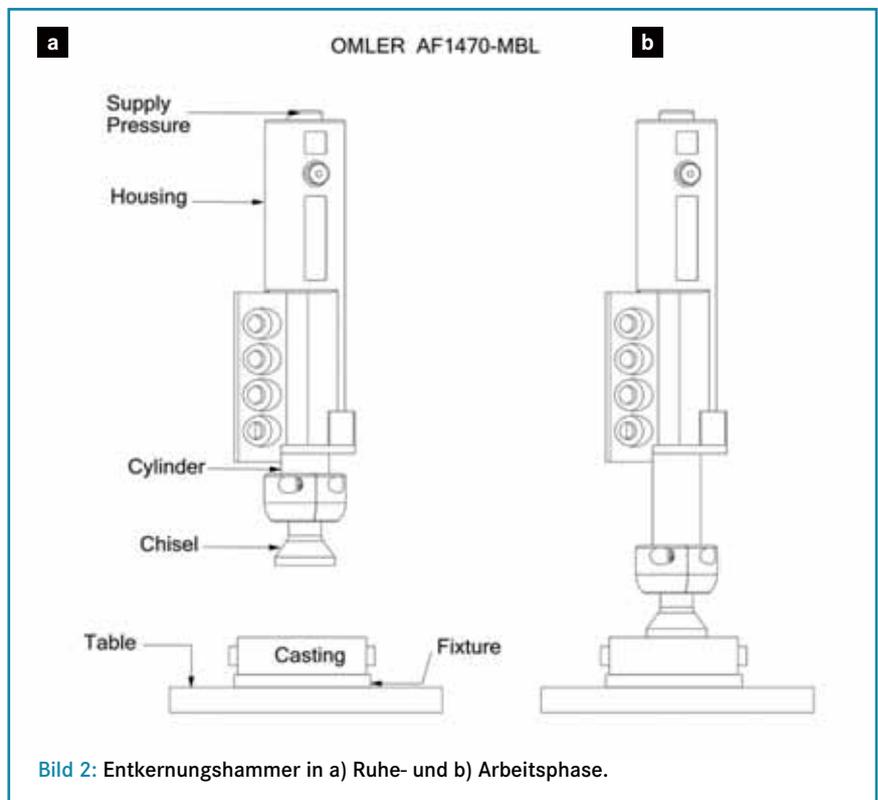
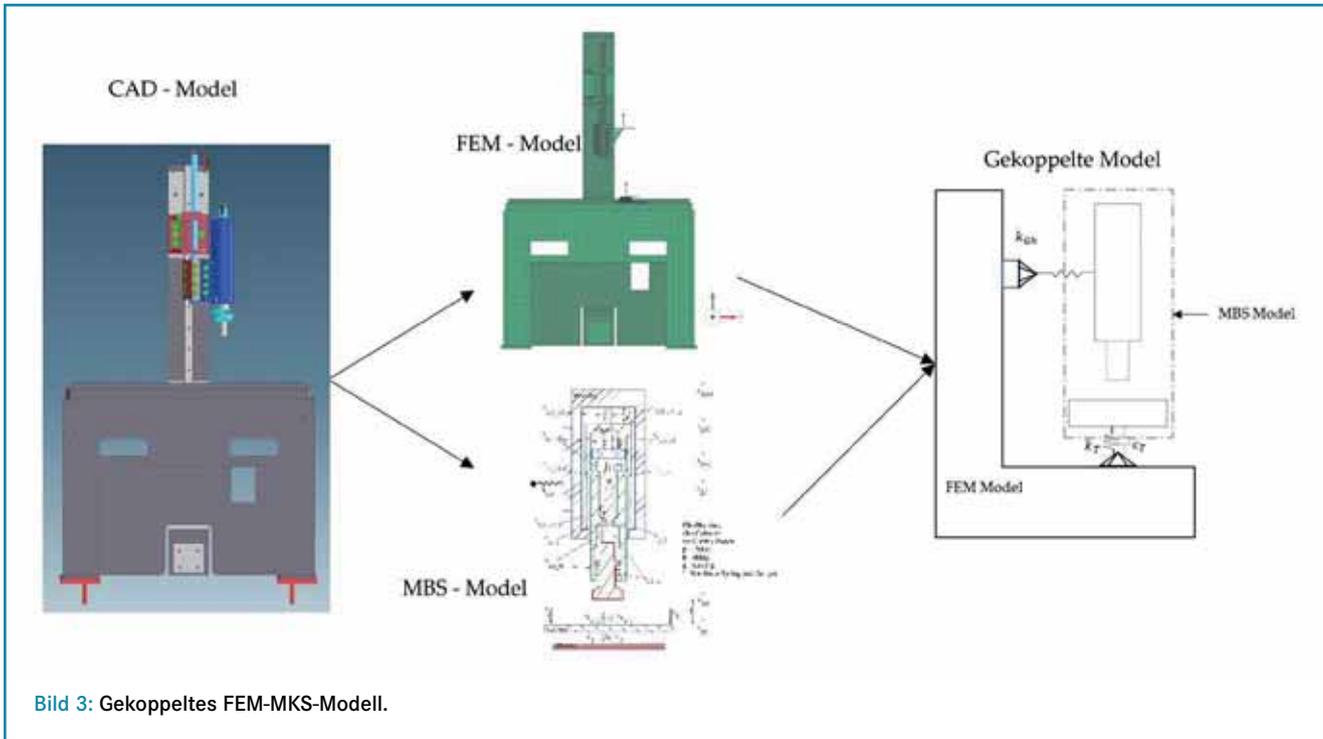


Bild 2: Entkernungshammer in a) Ruhe- und b) Arbeitsphase.

die Grundlage für die in dieser Arbeit untersuchten Muster dar. Das Sandkernmuster hat eine Abmessung von 22,4x22,4x170 mm, hergestellt aus Quarzsand H32, gebunden mit 1,9 % HA-Cordis-Modellbinder (Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH, Düsseldorf). Alle Muster werden mit einer Aluminiumlegierung AlSi7Mg bei 750 °C gegossen.

Eine industrielle Entkernungsmaschine der Fill GmbH, bestückt mit einem einzelnen OMLER AF1470-MBL Pneumatikhammer, dient zur Erprobung und Validierung: Der Pneumatikhammer verfügt über ein zweistufiges Arbeitssystem (Bild 2). Der Zylinder, der ein Schieberventil und einen inneren Kolben umfasst, ist mit einem Meißel bestückt. Der Zylinder ist mit Federn im Gehäuse aufgehängt und fährt aus. Das Gussstück wird unter Wahrung eines gewissen Abstands unter dem Hammer



**Tabelle 2: MKS-Modellparameter.**

Masse (in kg)		Steifigkeit (in N/m)		Dämpfung (in Ns/m)	
$m_{Gh}$	1	$k_{Gh}$	$1 \times 10^{10}$	$c_{Gh\_cb\_u}$	1,633
$m_{cb}$	6,5	$k_{Gh\_cb\_u}$	$1,633 \times 10^4$	$c_{Gh\_cb\_l}$	0,1633
$m_{sv}$	$74 \times 10^{-3}$	$k_{Gh\_cb\_l}$	$1,633 \times 10^3$	$c_{sv\_cb}$	1650
$m_p$	0,4546	$k_{sv\_cb}$	$1,0121 \times 10^7$	$c_{p\_cb}$	2000
$m_h$	1,8157	$k_{p\_cb}$	$2 \times 10^7$	$c_{p\_h}$	1500
$m_g$	0,517	$k_{p\_h}$	$5,971 \times 10^8$	$c_{cb\_h}$	1052
		$k_{cb\_h}$	$6,06 \times 10^8$	$c_T$	4000
		$k_T$	$3 \times 10^7$	$c_{h\_g}$	500
		$k_{h\_g}$	$2,95 \times 10^8$		

platziert. Beim Zuführen von Druckluft zum Hammer fährt der Zylinder aus, bis der Meißel das Gussteil berührt. Die obere Zylinderkammer bleibt während des Ausschlagens unter Druck, wodurch der Meißel gegen das Gussteil gedrückt wird. Die innere Kolbenkammer wird mit Druck beaufschlagt, um den Perkussions-Mechanismus in Gang zu setzen. Der Hammer ist aus Stabilitätsgründen an einer Maschinenstation befestigt und das Gussteil auf dem Maschinentisch fixiert.

Aufgrund der intensiven Stoßwellen während des Prozesses sind kontaktlose Messtechniken zuverlässiger und aussagekräftiger. Ein Laser-Doppler-Vibrometer (LDV) in Kombination mit einem Oszilloskop zeigt die dynamische Echtzeitmessung an. Eine reflektierende Folie wird auf die Messfläche geklebt, um die Intensität des reflektierten Laserstrahls zu erhöhen. Der Laserkopf ist senkrecht zur Messfläche ausgerichtet. Jeder Punkt wird während des Prozesses separat gemessen, da während der Messung nur ein Einpunkt-Laserpointer zur Verfügung stand. Alle Messungen werden mit dem Laser-Doppler-Vibrometer Polytech-CLV-2534 durchgeführt.

Die Modalanalyse ist ein leistungsfähiges Werkzeug zur Untersuchung der dynamischen Eigenschaften eines Systems. Dabei werden relevante Messpunkte durch eine Eingangskraft (Input Force) angeregt und die Reaktion (Response) gemessen. Die Messung der Prozessdynamik erfolgt während des

Hammerbetriebs unter einer Druckversorgung von 5 bar, während der Meißel zunächst 85 mm über dem Gussteil positioniert ist. Die gemessenen Signale werden dann im Zeit- und Frequenzbereich mit der Fast-Fourier-Transformation-Technik nachbearbeitet.

### 3. Numerische Modellierung

Die Maschinenkonstruktion mit dem Hammer wird nach der FEM-Methode substrukturiert und der Hammer mit der MKS-Methode modelliert. FEM- und MKS-Modell werden mithilfe von flexiblen Körperkopplungsmethoden gekoppelt (Bild 3). Die Maschinenkonstruktion wird durch Schrauben vereinfacht und als geklebte Oberfläche zur Befestigung der Komponenten modelliert. Die Knotenpunkte, die Hammer und Gussteil mit der Maschine verbinden, markieren die Schnittstellenknoten. Der Hammer wird als Massenpunkt mit RBE-2-Elementen (bestimmter Starrkörpertyp) modelliert.

Der modale Dämpfungsansatz wird verwendet (Tabelle 2), um das Dämpfungsverhalten des Systems grob zu erfassen. Die Dämpfungsmatrix wird modelliert als  $d = 2\xi * m_{ss} * \xi$  diagonal ( $\Omega_1, \dots, \Omega_s$ ), wobei  $\xi$  das an die experimentelle Modalanalyse angepasste Dämpfungsverhältnis ist. Die Struktur wird mithilfe der FEM (Finite-Elemente-Methode) vor der Kopplung

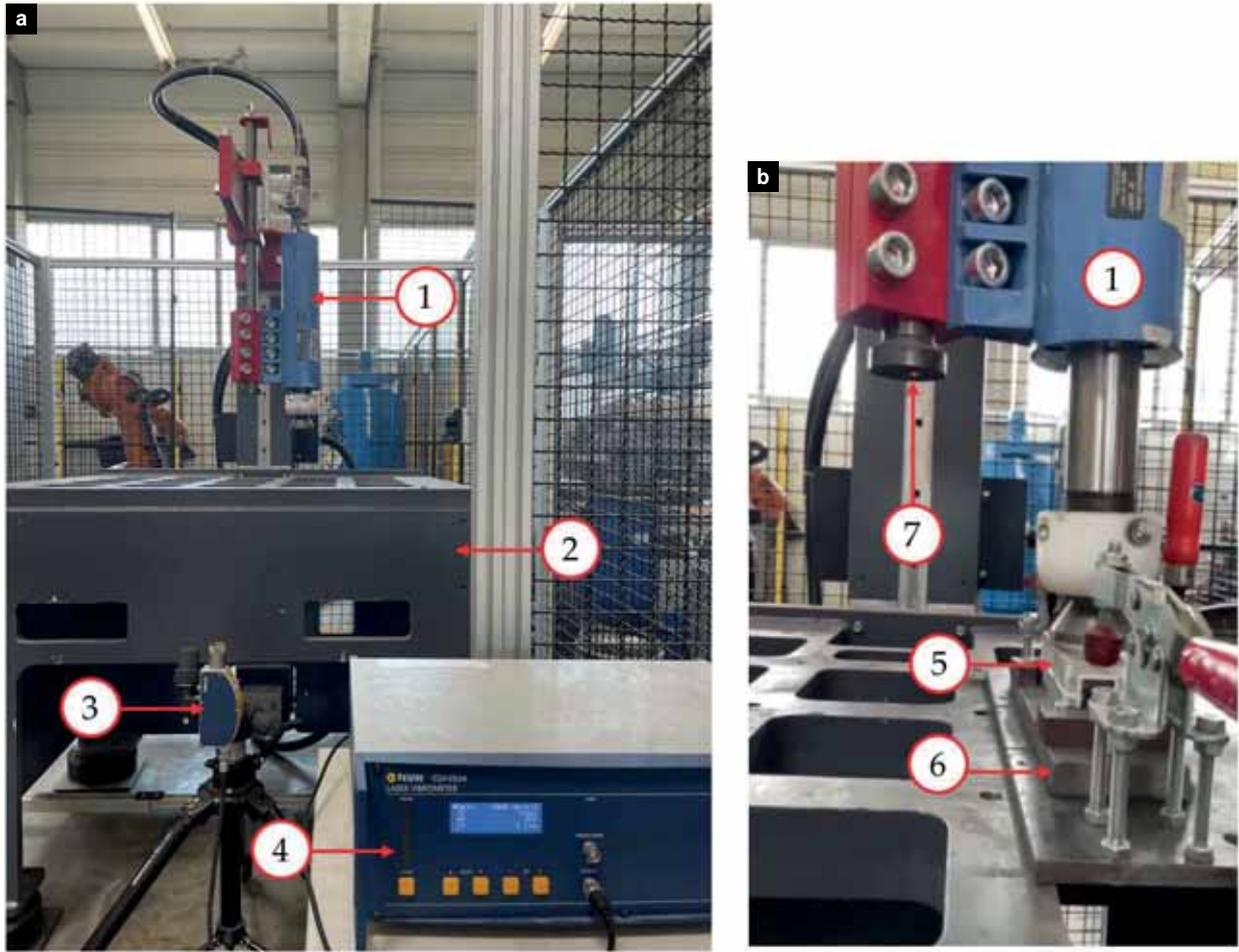


Bild 4: a) Entkernungsmaschine mit Einzelhammer und Messeinheit; b) Messung der Hammerarmschwingung.

mittels der Festgelegten Schnittstellenmodus-Technik (fixed interface mode technique) reduziert (CMS, coupled mode structure) [3]. Die lokale Steifigkeit an der Schnittstelle wird bei der Reduzierung genau berücksichtigt. Die allgemeine Form der reduzierten Modalmatrizen für die Teilmenge der relevanten DOF (degrees of freedom, Freiheitsgrade) ist wie folgt definiert:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_s \\ \ddot{x}_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0_{ss} & I_{ss} \\ -m_{ss}^{-1}k_{ss} & -m_{ss}^{-1}d_{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_s \\ \dot{x}_s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0_{si} \\ m_{ss}^{-1}\Phi_{zs}^T T_{fz}^T R_{if}^T \end{bmatrix} F_i \quad (1)$$

und

$$\begin{bmatrix} y_j \\ \dot{y}_j \\ \ddot{y}_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{jf} T_{fz} \Phi_{zs} & 0_{js} \\ 0_{js} & S_{jf} T_{fz} \Phi_{zs} \\ -S_{jf} T_{fz} \Phi_{zs} m_{ss}^{-1} k_{ss} & -S_{jf} T_{fz} \Phi_{zs} m_{ss}^{-1} d_{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_s \\ \dot{x}_s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0_{js} \\ 0_{js} \\ S_{jf} T_{fz} \Phi_{zs} m_{ss}^{-1} \Phi_{zs}^T T_{fz}^T R_{if}^T \end{bmatrix} F_i \quad (2)$$

Eine vereinfachte Form der obigen Gleichungen stellt sich wie folgt dar:

$$\dot{X}_{2s}^m = A^m X_{2s}^m + B^m F_i^m \quad (3)$$

und

$$Y_{3j}^m = C^m X_{2s}^m + D^m F_i^m \quad (4)$$

Der Entkernungshammer wird pneumatisch angetrieben, weshalb sich die Hammerkraft direkt proportional zum zugeführten Luftdruck verhält. Der Hammer wird als Massenpunktsystem modelliert, das über Feder und Dämpfer verbunden ist. Die Kontakt-Nichtlinearitäten werden mithilfe eines nichtlinearen Feder- und Dämpfersystems formuliert. Das Gussteil wird als Massenpunkt mit nichtlinearer Feder und Dämpfung modelliert. Die Steifigkeit der einzelnen Komponenten wird mithilfe der Trägheitsentlastungsmethode im Rahmen der FEM ermittelt. Die pneumatische Kraft und die Reibungskraft ergeben sich wie folgt:

$$F = P A + F^{c-f} \quad (5)$$

mit

$$F^{c-f} = -f^c + f^d H \quad (6)$$

und

$$H = \begin{cases} u^1 & \text{if } \dot{x}(t) \leq 0 \\ u^2 & \text{if } \dot{x}(t) > 0 \end{cases} \quad (7)$$

Die dynamischen Zustandsvariablen für das MKS-Modell in seiner verallgemeinerten Form ergeben sich entsprechend:

$$\dot{X}_{2v}^h = A_{2v \times 2v}^h X_{2v}^h + B_{2v \times v}^h F_v^m \quad (8)$$

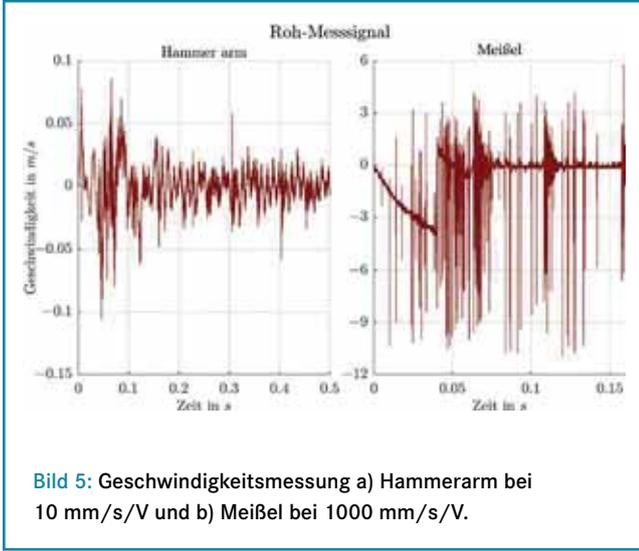


Bild 5: Geschwindigkeitsmessung a) Hammerarm bei 10 mm/s/V und b) Meißel bei 1000 mm/s/V.

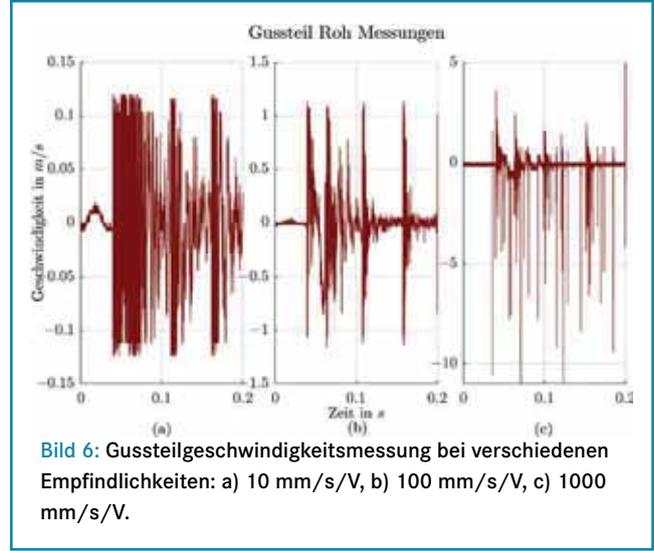


Bild 6: Gussteilgeschwindigkeitsmessung bei verschiedenen Empfindlichkeiten: a) 10 mm/s/V, b) 100 mm/s/V, c) 1000 mm/s/V.

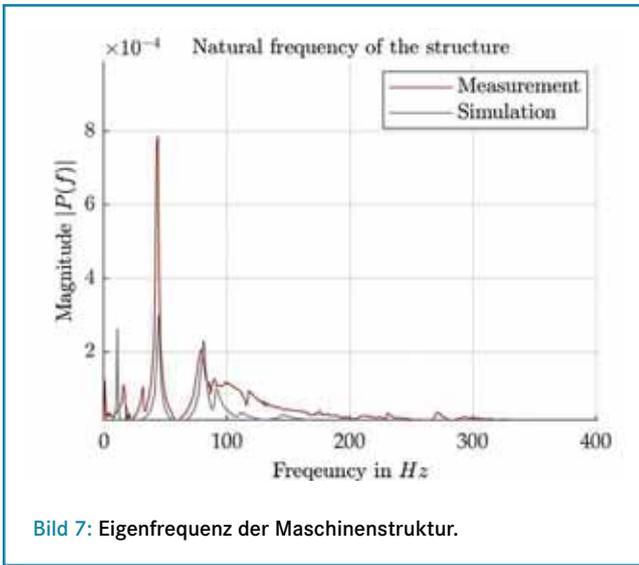


Bild 7: Eigenfrequenz der Maschinenstruktur.

$$Y_{2v}^h = C_{2v \times 2v}^h X_{2v}^h + 0 \quad (9)$$

Umwandlungsmatrix  $C^h$  ist eine quadratische Einheits-, und  $B^h$  ist eine Boolesche Matrix. Die Ergebnisse werden durch die Eingaben nicht beeinflusst, daher ist die E-Matrix gleich null. Die Druckableitungen sind in der Arbeit von [4] detailliert beschrieben und wie folgt bezeichnet

$$\dot{P} = \frac{RT}{V_0} (\alpha_{in} \dot{m}_{in} - \alpha_{out} \dot{m}_{out}) + \frac{\alpha PA \dot{x}(t)}{(V_0 \pm Ax(t))} \quad (10)$$

Das MKS-Modell des Hammers und das FEM-Modell der Struktur werden unter Verwendung einer linearen Feder mit hoher Steifigkeit gekoppelt. Die Kraft, die zwischen dem MKS- und FEM-Modell durch die Feder und den Dämpfer übertragen wird, ergibt sich aus:

$$f_{node1} = k_{Gh} [-x_{node1} + x_{Gh}] \quad (11)$$

und

$$f_{node2} = k_T [-x_{node2} + x_g] + d_T [-\dot{x}_{node2} + \dot{x}_g] \quad (12)$$

wobei man beim Umschreiben der obigen Gleichung mithilfe von Zustandsvariablen und Umwandeln mithilfe der C-Matrix Folgendes erhält:

$$f_{node1} = -f_{Gh} = k_{Gh} \begin{bmatrix} -C1^{n1} & C2^{gh} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^m \\ X^h \end{bmatrix} \quad (11a)$$

und

$$f_{node2} = -f_T = \begin{bmatrix} k_T & d_T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -C1^{n2} & C2^{g} \\ -C1^{\bar{n}2} & C2^{\bar{g}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^m \\ X^h \end{bmatrix} \quad (12a)$$

Der Zeilenvektor  $C1 \subseteq C_{3j \times 2s}^m$  wird durch die folgenden Gleichungen bestimmt:

$$C1_{1 \times 2s}^{n1} = [C_{(n1,1)}^m, C_{(n1,2)}^m, \dots, C_{(n1,2s)}^m] \quad (11b)$$

und

$$C1_{1 \times 2s}^{n2} = [C_{(n2,1)}^m, C_{(n2,2)}^m, \dots, C_{(n2,2s)}^m] \quad (12b)$$

$$C1_{1 \times 2s}^{\bar{n}2} = [C_{(j+n2,1)}^m, C_{(j+n2,2)}^m, \dots, C_{(j+n2,2s)}^m]$$

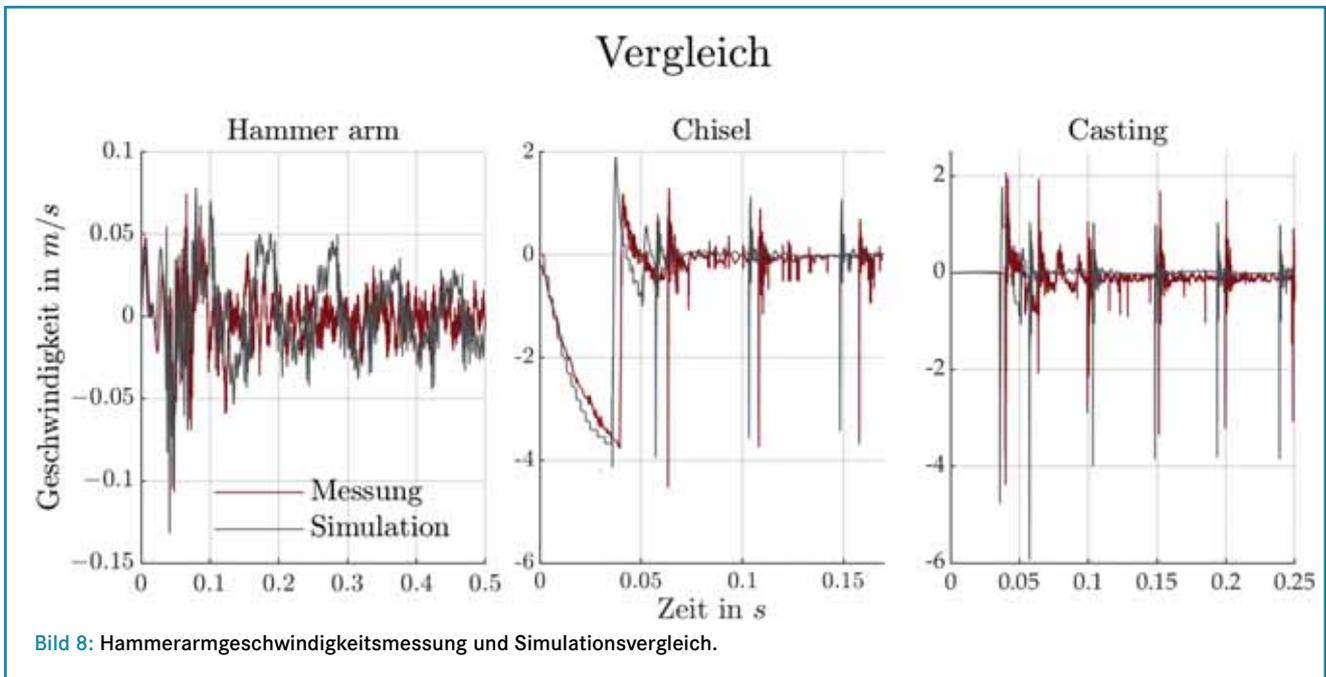
In ähnlicher Weise kann der Zeilenvektor abgeleitet werden. Die Indizes  $n1$ ,  $n2$  und  $g1$ ,  $g2$  definieren den Zeilenindex der Komponenten für die Kopplungsknoten in der FEM bzw. entsprechenden Körpern in der MKS. Durch die Umwandlung des neu abgeleiteten Kopplungskraftvektors aus den Gleichungen (11a) und (12a) mit der Matrix  $B^m$  aus Gleichung (3) und dem Ziehen der Zustandsvariablen ergibt sich die folgende Formel:

$$B^m \begin{bmatrix} f_{node1} \\ f_{node2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B^m \begin{bmatrix} -k_{Gh} C1^{n1} \\ -k_T C1^{n2} - d_T C1^{\bar{n}2} \end{bmatrix} & B^m \begin{bmatrix} k_{Gh} C2^{Gh} \\ k_T C2^g + d_T C2^{\bar{g}} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^m \\ X^h \end{bmatrix} \quad (13)$$

Eine ähnliche Umwandlung kann für  $f_{Gh}$  und  $f_T$  unter Berücksichtigung der Gleichungen (8), (11a) und (12a) gezeigt werden. Setzt man nun die neu gewonnene Formel der umgewandelten Kopplungskraftvektoren ein und verknüpft die Gleichungen (3) und (8), so ergibt sich die folgende Gleichung:

**Tabelle 3: Vergleich der Systemeigenfrequenz.**

Gemessen in Hz	16	18	21	44	79	85	90	118	148	208	231	271
Berechnet in Hz	16,29	18,61	19,93	44,69	81,55	84,81	91,53	117,35	144	212	231,85	278,61
Differenz in %	-1,81	-3,39	5,10	-1,57	-3,23	0,22	-1,70	0,55	2,70	-1,92	-0,37	-2,81



**Bild 8: Hammerarmgeschwindigkeitsmessung und Simulationsvergleich.**

$$\begin{bmatrix} \dot{X}^m \\ \dot{X}^h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A^m + B^m \begin{bmatrix} -k_{Gh}C1^{n1} \\ -k_T C1^{n2} - d_T C1^{n2} \end{bmatrix} \\ B^h \begin{bmatrix} k_{Gh}C1^{n1} \\ 0_{h-2 \times 2v} \\ k_T C1^{n2} + d_T C1^{n2} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B^m \begin{bmatrix} k_{Gh}C2^{Gh} \\ k_T C2^g + d_T C2^g \end{bmatrix} \\ A^h + B^h \begin{bmatrix} -k_{Gh}C2^{Gh} \\ 0_{h-2 \times 2v} \\ -k_T C2^g - d_T C2^g \end{bmatrix} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^m \\ X^h \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B^m & 0_{2s \times h} \\ 0_{2v \times i} & B^h \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0_i \\ F^h \end{bmatrix} \quad (14)$$

Auf die Hammerstation wirkt keine innere Kraft und die Kuppelkraft wird zur A-Matrix addiert, daher ist der Kraftvektor für die Maschine gleich null. Der Kraftvektor  $F^h$  definiert die innere Kraft, die durch pneumatischen Druck auf den Hammer wirkt. Die Druckzustandsvariablen bleiben von dieser Umwandlung unbeeinflusst.

#### 4. Messergebnisse und Nachbearbeitung

Die in dieser Studie betrachtete mit LDV ausgestattete Entkerungsmaschine (Bild 4) besteht im Wesentlichen aus folgenden Teilen:

- > Hammer (1),
- > Maschinenaufbau (2),
- > Laserkopf (3),
- > Signalprozessor (4),
- > Gussteil (5),
- > Spannvorrichtung (6),
- > Laserpunkt (7).

Der Hammer wird mit 5 bar Druckluft versorgt, und das Gussteil wird 85 mm unter dem Meißel platziert. Die Schwingungsgeschwindigkeit an den Messpunkten wird mit dem LDV erfasst, wie in Abschnitt 2 beschrieben. Die Empfindlichkeit des Laser-

vibrometers muss entsprechend der Vibrationsstärke angepasst werden. Die gemessenen Signale werden zur Nachbearbeitung in das Programm Matlab exportiert. Die LDV-Empfindlichkeit ist auf 10 mm/s/V für die Messung der Hammerarmschwingung und 1000 mm/s/V für das Ablesen der Meißelvibration eingestellt (Bild 5). Die Qualität des gemessenen Signals wird durch den Speckle-Effekt beeinträchtigt, ein häufiger Messfehler bei der Verwendung von LDV, der zu Signalausfällen führt. Der Verlust der reflektierten Wellen verursacht scharfe Spitzen in der Messung, die bei der Meißelmessung als einzelne scharfe Spitzen zu sehen sind.

Die Vibration im Gussteil wird von unten bei 3 verschiedenen Empfindlichkeitsstufen des LDV gemessen (Bild 6). Bei einer Empfindlichkeit des LDV von 10 mm/s/V lassen sich Schwingungen geringer Stärke besser messen, die bei einer Empfindlichkeit von 1000 mm/s/V durch Geräusche moduliert werden. Signalausfälle waren auch bei den Gussteilschwingungsmessungen zu beobachten. Alle Messsignale werden nachbearbeitet, um die Signalqualität zu verbessern. Die gemessenen Zeitsignale werden mit einem Butterworth-Tiefpassfilter bearbeitet, um Fehler aus der Messung zu entfernen. Die Auflösung des Signals wird durch einen Tiefpassfilter mit einer Grenzfrequenz von 4000 Hz verbessert, obwohl Signalaussetzer zur leichteren Identifizierung isoliert werden. Geschwin-

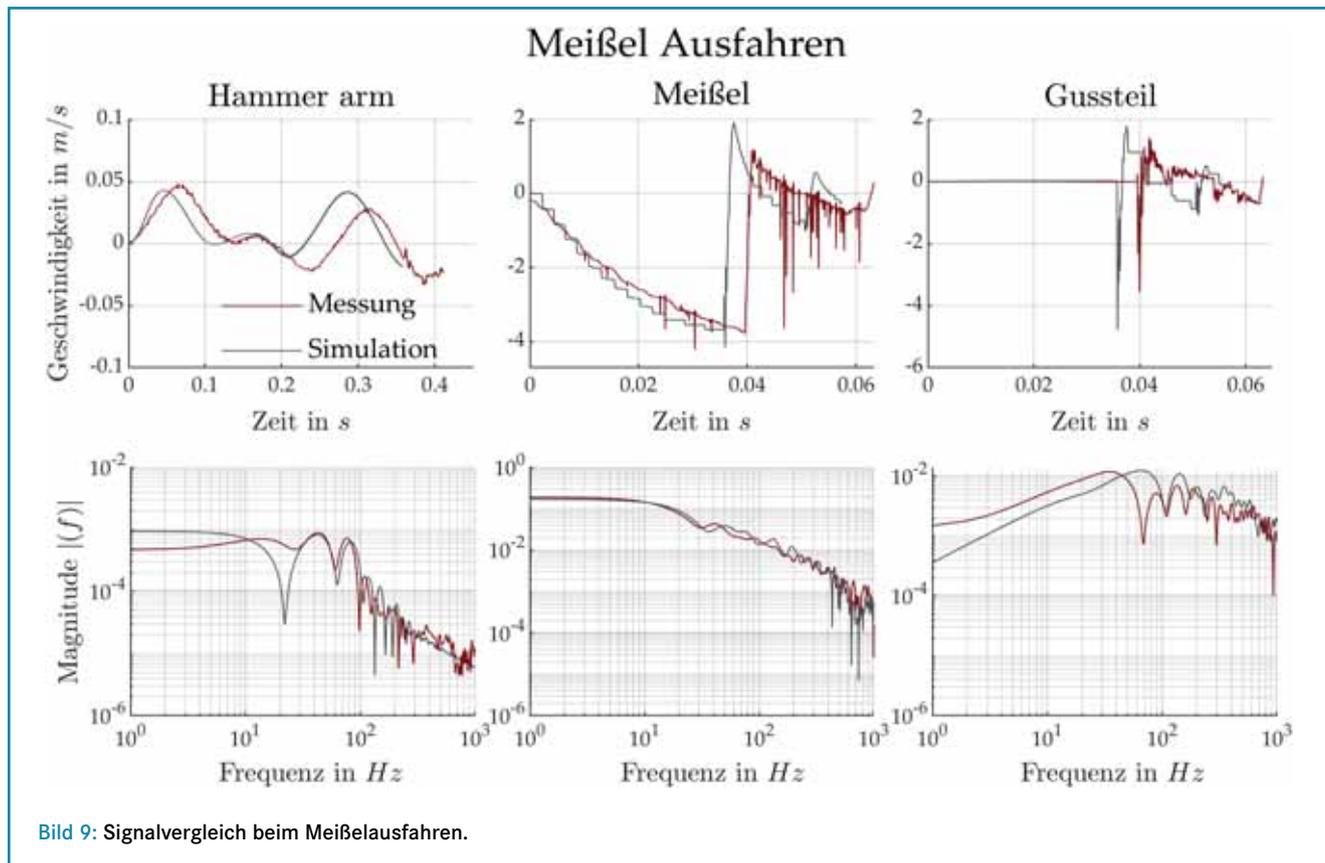


Bild 9: Signalvergleich beim Meißel ausfahren.

digkeitsspitzen bei Stößen sind erkennbar in dem bei 1000 mm/s/V Empfindlichkeit gemessenen Signal.

## 5. Simulationsergebnisse und Diskussion

In diesem Abschnitt wird das FEM-Modell validiert und die gekoppelten Simulationsergebnisse werden mit der Messung verglichen.

### 5.1 FEM-Modell-Validierung

Die Maschinenstruktur wird mit einer Eingangskraft angestoßen und die Vibrationsgeschwindigkeit als Antwort gemessen. Die Ein- und Ausgangsknoten sind an das Experiment angepasst, und in der Simulation wird eine allgemeine Dämpfung von 2 % festgelegt. Der Vergleich der gemessenen und berechneten Eigenfrequenz ist in Tabelle 3 dargestellt. Eigenfrequenzen, die unter 10 Hz liegen, gehören zu den Dämpfungselementen, die die Maschine vom Boden isolieren. Eigenfrequenzen bei 25, 32 und 54 Hz sind im berechneten Modell nicht verzeichnet. Bild 7 zeigt die dynamische Mobilität des Systems im Vergleich zur Simulation.

Der allgemeine Dämpfungsfaktor gibt den Verlauf der Eigenfrequenz mit geringer Abweichung wieder. Die Modellvereinfachung hat die Eigenfrequenzen des FEM-Modells verschoben. Die Frequenz bei 32 Hz ist in der Simulation wenig vertreten. Das linearisierte Modell erfasst die Systemeigenschaften gut. Das Modell wird dann wie in Abschnitt 2 geschrieben reduziert. Die Ergebnisse der dynamischen Simulation werden im folgenden Abschnitt näher erläutert.

### 5.2 Prozesssimulation

Das Modell reduzierter Ordnung wird dann mit dem nicht-linearen Entkernungshammermodell gekoppelt. Das System wird unter den gleichen Bedingungen wie die Messung in Gang

gesetzt. Es wird davon ausgegangen, dass der zugeführte Luftdruck bei 5 bar liegt und frei von Schwankungen ist. Die Simulation wird in einem Zeitschritt von  $1 \cdot 10^{-5}$  s durchgeführt. Die an Hammerarm, Meißel und Gussteil gemessenen Geschwindigkeiten werden mit der Simulation in Bild 8 verglichen. Der Hammerarm beginnt beim Ausfahren des Zylinders zu schwingen und schwankt nach dem Meißelschlag stark. Die Meißelbeschleunigung beim ersten Schlag und beim Rückstoß weicht im simulierten Modell leicht von der Messung ab. Die beobachtete Frequenz des Hammerschlags in Messdurchschnitten liegt bei 22 Hz, während das simulierte Modell 20,5 Hz ergibt. Der Geschwindigkeitsverlauf hinsichtlich des Gussteils in der Simulation stimmt mit der Messung mit Ausnahme des zweiten Schlags überein. Die zweite am Gussteil gemessene Einwirkung ist im Vergleich zur Simulation gering. Seitliche Bewegungen des Gussteils, die einen Laser-Speckle-Effekt verursachen, könnten ein Grund dafür sein.

Um die Eigenschaften während des Prozesses zu untersuchen, werden die Signale isoliert und mittels Fast-Fourier-Transformation (FFT) ausgewertet. Die Messsignale für den kontinuierlichen Prozess werden nach Stufen getrennt und im Frequenzbereich analysiert. Die Stufen werden als Meißel ausfahrphase und Perkussionsphase definiert. Um Messfehler zu reduzieren, wird hinsichtlich der Perkussionsphase nur ein einzelner Schlag des Meißels und Gussteilsignals untersucht. Die Signale im Frequenzbereich sind unter dem entsprechenden Zeitbereich in Bild 9 für den Zeitraum des Ausfahrens des Zylinders dargestellt. In ähnlicher Weise stellt Bild 10 die Zeit- und Frequenzsignale für die Perkussionsphase dar.

Während des Ausfahrens des Meißels schwingt der Hammerarm bei Zufuhr von Luftdruck in seiner Eigenfrequenz. Die Frequenzverschiebung aufgrund der Modellvereinfachung hat die Oszillation bei 21 Hz in der Simulation gedämpft. Zusätzlich wird eine Änderung der Systemsteifigkeit während der Ausfahr-

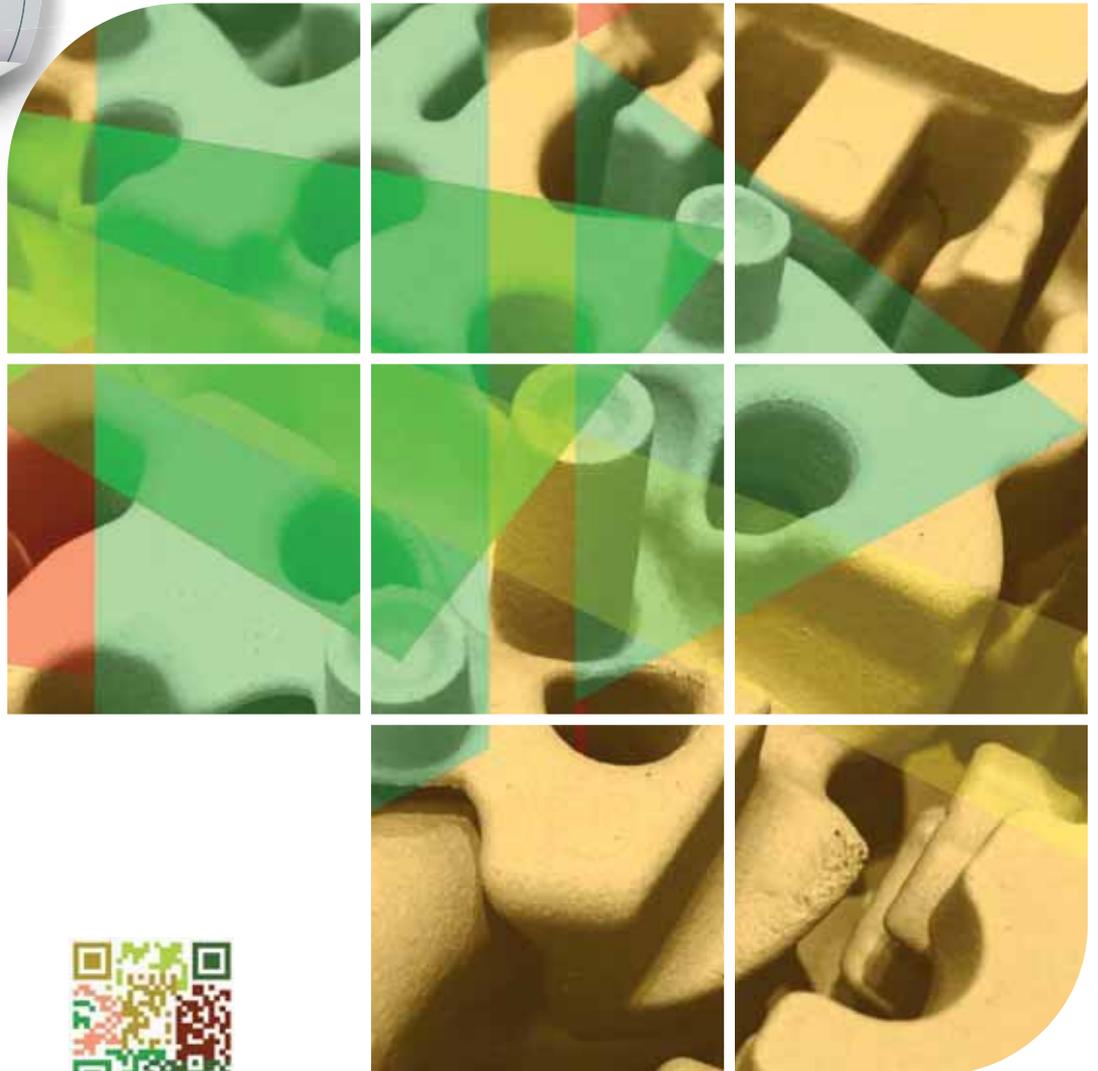
# Meisterlehrgang V 2025/2026

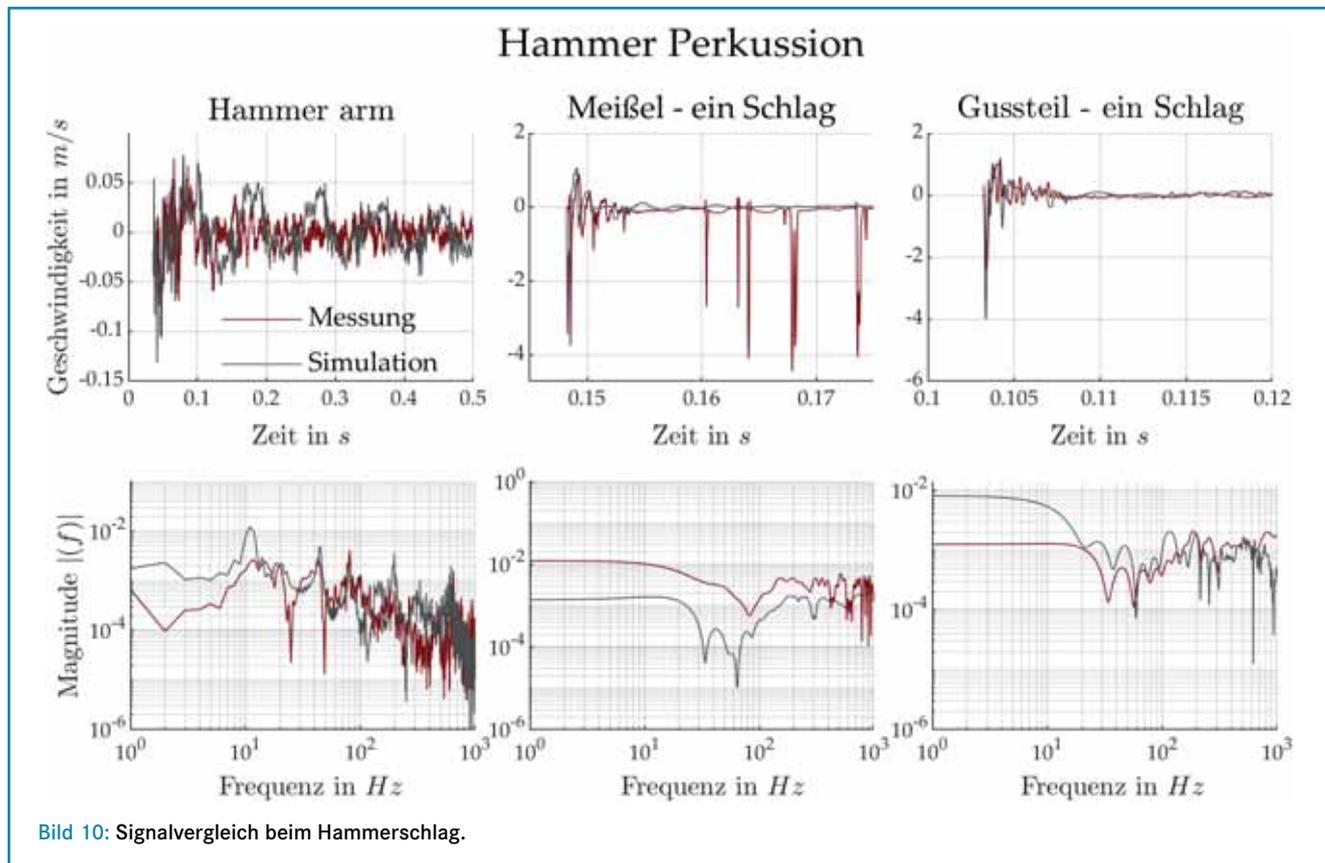
Vorbereitungslehrgang auf die Meisterprüfung  
Industriemeister/in, Fachrichtung Gießerei (IHK)

**Start mit Teilkurs 1:** 20. bis 31. Januar 2025

Alle weiteren Termine und Informationen zur Veranstaltung:  
[www.vdg-akademie.de/vdg-meisterlehrgang](http://www.vdg-akademie.de/vdg-meisterlehrgang)

**Melden Sie sich bis zum 20.12.2024 an.**





phase gemessen. Der Effektivwert des gemessenen und simulierten Signals während dieser Phase beträgt 0,0209 bzw. 0,0216. Der Meißel beschleunigt nach unten, bis er das Gussteil berührt und durch den Aufprall nach oben springt. Die gemessene Energiedissipation während des Meißelrückpralls ist im Vergleich zur Simulation höher. Dies impliziert die Abweichung im dynamischen Modell des Gummielements. Der Meißel wird durch Luftdruck nach unten umgelenkt und berührt das Gussteil. In der Perkussionsphase wird das Gussteil durch den Meißel nach unten gedrückt. Während der Schlagphase, in der der Kolben die Schlagkraft auf den Meißel ausübt, wird der erste Schlag des Meißels anhand seiner Frequenz untersucht. Die Anregung des Systems bei seinen Eigenfrequenzen wird mit ähnlicher Intensität für die gemessenen und simulierten Signale aufgezeichnet, mit Ausnahme der verschobenen Frequenz unterhalb von 15 Hz.

Entgegen der Erwartung ist der Hammerantrieb mit Hammerfrequenz in Simulation und Messung nur wenig vertreten. Die Oszillation bei 44 Hz dominiert das simulierte System, und 81 Hz dominiert das gemessene Signal. Die auf die Maschinenstruktur angewandte allgemeine Dämpfung erfasst zwar den Verlauf des physikalischen Systems, unterschätzt aber seine frequenzabhängige Dämpfung. Das Vibrationssignal hat einen Effektivwert (nach dem quadratischen Mittelwert  $RMS = \text{Root Mean Square}$ ) von 0,0137 und 0,0254 für Messung und Simulation. Der innere Kolben treibt den Meißel zu einer ähnlichen Geschwindigkeit wie in der Anfangsphase, jedoch ist die Rückstoßgeschwindigkeit geringer. Die Vibration auswirkung auf Meißel und Guss hält während der Perkussionsphase kürzer an. Dies zeigt, dass die beim ersten Schlag des Meißels abgegebene Energie viel höher ist als in der Perkussionsphase.

Das vorgestellte Modell stimmt mit den dynamischen Eigenschaften des Systems überein und bildet die nichtlinearen

Effekte während des Prozesses in einem beträchtlichen Ausmaß ab. Die Prozesscharakteristik wird als eindimensionales Problem untersucht, wobei der Fokus auf den Hauptkraftvektor beschränkt wird. Die vom Hammer gelieferte Energie während des ersten Aufschlags unterscheidet sich im Vergleich zu den weiteren Einwirkungen durch den inneren beweglichen Kolben. Der Parameter wird durch die Simulation quantifiziert und durch Experimente validiert. Der Anstoß des Gussteils im ersten Stadium ist unerlässlich, um den Sandkern zu brechen. Obwohl fortgesetzte Aufprallereignisse durch den Kolben zusätzliche Energie zur Kernvibration liefern, ist die genaue Rolle des Kolbens noch nicht geklärt.

Das in dieser Arbeit entwickelte Modell hat dazu beigetragen, entscheidende Parameter zu ermitteln, die bei der Interaktion zwischen Gussteil und Hammer eine Rolle spielen. Die Parameter werden weiter untersucht, um ihre Auswirkungen auf den Prozess zu bestimmen.

## 6. Schlussfolgerungen

Ein industrieller Entkernungsprozess wurde simuliert und experimentell validiert. Das Entkernen des Gussteils erfolgt offensichtlich in zwei Prozessstufen. Die Arbeit umfasst eine Methode zur Bestimmung der Kräfte und dynamischen Prozesseigenschaften. Die durchschnittliche Differenz zwischen dem berechneten Modell und dem Messwert für die Aufprallgeschwindigkeit des Meißels beträgt -6,56% und für die des Gussteils 48,32%. Eine mögliche Ursache für diese Unterschiede wird bereits im vorherigen Abschnitt erörtert. Die Häufigkeit des Meißelschlags ist im berechneten Modell um 6,5% höher. Der Effektivwert des simulierten Signals und des gemessenen Signals weist während der Hammerschlagphase eine höhere Abweichung von 85% auf. Der Entkernungshammer liefert beim ersten Aufprall aus der Ruhelage 70 Joule

und während der Hammerschlagphase bei den unterstellten Betriebsbedingungen durchschnittlich 12,2 Joule.

Die in dieser Studie vorgestellte mathematische Formulierung erleichtert die Digitalisierung des Prozesses und hilft bei der Untersuchung von Prozessparametern. Die wesentlichen Schlussfolgerungen dieser Arbeit lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- > Die auf das Gussteil ausgeübte Aufprallkraft variiert erheblich zwischen dem ersten Aufprall und den nachfolgenden Einwirkungen.
- > Die Schlagkraft und die dynamischen Eigenschaften während des Entkernungsprozesses können mit dem vorgestellten Modell vorhergesagt werden. Die Modellergebnisse können angewendet werden, um eine Entkernungssimulation durchzuführen oder Schäden am Gussteil zu verhindern.
- > Die Methode kann verwendet werden, um die Wirkung von Spannkraften und Befestigungsmaterialien zu untersuchen.
- > Die Arbeitsfrequenz des Hammers hängt von den dynamischen Eigenschaften des Systems ab.

