



Liebe Freundinnen und Freunde der
Gießereitechnik München,

mit großer Freude kann ich Ihnen wie gewohnt noch zu Herbstbeginn unseren aktuellen Newsletter der Gießereitechnik München vorstellen. Wir hoffen Ihnen mit den unterschiedlichen Beiträgen einen spannenden Einblick in laufende Aktivitäten des Lehrstuhls *utg* und des Fraunhofer IGCV geben zu können.

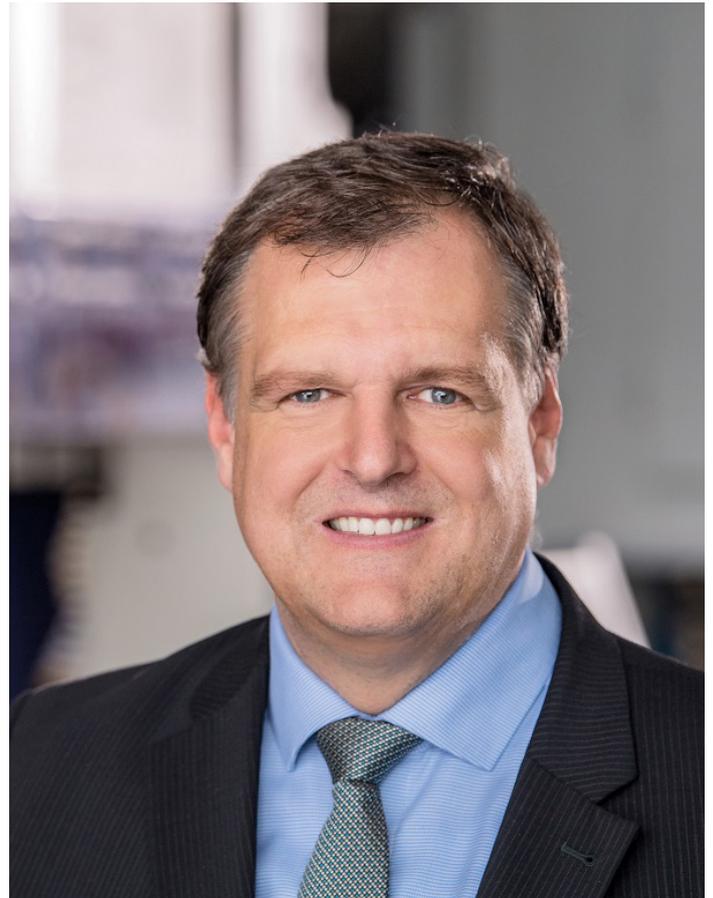
Das universitäre Leben hat mit Start der Vorlesungen für das Wintersemester normale Formen angenommen. Alle Vorlesungen finden wieder in Präsenz ohne Einschränkungen statt. Wir sind auch sehr froh, dass sich bei uns an der TUM im Bachelor Maschinenbau die Erstsemesterzahlen deutlich erholt haben. Es bleibt zu hoffen, dass dies eine echte Trendwende ist.

Leider haben die politischen Verwerfungen auch in unserer Wahrnehmung zu einer sehr starken Verunsicherung in der Industrie geführt, so dass die Projektakquise sicherlich nicht leichter geworden ist. Natürlich versuchen wir im gesamten, hoch motivierten Team der Gießereitechnik München, einen spürbaren Beitrag zur Lösung der unterschiedlichsten Aufgaben zum Wohle der deutschen und europäischen Gießereindustrie zu leisten.

Es wäre uns eine ganz besondere Freude, wenn Sie sich im Rahmen der **Bayerischen Barbara-Tagung** am **30. November** in unserem Fraunhofer IGCV Technikum am Campus Garching selbst ein Bild davon machen würden. Mehr Details und den Link zur Anmeldung finden Sie im aktuellen Newsletter oder natürlich über unsere Homepage, www.giessereitechnik-muenchen.de.