Das entwickelte Modell muss in Zukunft noch für ein industrielles Gussteil umgesetzt werden. Der Einfluss der Meißelform ist ein weiterer interessanter Faktor, der in zukünftigen Arbeiten erforscht werden soll. Die Merkmale des Entkernungsinstruments werden in der Studie näher erläutert. Der in dieser Arbeit vorgestellte Ansatz zeigt eine gute Übereinstimmung mit der Messung unter Berücksichtigung der Nichtlinearität des Systems. Das Modell kann durch eine frequenzbasierte Dämpfung des Systems weiter verbessert werden. Die Methode kann mit der in dieser Arbeit vorgestellten Theorie auf mehr als eine Dimension erweitert werden.

[www.fill.co.at](http://www.fill.co.at); [www.igcv.fraunhofer.de](http://www.igcv.fraunhofer.de)

Melvin Mariadass, Roman Binder, Fill Gesellschaft m.b.H., Gurten, Österreich; Florian Etmeyer, Wolfram Volk, Daniel Günther, Fraunhofer-Forschungseinrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV, Garching.

Kontakt: [melvin.mariadass@fill.co.at](mailto:melvin.mariadass@fill.co.at)

#### Literatur:

[1] B. J. Stauder, „Untersuchung zur Entfernung von inneren Sandkernen aus Aluminiumgussstücken“, Dissertation, Montan-Universität, Leoben, 2018.

[2] Journal of Materials Processing Technology Bd. 296 (10/2021), S. 117201, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2021.117201.

[3] R. R. Craig and A. J. Kurdila, “Fundamentals of Structural Dynamics”.

[4] Journal of Dynamic Systems Measurement and Control 122 (09/2000), [Nr. 3], pp. 416–425.

[5] R. Binder and M. Wiesauer, “Analyzing the Impact of Different Drive Concepts on Machine Tool Dynamics Using Mechatronic 509 System Simulation,” in NAFEMS, 2021.



## SLOVENIAN FOUNDRYMEN SOCIETY

Invitation to

### 64. IFC PORTOROZ 2024

and foundry exhibition

18.-20. SEPTEMBER 2024

Contact: SLOVENIAN FOUNDRYMEN SOCIETY,  
Lepi pot 6, p.p. 424, 1001 Ljubljana, Slovenia  
T: +386 1 2522 488  
[drustvo.livarjev@siol.net](mailto:drustvo.livarjev@siol.net), [www.drustvo-livarjev.si](http://www.drustvo-livarjev.si)

**treffsicher  
und zielführend!**

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

Das umfassende  
**InfoPortal**  
der Gießereien

**HOME OF  
FOUNDRY**  
DAS BRANCHENPORTAL

- Tagesaktuelle Nachrichten
- Praxistipps
- Branchengrößen im Interview
- Branchenspezifisches JobPortal

Aktuell, kompetent  
und spannend

powered by:  
**GIESSEREI**

**G**bdguss **DVS**MEDIA



Forschungsprojekt DeQaGuss

## Neue Qualitätskriterien für Stahlgussbauteile im Bauwesen

Trotz zahlreicher technischer Vorteile sind Bauteile aus Stahlguss im Bauwesen immer noch stark unterrepräsentiert. Wegen des Fehlens von spezifischen Regelwerken zur Bemessung kann ihr Einsatz heute in der Regel nur auf Basis einer aufwendigen Zustimmung im Einzelfall (ZiE) und damit verbundener zeitlicher und monetärer Unsicherheiten erfolgen. Das durchgeführte Forschungsvorhaben knüpft dabei unmittelbar an die Ergebnisse vorangegangener Forschungsarbeiten [1, 2] an der Versuchsanstalt für Stahl; Holz und Steine des Karlsruher Instituts für Technologie an und zielt darauf ab, die existierenden Regelungsunschärfen und Komplexitäten der bestehenden Normen und Regelwerke zu schließen.



Die Humboldtthafenbrücke in Berlin ist ein Beispiel für den Einsatz von Stahlguss im Bauwesen.

VON MARCEL MOTT, THOMAS UMMENHOFER,  
DIETMAR KOHLER, DOMINIK STETTER

Neben der Korrelation der Kriterien Herstellqualität und Bauteilbeanspruchbarkeit, welche Gegenstand der vorangegangenen Vorhaben waren, wurden im aktuellen Vorhaben zwei offene, zentrale Fragestellungen bearbeitet: Die zuverlässige Ermittlung mechanisch-technologischer Werkstoffeigenschaften von Gussbauteilen sowie die Detektierbarkeit von Ungängen durch branchenübliche zerstörungsfreie Prüfverfahren. Ziel des Forschungsvorhabens war die Entwicklung einer Datengrundlage und Basis für die Erstellung eines neuen umfassenden Regelwerks für die Konstruktion, Bemessung, Ausschreibung und Abnahme von Stahlgussbauteilen unter Berücksichtigung der besonderen Rahmenbedingungen des Bauwesens.

### Nachweis mechanisch-technologischer Werkstoffeigenschaften von Stahlgussbauteilen

Der Nachweis der Einhaltung der erforderlichen mechanisch-technologischer Werkstoffeigenschaften von Stahlgussbauteilen führt oftmals zu Konflikten zwischen herstellenden Gießereien und Auftraggebern. Die Ursache ist ein grundlegendes Missverständnis zwischen den Konfliktparteien, welche Nachweise für die Produkte zu führen sind und wie diese erfolgen

können [9]. Gießereien verstehen ihre Aufgabe in der Regel so, dass sie, meist in Form eines Abnahmeprüfzeugnisses 3. 1, den Nachweis erbringen müssen, dass sie grundsätzlich die bestellte Werkstoffqualität erzielt haben und dass das Produkt den Anforderungen der jeweiligen Erzeugnisnormen entspricht. Dieses spezifische Verständnis wird durch die technischen Lieferbedingungen für Stahlguss in der DIN EN 1559-2 [3] gestützt, wonach die Werkstoffeigenschaften des Produkts nicht grundsätzlich am Gussbauteil selbst nachzuweisen sind, sondern an mitgegossenen Prüfblöcken.

Der bemessende Tragwerksplaner geht in der Regel davon aus, dass das bestellte und ausgelieferte Bauteil die in der DIN EN 10340 (Stahlguss für das Bauwesen) [4] festgelegten mechanischen Eigenschaften besitzt. Diese sind nach [4] jedoch explizit nur auf die beiden Festigkeitskennwerte Streckgrenze und Zugfestigkeit beschränkt. Die für eine bruchmechanische Bemessung relevanten Werte der Bruchdehnung und Kerbschlagarbeit sind damit nicht auf das Bauteil selbst übertragbar. Gleichzeitig versuchen die aktuellen Regelwerke eine Übertragbarkeit der an mitgegossenen Prüfblöcken ermittelten mechanischen Eigenschaften auf die bestellten Gussbauteile dadurch zu ermöglichen, indem sie empfehlen, die mitzugebenden Prüfblöcke in „maßgebenden bzw. relevanten Dicken“ herzustellen. Hierdurch wird dem Auftraggeber eine ausreichende Übertragbarkeit der an den Prüfblöcken ermittelten Kennwerte auf das Bauteil suggeriert, die meist nicht und wenn überhaupt, bestenfalls unter idealisierten Herstellbedingungen gegeben ist. Gleichzeitig stellt die in den Regelwerken nicht eindeutig definierte „maßgebende Wanddicke“ der Prüfblöcke eine häufig diskutierte und maßgebliche Regelungsunschärfe der aktuellen technischen Lieferbedingungen [3] dar. Diese Unsicherheiten und Missverständnisse führen in der Baupraxis immer wieder zu Streitfällen, welche häufig kostspielige und zeitraubende Sonderprüfungen erfordern. In Extremfällen wurden die in den Abnahmeprüfzeugnissen aufgeführten Werkstoffkennwerte blind akzeptiert und später, im Rahmen von Untersuchungen wegen aufgetretener Schadenfälle, zeigte sich, dass die tatsächlichen Materialeigenschaften der betroffenen Bauteile deutlich ungünstiger waren und stark von den Werten in den vom Hersteller übergebenen Zeugnissen abwichen.

### Methodik

Im Rahmen des Forschungsprojekts „DeQaGuss“ – gemeinsam durchgeführt von der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine des Karlsruher Instituts für Technologie sowie der Hochschule Offenburg – sollte der Stand der Technik zur Dimensionierung von Ersatzproben (Prüfblöcken) diskutiert und die Übertragbarkeit der an diesen ermittelten Ergebnissen auf die zugehörigen Gussbauteile untersucht werden. Anschließend sollte auf Basis der erhaltenen Ergebnisse ein verbesserter Ansatz für die Dimensionierung von Ersatzproben abgeleitet und, basierend auf statistischen Untersuchungen, ein materialeistiger Sicherheitsfaktor  $\gamma_m$ -Guss definiert werden.

3D-Sanddruck im Lohn für Gießereien – Ersatzteilmachfertigung gegossener Komponenten – Beratung – Projektbetreuung



www.zalewatec.de • info@zalewatec.de • 03731/7832992

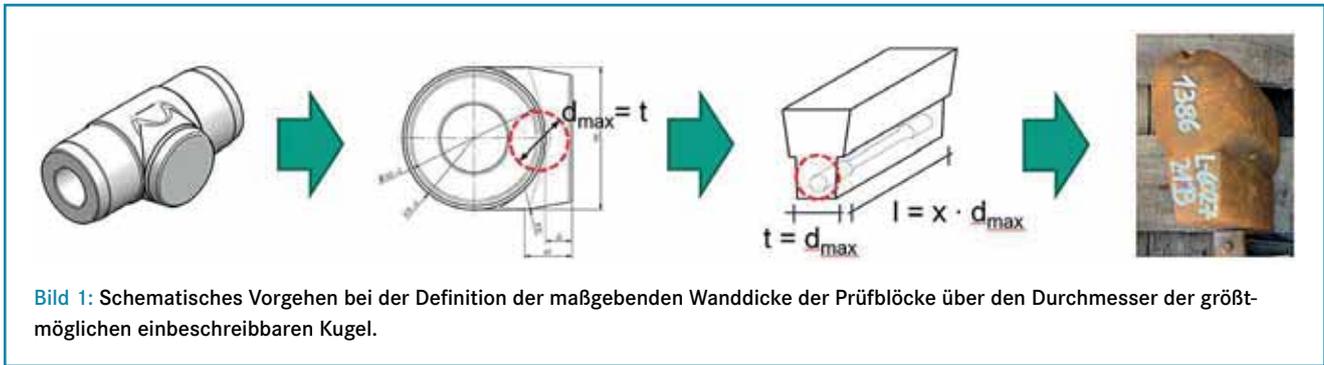


Bild 1: Schematisches Vorgehen bei der Definition der maßgebenden Wanddicke der Prüfblöcke über den Durchmesser der größtmöglichen einbeschreibbaren Kugel.

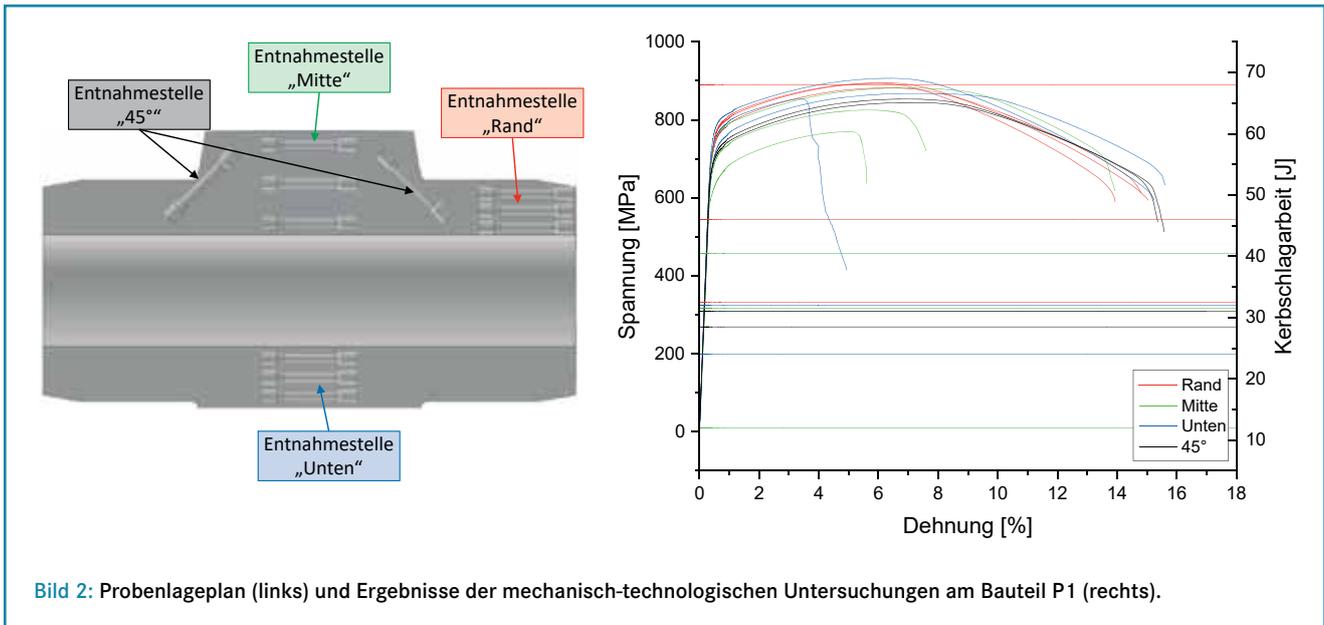


Bild 2: Probenlageplan (links) und Ergebnisse der mechanisch-technologischen Untersuchungen am Bauteil P1 (rechts).

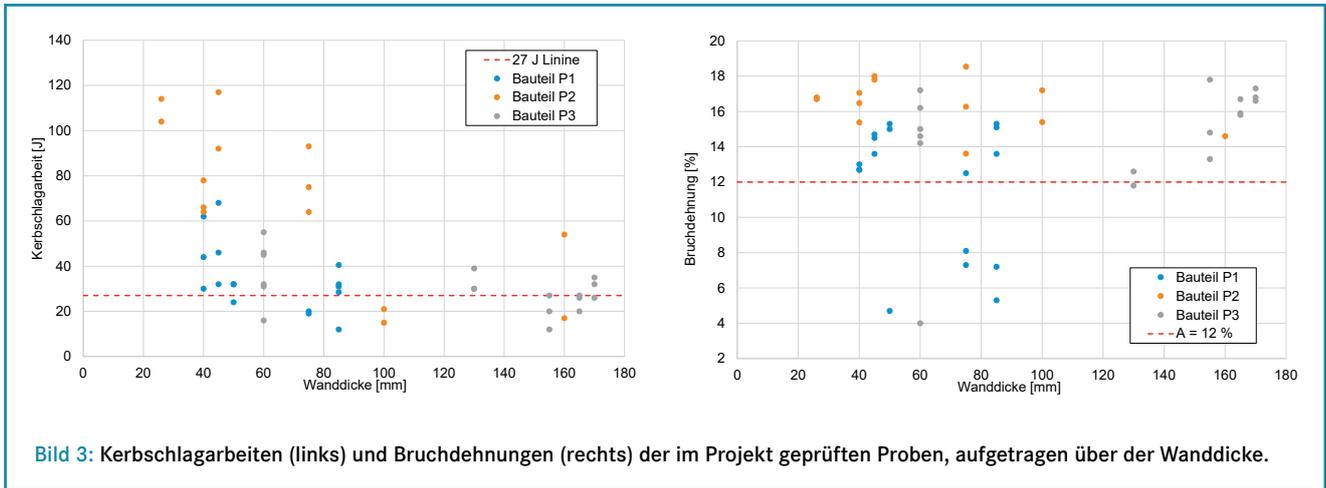
Wegen der im Vergleich zu normalfesten Gusswerkstoffen komplexeren Metallurgie und aufwendigeren Wärmebehandlung wurden die Untersuchungen am höherfesten Gusswerkstoff G18NiMoCr3-6 +QT2 (1.6759) nach [4] durchgeführt. Es kann angenommen werden, dass eine Übertragung der erzielten Ergebnisse auf niedriger legierte Werkstoffe wie G20Mn5 (1.6220) oder G24Mn6 (1.1118) konservativ möglich ist. Im Projektausschuss beteiligte Gießereien stellten für die Untersuchungen insgesamt drei Gussbauteile sowie zugehörige Prüfblöcke (Ersatzproben) zur Verfügung. Die Anforderungen waren hierbei, dass sich die Wanddicken innerhalb der Grenzen der technischen Lieferbedingungen halten, die Bauteile Wanddickensprünge aufweisen und bauwesentypische Geometrien abbilden sollten. Die Bauteile und Prüfblöcke stammten jeweils sowohl aus derselben Schmelze als auch aus demselben Wärmebehandlungslos.

Die Geometrie der Prüfblöcke richtete sich nach der Geometrie des zugehörigen Bauteils. Sie leitet sich ab aus dem Durchmesser  $d_{\max}$  einer fiktiven größtmöglichen Kugel, die in das Bauteilvolumen eingebracht werden kann. Die Bestimmung und Verwendung des Kugeldurchmessers sollte die in den Normen unklar definierte, „maßgebende Wanddicke“ in ein transparentes und objektives Kriterium überführen. Das entsprechende Vorgehen ist schematisch in Bild 1 dargestellt und basiert auf den Untersuchungen in [5]. Für jedes einzelne Bauteil standen mehrere Prüfblöcke zur Verfügung, welche über die einbeschriebenen Kugeln an unterschiedliche Wanddickenbereiche angepasst wurden. Die Prüfblöcke stammten stets aus derselben Schmelzcharge und hatten die identische Wärme-

behandlung wie die zugehörigen Bauteile durchlaufen. Im Folgenden werden exemplarisch die Ergebnisse für eines der drei untersuchten Bauteile dargestellt.

## Ergebnisse

Bild 2 links zeigt die vier untersuchten Querschnittsbereiche („Entnahmestellen“) eines der untersuchten Bauteile. Die zugehörigen Wanddicken liegen zwischen 40 mm (rohrförmiger Bereich „Rand“) und 85 mm (zentraler Bereich „Mitte“). An jeder der Entnahmepositionen wurden jeweils drei Zug- und Kerbschlagbiegeproben entnommen und ausgearbeitet. Zusätzlich wurden aus den zugehörigen Prüfblöcken mit den Wanddicken 35 mm und 70 mm jeweils drei Zug- als auch Kerbschlagbiegeproben entnommen. Im in Bild 2 rechts dargestellten Diagramm sind für die Zugversuche die der linken Ordinate zugehörigen Spannungs-Dehnungslinien aufgetragen. Die ermittelten Kerbschlagarbeiten sind als horizontale Linien dargestellt. Die im Versuch erreichte Kerbschlagarbeit ( $KV_2$ ) bezieht sich auf die rechte Ordinate und ist in der Einheit Joule [J] dargestellt. Alle geprüften Zugproben erreichen die normativen Mindestanforderungen [4] an die Streckgrenze ( $R_{p0,2} = 630$  MPa). Die angestrebte Zugfestigkeit ( $R_m = 780$  bis 930 MPa) wird, abgesehen von einem Ausreißer aus der Entnahmeposition „Mitte“, ebenfalls erreicht. Drei der untersuchten Zugproben zeigen jedoch ein sprödes Bruchverhalten und erreichten die einzuhaltende Mindestbruchdehnung  $A = 12$  % nicht. Besonders auffällig ist die erhebliche Streuung der Kerbschlagarbeiten, welche nominell mindestens  $KV = 27$  J bei  $-40$  °C erreichen



**Bild 3:** Kerbschlagarbeiten (links) und Bruchdehnungen (rechts) der im Projekt geprüften Proben, aufgetragen über der Wanddicke.

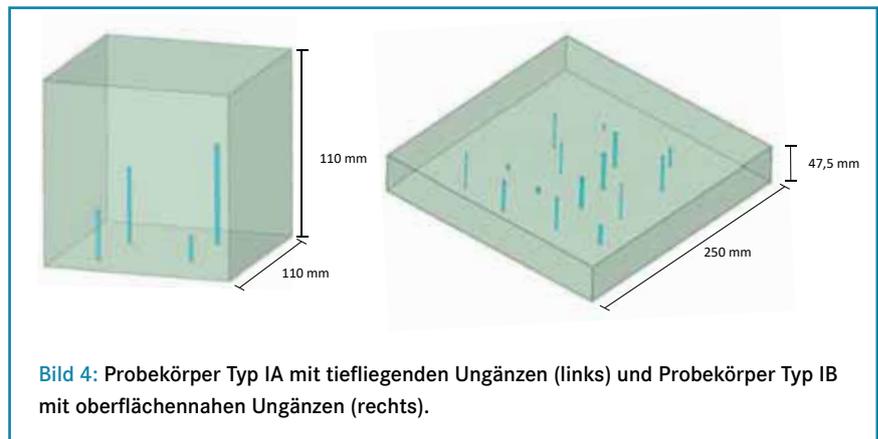
sollten. Die niedrigsten Kerbschlagwerte ergaben sich dabei stets bei Proben aus den Bereichen großer Wanddicken, aus denen auch die spröde gebrochenen Zugproben entnommen wurden. Unter Einbeziehung einer Gießprozesssimulation konnte gezeigt werden, dass die kritischen Entnahmestellen „Mitte“ und „Unten“ potenziell hohe Auftretenswahrscheinlichkeiten von Poren aufweisen. Durch CT-Scans der Proben konnte die vorab vermutete Porosität bestätigt werden.

Die Untersuchung der Gefügestruktur der auffälligen Kerbschlagbiegeproben zeigte signifikante Unterschiede in Kornstruktur und -größe. Randnahe Proben zeigten dabei tendenziell ein feineres, bainitisches Gefüge und entsprechend höhere Kerbschlagwerte als die Proben aus den Kernbereichen, welche ein gröberes, martensitisches Gefüge aufwiesen. Auf diese Weise konnten die meisten der auffälligen, die vorgegebenen Kennwerte deutlich unterschreitenden, Proben entweder metallurgischen (i.d.R. Wärmeführung bei Erstarrung und Vergütung) oder gießtechnischen Einflussfaktoren (Porosität, Seigerungszone) zugeordnet werden.

Insgesamt wurden 49 Zug- und 49 Kerbschlagbiegeproben aus den zur Verfügung stehenden Bauteilen sowie den zugehörigen Prüfblöcken ausgearbeitet und geprüft. **Bild 3** links zeigt die große Streuung der ermittelten Kerbschlagarbeiten. Obwohl zu erkennen ist, dass kleinere Wanddicken tendenziell zu besseren Ergebnissen führen, finden sich auch in den Bereichen mit geringeren Wanddicken zahlreiche Ergebnisse mit Werten  $< 27$  J. Anhand der Farben der Datenpunkte lassen sich diese den einzelnen Bauteilen zuordnen. Es fällt auf, dass die Werte innerhalb der einzelnen Bauteile unterschiedlich große Streuungen aufweisen. Dieses Phänomen wiederholt sich im rechten Diagramm, in dem sich die sehr geringen Bruchdehnungen insbesondere im Bauteil P1 häufen. Im Vergleich zur Kerbschlagarbeit fällt die Streuung der Ergebnisse für die Bruchdehnung kleiner aus, aber auch hier lässt sich keine Korrelation mit der Wanddicke feststellen.

### Bewertung der Zuverlässigkeit von gusstypischen ZfP-Verfahren auf Basis von Ringversuchen

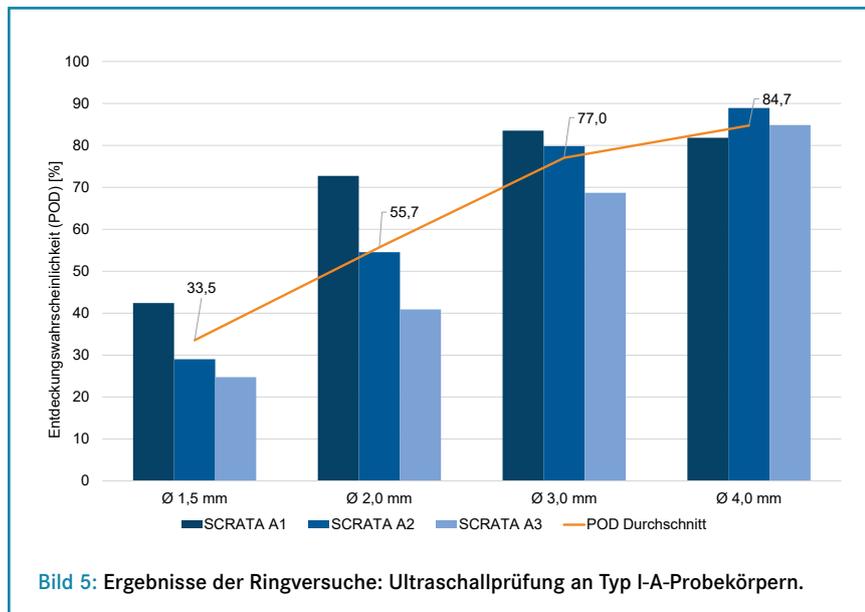
Die aktuellen technischen Lieferbedingungen für Stahlguss enthalten zahlreiche Regelungsunschärfen, welche dazu führen,



**Bild 4:** Probekörper Typ IA mit tiefliegenden Ungängen (links) und Probekörper Typ IB mit oberflächennahen Ungängen (rechts).

dass der Anwender keine ausreichende Hilfestellung bei der Auswahl von angemessenen Anforderungen an Stahlgussbauteile findet. Daraus resultiert, dass Stahlgussbauteile oft mit unnötig hohen Sicherheiten beaufschlagt werden, höchste Qualitätsanforderungen werden unabhängig von der Höhe der lokalen Beanspruchungen gefordert und müssen vollumfänglich durch zerstörende und zerstörungsfreie Prüfungen nachgewiesen werden. Eine Bewertung der Anwendungsgrenzen und Anwendbarkeit der verschiedenen etablierten ZfP-Verfahren in Bezug auf ihre Zuverlässigkeit bei der Fehlererkennung ist bestenfalls durch erfahrene Gusspezialisten möglich.

Ein zweiter Schwerpunkt des Forschungsprojekts waren deshalb experimentelle Untersuchungen zur Zuverlässigkeit und Anzeigegenauigkeit von branchenüblichen ZfP-Verfahren. Hierzu wurden spezielle Probekörper entworfen und hergestellt, welche dann anschließend in Ringversuchen von verschiedenen qualifizierten ZfP-Prüfern geprüft wurden. Das Ziel dieser Untersuchungen war eine getrennte Untersuchung der insbesondere bei der Ultraschallprüfung maßgebenden Einflussparameter Geometrie und Oberflächenqualität, um den Einfluss der beiden Parameter auf die Qualität der Prüfergebnisse unabhängig voneinander bewerten zu können. Die in **Bild 4** dargestellten Probekörper wiesen idealisierte Geometrien auf (Würfel bzw. Platten) und wurden mit verschiedenen Oberflächenrauigkeiten abgegossen. Hintergrund war es, den Einfluss von Oberflächeneffekten wie Rauheit und Materialstruktur auf die Detektierbarkeit quantifizieren zu können. Zur Abbildung von innenliegenden Ungängen wurden in die Prüfkörper Flachbodenbohrungen, d. h. Kreisscheibenreflektoren (KSR) einerodiert. Die Probekörper wurden anschließend in Ringversuchen von verschiedenen qualifizierten ZfP-Prüfern geprüft. Die Ergebnisse zeigen eine star-



ke Korrelation zwischen Oberflächenqualität und Defekterkennbarkeit bei der UT-Prüfung. Die Bedeutung dieser Untersuchungsergebnisse für die Entwicklung einer zukünftigen DAST-Richtlinie für Stahlguss im Bauwesen wird im Folgenden noch diskutiert.

### Probekörper für Ringversuche

Mithilfe der in Bild 4 dargestellten Probekörper wurde der Einfluss des Oberflächeneffektes (Oberflächenrauigkeit (SCRATA A1 bis A3) und des Werkstoffgefüges auf die Detektierbarkeit von Ungängen untersucht. Um möglichst definierte Ungängen zu erhalten, wurden künstliche Diskontinuitäten in Form von Flachbodenbohrungen (KSR) in die Stahlgusskörper erodiert. Im Rahmen der Ringversuche wurden alle im Forschungsvorhaben untersuchten Prüfverfahren (VT, UT, RT, MT und PT) bei den Probekörpern angewendet. Alle Probekörper wurden aus dem Werkstoff G20Mn5 (1.6220) gegossen und anschließend in zwei Varianten wärmebehandelt: normalisiert (+N) und vergütet (+QT). Die Abmessungen der Ungängen wurden anhand der Grenzwerte in den Ultraschallprüfnormen 12680-1 [6] und 12680-2 [7] festgelegt. Die Bezugsechöhe (KSR) wurde entsprechend den Anforderungen an die Ultraschallprüfbarkeit nach [6] und [7] zwischen 1,5 mm (KSR 1,5) (für Anschweißenden und Sonderzonen nach [7]) und 4 mm (KSR 4, für Wanddicken zwischen 300 mm und 600 mm) gewählt. Aufgrund der Abmessungen und Gewichtsbeschränkungen aus Gründen der Handhabbarkeit mussten die Wanddicken der Probekörper auf 47,5 mm bzw. 110 mm begrenzt werden. Es wurde erwartet, dass anhand verschiedener erzeugter Oberflächenrauhigkeiten, Rückschlüsse auf die Korrelation zwischen Oberflächengüte und Detektierbarkeit der Ungängen gezogen werden können.

Die Probekörper vom Typ Typ I-A wurden würfelförmig mit einer Kantenlänge von 110 mm mit dem Werkstoff G20Mn5 (+N/+QT) abgegossen. Mit diesen Probekörpern konnten dicke Bauteilbereiche mit innenliegenden Inhomogenitäten abgebildet werden. Die erzeugten Oberflächengütestufen umfassen den Bereich von SCRATA A1 bis A3. Die Inhomogenitäten lagen in Tiefen von 50 mm bis 100 mm unterhalb der Prüffläche und wurden im Rahmen der Ultraschallprüfungen (UT-Prüfung) mit Senkrechtprüfköpfen geprüft. Jeder Probekörper vom Typ I-A enthielt fünf Inhomogenitäten verschiedenen Durchmessers

und verschiedener Tiefe. Jeder Teilnehmer der Ringversuche prüfte sechs verschiedene Probekörper dieses Typs.

Die plattenförmigen Probekörper vom Typ I-B mit den Abmessungen von 250 x 250 x 47,5 mm wurden aus dem Werkstoff G20Mn5 (+N) gegossen und die Oberflächengüten wurden in SCRATA A1 und A2 ausgeführt. Damit sollten dünne Bauteilbereiche mit oberflächennahen Fehlern abgebildet werden. Auch hier wurden künstliche Inhomogenitäten in Form von Flachbodenbohrungen durch Senkerodieren mit Abmessungen gemäß den UT-Normen [6] und [7] mit Durchmessern von 1,5 mm (KSR 1,5) bis 4 mm (KSR 4) eingebracht. Der Abstand der Inhomogenitäten zur Prüffläche lag hier zwischen 1 mm und 5 mm. Jeder Teilnehmer prüfte mindestens zwei dieser plattenförmigen Probekörper.

### Durchführung der Ringversuche

Insgesamt nahmen sechs Gießereien und Prüfgerätehersteller an den Ringversuchen teil. Dabei untersuchten 12 Prüfer jeweils einen vollständigen Satz Probekörper und lieferten insgesamt knapp 700 auswertbare Datensätze mit Informationen zur Lage, gemessenen Größe, benannt durch einen äquivalenten Kreisscheibenreflektor (KSR), sowie der Tiefe der aufgefundenen Inhomogenität. Alle Ringversuche wurden in den jeweiligen Räumlichkeiten der teilnehmenden Firmen durchgeführt. Die Prüfer arbeiteten in der Regel an ihren gewohnten Arbeitsplätzen und setzten ausschließlich die üblichen zur Verfügung stehenden Prüfgeräte ein. Für sämtliche Untersuchungen wurden Vorlagen zur Ergebnisaufzeichnung zur Verfügung gestellt. Die Versuche wurden durch einen Mitarbeiter der Hochschule Offenburg begleitet, der stets als Ansprechpartner bei den Prüfungen vor Ort zur Verfügung stand und gleichzeitig sicherstellte, dass keine unzulässigen Hilfsmittel eingesetzt wurden.

Das Hauptaugenmerk der Ringversuche lag auf der Ergründung des Zusammenhangs zwischen Auffindungswahrscheinlichkeit (eng.: probability of detection, kurz: POD) der Ungängen und der Oberflächenbeschaffenheit der untersuchten Gussteile und war deshalb auf die Ultraschallprüfung nach [6] und [7] fokussiert. Lediglich die Bauart der Prüfköpfe wurde als einzuhaltende Prüfrandbedingung vorgegeben, alles Weitere lag im Ermessen und Entscheidungsspielraum des jeweiligen Prüfers. Es sollten ausschließlich konventionelle Impuls-Echo-Senkrechtprüfköpfe zum Einsatz kommen. Für Typ I-B Probekörper musste entsprechend den Vorgaben [6, 7] wegen der geringen Wanddicke von weniger als 50 mm S/E-Prüfköpfe verwendet werden. Größe und Frequenz der jeweiligen Prüfköpfe durften von den Prüfern selbst gewählt werden. Zur Fehlergrößenbestimmung wurde für beide Probekörpertypen hauptsächlich die Abstand-Verstärkungs-Größe-Methode (AVG-Methode), seltener die Halbwertsmethode verwendet. Die eingesetzten Prüfköpfe wiesen Frequenzen zwischen 2 und 4 MHz auf. Die Prüfer wurden gebeten, die anhand der gewählten Größenbestimmungsmethode ermittelte Größe der Inhomogenität, ausgedrückt durch einen äquivalenten Kreisscheibenreflektor (KSR), sowie die Tiefe der aufgefundenen Ungängen zu protokollieren.

## Auswertung und Bewertung der Ergebnisse der Ringversuche/ZfP-Untersuchungen

Da bei der Ergebnisaufzeichnung keinerlei „falsch-positiv“ Anzeigen notiert wurden, d. h. der Prüfer protokolliert die Detektion einer Ungänze obwohl an dieser Stelle der Probe keine Inhomogenität vorliegt, beschränkt sich die Auswertung der POD auf die Bestimmung der Sensitivität. Hierunter versteht man die „Trefferquote“, also die Anzahl der aufgefundenen Ungängen, bezogen auf die Summe aus allen eingebrachten Inhomogenitäten. Eine positive Anzeige wurde als die Meldung eines KSR-Äquivalents und einer Fehlertiefe im Bereich einer tatsächlichen Fehlstelle definiert. Dabei spielt die Genauigkeit der Größenbestimmung oder Tiefenbestimmung zunächst keine Rolle. Waren die Prüfer nicht in der Lage, ein KSR-Äquivalent zu bestimmen und protokollierten lediglich eine Tiefenangabe, wurde die betroffene Inhomogenität als nicht detektiert gewertet.

Hauptziel der Auswertung war das Auffinden eines Zusammenhangs zwischen den Faktoren Oberflächenqualität, Fehlergrößen- und Fehlertiefenauflösung. Zusätzlich wurden im Rahmen der Auswertung die Faktoren Prüfer (anonymisiert) und Wärmebehandlungszustand (nur Typ I-A-Probekörper) erfasst. Zur Auswertung der erstgenannten Faktoren wurden die Ergebnisse in Cluster eingeteilt. In einem Cluster wurden alle Resultate vergleichbarer Fehlergrößen ( $\varnothing$  KSR), Oberflächenzustände und Fehlertiefen gesammelt. Um aussagekräftige Stichprobengrößen in jedem Cluster zu erhalten, wurden bei den Typ I-A-Probekörpern Fehlertiefen bis zu einer Differenz von  $\pm 0,5$  mm zusammengefasst. Alle ausgewerteten Cluster enthielten auf dieser Basis zwischen 9 und 24 Resultate. Anschließend wurden für jedes Cluster die Durchschnittswerte der Zielgrößen POD, gemessene Fehlergröße und gemessene Fehlertiefe berechnet. Die angegebenen Durchschnittswerte der Größe der Ungängen und deren Durchmesser beziehen sich dabei nur auf die Summe der richtig-positiv Anzeigen der jeweiligen Cluster.

### Ergebnisse der ZfP-Ringversuche

Bild 5 zeigt die Auswertung der Ultraschallprüfungen an den Typ I-A-Probekörpern mit tief liegenden Ungängen. Auf der Ordinate ist die in Entdeckungswahrscheinlichkeit (POD) abgetragen. Die unterschiedlichen Schattierungen der Säulen repräsentieren dabei die drei Oberflächenqualitäten der Prüfkörper. Die vier Säulenscharen sind entsprechend der eingebrachten Fehlergröße auf der Abszisse sortiert. Die orangefarbene Kurve gibt die mittlere POD für die verschiedenen Fehlergrößen an. Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass insbesondere kleine Ungängen in den Ringversuchen nur sehr unzuverlässig detektiert wurden. Gleichzeitig zeigt sich der große Einfluss der Oberflächenrauigkeit auf die Fehlererkennung, insbesondere bei kleinen Fehlergrößen.

Bild 6 zeigt den Zusammenhang von Fehlergrößenbestimmbarkeit und Oberflächengüte der Typ I-A-Probekörper. Auf der Ordinate ist die prozentuale Abweichung der mit dem UT-Verfahren gemessenen Größe der Ungänge von der realen Größe

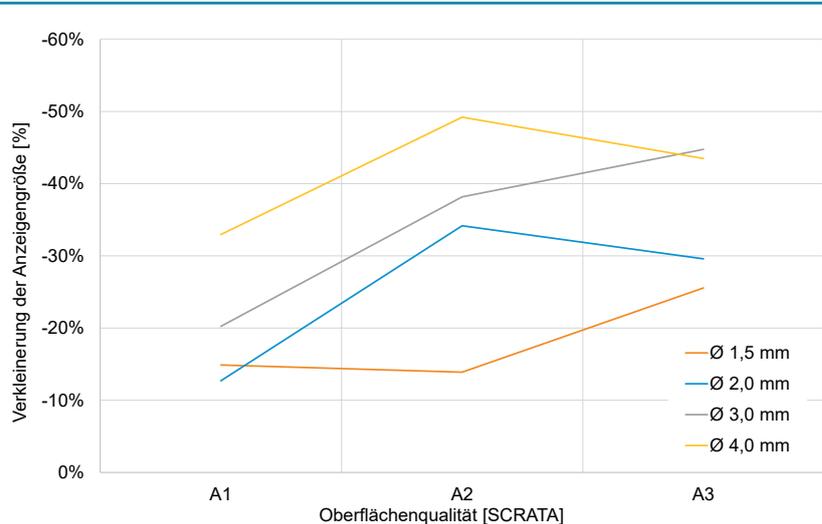


Bild 6: Ergebnisse der Ringversuche: Verkleinerung der Größenanzeige an Typ I-A-Probekörpern.

der Flachbodenbohrung aufgetragen. Da die Ungängen im Durchschnitt der jeweiligen Cluster immer als zu klein eingeschätzt wurden, wird im Diagramm von einer Verkleinerung der Anzeige gesprochen. Aus dem Diagramm lassen sich zwei Trends ableiten. Erstens, dass die Größe kleinerer Ungängen, wenn sie überhaupt detektiert werden, anscheinend exakter bestimmt werden kann als bei größeren. Zweitens, dass die

GIESSEREIBEDARF 

# HOHNEN & CO

MODELLBAUBEDARF 

Seit Jahrzehnten führend durch ein breites und tiefes Produktsortiment der Bereiche

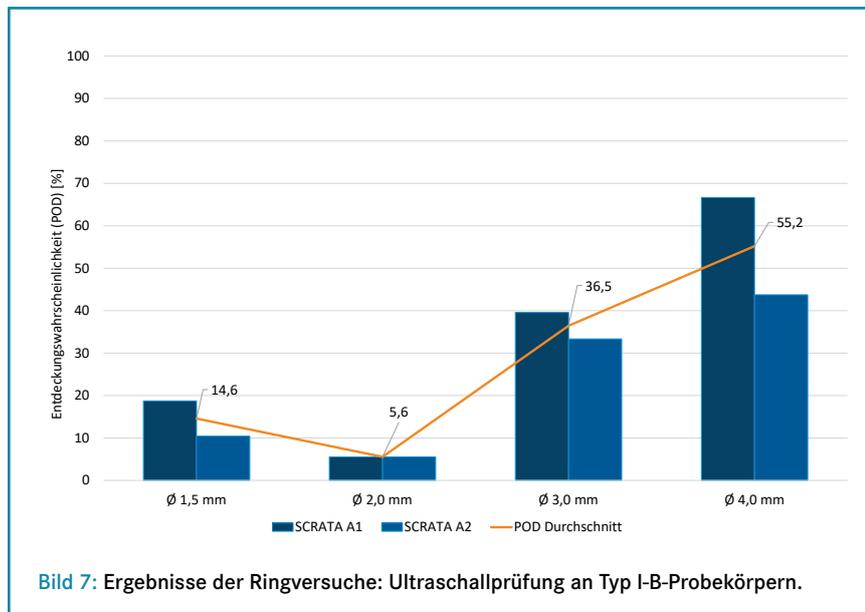
- Gießereibedarf
- Modellbaubedarf
- Werkzeugharze einschl. Zubehör

Wir sind Vertriebspartner des gesamten Toolingprogrammes von




**Auswahl - Qualität - Service**

Hohnen & Co.KG | Lipper Hellweg 47  
33604 Bielefeld  
Tel. (0521) 9 22 12-0 | E-Mail: info@hohnen.de  
www.hohnen.de | shop.hohnen.de



Größenbestimmung einer Inhomogenität stark durch die Oberflächenqualität der Prüffläche beeinflusst wird. Bei einer Flachbodenbohrung ab  $\varnothing$  2,00 mm (KSR 2) verdoppelt sich die Abweichung der bestimmten Größe vom Sollwert bei einer Verschlechterung der Oberflächenqualität von SCRATA A1 auf SCRATA A2. Auf eine detaillierte Auswertung zur Bestimmbarkeit der Tiefe des Reflektors wurde verzichtet, da diese in allen Fällen sehr genau erfolgte. Alle Prüfer waren besser darin, die Tiefe einer Ungänge zu bestimmen und hatten Schwierigkeiten mit der korrekten Ermittlung der Größe.

Die plattenförmigen Typ I-B-Probekörper mit oberflächennahen Inhomogenitäten wurden entsprechend den Vorgaben der Prüfnormen [6, 7] mit der S/E-Prüftechnik untersucht. Alternativ wäre die Untersuchung mit Winkelprüfköpfen zulässig gewesen, diese wurden jedoch von keinem Prüfer eingesetzt. Von der Kombination von S/E-Prüfköpfen und der AVG-Methode zur Fehlergrößenbestimmung wird in den Regelwerken abgeraten. Im Rahmen der Ringversuche zeigte sich jedoch, dass dieses Vorgehen entgegen den Ratschlägen in den meisten Gießereien zum Stand der Technik gehört.

**Bild 7** zeigt die POD, aufgetragen über der Größe der Flachbodenbohrung ( $\varnothing$  KSR). Die beiden unterschiedlichen Schattierungen der Säulen stehen für die beiden verschiedenen Oberflächenrauhigkeiten. Wie bei den Untersuchungen an tiefliegenden Ungängen zeigt sich der deutliche Unterschied in der Detektierbarkeit in Abhängigkeit der Oberflächenrauigkeit über alle Größen der Inhomogenitäten hinweg. Die orangefarbene Linie zeigt die durchschnittliche POD je eingebrachter Flachbodenbohrung. Auffällig ist hierbei, dass Flachbodenbohrungen mit  $\varnothing$  2 mm anscheinend schwerer zu detektieren sind als die vermeintlich kleineren Fehler mit  $\varnothing$  1,5 mm. Dies ist dem Probekörperdesign geschuldet, welches lediglich 14 Flachbodenbohrungen pro Probekörper vorsah. Die Kombination aus vier Fehlergrößen und vier Fehlertiefen hätte 16 unterschiedlicher Flachbodenbohrungen bedurft, daraus folgend wurden zwei Fehlertiefen/-Durchmesser-Kombinationen der Flachbodenbohrungen mit  $\varnothing$  2 mm und  $\varnothing$  3 mm mit einer größeren Tiefe als 5 mm nicht untersucht. **Bild 8** zeigt jedoch den deutlichen Anstieg in der POD ab einem Fehlerabstand von  $d = 5$  mm zur Prüffläche. Das bedeutet, dass die PODs in **Bild 7** für Ungängen  $\varnothing$  2,0 mm und  $\varnothing$  3,0 mm vergleichsweise konservativ darstellt.

## Fazit

Die Auswertung der umfangreichen Prüfergebnisse für die Bauteile verdeutlicht, dass die mechanisch-technologischen Eigenschaften von Gussbauteilen von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst werden. Die statistische Auswertung zeigt keine eindeutige Korrelation von Werkstoffeigenschaften und Wanddicke. Die Fokussierung der aktuellen Regelwerke auf eine „maßgebende Wanddicke“, d. h. der Versuch, die Einflüsse von Erstarrungszeit und Wärmeleitung bei der Vergütung auf die Entwicklung der Werkstoffkennwerte durch einen einzigen Parameter (Wanddicke) abzubilden, erscheint nicht zielführend.

Es wird deutlich, dass eine differenzierte Betrachtung der Metallurgie und Gießtechnik erforderlich ist, um eine präzise Vorhersage der Werkstoffeigenschaften

bei komplexen Bauteilgeometrien zu ermöglichen. Die Bedeutung der Gießprozesssimulation für die Identifikation und Optimierung von problematischen, d. h. fehleranfälligen und werkstoffparameterkritischen Bauteilbereichen ist evident. Aus Sicht der Autoren stellt die bisherige Nachweispraxis für die Werkstoffkennwerte auf der Basis von Ersatzproben keine hinreichend sichere Methode für die Bestimmung der maßgebenden Festigkeitskennwerte für bruchmechanische Bemessungsansätze dar. Es wird daher dringend empfohlen, ersatzweise eine umfangreiche Erstmusterprüfung bei der Bestellung eines neuen Bauteils zu vereinbaren. Dabei können sowohl die mechanischen Eigenschaften in den verschiedenen Bauteilbereichen geprüft als auch die Übertragbarkeit der an mitgegossenen Prüfblöcken ermittelten Werkstoffkennwerte für einen Einsatz in der Serienfertigung validiert werden.

Die ZfP-Ringversuche bestätigten die vermutete starke Korrelation von Oberflächengüte und Detektierbarkeit von Ungängen bei der Ultraschallprüfung. Die dargestellten Ergebnisse sollen dabei keinesfalls grundsätzliche Zweifel an der allgemeinen Anwendbarkeit der Prüfverfahren wecken. Die Ergebnisse der untersuchten Flachbodenbohrungen  $\varnothing$  1,5 mm und  $\varnothing$  2,0 mm sind lediglich für die Prüfung von Anschweißenden und Sonderrandzonen in hoch beanspruchten Bauteilen nach [7] relevant. Für die Anwendung der häufig vereinbarten DIN EN 12680-1 gelten Ungängen erst ab  $\varnothing$  3,0 mm KSR als registrierpflichtige Anzeigen. Trotzdem sollte grundsätzlich hinterfragt werden, ob die Anwendbarkeit der DIN EN 12680-2 im Rahmen der in dieser genannten Randbedingungen tatsächlich gegeben ist. In beiden Ultraschallprüfnormen wird für die Verwendung der Prüftechnik eine Oberflächenbeschaffenheit von 4 S1 oder 4 S2 nach [8] empfohlen. DIN EN 1370 setzt die BNIF-Oberfläche 4 S1 mit einer SCRATA A3-Oberfläche näherungsweise gleich, BNIF 4 S2 wird mit SCRATA A2 gleichgesetzt. Die Ergebnisse der Ringversuche zeigen jedoch, dass die Detektierbarkeit generell und insbesondere die Größenauflösung der UT-Anzeigen schon ab einer Oberflächenqualität entsprechend SCRATA A2 stark abnimmt. Insbesondere die oberflächennahen Ungängen, untersucht in den plattenartigen Probekörpern, bereiteten allen teilnehmenden Prüfern große Schwierigkeiten. Die Empfehlung in der Ultraschallprüfnorm, Bauteile grundsätzlich von beiden gegenüberliegenden Oberflächen zu prüfen, ist in diesem Zusam-

menhang besonders hervorzuheben, d. h. zu empfehlen. Bild 8 zeigt den Anstieg der POD bei Fehlertiefen von mehr als 5 mm. Da diese oberflächennahen Fehler aus strukturmechanischer Sicht besonders kritisch sind, ist ihre zuverlässige Detektion von größter Bedeutung. Durch die Prüfung von der Bauteilrückseite aus würden die schwer detektierbaren „oberflächennahen Inhomogenitäten“ ( $t \leq 5$  mm) der plattenförmigen Typ I-B-Probekörper zu „tiefliegenden Ungängen“ ( $t \geq 40$  mm). Dies würde die Wahrscheinlichkeit ihrer Entdeckung im Rahmen der UT-Prüfung um ein Vielfaches erhöhen. Grundsätzlich konnte beobachtet werden, dass die Qualifikation des Prüfpersonals das wichtigste Merkmal bei allen ZfP-Verfahren darstellt. Obwohl auf eine explizite Auswertung nach der Qualifikation und Erfahrung der Prüfenden verzichtet wurde, zeigten die Ergebnisse der Ringversuche eine Abhängigkeit vom Wissensstand und Können der Prüfer. Insbesondere bei der relativ anspruchsvollen Ultraschallprüfung sollte sowohl die Fertigkeit als auch das theoretische Wissen der Prüfer im Zentrum aller qualitätssteigernden Maßnahmen stehen.

[www.kit.eu](http://www.kit.eu), [www.hs-offenburg.de](http://www.hs-offenburg.de)

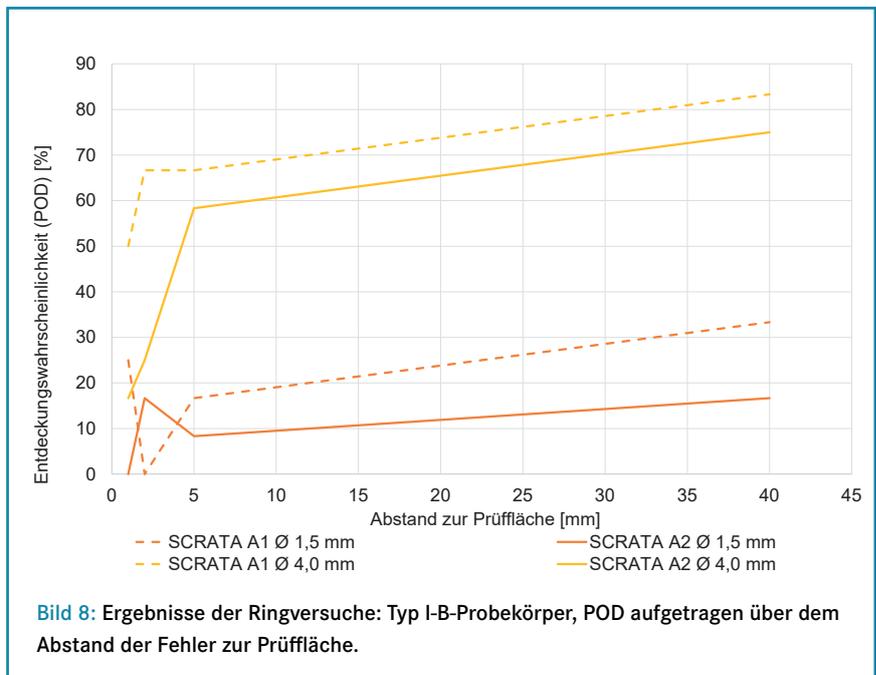


Gefördert durch:



Das IGF-Vorhaben Nr. 21313 N „DeQaGuss – Definition neuer Qualitätskriterien zur Beurteilung der Tragfähigkeit von Stahlgussbauteilen auf Basis von zerstörungsfreien und zerstörenden Prüfungen“ der Forschungsvereinigung Gießereitechnik e.V. (FVG) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Marcel Mott, M.Sc., Prof. Dr.-Ing. Thomas Ummenhofer, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Otto-Ammann-Platz 1, Karlsruher Institut für Technologie (KIT); Prof. Dipl.-Ing. Dietmar Kohler, Dominik Stetter, M. Sc., Hochschule Offenburg, Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik, Kontakt: [marcel.mott@kit.edu](mailto:marcel.mott@kit.edu), [dietmar.kohler@hs-offenburg.de](mailto:dietmar.kohler@hs-offenburg.de)



**Bild 8:** Ergebnisse der Ringversuche: Typ I-B-Probekörper, POD aufgetragen über dem Abstand der Fehler zur Prüffläche.

#### Literatur

- [1] M. J. Spannaus, *Bemessung von Erzeugnissen aus Stahlguss unter vorwiegend ruhender Beanspruchung*. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe: 2016.
- [2] S. Nagel, „Design of Cast Steel Components under Cyclic Loading“, Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften, KIT-Karlsruher Institut für Technologie, KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, 2021.
- [3] DIN EN 1559-2:2014 *Gießereiwesen Technische Lieferbedingungen: Teil 2: Zusätzliche Anforderungen an Stahlgussstücke*, DIN EN 1559-2, DIN-Normenausschuss Eisen und Stahl (FES); DIN-Normenausschuss Gießereiwesen (GINA), DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), Berlin, Dez. 2014.
- [4] DIN EN 10340:2008 *Stahlguss für das Bauwesen*, DIN EN 10340, Normenausschuss Eisen und Stahl (FES), Berlin, Jan. 2008.
- [5] R. Wlodawer, *Die gelenkte Erstarrung von Stahlguß*, 2. Aufl. Düsseldorf: Giesserei-Verlag, 1967.
- [6] DIN EN 12680-1:2003 *Gießereiwesen-Ultraschallprüfung: Teil 1: Stahlgussstücke für allgemeine Verwendung*, DIN EN 12680-1, Normenausschuss Gießereiwesen (GINA), Berlin, Jun. 2003.
- [7] DIN EN 12680-2:2003 *Gießereiwesen-Ultraschallprüfung: Teil 2: Stahlgussstücke für hoch beanspruchte Bauteile*, Deutsche Fassung EN 12680-2:2003, DIN EN 12680-2, Normenausschuss Gießereiwesen (GINA), Berlin, Jun. 2003.
- [8] DIN EN 1370:2011 *Gießereiwesen: Bewertung des Oberflächenzustandes*, DIN EN 1370, Normenausschuss Gießereiwesen (GINA), Berlin, Mrz. 2012.
- [9] Nagel, S.; Spannaus, M.; Ummenhofer, T.: *Stahlguss – ein unterschätzter Werkstoff in: Kuhlmann, U. [Hrsg.] Stahlbau-Kalender 2019. Verbindungen, Digitales Planen und Bauen*. Berlin: Ernst & Sohn, S. 433–479, 2019



Forschungsprojekt ReGAIN für nachhaltige Prozesse

## Resiliente Automotive-Gießereien durch AI-gestützte Assistenten

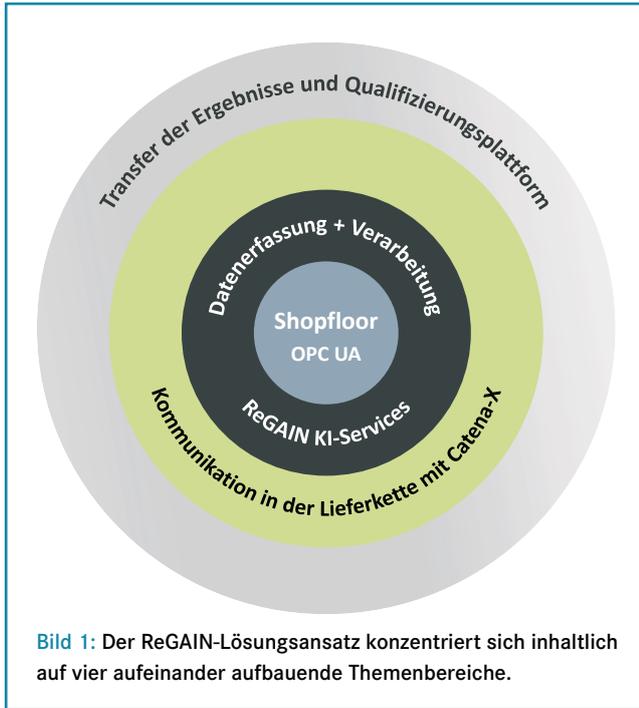
Seit Oktober 2023 wird das Verbundprojekt ReGAIN (Resiliente Automotive-Gießereien durch Einsatz AI-gestützter Assistenten für nachhaltige Prozesse) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz BMWK im Rahmen der Förderrichtlinie „Investitionsprogramm zur Modernisierung der Produktion in der Fahrzeughersteller- und Zulieferindustrie (Kopa35c)“ mit einer Laufzeit von 3 Jahren gefördert. ReGAIN verfolgt den Ansatz der digitalen Verknüpfung von Gießereiproduktionssystemen zur Steigerung von Effizienz, Flexibilität, Resilienz und Nachhaltigkeit.

VON KAI KERBER, DIERK HARTMANN, ANNA-SOPHIA WILDE, CHRISTOPH HERRMANN, TIM KAUFMANN, LEOPOLD BECK

In der GIESSEREI 110 (2023) Heft 12, Seiten 24 und 25 wurde erstmals über das Projekt ReGAIN berichtet. Die aktuelle Publikation soll nun einen ersten detaillierten Überblick über die Projektziele und Arbeitsinhalte geben. Zudem stellt sie damit den Beginn einer Reihe von weiteren ReGAIN-bezogenen Publikationen dar, in denen an dieser Stelle eingehend über erreichte Ergebnisse aus den später erläuterten unterschiedlichen Prozessclustern und Arbeitspaketen berichtet wird.

### Das Projekt kurzgefasst

Ziel des Projekts ist es, die komplexen Gießereiproduktionssysteme zu einem umfassend vernetzten Wertschöpfungssystem zu integrieren und mit der geschaffenen digitalen Transparenz neue digitale Fertigungskonzepte zu realisieren. Nur so können die wachsenden Anforderungen an die Resilienz und Nachhaltigkeit zukunftsfähiger Produktionssysteme bei gleichzeitig maximalen Grad an Fertigungsflexibilität und Interoperabilität erfüllt werden. Als Konsequenz lassen sich mit dem ganzheitlichen digitalen Lösungsansatz bisher nicht genutzte Energie- und Ressourceneffizienzpotenziale für eine ökologisch



nachhaltige Gießerei-Industrie im Sinne des 2021 aktualisierten „European Green Deal“ erschließen. ReGAIN wird die Grundlagen schaffen, dass zukünftig für jedes Gießereiprodukt ein digitaler Produktpass einheitlich definiert und unter Anwendung und Orientierung an Catena-X verfügbar ist. Zur Erreichung dieser Ziele werden im Projekt (i) standardisierte konzeptionelle und logische Datenmodelle geschaffen, (ii) KI- und Simulationsansätze zur Optimierung multipler Zielgrößen und ein KI-App-Ökosystem „ReGAIN KI-Services“ zur förderierten ML und Datenanalytik entwickelt sowie (iii) die Ergebnisse in eine branchenweite und -übergreifende Standardisierung und Technologietransfer überführt (Bild 1).

## Rahmenbedingungen

Die deutsche Automobil- und Zulieferindustrie sieht sich mit massiven wirtschaftlichen Belastungen konfrontiert, welche durch Umsatzeinbrüche der Corona-Pandemie initiiert und nun durch stark steigende Energie- und Rohstoffkosten aufgrund des Ukraine-Kriegs intensiviert wurden.

Die Gießerei-Industrie beschäftigt in rund 600 Eisen-, Stahl- und Nichteisenmetallgießereien 70 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, wobei der Anteil der Aluminiumgießereien im Bereich der Nichteisenmetallgießereien bei über 85 % liegt. Deutschland steht mit einem Aluminiumguss-Produktionsvolumen von 996 Mio. t in 2019 (Produktionswert 4,7 Mrd. EURO) und 653 Mio. t im Jahr 2020 europaweit an erster, weltweit nach China, den USA und Indien an vierter Stelle. 85 % der produzierten Gussteile finden im Straßenfahrzeugbau Anwendung [1]. Die wirtschaftliche Bedeutung der mittelständisch strukturierten Branche ergibt sich aus ihrer klassischen Lieferfunktion und ihrer Rolle als Schlüsselbranche für die Automobil- und Maschinenbauindustrie. Aus dieser führenden Stellung heraus müssen sich Gießereien den aktuellen unmittelbaren Krisen, vielfältigen technologischen, wirtschaftlichen und in der Nachhaltigkeit begründeten Herausforderungen sowie einem stärker werdenden Wettbewerbsdruck stellen: Explodierende Energie- und Rohstoffpreise, Konkurrenz aus Schwellenländern, erhöhte Ansprüche an Flexibilität und Resilienz, steigender Liefer- und Qualitätsdruck, das strategische Ziel eines

CO<sub>2</sub>-neutralen Europas und die zunehmende Globalisierung erzwingen neue Ansätze, um für die deutschen Gießereien die Wettbewerbsfähigkeit zu halten und die hier angesiedelten Fertigungsstandorte zu sichern.

Eine nachhaltige Sicherung der Zukunftsfähigkeit erfordert vor diesem Hintergrund die konsequente Weiterentwicklung der Prozesstechnologie sowie einer Effizienzsteigerung durch die Anwendung intelligenter, adaptiver Fertigungstechniken. In der Digitalisierung der komplexen Prozesskette einer Gießerei steckt ein enormes Potenzial, um die Fertigung von Gusskomponenten resilienter, nachhaltiger und flexibler zu gestalten. Ein zusätzlicher positiver Nebeneffekt ist das Kompensieren des in der Gießerei-Industrie stetig wachsenden Fachkräftemangels unter anderem durch den demografischen Wandel. So gaben in einer Umfrage des ifo-Instituts im Auftrag des Bundesverbands der deutschen Gießerei-Industrie (BDG) für das Jahr 2020, 20 % der Unternehmen an (Tendenz steigend), dass sie aufgrund des Fachkräftemangels signifikante Produktionshinderungen zu verzeichnen hatten [2].

Aluminiumwerkstoffe spielen bei der Herstellung von Gusskomponenten für die Automobil- und Verkehrstechnik eine herausragende Rolle, da sie als Leichtbauwerkstoffe eingesetzt werden und aufgrund ihrer Eigenschaften und Verarbeitbarkeit in den unterschiedlichsten Gießprozessen ein extrem breites Anforderungsspektrum im obigen Sinne erfüllen können. Diese Anforderungen können durch eine aktuell ungenügende Prozesstransparenz und Prozessstabilität nicht erfüllt werden, denn die nichtlinearen und multikriteriellen Abhängigkeiten der Prozessparameter führen zu einer erschwerten Definition eines robusten und stabilen Prozesses, woraus erhöhte Ausschussraten und in der Folge eine Erniedrigung von Energie- und Rohstoffeffizienz resultieren. Der Nutzen ganzheitlich digitalisierter Fertigungssysteme ergibt sich aus der Verfügbarkeit der prozess- und produktrelevanten sowie qualitätsrelevanten Daten, mit denen über spezifische Bewertungs- und Analysemethoden komplexes Wissen erschlossen, angewendet und gespeichert werden kann. Um dieses Potenzial nutzbar zu machen, müssen einige Randbedingungen in Betracht gezogen werden: Die Gießerei-Industrie ist geprägt durch eine starke Durchmischung von Neu- und Bestandsanlagen in einem häufig historisch gewachsenen Fabrikumfeld. In diesen heterogenen Brownfield-Umgebungen ist eine vollständige Digitalisierung der Produktion mit Herausforderungen wie analogen Kommunikationswegen, fehlenden Konnektivitäten, Medienbrüchen und einer Vielzahl unterschiedlicher Maschinensteuerungen verbunden.

## Problemstellung

Daraus ergeben sich folgende Problemstellungen (Pain Points) für die Gießereibranche:

- > Datenakquise erfolgt häufig auch in Schlüsselprozessen noch manuell, eine vollautomatische, systemübergreifende Datenerfassung existiert nur in den seltensten Fällen
- > Medienbrüche existieren zwischen bestehenden Systemen und manuellen Informationserfassungen
- > die Datenqualität ist häufig stark heterogen und nicht ausreichend gut für datengetriebene Optimierungen
- > eine effektive Datennutzung von Prozessdaten erfolgt oft nicht oder nur in geringem Umfang
- > die Prozessoptimierung findet annahme- und erfahrungsbasiert und mittels Trial-and-Error statt
- > Simulationen der Prozesse werden nicht prinzipiell produktionsbegleitend genutzt; multiparametrische Zusammenhänge sind nicht erkennbar

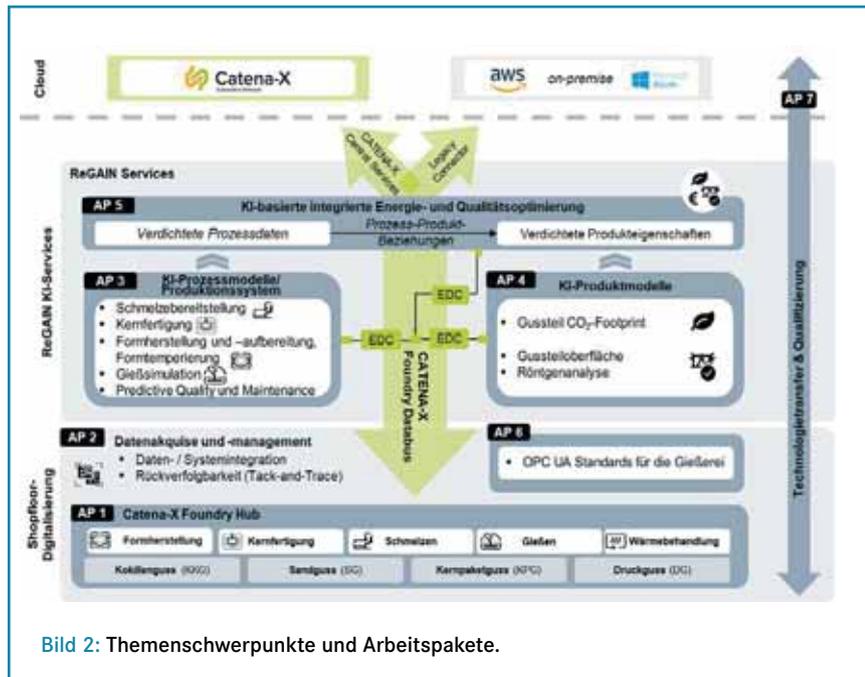


Bild 2: Themenschwerpunkte und Arbeitspakete.

### Zielsetzung

Die beschriebene Ausgangslage definiert die übergeordneten Ziele des Projekts. Die daraus abgeleiteten inhaltlichen Themenbereiche des Lösungsansatzes sind in Bild 1 zusammenfassend skizziert. Die Grundlage bildet die bedarfsorientierte Digitalisierung der im Projekt adressierten Fertigungssysteme Kokillen-, Sand- einschließlich Kernfertigung und Kernpaketguss sowie Druckguss. Die jeweilige Projektarbeit ist in unterschiedlichen Arbeitspaketen organisiert (Bild 2).

Im Folgenden werden die Themenschwerpunkte und Inhalte der in Bild 2 skizzierten Arbeitspakete beschrieben:

- > Hohe Ausschussquoten und geringe Prozessstabilität führen zu einer nicht mehr akzeptablen Ressourcen- und Energieeffizienz
- > Nachhaltige Prozessoptimierung ist daher nicht vollständig umsetzbar
- > Flexible, resiliente und effiziente Prozesse können so nicht realisiert werden

Aus den beschriebenen Pain Points ergibt sich die übergeordnete Problemstellung, dass eine Vielzahl von Effizienzpotenzialen aktuell nicht ausgeschöpft werden. Diese sind einerseits wirtschaftlicher Natur, da zum Beispiel durch Prozessoptimierungen und einer Verringerung der Ausschussquote die Produktionskosten gesenkt werden können. Andererseits gibt es erhebliche Potenziale im Bereich der ökologischen Nachhaltigkeit, welche beispielsweise durch eine Prozessoptimierung für reduzierte Energieverbräuche, aber auch durch eine zielgerichtete energieoptimierte Anlagenbelegung gehoben werden können. Um diese Effizienzpotenziale nutzen und wie zuvor beschrieben die steigenden Anforderungen erfüllen zu können, ist die vollständige Digitalisierung der Produktion notwendig. Hieraus resultieren vier zentrale Forschungsbedarfe:

- > Wie kann in Brownfield-Umgebungen ein bestehender Maschinenpark mit einem Mix an verfügbaren Steuerungen kosteneffizient digitalisiert werden?
- > Welche KI- und Simulationsmethoden sind für die nachhaltige, kosteneffiziente und resiliente Gestaltung der Gießereiindustrie geeignet und zu integrieren?
- > Wie können Applikationen/Assistenzsysteme Ökosystemunabhängig bzw. übergreifend eingeführt werden, um die Heterogenität an Sonderlösungen im Gießereiumfeld adressiert zu bekommen?
- > Wie können die Ergebnisse branchenintern und branchenübergreifend in Brownfield-Umgebungen transferiert werden?

Hiervon ausgehend ergibt sich als übergeordnetes Ziel die Steigerung der Ausbringung bei gleichzeitiger Reduzierung des Energieverbrauchs. Damit ist die Minimierung des Ausschusses, die Stabilisierung und Optimierung der Prozesse, die Steigerung der Energieeffizienz sowie der Wirtschaftlichkeit erreichbar.

- > Datenerfassung und -verarbeitung, System- und Plattformentwicklung (AP 1, 2): Entwicklung eines Moduls zur Datenaggregation, Aufbereitung (Harmonisierung), Bereitstellung und Archivierung, das als Basis Services zur Analyse und Interpretation der Daten dient
- > Steigerung von Effizienz, Flexibilität und Resilienz (AP 3, 4 & 5): Entwicklung von modellbasierten Entscheidungsunterstützungen zur Steigerung der Effizienz, Flexibilität und Resilienz auf dem Shopfloor für verschiedene Prozesse und das gesamte Produktionssystem
- > Datengetriebene Prozessoptimierung für Gießereianwendung (AP 3, 4 & 5): Entwicklung prozessübergreifender und teilweise branchenübergreifender ML-Dienste für verschiedene Anwendungsfälle zur Steigerung der Effizienz und Qualität von Prozessen und Prozessketten
- > Unternehmensübergreifende Fertigungs- und Qualitätsdokumentation (AP 1, 2 & 6): Entwicklung eines generischen CATENA-X-basierten Datenbusses zum organisationsübergreifenden Datenaustausch, Entwicklung von generischen Plattformen zur Datenakquise und für die Modellbetreuung und zur Standardisierung des Datenaustausches
- > Verbesserung der Ressourcen- und Energieeffizienz (AP 4 & 5): Entwicklung von dynamischen Energiesimulationen für die Identifikation und Optimierung des Ressourcen- und Energieverbrauchs verschiedener Produktionssysteme und Einbindung der Dimension Ressourcen- und Energieeffizienz in die Systeme zur Prozessoptimierung
- > Unterstützung von Transfermaßnahmen (AP 6 & 7): Entwicklung von Leitfäden, Standards und innovativen Qualifizierungskonzepten für verschiedene Anwendergruppen, Veröffentlichungen und Verbreitung der Ergebnisse

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Arbeitspakete sowie den dort involvierten Partnern erfolgt im Rahmen der vorgesehenen Folgepublikationen aus den Prozessclustern. Eine Übersicht der insgesamt beteiligten Partner zeigt Bild 3.

### Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele

Die skizzierten ReGAIN-Projektziele und -Querschnittsaspekte werden von den wissenschaftlich-technischen Arbeitszielen direkt adressiert. Die effiziente Bearbeitung erfolgt im Rahmen von folgenden Teilzielfeldern:



14.06.2024

Große Gießereitechnische Tagung 2024 – Salzburg: Forschungsprojekt ReGAIN

1

**Bild 3:** Die ReGAIN-Partnerstruktur gliedert sich in die vier Bereiche Gießereizulieferer und Softwareentwicklung, Gießerei, Forschung und Entwicklung sowie Verbände. Die hier angeführten Unternehmen erhalten Fördermittel des BMWK. Die assoziierten Partner bleiben ungefördert, beteiligen sich aber auch an verschiedenen Themen- und Aufgabenstellungen des Projekts.

### Standardisierte Datenmodelle und Schnittstellen für CATENA-X

Teilziel von ReGAIN ist es, einheitliche Datenaustauschmechanismen auf Basis von CATENA-X für alle Bereiche der Gießereiindustrie verfügbar zu machen. Um die besonderen Herausforderungen des Brownfields in Bezug auf die heterogenen Maschinen und somit Datenstruktur meistern zu können, werden innerhalb des Projekts standardisierte Methoden zur Datenakquisition und Datenspeicherung unter Achtung der Daten-Souveränität entwickelt, die u. a. über standardisierte EDC-Verbindungen in einem Foundry Databus zusammengeführt werden. Darauf aufbauend wird ein nachhaltiges Konzept für das Qualitätsmanagement der Ressource-Daten im Brownfield-Kontext entwickelt (Data Governance) mit dem für alle Produkte u. a. ein digitaler Produkt- bzw. Materialpass zur Verfügung gestellt werden kann. Zudem wird eine wirtschaftliche Umsetzbarkeit bzw. Einsetzbarkeit der entwickelten Lösungen gewährleistet.

### KI- und Simulationsansätze zur Optimierung multipler Zielgrößen und KI-App-Ökosystem

Für eine effiziente Datennutzung werden Datenanalyse-Ansätze unterschiedlicher Analysentiefe bis zu KI-gestützten Methoden entwickelt. Hierbei werden die oben beschriebenen Pain Points im Bereich Prozessstabilität, Prozesssteuerung und -optimierung sowie Nachhaltigkeit adressiert. Teilziel des Vorhabens ist an dieser Stelle die Entwicklung einzelprozessspezifischer und prozessübergreifender KI- und Simulationsansätze, um multiple Zielgrößen zu optimieren und eine effektive Nutzung der gewonnenen Prozessdaten zu gewährleisten. Fokus liegt hier darauf, neben den ökonomischen und qualitativen Kriterien, für die Gestaltung und Optimierung von Prozessen ebenfalls die ökologische Perspektive in Richtung Ressourcen- und Energieeffizienz (z. B. CO<sub>2</sub>-Footprint) zu berücksichtigen. Durch

**Stahl-Scharnierbandförderer**  
- Auch in Edelstahl  
- Plattenstärke 2,5 oder 5 oder 8 mm

**Rollenbahnanlagen:**  
- Rollenbahnen  
- Übersetzer, Drehtische  
- Etagenlifte, Kurven...

**Werkstückträger-Transportsysteme**  
- Zuführstrecke zum Roboter  
- Für hohe Belastungen

**Gurtförderer**  
- für Stück- u. Schüttgüter  
- Muldengurtförderer

Gutenbergstraße 2  
D-67307 Göllheim

Tel.: +49 6351 / 1321-0  
Fax.: +49 6351 / 1321-22  
e-mail: kontakt@westa-web.de



**Bild 4:** Projektorganisation. Die Aufgaben der Projektleitung einschließlich der Einrichtung des Projektsekretariates wurde von der Oscar Frech GmbH & Co KG übernommen. Die Clusterleitung Kokillenguss liegt am Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik der Technischen Universität Braunschweig, die Clusterleitung Sandguss und Kernfertigung am Institut für Produktion und Informatik der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Kempten und die Clusterleitung Druckguss am Institut für Schweißtechnik der Technischen Universität Braunschweig.

die Optimierung der Zielgrößen können Prozesse sowie die gesamte Prozesskette effizienter im Hinblick auf Prozessstabilität und Energie- und Ressourceneffizienz ausgelegt werden. Gleichzeitig ermöglichen die Ansätze eine flexible und resiliente Gestaltung und den Betrieb der Prozesse und Prozessketten. Die entwickelten Ansätze werden in Assistenzsysteme und App-Umgebungen eingegliedert, um eine barrierefreie Nutzung zu ermöglichen.

Grundlegende Strategie für die zu entwickelnden KI-Ansätze ist die Verwendung von federated und transfer learning-Modellen – also die Schaffung von übertragbaren KI-Komponenten. Damit wird das Ziel verfolgt, die Ansätze möglichst standardisiert und transferierbar zu entwickeln, um Insellösungen zu vermeiden. Ein weiteres Arbeitsziel besteht in der Bereitstellung der entwickelten Lösungen im CATENA-X-Ökosystem, wobei auch Potenziale im Kontext der Manufacturing-X-Initiative eruiert werden sollen.

Wissenschaftliches und technisches Arbeitsziel für alle Prozesscluster ist in diesem Bereich daher die Entwicklung von generischen KI- und Simulationsansätzen zur Optimierung multipler Zielgrößen und die Entwicklung eines möglichst plattformunabhängigen KI-App-Ökosystems für eine barrierefreie Nutzung.

### OPC UA-Standardisierung und Technologietransfer

Um die Ergebnisse des Projekts sowohl branchenintern als branchenübergreifend nutzbar zu machen, ist ein weiteres Ziel die branchenweite und übergreifende Standardisierung der im Projekt entwickelten Technologien. Dazu gehören die Standardisierung von OPC UA-Schnittstellen und der damit verbundenen Datengewinnung sowie der Transfer der Technologien zur Bauteilrückverfolgbarkeit. Dazu werden bestehende harmonisierte Metastandards (Richtlinien, Asset Administration Shell, etc.) berücksichtigt, um eine Interoperabilität auch über den Bereich der Gießereien hinweg zu gewährleisten. Um eine lang-

fristige Nutzung der neu zu entwickelnden Schnittstellen zu gewährleisten, werden die OPC UA-Standards, falls geeignet, in die umati-Community [3] eingebracht. Für eine erhöhte Interoperabilität wird eine Gießerei-spezifische Implementierung der RAMI-Referenzarchitektur [4] und der entsprechenden Industrie 4.0-Verwaltungsschalen in allen Komponenten angestrebt. Für den standardisierten Transfer der Technologien werden nach Abschluss des Projekts unter anderem vom BDG verschiedenste Maßnahmen wie die Erstellung von Leitfäden und Online-Lerninhalten, die Entwicklung innovativer Qualifizierungsmöglichkeiten und die Einbindung der Inhalte in die Aus- und Weiterbildung entwickelt und durchgeführt.

### Projektorganisation

Die ReGAIN-Organisationsstruktur gewährleistet eine zielführende und reibungsfreie Bearbeitung des Projekts – sowohl inhaltlich als auch organisatorisch (Bild 4). Die Gesamtprojektleitung besteht aus Konsortialführung sowie Leiterinnen und Leitern der Prozesscluster. Die Arbeitspakete und Forschungsinhalte sind

Prozess- und Themenclustern zugeordnet, welche jeweils von einem Projektpartner (Clusterleiter – CL) koordiniert werden. Auch die Koordination zwischen den Strängen erfolgt hier. Die Prozesscluster bündeln die Expertisen zu den Verfahrensorten Kokillenguss, Sandguss und Druckguss, die Themencluster die Expertisen zu den Querschnittsthemen Digitalisierung, KI sowie Transfer und Qualifikation. Jeder Projektpartner hat demnach neben dem übergreifenden Projektleiter jeweils noch mindestens einen CL als Ansprechpartner, wodurch die Koordination des umfangreichen Konsortiums effektiv gestaltet wird und auch wenig F&E-erfahrene Partner eng betreut werden können. Die Verbände fokussieren Arbeiten zu Standardisierungs-, Qualifizierungs- und Transfermaßnahmen.

<https://forschung.hs-kempten.de/de/forschungsprojekt/358-regain>

*Kai Kerber, Oscar Frech GmbH + Co. KG; Prof. Dr.-Ing. Dierk Hartmann, Leopold Beck, Institut für Produktion und Informatik, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Kempten; Anna-Sophia Wilde, Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik, TU Braunschweig; Tim Kaufmann, CommaSoft AG*

### Literatur

- [1] BDG-Branchenreport „Die Deutsche Gießereibranche 2020“
- [2] Monographie (Autorenschaft) Guss 2020 – Perspektiven für die deutsche Gießereiindustrie, Hans-Günther Vieweg, Michael Reinhard, ifo Institut, München, 2009, ifo Beiträge zur Wirtschaftsforschung/35
- [3] <https://umati.org/opc-ua-for-machine-tools-integrates-inventory-systems>; 05.06.2024, 11:25
- [4] <https://www.dke.de/de/arbeitsfelder/industry/rami40>; 05.06.2024, 11:30



# HÜTTENTAG

## BRANCHENTREFF DER STAHLINDUSTRIE

**19. NOVEMBER 2024, ESSEN**

### CALL FOR PAPERS

#### NACHHALTIGE ENERGIETRÄGER UND KÜNSTLICHE INTELLIGENZ – DIE NEUEN ERFOLGSFAKTOREN FÜR STAHL

Bei der klimafreundlichen Transformation der Industrie hat die Stahlbranche die Führung übernommen. Damit nachhaltigem Stahl der Durchbruch gelingt, braucht die Branche künftig neben wirtschaftspolitischem Rückenwind vor allem eine zuverlässige Versorgung mit grünem Strom und nichtfossilen Gasen wie Wasserstoff und Ammoniak. Künstliche Intelligenz unterstützt dabei und so ermöglichen Algorithmen und Datenverarbeitung erfolgreiche Optimierungen im Stahl. Doch wie ist der aktuelle Stand laufender KI-Projekte?

**Auf dem HÜTTENTAG 2024 sprechen Vorreiter und Industrievertreter zu den wichtigen Themen der Branche – Sie auch?**

#### REICHEN SIE JETZT IHREN VORTRAG EIN!

**KONTAKT:** DVS MEDIA GMBH  
Aachener Straße 172  
40223 Düsseldorf

Katrin Kuchler | Arnt Hannewald  
T: +49 211 1591-146 | -232  
katrin.kuechler@dvs-media.info  
arnt.hannewald@dvs-media.info

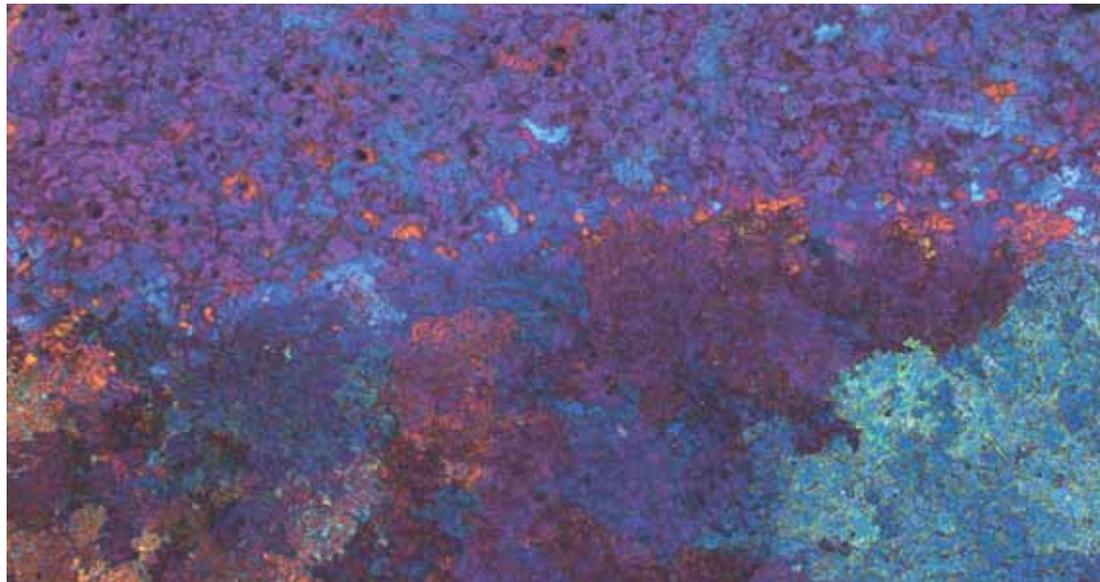
**SEIEN SIE DABEI!  
ANMELDUNG AB  
SOFORT MÖGLICH.**

[WWW.HUETTENTAG.DE](http://WWW.HUETTENTAG.DE)



VERANSTALTER:





Schliffbild der Verbundzone eines Multi-Material-Probekörpers bei 25-facher Vergrößerung.

FOTO: TUM

## Multi-Material-Injector-Casting

Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen (utg), Technische Universität München

Laufzeit: November 2022 bis Oktober 2024

Für Gussbauteile gilt es, eine Vielzahl an unterschiedlichen, teilweise konträren Anforderungen im späteren Einsatzbereich zu erfüllen. Häufig sind diese Anforderungen auf bestimmte Bauteilbereiche begrenzt, beziehungsweise unterschiedliche Bereiche eines Gussteils erfordern verschiedene Materialeigenschaften. Konventionelle Gießverfahren bieten nur begrenzte Möglichkeiten, lokale Materialeigenschaften während des Gießprozesses einzustellen. Daher wird in dem aktuellen Forschungsvorhaben „Multi-Material-Injector-Casting“ (DFG Projekt-Nr: 50 194 1276) am Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen (utg) die Fertigung von Bauteilen mit lokal unterschiedlichen Legierungszusammensetzungen mithilfe des Injector-Casting (ICA) Verfahrens untersucht. Dieses innovative Verfahren löst nicht nur bisherige Problematiken, beispielsweise durch Vermeidung von Oxideinschlüssen oder eine verbesserte gerichtete Formfüllung, sondern ermöglicht auch die Herstellung von Multi-Material-Gussbauteilen durch die Verwendung von zwei Schmelzen in einem Prozess.

Am utg wird nun eine Anlage aufgebaut, die das Gießen von zwei Schmelzen in einem ICA-Prozess ermöglicht. Die Legierungen werden dabei in zwei widerstandsbeheizten Öfen geschmolzen. Durch ein Tiegel-Stopfensystem erfolgt die Dosierung des Schmelzestroms und die Weiterleitung über Kanäle in die Injektoren. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde ein adaptives Gießsystem entwickelt, das sowohl die Zuführung über einen gemeinsamen als auch über zwei parallel montierte Injektoren ermöglicht. Dadurch soll sowohl ein vertikaler als auch ein horizontaler Werkstoffgradient im Versuchsbauteil realisiert werden. Die Varianten werden für den Einsatz im Sand- und Kokillengießen untersucht. Dabei stellt insbesondere die Durchmischung der Schmelzen aufgrund von Dichteunterschieden und Turbulenzen eine Herausforderung

dar und erfordert explizit eine Modellbildung. Hierzu werden umfangreiche Simulationen durchgeführt, um alle relevanten Ursache-Wirkungs-Ketten abschätzen zu können. Zur Validierung der Simulationsergebnisse werden an der Hochschule Augsburg Wassermodellversuche durchgeführt. Hierbei ermöglicht ein Stereo-Kamerasystem die Rekonstruktion der Strömungsverhältnisse mittels Tracer-Partikeln.

Neben den Herausforderungen bei der strömungstechnischen Auslegung des Prozesses ist zu berücksichtigen, wie sich die Kombination zweier Legierungen in einem Gussstück auf die chemische Zusammensetzung, das Mikrogefüge und die mechanischen Eigenschaften auswirkt. Diese werden sich von den Eigenschaften der ursprünglichen Legierungen unterscheiden. Um auch diese Einflüsse genau zu verstehen, werden thermodynamische Simulationen durchgeführt und die hergestellten Bauteile mittels Schliffbildern, EDS- und Funkenspektrometriemessungen untersucht. Erste Versuche im Sandgießen demonstrieren die Herstellbarkeit von Multi-Material-Probekörpern aus AlSi12 und AlSi9Cu3 in einem Prozess. Die metallografische Untersuchung dieser Proben zeigte, dass ein vertikaler Gradient der Legierungszusammensetzung realisierbar ist. Die Festigkeit der Verbundzone wurde in Zugversuchen untersucht.

Gefördert durch  
**DFG** Deutsche  
 Forschungsgemeinschaft

### Weitere Informationen:

**Maximilian Erber, M.Sc.; Prof. Dr.-Ing. Wolfram Volk**  
 Technische Universität München  
 Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen  
 Walther-Meißner-Str. 4  
 85748 Garching  
[maximilian.erber@utg.de](mailto:maximilian.erber@utg.de)  
[www.mec.ed.tum.de](http://www.mec.ed.tum.de)

## Forschungsprojekt BrakeClean – Produkt- und Prozessentwicklung für nachhaltige Bremsen im Automobilbereich

ENA-Elektrotechnologien und Anlagenbau GmbH, Staßfurt; Mercedes-Benz AG, Sindelfingen; Diamond Tooling Systems DTS GmbH, Kaiserslautern; ZASU Group GmbH, Holzgerlingen; Labor für Instrumentelle Analytik und Kunststoffanalytik, FH Münster; Institut für Umwelt & Energie, Technik & Analytik e.V. (IUTA), Duisburg

Laufzeit: Januar 2023 bis Dezember 2025

Das Thema Kreislaufwirtschaft, oftmals auch unter der Überschrift Cradle-2-Cradle (C2C) thematisiert, gewinnt vor dem Hintergrund gestiegener Rohstoffpreise, Lieferkettenabhängigkeit, langer Lieferzeiten und globaler Wettbewerbsfähigkeit für nahezu alle Branchen zunehmend an Bedeutung. Dabei ist das Thema insbesondere für die Gießerei-Industrie nichts Neues, sondern liegt vielmehr in der Natur der Sache und ist seit Jahren gelebte Praxis. Dennoch folgen der Brisanz der aufgeführten Umstände oftmals neue betriebliche Strategien, die den sich verändernden wirtschaftlichen Rahmenbedingungen Rechnung tragen sollen.

Vor diesem Hintergrund zielt das seitens der Europäischen Union und des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) geförderte Forschungsprojekt „BrakeClean“ auf die Entwicklung einer neuen betrieblichen C2C-Strategie im Bereich der Aluminiumverarbeitung. Zentraler Gegenstand des seitens der Mercedes-Benz AG koordinierten Forschungsprojektes ist das Inhouse-Recycling der während der Fertigungsprozesse angefallenen Aluminiumschrotte für die Fertigung neuartiger Bremscheiben, die den 2025 in Kraft tretenden EU-Vorgaben zum Feinstaub-Ausstoß bzw. zu den Bremsstaub-Emissionen gerecht werden sollen.

Zu diesem Zweck hat sich ein Projektkonsortium zusammengefunden, das in der Lage ist, die gesamte Prozesskette zur Fertigung der zu entwickelnden neuartigen Bremscheiben abzubilden, angefangen mit der ENA GmbH, der die Gussteilfertigung obliegt, über die Firma Diamond Tooling Systems, der die Bearbeitung der Rohgussteile zukommt bis zum Projektpartner ZASU, bei dem die fertig bearbeiteten Bremscheiben gegebenenfalls weitere Prozessschritte durchlaufen und anschließend auf dem Bremsenprüfstand getestet werden. Begleitet werden die Arbeiten von zwei Forschungseinrichtungen: dem Labor für Werkstofftechnik, Fügetechnik und Oberflächentechnik und dem Labor für Instrumentelle Analytik und Kunst-

stoffanalytik der FH Münster sowie dem Institut für Umwelt & Energie, Technik & Analytik e.V. (IUTA) in Duisburg. Während der FH Münster vor allem die Themen der Werkstoffcharakterisierung sowie der Tribofilmerzeugung und -Charakterisierung obliegen, quantifiziert und untersucht das IUTA die während des Bremsens emittierten Feinstaubpartikel.

Bei allen Projektpartnern kommen während und für die Umsetzung und Erreichung der Projektziele neuartige Ansätze und Methoden zum Einsatz. Mit Blick auf die Gussteilfertigung sind dies zum einen die Realisierung einer umfassenden digitalen Prozessfassung eines Gießplatzes, die die Echtzeiterfassung aller relevanten Prozessparameter in Bezug auf den Zustand der Schmelze innerhalb eines Ofens im Industriemaßstab, während der Schmelzebehandlung und des Abgießens, einschließlich der Überwachung des Gießwerkzeuges, beinhaltet. Des Weiteren soll ein neuartiges System zur Schmelzebehandlung entwickelt werden, um den Anforderungen der zu fertigenden Bremscheiben Rechnung zu tragen. Das übergeordnete Projektziel ist die skalierbare Fertigung neuartiger Bremscheiben, für deren Fertigung und Einsatz zusammengenommen deutlich weniger Emissionen anfallen als dies bei herkömmlichen Guss-eisen-Bremscheiben der Fall ist.

### Weitere Informationen:

#### Dr.-Ing. Eric Riedel

ENA-Elektrotechnologien und Anlagenbau GmbH  
Industriestr. 3  
39443 Atzendorf  
[eric.riedel@ena-mbh.de](mailto:eric.riedel@ena-mbh.de)  
[www.ena-mbh.de](http://www.ena-mbh.de)

#### Dr.-Ing. Ihsan Özer

Mercedes-Benz AG – Fahrwerk Vorentwicklung  
Béla-Barényi-Straße 1  
71063 Sindelfingen  
[ihsan.oezer@mercedes-benz.com](mailto:ihsan.oezer@mercedes-benz.com)  
[www.mercedes-benz.de](http://www.mercedes-benz.de)



Finanziert von der  
Europäischen Union  
NextGenerationEU

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Niederdruckguss in sauerstofffreier Atmosphäre zur Herstellung oxid-schichtfreier Verbundgussbauteile

Institut für Werkstoffkunde (IW), Leibniz Universität Hannover

Laufzeit: Januar 2024 bis Dezember 2027

In der bis Ende 2023 durchgeführten ersten Förderperiode des Teilprojekts A01 des Sonderforschungsbereichs 1368 „Sauerstofffreie Produktion“ an der Leibniz Universität Hannover konnte gezeigt werden, dass stoffschlüssige Werkstoffverbunde aus Aluminium und Kupfer in einer XHV-adäquaten Atmosphäre gießtechnisch ohne Hilfsschichten o. ä. erzeugt werden können. XHV-adäquat steht hierbei für eine Prozessatmosphäre, in der der Partialdruck des Sauerstoffs dem eines extrem hohen Vakuums entspricht (XHV). Erreicht wird dies über Zugabe eines mit Monosilan ( $\text{SiH}_4$ ) dotierten Inertgases (Argon). Durch eine starke Vorverdünnung entsteht zudem keine Brandgefahr beim Einsatz des Monosilans. Mithilfe geringer Mengen an Monosilan konnten Sauerstoffpartialdrücke von unter 10–23 bar bei Umgebungsdruck erzielt werden, welche durch technische Prozesse, z. B. mithilfe von Vakuumpumpen, nicht oder nur sehr aufwendig realisierbar wären. Hierdurch ließen sich nach Entfernen der Oxidschichten auf Kupferhalbzeugen, welche als Einlegeteile verwendet wurden, bereits Verbundgussteile erzeugen, die durch ihre stoffschlüssige Verbindung sehr gute Wärmeleitfähigkeiten und hohe Verbundfestigkeiten verglichen mit konventionellen formschlüssigen Verbunden aus Aluminium und Kupfer erreichten.

Um das anhand von Simulationen des Phasenübergangs zwischen Aluminium und Kupfer berechnete theoretische Maximum der Wärmeleitfähigkeit von  $143 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  zu erreichen, wird in der aktuellen 2. Förderperiode des Sonderforschungsbereichs das Niederdruckgießen erforscht, das zusätzlich zu Zeit und Temperatur auch über den Prozessdruck als weiteren Freiheitsgrad zur Einstellung porenarmer Verbunde mit hoher Leitfähigkeit verfügt. Hierdurch können voraussichtlich die hohen Temperaturen für Form und Aluminiumschmelze, die bislang für die Verbundentstehung im Schwerkraftguss erforderlich waren, herabgesetzt werden. Dies hat das Ziel, die Interdiffusion der Metalle zu verlangsamen, was zu verringerter Bildung ausgehnter Verbundzonen, d. h. Eutektika sowie intermetallischer Phasensäume führt und sich dadurch positiv auf Festigkeit und Leitfähigkeit auswirkt. Um diese Eigenschaften anwendungsnah auch an anspruchsvolleren Geometrien zu demonstrieren, werden Al-Cu-Verbundgusskühlkörper (Bild 1) im Niederdruckgießen hergestellt. Gleichzeitig besteht in dieser weiterführenden Projektphase das Ziel, den Laborprozess in einen technisch relevanten Maßstab zu überführen. Für den Niederdruckprozess wird dazu eine neuartige Kokille entwickelt, die es einerseits ermöglicht, eine XHV-adäquate Atmosphäre in Formhohlraum und Steigrohr einzustellen und andererseits eine nachhaltige Entfernung der Oxidschicht der Einlegeteile vor jedem Guss mittels Plasmadesoxidation erlaubt, wodurch letztlich ein stoffschlüssiger Verbund erzeugt wird (Bild 2).

Zur Auslegung der Gussform wurden Simulationen mit der Software Magmasoft durchgeführt. Nachdem die Fertigung der Form in der Institutswerkstatt abgeschlossen ist, erfolgt die experimentelle Prozessentwicklung an der Niederdruckguss-

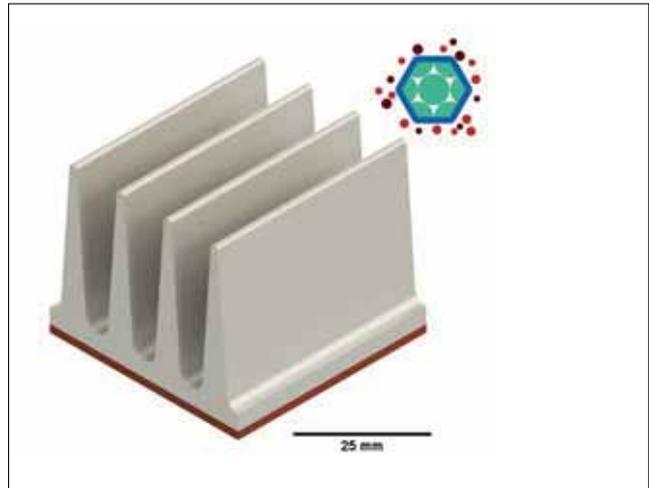


Bild 1: Al-Cu-Verbundgusskühlkörper.

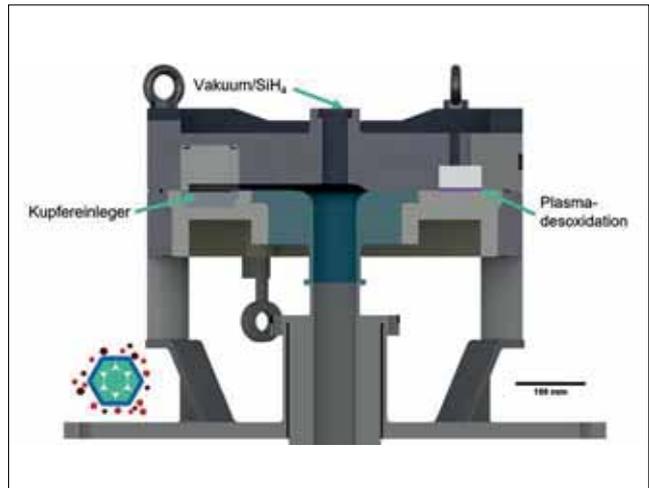


Bild 2: Gussform für XHV-adäquaten Niederdruckverbundguss.

anlage des IW. Die hergestellten Gussteile werden anschließend mittels metallografischen Schliffbildern, Rasterelektronenmikroskopie mit Elementanalysen mittels EDX sowie 3-D-Röntgentomografie auf Porosität sowie ihre Phasendicke/-zusammensetzung und die Morphologie der gebildeten Phasen untersucht. Darüber hinaus werden die thermophysikalischen Eigenschaften der Verbundzone mittels Light-Flash-Apparatur charakterisiert und mit den Ergebnissen der Mikrostrukturanalyse korreliert, um die genutzten definierten T-t-p-Regime bewerten zu können. Im Anschluss sollen die Erkenntnisse auf die Prozessentwicklung mit anderen Metallen sowie weitere Verbundgussprozesse wie die Schichttransplantation übertragen werden.

Projektnummer 394563137 – SFB 1368

Gefördert durch  
**DFG** Deutsche  
 Forschungsgemeinschaft

Weitere Informationen:

**Timon Steinhoff, M.Sc.**

Leibniz Universität Hannover

Institut für Werkstoffkunde

An der Universität 2

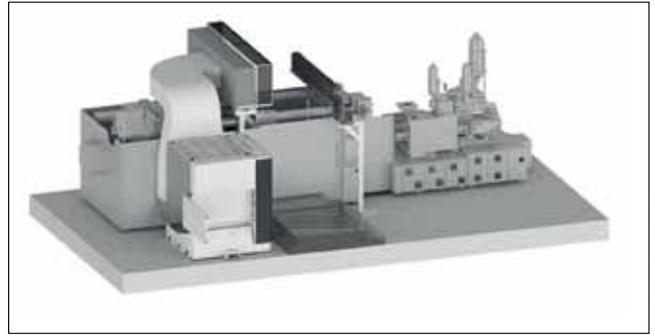
30823 Garbsen

[steinhoff@iw.uni-hannover.de](mailto:steinhoff@iw.uni-hannover.de)

[www.iw.uni-hannover.de](http://www.iw.uni-hannover.de)



**Bild 1:** Entstehender Sprühnebel bzw. Rauch während des Sprühvorgangs im Druckgießprozess.



**Bild 2:** Entwurfslayout für das Luftschleiersystem mit angeschlossenem Abluftfilter.

FOTO UND GRAFIK: GTK

## Luftschleiersysteme für die effektive Erfassung von Emissionen an Druckgießmaschinen zur Steigerung der Nachhaltigkeit und Energieeffizienz von Gießereien

Fachgebiet Gießereitechnik, Universität Kassel,  
KMA Umwelttechnik GmbH, Königswinter

Laufzeit: Dezember 2023 bis Juni 2025

Beim Betrieb von Druckgießmaschinen (DGM) entstehen während der Produktion beim Sprühprozess zyklisch Rauchemissionen, je nach Prozessparametern etwa alle 50 - 120 s. Sie treten insbesondere nach dem Öffnen der Form zur Entnahme der Gussteile und beim anschließenden Einsprühen der Form mit Trennmitteln bzw. mit einem Gemisch aus Trennmittel und Wasser auf, wenn aufgrund der hohen Formtemperatur die Flüssigkeit verdampft (Bild 1). Ohne eine lokale Raucherfassung werden diese öligen Rauchgemische, die zum Teil schädliche Substanzen enthalten, ungehindert in die Hallenatmosphäre emittiert.

Viele industrielle Druckgießmaschinen (DGM) verfügen derzeit über keine lokalen Raucherfassungssysteme und die prozessbedingten und unvermeidbaren Emissionen werden nicht erfasst. Die am Markt etablierten Raucherfassungssysteme benötigen nicht nur einen ausreichend großen freien Bauraum zur Platzierung einer Erfassungshaube, sondern diese stellt besonders bei sehr großen Maschinen, etwa für Megacastings, aufgrund der notwendigen Größe und des daraus resultierenden hohen Gewichts sowohl in der Fertigung und beim Transport als auch bei der Installation eine zusätzliche Herausforderung dar. Viele Gießereien verzichten daher gänzlich auf eine lokale Raucherfassung.

Im Rahmen eines durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projekts wird nun ein zuverlässiges Auslegungs- und Simulationsmodell (Luftströmung etc.) für die wirksame und bedarfsgerechte Gestaltung eines Raucherfassungssystems auf Basis der Luftschleierteknologie für Druckgießmaschinen unterschiedlicher Größen entwickelt (Bild 2), das als Grundlage für die technische Umsetzung eines Prototyps dienen soll. Dieser wird dann in eine Yizumi Thixomolding-Gießzelle mit einer Schließkraft von 1250 t des Fachgebiets Gießereitechnik der Universität Kassel (GTK) integriert. Gießversuche auf einer vollautomatisierten Thixomolding-Gießzelle dienen der Validierung sowohl des Auslegungs- und Simulationsmodells

als auch der technischen Umsetzung und sollen die Leistungsfähigkeit des entwickelten Systems charakterisieren und optimieren. Ziel ist es, eine Lücke im technischen Lösungsangebot für Gießereien zu schließen, die aus verschiedenen Gründen keine lokale Erfassung der Produktionsabluft mittels Raucherfassungshauben realisieren können.

Das erarbeitete Auslegungs- und Wirkungsmodell soll erstmals die Möglichkeit schaffen, im Voraus zu berechnen, welche Dimensionierung des Luftschleier- sowie des angeschlossenen Abluftfiltersystems bei bestimmten Produktionsbedingungen erforderlich ist. In Verbindung mit den Versuchsreihen soll eine zuverlässige Prognose über den Wirkungsgrad der Raucherfassung erfolgen, um die Unsicherheit für die an einer Lösungskonzeption beteiligten Parteien (Gießerei, Druckgießmaschinen-Hersteller und oft auch Generalunternehmer sowie Hersteller der Umwelttechnik) zu reduzieren und den Weg für eine weltweite praktische Anwendung zu ermöglichen. Durch eine lokale Erfassung der Emissionen am Entstehungsort und hocheffiziente Abluftfiltersysteme können der Energiebedarf, die Betriebskosten und die CO<sub>2</sub>-Emissionen erheblich reduziert werden.