Damit wünsche ich Ihnen allen viel Spaß beim Lesen, und wie immer freuen wir uns über ein Feedback jeglicher Art.

Glück auf!
Ihr



Prof. Dr.-Ing. Wolfram Volk, Foto: A.Heddergott/TUM

Titelbild:

Gedruckte Sandform mit geglätteter Oberfläche (links) und konventionellen Stufen (rechts).

Foto: Fraunhofer IGCV, Iuva

Lesen Sie dazu auch den Forschungsbericht auf Seite 6.

TÜREN AUF MIT DER MAUS

Am **3. Oktober 2023** waren wir mit einem Angebot zum Zingießen am Forschungscampus zur Aktion „Türen auf mit der Maus“ vertreten. Dabei herrschte reger Andrang, denn es gab viel zu sehen, anzufassen und zu lernen.

50 Kinder hatten außerdem die Möglichkeit, selbst aktiv zu werden. Ganz nach dem Tagesmotto „**Wertvolle Schätze**“ konnten sich die Kinder mit Hilfe unseres engagierten Maus-Teams eine eigene Maus- und Elefantenmedaille aus Zinn gießen. Diese durften sie natürlich mit nach Hause nehmen! Das Maus-Team des Fraunhofer IGCV freut sich über diesen gelungenen Tag und ist dankbar, dass es heute in so viele stolze Kindergesichter blicken durfte. Nachwuchsgewinnung setzt eben schon bei den ganz Kleinen an!



Manuel Pintore und Steffen Klan werden beim Gießen tatkräftig von Maus und Elefant unterstützt. Foto: FraunhoferIGCV



Links: Die Maus/Elefantenmedaille aus Zinn gegossen.

Rechts: Besuch von Joseph von Fraunhofer am Stand der Gießereitechnik. Fotos: Fraunhofer IGCV

SOLID FREEFORM FABRICATION SYMPOSIUM

Im August hatten vier Kollegen zum ersten Mal die Gelegenheit ihre Forschungsergebnisse auf dem Internationalen Solid Freeform Fabrication Symposium in **Austin, Texas** zu präsentieren. Die SFF ist eine hochrangige Konferenz auf dem Gebiet des **Additive Manufacturing**, daher war es natürlich ein besonderes Erlebnis, viele internationale Kontakte, besonders zu nordamerikanischen Kolleginnen und Kollegen zu knüpfen.

Patrica Erhard, Jan Angenooth, Bendikt Kirhebner und Maximilian Plötz hielten Präsentationen zu den Themen Liquid Material Jetting und Binder Jetting.

Die Paper zur Konferenz stehen ab 13. November als open access Download auf der Conference Website zur Verfügung.



DOKTORWÜRDE FÜR PATRICIA ERHARD

Am 16. Oktober promovierte Patricia Erhard zum Thema **“Slurry-based 3D printing of ceramic casting cores”**.

Sie erforschte den Einsatz von wasserbasiertem Keramikschlicker zur additiven Fertigung von Gießkernen. Auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse konnte Patricia Erhard zei-

gen, dass im schlickerbasierten 3D-Druck hochfeste keramische Kerne mit deutlich verbesserter Oberflächenqualität fertigbar sind. So konnten Sollbruchstellen in der Innengeometrie hohler Gießkernstrukturen realisiert werden, welche durch die beim Aufschrumpfen des Metalls entstehenden Spannungen ein gezieltes Versagen der Kerne ermöglichen.



*Patricia Erhard am Tag ihrer Verteidigung mit dem liebevoll dekorierten Doktorhut. Für alle Uneingeweihten: die schwebende graue Kugel symbolisiert ein Sandkorn mit Bindemittel.
Foto: luva*

Nach der erfolgreichen Verteidigung ihrer Dissertation standen die Kolleginnen und Kollegen bereit, um ihr den traditionellen Doktorhut zu überreichen.

Patricia Erhard ist eine Wissenschaftlerin der ersten Stunde des Gießereibereichs im Fraunhofer IGCV. Seit 2022 leitet sie die Gruppe „Materialien und Prozesse“ in der Abteilung Formverfahren und Formstoffe.