Im Vergleich zu Hallenlüftungen ohne Wärmerückgewinnung lässt sich der Energiebedarf um bis zu 90 % senken und basierend auf den Projektergebnissen besteht aus Sicht des Anlagenherstellers KMA Umwelttechnik GmbH das Potenzial, jährlich Luftschleieranlagen zu installieren, die 4000 bis 10 000 t CO<sub>2</sub> einsparen, sodass entsprechend ein in zehn Jahren verfügbarer Anlagenbestand die CO<sub>2</sub>-Emission jährlich um 40 000 bis 100 000 t reduzieren würde. Die Zusammenarbeit zwischen KMA und dem GTK bietet hier besondere Voraussetzungen und Synergien für die wissenschaftliche Untersuchung von Wirkungszusammenhängen sowie deren praktische Erprobung.



### Weitere Informationen:

**Aimo Graf, M.Sc.; Prof. Dr.-Ing. Martin Fehlbier**  
Universität Kassel  
Fachgebiet Gießereitechnik – GTK  
Kurt-Wolters-Str. 3, 34125 Kassel  
[a.graf@uni-kassel.de](mailto:a.graf@uni-kassel.de)  
[www.gtk.uni-kassel.de](http://www.gtk.uni-kassel.de)

Titel	Bearbeiter / Ansprechpartner	Beteiligte Einrichtungen und Firmen	Fördermittelgeber	Laufzeit / Abschluss
<b>Neu gestartete Forschungsprojekte</b>				
AM of Composites (Metal matrix Composites, MMC)	Dr. Iris Raffeis, Prof. Dr.-Ing. Andreas Bührig-Polaczek RWTH Aachen Gießerei-Institut www.girwth-aachen.de	RWTH Aachen, Gießerei-Institut	DSO National Laboratories	01.0.2023 – 31.07.2024
Ressourceneffiziente Gussteilauslegung in Sandformen durch die gezielte Einbringung von Wasserstoffporen und die Steigerung des Recyclinganteils (ReGuSand)	May Pwint Phyu M.Sc., Prof. Dr.-Ing. Andreas Bührig-Polaczek RWTH Aachen Gießerei-Institut www.girwth-aachen.de	RWTH Aachen, Gießerei-Institut	DBU (Ressourceneffizienz durch innovative Produktionsprozesse)	01.10.2023 – 30.09.2025
Porosität in Al-Knetlegierungen (AMAP P31)	Lukas Bruckmeier M.Eng., Stefanie Düker B.Sc., Prof. Dr.-Ing. Andreas Bührig-Polaczek RWTH Aachen Gießerei-Institut www.girwth-aachen.de	RWTH Aachen, Gießerei-Institut	AMAP	01.01.2024 – 31.12.2024
Sonderforschungsbereich 1368 Teilprojekt A01: Eigenschaften und lokale Mikrostruktur oxid-schichtfrei erzeugter Verbundgussbauteile	Dr.-Ing. Christian Klose, Prof. Dr.-Ing. Hans Jürgen Maier Leibniz Universität Hannover Institut für Werkstoffkunde www.iw.uni-hannover.de	Leibniz Universität Hannover, TU Clausthal	DFG	01.01.2024 – 31.12.2027
Sonderforschungsbereich/Transregio 375 Teilprojekt B02: Prozessintegriertes Schäumen in der additiven Fertigung von Hybridbauteilen	Dr.-Ing. Christian Klose, Prof. Dr.-Ing. Hans Jürgen Maier Leibniz Universität Hannover Institut für Werkstoffkunde www.iw.uni-hannover.de	Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau, Leibniz Universität Hannover	DFG	01.04.2024 – 31.12.2027
Hochfeste Aluminiumknetlegierungen aus der Gießwärme	Dr.-Ing. Christian Klose, Prof. Dr.-Ing. Hans Jürgen Maier Leibniz Universität Hannover Institut für Werkstoffkunde www.iw.uni-hannover.de	Leibniz Universität Hannover, Universität Rostock	DFG	01.07.2024 – 30.06.2027
Luftschleier – Luftschleiersysteme für die effektive Erfassung von Emissionen an Druckgießmaschinen zur Steigerung der Nachhaltigkeit und Energieeffizienz von Gießereien	Universität Kassel Prof. Dr.-Ing. M. Fehlbier Lehrstuhl für Gießereitechnik – GTK www.gtk.uni-kassel.de	Universität Kassel - FG Gießereitechnik KMA Umwelttechnik GmbH	DBU	14.12.2023 – 14.06.2025

Titel	Bearbeiter / Ansprechpartner	Beteiligte Einrichtungen und Firmen	Fördermittelgeber	Laufzeit / Abschluss
Mg-Rec – Entwicklung einer industriellen salzlosen rein elektrischen Inhouse-Recyclingschmelzanlage für mit Trenn- und Kolbenschmiermitteln belastete Magnesiumschrotte aus dem Druckgießprozess sowie Entwicklung des entsprechenden salzlosen Recyclingprozesses.	Universität Kassel Prof. Dr.-Ing. M. Fehlbier Lehrstuhl für Gießereitechnik – GTK www.gtk.uni-kassel.de	Universität Kassel - FG Gießereitechnik GG-GIESSTECHNIK GmbH & Co. KG	AiF ZIM	01.02.2024 – 31.01.2026
MEET – Steigerung der Material- und Energieeffizienz durch Implementierung innovativer Heißkanaltechnologie im Mg-Thixomolding	Universität Kassel Prof. Dr.-Ing. M. Fehlbier Lehrstuhl für Gießereitechnik – GTK www.gtk.uni-kassel.de	Universität Kassel HFT GmbH & Co. KG Schaufler Tooling GmbH & Co KG Yizumi Germany GmbH  Assoziierter Partner: Robert Bosch GmbH	BMWK	01.01.2024 – 31.12.2026
<b>Kürzlich verteidigte Dissertationen</b>				
„Untersuchung der Mikrostruktur von einkristallinen Nickelbasis-Superlegierungen bei gerichteter Erstarrung“	Tobias Wittenzellner	RWTH Aachen, Prof. Dr.-Ing. Andreas Bührig-Polaczek Gießerei-Institut www.girwth-aachen.de		30.10.2023
Zähigkeit von Gusseisen mit Kugelgraphit unter dem Einfluss werkstoffintrinsic und extrinsic Faktoren	Franzen, Daniel	RWTH Aachen, Prof. Dr.-Ing. Andreas Bührig-Polaczek Gießerei-Institut www.girwth-aachen.de		22.11.2023
Solidification of Titanium-Aluminide under centrifugal conditions	Huang, Can	RWTH Aachen, Prof. Dr.-Ing. Andreas Bührig-Polaczek Gießerei-Institut www.girwth-aachen.de		16.11.2023
<b>Kürzlich absolvierte Masterarbeiten</b>				
Influence of cooling rate and grain refinement on the microstructure of medium silicon steel solidifying into ferrite	RWTH Aachen, Prof. Dr.-Ing. Andreas Bührig-Polaczek Gießerei-Institut www.girwth-aachen.de	RWTH Aachen, Gießerei-Institut		SS 2023

Titel	Bearbeiter / Ansprechpartner	Beteiligte Einrichtungen und Firmen	Fördermittelgeber	Laufzeit / Abschluss
Verfahrensentwicklung zur zeitoptimierten Herstellung von Prototypenwerkzeugen für den Kaltammerdruckguss unter Einsatz von Werkstoffverbund-Guss	RWTH Aachen, Prof. Dr.-Ing. Andreas Bührig-Polaczek Gießerei-Institut www.girwth-aachen.de	RWTH Aachen, Gießerei-Institut		SS 2023
Experimental investigation and comparative study of the effect of heat treatment approaches on microstructural and mechanical properties of additively built (LMD & LPBF) Al-Cu-Li alloy	RWTH Aachen, Prof. Dr.-Ing. Andreas Bührig-Polaczek Gießerei-Institut www.girwth-aachen.de	RWTH Aachen, Gießerei-Institut		SS 2023
Lasertpolieren von Gusseisen zur Oberflächenrand-schichtentkohlung zur Erzeugung einer stahlähnlichen Oberfläche	RWTH Aachen, Prof. Dr.-Ing. Andreas Bührig-Polaczek Gießerei-Institut www.girwth-aachen.de	RWTH Aachen, Gießerei-Institut		SS 2023
Einfluss der Härte auf die Schwingfestigkeit eines karbidreichen Kaltarbeitsstahls mit zwei verschiedenen Karbidstrukturen	RWTH Aachen, Prof. Dr.-Ing. Andreas Bührig-Polaczek Gießerei-Institut www.girwth-aachen.de	RWTH Aachen, Gießerei-Institut		WS 2023/2024
Untersuchung der Phasenstabilität in der medimentropischen Legierung AlCrFe2Ni2 nach Langzeitglühung im Temperaturbereich von 475 bis 950 °C	RWTH Aachen, Prof. Dr.-Ing. Andreas Bührig-Polaczek Gießerei-Institut www.girwth-aachen.de	RWTH Aachen, Gießerei-Institut		WS 2023/2024
Einfluss von Kornfeinungs- und Veredelungsmitteln auf die Gefügeausbildung der AlSi11Mg-Gusslegierung für Bauteile im Bereich Fahrwerks-technik	Leibniz Universität Hannover Dr.-Ing. Christian Klose, Prof. Dr.-Ing. Hans Jürgen Maier Institut für Werkstoffkunde www.iw.uni-hannover.de	Leibniz Universität Hannover Institut für Werkstoffkunde		WS 2023 / 2024
Untersuchungen zum Verschließen von Gusskernöffnungen mittels Hochtemperaturlöten	Leibniz Universität Hannover Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Möhwald, Prof. Dr.-Ing. Hans Jürgen Maier Institut für Werkstoffkunde www.iw.uni-hannover.de	Leibniz Universität Hannover Institut für Werkstoffkunde		WS 2023 / 2024

Titel	Bearbeiter / Ansprechpartner	Beteiligte Einrichtungen und Firmen	Fördermittelgeber	Laufzeit / Abschluss
Konstruktion, Simulation und anschließende Erprobung eines Gießsystems für den Kokillenguss	Leibniz Universität Hannover Dr.-Ing. Christian Klose, Prof. Dr.-Ing. Hans Jürgen Maier Institut für Werkstoffkunde www.iw.uni-hannover.de	Leibniz Universität Hannover Institut für Werkstoffkunde		SS 2023
In-situ-Legierungsbildung von eisenbasierten Formgedächtnislegierungen mit variierenden Gehalten ausgewählter d- und p-Elemente	Leibniz Universität Hannover Dr.-Ing. Thomas Hassel, Prof. Dr.-Ing. Hans Jürgen Maier Institut für Werkstoffkunde www.iw.uni-hannover.de	Leibniz Universität Hannover Institut für Werkstoffkunde		SS 2023
Optimierung und Modellierung der Werkzeugtemperierung im Leichtmetall-Druckgießverfahren	Universität Kassel Prof. Dr.-Ing. M. Fehlbier Lehrstuhl für Gießereitechnik – GTK www.gtk.uni-kassel.de	Universität Kassel – FG Gießereitechnik		WS 2023/2024
Simulation und Validierung von Belastungs- und Lebensdauerberechnungen von sprühgekühlten Dauerformen	Universität Kassel Prof. Dr.-Ing. M. Fehlbier Lehrstuhl für Gießereitechnik – GTK www.gtk.uni-kassel.de	Universität Kassel – FG Gießereitechnik		SS 2024

Trends auf der Messe AMB in Stuttgart

# Digitalisierung in der Metallbearbeitung

„Stand heute ist der Digitalisierungsgrad auf Shopfloor-Ebene immer noch erschreckend niedrig und wenn überhaupt, geprägt von Insellösungen“. Diese Aussage eines Umfrage-Teilnehmers unter Ausstellern der diesjährigen AMB, der Internationalen Ausstellung für Metallbearbeitung vom 10. bis 14.09.2024 in Stuttgart, zeigt die Wahrnehmung des grundsätzlichen digitalen Reifegrades in der Metallbearbeitung. Zu häufig heißt es im Maschinen- und Anlagenbau noch immer: „Es ist nur noch eine Frage der Zeit, bis der Knoten platzen wird ...“



## Virtuelle Welten

spielen bei Planung, Fertigung und Wartung eine immer wichtigere Rolle.

Digital unterstützte Prozesse sollen Unternehmen helfen, dem Fachkräftemangel zu begegnen.

## VON LANDESMESSE STUTTGART

Trotz der offensichtlichen Zurückhaltung vieler Anwenderinnen und Anwender und gescheiterter Versuche digitale Plattformen zu etablieren, sind im Jahr 2024 die Themen Industrie 4.0 und IIoT keine Unbekannten in Maschinenbau und Metallbearbeitung. Es ist alles da, was es braucht, um zeitgemäße

Konzepte anzugehen. Schon seit Jahren ist mit OPC UA beziehungsweise Umatic eine angepasste, universelle Werkzeugmaschinenchnittstelle vorhanden. Mit 5G-Campusnetzen ist ein leistungsstarker privater Mobilfunkstandard für die Vernetzung von Maschinen und Anlagen verfügbar. Und das Know-how ist auch vorhanden. Nur ein Beispiel: Steuerungstechnik-Anbieter wie Fanuc, Heidenhain

oder Siemens zeigen in angrenzenden Fertigungsbranchen längst im täglichen Einsatz, welcher Nutzen in der Digitalisierung liegt.

Daher wundert es nicht, dass auch viele Teilnehmerinnen und Teilnehmer einer Umfrage unter AMB-Ausstellerfirmen das Thema Digitalisierung betonen. Sie wollen auf der internationalen Ausstellung für Metallbearbeitung in diesem



Jahr in Stuttgart den Nachweis antreten, dass integrative Digitalisierungsansätze bereits heute dazu gehören – allen voran die Software-Anbieter.

Beispielsweise vernetzt das 2015 gegründete Unternehmen Evomecs Maschinen, Systeme und Prozesse markenneutral und ortsunabhängig. Die Münchener sehen sich als Treiber für die Digitalisierung, um dem zunehmenden Rationalisierungsdruck, dem wachsenden Fachkräftemangel und einem intensiven internationalen Wettbewerb zu begegnen. Diejenigen Unternehmen, denen es gelänge, bereits heute die richtigen Maßnahmen in die Wege zu leiten, würden in Zukunft als Produktionsunternehmen erfolgreicher, aber auch resilienter sein, da sie ihre Wertschöpfung auf digitale Geschäftsmodelle ausweiten können. Die Evomecs-Software integriert alle relevanten Bestandteile eines zerspanenden Unternehmens wie ERP-Systeme.

### Die AMB

Seit 1982 präsentiert die AMB die Highlights der internationalen Metallbearbeitungsindustrie. Auch 2024 ist sie fester Bestandteil in den Terminkalendern der Branche. Sie ist Marktplatz und Treffpunkt der spanabhebenden Metallbearbeitung, auf dem in sämtlichen Facetten neueste Produkte, Technologien, Innovationen, Dienstleistungen und Konzepte präsentiert werden. Unterstützt wird die AMB von den ideellen Trägerverbänden VDMA – Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau – mit den Fachverbänden Präzisionswerkzeuge, Software und Digitalisierung sowie VDW – Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e.V.

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



teme, CAM-Systeme, Werkzeugvorenstellgeräte, Werkzeuge, Werkstücke, Lagersysteme, CNC-Maschinen aber auch manuelle Arbeitsplätze. Das so erzeugte Ökosystem generiert viele qualitativ hochwertige Daten über die eigenen Fertigungsprozesse. Diese Daten können prinzipiell auch für die Entwicklung von daten-gestützten oder datengetriebenen Geschäftsmodellen genutzt werden, so das Unternehmen.

Produzierende Unternehmen müssten immer schneller und effizienter fertigen. Gerade bei der Produktion von kleinen Stückzahlen entstünde dabei ein enormer Kommunikations-, Verwaltungs- und Dokumentationsaufwand, der zudem leicht zu teuren Fehlern und Schäden in der Fertigung führen könne und ein hohes Maß an Fachkompetenz entlang des kompletten Fertigungsprozesses benötige. Gerade vor dem Hintergrund des zunehmenden Fachkräftemangels müssten Unternehmen optimieren, automatisieren und damit auch digitalisieren, ist man sich bei Evomecs sicher. Mithilfe der Evomecs-Software entstünde ein wertvoller Datenschatz, der prinzipiell die Grundlage für verschiedenste Anwendungen beispielsweise der Künstlichen Intelligenz sein kann. Nutzerinnen und Nutzer können sich Informationen aus der Fertigung ge-

**Start-ups und junge innovative Unternehmen präsentieren ihre Lösungen und Ideen für die Digitalisierung ebenfalls auf der AMB 2024.**

nerieren lassen, die zur Optimierung der Prozesse herangezogen werden könnten. Gearbeitet wird in München derzeit an Konzepten, die Datenanalysen, Prozessoptimierungen, Planungs-Forecasts aber beispielsweise auch die auf Spracheingabe gestützte Steuerung der Fertigung ermöglichen.

### Mit Simulation zur raschen Produkteinführung

Auch im Zentrum der Maschine, im Zerspanungsvorgang selbst, steckt durch digitale Lösungen ein großes Optimierungspotenzial. Modellierungen und Simulationen optimieren den späteren Betrieb und ermöglichen höhere Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe sowie eine längere Werkzeuglebensdauer.

Der CAE-Anbieter Third Wave Systems stellt virtuelle Testumgebungen zur Verfügung, die zu weniger Ausfallzeiten führen und Trial-and-Error-Tests überflüssig machen. Auf der AMB 2024 wird das Unternehmen technische Innovationen vorstellen, welche die Markteinführungs-

zeiten deutlich verkürzen. Besucherinnen und Besucher können erleben, wie eine virtuelle Iteration im Vergleich zu Versuchen an der Maschine sowohl die Zahl der Versuche als auch die der Fehler deutlich verringert. Dies führe zu einem fundierten Design-for-Manufacturing-Prozess mit dem Fokus auf „First-Time-Right“. Der geringere Arbeitsaufwand für die manuelle Nachbearbeitung lässt die Maschinenlaufzeiten um 50 % sinken, so das Unternehmen. Zu den Herausforderungen gehört jedoch noch immer bei Anwenderinnen und Anwendern ein umfassendes Verständnis der strategischen Beweggründe, um die erforderliche Umstellung der Denkweise auf eine flüssige, flexible Simulationstechnologie zu erreichen. Am Ende, so das Unternehmen, lohne sich die materialspezifische Modellierungs- und Simulationstechnologie. Die US-Amerikaner erhalten dieses Feedback bereits heute aus der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie und der orthopädischen Medizintechnik.

### Werkzeuge verwalten

Die Digitalisierung gehört auch für die Grob-Werke zum Arbeitsalltag. Zur AMB in diesem Jahr habe man den digitalen Werkzeugkreislauf im Fokus. Dieser sei

besonders relevant, um sinnvoll gegen steigende Produktionskosten anzugehen. Daher widmet sich der entsprechende Bereich des Familienunternehmens aus Mindelheim in diesem Jahr der Automatisierung von Prozessen rund um das Werkzeug. Durch zahlreiche Kooperationen mit Herstellern von Werkzeugverwaltungssystemen und Voreinstellgeräten bietet Grob Anwenderinnen und Anwendern die Möglichkeit, sich deutliche Kosteneinsparungen im Umgang mit Zerspanungswerkzeugen zu sichern. Die zugrundeliegende Lösung nennt sich Grob4TDX und ermöglicht die Digitalisierung des Werkzeugkreislaufs in der gesamten Produktion, unabhängig vom Maschinenhersteller. Dies sei ein essenzieller Schritt hin zu einer kostengünstigen und ressourcenschonenden Produktion, so das Unternehmen.

Ein weiterer Maschinen-Hersteller betont neben der Hardware auch Neuerungen im digitalen Bereich. MTE Deutschland produziert Bettfräsmaschinen und Fahrständermaschinen. Auf der AMB in Stuttgart wird die Starrbettfräsmaschine SBM 8000 ausgestellt. Sie heißt so, da der über Flur montierbare starre Tisch für eine hohe Grundstabilität sorgt. Einen bedeutsamen Schritt in Richtung Digitalisierung in der Fertigungsindustrie sieht man in Montabaur jedoch aus einem anderen Grund: Diese Maschine ist mit der neusten Steuerung Heidenhain TNC 7 ausgestattet. Eine Technik, die laut Hersteller Funktionen bietet, um sowohl Effizienz als auch Produktivität in der CNC-Bearbeitung signifikant zu steigern. CAD/CAM-Daten werden nahtlos integriert, wodurch die Programmierung von Werkstücken schneller und präziser wird. Die intuitive Multitouch-Bedienung und die grafische Benutzeroberfläche erleichtern die Bedienung und verbessern die Benutzererfahrung erheblich. Darüber hinaus bietet die TNC 7-Steuerung eine Reihe von Smartfunktionen, wie etwa die automatische Werkstückanastung und die grafische Unterstützung beim Ausrichten von Spannmitteln. Diese Funktionen vereinfachen den Einrichtungsprozess und optimieren die Arbeitsabläufe. Ergebnis sei mehr Effizienz und Präzision, so der Anbieter.

### Digitale Geschäftsmodelle

Schlanke Arbeitsabläufe hat auch ein noch junges Unternehmen im Sinn. Spanflug Technologies ist eine Ausgründung der Technischen Universität München und des Instituts für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften. Die Gründer Markus Westermeier und Adrian Lewis verfolgen den Plattform-Ansatz: Sie ver-

sammeln unter einem Dach Fertigungsbetriebe, die in einem digitalisierten Workflow Teile produzieren. Mittlerweile besteht das Netzwerk aus mehr als 300 qualifizierten Fertigungspartnern aus Deutschland und Österreich. Unter ihnen, so das Versprechen, finden Nutzerinnen und Nutzer den idealen Lieferanten für jedes CNC-Teil und produzieren bzw. liefern es ab sechs Arbeitstagen.

Da auch die Angebotserstellung für Dreh- und Frästeile viel Zeit und Ressourcen kostet, lautete die Überlegung hinter dem Geschäftsmodell, dass die Automatisierung administrativer Aufgaben deutlich einfacher sein könne als die Optimierung der Fertigung selbst. Allerdings lassen sich komplexe Aufgabenstellungen wie im Bereich der automatisierten Kalkulation für die Zerspanung nicht in kurzer Zeit mit vorgefertigten KI-Modellen oder zugekauften Softwarekomponenten bewältigen. Hier brauche es einen langen Atem und die richtige Mischung aus Branchenkenntnis und Technologie-Know-how.

Derzeit bietet die Plattform zwei Zugänge: eine Beschaffungslösung für Anwenderinnen und Anwender und eine Angebotslösung für Unternehmen in der

Lohnfertigung. Erstere sollen Kosten und Fertigungszeiten für die zerspanende Bearbeitung sparen. Hersteller profitieren bei der Nutzung der Plattform vom Verzicht auf aufwendige IT-Projekte und große Investitionen. Die Gründer sind stolz darauf, Bauteilbedarfe mit spezialisierten Fertigungsbetrieben und ihren mehr als 6000 Maschinen zusammenzubringen. Die digitale Plattform ermögliche den effizientesten Einsatz wertvoller Ressourcen im Netzwerk, Lasten auszugleichen und Stillstände zu vermeiden.

Zur AMB wird Spanflug eine erweiterte Version der Software präsentieren, die neben den Fertigungszeiten und Preisen auch einen Arbeitsplan ausgibt. Dieser macht zum einen die Kalkulation besser nachvollziehbar, da die automatisch kalkulierten Kosten und Fertigungszeiten gegliedert nach Arbeitsschritten einsehbar sind. Zum anderen werden Anwender noch besser in der Arbeitsvorbereitung unterstützt. „Durch diesen völlig neuen Ansatz stehen alle fertigungsrelevanten Informationen wie benötigte Werkzeugmaschinen und Arbeitsschritte bereits zum Zeitpunkt der Angebotserstellung zur Verfügung und können unkompliziert in

**Surface Finishing is our DNA**

**Gleitschlifftechnik**

**Elektropolieren**

**AM Solutions**

**Strahltechnik**

**AMB**  
Internationale Ausstellung für Metallbearbeitung  
10. - 14.09.2024  
Messe Stuttgart  
**SAVE THE DATE**  
Halle 5 - Stand 5C61

Rösler Oberflächentechnik GmbH  
Vorstadt 1  
96190 Untermerzbach  
Germany  
Tel. +49 9533 / 924-0  
info@rosler.com  
www.rosler.com  
**RÖSLER**  
finding a better way ...



ERP-Systeme übernommen werden“, erklärt Dr. Markus Westermeier, CEO von Spanflug.

### Vorarbeit leisten und Zeit sparen

Der Siemens-Konzern lenkt den Blick wieder in die Produktionshallen der Unternehmen: Ein Austausch von Maschinen in einer Produktion kann bei guter Auslastung zu Engpässen und Lieferverzögerungen führen. Ein Zustand, der manchen Fertigungsleiter in die Zwickmühle bringt: Man braucht die neue Maschine mit mehr Kapazität und Leistungsumfang sobald wie möglich, hat aber eigentlich keine Zeit sie gegen die vorhandene Maschine auszutauschen. Denn es kommt nicht selten vor, dass hunderte CNC-Programme von alten auf neue Steuerungen, auch desselben Herstellers, übertragen werden müssen. Siemens-Ingenieurinnen und -Ingenieure haben sich gefragt, wie bei einem Ersatz einer bestehenden Maschine möglichst ohne Unterbrechung der Fertigung weiter produziert werden kann. Eine Lösung bietet das Offline-Programmiersoftwaretool SinuTrain von Siemens. Diese „virtuelle CNC“ verhält sich exakt wie die reale CNC in der Maschine: Hier arbeitet dieselbe Sinumerik-Operate-Version wie auf der entsprechenden zukünftigen Maschine, mit denselben Maschinendaten der realen Maschine. Konsistenz und Syntax der CNC-Programme können so im Vorfeld bestmöglich getestet werden.

Hinzu kommt, dass den SinuTrain-Anwenderinnen und -Anwendern genau dieselben CNC-Editoren wie an der Maschine zur Verfügung stehen. So kann das Bedien- und Programmier-Know-how der Spezialisten im Shopfloor für die Arbeitsvorbereitung genutzt werden. Im Resultat

Für die AMB sind alle zehn Messehallen in Stuttgart ausgebaut.

entspricht die neue Maschine vom ersten Tag an genau dem Verhalten der virtuell vorbereiteten. Eine Lösung, die ohne den digitalen Zwilling nicht möglich wäre.

### Lagerbestände im Dauer-Blick

Software-Lösungen optimieren auch den Bestellprozess von Materialien, die bearbeitet werden sollen. Beispiel Bikar Aerospace: Seit 2016 hat sich das Unternehmen als Metall-Servicecenter für die Luft- und Raumfahrtindustrie positioniert. Alle Services rund um die Materialbeschaf-

Ein Messeschwerpunkt sind die Themen 4.0 und IIoT.



fung, -vorbereitung und -lieferung werden aus einer Hand angeboten. Das Ziel lautet, schnellstmögliche Reaktionen auf Materialabruf und -planung von Anwendern zu bieten. Ein Contract-Monitoring-Tool stellt Echtzeitdaten von Lagerbeständen zur Verfügung und ermöglicht einen ständigen Abgleich der an einzelnen Standorten benötigten Waren mit den Lagerbeständen bei Bikar. Dieser Forecast-Monitor gewährleistet jederzeit einen sicheren Überblick über die Lieferkette. So können Nutzer frühzeitig auf Unwägbarkeiten des Weltmarkts reagieren. Ziel ist es, mit der Entwicklung eigener Softwarelösungen und einer intelligenten Vernetzung der Anlagen den Weg in die digitale Zukunft des Metallhandels zu ebnet.

### Digitalisierung als roter Faden

Diese Beispiele mit unterschiedlichen Ansätzen zur Digitalisierung der Metallbearbeitungsbranche zeigen trotz mancher Zurückhaltung die Breite des Marktes. Dies wird auch auf der AMB in diesem Jahr deutlich werden. Digitale Konzepte werden sich wie ein roter Faden durch die Ausstellung ziehen und Werkzeugmaschinen und ihre Steuerungen, Automatisierungslösungen rund um die Maschinen, eingebettete Messtechnik und kollaborative Robotik miteinander vernetzen. So bringt die Digitalisierung die Branche voran auf dem Weg nachhaltiger und effizienter zu produzieren und im internationalen Wettbewerb bestehen zu können.



FOTOS: RÖSLER

Bei der Satelliten-Taktstrahlanlage RST lassen sich Werkstücke im Strahlraum bearbeiten und gleichzeitig weitere Werkstücke in einem abgetrennten Bereich be- und entladen.

## Kugelstrahlen

# Kosten reduzieren und Produktivität erhöhen

Shot Peening wird eingesetzt, um Druckeigenstress in ein Bauteil einzubringen und damit die Dauerfestigkeit des Materials deutlich zu erhöhen. Um vorgegebene Werte prozesssicher zu erreichen, kommen klassischerweise Druckluft-Strahlanlagen mit hohem Energiebedarf zum Einsatz. Deren Verbrauch lässt sich durch Ersatz der Druckluftdüsen durch weiterentwickelte Strahltriebwerke senken. Um die Anlagen optimal an die Kundenbedürfnisse anzupassen, führt Rösler Oberflächentechnik Strahlbild- und Prozesssimulationen sowie reale Strahlversuche in seinem Customer Experience Center (CEC) durch.

### VON DORIS SCHULZ

**S**hot Peening, auch Verfestigungs- oder Kugelstrahlen genannt, ist in Branchen wie der Fahrzeugindustrie sowie der Luft- und Raumfahrt ein un-

verzichtbares Verfahren. Es kommt beispielsweise bei Verzahnungs-, Lenkungs- und Getriebeteilen, Federn, Antriebs- und Kurbelwellen sowie Turbinenschaufeln zum Einsatz. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch das Shot Peening das Bauteilge-



seit 1971

flexibel verbindend. Kraftvoll.

**Oberflächentechnik und mehr...**

- Biegsame Wellen und Antriebe
- Schleif- u. Poliermaschinen
- Kundenspezifische Sonder- und Einzelanfertigungen
- Mikromotoren
- Reparaturservice

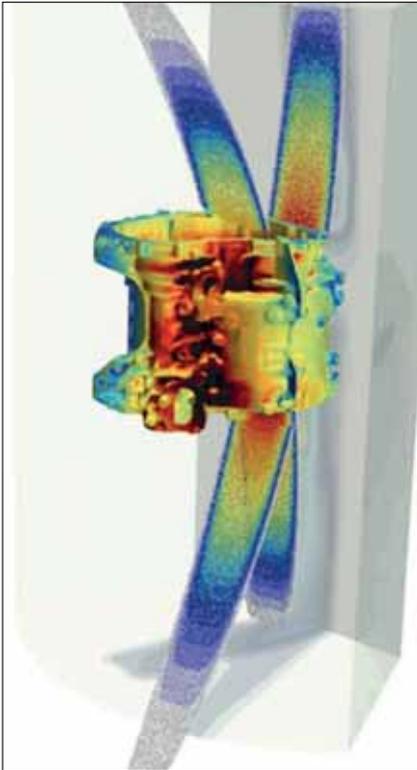


**Besuchen Sie uns:**

**AMB**  
Internationale Ausstellung  
für Metallbearbeitung  
**10.-14.09.2024**  
Messe Stuttgart

Halle 5, Stand 5B42

**haspa GmbH**  
Saegmühlstrasse 39 | D - 74930 Ittlingen  
Fon +49 (0) 7266 9148 - 0 | Fax - 30  
info@haspa-gmbh.de | www.haspa-gmbh.de

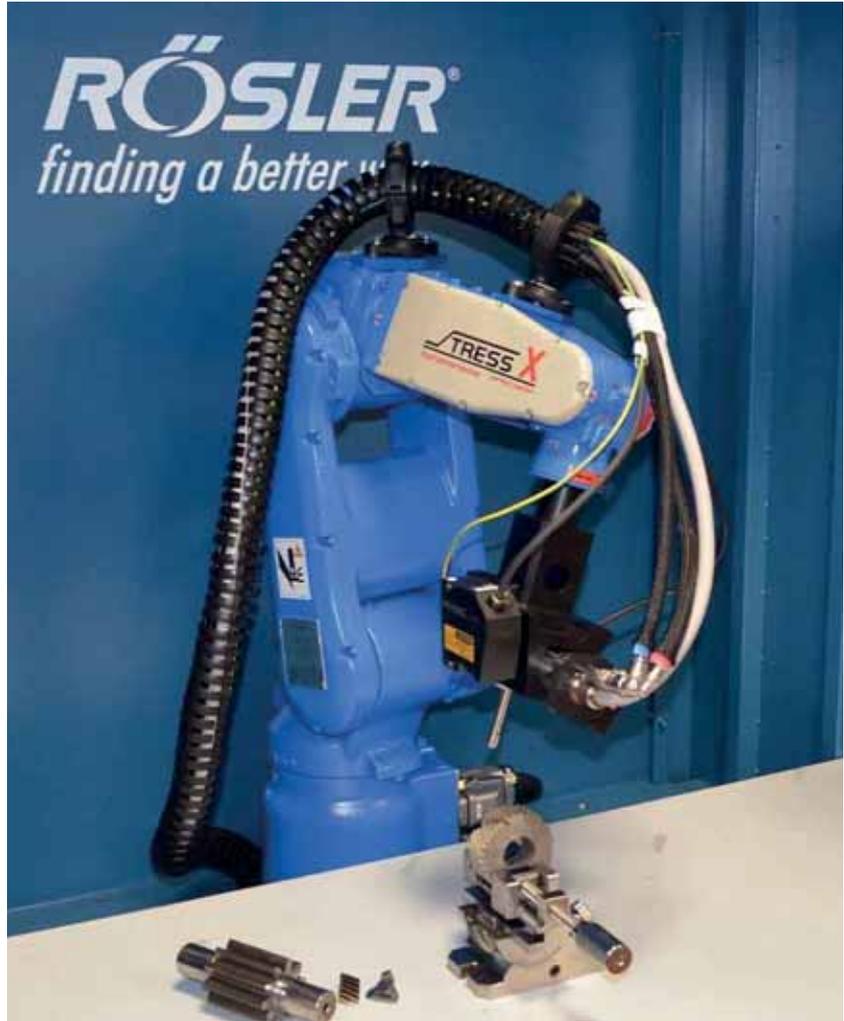


**Bild 1:** Die Strahlbildsimulation kann den Strahlprozess einschließlich der Partikelsimulation digital abbilden und ermöglicht so die Optimierung komplexer Strahlprozesse allein auf Basis von 3-D-Daten.

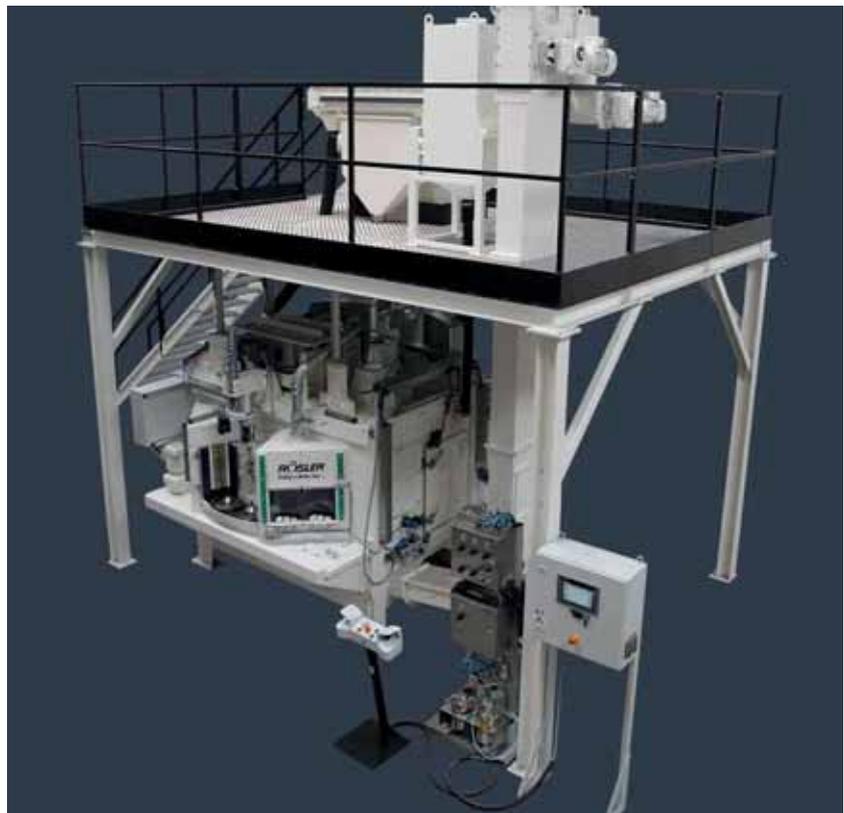
wicht bei gleicher mechanischer Belastbarkeit verringert werden kann, was insbesondere in der E-Mobilität eine größere Reichweite durch geringeren Stromverbrauch ermöglicht. In diesem Bereich erfordern veränderte Bauteilstrukturen und -geometrien häufig eine Anpassung des Prozesses. Hinzu kommen deutlich höhere Anforderungen an die Energie-, Ressourcen- und Kosteneffizienz und somit an die Steigerung der Produktivität. Bei der Umsetzung der notwendigen Maßnahmen unterstützt Rösler die Anwender umfassend.

### Energieverbrauch verringern durch Turbinen statt Druckluftdüsen

Um vorgegebene Druckeigenspannungswerte prozesssicher zu erreichen, erfolgt das Verdichtungsstrahlen klassischerweise mit Druckluft-Strahlanlagen, die einen hohen Energieeinsatz erfordern. Durch gezielte Weiterentwicklung bei Strahlturbinen lassen sich zahlreiche Anwendungen, für die bisher Druckluftdüsen erforderlich waren, inzwischen mit energiesparenden und effizienten Strahlturbinen reproduzierbar umsetzen. Wesentliche Kriterien dabei sind die Bauteildimensionen, die geforderten Oberflächeneigenschaften und das Strahlmittel.



**Bild 2:** Die zu erreichende Druckeigenspannung wird in produktionsnahen Versuchen mit anschließender Analyse sichergestellt.



**Bild 3:** Vier Turbinen-betriebene Shot Peening-Anlagen sind bei einem Automobilhersteller bereits in Betrieb.

Auf Basis dieser Informationen führt Rösler sowohl Strahlbild- und Prozesssimulationen (Bild 1) als auch reale Strahlversuche in seinem Customer Experience Center (CEC) durch. Da hier praktisch alle Anlagentypen für das Turbinen- und Druckluftstrahlen zur Verfügung stehen, erfolgen die Versuche unter produktionsnahen Bedingungen (Bild 2). Dabei wird basierend auf röntgendiffraktometrischen Auswertungen ermittelt, ob und mit welchen Strahlparametern sowie welchem Strahlmittel das geforderte Ergebnis erzielbar ist. Durch eine gemeinsame Prozessoptimierung bei einem großen europäischen Automobilhersteller konnte bereits eine Energieeinsparung von 30 % und eine Steigerung der Strahlkapazität um 50 % erzielt werden (Bild 3). Aufgrund der positiven Erfahrung und der überzeugenden Ergebnisse sind bei diesem Kunden inzwischen vier mit Turbinen bestückte Shot Peening-Anlagen in Betrieb.

### Geringerer Anlagenverschleiß und höhere Produktivität

Optimierungspotenzial steckt häufig auch in der Überprüfung der verwendeten Strahlparameter. Denn einmal ermittelt, werden diese im täglichen Betrieb meist nicht mehr hinterfragt – hoher Anlagenverschleiß und nicht genutztes Produktionspotenzial sind häufig die Folge.

Perfekt eingestellte Prozessparameter, inklusive der Auswahl des optimalen Strahlmittels, gewährleisten hohe Bauteilqualität, geringen Anlagenverschleiß und somit niedrigere Betriebskosten der Strahlanlage. Reichen diese Maßnahmen bei vorhandener Technik nicht aus, kann ein Retrofit die richtige Lösung sein. Dies beinhaltet unter anderem die Aufrüstung der Anlage mit leistungsfähigeren Komponenten, beispielsweise stärkeren Turbinen, ebenso wie die Konstruktion von Werkstückaufnahmen für neue beziehungsweise veränderte Bauteile, inklusive einer Anpassung des Strahlbilds.

In allen Fällen sorgen Versuche im CEC sowie Ergebnisanalysen mittels Röntgendiffraktometrie, Überdeckungstests und bei Bedarf Messungen der Oberflächenrauheit sowie lichtmikroskopische Untersuchungen dafür, dass das geforderte Strahlergebnis sichergestellt werden kann. Ganz generell spielt das eingesetzte

Strahlmittel eine wichtige Rolle für die Ressourceneffizienz und Wirtschaftlichkeit des Prozesses. Ob es für die jeweilige Anwendung optimal ist, lässt sich durch eine Strahlmittelanalyse feststellen.

### Nass- oder Trocken-Kugelstrahlen

Das Verdichtungsstrahlen mit Druckluftdüsen kann in einem Nass- oder Trockenprozess erfolgen. Für das trockene Strahlen spricht unter anderem, dass höhere Strahlintensitäten möglich sind, ebenso lassen sich Teilbereiche an Werkstücken gezielt bearbeiten. Darüber hinaus lassen sich sowohl der Prozess als auch das Strahlmittel sehr genau überwachen. Zu den Vorteilen des Nassstrahlens zählen geringere Strahlmitteleinschlüsse sowie eine niedrigere Oberflächenrauheit. Der „sanftere“ Prozess ermöglicht außerdem die Bearbeitung von sehr dünnen Werkstücken. Es gibt also gute Gründe für jedes dieser Verfahren, aber insbesondere aus Wirtschaftlichkeits- und Qualitätsgesichtspunkten muss das eingesetzte Verfahren zur jeweiligen Aufgabenstellung passen. Da Rösler ein breites Spektrum an verschiedenen Anlagentypen und -verfahren hat, ist eine objektive Auswahl der am besten geeigneten Technologie sichergestellt.

Die verschiedenen Maßnahmen zur Prozessanpassung und -optimierung einschließlich der Versuchs- und Analysemöglichkeiten sind so ausgelegt, dass sich Shot Peening-Anlagen auch unter veränderten Produktionsbedingungen über ihren gesamten Lebenszyklus prozesssicher betreiben lassen. Dabei werden auch die aktuellen Anforderungen an Energie- und Ressourceneffizienz sowie Wirtschaftlichkeit erfüllt.

[www.rosler.com](http://www.rosler.com)

Doris Schulz,  
SCHULZ. PRESSE. TEXT.

**Gußputzen**  
und mehr ...

**abydos**®

seit 1997 zuverlässiger Partner für deutsche Gießereien



**Gussputzen, -grundieren**  
**Logistik von Lagerung bis Transport.**



**Unsere Stärken**

**Qualität – Liefertreue – Flexibilität**

**Kommunikation in Deutsch ist Standard**



**Ihr Ansprechpartner:**

**Dr. Olga Kupec**

Geschäftsführende  
Gesellschafterin

✉ [olga.kupec@abydos.cz](mailto:olga.kupec@abydos.cz)

☎ +420 603 295 434

Tschechische Republik  
351 32 Hazlov 247

[www.abydos.cz/de](http://www.abydos.cz/de)





Getriebekomponenten müssen vor der Montage gründlich gereinigt werden.

Effiziente Reinigung von Getriebekomponenten

## Automatisierte Korbwaschanlage mit Portalsystem

Nach dem Produktionsprozess müssen Getriebekomponenten, wie z. B. Stirnräder, Antriebswellen, Verbindungswellen, Achsantriebe und Hauptzahnräder gründlich von feinsten Partikeln, Spänen, Schmierstoffen und Ölen gereinigt werden. Ein deutscher Automobilzulieferer hat sich erst kürzlich bei exakt diesem Anwendungsfall für eine automatisierte Korbwaschanlage mit Portalsystem vom Typ NiagaraDFS von BvL Oberflächentechnik entschieden und profitiert nun von einer optimalen und besonders effizienten Reinigung seiner Getriebekomponenten.

VON CHRISTINE BRÜHÖFNER

Neben den hohen Sauberkeitsanforderungen stehen beim Reinigen von Bauteilen natürlich auch eine hohe Produktivität und Effizienz für den Reinigungsprozess im Fokus. Die Korbwaschanlage mit Portalsystem (Bild 1) erfüllt bei einer kurzen Taktzeit sämtliche Anforderungen an die gründliche Vor- und Zwischenreinigung der verschiedensten Bauteile.

### Herausforderungen gemeistert

Die Entscheidung für die BvL-Reinigungsanlage wurde durch mehrere Schlüsselfaktoren beeinflusst. Der Automobilzulieferer stand vor der Herausforderung, eine Taktzeit von 15 Sekunden pro Bauteil einzuhalten. Der Projektplaner profitierte hier von den langjährigen Erfahrungen des Reinigungsanlagenherstellers. Dieser hatte in der Vergangenheit bereits mehrere ähnliche Reinigungsanlagen mit Au-

tomation konzipiert. Diese Referenzprojekte bildeten eine ideale Grundlage und die Erfahrungen und Kompetenz von BvL haben maßgeblich dazu beigetragen, dass diese neue Reinigungsanlage optimal auf die spezifischen Anforderungen des Zulieferers zugeschnitten werden konnte. Der Projektplaner des Automobilzulieferers schätzte die enge Zusammenarbeit während der gesamten Projektumsetzung und insbesondere das unkomplizierte, direkte Umsetzen seiner spezifischen An-



**Bild 1:** Die automatisierte Korbreinigungsanlage Niagara mit Portalsystem.

forderungen an das automatisierte Reinigungssystem.

### Lösung: Zwei-Achs-Portalanlage mit Greifsystem

Die Reinigungsanlage hat durch das Zwei-Achs-Portalsystem mit Greifsystem einen hohen Automatisierungsgrad und damit einhergehend einen hohen Grad an Mitarbeiterentkopplung. Die Anlage lässt sich nahezu ohne manuelle Eingriffe betreiben. Fehler werden minimiert, die Produktivität gesteigert und eine hohe Qualitätssicherheit erreicht. Die Anlage ist in der Lage, pro Waschgang mehrere Körbe mit einer Vielzahl an unterschiedlichen Bauteilen in einer kurzen Taktzeit zu reinigen.

### So funktioniert der Reinigungsprozess

Die Getriebekomponenten werden in Stapeldrahtkörben verpackt und über vier Beladestationen in die Anlage eingebracht. Der Portalumsetzer greift die Körbe und transportiert sie zur Vorbereitungsstation, wo die Korbstapel für eine Reinigungscharge gesammelt werden. Anschließend erfolgt der Transport zur Reinigungsanlage über eine Rollenbahn. Alle Prozessschritte – Spülen, Reinigen und Vakuumtrocknung – passieren in einer einzigen Kammer. Die gründliche und allseitige Reinigung erfolgt durch ein Spezial-Düsen-system bei schwenkendem Warenkorb mit anschließendem Fluten der Reinigungskammer.

### Integrierte Bodenroller-Reinigungsstation

Ein weiterer Vorteil ist die integrierte Bodenroller-Reinigungsstation (Bild 2). Diese Station reinigt die Bodenroller der Korbstapel während sich die Warenkörbe mit den Bauteilen in der Reinigungskammer befinden. Dieser integrierte Prozess verhindert eine erneute Verschmutzung der bereits gereinigten Körbe und Bauteile.

### Smart Cleaning-Technologien für mehr Prozesssicherheit

Die BvL-Reinigungsanlage ist mit Smart Cleaning ausgestattet. Eine Wartungsvorhersage für den Vakuumfilter und eine

**Bild 2:** Die integrierte Bodenroller-Reinigungsstation verhindert ein erneutes Verschmutzen der Bodenroller nach dem Reinigungsprozess.



Verbrauchsvorhersage für den Beutelfilter ermöglichen eine vorausschauende Wartung und eine optimierte Planung. Die sogenannte Libelle Fluid Control misst den Verschmutzungsgrad der Reinigungsflüssigkeit und ermöglicht so eine einfache Prozesskontrolle. Dadurch kann der Anwender schnell auf Veränderungen reagieren und eine konstante Bauteilsauberkeit sicherstellen. Die Isolierung der Anlagenkomponenten verringert den Austrag von Wärmeenergie, was zu einer Reduktion des Energieverbrauchs und damit zu Kosteneinsparungen führt.

Auf der AMB, der Fachmesse für Metallbearbeitung in Stuttgart (10. bis 14. September) wird BvL über individuelle Reinigungslösungen für zuverlässig technische Sauberkeit beraten. Der Messestand ist in Halle 5, Stand Nr. A 21.

[www.bvl-group.de](http://www.bvl-group.de)  
Christine Brühöfner, Marketing, BvL  
Oberflächentechnik GmbH



FOTO: REICHMANN

Die zum Patent angemeldete Selbstoptimierungssoftware MAUS CAAT verspricht Produktivitätssteigerungen von 5 bis über 30 %.

## Automatisches Gussputzen

# Signifikante Produktivitätssteigerungen erreichbar

Gießereien aus Europa und den USA haben die zum Patent angemeldete Selbstoptimierungssoftware MAUS CAAT zur Anwendung in der MAUS-Linie von Reichmann, Weissenhorn, bereits erfolgreich im Einsatz.

### VON STEFANIE HENKEL

Die auf der GIFA 2023 erstmals präsentierte Software hat sich in der Praxis erfolgreich bewährt: Gießereien aus Europa und den USA berichten von 5- bis über 30-prozentigen Produktivitätssteigerungen beim automatischen Gussputzen gegenüber bereits manuell vorschuboptimierten Programmen innerhalb der ersten 100 produzierten Teile.

Die Gussputzmaschinen MAUS 600, 900, 1400 und 2200 decken von kleinen (unter 100 kg, 600 mm Störkreis) bis großen Gussteilen (bis zu 1000 kg und 2200 mm Störkreis) ein breites Bearbeitungsspektrum ab. Herzstück ist die moderne Steuerung. Sie überzeugt mit ihrer einfachen Bedienbarkeit und bietet völlig neue Möglichkeiten zur Visualisierung und Nutzung von Maschinendaten. Mit der Selbstoptimierungssoftware „computer

aided automatic tuning“, kurz MAUS CAAT, geht Reichmann einen großen Schritt, diese Potenziale in Richtung Industrie 4.0/5.0, IIoT und Künstlicher Intelligenz zu nutzen.

MAUS CAAT optimiert algorithmusbasiert und gezielt in kürzester Zeit Bearbeitungsprogramme zu Höchstleistungen. Die Software erkennt während der Bearbeitung gezielt kleinste Schwachstellen im Programm. Überall dort, wo



Potenzial zur Senkung der Durchlaufzeit besteht, wird dies genutzt. Ca. 80 % der Zyklusoptimierung wird so automatisch von der Maschine übernommen, weitere 20 % an Optimierungspotenzial wird dem Maschinenbediener in Form von visuellen Daten zur Verfügung gestellt. „Diese Optimierungstiefe ist manuell nicht erreichbar“, so Rafael Dineiger, International Sales Manager bei Reichmann Casting Finishing.

Mit der Selbstoptimierungssoftware spart sich der Programmierer in Zukunft die Optimierung der Vorschübe und kann sich auf die Bearbeitungsqualität fokussieren. Das reduziert die Zeit zur Programmerstellung etwa um die Hälfte. Bei einer mittleren Programmerstellungszeit von ca. einem Tag amortisiert sich die Investition in die Software damit bereits bei unter 20 verschiedenen Gussteilen. Dazu kommt die erhöhte Produktivität, welche die Amortisationszeit des gesamten Investments weiter verkürzt.

„Die Nutzung von MAUS CAAT, ebenso wie die initiale Programmerstellung, sind so einfach, dass jeder Mitarbeiter mit einer Schulung von wenigen Tagen dafür qualifiziert werden kann. Das entspannt die Personalsituation in Gießereien und trägt zu einer sehr hohen Ma-

schinenverfügbarkeit beim Betrieb in mehreren Schichten bei“, so Rafael Dineiger.

Die MAUS-Maschinen bieten darüber hinaus weitere nützliche Optionen. Das Lasermesssystem kann Chargenschwankungen am Gussteil ausgleichen, was eine konstante Qualität sichert. Das optionale CF-Tablet erfüllt gleich mehrere hilfreiche Funktionen: Durch Spiegeln der Bedienoberfläche auf das mobile Endgerät können das Teach-In und die Prozessbeobachtung direkt in der Maschine auf dem Tablet erfolgen. Außerdem unterstützt das Tablet, ebenso wie die Steuerung, bekannte Windows-Funktionen wie Offset-Programmierung, Kommentare, unbegrenzte Programme, Netzlaufwerke und Teamviewer für einen einfachen Support. Rafael Dineiger ist sich sicher: „Als Gesamtpaket verschafft eine MAUS-Maschine mit der MAUS CAAT-Software und dem CF-Tablet unseren Kunden einen deutlichen Vorsprung vor der Konkurrenz“.

[www.reichmann.com](http://www.reichmann.com)

*Stefanie Henkel, Marketing, Reichmann & Sohn GmbH*

Automatisches Gussputzen mit dem MAUS 900 Gussputzcenter von Reichmann.

Die ganze Welt der  
**Gießerei**  
 auf **einen Blick**  
[www.home-of-foundry.de](http://www.home-of-foundry.de)

- Tagesaktuelle Nachrichten
- Praxistipps
- Branchengrößen im Interview
- Branchenspezifisches JobPortal



FOTOS: RUMP STRAHLANLAGEN

Die Anlage läuft im Dreischichtbetrieb mit 15 bis 17 Schichten pro Woche.

## Drahtgurtstrahlanlage

# Strahlen von Gussteilen mit Sandanhaftung

Die Drahtgurt-Strahlanlage Xedura foundry von Rump Strahlanlagen kommt bei einem Kunden zum Strahlen von Grauguss- oder Sphäroguss-Werkstücken mit Formsandanhaftungen im kontinuierlichen Durchlauf zum Einsatz. Die Aufgabe bestand darin, die beiden vorhandenen Drahtgurt-Strahlanlagen dieses Typs mit einer Durchlaufbreite von 1000 bzw. 1250 mm und einer Turbinenleistung von 8 x 15 bzw. 22 kW gegen eine größere Strahlanlage mit einer höheren Durchlaufleistung zu ersetzen.

### VON ANTON KAUP

Die Aufstellung der größeren Anlage erfolgt auf einer Fläche von ca. 16 000 mm Länge und einer Breite von ca. 12 000 mm. Am Becherwerkskopf erreicht sie eine Höhe von ca. 11 500 mm über dem Hallenboden und ist an dem Standort von einer der zwei zu ersetzenden Strahlanlagen installiert worden.

### Funktionsweise der Drahtgurtstrahlanlage

Ein Manipulator nimmt die teilweise noch warmen Teile aus einem Transportbehälter

und legt diese im Einlaufbereich sehr dicht auf den elektrisch angetriebenen Drahtgurt. Alternativ können die Teile auch händisch auf den Gurt gelegt werden. Dafür sind einlaufseitig von beiden Seiten Podeste angeordnet. Die Durchlaufbreite beträgt 1500 mm. In einer stetigen Förderbewegung werden diese durch die Maschine und den Wirkungsbereich der Strahlturbinen gefahren. Je nach Gussprogramm und gewünschter Bearbeitungsintensivität wird dabei die Drahtgurt-Fördergeschwindigkeit zwischen einem 0,5 und 2 m/min voreingestellt. Über eine Lichtschranke vor der Einlaufschleuse wird in Abhängigkeit zur einge-

stellten Fördergeschwindigkeit verzögert beim Eintritt der Werkstücke in die Strahlzone der automatische Strahlprozess in Gang gesetzt.

Das Gemisch aus kugelförmigem und kantigem Stahlguss-Strahlmittel mit einer Nenn-Körnung von ca. 0,85 mm wird dabei zu den einzelnen Turbostrahlern geleitet. Durch die elektrisch angetriebenen Dosiereinrichtungen lässt sich die Strahlmittelmenge exakt auf den Strahlvorgang abstimmen.

Die Abwurfgeschwindigkeit der 12 Strahlturbinen (Bild 1) mit je 30 KW Antriebsleistung ist frequenzgeregelt. Die Strahlturbinen sind so angeordnet, dass



**Bild 1:** Strahlmaschine TSM V mit 30 kW Antriebsleistung.

die Gussteile zur großen Zufriedenheit des Kunden auch an den kritischen Innenseiten optimal gestrahlt werden. Die Rump-Strahlmaschinen sind mit einem Riemtrieb ausgestattet. Durch die verstärkte Lagerung und die für diesen Anwendungsfall speziell entwickelten Fette kann der Dauerbetrieb der Maschine bei Temperaturen um ca. 100 °C an der Lagerung realisiert werden. Diese Maschinenteknik ist in Bezug auf Verfügbarkeit, Wartung, Verschleiß und die kurzfristige Verfügbarkeit von Ersatzteilen beispiellos.

Im Auslaufbereich der Strahlanlage werden die fertig gestrahlten Werkstücke vom Drahtgurt auf eine Vibrationsfördererin abgeworfen und von dort mit Transportbändern an manuelle Arbeitsplätze zur weiteren Verarbeitung gefördert.

### Reinigung des Strahlmittels

Das Strahlmittel mit den abgestrahlten Bestandteilen (Staub-, Zunderpartikel), das sich durch die heißen Teile und den Dauerbetrieb auf bis zu 60 bis 80 °C erwärmen kann, fällt schließlich in die Strahlmittel-Auffangtrichter und die darunter angeordneten drei Schwingfördererinnen, die sich im gesamten Förderbereich der Anlage unterhalb des Drahtgurts befinden. Von dort gelangt es auf den Siebboden der vierten, querverlaufenden Schwingfördererin und wird durch die Unwucht der Vibrationsmotoren gleichzeitig abgesiebt und transportiert. Dabei werden Sandknollen und größere Verunreinigungen vom Strahlmittel getrennt und zur Entsorgung in einen Auffangbehälter gefördert. Das durch die Siebböden fallende Strahlmittel-Sandgemisch wird von dort über das angeschlossene Becherwerk der Strahlmittelreinigung zugeführt.

Ein speziell für diese hohen Sandmengen und Prozesstemperaturen entwickelter Magnetabscheider trennt die Sandanteile vom Strahlmittel mit sehr guten Abscheidegraden. Mithilfe einer Stauklappe wird das zu reinigende Strahlmittel gleichmäßig über die gesamte Breite der sich drehenden Magnetwalze verteilt. Beim Passieren des Magnetfelds wird der magnetische vom unmagnetischen Anteil getrennt und über sich mitdrehende Abstreifleisten abgeworfen. Zur Erhöhung des Wirkungsgrades ist der Magnetabscheider zweistufig ausgeführt. Dabei wird das ausgeschiedene, nicht magnetisierbare Gemisch über eine zusätzliche zweite Magnetwalze geführt, wobei noch vorhandene metallische Restanteile entzogen werden (**Bild 2**).

In der nachfolgenden, zweiteiligen Sichterstufe werden der spezifisch leicht-



**Bild 2:** Veranschaulichung Magnetabscheider.

tere Staub, die beim Strahlvorgang pulverisierten Gießhäute etc. ebenso wie auch zerstrahltes Strahlmittel aus dem Kreislauf gezogen und über die Sichterrohrleitung der kundenseitigen Entstaubungsanlage zugeführt. Durch die unmittelbare Entspannung des Luftstroms wird ein Teil der im Luftstrom mitgeführten Reststoffe direkt in der Sichterstufe ausgeschieden und einem Reststoffbehälter zugeführt. Die im Strahlmittelstrom gegebenenfalls noch enthaltenen Grobteile und Sandknollen werden über das Schwingesieb und einen Knollenablauf in einen untergestellten, kundenseitigen Reststoffbehälter zur Entsorgung gefördert. Das so optimal gereinigte Strahlmittel wird über eine Förderschnecke gleichmäßig verteilt in den Strahlmittel-Vorratsbunker geleitet und gelangt von dort während des Strahlvorgangs über die elektrisch angetriebenen Dosiereinrichtungen zu den einzelnen Turbostrahlern.

Zur Entstaubung der Strahlkammer, des Becherwerkes und des Windsichters werden die dort angeschlossenen Rohrleitungen zusammengeführt und an die kundenseitige Entstaubungsanlage angeschlossen. Durch die kontinuierliche Absaugung herrscht in der Strahlkammer jederzeit ein Unterdruck, sodass keine Stäube in die Umgebung gelangen. Über eine Unterdruck-Überwachung ist sichergestellt, dass der Strahlbetrieb nur bei laufender Entstaubung möglich ist.

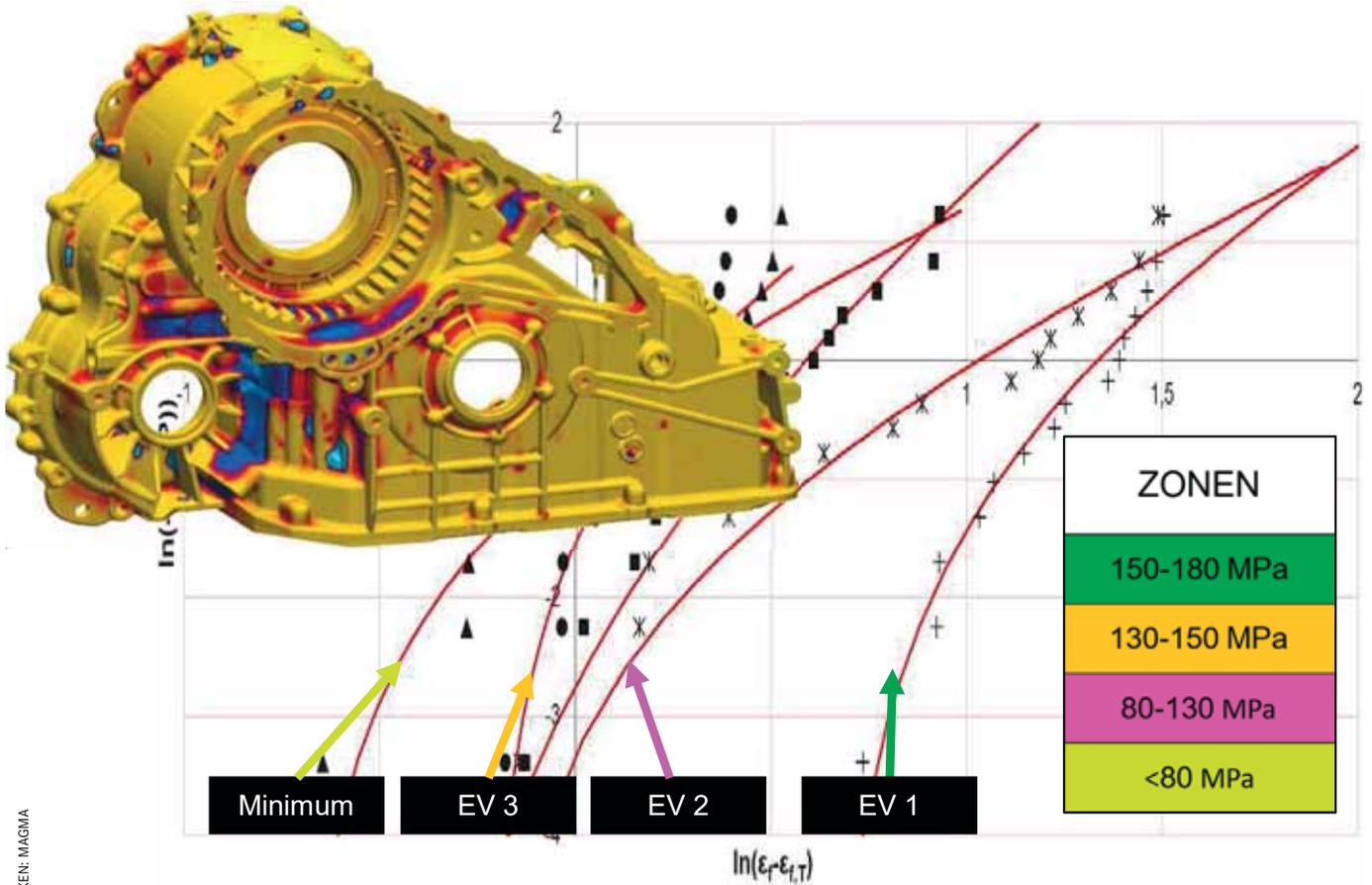
### Schnell wieder in Betrieb

Für die Montage der Anlagentechnik und Inbetriebnahme standen in der Sommerrevision nur zwei Wochen zur Verfügung. Durch die intensive Baugruppen-Vormontage im Hause Rump konnte im Mehrschichtbetrieb diese große Anlagentechnik zeitlich realisiert werden.

Anwenderfreundlichkeit, Qualität und Quantität der zu strahlenden Werkstücke sind zur Zufriedenheit des Kunden umgesetzt worden.

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

*Anton Kaup, Leitung Service, RUMP STRAHANLAGEN GmbH & Co. KG*



GRAFIKEN: MAGMA

Probabilistisches Modellieren von lokalen Eigenschaften und Defekten ermöglicht die Vorhersage von realem Bauteilverhalten.

### Probabilistische Eigenschaftsvorhersage

# Methodik zur abgesicherten Gussteilauslegung und -fertigung, Teil 2 von 2

Versuche komplett virtuell zu gestalten, würde viel Entwicklungszeit einsparen. Der hier beschriebene Ansatz nutzt die Möglichkeiten der Gießprozesssimulation zur Vorhersage einer statistischen Verteilung von mechanischen Eigenschaften aufgrund berechneter lokaler Gefügeausprägungen und verspricht so neue Möglichkeiten bei der Bauteil- und Prozessauslegung.

**VON HORST BRAMANN, JAKOB OLOFSSON, JÖRG C. STURM**

In der letzten Ausgabe der Giesserei [1] wurde eine neue Methodik vorgestellt, die die Möglichkeiten der virtuellen Gießprozesssimulation nutzt, um eine statistische Verteilung von lokalen mechanischen Eigenschaften aufgrund berechneter lokaler Gefüge und Fehler vorher-

zusagen. Die großen Ergebnismengen aus jeder einzelnen Simulation können dabei wie zahlreiche einzelne Zugversuche genutzt und statistisch ausgewertet werden. In Verbindung mit der Einführung einer Prozessvariabilität in der Simulation ermöglicht diese Innovation eine probabilistische Modellierung der zu erwartenden lokalen Eigenschaften. Die vorgestellte Vorgehensweise unterstützt damit sowohl

den Konstrukteur im Designstadium bei der abgesicherten Auslegung seines Bauteils als auch den Gießer bei einer robusten Prozessauslegung.

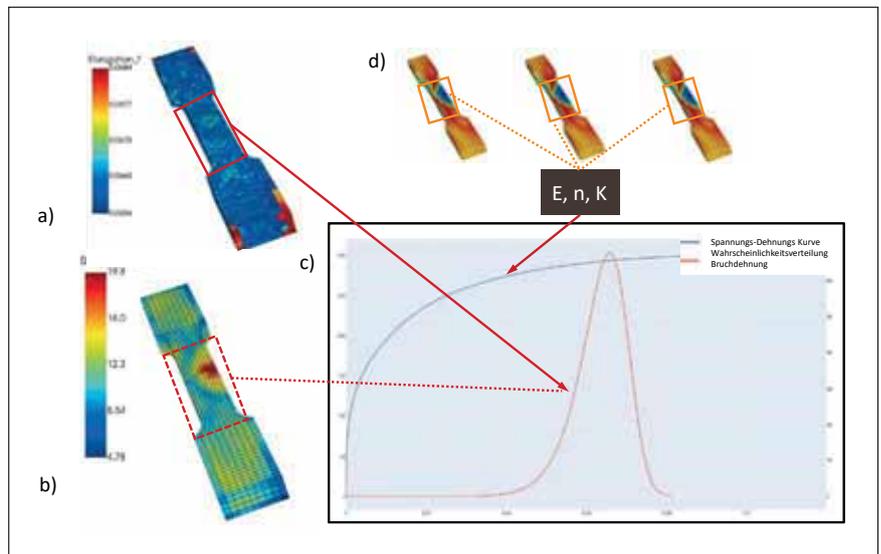
Teil 1 dieses Beitrags [1] hat die Anforderungen und Restriktionen der Nutzung der Gießprozess-Simulation im Entwicklungsprozess von Gussteilen diskutiert und die Grundlagen der neuen Methodik zum probabilistischen Model-

lieren vorgestellt. Dieser zweite Teil beschreibt, wie die probabilistische Modellierung in der Gießprozess-Simulation umgesetzt wird, zeigt die Ergebnisse der Methodik am Beispiel einer Anwendung und diskutiert die neuen Möglichkeiten zur Ermittlung der Design- und Prozessfähigkeit im Entwicklungsprozess neuer Gussteile.

### Probabilistisches Modellieren mechanischer Eigenschaften

In einer Magmasoft-Simulation wird das Gussteil häufig mit mehr als 1 Million Elementen diskretisiert [2]. Das heißt, für jedes berechnete Kriterium, jeden Fehler oder jede Eigenschaft liegen auch eine entsprechende Anzahl von Informationen vor. 1 Million berechnete Werte mechanischer Eigenschaften kann man auch als 1 Million Zugversuche interpretieren. Man kann also mit Recht von „big data“ sprechen, die sich für eine statistische Bewertung ideal eignen. Damit lässt sich das zuvor beschriebene Problem von Fehlerverteilungen und -schwankungen probabilistisch angehen.

An einer stochastischen Fehlerverteilung in einem gegossenen Zugstab lässt sich die Methodik erklären. Jede berechnete Zelle im Zugstab liefert einen unterschiedlichen Wert für das erwartete Gefüge, die berechneten Fehler und die dadurch ermittelten mechanischen Eigenschaften (Bild 1). Aus der Gefügesimulation ergibt sich die lokale ideale Spannungs-Dehnungskurve für den Werkstoff. Aus der Bewertung der Fehler ergibt sich eine statistische Verteilung, die als Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion dar-



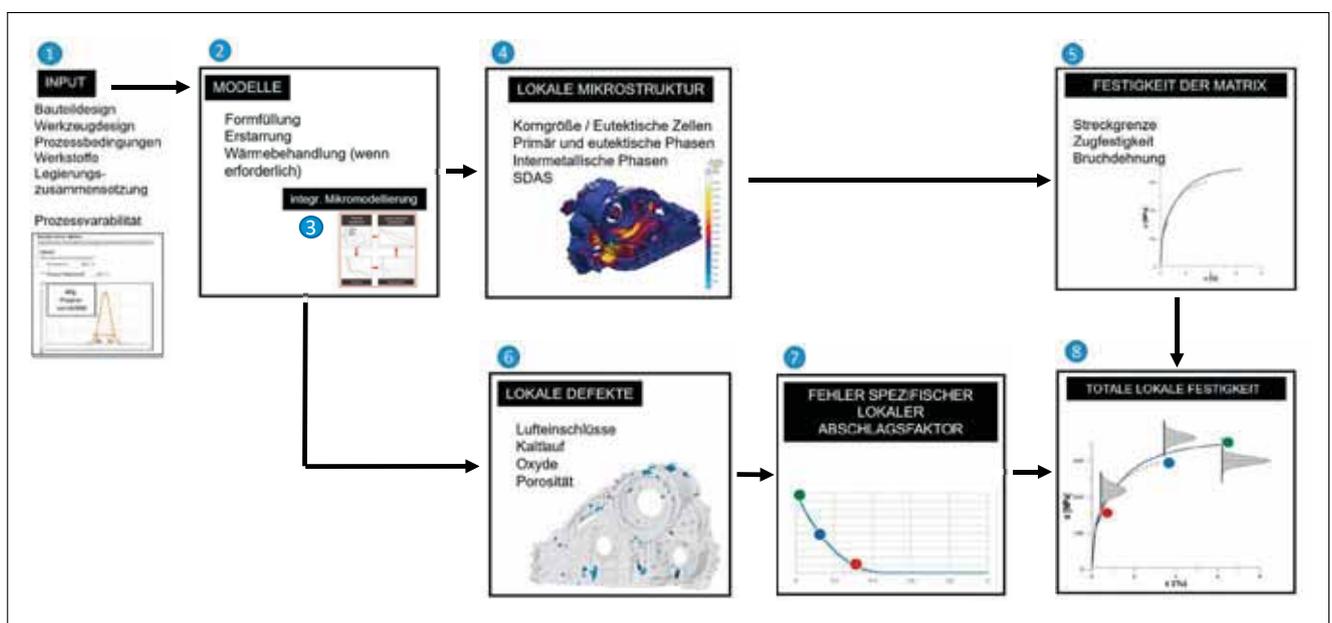
**Bild 1:** a) Verteilung berechneter Bruchdehnungen A5 und b) ihre Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion in einem Zugstab, in einer Spannungs-Dehnungskurve c) und einer Wahrscheinlichkeits-Dichtefunktion können diese Informationen dargestellt werden und d) mit wenigen Parametern (E,n,K) anderen Berechnungsprogrammen zur Verfügung gestellt werden.

gestellt werden kann. Sie zeigt die Dehnungen, bei der der Zugstab am häufigsten versagen wird und, viel wichtiger, die statistisch untere Grenze, also mit welchen minimalen Dehnungen man rechnen muss. Diese Informationen können mathematisch beschrieben werden und lassen sich mit wenigen Parametern als Feld in andere Berechnungsprogramme exportieren.

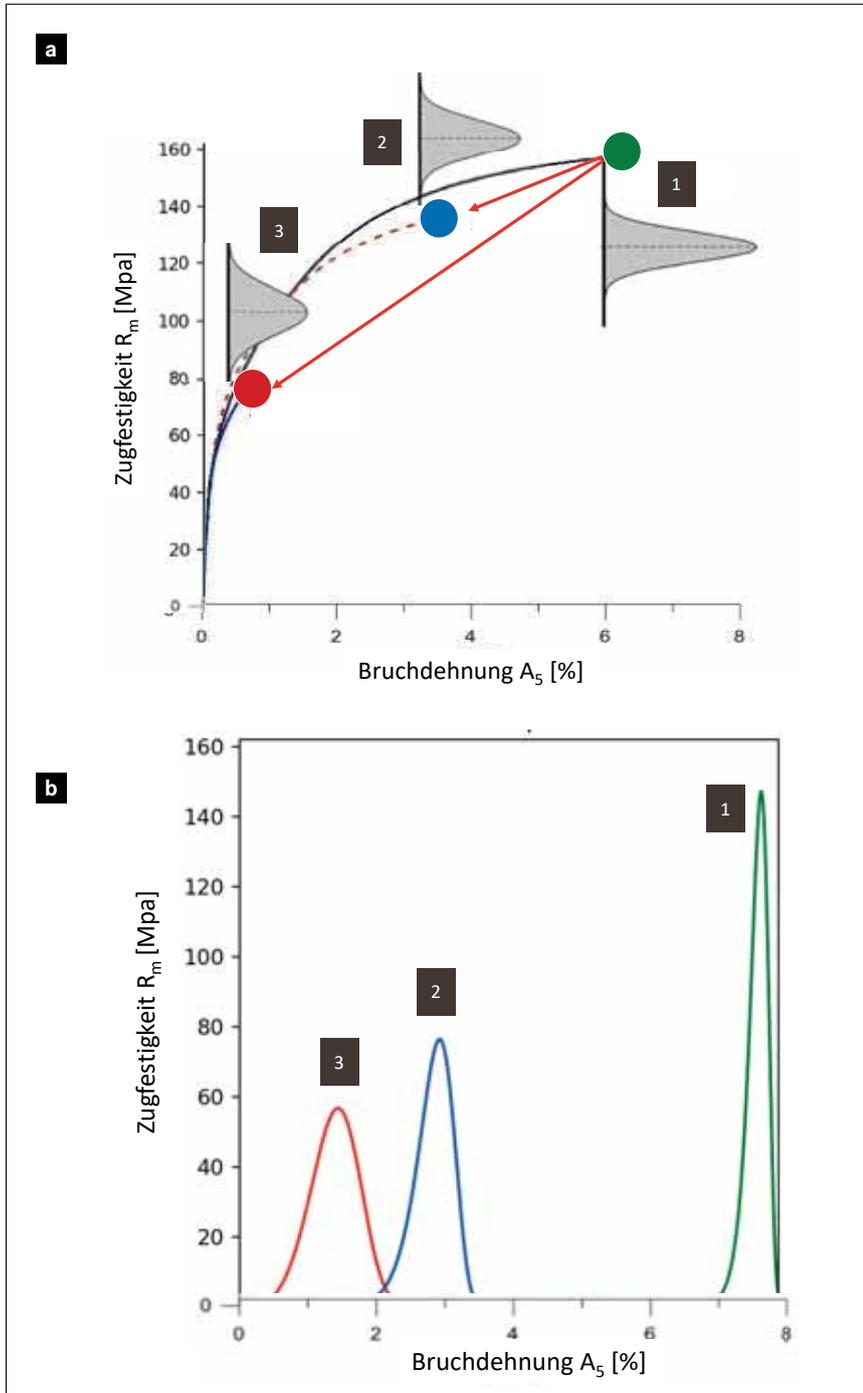
Die nachfolgend beschriebene neue Methodik nutzt diese Ideen für die probabilistische Modellierung der mechanischen Eigenschaften von Gussteilen (Bild 2). Dabei werden die Vorhersagen aus Magmasoft in Verbindung mit der Gefügesimulation für Aluminium zur lokalen

Berechnung von mechanischen Eigenschaften des Gefüges genutzt und mit einer statistischen Bewertung der Fehlerverteilung verbunden. Hierbei kommen die folgenden Innovationen zum Einsatz:

- > Berücksichtigung einer Erwartungsfunktion für die Prozessvariabilität in der Simulation,
- > Berechnung von lokalen Spannungs-Dehnungskurven für das lokale Grundgefüge mit der Gefügesimulation,
- > statistische Bewertung von simulierten Fehlerverteilungen über einen definierten Bereich und Nutzung dieser statistischen Ergebnisse als Abschlagsfaktoren auf die jeweilige Spannungs-Dehnungskurve an jedem Ort,



**Bild 2:** Ablaufschaubild des Kernprozesses der Methodik für ein berechnetes Design.



**Bild 3:** a) Berechnung der totalen Festigkeit aufgrund der ermittelten Fehlerverteilung für drei unterschiedliche Orte im Bauteil. b) Mithilfe der vorgegebenen Prozessvariabilität kann für jeden Ort im Gussteil eine Wahrscheinlichkeitsfunktion für die erwarteten mechanischen Eigenschaften ermittelt werden.

- > statistische Auswertung der ermittelten Spannungs-Dehnungskurven für einen beliebigen Bereich oder eine Zone mit speziellen Lastfall- oder Qualitätsanforderungen,
- > Ermittlung von Verteilungsfunktionen und minimal erwarteten Eigenschaften für jeden Bereich.

Die in der Software integrierte Methodik hat den folgenden Ablauf:

- > Der Nutzer definiert zunächst den für den jeweiligen Entwicklungsstatus be-

kannten Stand der Teilegeometrie, des Werkzeugdesigns und der Prozessbedingungen sowie die normalen Eingaben für die Gefügesimulation wie Legierungszusammensetzung und erwartete Metallurgie. Dies sind die üblichen Eingabeinformationen für jede Simulation (s. Bild 2, Schritt 1). Darüber hinaus legt er eine Verteilungsfunktion für die erwartete Prozessvariabilität fest, die aus praktischen Erfahrungswerten früherer oder ähnlicher Projekte ermittelt werden kann.

> Mit diesen Informationen wird eine einzelne Prozesssimulation durchgeführt, die abhängig vom Kenntnisstand, so detailliert wie aktuell möglich erfolgen sollte (s. Bild 2, Schritt 2). Mit der integrierten Gefügesimulation (s. Bild 2, Schritt 3) werden neben den klassischen, bekannten Ergebnissen lokale Gefügeverteilungen für den Werkstoff berechnet (s. Bild 2, Schritt 4). Sie sind die Grundlage für die Ermittlung der lokalen mechanischen Eigenschaften und entsprechender idealer Spannungs-Dehnungskurven für das jeweilig berechnete Gefüge (s. Bild 2, Schritt 5).

> Parallel dazu berechnet die Software die erwarteten unterschiedlichen Fehler für das ganze Bauteil (s. Bild 2, Schritt 6). Dies betrifft im Druckguss speziell Verteilungen der Schwindungsporosität und der Lufteinschlüsse. Es kann aber auch jedes andere berechnete Kriterium (z. B. für Oxidverteilung, Kaltlauf- oder Rissneigung) genutzt werden. Für jede dieser Fehlerkriterien kann eine statistische Bewertung über eine große Anzahl von Zellen durchgeführt werden, um das Problem der Abweichungen von diskreten Werten zu vermeiden. Der Mittelwert der Fehlerverteilung wird für den jeweiligen Bereich mit einer Abschlagsfunktion, die für jedes Fehlerkriterium unterschiedlich sein kann, mit den zuvor berechneten lokalen Spannungs-Dehnungskurven verknüpft (s. Bild 2, Schritt 7). Dies führt für jede einzelne Kurve zu einer Reduzierung der idealen Kurve auf den erwarteten fehlerbehafteten Wert (s. Bild 2, Schritt 8) und damit zu der erwarteten Verteilung der totalen Festigkeit in jeder berechneten Zelle (Bild 3a). Mit der zuvor definierten Prozessvariabilität liegt jetzt für jede berechnete Zelle im Gussteil eine Spannungs-Dehnungskurve mit einer entsprechenden Wahrscheinlichkeitsverteilung vor (Bild 3b).

Mit diesen Informationen kann jetzt in der Software weiter klassische Statistik für die Eigenschaftsverteilung im Gussteil durchgeführt werden. Der Anwender kann entscheiden, welche Bereiche des Gussteils oder welche Datenmengen er für die Auswertung heranzieht. Die Software ermittelt für vordefinierte Auswertebereiche im Bauteil automatisch die Verteilung über alle berechneten Eigenschaften und ihre Wahrscheinlichkeiten. Dies kann wie eine extrem große Anzahl von Zugversuchen aus dem Bauteil, jeweils abgesichert durch eine virtuelle Versuchsstreuung, verstanden werden (s. Bild 3b). Das erlaubt auch die Durchführung von Weibullanalysen, die für die definierten Zonen Verteilungsfunktionen und Erwar-

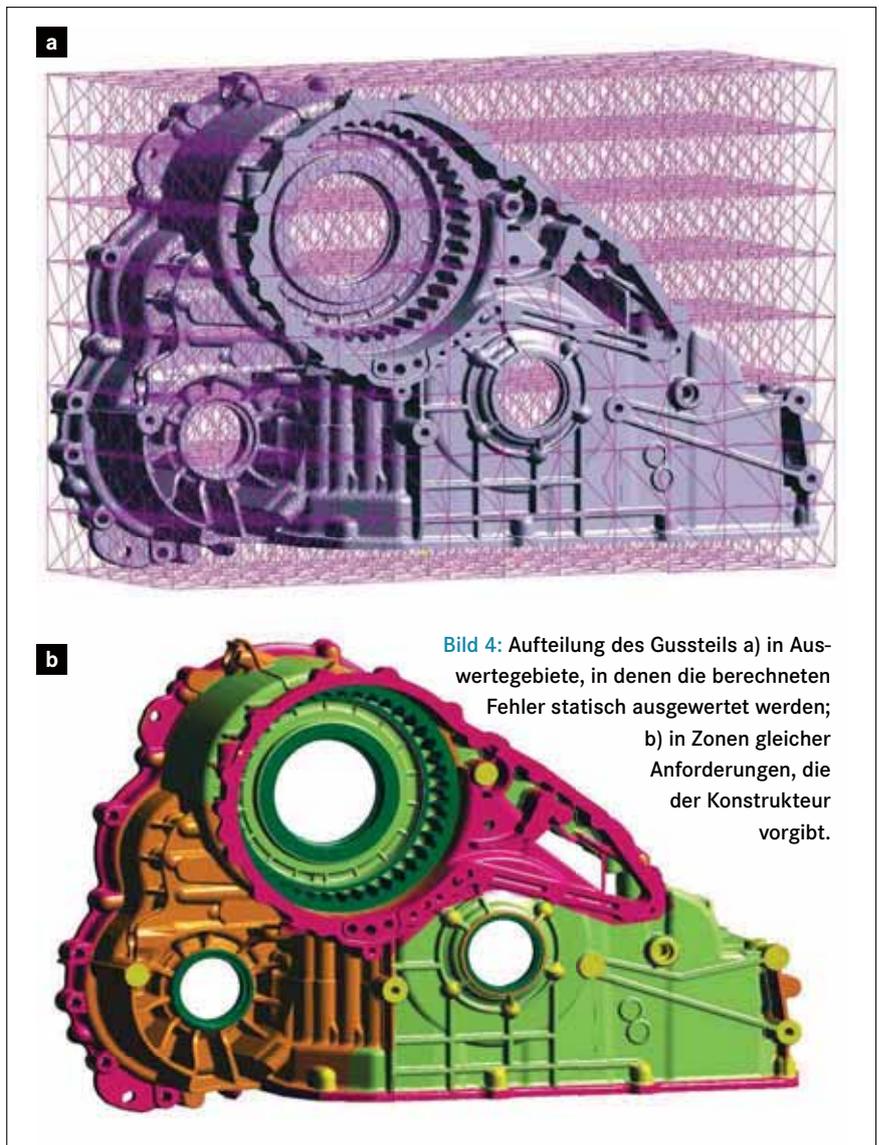
tungswerte für die minimal erwarteten Eigenschaften in dem jeweiligen Bereich darstellen. Die Ausgabe ist eine Reihe von erwarteten minimalen mechanischen Eigenschaften und die zu erwartende Verteilung für jeden Auswertebereich sowie deren Streuung (Streckgrenze  $R_{p0,2}$ , Zugfestigkeit  $R_m$ , Dehnung  $A_5$ ).

### Anwendung im Entwicklungsprozess

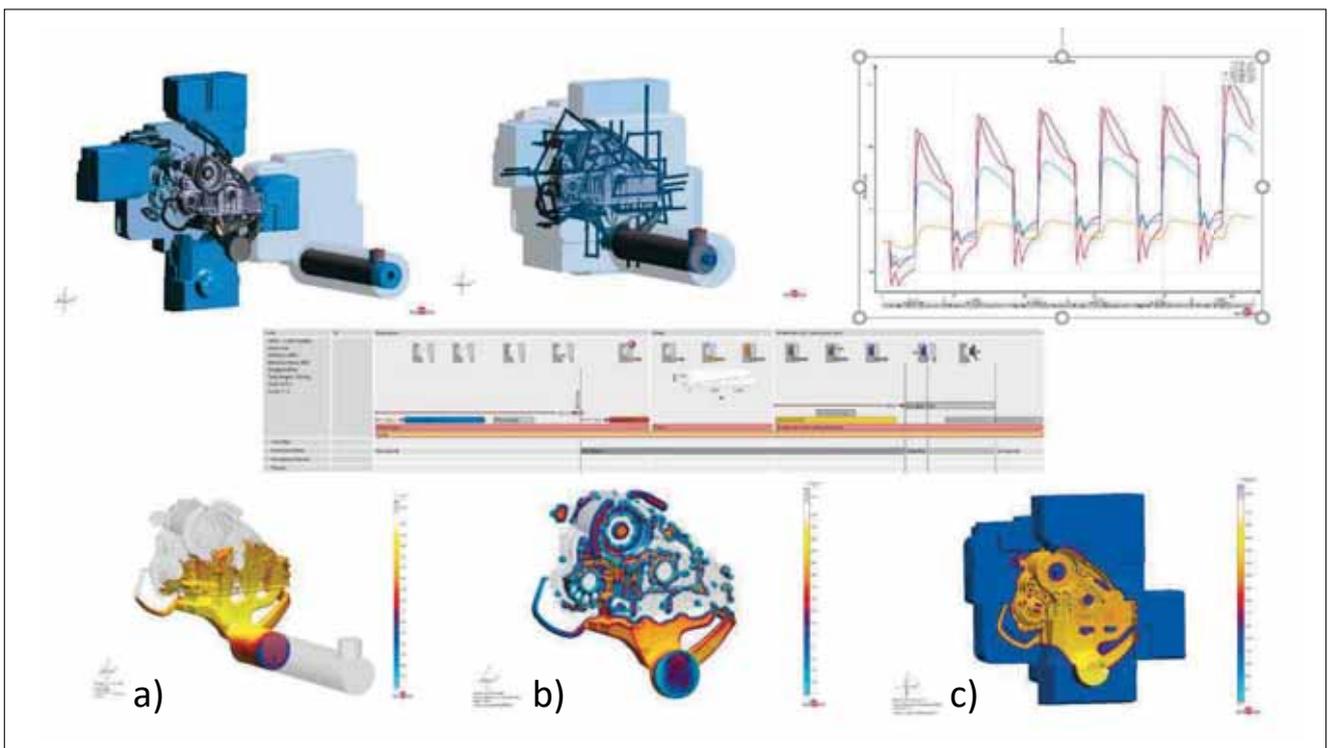
#### Ermittlung der Designfähigkeit

Die Methodik wird mit Magmasoft am Beispiel eines druckgegossenen Getriegehäuses angewendet. Um den Anforderungen des kleinen Zeitfensters im Entwicklungsprozess für die Ermittlung einer „Designfähigkeit“ gerecht zu werden, wird eine Prozesssimulation für ein einzelnes Design durchgeführt. Dies ist je nach Teilkomplexität in wenigen Stunden möglich.

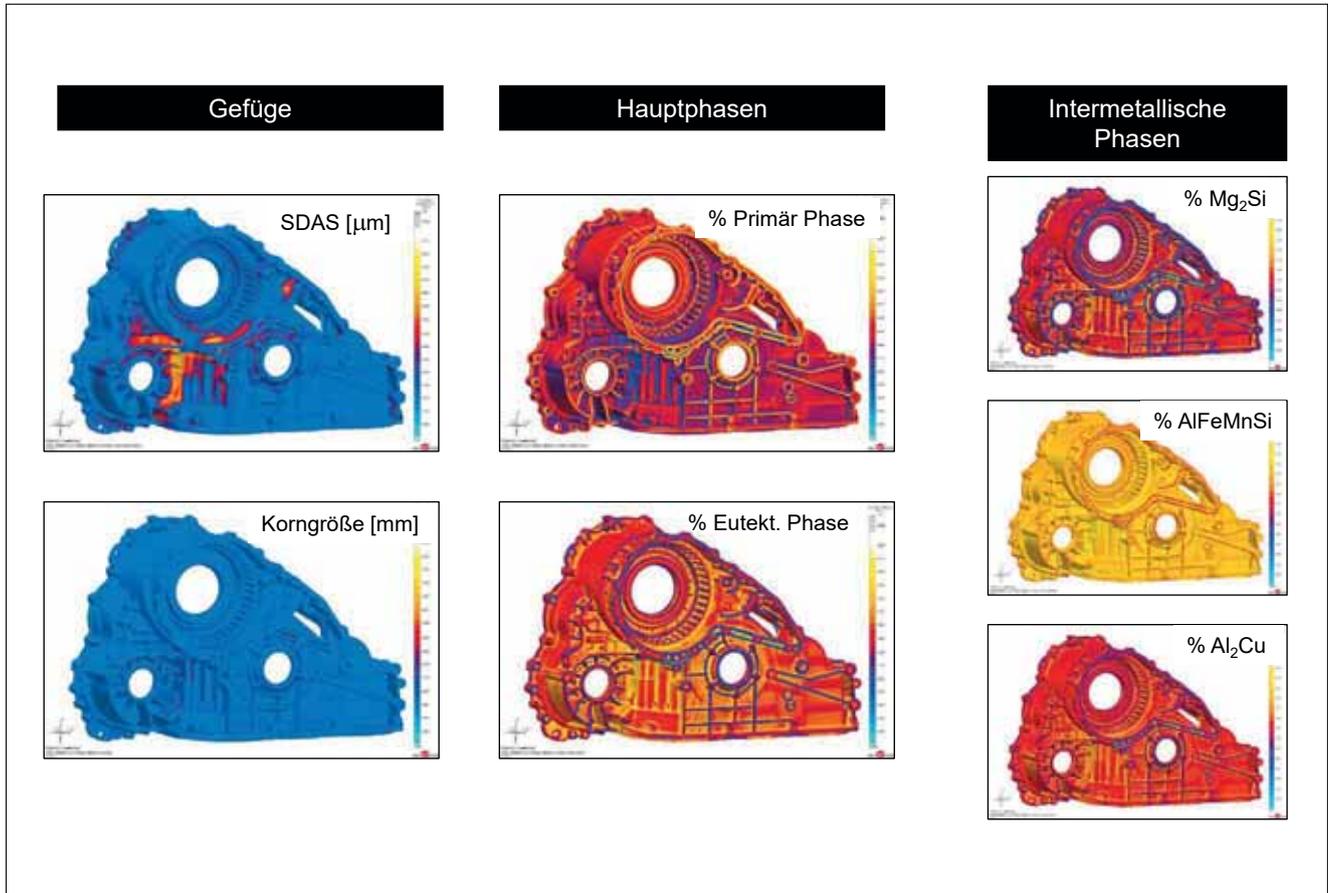
Nach der üblichen Definition von Gießtechnik, Werkzeug und den Prozessbedingungen (Bild 4), wird das Gussteil zusätzlich und automatisch in sogenannte Auswertebereiche (Evaluation Areas EA) zur statistischen Bewertung der berechneten Fehler unterteilt. Die Größe der Auswertebereiche und die entsprechende Anzahl der Zellen kann vom Anwender frei festgelegt werden. Typischerweise stehen in jedem Auswertebereich mehrere tausend Zellen für die statistische Bewertung der berechneten Fehler zur Verfügung. Für die Ausgabe der erwarteten mecha-



**Bild 4:** Aufteilung des Gussteils a) in Auswertebereiche, in denen die berechneten Fehler statisch ausgewertet werden; b) in Zonen gleicher Anforderungen, die der Konstrukteur vorgibt.



**Bild 5:** Die klassischen Ergebnisse der Gießprozess-Simulation für das Druckgießen: a) Formfüllung, b) Erstarrung und c) Formtemperaturen sind die Basis für die probabilistische Modellierung von Gefügen und Eigenschaften.

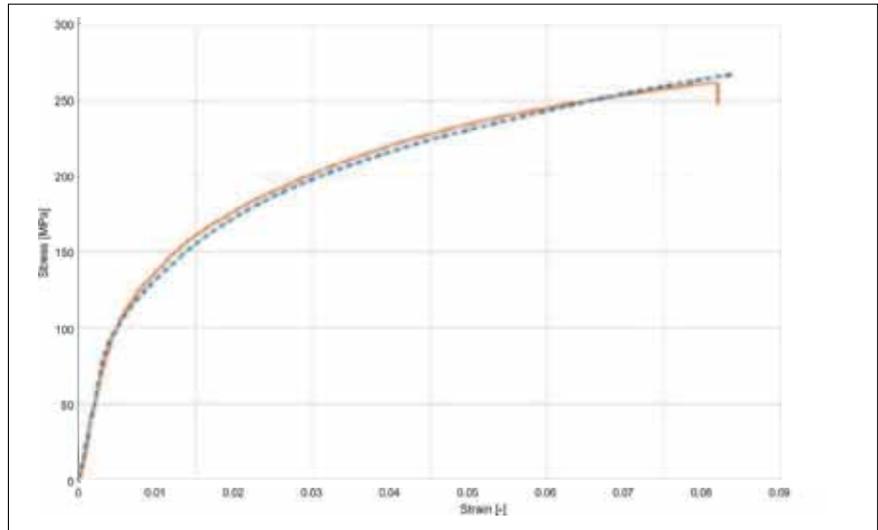


**Bild 6:** Ergebnisse aus der Gefügesimulation. Neben quantitativen Verteilungen von Gefügemerkmalen werden auch Phasenanteile und die Menge an (teilweise schädlichen) intermetallischen Phasen berechnet.

nischen Eigenschaften und ihrer Verteilungen wird das Gussteil zusätzlich in die vorgegebenen Zonen unterschiedlicher Anforderungen unterteilt.

Die Prozesssimulation ist gegenüber dem bekannten Ablauf weitgehend unverändert. Zusätzliche Informationen betreffen die Definition der Legierungszusammensetzung und metallurgische Parameter für die Impfung und Veredelung, die die integrierte Gefügesimulation nutzt. Außerdem wird der bereits vorgestellte neue probabilistische Parameter für die Prozessvariabilität festgelegt. Primäre Ergebnisse aus Zyklusrechnung, Formfüllung und Erstarrung sind alle bekannten Kriterien (Bild 5). Zusätzlich werden aus der integrierten Gefügesimulation Gefüge- und Phasenverteilungen sowie intermetallische Phasen berechnet (Bild 6). Diese Informationen sind die Basis für die Ermittlung der lokalen idealen Spannungs-Dehnungskurven (Bild 7).

Die gleichzeitig berechneten Fehlerverteilungen im Gussteil (hier für eingeschlossene Luft und Schwindungsporosität) werden in den festgelegten Auswertebereichen statistisch ausgewertet (Bild 8). Der mit dem jeweiligen Abschlagsfaktor ermittelte Schädigungswert wird auf die idealen Spannungs-Dehnungskurven in jeder Zel-



**Bild 7:** Vergleich von berechneter idealer Spannungs-Dehnungskurve der Matrix aus der Gefügesimulation mit realen Messungen an einem Punkt im Gussteil.

le angewendet und vermindert damit die lokale Zugfestigkeit und Dehnung entsprechend. Daraus ergeben sich Eigenschaftsverteilungen für Streckgrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung (Bild 9).

Die ermittelten Daten aus allen Zellen werden für die Bewertung in den definierten Zonen in einer Weibull-Analyse statistisch ausgewertet. Dies ermöglicht die quantitative Bewertung der Designfähigkeit des Bauteils (Bild 10). Bild 11 zeigt

in einem Überblick beispielhaft die Eigenschaftsverteilungen in den einzelnen Zonen und die für jede Zone ermittelten Spannungs-Dehnungskurven mit den entsprechenden Wahrscheinlichkeits-Dichteverteilungen.

#### Ermittlung der Prozessfähigkeit

In einer späteren Phase des Produktentwicklungsprozesses von Getrieben muss die Gießerei, die den Auftrag erhält, den

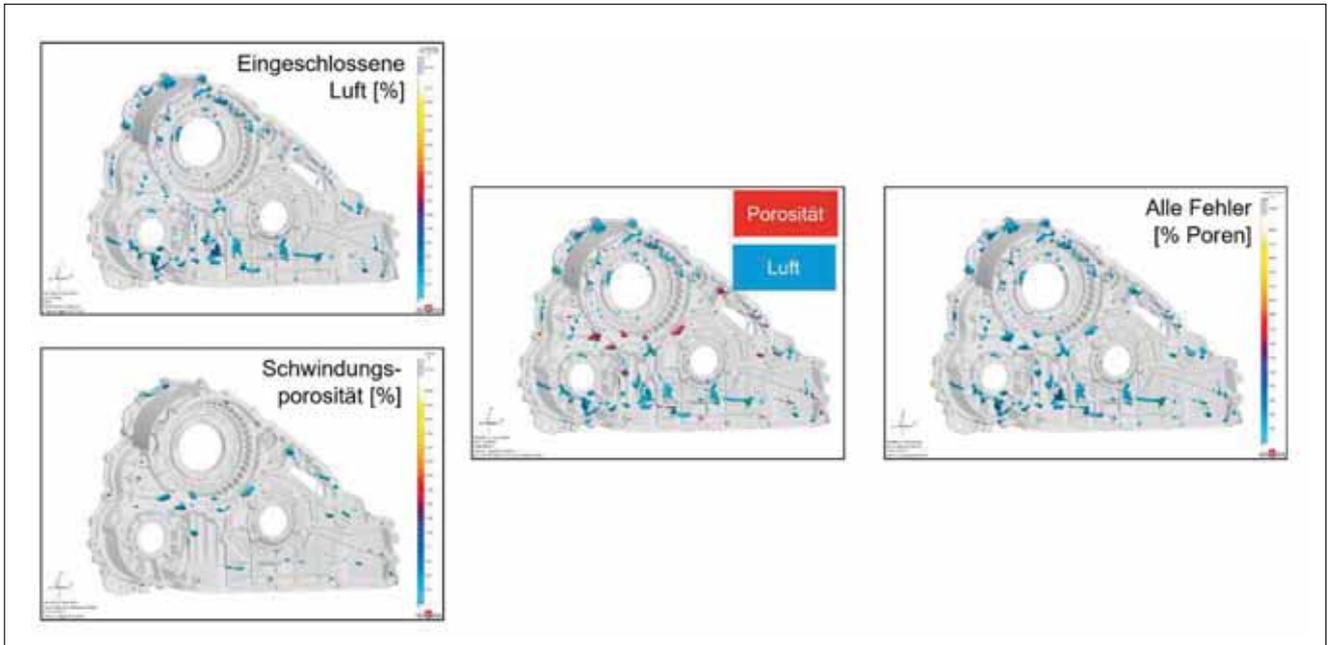


Bild 8: Bewertung unterschiedlicher Fehler für das Getriebegehäuse, hier Porosität und Luft einschüsse.

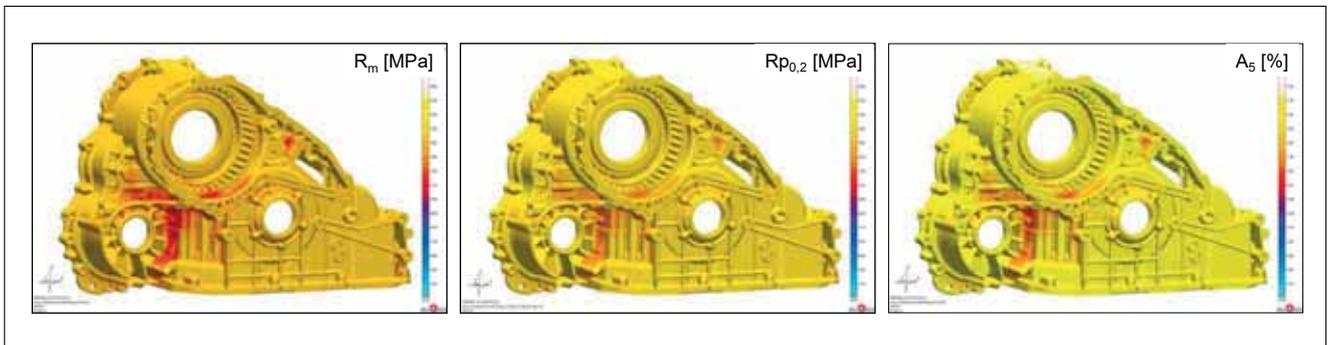


Bild 9: Durch die Methodik berechnete Festigkeitsverteilungen im Gussteil.

Gießprozess im Detail auslegen. Das Hauptziel dabei ist es, ein Guss- und Anschnittlayout sowie Prozessbedingungen zu verwenden, die robuste Betriebsbedingungen und ein robustes Prozessfenster bieten, das die unvermeidlichen Prozessschwankungen zu akzeptablen Kosten bewältigen kann. Da kein Gussstück fehlerfrei ist, ist die Kontrolle von Fehlern und deren Auswirkungen auf die spezifizierten Qualitätsniveaus (bei den endgültigen mechanischen Eigenschaften) von größter Bedeutung.