Ihre Dissertation wird in Kürze als Nr. 42 in der Schriftenreihe Umformtechnik und Gießereiwesen erscheinen, ISBN: 978-3-9820746-6-5

EHRUNG FÜR WOLFGANG KNOTHE

Dr. Wolfgang Knothe wurde während der GIFA in Düsseldorf mit dem Innovationspreis der Deutschen Gießerei-Industrie ausgezeichnet. Dr. Knothe ist ein langjähriger, hochgeschätzter Experte insbesondere für Gusseisen mit Kugelgraphit.

Für die Gießereitechnik München ist Dr. Knothe schon viele Jahre ein gefragter Ratgeber und als langjähriger Kopf der Forschung und Entwicklung bei Franken Guss auch als Industriepartner in vielen Forschungsprojekten engagiert. Sein lebhaftes Interesse für die Nachwuchsförderung und Ausbildung junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler macht ihn gerade für uns zu einem geschätzten Ansprechpartner.

Die Auszeichnung von Dr. Knothe ist eine verdiente Anerkennung für seine herausragenden Leistungen und Beiträge zur Gießereiindustrie.



Barbaratagung 2022 in Garching. Dr. Knothe diskutiert leidschaftlich mit den Vortragenden. Foto: FraunhoferIGCV

SPIDER - FORSCHUNG IN DER SCHWERELOSIGKEIT

Faser-Bragg-Gitter

Im Projekt **Spider** (Seriell **prozessieren** induktiv **direkt** erregter **Reinlegierungen**) wird das Schmelz-, Erstarrungs- und Wiederaufschmelzverhalten von zwei verschiedenen Aluminiumlegierungen in einer kontrollierten Umgebung gemessen. Zu diesem Zweck wird ein Faser-Bragg-Gitter (FBG) genau in der Mitte der kugelförmigen Probe platziert, um das reflektierende Spektrum des FBG aufzuzeichnen. Dieses Spektrum liefert Echtzeitinformationen über die Dehnung und den Temperaturzustand im Inneren der Legierung.

Die beschriebene Technologie ist mit elektrischen Dehnungsmessstreifen vergleichbar, hat aber den Vorteil, dass sie bei viel höheren Temperaturen von bis zu 1000°C eingesetzt werden kann.

Kalibrierung des Reflexionsspektrums

Es gibt mehrere Strategien zur Kalibrierung des Reflexionsspektrums. Der **erste** Ansatz folgt dem Konzept, eine Temperaturmessung mit einem externen Gerät durchzuführen, um die Dehnung zu berechnen.

Bei der **zweiten** Methode werden zwei FBG verwendet, die beide den gleichen Temperaturbedingungen ausgesetzt sind, wobei jedoch eines der FBG frei von externen Belastungen ist. Die **dritte** Möglichkeit besteht darin, eine Situation zu schaffen, in der die Dehnung an zwei verschiedenen Punkten denselben Wert, aber entgegengesetzte mathematische Vorzeichen hat. Diese so genannte Push-Pull-Konfiguration ermöglicht es, den Temperaturfaktor aus der Gleichung zu entfernen.

Die Kalibrierung in den "**Spider**"-Experimenten zielt dagegen darauf ab, sich einem Zustand anzunähern, in dem die Dehnung im Inneren der Probe nahe einem Minimum liegt. Daher wird diese Messung hauptsächlich von der Temperatur beeinflusst und kann als Kalibrierungsergebnis für Experimente mit dem Faser-Aluminium-Verbundstoff in der flüssigen Phase verwendet werden. Dieser nahezu dehnungsfreie Zustand der Probe gelingt am besten unter Mikrogravitation, also im nahezu schwerelosen Zustand.

Experimente unter Mikrogravitation

Nach Einreichung des Proposals bei der DLR-Raumfahrtagentur, wurden insgesamt zehn Flüge für das Experiment „Spider“ bewilligt.