Die angewandte Methodik (Bild 12) ist im Prinzip die gleiche wie bei der Bewertung der Designfähigkeit der Gusskonstruktion (s. Bild 12 c, (2)-(8)). Anstatt eine Prozesssimulation für einen einzigen Betriebspunkt zu definieren und auszuführen, variiert die Gießerei nun das Teile- und Werkzeugdesign (Beispiel: verschiedene Anschnittkonzepte oder Kühlungslayouts) und das Prozessfenster mit mehreren Eingangsvariablen (Beispiel: variierte Füllbedingungen wie 1<sup>st</sup>-Phasengeschwindigkeit, Beschleunigung und Umschaltzeitpunkt). Außerdem

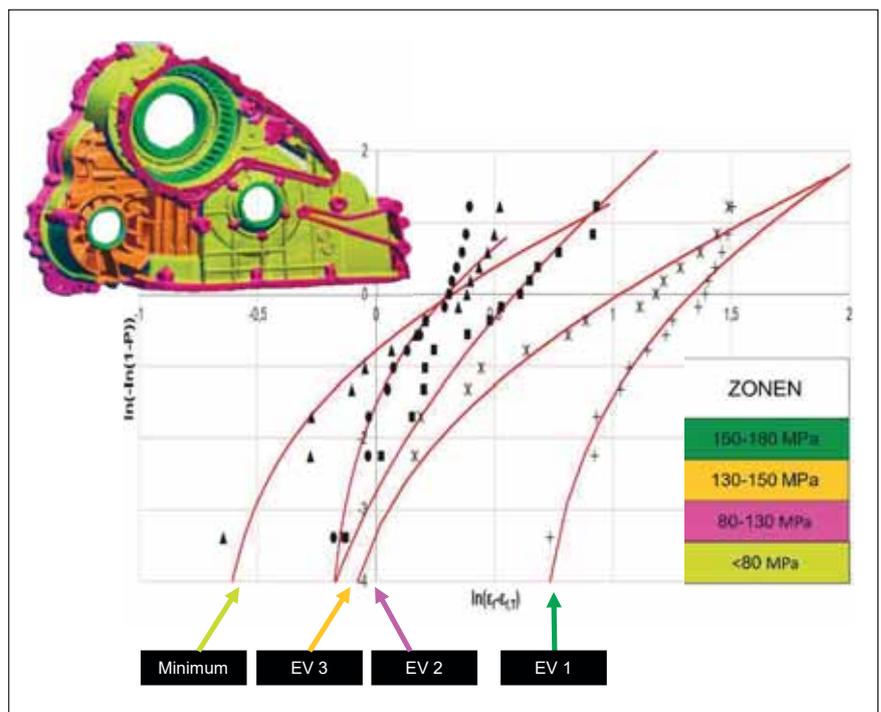
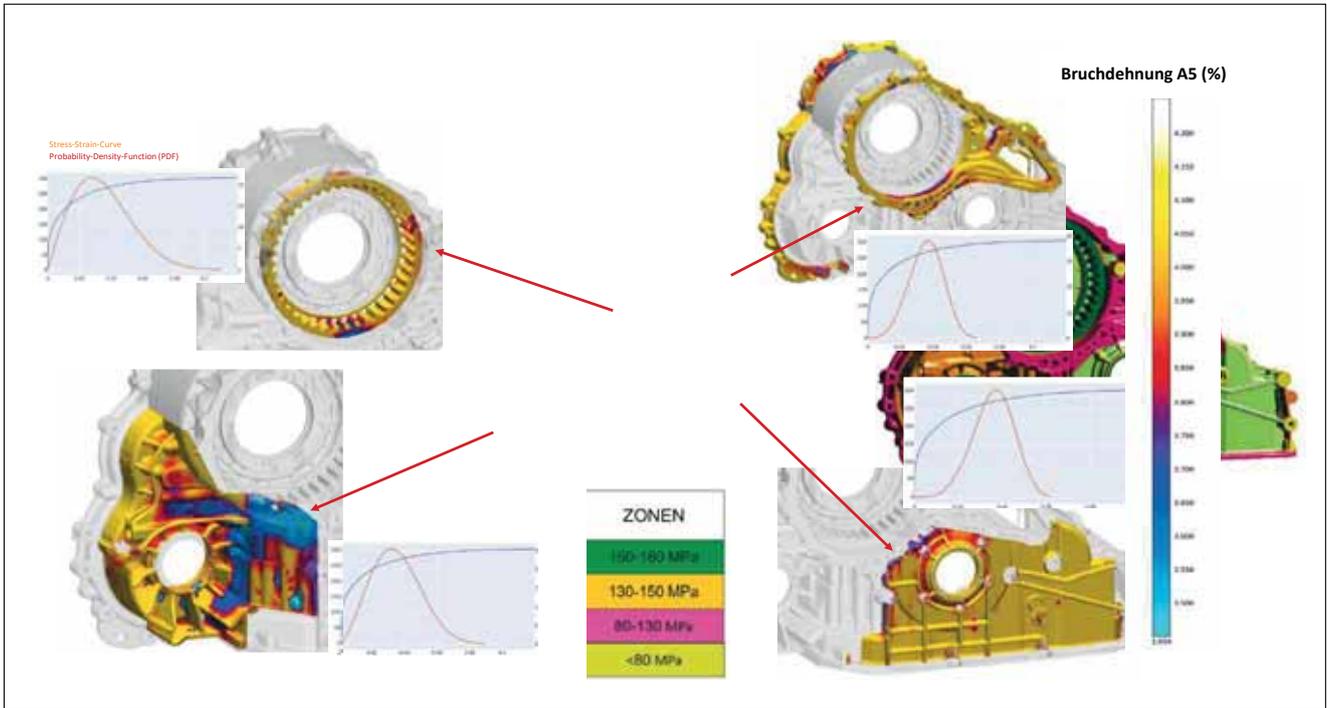
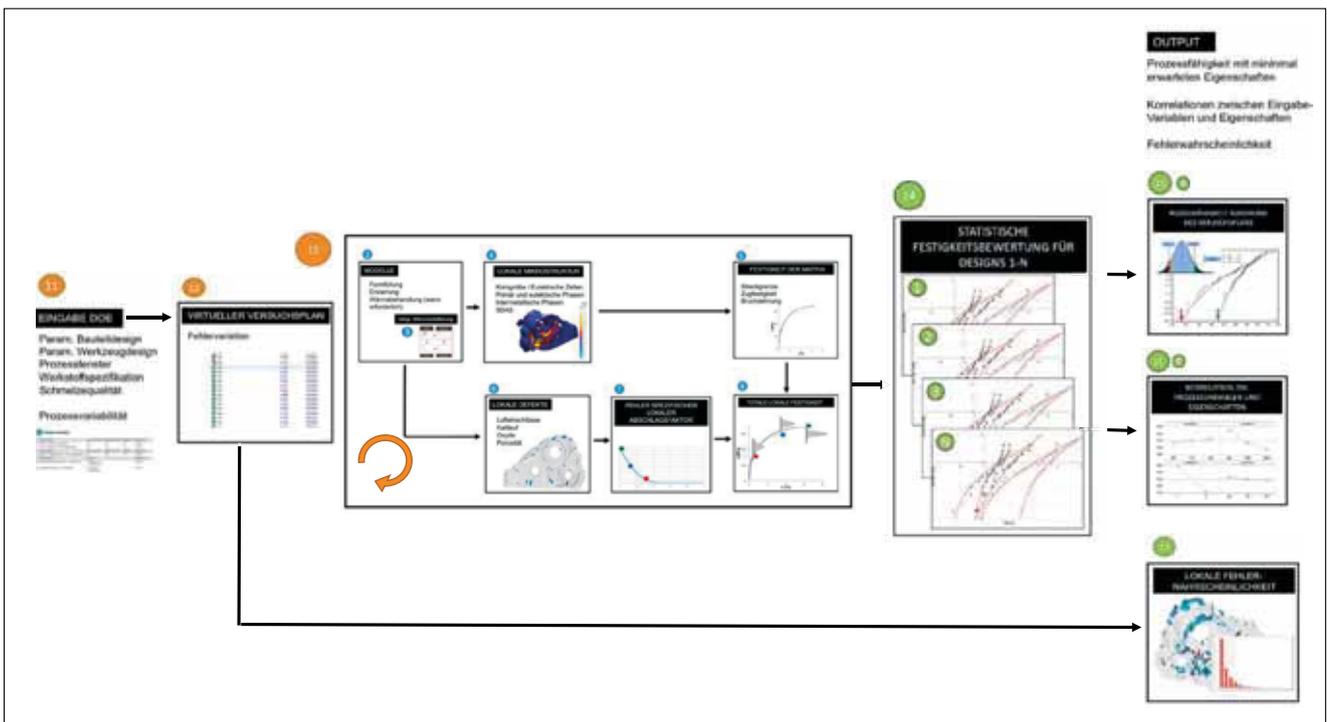


Bild 10: Statistische Auswertung der Eigenschaften in unterschiedlichen Zonen durch eine Weibull-Analyse der berechneten Werte. Die Kurven zeigen, dass die Ergebnisse den statistisch erwarteten Verteilungen folgen. Gleichzeitig kann aus den Ergebnissen auf die minimal erwarteten Eigenschaften in jedem Bereich geschlossen werden.



**Bild 11:** Anwendung der Methodik auf verschiedene Zonen im Gussteil mit unterschiedlichen Anforderungen. Die Kurven stellen die erwartete Spannungs-Dehnungskurve und die erwarteten Verteilungen der mechanischen Eigenschaften im statistischen Mittel der jeweiligen Zone dar.



**Bild 12:** Ablaufschaubild des Gesamtprozesses zur Ermittlung einer „Prozessfähigkeit“. Dabei wird die Methodik anstelle einer einzelnen Simulation durch einen virtuellen Versuchsplan in MagmaSoft ergänzt, in dem beliebige Prozessparameter systematisch untersucht und bewertet werden.

kann sie Prozessstreuungen (z. B. Auswirkungen von Betriebspausen auf die Teilequalität) berücksichtigen, um die Eingangsdaten für die DoE zu definieren (s. Bild 12a). Je nach Anzahl der zu variierenden Eingangsparameter werden mehrere Prozesssimulationen automatisch und ohne menschliche Interaktion durchgeführt (s. Bild 12b), um ein ganzes Prozessfenster zu untersuchen.

Die statistische Auswertung (Bild 13) erfolgt ähnlich wie zuvor für den Anwendungsfall „Designfähigkeit“ beschrieben. Durch die variierten Prozessbedingungen können jetzt zusätzlich das untersuchte Prozessfenster und dessen Prozessfähigkeit in Bezug auf die erwarteten Eigenschaften bewertet werden. Die in MagmaSoft integrierten Auswertewerkzeuge erlauben auch die Untersuchung einzelner

Prozessvariablen auf die erwarteten Eigenschaften und die statistische Untersuchung von Fehlern im Prozessfenster.

### Diskussion

Die vorgestellten Möglichkeiten zur probabilistischen Modellierung von Eigenschaften, kombiniert mit den deterministischen Modellen der Prozesssimulation,

# 5. Formstoff- Forum 2025



Einreichung von  
Abstracts ab sofort unter  
[www.formstoff-forum.de](http://www.formstoff-forum.de)

#FormstoffForum

## Beteiligen Sie sich mit einem Vortrag

Gerne nehmen wir Ihre Vortragsvorschläge entgegen zu innovativen Ideen, Forschungs- und Entwicklungsergebnissen entlang der gesamten Prozesskette:

- > Eigenschaften und Einsatzgebiete von Formgrundstoffen
- > Binder- und Schlichtesysteme bei Formen und Kernen
- > Aufnahme von Formstoffparametern zur Vermeidung von Gussfehlern
- > Prozessanalyse mittels Simulation und mit Unterstützung von KI
- > Regenerierung von Form- und Kernaltsanden
- > Aktuelle und zukünftige Verwertungs- und Entsorgungsmöglichkeiten
- > Einsatz von gedruckten Formen, Kernen und Modellen

Bitte reichen Sie Ihr aussagekräftiges Abstract (max 3 DIN-A-4-Seiten) inkl. des Vortragstitels, des Namens des Vortragenden sowie der Firma/ des Instituts über unsere Website bis spätestens zum 28.09.2024 ein.

## Save the date

26. und 27. März 2025

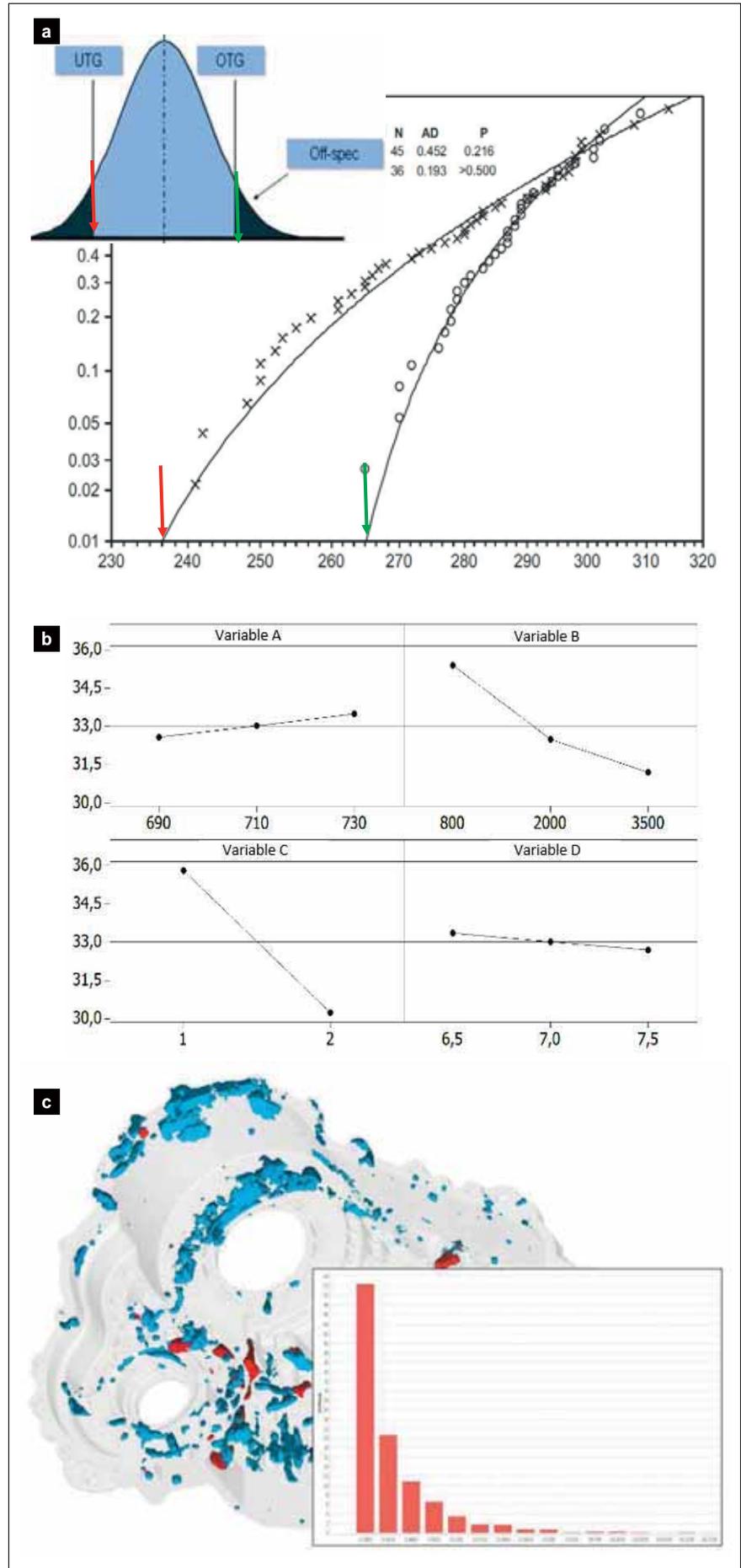
Veranstaltungsort:  
Universitätsbibliothek „Georgius Agricola“  
TU Bergakademie Freiberg

**Kontakt:**  
VDG-Akademie, BDG-Service GmbH  
Corinna Knöpken  
Tel.: +49 (0)211 - 6871 335  
[corinna.knoepken@vdg-akademie.de](mailto:corinna.knoepken@vdg-akademie.de)

bieten ganz neue Ansätze zur Absicherung von gegossenen Bauteildesigns und der gewählten Prozessbedingungen. Die Ergebnisse entsprechen der Realität des Verfahrens, in dem viele Variablen gut vorhergesagt werden können, das aber auch prozessbedingte Schwankungen beherrschen muss, die nicht gut in Modellen beschrieben werden können. Dies gilt insbesondere für die stochastische Fehlerverteilung, die aus der Metallurgie und Schmelzebehandlung sowie dem Gießprozess selbst resultiert.

Die Integration der Stochastik in die Gießprozesssimulation hat darüber hinaus den Vorteil, unterschiedlich berechnete Fehler und ihren Einfluss auf die Eigenschaften im Gussteil separat und integral zu berücksichtigen. Eigenschaftsverteilungen und minimale Erwartungswerte können über das ganze Gussteil für beliebige Bereiche oder Zonen bewertet werden. Hierdurch wird insbesondere die Auslegung von innovativen gegossenen Neuteilen, speziell Strukturbauteilen, für die noch keine großen Erfahrungen vorliegen und das Fertigungs- und Kostenrisiko sehr hoch ist (z. B. Giga-Castings), unterstützt. Durch die schnellen Berechnungszeiten einer einzelnen Simulation können die Informationen frühzeitig im Entwicklungsprozess neuer gegossener Bauteile genutzt werden. Der Aufwand des Anwenders bleibt durch die Automatisierung der Berechnungen und der Auswertung in der Software gleich. Wenn Werkzeug und Prozess ausgelegt werden, bietet die Kombination mit virtuellen Versuchsplänen eine systematische Möglichkeit, die Gießtechnik oder das Prozessfenster nicht nur in Bezug auf Fehlervermeidung zu optimieren, sondern auch den Einfluss auf die geforderten Eigenschaften zu untersuchen.

Das Konzept, mit der Simulation viele Zugversuche virtuell durchzuführen, ermöglicht die statistische Bewertung großer Datenmengen. Dies ist ein entscheidender Vorteil gegenüber realen Versuchen, die oft wiederholt werden müssen, um sichere Aussagen zu gewährleisten. Natürlich hat auch die neue Methodik Grenzen: Die Qualität der Ergebnisse und deren Bewertungen sind abhängig von der Kenntnis und Genauigkeit der definierten Eingabewerte für den simulierten Prozess. Je besser die verwendeten Modelle in der Lage sind, speziell versagensverantwortliche Fehler im Gussteil vorherzusagen, desto genauer werden die Aussagen zu den erwarteten Eigenschaften. Auch hier macht die Nutzung der Stochastik die Ergebnisse und damit ihre Anwendung zur Bauteilauslegung und Prozessbeherrschung sicherer.



**Bild 13:** Wesentliche zusätzliche Ergebnisse der Methodik „Prozessfähigkeit“: Erwartete „Prozessfähigkeit“ aufgrund a) des untersuchten virtuellen Versuchsplans, b) unterschiedlicher Korrelationen zwischen Prozessvariablen und den erwarteten Eigenschaften sowie c) der Verteilung der berechneten Fehler im Gussteil.

## Zusammenfassung und Ausblick

40 Jahre nach Einführung der Gießprozesssimulation ist die Kombination der bekannten Fähigkeiten deterministischer Modelle mit probabilistischen Methoden eine wichtige Innovation für die Prognosefähigkeit für Gussteildesigns und Gießprozesse. Die hier vorgestellte zum Patent angemeldete neue Methodik ist nicht auf das Druckgießen beschränkt [3]. Sie ist mit Adaptionen für alle Gießverfahren und Werkstoffe anwendbar. Die Methodik ist noch in der Entwicklung und bedarf weiterer Untersuchungen – insbesondere im realen Versuchsfeld. Hierzu laufen derzeit mehrere industrielle Projekte mit Anwendern sowohl mit OEMs als auch mit Gießereien.

Heute redet jeder über die Nutzung von „big data“ und die Anwendung von KI zur Ermittlung von Korrelationen zur Beherrschung von Prozessen. Gerade in der Gießerei ist die Erfassung von großen Datenmengen eine Herausforderung. Dies liegt an der langen Entwicklungskette und den vielen Einflussnehmern auf Entscheidungen. Viele Einflussgrößen sind nur indirekt messbar und lassen sich nicht regeln. Des Weiteren gibt es eine große Anzahl qualitäts-

beeinflussender Faktoren. Die Daten können im Wesentlichen erst in der Produktion ermittelt werden. Alle kostenrelevanten Entscheidungen sind dann bereits getroffen. Die Gießprozesssimulation unterliegt nicht diesen Restriktionen. Wesentliche Informationen und entsprechende Daten können bereits im Designstadium und vor Produktionsbeginn erzeugt werden. Dies bietet die Chance, die Ideen von KI auch mit Daten des digitalen Zwillings von realen Messungen anzuwenden. Probabilistisches Modellieren entspricht damit auch der Lebenswelt und den Erfahrungen des Gießers, der in Termini wie Prozessvariabilität, Ausschussraten und Eigenschaftsstreuungen denkt. Damit bietet diese Methodik das Potenzial, die Akzeptanz in die Simulationsergebnisse bei Nutzung der aktuell verfügbaren Modelle weiter signifikant zu verbessern.

Die hier vorgestellte Methodik ermöglicht, diese Herausforderungen im virtuellen Raum anzugehen und trägt damit zu einer abgesicherten Bauteilauslegung und robuster Prozessbeherrschung bei. Das Ziel ist nicht, den Ort der einzelnen Pore zu 100 % vorherzusagen. Das Ziel ist, dem Anwender die verlässliche Antwort zu liefern, mit welcher Wahrscheinlichkeit er sein Gussteil sicher auslegen oder fertigen kann.

[www.magma-soft.de](http://www.magma-soft.de)

*Dr.-Ing. Horst Bramann, MAGMA Gießertechnologie GmbH, Aachen; Associate Prof. Dr. Jakob Olofsson, Jönköping University und Simonorus AB, Jönköping, Schweden; Dr.-Ing. Jörg C. Sturm, Berater Ingenieur, Aachen*

### Literatur:

[1] H. Bramann, Jakob Olofsson und J. C. Sturm: *Abgesicherte Gussteilauslegung und -fertigung durch probabilistisches Modellieren der Eigenschaften Teil 1, Giesserei 111 (2024), [Nr. 06], S. 50-56.*

[2] MagmaSoft (MAGMASOFT®) ist ein weltweit geschütztes Warenzeichen der MAGMA Gießertechnologie GmbH, Aachen.

[3] *European Patent application EP23175003.5 „Integrated Virtual Product and Process Design for Casting Components“, applied 24 May 2023, published 6.12.2023*

[4] J. Olofsson, T. Bognanoff, M. Tiryakioglu, H. Bramann, J.C. Sturm: *“The effect of hidden damage on local process variability in Al-10%Si alloy high pressure die castings”, eingereicht in Material Science & Engineering A*

Lesen, was jetzt und in Zukunft wichtig ist.

## DAS LEITMEDIUM FÜR DIE STAHLBRANCHE

Die deutschsprachige Fachzeitschrift für Stahlproduktion, Weiterverarbeitung, Anwendungstechnik, Stahlhandel, Innovation und Management.



STAHL + TECHNIK LESEN  
MIT EINEM ABONNEMENT UNTER  
[WWW.HOME-OF-STEEL.DE/STAHLMEDIEN](http://WWW.HOME-OF-STEEL.DE/STAHLMEDIEN)



Aktuell.  
Kompetent.  
Bewährt.



FOTOS: ELSÄSSER KÄLTECHNIK, STEPHAN MELZER

Legionellenfrei und dabei noch energie-sparend – die adiabate 3DK-Prozesskühlung.

## Umrüstung auf adiabate 3DK-Systeme

# Eisenwerk Brühl mit zukunftsweisender Prozesskühlung

Eine legionellenfreie und umweltfreundliche Prozesskühlung, die ganzjährig zuverlässig funktioniert, Betriebskosten spart und den rauen Gießereibedingungen gewachsen ist – das war 2018 der ambitionierte Plan der Eisenwerke Brühl. Nach der Installation von sechs 3DK-Kühlsystemen und zwei Kältemaschinen von Elsässer Kältetechnik ist das erfolgreiche Projekt im Juni 2024 auf der Zielgeraden.

### VON HEINO SCHÜTTEN

Das Eisenwerk Brühl (Bild 1) fertigt seit fast 90 Jahren Motorblöcke und Zylinderköpfe aus Gusseisen für die Automobilindustrie weltweit. Durch die lange Erfahrung, modernste Technik, Flexibilität und kontinuierliche Innovationen gehört das Unternehmen in der Nähe von Köln mit seinen insgesamt über 1500 Mitarbeitern zu den Marktführern in Europa. Zu den Kunden zählen

unter anderem Audi, Volkswagen, Ford, General Motors und weitere Motorenhersteller sowie diverse Kunden außerhalb des Verbrennungsstrangs.

Die Herausforderung für den europaweit führenden Lieferanten für gusseiserne Motorblöcke war groß: Vor dem Hintergrund der Auflagen zur Einhaltung der 42. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BimSchV) sollten die alten offenen Kühlsysteme ausgetauscht werden. Zu den

Anforderungen an ein neues System gehörten Kriterien wie ganzjährige stabile Temperaturen, ein reduzierter Ressourceneinsatz, Unempfindlichkeit gegen staubige Umgebung, geringe laufende Kosten sowie ein legionellenfreier Betrieb und damit die Vermeidung von kostenintensiven Kontrollen nach der BimSchV. Mit Elsässer, führendes Turnkey-Unternehmen für Prozesskühltechnik in Deutschland, konnte der passende Anbieter gefunden werden.



**Bild 1:** Im Eisenwerk Brühl waren die alten offenen Kühlsysteme nicht mehr zeitgemäß.

Schon nach der Inbetriebnahme des ersten 12,5 m langen und 2,5 m breiten 3DK-Kühlsystems mit einer Leistung von 600 kW für den 10-t-Mischofen (s. Bericht in GIESSEREI 5-6/2020), das auf einer 10 m hohen Stahlkonstruktion errichtet wurde (Bild 2), zeigte sich das Eisenwerk Brühl (EB Brühl) mehr als zufrieden. Auch die Inbetriebnahme der weiteren, bedarfsgerecht ausgelegten Kühlanlagen für den Elektroofen (2 x 1250 kW), den Umrichter (500 kW), den Vergießofen (244 kW) und den Warmhalteofen (170 kW) sowie einer MRS-Kältemaschine für die Kamerakühlung mit 50 kW Kühlleistung verlief reibungslos. Das Fazit fällt heute durchweg positiv aus: „Als große Gießerei haben wir nicht nur den Anspruch auf dem Stand der Technik zu sein. Zu unseren Leitlinien zählen unter anderem der Umweltschutz sowie der sparsame Einsatz von Energie und Rohstoffen. Wir wollen ökologisch und ökonomisch nachhaltig sein. Aus diesen Gründen haben wir uns für die innovativen Kühlanlagen von Elsässer entschieden. Das Unternehmen war für uns von der Planung und Vorbereitung, über den Bau und die vollständige Installation aller Komponenten inklusive Rohrleitungen und Steuerung bei laufendem Betrieb, bis zur finalen Umrüstung ein idealer Full-Service-Partner“, so Matthias Pampus-Meder, Geschäftsführer von EB Brühl.

### Legionellenfreie Kühlung für Gesundheitsschutz und Kostenoptimierung

Bei der patentierten 3DK Adiabate Kühltechnik kühlen in einer Kammer bürstenlose ebm-papst- und Ziehl-Abegg-Ventilatoren die Luft, die nach oben austritt und über die darüberliegenden Großflächenwärmetauscher mit hydrophiler Schutzbe-

schichtung die Temperatur des Produktionsprozesses reguliert. In dem geschlossenen Kreislauf gibt es weder stehendes Wasser noch Aerosole. Legionellen können nicht ausgetragen werden. Die Folge: eine Ausnahmegenehmigung nach § 15 der 42. BimSchV. Für die Unternehmen bedeutet das: keine internen und externen Legionellen-Wasserprüfungen und Sanierungsmaßnahmen im Rahmen der TÜV-Sachverständigenprüfung. Zudem ist eine Zudosierung von Bioziden, Frostschutzmitteln oder sonstiger Chemikalien nicht notwendig. Lediglich an den heißen Sommertagen wird in der patentierten adiabaten Kammer die heiße Einzugsluft durch Verdüsung von Stadtwasser gekühlt. Dieser Prozess wird über einen Mikroprozessor gesteuert. Das Sprühwasser wird von den adiabaten Luftfiltern der Kammer absorbiert. Da die Matten in der Kammer permanent getrocknet werden, entsteht kein Biofilm, eine Voraussetzung für die Bildung von Legionellen. Zudem verhindert eine horizontal liegende Matte die Tröpfchenmitnahme aus der Kammer, was dem Aerosolaustrag zusätzlich vorbeugt. Die Matten müssen lediglich alle 5 bis 7 Jahre ausgetauscht werden.

### Geringer Ressourcenverbrauch und fast wartungsfrei

Das 3DK-System gewährleistet eine sichere ganzjährige Kühlleistung. Sein rostfreies Gehäuse aus Edelstahl und Aluminium reduziert das Stützgewicht. Anders als bei herkömmlichen Kühlsystemen sorgen drei spezielle Zellulose-Matten in der adiabaten Kammer für vorgereinigte Luft. Das vermeidet die bei Gießereien sonst intensiven

Verunreinigungen und Ablagerungen, etwa an den Lufteinzugsgittern, den Wärmetauschern und den Sprühdüsen. Die erforderliche aufwendige Reinigung entfällt. Die Betriebskosten des 3DK-Kühlsystems liegen folglich deutlich unter den gewohnten Werten. Es kann durchschnittlich von einem reduzierten Wasserverbrauch von 90 bis 98 % sowie von einem verringerten Energieverbrauch von 20 bis 35 % ausgegangen werden. Für die damit einhergehende Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen besteht sogar eine staatliche Förderung für die Installation einer 3DK-Anlage. Die Amortisationszeit eines neuen Systems beträgt in der Regel nur drei bis fünf Jahre.

### Störungsfreie Produktion und sicherer Betrieb

Für die Experten im EB Brühl war noch ein weiteres Kriterium bei der Entscheidung für Elsässer Kältetechnik ausschlaggebend: störungsfreie Produktionsprozesse. Pampus-Meder: „Überzeugt hat uns auch die erhöhte Ausfallsicherheit der 3DK-Systeme durch Preventive Maintenance und Remote-Steuerung in hauseigenem MiND-Leitsystem von Elsässer. Es deckt alle erdenkbaren Notfallsituationen optimal ab: entweder durch Intervention von uns via Touchscreen oder durch den Support von Elsässer via Telefon, Online-Schnittstelle oder Technikerteam. Selbst bei einem Ausfall der Speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) vom Typ S7 von Siemens, Steuerstromausfall, Ventilatorbruch oder Platinenstörung bleiben unsere 3DK-Kühler betriebsbereit“.

[www.elsasser-technik.de](http://www.elsasser-technik.de)

*Heino Schütten, Redaktionsleiter PR, Elsässer Kältetechnik, Düsseldorf*

**Bild 2:** Das Kühlsystem wurde auf einer 10 m hohen Stahlkonstruktion errichtet.



ROBOTIK

## Steuerungsplattform der nächsten Generation

Die OmniCore-Plattform von ABB Robotics ermöglicht laut Anbieter die vollständige Integration von KI-, Sensor-, Cloud- und Edge-Computing-Systemen, um hochmoderne und autonome Roboteranwendungen zu entwickeln.

Die OmniCore-Plattform ist das Ergebnis einer Investition von mehr als 170 Mio. US-Dollar in die Robotik der nächsten Generation und stellt nach Unternehmensangaben einen großen Schritt in Richtung einer modularen und zukunftssicheren Steuerungsarchitektur dar. Die OmniCore-Bewegungssteuerung verspricht eine Bahngenauigkeit der Roboter von unter 0,6 mm, selbst wenn mehrere Roboter bei hohen Geschwindigkeiten von bis zu 1600 mm/s arbeiten. Das eröffnet neue Automatisierungsmöglichkeiten in Bereichen, in denen höchste Präzision gefragt ist. Im Vergleich zur bisherigen Steuerung soll OmniCore einen bis zu 25 % schnelleren Roboterbetrieb und einen um 20 % geringeren Energieverbrauch ermöglichen.

OmniCore basiert auf einer skalierbaren, modularen Steuerungsarchitektur,



FOTO: ABB

die ein breites Spektrum an Funktionen für die Entwicklung nahezu jeder denkbaren Anwendung bietet. Damit eignet sich OmniCore laut Anbieter für alle Unternehmen, die Prozesse in bestehenden und neuen Segmenten wie der Biotechnologie, dem Bauwesen oder vielen anderen Branchen automatisieren wollen. Mit über 1000 Hard- und Softwarefunktionen können Kunden ihre Betriebsabläufe ganz einfach planen, ausführen, warten und optimieren. Möglich wird dies durch die ABB-Softwarefunktionen wie Absolute Accuracy und PickMaster Twin sowie durch Hardwareoptionen, die von exter-

**Die neue Automatisierungsplattform soll Unternehmen helfen, ihren Betrieb zu optimieren und zukunftssicher zu machen.**

nen Achsen und Bildverarbeitungssystemen bis hin zu Feldbussen reichen.

OmniCore ersetzt die Robotersteuerung IRC5 von ABB, die im Juni 2026 ausläuft. Kunden, die mit IRC5 arbeiten, erhalten von ABB weiterhin Ersatzteile und Serviceleistungen für die verbleibende Nutzungsdauer der Roboter.

[www.abb.de/robotics](http://www.abb.de/robotics)



FOTO: GLUTZ

Zutrittssysteme regeln intelligent und sicheren Zugang.

ZUGANG REGELN

## Elektronische Zutrittssysteme

Die Glutz AG zeigte im Juni auf der SicherheitsExpo das elektronische Zutrittssystem eAccess und funktionale Schlösser für Außen- und Innenzugänge.

Das Zutrittssystem eAccess regelt den Zugang zu Räumen, Gebäuden und Objekten: Betreiber steuern, überwachen und aktualisieren den Zutritt für Nutzer in Echtzeit. Diese öffnen Zugangspunkte bequem mit RFID-Medien, Pin-Code oder Mobiltelefon. Dank Funktechnologie ist die Installation laut Anbieter einfach und schnell und kann auch in bestehenden Objekten eingesetzt werden. Als skalierbare Gesamtlösung passt sich eAccess den meisten Bedürfnissen und baulichen Gegebenheiten an.

Interessierte können die kostenlose Objektberatung beim Vertriebsteam in Deutschland buchen. Die Experten und Systempartner von Glutz stehen für alle Fragen rund um die eAccess-Zutrittslösungen, funktionale Schlösser und Beschläge zur Verfügung. Bereits in der Planungsphase erhalten Planer und Bauherren wertvolle und nützliche Hinweise für eine sichere Montage, Installation und den reibungslosen Betrieb des Systems.

Passend dazu ergänzen die funktionale Mehrfachverriegelungen der MINT-Familie und die Einsteckschlösser der 12er-Schlossfamilie die Zutrittslösungen. Sie bietet nach Unternehmensangaben für nahezu jeden Anwendungsfall sowie jede Norm das passende Schloss. Die zahlreichen Funktionen sorgen für Komfort und Sicherheit in jedem Objekt.

[www.glutz.com](http://www.glutz.com)

## Bleigehalt in Legierungen verringern

Die TH Köln und die Martin Luck Metallgießerei (MLS), Saarbrücken, entwickeln einen KI-basierten Schleudergussprozess, der den Bleigehalt im Bauteil reduziert und die Energieeffizienz verbessert.

Gegossene Bauteile wie Rohre, Scheiben oder Gleitlager sind wichtige Komponenten im Maschinen- und Fahrzeugbau oder in der Offshore-Industrie. Häufig kommen Kupfer-Zinn-Blei-Legierungen zum Einsatz, um Werkstücke mit hoher Dichte, guter elektrischer Leitfähigkeit und einem vorteilhaften Reib- und Gleitverhalten herzustellen. Diesen Vorteilen steht ein Nachteil im Produktionsprozess gegenüber: Da die Steuerung der Maschinen oft händisch erfolgt, sind die Mitarbeiter gesundheitsschädlichem Staub und Gas ausgesetzt. Zudem ist das Verfahren sehr energieintensiv.

Ein Prototyp für eine neue Gussmaschine wird von der MLS entwickelt und soll eine schnelle Herstellung von bis zu 15 Gussteilen pro Tag mit einer Höhe von etwa 25 cm und einem Durchmesser von 25 cm nach DIN-Norm ermöglichen. Weiteres Ziel ist ein energiesparendes Aufheizsystem, das über ein Luft-Gas-Gemisch die Kokille gleichmäßig erwärmt. Zudem sollen die Kühlung angepasst und Automatisie-



FOTO: MARTIN LUCK METALLGIEßEREI

Im Schleuderguss entstehen Rohre, Scheiben oder Gleitlager.

rungskomponenten integriert werden.

Im Labor für Werkstoffe der TH Köln wird mithilfe einer Legierungsmodellierung untersucht, wie eine neue Legierung zusammengesetzt sein könnte, deren relevanten Eigenschaften sich nicht verschlechtern, obwohl der Bleigehalt nur noch bei 6,5 bis 8,5 % statt wie bisher zwischen 13 und 17 % liegt. „Die Eigenschaften der fertigen Gussteile hängen aber nicht nur vom Bleigehalt ab, sondern auch ganz entscheidend vom Gießverfahren. Daher prüfen wir zudem, wie sich verschiedene Prozessparameter auf die Produkteigenschaften auswirken“, so Prof. Dr. Danka Katrakova-Krüger von der TH Köln. Dazu gehören etwa die Temperatur der Schmelze, die Maße des Werkstücks, Kühlwassertemperatur und -men-

ge sowie die Dauer des Abkühlvorgangs.

Die Ergebnisse der Teilprojekte fließen in ein KI-Modell des Instituts für Automation & Industrial IT ein. Dieses nutzt die Prozess-, Labor- und Simulationsdaten, um die optimalen Prozessparameter für eine hinreichende Werkstückqualität zu ermitteln. „Die fertig trainierte Künstliche Intelligenz wird in der Lage sein, je nach Form des Gussteils die optimalen Einstellungen der Anlage zu ermitteln, also etwa die Rotationsgeschwindigkeit oder die Vorheiz-Temperatur der Kokille. Zudem legt sie fest, an welchem Zeitpunkt der Gussprozess beendet wird und mit dem Abkühlen beginnt“, so Prof. Dr. Christian Wolf von der TH Köln.

[www.th.koeln.de](http://www.th.koeln.de),  
[www.metallguss-luck.de](http://www.metallguss-luck.de)

## GESETZESKONFORME ERP-LÖSUNG

### Elektronische Rechnung wird verpflichtend

Planat, Stuttgart, hat die speziell für produzierende Betriebe entwickelte ERP-Lösung FEPA bereits mit der Funktion zur elektronischen Rechnungsbearbeitung ausgestattet.

Ab dem 1. Januar 2025 wird die elektronische Rechnung – auch E-Rechnung genannt – für Unternehmen im B2B-Geschäftsverkehr verpflichtend. Dabei müssen bestimmte Formate unbedingt eingehalten werden – der bloße Versand eines PDF-Dokuments ist nicht ausreichend. Das neue elektronische Format ermöglicht die automatische Verarbeitung der Rechnung und muss die Anforderungen der europäischen CEN-Norm EN 16931 erfüllen. Planat hat die speziell für produzierende Betriebe entwickelte ERP-Lösung FEPA bereits mit der Funktion zur elektronischen Rechnungsbearbeitung ausgestattet, damit Kunden ihre Rech-

nungsprozesse jetzt und in Zukunft gesetzeskonform abbilden können. Diese Digitalisierung der Rechnungsverarbeitung erlaubt zudem eine schnellere Be- und Verarbeitung von Rechnungen.

Ab 2025 müssen Unternehmen in der Lage sein, elektronische Rechnungen zu verarbeiten und sicher zu archivieren. Bis Ende des Jahres 2026 gibt es einige Übergangsregelungen: Stimmt der Rechnungsempfänger zu, können weiterhin Papierrechnungen oder elektronische Rechnungen in anderen Formaten (z.B. PDF) verwendet werden. Unternehmen mit einem Jahresumsatz unter 800 000 Euro haben sogar noch ein Jahr länger Zeit.

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


Know-how since 1863
**James Durrans Group**



...wünscht Ihnen  
die Durrans-Gruppe

NEUE ISO-NORM 21920

## Vielseitige Rauheitsmessgeräte

Mit den Rauheitsmessgeräten Micro, DH-9 und easyRoughness von Diavite und Atorn bietet Hahn+Kolb, Ludwigsburg, drei wirtschaftliche Lösungen zur Messung von Oberflächen nach der neuen Norm ISO 21920.

Die neue internationale Norm ISO 21920 mit ihren drei Teilen zur profilhaften Messung, Charakterisierung und Angabe der Oberflächenbeschaffenheit (Rauheit, Welligkeit) von Bauteilen ersetzt seit Ende 2021 die zurückgezogenen Normen ISO 4287, ISO 4288, ISO 13565-2 und ISO 1302. Diese hatten nicht mehr alle Möglichkeiten moderner Messgeräte abgedeckt.

Alle angebotenen Modelle verfügen laut Hersteller über ein robustes Aluminium-Gehäuse und ein Touchscreen-Display. Für ein breites Anwendungsspektrum sind duale Vorschubeinheiten für Kufen- und Freitaster sowie individuelle Sonderlösungen möglich. So können Anwender mehr Messaufgaben erledigen als mit reinen Gleitkufen-Tastsystemen. Darüber hinaus stellt das umfassende Diavite-Sortiment preiswerte Taster für nahezu jede Messaufgabe bereit, darunter Kugeltaster, Tiefen-, Bohrungs- und Zahnflankentaster sowie Achsen- und Schneidfreitaster – zum Beispiel für die Werteerfassung an tiefliegenden Oberflächen, Zahnrädern, Nuten und Bohrungen sowie schmalen Einstichen.



FOTO: HAHN+KOLB

Messgerät easyRoughness.

Ein Einstiegsmodell in Preis und Leistung ist Micro, während DH-9 einen breiteren Funktionsumfang bietet. Anwender können beide Modelle über eine USB-C-Schnittstelle an einen Computer anschließen und so anspruchsvolle Messaufgaben bewältigen. Die Diavite-App Light verspricht eine mühelose Werteübertragung und Protokollerstellung. Verglichen mit Micro verfügt das Gerät DH-9 über mehr Rauheitskenngrößen und kann zusätzlich zu Rauheitswerten auch Profilwerte abgreifen. Außerdem ist ein Thermodrucker integriert.

easyRoughness von Atorn verspricht Anwendern einen maximalen Leistungsumfang. Das Messgerät greift nach Unternehmensangaben selbst die Rauheit von filigranen Bohrungen, Wellendurchmessern, Inneneinstichen und Zahnflanken ab.

Neben einer praktischen Visualisierung der Oberflächenrauheit über einen großen 10,1“-Full-HD-Industrie-Touchscreen-PC werden die Messergebnisse über das integrierte Windows-IoT-Betriebssystem abgelegt, inklusive der Möglichkeit zur Bild-/Foto-Dokumentation. Zudem erlaubt das Gerät den Anschluss eines handelsüblichen Druckers sowie eines Barcode-Scanners für die zeitsparende Erfassung wiederkehrender Messaufgaben. Barcode-Scanner ermöglichen es Anwendern, ein eigens erstelltes Messprogramm samt aller Parameter mit einem Barcode zu verknüpfen und zur Vermessung wiederkehrender Teile einfach aufzurufen. Dabei können auch Bilder zum Nachstellen der Aufspannsituation hinterlegt und auf dem Display angezeigt werden.

[www.hahn-kolb.de](http://www.hahn-kolb.de)

UMLENK- UND SORTIERMODUL

## Für Lasten bis 250 kg

Itoh Denki hat die Einführung eines neuen Umlenk- und Sortiermoduls angekündigt, das speziell für schwere Einzellasten entwickelt wurde.

Das M-RAT-Modul ist nach Unternehmensangaben in der Lage, einzelne Gegenstände mit einem Gewicht von bis zu 250 kg zu sortieren. Hierzu kommen die gleichen 24-V-Gleichstromtechnologien zum Einsatz, die auch die anderen Produkte wie F-RAT, die 90°-Umlenkungs- und Sortiereinheit des Unternehmens, antreiben, um kleinere Lasten präzise umzulenken.

Kunden und Systementwickler mussten für die Handhabung sperriger Gegenstände bisher oft auf pneumatisch betriebene Systeme zurückgreifen, was zu größeren Herausforderungen in



FOTO: ITOH DENKI

Das Modul ist speziell für große und schwere Produkte geeignet.

Bereichen wie Inbetriebnahme, Wartung und Sicherheit führte. Das Modul ist für Temperaturen bis -30 °C geeignet.

[www.itoh-denki.com](http://www.itoh-denki.com)

## Neue Fahrerassistenzlösung

Das neue Fahrerassistenzsystem Hyster Reaction für Gabelstapler unterstützt den Fahrer bei anspruchsvollen Anwendungen.

Die Lösung passt die Leistung des Staplers in Echtzeit an den Zustand, den Standort und die Betriebsbedingungen des Fahrzeugs an. Es wurde in Zusammenarbeit mit einem der weltweit größten Logistik- und Technologieunternehmen entwickelt.

Mit dem Assistenzsystem behält der Fahrer die Kontrolle über den Stapler. Je nach Einsatzort, gerätespezifischen Grenzwerten oder die Nähe von Hindernissen oder Fußgängern passt eine Reihe von Leistungssteuerungen die Leistung des Staplers proaktiv an: Mithilfe von Näherungssensoren wird die Geschwindigkeit automatisch begrenzt, wenn sich Fußgänger oder Fahrzeuge nähern oder wenn ortsspezifische Regeln eingehalten werden müssen. Das System sammelt kontinuierlich Daten von den verschiedenen Erkennungstechnologien und passt die Leistung je nach Fahrgeschwindigkeit und



FOTO: HYSTER

Das neue Fahrerassistenzsystem unterstützt den Fahrer.

Beschleunigung an. Über diese Eingaben werden auch die hydraulischen Funktionen wie Heben, Senken und Neigen eingestellt. Dadurch wird die Stabilität der Last verbessert. Die Gefahr, dass sie kippt oder verrutscht, ist geringer. Die Steuerung umfasst auch eine Überlastsicherung. Sie verhindert, dass die Fahrer Lasten bewegen, welche die festgelegten Gewichtsgrenzen überschreiten.

Erkennt das System einen Fußgänger oder ein Hindernis auf der Fahrbahn, eine

ortsabhängige Geschwindigkeitsbegrenzung oder eine andere Situation, reduziert das System die Leistung für den Fahrer spürbar und gibt visuelle und akustische Warnungen aus. Diese unterstützen die Aufmerksamkeit des Fahrers und verschaffen ihm zusätzliche Reaktionszeit. Das System ist für ausgewählte Gabelstapler und Lagertechnikmodelle des Herstellers erhältlich.

[www.hyster.com](http://www.hyster.com)

## ARBEITSKLEIDUNG

### Leichte Sommerhosen

Für seine Reihe Activiq bietet Kübler, Plüderhausen, speziell für die warme Jahreszeit verschiedene Hosenmodelle, die mit Ventilationseinsätzen im Kniekehlen-, Schritt- und inneren Oberschenkel-Bereich ausgestattet sind.

Ideal für Trägerinnen und Trägern, die sich im Job viel bewegen und häufig belastende Arbeitshaltungen einnehmen müssen, ist die Stretchhose. Mit elastischen Einsätzen am Bund sowie im Schritt-, Knie- und Gesäßbereich verspricht sie bei schlankem Schnitt eine ausgezeichnete Beweglichkeit. Dank des eingesetzten Mischgewebes aus 50 % Baumwolle und 50 % Polyester mit einem Flächengewicht von nur ca. 180 g/m<sup>2</sup> soll die Stretchhose selbst bei heißen Temperaturen für einen hohen physiologischen Tragekom-



FOTO: KÜBLER

Ventilationsöffnungen für einen besseren Temperaturengleich.

fort sorgen. Das gleiche gilt für die entsprechend designten Stretchshorts.

Wer mehr Baumwolle bevorzugt, kann auf die Hose light aus der Modellreihe Activiq Cotton+ zurückgreifen. Gefertigt aus verstärkter Baumwolle (65 % Baumwolle, 35 % Polyester) ist sie laut Anbieter nicht nur sehr hautfreundlich, atmungsaktiv und robust, sondern trägt sich mit einem Gewicht von nur ca. 240 g/m<sup>2</sup>

auch ausgesprochen leicht. Wie die Basis Kollektion verfügen die Sommerhosen nach Unternehmensangaben über eine hohe Passform, einen breiten Größenspiegel, durchdachte ergonomische Features bis hin zur vielseitigen Taschenausstattung. Reflexelemente ober- und unterhalb der Knie und die reflektierende Biese in der Kniekehlennaht sorgen für mehr Erkennbarkeit.

[www.kuebler.eu](http://www.kuebler.eu)



FOTO: MVTEC

INDUSTRIELLE BILDVERARBEITUNG

Industrielle Bildverarbeitung hilft bei der Automatisierung von Produktionsprozessen.

## Ohne Programmierkenntnisse nutzbar

Dank Easy-to-use-Bildverarbeitungssoftware wie Merlic von MVTec soll jedes Unternehmen einfach und schnell die Vorteile industrieller Bildverarbeitung nutzen können – ganz ohne Programmierkenntnisse.

Fehlende Programmierkenntnisse der Mitarbeiter sind häufig aufgeführte Gründe für den Verzicht auf industrielle Bildverarbeitung (Machine Vision) – dabei bietet sie enormes Potenzial für die Digitalisierung und damit für die Automatisierung von Prozessen. Die industrielle Bildverarbeitung überwacht als „Auge der Produktion“ alle Abläufe rund um Fertigung, Qualitätssicherung und Intralogistik. Bildeinzugsgeräte wie Kameras, Scanner oder Sensoren nehmen aus verschiedenen Perspektiven große Mengen an digitalen Bilddaten von entsprechenden Produktionsszenarien auf. Die integrierte Machine-Vision-Software verarbeitet diese Informationen nahezu in Echtzeit und stellt sie für übergeordnete Qualitätsmanagement-Systeme und Anlagensteuerungen zur Verfügung, die sich dadurch hochgradig automatisieren lassen.

Es gibt eine Vielzahl an Anwendungen für die industrielle Bildverarbeitung. So

können Objekte verschiedener Art und Form anhand äußerer Merkmale exakt identifiziert werden. Mittels OCR-Technologien werden Objekte nicht nur anhand von Form und Beschaffenheit, sondern auch anhand aufgedruckter Zahlen- und Buchstabenkombinationen erkannt. Werkstücke lassen sich nicht nur präzise positionieren und ausrichten, Machine Vision unterstützt Roboter auch dabei, Gegenstände exakt zu greifen, zu bearbeiten und abzulegen, ohne dass ein Mitarbeiter den Roboter bedienen muss. Dies trägt dazu bei, die gesamten Handling-Prozesse zu automatisieren und effizienter sowie sicherer zu gestalten.

Die Integration professioneller Bildverarbeitungsanwendungen ist allerdings oft sehr aufwendig. In zahlreichen Unternehmen, insbesondere im Mittelstand, fehlen dazu meist die personellen Ressourcen und das Know-how. Abhilfe verspricht hier die All-in-one-Lösung Merlic. Diese lässt sich laut Anbieter dank der Unterstützung aller gängigen Industriestandards und der Kompatibilität mit einer großen Bandbreite an Hardware problemlos in Anlagen integrieren. Sie enthält alle notwendigen Funktionen wie Bildeinzug, Bildverarbeitung und Visualisierung, also die Darstel-

lung der Ergebnisse in einem Frontend. Anwenden ohne Programmierkenntnisse hilft der Easy-to-use-Aspekt: Die zur Erstellung der Machine-Vision-Applikation benötigten Werkzeuge sind komfortabel per Drag & Drop in der grafischen Konfigurationsoberfläche auswählbar. So sollen sich komplette Bildverarbeitungsapplikationen schnell entwickeln und betreiben lassen, ohne eine einzige Codezeile zu schreiben. Auch die einfache Integration in bestehende Steuerungskonzepte ist jederzeit möglich.

Auch der zunehmenden Bedeutung von KI im industriellen Kontext trägt MVTec Merlic mit integrierten Deep-Learning-Technologien Rechnung. Selbstlernende Algorithmen versprechen herausragende Ergebnisse bei der Objekt- und Fehlererkennung. Stehen die für das Training notwendigen Mengen an qualitativ hochwertigen Bilddaten und entsprechend leistungsfähige Hardware nicht zur Verfügung, oder hat es um sehr hohe Produktionsgeschwindigkeiten, sind klassische, regelbasierte Verfahren die bessere Alternative. Auch dafür bietet Merlic eine Vielzahl an industriereprobten Verarbeitungswerkzeugen.

[www.merlic.com](http://www.merlic.com)

## Leicht integrierbar

Die neue Generation der MEM+-Gasmischerserie von WITT bietet sieben unterschiedliche Schnittstellen, um die Gasmischer nahtlos in bestehende Anlagen zu integrieren, in denen mit Schutz- oder Prozessgasen gearbeitet wird.

Analog 4-20 mA, Ethernet, CanBus, OPC UA als Standard sowie optional Profinet, RS232 oder Analog 0-10V – mit dem MEM+ hat der Anwender eine große Auswahl an Kommunikations- und Steuermöglichkeiten. Etwa per PC, SPS oder Maschinensteuerung sind die Gasmischer aus der Ferne bedienbar. Alle Parameter lassen sich laut Hersteller bequem abfragen, einstellen und dokumentieren. Natürlich ist auch die Bedienung direkt am Gerät möglich – intuitiv dank Touchscreen mit optimierter Menüführung. So lassen sich auch bereits vordefinierte Gemische in Sekundenschnelle auswählen.

Die MEM+-Serie bietet Gasmischsysteme für zwei bis drei nicht brennbare

Gase, z.B. N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> oder O<sub>2</sub>. Im Innern arbeiten motorbetriebene Proportionalventile, die elektronisch angesteuert werden. Diese versprechen eine präzise Gemischeinstellung in Schritten von 0,1 % sowie kürzeste Reaktionszeiten. In weniger als drei Sekunden wird in der Regel über den gesamten Zumischbereich von 0 bis 100 % das gewünschte Gasgemisch erzeugt, bei einer Genauigkeit besser  $\pm 1$  % abs.