Die Parabeln werden dabei mit einem Airbus A310 geflogen. Durch das spezielle Manöver können ca. 22 Sekunden Schwerelosigkeit erreicht werden. Insgesamt 31 solcher Parabeln werden von den Piloten pro Flugtag durchgeführt.



Abb. 1:
Probenintegration
einer AlSi5 Kugel-
probe in der Prozess-
kammer von TEMPUS.
Foto: utg, cob

In der TEMPUS-Parabelflugganlage des Instituts für Materialphysik im Weltraum des DLR wurden Kugelproben prozessiert. Da in diesem Versuch die Proben ohne Tiegel und nahezu kräftefrei aufgeheizt werden können, wirken vergleichsweise wenig äußere Einflüsse auf die untersuchte Legierung. Diese präzise Kalibrierung soll es ermöglichen, in Zukunft Proben mit integrierten glasfaseroptischen Sensoren auf ihre Warmrisseignung hin zu untersuchen.



Abb. 2: Mitarbeiter des DLR an der TEMPUS-Anlage, C. Bauer vom utg im Hintergrund.

Foto: NoveSpace

Kontakt: Constantin Bauer, M.Sc.

3D-GEDRUCKTE FORMEN OHNE TREPPENSTUFEN

Motivation

Der Einsatz von 3D-gedruckten Formen und Kernen ist heute in vielen Gießereien üblich. Furanharzkerne mit Quarzsand machen dabei den größten Anteil aus.

Bei der Herstellung wird der Sand mit einem Katalysator „aktiviert“ und der Druckkopf dosiert das Bindemittel Furfurylalkohol auf das Pulverbett. Durch die Polykondensationsreaktion vernetzt sich das Bindemittel und es entsteht ohne weitere Nachbehandlung ein fester Verbund zwischen den Sandkörnern. Die so hergestellten Kerne und Formen zeichnen sich durch hohe Wirtschaftlichkeit und einfache Verarbeitung aus.

Die Nachteile gegenüber konventionell hergestellten Kernen sind jedoch die auftretende Adhäsion, d.h. das Anhaften des locker gebundenen Sandes an den Bauteiloberflächen, sowie die erkennbaren Oberflächenstufen.

Treppenstufeneffekt

Charakteristisch für fast alle 3D-gedruckten Bauteile sind diskrete Treppenstufen, die an einigen Bauteiloberflächen gut erkennbar sind. Diese sind eine Folge des schichtweisen Aufbauprozesses: Weist das zu produzierende Bauteil Flächen auf, deren Normalen annähernd parallel zur Aufbaurichtung verlaufen, entstehen Stufen, die je nach gewählter Schichtdicke mehr oder weniger stark ausgeprägt sind. Besonders betroffen sind Neigungen bis 20°.

Durch Variation des Bindemittelgehaltes kann die Dimensionsstabilität gesteuert werden. Dieser Zusammenhang wird nun auf mikroskopischer Ebene (Voxel) in die Druckdaten integriert, um lokal Flächen anzuheben und abzusenken und so die Stufenbildung zu eliminieren. Dazu werden die Druckdaten in einer Bildverarbeitungssoftware manuell angepasst und verschiedene Modellansätze iterativ getestet.

Es zeigt sich, dass mit überlagerten, nahezu stetigen Kurven die Stufenbildung unabhängig von der Neigung kompensiert werden kann. Auf Basis gängiger Slicing-Algorithmen wird ein vollautomatischer Ansatz entwickelt, der es ermöglicht, die modifizierten Druckdaten vollautomatisch aus einem

3D-Modell abzuleiten. Dazu werden sowohl die Sand-Bindemittel-Kombination als auch die gewünschte Schichtdicke und der vorhandene Druckkopf als Eingangsdaten im Programm berücksichtigt.



Abb. 1: Gedruckte Sandform: Formhälfte links: geglättete Oberfläche - Formhälfte rechts: konventionelle Stufen. Foto: FraunhoferIGCV, Iuva

In den Sandformen sind die geglätteten Oberflächen bereits gut zu erkennen (Abb. 1). Mit Hilfe der alternativen Datenaufbereitung kann auf der Versuchsanlage bei gleicher Schichtzeit eine Formhälfte mit konventionellen Stufen und eine geglättete Formhälfte hergestellt werden. Das resultierende Gussteil „Impeller“ (Abb. 2) zeigt die Potentiale dieses Verfahrens. Dazu wurde die Form konventionell aufgebaut und mit Aluminium gefüllt. Durch die zweigeteilte Form kann die Veränderung der Oberflächengüte verglichen werden. Die geglätteten Sandformen weisen eine gute Gießbarkeit auf.

Abb. 2: Impeller mit zwei unterschiedlichen Oberflächengüten. Foto: FraunhoferIGCV, Iuva



Ergebnis

Es konnte gezeigt werden, dass die voxelabhängige Bindervariation ein geeignetes Mittel zur Eliminierung von Treppenstufenartefakten darstellt, das auf industrielle Anlagen übertragbar ist. Die Formen für das Bauteil in Abb. 2 wurden in Zusammenarbeit mit ExOne auf einer S-Max-Pro Serienanlage hergestellt.

Kontakt: Christoph Hartmann, M.Sc.

EXPERTISE AT A DISTANCE

An diesem Projekt ist neben dem Leistungszentrum »Sichere intelligente Systeme« LzSiS das niederländische Institut für Angewandte wissenschaftliche Forschung, kurz TNO beteiligt.

Motivation

Während der Pandemie haben alle Institute eine beschleunigte Neugestaltung bestehender Schulungsformate erlebt. Das Interesse an Online-Unterricht ist aufgrund von Distanzbeschränkungen und Erreichbarkeit des Standorts signifikant gestiegen.

Dieses Projekt möchte einen praktischen Ansatz zur Übertragung der Vorteile von Präsenzveranstaltungen auf Online-Schulungen bieten, damit diese didaktisch äquivalent sind.

Zu diesem Zweck wird das Konsortium einen Mobile Learning Hub (MLH) entwickeln mit dem Ziel, Expertise völlig unabhängig vom Standort und mit erheblich verbesserten Interaktionsmöglichkeiten zwischen verschiedenen kommunizierenden Parteien bereitzustellen.

In früheren gemeinsamen Projekten in den Jahren 2021 und 2022 zwischen TNO und dem Fraunhofer LzSiS wurden die jeweiligen Forschungsthemen, die XR-Kommunikationsplattform (TNO) und die Mobile Lötstation (Fraunhofer EMFT), bereits effektiv in einer gemeinsamen Lernplattform kombiniert, wie in Abbildung 1 gezeigt.



Abb: 1 Mobile Lötstation verbessert durch XR-Technologie,
© Fraunhofer EMFT

Schulungsmodell Gießertechnologie

Basierend auf diesem Modell einer mobilen Lötstation entwickelt das Fraunhofer IGCV ein Schulungsmodell für Gießertechnologie, dessen Skizzenentwurf in Abbildung 2 gezeigt wird.

Darüber hinaus können durch die Kombination von AR-Anwendungen mit dieser speziellen Lehrplattform Teile der Schulung, die normalerweise von einem realen Trainer durchgeführt werden, durch einen 3D-Digitaltrainer ersetzt werden.



Abb: 2 Skizzenkonzept einer mobilen Gießstation,
© Fraunhofer IGCV

Kontakt: Fangtian Deng, M.Sc. und Rui Li, M.Sc.

VDG BAYERN

Mitgliederversammlung 2023

Landesgruppe Bayern



30. November 2023, Beginn: 15:30 Uhr

im Anschluss Bayerische Barbaratagung 2023

Fraunhofer IGCV, Lichtenbergstr. 15, Garching b. München

Dr. Steffen Klan lädt als Vorsitzender der Landesgruppe Bayern zur regulären Mitgliederversammlung nach Garching ein.