Zahlreiche Features sollen für eine hohe und langzeitstabile Gemischqualität und somit Prozesssicherheit sorgen: Eine Gleichdruckregelung macht die Gasmischer unempfindlich gegen Druckschwankungen in der Gasversorgung. Laufend werden zudem mittels Drucktransmittern die Eingangsdrücke überwacht und bei zu niedrigem Druck wird Alarm ausgelöst. Über einen potenzialfreien Kontakt kann z. B. auch die komplette Maschine gestoppt werden. Selbst schwankende Entnahmemengen oder sogar taktende Entnahme sind dank Pufferbehälter kein Problem. Für zusätzliche Sicherheit kann der Mischer mit einer Gasanalyse zur kontinuierlichen Überwachung und Dokumentation der Gasgemischproduktion kombiniert werden.



FOTO: WITT

Gerät aus der neuen Gasmischerserie MEM+.

Je nach benötigter Gasmenge bietet die MEM+-Reihe verschiedene Modelle mit unterschiedlichen Mischgasleistungen. Die Eingangsdrücke dürfen maximal 20 bar betragen, der Ausgangsdruck beträgt maximal 10 bar. Grundsätzlich sind 3-Gas-Mischer auch zur Erzeugung von 2-Gas-Gemischen geeignet. Die Geräte werden in spritzwassergeschützten Gehäusen aus gebürstetem Edelstahl gefertigt und sind laut Anbieter besonders robust und langlebig.

[www.wittgas.com](http://www.wittgas.com)

Das neue Handmessgerät zur Ultraschall-Dickenprüfung.



FOTO: EVIDENT

MESSTECHNIK

## Neues Ultraschall-Dickenmessgerät

Das neue Ultraschall-Dickenmessgerät 39DL PLUS von Evident (Geschäftsbereich von Olympus) verspricht ultraschnelle Prüfgeschwindigkeiten und vollständig integrierte drahtlose Konnektivität in einem robusten Handgerät.

Im Vergleich zum Vorgängermodell und zu anderen portablen Dickenmessgeräten bietet das Gerät laut Hersteller eine hohe Aktualisierungsrate von 60 Hz. So lassen sich dünnwandige Stellen einfacher erkennen. Integrierte Wi-Fi- und Bluetooth-Funktionen sollen einen nahtlosen Prüfablauf für Industrie 4.0 ermöglichen. Über eine Verbindung mit der Link Plus iOS-App, der Link-Wedge-Software oder der Inspection Project Manager (IPM)-App können Prüfer Ergebnisse problemlos freigeben. Das Messgerät bietet zudem die Möglichkeit zur Fernsteuerung und -integration, was eine bequeme Steuerung des Messgeräts aus der Ferne in innovativen Anwendungen ermöglicht.

Für sein neues Modell verspricht der Anbieter eine hervorragende Signalqualität, stabile Wellenformen und optimierte Algorithmen in einem robusten Gerätedesign, das es Bedienern ermöglicht, in jeder Umgebung genaue und reproduzierbare Messungen durchzuführen. Die Messgeräte sind robust gebaut, damit sie trotz Stößen, Stürzen und anderen Herausforderungen, die bei Prüfaufgaben auftreten können, weiterhin funktionieren. Zur Messung unterschiedlicher Dicken steht ein komplettes Sortiment an Sender-Empfänger- und Einzelschwinger-Messköpfen zur Verfügung.

[www.olympus-ims.com/de/39dl-plus](http://www.olympus-ims.com/de/39dl-plus)

### Gurtfördersysteme und mehr ...

- \* Polygonsiebe
- \* Abstreifersysteme
- \* Steilförderer
- \* Gurtförderer



Dornierstraße 9 | 48477 Hörstel | Tel: 05459 9338-0 | [vhv-anlagenbau.de](http://vhv-anlagenbau.de)



Ein offensives Servicekonzept trägt dazu bei, den Vertriebs- und Markterfolg eines Unternehmens zu steigern.

Unternehmensstrategie

## Wachstums- und Erfolgsturbo Service

Viele Hersteller von Investitionsgütern erachten den Service noch primär als einen Umsatz- und Margen-Bringer. Sie nutzen ihn jedoch noch kaum strategisch, um den Markterfolg ihres Unternehmens mit System zu steigern.

VON PETER SCHREIBER UND  
HARTMUT PLEYER

Unser Markterfolg beruht auf der Leistungsfähigkeit und Qualität unserer Produkte – dieses Credo prägte jahrzehntelang das Denken und Handeln der meisten Anbieter von Industrie- bzw. Investitionsgütern. Der Service wurde lediglich als eine notwendige Folge des Produktvertriebs gesehen. Die Kunden erwarteten einen After-Sales-Service – zum Beispiel die Versorgung mit Ersatzteilen sowie die Inspektion und Wartung

der Maschinen. Also bekamen sie ihn.

Dieses Denken hat sich geändert. Denn aufgrund des häufig bestehenden technischen Patts zwischen den Produkten der verschiedenen Anbieter von Investitionsgütern entscheidet sich heute der Markterfolg der Unternehmen nicht mehr allein über die Leistungsfähigkeit und Qualität ihrer Produkte. Entscheidend ist vielmehr die kundenorientierte Gesamtlösung; also der Nutzen, den die Zielkunden während der gesamten Nutzungsdauer aus dem Gesamtpaket „Produkt plus Service“ ziehen.

### Service ist heute mehr als After-Sales-Service

Das haben viele Anbieter speziell im B2B-Bereich erkannt. Deshalb bauten sie in den zurückliegenden Jahren ihr Serviceangebot aus und der klassische After-Sales-Service wurde zunehmend um einen

- > Pre-Sales-Service (zum Beispiel technische Planung und betriebswirtschaftliche Beratung) und
- > Ad-Sales-Service (zum Beispiel Montage, Inbetriebnahme, Supervision beim „Start of Production“, kurz SOP).



ergänzt – auch, weil die Unternehmen in der offensiven Vermarktung von solchen kunden- und nutzungsorientierten Service-Paketen eine Chance sahen, sich gegenüber ihren Mitbewerbern zu profilieren. Und die Produkte? Sie werden zunehmend nur noch als ein Mittel gesehen, um die von den Kunden gewünschte „ganzheitliche“ Lösung zu realisieren.

Zu Recht! Denn: „Der Kunde braucht“ – zugespitzt formuliert – „keine Bohrer, sondern Löcher.“ Bezogen auf das offensive Vermarkten von Serviceleistungen bedeutet dies:

- > Der Kunde braucht keine Ersatzteile, er braucht Standzeit
- > Er braucht keine Störungsbeseitigung,

Der klassische After-Sales-Service wird zunehmend durch Pre-Sales- und Ad-Sales-Service-Pakete ergänzt.

- er braucht Störungsvermeidung und Prozesssicherheit
- > Er braucht Verfügbarkeit, Prozesskostenreduzierung und Gesamtanlagen-Effizienz
- > Und, und, und.

### Aus Herstellern werden „herstellende Dienstleister“

Eine solche kundennutzen-orientierte Marktbetrachtung und -bearbeitung trägt

Der Kunde braucht keine Störungsbeseitigung, sondern Prozesssicherheit.

Früchte. Das beweisen im B2B-Bereich schon viele „First-Tier-Lieferanten“, also bevorzugte System- und Modullieferanten, sowie Generalunternehmer, die für ihre Kunden lösungsorientiert Pakete aus Produkten und Service-/Dienstleistungen schnüren und/oder ihnen ein Performance-Contracting oder Betreibermodelle offerieren. Für die Hersteller bedeutet dies: Sie werden zunehmend herstellende Dienstleister.

Eine zentrale Voraussetzung für eine solche Marktbearbeitungsstrategie ist nicht nur eine entsprechende strategische Positionierung des Bereichs Service im Markt, sondern auch im eigenen Unternehmen. Wichtig ist zudem ein funktions- und bereichsübergreifendes Bewusstsein, dass im digitalen Zeitalter für den Markt- und somit Unternehmenserfolg ein offensiver Servicevertrieb mindestens ebenso wichtig ist wie ein aktiver Produktvertrieb. Die damit zusammenhängenden Grundsatzentscheidungen kann nur das Top-Management treffen. Dieses ist und bleibt der Motor dafür, dass sich der für das Umsetzen einer solchen Strategie erforderliche Bewusstseinswandel in der gesamten Organisation vollzieht.

### Mit einem offensiven Servicekonzept den Erfolg steigern

Ein offensives Servicekonzept bietet zahlreiche strategischen Möglichkeiten bzw. Hebel, um den Vertriebs- und Markterfolg eines Unternehmens zu steigern. Die wichtigsten seien hier genannt:

1. Differenzierung zum Wettbewerb: Kundengewinnung und Wettbewerber-Verdrängung



2. Sicherstellen der Kundenzufriedenheit: Kundensicherung/-loyalisierung, Kundenausbau/Folgegeschäft, Forcieren der Weiterempfehlungen, Durchsetzen besserer Preise im Neu- und Folgegeschäft
3. Quelle für zusätzlichen Umsatz mit lukrativem Deckungsbeitrag: Steigerung des Gewinns
4. Anwendungsbetreuung eigener und fremder Produkte als Informationsquelle für die Marktanalyse und über den Anwenderbedarf: kontinuierliche Verbesserung von Prozessen, Produkten und Dienstleistungen (KVP) sowie Entwicklung von Innovationen im eigenen Unternehmen.

Alle genannten Hebel zur Erfolgssteigerung sind den Herstellern von Industrie- bzw. Investitionsgütern bekannt. Trotzdem spielen aktuell noch viele von ihnen in der Praxis nur auf einem „Instrument“; nur selten wird daraus strategisch ein professionelles „Orchester“ geformt.

### Mankos beim Realisieren eines offensiven Servicevertriebs

Warum dies so ist, untersuchte die Hochschule Mannheim bereits vor etwa einem Dutzend Jahren zusammen mit Peter Schreiber & Partner in der Studie „Vermarktung von Serviceleistungen in der Industriegüterbranche“. Dabei zeigten sich folgende Problem- bzw. Handlungsfelder:

- > Die Geschäftsleitungen/Vorstände vieler Unternehmen unterstützen zwar positiv das Vermarkten von Serviceleistungen, sie sehen darin aber (noch) nicht einen bedeutsamen Hebel zum Realisieren der Unternehmensvision. Man spricht firmenintern und in den Unternehmensbroschüren zwar von markt- und kundengerechten (Problem-)Lösungen, im Tagesgeschäft wird aber noch primär an die Produkte und deckungsbeitragsträchtigen Ersatzteile statt an die strategischen Dimensionen der Serviceleistungen gedacht.
- > Der Service ist zwar bereits ein zentrales Element der Vision, es fehlt aber noch eine formulierte Strategie. Folglich gibt es auch keine differenzierten Arbeitsziele für die Vertriebs- und Servicemitarbeiter, professionellen Vermarktungspläne sowie konkreten Budgets (zum Beispiel für Marketing und Personal). Auch ein differenziertes Controlling fehlt.
- > Die für das Vermarkten der Serviceleistungen verantwortlichen Führungskräfte sind von der Geschäftsleitung/

### Serviceleistungen verkaufen: 7 Praxis-Tipps

Serviceleistungen sind nicht nur ein Stellhebel für ein profitables Wachstum. Sie sind auch ein Instrument zur Kundenbindung und Differenzierung gegenüber dem Wettbewerb; außerdem ein Innovationstreiber bei der Entwicklung neuer Produkte. Nachfolgend sieben Impulse, wie Sie das Geschäft Ihres Unternehmens mit Serviceleistungen systematisch und konsequent ausbauen können.

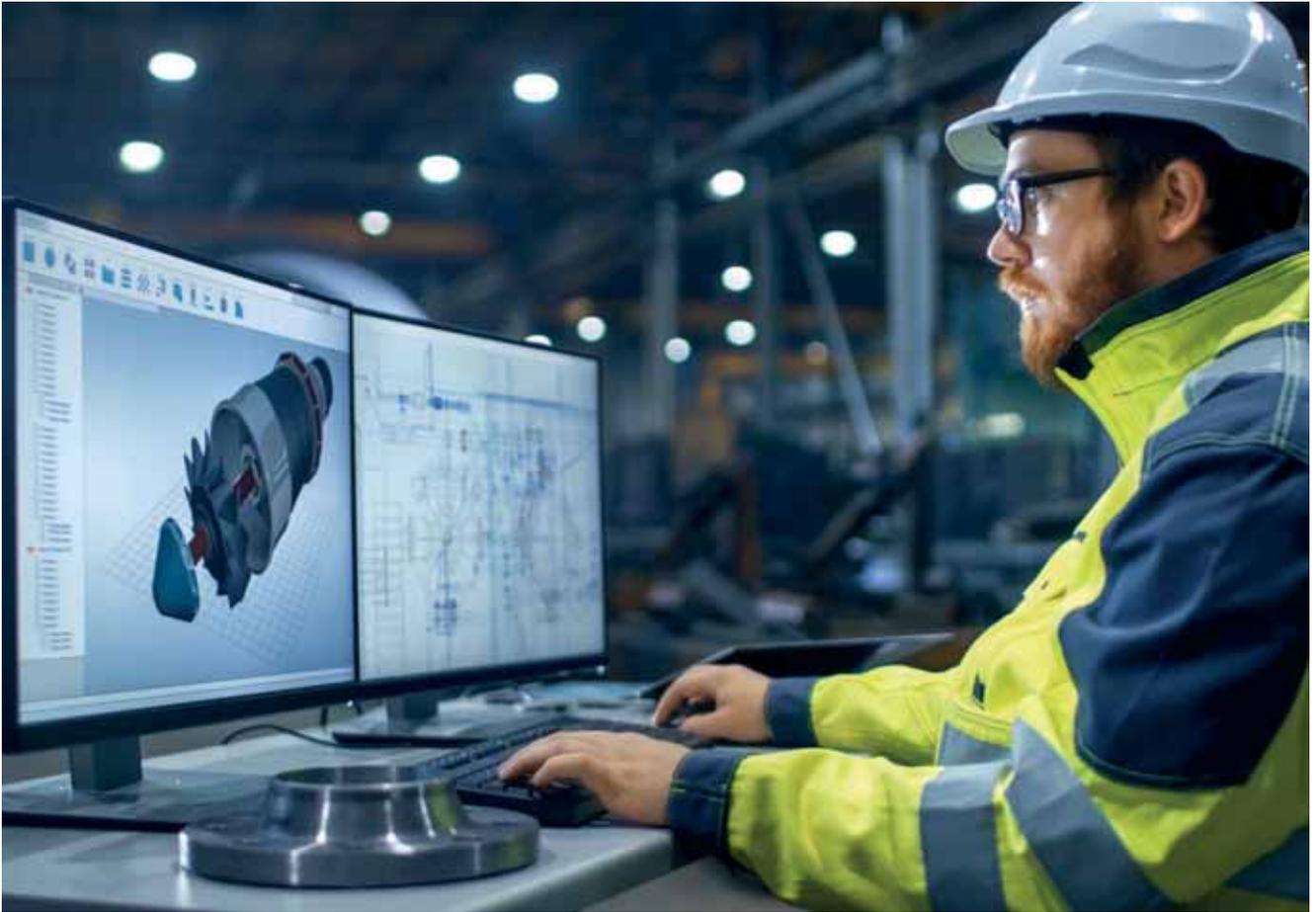
1. **Sind Ihre Service-Geschäftsmodelle und -Ziele auf Ihre Unternehmensziele ausgerichtet?** Schärfen Sie Ihre Service-Strategie. Eine klare und transparente Service-Strategie verbessert den Umsatz – durch ein konsequentes Bearbeiten der Zielkunden und Branchen, den Ertrag – durch einen fokussierten Einsatz Ihrer Ressourcen und die Differenzierung – durch eine gezielte Positionierung gegenüber dem Wettbewerb.
2. **Entsprechen Ihre Serviceleistungen den Anforderungen und Erwartungen Ihrer Zielkunden?** Erweitern Sie Ihr Service-Portfolio. Durchgängige und innovative Serviceleistungen haben Einfluss auf den Umsatz – durch das Gewinnen neuer und das Durchdringen bestehender Kunden, den Ertrag – durch bessere Preise für innovative Mehrwert-Leistungen und die Kundenbindung – ein durchgängiges Portfolio reduziert die Anzahl der Lieferanten.
3. **Sind Ihre Kunden mit Ihrer Service-Reaktionszeit und Lieferqualität zufrieden?** Straffen Sie Ihre Service-Prozesse. Schlanke, auf die Anforderungen Ihrer Kunden ausgerichtete Prozesse sichern den Ertrag – durch niedrige Prozess- und Reklamationskosten und die Kundenbindung – durch eine schnelle und zuverlässige Reaktion auf Kundenanfragen.
4. **Hat Service den richtigen Stellenwert in Ihrem Unternehmen?** Stärken Sie Ihre Service-Organisation. Eine eigenständige, schlagfertige Service-Organisation steigert den Umsatz – durch eine bessere Positionierung der Serviceleistungen in der Gesamtlösung und den Ertrag – durch eine effizientere Steuerung der Ressourcen.
5. **Ist Ihr Service-Führungsteam in die Strategieprojekte involviert?** Fördern Sie Ihre Service-Führungs- und Managementkultur. Die konsequente und zielgerichtete Einbindung der Service-Führungskräfte in die Strategieprojekte hat Einfluss auf den Umsatz – durch die Nutzung langjähriger, praktischer Erfahrungen und den Ertrag – durch einen höheren Umsetzungsfokus.
6. **Entsprechen Wachstum und Ertrag Ihrer Serviceleistungen den Erwartungen?** Optimieren Sie Ihre Service-Vermarktung: Die Einführung von servicespezifischen Vermarktungskonzepten erhöht den Umsatz – durch einen spezialisierten Service-Vertrieb, den Ertrag – durch einen zielgruppengerechten Preis- und Marketingansatz und die Differenzierung – durch Kundennähe und einen proaktiven Vertriebsansatz.
7. **Haben Sie den Überblick über Ihre Kundenanfragen?** Setzen Sie moderne Service-Tools ein. IT-gestützte und digitale Service-Tools helfen Ihnen, eine Transparenz Ihrer Kundenvorgänge herzustellen. Sie optimieren zudem den Umsatz – da Anfragen zeitnah und zuverlässig bearbeitet werden, den Ertrag – durch eine effiziente Steuerung der Ressourcen und die Innovation – durch individuelle und digitale Leistungen

Unternehmens- und marktspezifisch kann es zu den dargestellten Lösungsansätzen weitere Ansätze geben. Eine erste Analyse mit Handlungsempfehlungen schafft schnell Klarheit, welche Potenziale noch ausgeschöpft werden können.

dem Vorstand nicht eindeutig instruiert und ausreichend für die damit verbundenen Aufgaben qualifiziert. Sie betrachten zum Beispiel das gezielte Forcieren der Vermarktung der Serviceleistungen nicht als eine ihrer strategischen Kernaufgaben. Sie haben für den Verantwortungsbereich „Vermarktung von Serviceleistungen“ keine Ba-

lanced Score Card und keinen Sellingplan. Deshalb geraten die mit der Aufgabe „Strategische Vermarktung der Serviceleistungen“ verbundenen Teilaufgaben im operativen Tagesgeschäft vielfach aus dem Blick.

- > Die Vertriebs- und Servicemitarbeiter sind für einen offensiven Serviceverkauf nicht adäquat qualifiziert und trai-



Vertriebs- und Servicemitarbeiter müssen für einen offensiven Serviceverkauf adäquat qualifiziert und trainiert sein.

niert. Sie sind zudem nicht mit den nötigen verkaufsfördernden Tools ausgerüstet. Die Mitarbeiter spüren diese Defizite und „sperrern“ sich entweder mental gegen den Verkauf von Serviceleistungen oder stellen entsprechende Versuche nach einiger Zeit frustriert ein.

Bei den genannten „Problemfeldern“ gab es im zurückliegenden Jahrzehnt bei vielen Herstellern von Industriegütern schon beachtliche positive Veränderungen – unter anderem, weil sie die strategische Relevanz des Services für ihren Markterfolg erkannten. Dessen ungeachtet kämpft das Gros von ihnen im Betriebsalltag aber weiterhin mit den vorgenannten Problemen wie Expertenbefragungen zeigen. Dies auch, weil sich im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung, zu der auch die verstärkte Nutzung von KI-Lösungen zählen, die Serviceerwartungen ihrer Zielkunden verändert haben und dies weiterhin tun.

### Den Servicevertrieb in der Strategie und im Arbeitsalltag verankern

Deshalb stellt sich für viele Hersteller von Investitionsgütern weiterhin die Frage, wie

können besagte Defizite behoben werden und die strategischen Chancen eines Service-Vermarktungskonzepts offensiv genutzt werden – eventuell auch mithilfe von KI-Lösungen. Dies setzt jedoch weiterhin voraus: Die Geschäftsleitung beziehungsweise der Vorstand muss zunächst eine strategische Grundsatzentscheidung treffen, welche Rolle der Service beim Realisieren der Unternehmensvision und Erreichen der Unternehmensziele spielt. Ist der Service diesbezüglich relevant, gilt es ein bereichsübergreifendes Projekt „Service Excellence“ aufzulegen. Dieses strategisch wichtige Projekt muss Chefsache sein und bleiben! Dies bedeutet: Im Lenkungsausschuss des Projekts ist die Geschäftsleitung/der Vorstand persönlich vertreten, damit für alle direkt und indirekt Betroffenen sichtbar wird, welche strategische Relevanz die Unternehmensspitze dem Service beimisst.

Die Projektleitung wiederum muss zunächst eine Marktanalyse durchführen und daraus die verschiedenen strategischen und organisatorischen Optionen ableiten. Nach der Diskussion dieser Optionen im Lenkungsausschuss ist unter anderem für den Vertriebs- und Service-Bereich eine erste Balanced Score Card

nebst korrespondierendem Aktions- sowie Marketing- und Sellingplan auszuarbeiten, die Jahr für Jahr weiterentwickelt werden.

Das heißt letztlich: Der Service muss erkennbar fest in der Unternehmensstrategie verankert sein; es muss zudem ein nachhaltiges, professionelles Vermarktungskonzept für ihn existieren, damit sich die gewünschten Veränderungen und angestrebten Erfolge einstellen.

[www.schreiber-training.de](http://www.schreiber-training.de)

*Peter Schreiber, Inhaber, Hartmut Pleyer, Seniorberater, Trainings- und Beratungsunternehmen Peter Schreiber & Partner*

# Veröffentlichte erteilte Patente

**Hinweis:** Gegen deutsche Patente ist der Einspruch beim Deutschen Patent- und Markenamt bis 9 Monate nach der Veröffentlichung möglich. Gegen europäische Patente ist der Einspruch beim Europäischen Patentamt bis 9 Monate nach der Veröffentlichung möglich.

## Schmelztechnik, Metallurgie, Zubehör: Öfen, Pfannen usw.

**EP 3796989 B1**, IPC: B01D 39/20, C04B 38/00. Inh.: Exentis Knowledge GmbH, Stetten AG, CH. Gießfilter. Pub.: 01.05.2024.

**EP 4139069 B1**, IPC: B22D 41/50. Inh.: Refractory Intellectual Property GmbH & Co. KG, Wien, AT. Tauchdüse mit drehbarem Einsatz. Pub.: 01.05.2024.

**EP 3574273 B1**, IPC: F27D 11/08. Inh.: Amerifab, Inc., Indianapolis, IN 46201, US. Oberes Ladedach für Lichtbogen, Metallurgische oder Raffinerieöfen und System dafür. Pub.: 01.05.2024.

**EP 4142965 B1**, IPC: B22D 11/00. Inh.: Knöllinger FLO-TEC GmbH, Hilscheid, DE. Schieberverschluss mit innenliegendem Dichtkörper und Verfahren zu dessen Montage. Pub.: 08.05.2024

**EP 3457064 B1**, IPC: F27B 17/02. Inh.: Ivoclar Vivadent AG, Schaan, LI. Dentalöfen sowie Verfahren zum Betrieb eines Dentalofens. Pub.: 15.05.2024

**EP 4196448 B1**, IPC: F27D 1/00. Inh.: Owens-Brockway Glass Container Inc., Perrysburg, OH, US. Gegossene Schicht auf Bruchbasis auf einer Wandplatte für einen Schmelzofen. Pub.: 22.05.2024

## Formstoffe, Formverfahren, Kernfertigung, Formstoffaufbereitung, Dauerformen

**DE 102013004663 B4**, IPC: C08L 75/04, B22C 1/22. Inh.: ASK Chemicals GmbH, 40721 Hilden, DE. Bindemittelsystem, Formstoffmischung enthaltend dasselbe, Verfahren zur Herstellung der Formstoffmischung, Verfahren zur Herstellung eines Gießformteils oder Gießkerns, Gießformteil oder Gießkern sowie Verwendung des so erhältlichen Gießformteils oder Gießkerns für den Metallguss. Pub.: 02.05.2024

**DE 112020001965 B4**, IPC: B28B 3/26, C22C 9/00. Inh.: NGK Insulators, Ltd., Nagoya-shi, Aichi-ken, JP. Gussform zur Herstellung einer Wabenstruktur. Pub.: 02.05.2024

**DE 102020108196 B4**, IPC: C04B 35/622. Inh.: Technische Universität Bergakademie Freiberg, Freiberg, DE; Verein für das Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie e.V., Schwäbisch Gmünd, DE. Verfahren zur Herstellung einer keramischen, silikatfreien Feingussform für die Herstellung von Feingussteilen aus höherschmelzenden Metallen und Verwendung einer keramischen, silikatfreien Feingussform für die

Herstellung von Feingussteilen aus höherschmelzenden Metallen. Pub.: 16.05.2024

**DE 102018128020 B4**, IPC: B22C 9/06. Inh.: Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft, München, DE. Kokille sowie Verfahren zum Herstellen eines Kurbelgehäuses. Pub.: 23.05.2024

**DE 10 2020 209 100 B4**, IPC: B22C 9/12. Inh.: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung eingetragener Verein, München, DE; Karl Jenewein Modellbau GmbH, Heubach, DE. Verfahren zur Herstellung von Sandkernen, die für Gießereizwecke einsetzbar sind. Pub.: 23.05.2024

## Generative Fertigungsverfahren

**EP 2750818 B1**, IPC: B22F 1/00. Inh.: Baker Hughes Holdings LLC, Houston, TX, US. Metallpressling aus einem Magnesiumlegierungspulver. Pub.: 01.05.2024.

**EP 3689512 B1**, IPC: B22F 9/08. Inh.: Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Tokyo, JP. Vorrichtung zur Herstellung von Metallpulver. Pub.: 01.05.2024.

**EP 4164830 B1**, IPC: B22F 10/28. Inh.: Trumpf Laser- und Systemtechnik GmbH, Ditzingen, DE. Fertigungsverfahren mit großflächigem Absenkgasstrom. Pub.: 01.05.2024.

**EP 4054779 B1**, IPC: B22F 10/50. Inh.: Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL), Lausanne, CH. Laserbehandlungssysteme für in-situ-Laserschock-Peening (LSP) von Teilen während ihrer Herstellung durch einen selektiven Laser-Sintern- oder Schmelz- (SLS-SLM) Prozess, sowie additive Fertigungssysteme die derselben implementieren. Pub.: 01.05.2024.

**EP 3908445 B1**, IPC: B29C 64/00. Inh.: Hewlett-Packard Development Company L.P., Spring, TX, US. Verfahren und Bausatz zum dreidimensionalen Drucken mit porenfördernden Mitteln. Pub.: 01.05.2024.

**EP 3950274 B1**, IPC: B29C 64/106. Inh.: Robert Bosch GmbH, Stuttgart, DE. Verfahren zur Herstellung eines Gehäuses einer Energiesammelvorrichtung. Pub.: 01.05.2024.

**EP 4000869 B1**, IPC: B29C 64/124. Inh.: General Electric Company, Schenectady, NY, US. Folieninteraktionsvorrichtung für die generative Fertigung. Pub.: 01.05.2024.

**EP 3938177 B1**, IPC: B29C 64/236. Inh.: Formlabs, Inc., Somerville, MA, US. Verfahren und System zur Kalibrierung von optischen Modulen für additive Herstellungsvorrichtungen. Pub.: 01.05.2024.

**EP 3672783 B1**, IPC: B29C 64/268. Inh.: General Electric Company, Schenectady, NY, US. System und Verfahren zur Herstellung einer Komponente unter Verwendung einer Verfestigungsvorrichtung. Pub.: 01.05.2024.

**EP 3532223 B1**, IPC: B22F 10/20. Inh.: Hewlett-Packard Development Company L.P., Spring, TX, US. Fusion von metallischen Partikeln. Pub.: 08.05.2024

**EP 4126506 B1**, IPC: B29C 64/118. Inh.: Signify Holding B.V., Eindhoven, NL. Verfahren zur Herstellung und 3D-gedruckten Objekts, mit einem Schrumpfschlauch überzogen. Pub.: 08.05.2024

**EP 4139114 B1**, IPC: B29C 64/118. Inh.: Ultimaker B.V., Utrecht, NL. System zur Herstellung von Schmelzfilamenten mit austauschbaren Druckköpfen und Filament. Pub.: 08.05.2024

**EP 3877157 B1**, IPC: B29C 64/40. Inh.: 3D Systems GmbH, Mörfelden-Walldorf, DE. Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Formgegenstands mittels schichtweisem Materialauftrag. Pub.: 08.05.2024

**EP 3041625 B1**, IPC: B22F 1/00. Inh.: ARCAM AB, Mölndal, SE. Pulververteilung in der Zusatzstoffherstellung von dreidimensionalen Artikeln. Pub.: 15.05.2024

**EP 3116671 B1**, IPC: B22F 5/10. Inh.: Hyperion Materials & Technologies AB, Hägersten, SE. Verfahren zur Herstellung einer Verbundwalze. Pub.: 15.05.2024



**EP 3551364 B1**, IPC: B22F 10/22. Inh.: Constellium Issoire, Issoire, FR. Hybrider Herstellungsprozess von Strukturelement mit Versteifung(en). Pub.: 15.05.2024

**EP 4072755 B1**, IPC: B22F 10/28. Inh.: Realizer GmbH, Borchten, DE. Aktive Klimatisierung in SLM-Prozessen. Pub.: 15.05.2024

**EP 3999317 B1**, IPC: B29C 64/118. Inh.: VITO NV, Mol, BE. Verfahren zum Drucken einer porösen Struktur und eine poröse Struktur. Pub.: 15.05.2024

**EP 4149703 B1**, IPC: B22F 1/05. Inh.: C-Tec Constellium Technology Center, Voreppe, FR. Verfahren zur Herstellung eines Aluminiumlegierungsteils. Pub.: 22.05.2024

**EP 3134221 B1**, IPC: B22F 1/10. Inh.: Alpha Assembly Solutions Inc., Waterbury, CT, US. Verfahren zur Herstellung eines Metallpulvers. Pub.: 22.05.2024

**EP 3838486 B1**, IPC: B22F 1/145. Inh.: Rolls-Royce Corporation, Indianapolis, Indiana, US. Schleifbeschichtung einschließlich Metallmatrix und Keramikpartikel. Pub.: 22.05.2024

**EP 4166266 B1**, IPC: B23K 9/04. Inh.: Mitsubishi Heavy Industries Compressor Corporation, Tokyo, JP. Laminatformungsverfahren. Pub.: 22.05.2024

**EP 3 993 985 B1**, IPC: B29C 64/10. Inh.: Stratasys Ltd., Rehovot, IL. Verfahren und System zur Überwachung der Menge eines Zufuhrmaterials bei der generativen Fertigung. Pub.: 22.05.2024

**EP 3934888 B1**, IPC: B29C 64/118. Inh.: Brose Fahrzeugteile SE & Co. KG, Würzburg, DE; AIM3D GmbH, Rostock, DE. 3D-Druckvorrichtung mit einer Temperaturregulationseinrichtung für aufgebracht Druckmaterial. Pub.: 22.05.2024

**EP 3884371 B1**, IPC: B29C 64/124. Inh.: Adaptive 3D Technologies LLC, Dallas, TX, US. Verwendung von Okklusionsfluiden zur Verstärkung von Prozessen der generativen Fertigung. Pub.: 22.05.2024

**DE 102017124353 B4**, IPC: B29C 64/165. Inh.: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Köln, DE. Anlage und Verfahren zum Herstellen von dreidimensionalen Strukturen durch unterstützenden Überdruck. Pub.: 02.05.2024

**DE 102020211225 B4**, IPC: B29C 64/35. Inh.: Volkswagen AG, Wolfsburg, DE. Drucktechnikvorrichtung für den Einsatz in einem 3D-Drucksystem, Druckeinheit, 3D-Drucksystem. Pub.: 16.05.2024

**DE 102019124041 B4**, IPC: B22F 9/00. Inh.: FrigorTec GmbH, Amtzell, DE. Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung einer laserschmelzfähigen Pulverzusammensetzung. Pub.: 23.05.2024

## **Druck- und Spritzgießtechnik: Maschinen, Werkzeuge, Peripheriegeräte**

**EP 4234121B1**, IPC: B22D 17/10. Inh.: Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP. Formvorrichtung. Pub.: 08.05.2024

## **Spezielle Gussprodukte**

**EP 4025802 B1**, IPC: F16D 65/10, B22D 19/00. Inh.: Bronze Alu, La Couture-Boussey, FR. Reibring für eine Verbundbremstrommel, Verfahren und System zur Herstellung desselben und Verfahren zur Herstellung einer Verbundbremstrommel. Pub.: 01.05.2024.

**DE 112020001965 B4**, IPC: F01D 9/06. Inh.: IHI Corporation, Tokyo, JP. Turbinengehäuse und Turbolader. Pub.: 02.05.2024

## **Werkstoffe**

**EP 3847289 B1**, IPC: C22C 21/02. Inh.: Novelis, Inc., Atlanta, GA, US. Aluminiumlegierung für Wärmetauscherrippen. Pub.: 01.05.2024.

**EP 3592875 B1**, IPC: C22C 21/08. Inh.: Constellium Issoire, Issoire, FR. Bei hoher Temperatur stabile Vakuumkammerelemente aus Aluminiumlegierung. Pub.: 01.05.2024.

## **Anmerkung:**

Alle referierten Dokumente können unter [www.depatisnet.de](http://www.depatisnet.de) eingesehen werden.

Der kostenlose Bezug der veröffentlichten Dokumente des Deutschen Patent- und Markenamtes ist ausschließlich über das Internet unter [www.dpma.de](http://www.dpma.de) – publikationen möglich. Unter [www.dpma.de](http://www.dpma.de) erhalten Sie auch weitere Informationen über das Deutsche Patent- und Markenamt.

Die Publikationen des Europäischen Patentamtes sind kostenlos unter [www.epoline.org](http://www.epoline.org) (Online-Akteneinsicht) erhältlich.

## **Erläuterungen:**

DE	=	Schrift des Deutschen Patent- und Markenamtes
EP	=	Schrift des Europäischen Patentamtes
A1, A2	=	Offenlegungsschrift
B1, B2,		
B3, B4	=	Patentschrift
T2	=	Übersetzung einer europäischen Patentschrift
U1	=	Gebrauchsmusterschrift
WO	=	Veröffentlichung der ursprünglichen PCT-Anmeldung
IPC	=	Internationale Patentklassifikation
Anm.	=	Patentanmelder
Inh.	=	Patent-, Gebrauchsmusterinhaber
Pub.	=	Veröffentlichungstag

## **Überwachte Klassen der IPC:**

B22C	Form- und Kernmassen, Schichten, Formstoffaufbereitung, Modelle, Formen, Kerne, Formverfahren, Formmaschinen, Formkästen
B22D	Schmelzbehandlung, Gießverfahren einschl. Schleudergießen, Kokillengießen, Druckgießen, Dosiervorrichtungen, Gießgefäße u.v.m.
B22F	Generative Fertigung
B23K	Löten, Schweißen, Beschichten, Schneiden, Generative Fertigung, soweit für die Gießereitechnologie von Interesse
B29C 64/xx	Generative Fertigung
C04B	Feuerfeste Massen
C21C	Metallurgie (z. B. Herstellung von Stahl und Gusseisen)
C22C	Legierungen
F01,	Kraft- und Arbeitsmaschinen, Brennkraftmaschinen,
F02	insbes. F02F, soweit besondere gießereitechnische Aspekte betroffen sind (z. B. Herstellung von Turbinenschaufeln u. ä., Kolben, Zylinderblöcke usw.)
F27B,	Industrieöfen, soweit sie für die Gießereitechnologie
F27D	von Interesse sind; mit Ausnahme der Wärmebehandlungsöfen
G01K	Temperaturmessung, soweit für die Gießereitechnologie von Interesse
G01N	Untersuchung physikalischer Eigenschaften an Gusswerkstoffen, auch zerstörungsfreie Prüfung

## **Hinweis:**

Die Recherchen werden nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt. Für die Vollständigkeit kann jedoch keine Gewähr übernommen werden.

**EP 1866453 B1**, IPC: C22C 27/00. Inh.: MiRus LLC, Marietta, GA, US. Metalllegierung für medizinische Vorrichtung. Pub.: 01.05.2024.

**EP 3 990 673 B1**, IPC: C22C 19/05. Inh.: Safran, Paris, FR. Superlegierungspulver, Gegenstand und Produktionsprozess eines Gegenstandes aus Pulver. Pub.: 08.05.2024

**EP 3914748 B1**, IPC: C22C 21/06. Inh.: C-Tec Constellium Technology Cen-

ter, Voreppe, FR. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils aus einer Aluminiumlegierung, wobei die Legierung mindestens Zirkonium und Magnesium enthält. Pub.: 08.05.2024

**EP 4076788 B1**, IPC: B22D 11/00. Inh.: Novelis Inc., Atlanta, GA, US. Ein Barren aus einer Aluminiumlegierung der Serie 7xxx und ein Verfahren zum direkten Kokillenguss. Pub.: 15.05.2024

**EP 3814543 B1**, IPC: C22C 9/00. Inh.: Oerlikon Metco Inc., Westbury, NY, US. Aufschweißlegierung auf Kupferbasis. Pub.: 15.05.2024

**EP 3122912 B1**, IPC: C22C 21/08. Inh.: Constellium Extrusion Decin S.r.o., Decin, CZ. Extrudiertes Produkt aus Legierung 6xxx geeignet für Automaten-drehen und mit einer geringen Rauigkeit nach der Anodisierung. Pub.: 15.05.2024

**EP 3728653 B1**, IPC: C21D 1/76. Inh.: Alleima Tube AB, Sandviken, SE. Prozess zum Kornfeinen einer stickstoffhaltigen Metalllegierung. Pub.: 22.05.2024

**EP 3830309 B1**, IPC: C22C 9/00. Inh.: Centre national de la recherche scientifique, Paris, FR; Université Paul Sabatier Toulouse III, Toulouse, FR. Kupfer-Silber-Verbundstoff. Pub.: 22.05.2024

**EP 3802898 B1**, IPC: C22C 27/02. Inh.: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Magdeburg, DE. Dichteoptimierte Molybdänlegierung. Pub.: 22.05.2024

**DE 102019104492 B4**, IPC: C22C 21/00. Inh.: GM Global Technology Operations LLC, Detroit, MI, US. Verfahren zur Herstellung einer kristallinen Aluminium-Eisen-Silizium-Legierung. Pub.: 23.05.2024

### Qualitätsprüfung, Messtechnik

**EP 4113109 B1**, IPC: G01N 23/2206. Inh.: FEI Company, Hillsboro, OR, US. Verfahren und System zum Bestimmen der Probenzusammensetzung aus Spektraldaten durch Retraining eines neuronalen Netzes. Pub.: 01.05.2024.

**EP 3465196 B1**, IPC: G01N 29/04. Inh.: voestalpine Tubulars GmbH & Co. KG, Kindberg-Aumühl, AT. Verfahren zur Ultraschallprüfung von länglichen Hohlprofilen. Pub.: 01.05.2024.

**EP 4016072 B1**, IPC: G01N 29/04. Inh.: Baker Hughes Holdings LLC, Houston, TX, US. Dynamische Parameteranpassung von Gruppenstrahlern für die Ultraschallprüfung. Pub.: 01.05.2024.

**EP 3578967 B1**, IPC: G01N 29/07. Inh.: Hitachi Power Solutions Co. Ltd., Hitachi, Ibaraki, JP. Positionssteuervorrichtung, Positionssteuerungsverfahren und Ultraschallbildgebungssystem. Pub.: 01.05.2024.

**EP 3805752 B1**, IPC: G01N 29/22. Inh.: The Boeing Company, Arlington, VA, US. System mit mehreren Sonden zur zerstörungsfreien Inspektion. Pub.: 01.05.2024.

**EP 3913361 B1**, IPC: G01N 29/265. Inh.: The Boeing Company, Arlington, VA, US. Strahlenkung für Laserultraschallprüfsysteme. Pub.: 01.05.2024.

**EP 3884269 B1**, IPC: G01N 29/04. Inh.: MSA Technology LLC, Cranberry Township, PA, US. Nachweis von Verstopfung in einem porösen Element. Pub.: 08.05.2024

**EP 2739966 B1**, IPC: G01N 29/22. Inh.: NDT Global GmbH, Stutensee, DE. Verfahren zur Aufdachungsmessung von Rohrleitungen mittels Ultraschallprüfung. Pub.: 08.05.2024

**EP 2722667 B1**, IPC: G01N 29/34. Inh.: Olympus NDT Inc., Waltham, MA, US. Ultraschallprüfungsinstrument mit unregelmäßigen Impulsen. Pub.: 08.05.2024

**EP 3060903 B1**, IPC: G01N 23/04. Inh.: Comet Xylon GmbH, Hamburg, DE. Verfahren zum Rotieren eines Prüfobjekts mittels eines Röntgenprüfsystems. Pub.: 15.05.2024

**EP 3586121 B1**, IPC: G01N 29/24. Inh.: Baker Hughes Holdings LLC, Houston, TX, US. Ultraschallsondenordnung und Verfahren zur Herstellung. Pub.: 15.05.2024

**EP 3948256 B1**, IPC: G01N 29/04. Inh.: Guided Ultrasonics Ltd, London, GB. Ultraschallsensor für geführte Wellenprüfung. Pub.: 22.05.2024

**EP 4189380 B1**, IPC: G01N 29/06. Inh.: Socomate International, Zone Industrielle, Crecy La Chapelle, FR. Verfahren zur Erkennung von Diskontinuitäten und System zur Implementierung dieses Verfahrens. Pub.: 22.05.2024

**DE 102019112217 B4**, IPC: G01N 29/265. Inh.: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., 51147 Köln, DE. Prüfvorrichtung und Verfahren zum zerstörungsfreien Prüfen von Bauteilen und Computerprogrammprodukt. Pub.: 02.05.2024

### Oberflächenbehandlung, Schweißen, Löten

**EP 4052829 B1**, IPC: B23K 3/047. Inh.: Hakko Corporation, Osaka, Osaka JP. LötKolbensteuervorrichtung, Patrone und LötKolbenverwaltungssystem. Pub.: 01.05.2024.

**DE 102014224156 B4**, IPC: B23K 35/30. Inh.: MTU Aero Engines AG, München, DE. Lötverfahren zur Panzerung der Z-Notch von TIAL-Schaufeln und Bauteil einer Strömungsmaschine mit einer solchen Panzerung. Pub.: 23.05.2024

**DE 10 2021 207 348 B4 2024.05.23**, IPC: B23K 1/00. Inh.: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung eingetragener Verein, München, DE; Technische Universität Chemnitz, Chemnitz, DE. Verfahren zur Herstellung einer stoffschlüssigen Lötverbindung. Pub.: 23.05.2024

### Feuerfeste Produkte

**EP 4268994 B1**, IPC: B22D 41/28. Inh.: Refractory Intellectual Property GmbH & Co. KG, Wien, AT. Feuerfeste Platte, Verfahren zur Herstellung der feuerfesten Platte und Verwendung der feuerfesten Platte. Pub.: 08.05.2024

## Übersetzungen internationaler Patentliteratur (T-Schriften)

### Schmelztechnik, Metallurgie, Zubehör: Öfen, Pfannen usw.

**DE 112021007755 T5**, IPC: C21C 5/52. Inh.: Popov, Mykyta Oleksandrovykh, Kharkiv, UA; Popov, Oleksandr Volodymyrovych, Kharkiv, UA. Anlage zum Elektroschlackeschmelzen von Masseln. Pub.: 08.05.2024

### Werkstoffe

**DE 112022003529 T5**, IPC: C22C 19/05. Inh.: Nippon Yakin Kogyo Co. Ltd., Tokyo, JP. Ni-Cr-Mo-Legierung für geschweißte Rohre mit überlegener Verarbeitbarkeit und Korrosionsbeständigkeit. Pub.: 23.05.2024

### Qualitätsprüfung, Messtechnik

**DE 112022003511 T5**, IPC: G01N 29/42. Inh.: Hitachi Power Solutions Co. Ltd., Hitachi, Ibaraki, JP. Ultraschallprüfvorrichtung und Ultraschallprüfverfahren. Pub.: 02.05.2024

**DE 112022003569 T5**, IPC: B22F 1/00. Inh.: GKN SINTER METALS LLC, Auburn Hills, MI, US. Metallpulverzusammensetzung mit Aluminiumnitrid MMC. Pub.: 02.05.2024

**DE 112022003708 T5**, IPC: G01N 23/046. Inh.: Rigaku Corporation, Tokio, JP. Korrekturvorrichtung, System, Verfahren und Programm. Pub.: 16.05.2024

**DE 112022003041 T5**, IPC: G01N 23/2251. Inh.: Hitachi, Ltd., Tokyo, JP. Prüfvorrichtung. Pub.: 23.05.2024

**DE 112022003773 T5**, IPC: G01N 23/00. Inh.: International Business Machines Corporation, Armonk, NY, US. Schwingungsvermeidendes Fixier- vrichtungssystem für zerstörungsfreies Prüfen. Pub.: 23.05.2024

## Oberflächenbehandlung, Schweißen, Löten

---

**DE 22735502 T1**, IPC: B23K 35/02. Inh.: Constellium Neuf-Brisach, Biesheim, FR. Band oder Blech aus Aluminiumlegierung zur Herstellung gelöteter Wärmetauscher. Pub.: 23.05.2024

## Gebrauchsmustereintragungen

### Schmelztechnik, Metallurgie, Zubehör: Öfen, Pfannen usw.

---

**DE 202023101215 U1**, IPC: F27D 7/02. Inh.: IVA Schmetz GmbH, 58708 Menden, DE. Heizkammer für einen Vakuumofen zum Niederdruck-Aufkohlen von metallischen Werkstücken. Pub.: 02.05.2024

### Formstoffe, Formverfahren, Kernfertigung, Formstoffaufbereitung, Dauerformen

---

**DE 202024100498 U1**, IPC: B22C 9/08. Inh.: ASK Chemicals GmbH, 40721 Hilden, DE. Speiser in Dosenform. Pub.: 16.05.2024

### Generative Fertigungsverfahren

---

**DE 202024101132 U1**, IPC: B23K 9/32. Inh.: M3DUSA AG, Schaan, LI. 3D-Druckkopf. Pub.: 02.05.2024

**DE 202024100893 U1**, IPC: B22F 5/08. Inh.: Sacmi Cooperativa Meccanici Imola Societa' Cooperativa, Bologna, IT. Vorrichtung zum Pressen von Metallpulvern zur Herstellung schrägverzahnter Zahnräder. Pub.: 16.05.2024

**DE 202024101243 U1**, IPC: B22F 1/00. Inh.: Maschinenfabrik Berthold Hermle Aktiengesellschaft, 78559 Gosheim, DE. Fertigungsanlage zum Ausbilden eines Verarbeitungspulvers. Pub.: 16.05.2024

## Veröffentlichte Patentanmeldungen

### Schmelztechnik, Metallurgie, Zubehör: Öfen, Pfannen usw.

---

**EP 4359574 A1 (WO 2022/268719)**, IPC: C21C 5/44. Anm.: Primetals Technologies Austria GmbH, Linz, AT. Transporteinrichtung, Ausmauermaschine, System und Verfahren zum Betrieb solch eines Systems. Pub.: 01.05.2024

**EP 4359716 A1 (WO 2022/269551)**, IPC: F27B 3/20. Anm.: SMS group S.p.A., Tarcento, IT. Injektorbrenner für Elektrolichtbogenofen. Pub.: 01.05.2024

**EP 4361291 A1**, IPC: C21C 5/30. Anm.: JFE Steel Corporation, Tokyo, JP. Vorrichtung zur Schätzung der Schmelzrate einer kalten Eisenquelle, konverterartige Raffinierofensteuerungsvorrichtung, Verfahren zur Schätzung der Schmelzrate einer kalten Eisenquelle und Verfahren zur Raffinierung von geschmolzenem Eisen. Pub.: 01.05.2024

**EP 4361292 A1**, IPC: C21C 5/52. Anm.: Greyling, Frederik Petrus, Middelburg, Mpumalanga, ZA. Ofen mit Störlichtbogenschutzsystem und Verfahren zur Überwachung Störlichtbogen außerhalb eines Ofenschutzes. Pub.: 01.05.2024

**EP 4361293 A1**, IPC: C21C 7/10. Anm.: JFE Steel Corporation, Tokyo, JP. Verfahren zum Desoxidieren/Refinieren von geschmolzenem Stahl, Verfahren zur Herstellung von Stahlmaterial und Stahlmaterial daraus. Pub.: 01.05.2024

**EP 4363137 A1 (WO 2023/281915)**, IPC: B22D 41/56. Anm.: Krosakihirima Corporation, Kitakyushu, Fukuoka, JP; TRL Krosaki Refractories Ltd., Kolkata, IN. Tauchdüsen austauschvorrichtung und obere Düse. Pub.: 08.05.2024

**EP 4363623 A1 (WO 2023/275817)**, IPC: C21C 5/52. Anm.: Pipex Energy S.r.l., Milano, IT. Verfahren zur Herstellung einer Schaumslagge in einem Elektrolichtbogenofen. Pub.: 08.05.2024

**EP 4364869 A1**, IPC: B22D 41/12. Anm.: Posco Co. Ltd., Pohang-si, Gyeong-sangbuk, KR. Schmelztransportvorrichtung und Schmelztransportverfahren. Pub.: 08.05.2024

**EP 4368311 A1**, IPC: B22D 11/10. Anm.: Danieli & C. Officine Meccaniche S.P.A., Buttrio, IT. Tauchdüse. Pub.: 15.05.2024

**EP 4368734 A1**, IPC: C21C 7/10. Anm.: Refractory Intellectual Property GmbH & Co. KG, 1100 Wien, AT. Vakuumkammer für eine Entgasungseinheit für Metallschmelze und Verfahren zum Abdichten einer Vakuumkammer. Pub.: 15.05.2024

**EP 4372301 A2**, IPC: F27B 1/28. Anm.: ArcelorMittal, Luxembourg, LU. Verfahren zur Überwachung des Verschleißes einer feuerfesten Auskleidung eines Hochofens. Pub.: 22.05.2024

**DE 102022211214 A1**, IPC: F27B 3/08. Anm.: Thermal Processing Solutions GmbH, Braunau am Inn, AT. Verfahren zum Schmelzen und Warmbehandeln von Feststoffen. Pub.: 02.05.2024

**DE 102022211216 A1**, IPC: F27B 1/00. Anm.: Technische Universität Bergakademie Freiberg, Freiberg, DE. Verfahren zum Schmelzen und Warmbehandeln von Feststoffen. Pub.: 02.05.2024

### Formstoffe, Formverfahren, Kernfertigung, Formstoffaufbereitung, Dauerformen

---

**EP 4363135 A1 (WO 2023/274450)**, IPC: B22C 1/18. Anm.: ASK Chemicals GmbH, Hilden, DE. Verfahren zum schichtweisen Aufbau von Formen und Kernen mit einem wasserglashaltigen Bindemittel. Pub.: 08.05.2024

**EP 4370260 A1 (WO 2023/285750)**, IPC: B22C 1/00. Anm.: SAFRAN, Paris, FR. Verbesserter Formkern zur Herstellung eines hohlen OMC-teils. Pub.: 22.05.2024

**EP 4370261 A1 (WO 2023/285766)**, IPC: B22C 1/00. Anm.: SAFRAN, Paris, FR. Verbesserter Gießkern zur Herstellung eines hohlen aeronautischen Metallteils. Pub.: 22.05.2024

**EP 4370262 A1 (WO 2023/28575)**, IPC: B22C 1/00. Anm.: SAFRAN, Paris, FR. Verbesserte Gegenform zur Herstellung eines aeronautischen Metallteils. Pub.: 22.05.2024