TOP 1: Begrüßung

TOP 2: Aktuelles aus dem Verband

TOP 3: Rückblick 2023 und Ausblick 2024

TOP 4: Wahl des/der Vorsitzenden der LG Bayern

TOP 4: Ehrungen

TOP 5: Sonstiges

Die Teilnahme ist beschränkt auf Mitglieder des VDG.

Zur Anmeldung zur Mitgliederversammlung und zur anschließenden Barbaratagung nutzen Sie bitte den folgenden Link:

<https://wiki.tum.de/x/EIA5Sw>

Sprechabend der VDG-Landesgruppe Bayern

zu Gast bei der

BMW Group im Werk Landshut

Im **Mai 2023** konnten wir die Tradition der Sprechabende erfolgreich fortsetzen.

Das erste Treffen führte zur BMW Gießerei nach Landshut.

Nach der Begrüßung durch den VDG Landesgruppenvorsitzenden Dr. Steffen Klan und einer hochinteressanten **BMW Standortpräsentation** durch Klaus Sammer, gab Prof. Franz-Josef Klinkenberg spannende Einblicke, wie bei BMW

die Nachhaltigkeit als zentraler Bestandteil der Strategie umgesetzt wird.

In einem zweiten Vortrag stellten Harald Sehrs Schön (Fa. Fill GmbH) und Hr. Oliveira die **Robocast V Gießereinheit** vor und zeigten, dass damit auch im Schwerkraftgießen Innovationen umgesetzt werden können.

Den Schlussvortrag nutzte Fangtian Deng (Fraunhofer IGCV), um ihre Forschungsergebnisse zu den Möglichkeiten einer **Überwachung der Kokillenschicht** vorzustellen.

Neben dem umfangreichen Vortragsprogramm war die **Besichtigung der hochmodernen Gießlinie für Elektromotoren ein Highlight**. Deren Komplexität und die Anlagenverkettung führte zu angeregten Gesprächen zwischen den Expertinnen und Experten.

Mit neuen Eindrücken und Kontakten verabschiedeten sich die 30 Besucherinnen und Besucher, und bedankten sich bei der BMW AG Landshut für die Gastfreundschaft und eine gelungene Veranstaltung.



Die VDG-Landesgruppen Bayern und Hessen

zu Gast bei der

Franken Guss GmbH & Co.KG in Kitzingen

Im Oktober 2023 organisierten die beiden Landesgruppen Hessen und Bayern einen gemeinsamen Besuch in Kitzingen bei Franken Guss GmbH & Co.KG

Nach einer herzlichen Begrüßung durch die beiden Vorsitzenden der VDG-Landesgruppen, Dr. Steffen Klan und Dr. Wolfgang Lenz, präsentierte Josef Ramthun den **Standort in Kitzingen**.



Trotz der aktuellen Unsicherheiten betonte er, dass nur durch kontinuierliche Investitionen und Innovationen eine erfolgreiche Zukunft für den Gießereistandort gewährleistet werden kann.

Im folgenden Vortrag widmete sich Dr. Gerke-Cantow von der Visiometra GmbH dem Thema „**Die Kunst der Planung und Gestaltung eines Gussprojektes**“. Er präsentierte eine Software, mit der Gussverfahren schnell und präzise geplant werden können. Durch die Berechnung und Visualisierung eines 3D-Modulfeldes, basierend auf den geometrischen Eigenschaften des Gussteils, lassen sich qualifizierte Angebote erstellen und eine effiziente Abstimmung mit Konstrukteuren ermöglichen. Im Anschluss referierte Dr. Wolfgang Knothe über „**Die Formgebung durch Gießen ermöglicht die lastgerechte Auslegung von Konstruktionsteilen**“. Hier zeigte Dr. Knothe seine Leidenschaft für das designorientierte Gussteildesign und die Vorteile von Gusseisen mit Kugelgraphit. Die Werksbesichtigung bot sowohl **Einblicke in die Eisengießerei** als auch in den Bereich des **Aluminium-Druckgusses**. Die Eindrücke aus den Vorträgen und der Führung führten im Anschluss bei einem Imbiss zu einem angeregten Austausch unter den Fachleuten. Ein Dankeschön geht an das Team der Franken Guss GmbH & Co.KG.