**EP 4370263 A1 (WO 2023/285482)**, IPC: B22C 1/02. Anm.: Foseco International Ltd., Barlborough, GB. Anorganisches Bindemittelsystem. Pub.: 22.05.2024

**EP 4371682 A1**, IPC: B22C 9/06. Anm.: Mazda Motor Corporation, Fuchu, Hiroshima, JP. Vorrichtung zum Entgasen von Formen. Pub.: 22.05.2024

### Gießverfahren, Gießvorrichtungen (ohne Druckgießtechnik)

---

**EP 4370264 A1 (WO 2023/287691)**, IPC: B22D 13/02. Anm.: United States Pipe and Foundry Company LLC, Birmingham, AL, US. Verfahren und Vorrichtung zur Schätzung der dimensionalen Gleichförmigkeit eines gegossenen Objekts. Pub.: 22.05.2024

**DE 102022129733 A1**, IPC: B22D 45/00. Anm.: MAN Truck & Bus SE, München, DE. Verfahren und Vorrichtung zum Zünden von Gießgasen. Pub.: 16.05.2024

**DE 102022130091 A1**, IPC: B22D 11/04. Anm.: SMS group GmbH, Düsseldorf, DE. Einrichtung zur Herstellung eines metallischen Produkts und Verwendung einer Einrichtung. Pub.: 16.05.2024

### Generative Fertigungsverfahren

---

**EP 4359153 A1 (WO 2022/269143)**, IPC: B22F 10/18. Anm.: Safran Reosc, Saint-Pierre-du-Perray, FR. Verfahren zur Herstellung eines Spiegels durch 3D-Druck. Pub.: 01.05.2024

**EP 4359155 A1 (WO 2022/271453)**, IPC: B22F 10/28. Anm.: Wisconsin Alumni Research Foundation, Madison, WI, US. 3D-Hochenergiedrucker mit kontinuierlichem Druckpfad. Pub.: 01.05.2024

**EP 4359194 A1 (WO 2022/269187)**, IPC: B29C 64/112. Anm.: Poietis, Pessac, FR. Zusatzdruckvorrichtung für Laser im mittleren IR-Bereich. Pub.: 01.05.2024

**EP 4359195 A1 (WO 2022/268660)**, IPC: B29C 64/112. Anm.: Indian Institute of Science, Bangalore, Karnataka, IN. System und Verfahren zur Erzeugung von geschmolzenen Metalltröpfchen zur generativen Fertigung. Pub.: 01.05.2024

**EP 4359196 A1 (WO 2022/272011)**, IPC: B29C 64/124. Anm.: 3D Systems, Inc., Rock Hill, SC, US. 3D-Drucken mit Abfallsammelsystem. Pub.: 01.05.2024

**EP 4359197 A1 (WO 2022/272010)**, IPC: B29C 64/124. Anm.: 3D Systems, Inc., Rock Hill, SC, US. 3D-Drucksystem mit Rührvorrichtung. Pub.: 01.05.2024

**EP 4359200 A1 (WO 2022/268245)**, IPC: B22F 7/06. Anm.: Voxeljet AG, Friedberg, DE. Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen von 3D-Formteilen mittels Schichtaufbautechnik mittels Keilklingenbeschichter. Pub.: 01.05.2024

**EP 4359201 A1 (WO 2022/271649)**, IPC: B29C 64/245. Anm.: Formlabs, Inc., Somerville, MA, US. Verfahren zur Freisetzung von Teilen in der generativen Fertigung und zugehörige Systeme und Verfahren. Pub.: 01.05.2024

**EP 4359202 A1 (WO 2022/268680)**, IPC: B29C 64/386. Anm.: KRONES AG, Neutraubling, DE. System und computergestütztes Verfahren zum additiven Fertigen eines Bauteils. Pub.: 01.05.2024

**EP 4360776 A1**, IPC: B22F 1/00. Anm.: JX Metals Corporation, Tokyo, JP. Reines Kupfer- oder Kupferlegierungspulver für Ablagerungsmodellierung. Pub.: 01.05.2024

**EP 4360777 A1**, IPC: B22F 3/11. Anm.: RTX Corporation, Farmington, CT, US. Gasturbinenmotorträgerstruktur mit internem Gitter. Pub.: 01.05.2024

**EP 4360778 A1**, IPC: B22F 3/14. Anm.: Toho Titanium CO., LTD., Chigasaki, Kanagawa, JP. Poröser Titankörper und Herstellungsverfahren für porösen Titankörper. Pub.: 01.05.2024

**EP 4360780 A1**, IPC: B22F 5/04. Anm.: General Electric Technology GmbH, Baden, CH. Erosionsabgeschirmte Turbinenschaufeln und Verfahren zur Herstellung davon. Pub.: 01.05.2024

**EP 4360781 A1**, IPC: B22F 10/68. Anm.: RTX Corporation, Farmington, CT, US. Pulverextraktionswerkzeug. Pub.: 01.05.2024

**EP 4360853 A1**, IPC: B29C 64/135. Anm.: Xolo GmbH, Berlin, DE. Verfahren und Vorrichtung zum Bearbeiten eines optisch reaktiven Materials. Pub.: 01.05.2024

**EP 4363138 A1 (WO 2023/274544)**, IPC: B22F 1/00. Anm.: Sandvik Machining Solutions AB, Sandviken, SE. Pulver zur generativen Fertigung, Verwendung davon und Verfahren zur generativen Fertigung. Pub.: 08.05.2024

**EP 4363140 A1 (WO 2023/275495)**, IPC: B22F 9/08. Anm.: Compagnie Generale des Etablissements Michelin, Clermont-Ferrand, FR. Pulver aus austenitischem Edelstahl und Verfahren zur Herstellung davon. Pub.: 08.05.2024

**EP 4363141 A1 (WO 2023/275461)**, IPC: B22F 10/28. Anm.: Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies alternatives, Paris, FR. Verfahren zur Herstellung eines 6061-Aluminiumlegierungsteils durch generative Fertigung. Pub.: 08.05.2024

**EP 4363198 A1 (WO 2023/278235)**, IPC: B29C 64/00. Anm.: Temptime Corporation, Morris Plains, NJ, US. Aktivierbares Druckmedium. Pub.: 08.05.2024

**EP 4363199 A1 (WO 2023/275877)**, IPC: B29C 64/112. Anm.: Stratasys Ltd., Rehovot, IL. Wasserlösliche Trägermaterialformulierung zur Verwendung in der generativen Fertigung. Pub.: 08.05.2024

**EP 4363201 A1 (WO 2023/275302)**, IPC: B29C 64/153. Anm.: Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen, Aachen, DE. Verfahren zur additiven Fertigung poröser gasdurchlässiger Formkörper mit steuerbarer Porosität. Pub.: 08.05.2024

**EP 4363202 A1 (WO 2023/274889)**, IPC: B29C 64/295. Anm.: DyeMansion GmbH, Planegg, DE. Heizen beim Entpacken oder Entpulvern von Bauteilen eines additiven Fertigungsprozesses. Pub.: 08.05.2024

**EP 4363203 A2 (WO 2023/278880)**, IPC: B29C 64/386. Anm.: Stratasys, Inc., Eden Prairie, MN, US. Verfahren zur Steuerung von Maßtoleranzen, Oberflächenqualität und Druckzeit in 3D-Druckteilen. Pub.: 08.05.2024

**EP 4364870 A1**, IPC: B22F 5/00. Anm.: Bloom Energy Corporation, San Jose, CA, US. Bindemittelstrahl Druck einer metallischen Verbindung für elektrochemischen Festoxidzellenstapel. Pub.: 08.05.2024

**EP 4364871 A1**, IPC: B22F 9/02. Anm.: Ningxia Orient Tantalum Industry Co. Ltd., Shizuishan, Ningxia, CN. Tantal-Wolfram-Legierungspulver und Herstellungsverfahren dafür. Pub.: 08.05.2024

**EP 4364872 A1**, IPC: B22F 10/28. Anm.: RTX Corporation, Farmington, CT, US. Generativ gefertigte Komponente mit strukturierten Zeugenlinien. Pub.: 08.05.2024

**EP 4364873 A1**, IPC: B22F 10/38. Anm.: Mitsubishi Heavy Industries Ltd., Tokyo, JP. Verfahren zur Herstellung eines generativ gefertigten Objekts und System zur generativen Fertigung. Pub.: 08.05.2024

**EP 4366897 A1 (WO 2023/281176)**, IPC: B22F 5/00. Anm.: SAFRAN AIR-CRAFT ENGINES, Paris, FR. Verfahren zur generativen Fertigung von Turbomaschinenteile. Pub.: 15.05.2024

**EP 4366933 A1 (WO 2023/283204)**, IPC: B29C 64/286. Anm.: Divergent Technologies, Inc., Los Angeles, CA, US. Austauschbares Strahleintrittsfenster für AM-System. Pub.: 15.05.2024

**EP 4368313 A1**, IPC: B22F 1/05. Anm.: Heraeus Precious Metals GmbH & Co. KG, Hanau, DE. Ungetragertes bimetallisches partikelförmiges Material. Pub.: 15.05.2024

**EP 4368314 A1**, IPC: B22F 3/00. Anm.: batene GmbH, Wendlingen am Neckar, DE. Dreidimensionales Netzwerk aus Metallfasern und Herstellungsverfahren. Pub.: 15.05.2024

**EP 4368315 A1**, IPC: B22F 3/00. Anm.: Mitsubishi Gas Chemical Company Inc., Tokyo, JP. Polyacetalharzzusammensetzung. Pub.: 15.05.2024

**EP 4368316 A1**, IPC: B22F 9/00. Anm.: Resonac Corporation, Tokyo, JP. Metallpaste zum Verbinden und verbundener Körper und Verfahren zur Herstellung davon. Pub.: 15.05.2024

**EP 4368317 A1**, IPC: B22F 9/00. Anm.: Resonac Corporation, Tokyo, JP. Metallpaste zum Verbinden, Verbindung und Herstellungsverfahren dafür. Pub.: 15.05.2024

**EP 4368318 A1**, IPC: B22F 9/08. Anm.: GfE Metalle und Materialien GmbH, Nürnberg, DE. Vorrichtung und Verfahren zur Verdüsung eines Schmelzstromes mittels eines Verdüsungsgases. Pub.: 15.05.2024

**EP 4368319 A1**, IPC: B22F 10/14. Anm.: General Electric Company, Schenectady, NY, US. Systeme zur Handhabung von Flüssig- und Pulvermaterial in der generativen Fertigung und Verfahren zu deren Verwendung. Pub.: 15.05.2024

**EP 4368320 A2**, IPC: B22F 10/22. Anm.: Xerox Corporation, Webster, NY, US. Echtzeit-Analysegerät für geschmolzene Tröpfchen mit räumlicher Modulation bei der generativen Fertigung. Pub.: 15.05.2024

**EP 4368321 A1**, IPC: B22F 12/63. Anm.: General Electric Company, Schenectady, NY, US. Neubeschichtungsanordnungen mit Pulverrückhalte-mechanismen und Systeme zur generativen Fertigung damit. Pub.: 15.05.2024

**EP 4368370 A1**, IPC: B29C 64/00. Anm.: Shanghai Aurefluidics Technology Co. Ltd., Shanghai, CN. Druckkopf mit internem mikrofluidischem Kanal. Pub.: 15.05.2024

**EP 4368373 A1**, IPC: B29C 64/165. Anm.: General Electric Company, Schenectady, NY, US. Systeme zur Fluidzufuhrbegrenzung in Vorrichtungen zur generativen Fertigung. Pub.: 15.05.2024

**EP 4 370 265 A1 (WO 2023/285657)**, IPC: B22F 3/10. Anm.: GKN Powder Metallurgy Engineering GmbH, Bonn, DE. Verfahren zum Sintern einer Baugruppe und eine Baugruppe. Pub.: 22.05.2024

**EP 4370266 A1 (WO 2023/285316)**, IPC: B22F 7/00. Anm.: Sandvik Mining and Construction Tools AB, Sandviken, SE. Hartmetalleinsatz für Bergbau- oder Schneidanwendungen mit Gamma-Phasenkarbid. Pub.: 22.05.2024

**EP 4370267 A1 (WO 2023/286061)**, IPC: B22F 9/18. Anm.: Helios Project Ltd., Petah Tikva, IL. Verfahren zur Reduktion von Übergangsmetalloxid. Pub.: 22.05.2024

**EP 4370268 A1 (WO 2023/285752)**, IPC: B22F 10/28. Anm.: AddUp, Cézabazat, FR. Verfahren zur Kalibrierung eines Sensors zur Überwachung eines Schmelzbad in einer Maschine zur generativen Fertigung. Pub.: 22.05.2024

**EP 4370269 A1 (WO 2023/288052)**, IPC: B22F 10/2. Anm.: General Electric Technology GmbH, Baden, CH. System zur generativen Fertigung mit teilweise flexibler Bauplattform. Pub.: 22.05.2024

**EP 4 370 270 A1 (WO 2024/012852)**, IPC: B22F 10/28. Anm.: Nikon SLM Solutions AG, Lübeck, DE. Pulverbehälter für ein Verfahren zur generativen Fertigung. Pub.: 22.05.2024

**EP 4370271 A2 (WO 2023/287734)**, IPC: B22F 10/73. Anm.: Divergent Technologies, Inc., Los Angeles, CA, US. Wiederherstellung von Abfallaluminiumpulver durch Endformsintern. Pub.: 22.05.2024

**EP 4370304 A1 (WO 2023/285249)**, IPC: B29C 64/118. Anm.: Signify Holding B.V., Eindhoven, NL. Verbessertes Verfahren zum 3D-Drucken. Pub.: 22.05.2024

**EP 4370305 A1 (WO 2023/285404)**, IPC: B29C 64/124. Anm.: Sintratec AG, Brugg, CH. Rohmaterialpositionierungseinheit für eine Vorrichtung zur generativen Fertigung und Verfahren zur Rohmaterialzufuhr. Pub.: 22.05.2024

**EP 4370306 A1 (WO 2023/285421)**, IPC: B29C 64/124. Anm.: DENTSPLY SIRONA Inc., York, PA, US; Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, DE. Steuerung der Entnahmebewegung beim 3D-Drucken unter Verwendung eines neuronalen Netzwerks. Pub.: 22.05.2024

**EP 4370307 A1 (WO 2023/285417)**, IPC: B29C 64/129. Anm.: DENTSPLY SIRONA Inc., York, PA, US; Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, DE. Schwenkbare Bauplattform zur Erzeugung einer parallelen Bauebene. Pub.: 22.05.2024

**EP 4370309 A1 (WO 2023/287706)**, IPC: B29C 64/268. Anm.: Seurat Technologies, Inc., Wilmington, MA, US. Pulverherstellung und -Recycling. Pub.: 22.05.2024

**EP 4371735 A2**, IPC: B29C 64/118. Anm.: Autodesk, Inc., San Francisco, CA, US. Prozessbewusste rechnergestützte generative Fertigung. Pub.: 22.05.2024

**EP 4371736 A1**, IPC: B29C 64/205. Anm.: 3d Controls Co. Ltd., Busan, KR. 3D-Druckerwanne zur Handhabung von hochviskosem Harz. Pub.: 22.05.2024

**EP 4371737 A1**, IPC: B29C 64/30. Anm.: Bmf Nano Material Technology Co. Ltd., Shenzhen, Guangdong, CN. Vorrichtung zur Aufrechterhaltung einer konstanten 3D-Druckflüssigkeitshöhe und Verfahren. Pub.: 22.05.2024

**EP 4372222 A2**, IPC: F02F 3/16. Anm.: Cummins, Inc., Columbus, Indiana, US. Kolben mit durch generative Fertigung geformtem Isolierluftspalt. Pub.: 22.05.2024

**DE 102022128599 A1**, IPC: B22F 12/57. Anm.: TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH, Ditzingen, DE. Dosierungsvorrichtung, additive Fertigungsvorrichtung sowie Dosierverfahren. Pub.: 08.05.2024

**DE 102022129035 A1**, IPC: B22F 12/30. Anm.: additiveStream4D GmbH, Berlin, DE. Bauplattformssystem für die additive Fertigung. Pub.: 08.05.2024

**DE 102022128598 A1**, IPC: B22F 12/70. Anm.: TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH, Ditzingen, DE. Vorrichtung und Verfahren zur Inertisierung einer Prozesskammer für die additive Fertigung eines Werkstücks. Pub.: 08.05.2024

**DE 102022004176 A1**, IPC: B29C 64/35. Anm.: Solukon Ingenieure GbR, Augsburg, DE. Verfahren und Reinigungsvorrichtung zur Reinigung von dreidimensionalen Objekten. Pub.: 16.05.2024

**DE 102022129679 A1**, IPC: B29C 64/245. Anm.: TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH, Ditzingen, DE. Klemmvorrichtung, Fertigungsanordnung sowie Fertigungsverfahren. Pub.: 16.05.2024

**DE 102022130304 A1**, IPC: B29C 64/209. Anm.: Gühring KG, Albstadt, DE. Druckerdüse zur Verarbeitung von 3D-Druckmaterial. Pub.: 16.05.2024

**DE 10202212072 A1**, IPC: B22F 1/12. Anm.: Siemens Energy Global GmbH & Co. KG, München, DE. Mischung aus keramischem Pulver und zwei metallischen Pulvern und Verfahren. Pub.: 16.05.2024

**DE 10202212129 A1**, IPC: B22F 3/00. Anm.: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., München, DE. Verfahren zur Herstellung eines Hartmetalls, Hartmetall und Verwendungen hiervon. Pub.: 16.05.2024

**DE 102023125057 A1**, IPC: B29C 64/386. Anm.: Epoch Company LTD., Tokyo, JP. Verfahren zur Herstellung eines plattenförmigen dreidimensionalen Objekts. Pub.: 16.05.2024

**DE 102022129977 A1**, IPC: B29C 64/255. Anm.: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Bonn, DE. Vorrichtung zur partikelbasierten Additiven Fertigung von Bauteilen sowie Verfahren zur Additiven Fertigung von Bauteilen mittels Partikelbett. Pub.: 16.05.2024

**DE 102022130223 A1**, IPC: B22F 10/38. Anm.: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, DE; u.A.. Prüfsystem und Verfahren zur in-situ Erkennung von Eigenschaften innerhalb eines verfestigten Pulvermaterials. Pub.: 16.05.2024

**DE 10202211865 A1**, IPC: B22F 9/08. Anm.: GFE Metalle und Materialien GmbH, Nürnberg, DE. Vorrichtung zur Verdüsung eines Schmelzstromes mittels eines Verdüsungsgases. Pub.: 16.05.2024

**DE 102022130389 A1**, IPC: B29C 64/209. Anm.: Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft, München, DE. Düse zur additiven Fertigung eines Formteils aus einer Formmasse, Vorrichtung zur additiven Fertigung sowie Fahrzeug. Pub.: 23.05.2024

**DE 102022130866 A1**, IPC: B29C 64/209. Anm.: Ludwig, Hans-Peter, 76437 Rastatt, DE. Mehrfach-Düsen-Vorrichtung für eine additive Produktfertigung. Pub.: 23.05.2024

## Druck- und Spritzgießtechnik: Maschinen, Werkzeuge, Peripheriegeräte

**EP 4363136 A1 (WO 2023/272331)**, IPC: B22D 17/08.

Anm.: Fill GmbH, Gurten, AT. Gießanlage sowie Verfahren zum Herstellen eines Gusswerkstückes. Pub.: 08.05.2024

**DE 102022130760 A1**, IPC: B29C 45/14. Anm.: Schock GmbH, Regen, DE. Gießform zur Herstellung eines eine Vorder- und eine Rückseite aufweisenden Gießkörpers aus einer aushärtbaren Gießmasse. Pub.: 23.05.2024

## Spezielle Gussprodukte

**EP 4365408 A1**, IPC: F01D 5/14. Anm.: Rolls-Royce Plc, London, GB. Verfahren zur Herstellung einer Turbomaschinenkomponente. Pub.: 08.05.2024

Der vollständige Patentservice wird an alle Firmenmitglieder im BDG verschickt. **Einzelanforderungen unter: [berit.franz@bdguss.de](mailto:berit.franz@bdguss.de)**

## Visioneering

### Wie visionäre Unternehmen die Welt gestalten können

Jan Wokittel, Wiley-VCH GmbH, Weinheim, 1. Auflage März 2024, 288 Seiten, Print ISBN 978-3-527-51188-4: 24,99 EUR, E-PUB ISBN 978-3-527-84750-1: 21,99 EUR

Viel wird über den digitalen Wandel und die Notwendigkeit gesprochen, dass sich Unternehmen anpassen müssen, wenn sie auch in Zukunft erfolgreich sein möchten. Ausgelöst durch neue technologische Möglichkeiten, stehen nicht nur Unternehmen, sondern jeder Einzelne von uns vor der Herausforderung, sich immer wieder neu erfinden zu müssen. Veränderungen passieren nicht mehr linear, sondern sie kommen exponentiell auf uns zu! Doch wie kann man darauf reagieren?

Die Zukunft ist immer weniger plan- und vorhersagbar. Unternehmensinhaber und Führungspersonen fragen sich, wie sie sich und ihr Unternehmen darauf vorbereiten können:

- > Welche Elemente sind für ein innovatives Unternehmen wichtig, das die Zukunft gestalten möchte?
- > Was können Unternehmen ganz konkret tun, um sich auf diesen kontinuierlichen Wandel vorzubereiten?

Bisherige Veröffentlichungen über den digitalen Wandel zeigen die Bedeutung für Unternehmen auf. Sie erklären aber oft zu wenig, in welchem Gesamtkontext Maßnahmen in Unternehmen



**Bezugshinweis:**

[www.wiley-vch.de](http://www.wiley-vch.de) sowie im Buchhandel

ergriffen werden sollten; sie bieten noch zu wenig praxisnahe Handlungs- und Umsetzungstipps an. Visioneering (Vision + Engineering) versucht, alle wichtigen Fragen anhand von fünf essenziellen Puzzleteilen zu beantworten. Die Leser erfahren, mit welchen Tools und Methoden jeder Einzelne von uns den Wandel gestalten kann. Als Toolbox enthält Visioneering eine umfangreiche Sammlung an Tipps und Methoden zum sofortigen Anwenden und Ausprobieren im eigenen Unternehmen.

## Robuste Lieferketten in unsicheren Zeiten

### Fünf Führungsprinzipien für profitables Wachstum

Michael F. Strohmer, Marc Lakner, Suketu Gandhi, Tiffany Hickerson, Sherri He, Übersetzung Ursula Bischoff, Wiley-VCH GmbH, Weinheim, 1. Auflage Juni 2024, 224 Seiten, Print ISBN 978-3-527-51178-5: 34,99 EUR, E-PUB ISBN 978-3-527-84652-8: 30,99 EUR

Ein Team engagierter, erfahrener Betriebsstrategen zeigt praxisnah auf, wie sich Lieferketten von Unternehmen durch einen unerbittlichen Fokus auf Resilienz zukunftssicher machen lassen. Es erklärt anhand von 5 Geschäftsprinzipien, wie sich der Schwerpunkt von „niedrigen Kosten“ auf „geringe Volatilität“ verlagern lässt, um ein Unternehmen vor Angebots- und Nachfrageschocks zu schützen, die mit Pandemien, Kriegen, Arbeitskämpfen und Handelskonflikten einhergehen. Außerdem:

- > Beispiele aus der Praxis von Unternehmen, die durch die Umsetzung der von den Autoren empfohlenen Veränderungen langfristige Wettbewerbsvorteile erzielen,
- > Warum es besser ist, langfristige, für beide Seiten vorteilhafte Beziehungen zu zuverlässigen Lieferanten aufzubauen, als immer die billigste Option zu wählen.
- > Wie ein erneuter Fokus auf Vielfalt und neue Arbeitsweisen belastbare Betriebsteams schaffen kann, die Ihren Kunden einen Mehrwert bieten.



**Bezugshinweis:**

[www.esv.info](http://www.esv.info) sowie im Buchhandel

„Robuste Lieferketten in unsicheren Zeiten“ versteht sich als Buch, das Manager, Führungskräfte, Geschäftsführer, Unternehmer, Fachleute aus den Bereichen Operations und Lieferketten und alle anderen, die an einem reibungslosen Betrieb ihres Unternehmens interessiert sind, unbedingt lesen sollten, da dies eine der größten Herausforderungen darstellt, mit denen sich moderne Unternehmen weltweit auseinandersetzen müssen.

# Geburtstage im September 2024



Verein Deutscher Giessereifachleute



## 01. September

**Marko Poßberg**, Dipl.-Ing.  
Kirchstraße 120  
73779 Deizisau  
60 Jahre

## 03. September

**Helmar Bauch**,  
Dipl.-Ing.  
Puschkinstraße 7  
09112 Chemnitz  
75 Jahre

## 06. September

**Thomas Schäfer**,  
Dipl.-Ing.  
Elchweg 14  
50226 Frechen  
50 Jahre

**Peter M. Raschke**,  
Dipl.-Ing.  
Königsberger Straße 24  
56235 Ransbach-  
Baumbach  
80 Jahre

## 12. September

**Rainer Hardt**,  
Dipl.-Ing.  
Zur Schlottareuth 41  
90427 Nürnberg  
70 Jahre

## 13. September

**Frank Enke**,  
Dipl.-Ing. Ökon.  
Tannenweg 14  
59581 Warstein  
65 Jahre

## 16. September

**Stephan Schuba**,  
Dipl.-Ing.  
Thekhaus 7  
40699 Erkrath  
60 Jahre

## 17. September

**Uwe Bestehorn**,  
Dipl.-Ing. (FH)  
Wolliner Straße 1c  
24589 Nortorf  
80 Jahre

## 19. September

**Thomas Zimmer**  
Lotharstraße 31  
29320 Hermannsburg  
60 Jahre

## 22. September

**Ralf Klos**, Dipl.-Ing.  
Tränkestraße 12  
79114 Freiburg i. Br.  
65 Jahre

## 24. September

**August Schubert**,  
Dipl.-Ing.  
Lönsstraße 8  
97469 Gochsheim  
90 Jahre

## 25. September

**Horst Wolff**,  
Dr.-Ing.  
Rheindorfer Straße  
180 A  
40764 Langenfeld  
70 Jahre

## 26. September

**Werner Hofmann**  
Meisenweg 6  
67317 Altleiningen  
60 Jahre

## 27. September

**Thomas Thranow**,  
Dipl.-Ing.  
Senfweg 4  
49413 Dinklage  
60 Jahre

**Christian F.J. Schwarzer**,  
Dipl.-Ing.  
Kegelswies 6 A  
53773 Hennef  
85 Jahre

## 28. September

**Eckhard Mekus**,  
Dipl.-Ing.  
Kamerun 11  
31515 Wunstorf  
85 Jahre

Den Mitgliedern auch  
an dieser Stelle ein  
herzliches Glückauf!

► Die Informationen auf dieser Seite werden uns vom Verein Deutscher Giessereifachleute (VDG) zur Verfügung gestellt. Aufgrund von unvermeidbaren Verzögerungen in der Informationsübermittlung sowie zwischen Redaktionsschluss und Gültigkeit jeder Ausgabe können wir trotz sorgfältiger Arbeitsweise Fehler nicht ausschließen. Wir wissen jedoch um die große emotionale Bedeutung der Geburtstage für die VDG-Community und haben uns deswegen entschlossen, die Geburtstagsseite an dieser Stelle auch weiterhin exklusiv zu veröffentlichen.

## Veranstaltungen im Jahr 2024/2025

**10.-14.09.2024: AMB – Internationale Ausstellung für Metallbearbeitung**, Stuttgart, Info: [www.messe-stuttgart.de/amb](http://www.messe-stuttgart.de/amb)

**11.-12.09.2024: 32. Fachtagung Industrielle Bauteilreinigung**, Dresden, Info: [www.industrielle-reinigung.de](http://www.industrielle-reinigung.de)

**18.-20.09.2024: 64. IFC Portoroz**  
Portoroz, Info: [www.drustvo-livarjev.si/home](http://www.drustvo-livarjev.si/home)

**19.-21.09.2024: ANKIROS/TURKCAST**  
Istanbul, Info: [www.ankiros.com](http://www.ankiros.com)

**24.-25.09.2024: METAL EXPO 2024**  
Kielce, Polen, Info: [www.targikielce.pl/en/metal](http://www.targikielce.pl/en/metal)

**26.-27.09.2024: 13. Ranshofener Leichtmetalltage 2024**  
Saalfelden, Österreich, Info: [www.lmt.ait.ac.at](http://www.lmt.ait.ac.at)

**01.-02.10.2024: al about automation**  
Düsseldorf, Info: [www.allaboutautomation.de/de/duesseldorf](http://www.allaboutautomation.de/de/duesseldorf)

**08.-10.10.2024: Aluminium**  
Düsseldorf, Info: [www.aluminium-exhibition.com/de-de.html](http://www.aluminium-exhibition.com/de-de.html)

**05.-07.11.2024: FMB – Fachmesse für Maschinenbau**  
Bad Salzflotten, Info: [www.fmb-messe.de/de](http://www.fmb-messe.de/de)

**19.-22.11.2024: Formnext**  
Frankfurt/Main, Info: <https://formnext.mesago.com/frankfurt/de.html>

**19.-20.02.2025: 15. WerkstoffPlus Auto**  
Stuttgart, Info: [www.werkstoffplusauto.de](http://www.werkstoffplusauto.de)

**05.-07.03.2025: InCeight Casting C<sup>9</sup>**  
Stockstadt, Info: [www.inceight-casting.com/de.html](http://www.inceight-casting.com/de.html)

**26.-27.03.2025: 5. Formstoff-Forum**  
Freiberg, Info: [www.vdg-akademie.de](http://www.vdg-akademie.de)

**07.-09.10.2025: parts2clean**  
Stuttgart, Info: [www.parts2clean.de](http://www.parts2clean.de)

**12.-13.11.2025: Parts Finishing**  
Karlsruhe, Info: [www.parts-finishing.de](http://www.parts-finishing.de)

Änderungen von Inhalten, Terminen und Durchführungsorten vorbehalten!

## Veranstaltungsprogramm der VDG-Akademie

**11.09.-12.09.2024** „8. Meister-Forum Gießerei 2024“, Marburg

**18.09.2024** Webinar „Grundlagen des Online-Marketings“

**18.09.-20.09.2024** Qualifizierungslehrgang „Grundlagen der Gießereitechnik“, Düsseldorf

**23.09.-24.09.2024** Workshop „Azubi-Recruiting im digitalen Wandel: Von den Grundlagen bis zur Contentproduktion“, Düsseldorf

**24.09.-25.09.2024** Seminar „Leichtmetall-Druckguss – Expertenwissen in der Praxis“, Dautphetal

**07.10.-08.10.2024** Folge-Veranstaltung „Erfolgreich verhandeln – Teil 2: Schwierige Verhandlungen erfolgreich führen“, Bad Dürkheim

**05.11.-06.11.2024** Seminar „Fortbildungslehrgang für Immissionschutzbeauftragte in Gießereien“, Bad Dürkheim

**05.11.-07.11.2024** Seminar „Leichtmetall-Druckguss – Basiswissen für Gießereimitarbeiter“, Nußloch

**12.11.-27.11.2024** Seminar „Leichtmetall-Druckguss – Grundlagen“, Wiesloch

**13.11.-14.11.2024** Seminar „Grundlagen der Betriebsfestigkeit für zuverlässige und leichte Gussbauteile“, Bad Dürkheim

**14.11.2024** Seminar „Leichtmetall-Guss Spezialwissen - Gussfehler analysieren und richtig bewerten“, Nußloch

**26.11.-27.11.2024** Seminar „Metallurgisch bedingte Gussfehler in Eisen-Gusswerkstoffen“, Düsseldorf

Änderungen von Inhalten, Terminen und Durchführungsorten vorbehalten!  
Weitere Termine unter [www.vdg-akademie.de](http://www.vdg-akademie.de)

## 22. VDG-ZUSATZSTUDIUM GIESSEREITECHNIK 2024/2025

Das VDG-Zusatzstudium wendet sich mit einem modular aufgebauten Studienangebot an Interessenten, die in der Gießerei-Industrie tätig sind oder sein wollen und vertieftes Wissen über die gießereitechnischen Prozesse erwerben möchten. So erhalten Führungskräfte eine höhere berufliche Kompetenz und Seiteneinsteiger solide Kenntnisse über gießereitechnische Problemstellungen. Es wird mit einer schriftlichen Prüfung, einer schriftlichen Ausarbeitung und einem Kolloquium abgeschlossen.

Das VDG-Zusatzstudium Gießereitechnik hat einen Umfang von 6 Wochen, die sich über mehr als 1 Jahr auf ein Grundmodul und 5 Module verteilen. Zum Abschluss des Grundmoduls muss eine schriftliche Prüfung abgelegt werden. Nur eine bestandene Prüfung berechtigt zur Teilnahme an den Modulen 1 – 5. Die Termine sind:

Grundmodul: 22.–26.07.2024, RWTH Aachen

Modul 1: 09.–13.09.2024, RWTH Aachen

Modul 2: 27.–31.01.2025, Hochschule Aalen

Modul 3: 17.–21.03.2025, Bergakademie Freiberg

Modul 4: 22.–26.09.2025, TU Clausthal-Zellerfeld

Modul 5: 17.–21.11.2025, VDG-Akademie Düsseldorf

Anmeldeschluss: 17.06.2024

### Weitere Informationen

[www.vdg-akademie.de/vdg-zusatzstudium](http://www.vdg-akademie.de/vdg-zusatzstudium)

Änderungen von Inhalten, Terminen und Durchführungsorten vorbehalten!

# 13. Ranshofener Leichtmetalltage

Saalfelden, 26. - 27. September 2024, Programm

## DONNERSTAG, 26. SEPTEMBER 2024

### 09.00 Begrüßung

Dr. Christian Chimani, Head of AIT Center for Low-Emission Transport & Managing Director LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH

### 09.30 Keynote: Alles KI oder was?

Dr. Werner Fragner AMAG Austria Metall AG

## Session 1 – Digitalisierung im Kontext der Zirkularität

Chair: Univ.-Prof. Dr. Norbert Enzinger, TU Graz

### 10.00 Vortrag: Circular Economy: Best practices from the aluminum industry

Marlene Johler, MSc, Hammerer Aluminium Industries

### 10.25 Pause

### 11.00 Vortrag: Insights on Weld Quality using AI: Anomaly detection in MIG/MAG Process Signals

Dr. Roxana Holom, MSc, RISC Software GmbH

### 11.20 Vortrag: Vom CAD-Modell zum WAM-Bauteil: Umsetzung komplexer Geometrien am Beispiel eines Wasserstofftanks

Florian Mayrhofer, Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen

### 11.40 Vortrag: Zero Defect Manufacturing durch in-situ Leitfähigkeitsmessung und Machine Learning

DI Daniela Kirchberger, Dr. Johannes Österreicher. PRO-FACTOR/LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen

### 12.00 Vortrag: Sustainability & circularity challenged by performance - It´s time to rethink metal A/C design & manufacturing

DI Frank Palm, Airbus Central Research & Technology

### 12.20 Vortrag: Power Electronics for efficient „Green Steel“

DI Herbert Pairitsch, Infineon Technologies Austria AG

### 12.45 Mittagspause

### 14.00 3 x 3 Pitch

Kurzpräsentationen der Aussteller

### 14.15 Poster-Präsentation

### 14.35 Keynote: Die Evolution der Mobilität: Eine Analyse der treibenden Megatrends

DI Christian Vogl, MAGNA International Europe GmbH

## Session 2 – Nachhaltige Prozessentwicklung

Chair: DI Annika Hämmerle, Neuman Aluminium Industries

### 15.05 Vortrag: Entwicklung eines Warmarbeitsstahls für die additive Fertigung von Werkzeugeinsätzen für das GigaCasting

Dr.-Ing. Florian Hengsbach, Universität Paderborn

### 15.25 Vortrag: Recycling mit dem KryoReIF Konzept (7075 & LKR Leg.)

DI Rudolf Gradinger, LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen

### 15.50 Pause

### 16.25 Vortrag: Magnesium-Nanokompositdraht für die additive Fertigung mit dem WA-DED Prozess

Univ.-Prof. Dr. Hajo Dieringa, Helmholtz-Zentrum Hereon

### 16.45 Vortrag: Aluminiumschäume – was gibt es Neues?

Dr. Thomas Hipke, Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

### 17.05 Vortrag: Einfluss von Gleichstrompulsen auf Duktilität und Portevin-Le-Chatelier-Effekt in 5083-H111

DI Angelika Cerny, LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen

### 17.25 Vortrag: Herstellung und Zertifizierung einer Rohrverzweigung mittels Arc-DED-Verfahren

DI Daniel Angermayr, Fronius International GmbH

## Social Evening

## FREITAG, 27. SEPTEMBER 2024

### 09.00 Podiumsdiskussion

### 09.50 Keynote: Advanced TEM studies of precipitation in aluminium alloys

Prof. Randi Holmestad, NTNU

## Session 3 – Innovative Leichtmetalle und deren Charakterisierung

Chair: Univ.-Prof. Dr. Peter Uggowitzer, ETH Zürich

### 10.20 Vortrag: Extending EBSD analysis capabilities on light metals with spherical indexing

Dr. René de Kloe, AMETEK

### 10.40 Vortrag: Automated parameter identification of material models including damage and failure with LINOVIS and VALIMAT

Dr. Martin Schwab, 4a engineering

**11.05** Pause

**11.30 Vortrag: A global decarbonisation strategic road-map for the magnesium industry**

Dr. Martin Tauber, Critical Raw Material Alliance (CRM-A)

**11.50 Vortrag: Development of Aluminium alloys tailored to the L-PBF additive manufacturing process**

Univ.-Prof. Dr. Eric Jägler, Universität der Bundeswehr München

**12.10 Vortrag: Exploring Cerium for Aluminum alloying**

Dr. Frank Czerwinski, CanmetMATERIALS

**12.30 Vortrag: Neue Aluminiumlegierungen als Senken für Altautoschrott**

Univ.-Prof. Dr. Stefan Pogatscher, Montanuniversität Leoben

**12.50 Vortrag: The 3D-Rollforming-Frame: a high rate component for aerospace**

DI Werner Suppan, Martin Hanisch M. Eng., Dr. Carina Schlögl, voestalpine, Airbus, LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen

**13.10 Schlussworte**

Dr. Christian Chimani

Weitere Informationen: [www.lmt.ait.ac.at/programm](http://www.lmt.ait.ac.at/programm)

**INSERENTENVERZEICHNIS**

**A-C**

AAGM Aalener Gießereimaschinen GmbH, Bopfingen	47, U3
Abydos s.r.o., Hazlov/Tschechien	87
BOBE Industrie-Elektronik, Lage	19
CHT Germany GmbH, Tübingen	17

**D-G**

DRUSTVO LIVARJEV SLOVENIJE Slovenian Foundrymen Society, Ljubljana/Slowenien	57
James Durrans GmbH, Willich	107
A. Fengler Hermann Uhlmann, Wernigerode	41
GEMCO Engineers B.V., EB Son/Niederlande	128

**H-K**

haspa GmbH, Ittlingen	85
Hohnen & Co. KG, Bielefeld	63
Krapohl-Wirth Foundry Consulting GmbH, Adelsried/Augsburg	123

**M-R**

Mediapoint & Exhibitions srl, Genua/Italien	U4
--	----

Reichmann & Sohn GmbH, Weißenhorn	Titel
Rösler Oberflächentechnik GmbH, Bad Staffelstein	83
Ruf Maschinenbau GmbH & Co. KG, Tussenhausen	21
Rump Strahlanlagen GmbH & Co. KG, Salzkotten	U2
RX Deutschland GmbH, Düsseldorf	33

**V-Z**

Foseco, Vesuvius GmbH, Borken	5, 116, 127
VHV Anlagenbau GmbH, Hörstel	111
WESTA Fördertechnik Maschinen- und Gerätebau GmbH, Göllheim	69
Zalewa Tec GbR, Großschirma	59



**Kontakt:**

Tel.: +49 (0) 211/1591-142,

**E-Mail:**

markus.winterhalter@dvs-media.info



**Nachhaltigkeit ist die  
Zukunft der Industrie.**

Mit weniger mehr erreichen:  
Ertrag und Qualität steigern,  
Energie- und Materialverbrauch  
senken, Emissionen reduzieren.

**Think beyond.  
Shape the future.**

**Kostenloses E-Book**

**Energieeffizienter Gießen**  
Unsere Lösungen für Ihre Gießerei

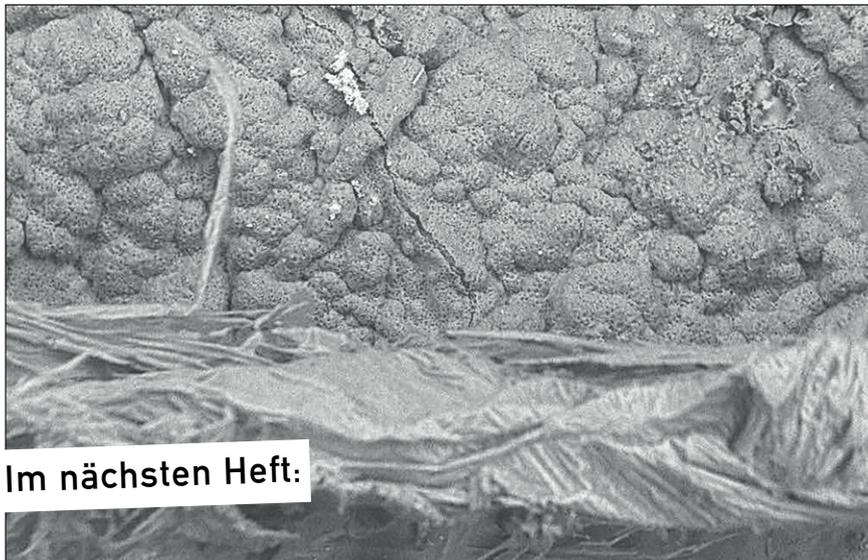


**VESUVIUS**



[linkedin.com/company/foseco](https://www.linkedin.com/company/foseco)

Und diese Themen gibt es in der **GIesserei** im **September**



Im nächsten Heft:

FOTO: ÖGI

## Magnesium-Schmelzbetrieb Sichere Schutzgasgemische

Flüssiges Magnesium reagiert leicht mit dem Sauerstoff aus der Luft und muss beim Schmelzen mit Schutzgas beaufschlagt werden. Die Firma RAUCH Furnace Technology und das Österreichische Gießerei-Institut (ÖGI) haben eine Regelkreis-Analytik für SO<sub>2</sub>-basierende Schutzgasgemische entwickelt sowie deren Passivierungswirkung untersucht. Ein digitales Modell wurde erarbeitet und experimentell überprüft sowie eine in Echtzeit geregelte Mess- und Steuerungstechnik implementiert. *Von Florian Sipek, Peter Rauch, Peter Liepert, Christa Zengerer, Peter Hofer-Hauser*

**Digitalisierung von Bestandsanlagen:** Für viele Firmen stellt die Digitalisierung eine erhebliche technische und finanzielle Herausforderung dar, insbesondere wenn der Maschinenpark quasi organisch gewachsen ist. Und wer soll die neue Technik dann beherrschen? Die TU Braunschweig hat untersucht, wie mit Open-Source-Software und einsteigerfreundlicher Hardware der Retrofit für datengetriebene Prozessüberwachung nicht teuer sein muss und auch von vorhandenen Fachkräften oder Quereinsteigern bewältigt werden kann. *Von Slava Pachandrin, Julian Bargfrede, Norbert Hoffmann, Klaus Dilger, Jörg Walter*

**Mehrere MES im Einsatz:** Viele Betriebe verwenden gleichzeitig mehrere Manufacturing Execution Systeme (MES), um ihre Produktion zu überwachen und zu steuern. Warum das so ist, welche Herausforderungen damit verbunden sind und wie sich diese meistern lassen, beschäftigt etwa Digitalisierungsbeauftragte oder Chief Digital Officers (CDO) immer wieder. Eine Integrationsplattform kann dabei helfen, unterschiedliche Systeme zu verbinden und zu organisieren. *Von Markus Diesner*

## GIesserei

Die Zeitschrift für Technik,  
Innovation und Management

### 111. Jahrgang

**Herausgeber:** Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie (BDG)

**Chefredakteur:** Martin Vogt Dipl.-Journalist  
**Redaktion:** Dipl.-Phys. Berit Franz, Dr. Kristina Krüger, Katharina Koch, Dr.-Ing. Monika Wirth

**Grafik/Bildbearbeitung:** Darius Soschinski

**Art Direction:** Dietmar Brandenburg  
dietmar.brandenburg@bdguss.de

### Anschrift der Redaktion:

Hansaallee 203, 40549 Düsseldorf  
Tel.: +49 (0) 211/687 1-0, Fax: -365  
E-Mail: redaktion@bdguss.de

### Verlag: DVS Media GmbH

Aachener Straße 172, 40223 Düsseldorf  
Telefon: +49 (0) 211/1591-0, Fax: -150  
E-Mail: media@dvs-media.info  
Internet: www.dvs-media.eu  
Geschäftsführung: Dirk Sieben

**Anzeigen:** Markus Winterhalter (verantwortlich)  
Tel.: +49 (0) 211/1591-142

E-Mail: markus.winterhalter@dvs-media.info

### Vertrieb: Leser-Service DVS Media GmbH

Tel.: +49 (0) 6123/9238-242, Fax: -244  
E-Mail: dvsmedia@vuservice.de

### Druck: D+L Printpartner GmbH

Schlavenhorst 10  
46395 Bocholt, Printed in Germany

### Erscheinungsweise: monatlich

### Jahresbezugspreis Print inkl. E-Paper

(inkl. Versandkosten):

Inland € 219,- inkl. 7% MwSt., VDG/DFB-Personen-Mitglieder € 139,- inkl. 7% MwSt.,  
Studenten € 50,- inkl. 7% MwSt.

Binnenmarktländer - Empfänger mit Umsatzsteuer-Identifikations-Nr. € 277,-

Drittländer € 296,-, VDG/DFB-Personen-Mitglieder € 200,00

Binnenmarktländer - Empfänger ohne Umsatzsteuer-Identifikations-Nr. € 296,-

Einzelheft € 30,-

Der Abonnementpreis gilt bei einer Mindestbezugszeit von 12 Monaten, Abbestellungskündigungen sind nur möglich zum 31. Dezember und müssen bis zum 15. November beim Verlag eingetroffen sein. Ansonsten verlängert sich das Abonnement um weitere 12 Monate.

**Haftung:** Für Leistungsminderungen durch höhere Gewalt und andere vom Verlag nicht verschuldete Umstände (z. B. Streik) können keine Entschädigungsansprüche von Abonnenten und/oder Inserenten geltend gemacht werden.

**Copyright:** Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der durch das Urheberrechtsgesetz festgelegten Grenzen ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

**Urheberrecht für Autoren:** Mit Annahme des Manuskripts gehen das Recht zur Veröffentlichung sowie die Rechte zur Übersetzung, zur Vergabe von Nachdruckrechten, zur elektronischen Speicherung in Datenbanken, zur Herstellung von Sonderdrucken, Fotokopien und Mikrokopien an den Verlag über. In der unaufgeforderten Zusendung von Beiträgen und Informationen an den Verlag liegt das jederzeit widerrufliche Einverständnis, die zugesandten Beiträge bzw. Informationen in Datenbanken einzustellen, die vom Verlag oder von mit diesem kooperierenden Dritten geführt werden.

**Anzeigenpreise:** Zurzeit gilt die Preisliste Nr. 49, gültig seit 1. Januar 2024.

### ISSN 0016-9765, Erfüllungsort Düsseldorf

© 2024 DVS Media GmbH,  
Düsseldorf, IVW-geprüfte Auflage



WISSEN, WAS ZÄHLT

Geprüfte Auflage  
Klare Basis für den Werbermarkt

Gedruckt auf vollkommen chlorfrei gebleichtem  
Papier (TCP) mit schwermetallfreien Farben.



Zukunft im Griff  
gemco.nl



> Durchlaufwirbelmischer  
für kaltherzgebundene Formsande

> Regenerierungsanlagen  
> Formanlagen

## Durchlaufwirbelmischer 20-60t/h | 3-10t/h Känguru, Doppelgelenk, stationär



### Technische Daten des Durchlaufwirbelmischer

Ausführung:	Känguru, Doppelgelenk, stationär
Geometrie:	Wirbelmischer SiO 3,0m   Cr2O3 2,0m Transportband 4,5m
Leistung:	SiO2 20-60t/h   Cr2O3 3-10t/h
Auslaufhöhe:	1,8m
Medien:	Alphaset (3 Komp.), 3 Sandsorten
Zubehör:	Vollautom. Durchflußregelung Bindemittel, Temperaturabhängige Härterdosierung, Dosierdruck- überwachung Bindemittel, Filteranlage, Funkfernsteuerung, Sandsilo 3 Sandsorten 24to, Sandsilo 1 Sandsorte 110to



# THE BIGGEST ITALIAN EXHIBITION & CONFERENCE FULLY DEDICATED TO THE HYDROGEN SECTOR

**3<sup>rd</sup> Edition**

# Hydrogen Expo

**11-13 September 2024**

**Piacenza, Italy**

[www.hydrogen-expo.it](http://www.hydrogen-expo.it)

Fiera certificata  
An exhibition audited by

## AMONG THE CONFIRMED EXHIBITORS AT HYDROGEN EXPO 2024

VEGA, bürkert, IDROTECNICA, TOYOTA, MACCHI, SAFE, VORTICE, FSE, AR, VALVESERVICE, DANIELI CENTRO COMBUSTION, MATERIAL HANDLING, STULIZ, SCAME, OMEGA AIR, REP COM, Precision FLUID CONTROLS, SITAV, CERTIFICATION CROSSING, Pietro Fiorentini, MASCHERPA, sensitron, ENDRESS+HAUSER, IMI, HANS BRAND, CONCORDIA, AF SYSTEM, POLLUTION ANALYTICAL EQUIPMENT, TIERREGROUP, JENBACHER, TERMOCOMMA, ICM, ITAL CONTROL METERS, ITALTHERM, MARPOSS, TECHNOFLOW, FORNOVOGAS, HYDROALP, RINA, Fike, ensinger, GITIS, INTERFLUID, PRESSURE TECH, BER-PA, PROXESS, PTC, 3p Safety, Tecno, CGI, FOSTEEL, MHA ZENTGRAF, LAUDA, VITO RIMOLDI, CRISTIANI BISCONTI, Soluzioni Piping, FITOK, net, ITC, AGECO, PST, MICHELL, TRANSFER OIL, Sauer Compressori, PLARAD, DIFLON, SIM, TRIMON, trafag, Enapter, Resato, Hydrogen Technology, COI TECH, FAIB, FORKLIFTS ADV BATTERIES, HYDROCELL, EMERSON, GRZ, MAXIMATOR HYDROGEN, Sollevare, NORD-LOCK GROUP, INIGAR, Burckhardt Compression, H2 Energy, SAIPEX, A&T, DE NORA, INOXRIVA, Gerodur, GERVASONI, McPhy, SAIPEX, A&T, DE NORA, INOXRIVA, ecomotive, LCD, GERVASONI, Driving clean energy forward, Garlock, MSR, ataway, ILT Energia, kiwa, MAXIMATOR ITALY

## Among the confirmed Supporting Associations at H2E 2024

H2IT, ASSARMATORI, ASSOFOND, ASSOMARINAS, ASSITERMINAL, FERMECCI, ANNA, ASSOCIAZIONE NAZIONALE NOLEGGI AUTOGRAU, PLE, e Trasporti Eccezionali, GISI, Federacciai, Consiglio Nazionale Costruttori e Costruttori Liberauti, ANIPLA, ANIPLA ASSOCIAZIONE NAZIONALE INALGAS PER LA NAZIONALIZZAZIONE, UNI, CONFINDUSTRIA PIACENZA, ASSOCIAZIONE IMPRESE ITALIANE DI STRUMENTAZIONE, Consiglio Nazionale DEGLI INGEGNERI, ASSOVETRO, ASSOCIAZIONE NAZIONALE DEGLI INDUSTRIALI DEL VETRO, UNRAE, ANITA, ASSOCIAZIONE PER LA PROTEZIONE DALLE CORROSIONI ELETTRICHE, Federbeton, CONFINDUSTRIA, AIEVER, ASSOCIAZIONE NAZIONALE AUTOTRASPORTATORI ITALIANI, UNRAE, CIGI, Comitato Italiano Gas, ANFIA, IIS, FIAP, Federazione Italiana Autotrasportatori Professionisti, Fer Cargo, LEGACOOP, PRODUZIONE E SERVIZI

## Institutional Patronage

MIT, MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI, ENEA, Regione Emilia-Romagna, Comune di Piacenza



For info and stand bookings

Ph. +39 010 5704948 - [info@hydrogen-expo.it](mailto:info@hydrogen-expo.it)