EVENTS

16. Bayerische Barbaratagung

Am **30. November 2023** laden wir Sie herzlich zur diesjährigen Bayerischen Barbaratagung nach Garching ein.

Die Gießereitechnik im Spannungsfeld von Ressourcenverbrauch und Nachhaltigkeit wird das zentrale Thema sein.

Die Vorträge werden ergänzt durch den Forschungsmarktplatz mit innovativen, aktuellen Forschungsprojekten.

Programm:

- Begrüßung: Prof. Dr. Wolfram Volk und Dr. Steffen Klan
- „Nachhaltige Transformation: Auf dem Weg zur klimaneutralen Wertschöpfung“, Sabine Sigle; Global Sustainability Managerin bei Nematik Europe GmbH
- „Wege zu klimaneutralem Sphäroguss - Die grüne Gießerei“; Torsten Rieck; CTO bei Fondium B.V. &Co. KG
- Forschungsmarktplatz:
Fraunhofer IGCV - TUM utg - HS Aalen - HS Kempten

Im Anschluss möchten wir die Barbaratagung bei einem **Gießerabend mit Imbiss und Getränken** in unserer Halle ausklingen lassen.

Zur besseren Planung bitten wir um eine **Anmeldung bis zum 13.11.2023** über den folgenden Link:

<https://wiki.tum.de/x/EIA5Sw>



PERSONALIA

Wir heißen herzlich willkommen



Dipl.-Ing. Francesc Roure Pastor

ergänzt seit dem 1. Juli den Wissenschaftsbereich Gießereitechnik des *Fraunhofer IGCV*.

IMPRESSUM

Der Newsletter der **Gießereitechnik München** erscheint halbjährlich und wird herausgegeben vom

Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen

der Technischen Universität München

Prof. Dr.-Ing. Wolfram Volk

Walther-Meißner-Straße 4

85748 Garching b. München

Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV

Prof. Dr.-Ing. Wolfram Volk

Lichtenbergstraße 15

85748 Garching b. München

Redaktion:

Dipl.-Chem. Stefanie Prauser

stefanie.prauser@utg.de

Weitere Informationen erhalten Sie unter:

www.giessereitechnik-muenchen.de

PUBLIKATIONEN

Applied Science 2023, 13(13), 7948,
Predicting and Evaluating Decoring Behavior of Inorganically Bound Sand Cores, Using XGBoost and Artificial Neural Networks. Von: Dobmeier, F.; Li, R.; Ettemeyer, F.; Mariadass, M.; Lechner, P.; Volk, W.; Günther, D.
<https://doi.org/10.3390/app13137948>

Materials 2023, 16(16), 5549,
Influence of the Resin System and Sand Type on the Infiltration of 3D-Printed Sand Tools. Von: Erhard, P.; Taha, I.; Günther, D.
<https://doi.org/10.3390/ma16165549>

Advanced Engineering Materials 2023, Vol.25, Issue. 20,
Simulation of Binder Infiltration in Additive Manufacturing of Sand Molds. Von: Erhard, P.; Tanjavooru, V.T.; Hartmann, Ch.; v. d. Bosch, L.; Seidel, A.; Volk, W.; Günther, D.
<https://doi.org/10.1002/adem.202300212>

Inter. Metalcast. 2023,
Production of Inorganic Hollow Cores Using Sacrificial Ice Cores. Von: Locke, C.; Polzin, H.; Bissels, J. et al.
<https://doi.org/10.1007/s40962-023-01101-x>

IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1281 012063
Analysis of the melting and solidification process of aluminum in a mirror furnace using Fiber-Bragg-Grating and numerical models. Von: Bauer, C.; Erber, M.; Fuchs, G.; Brügge, T.; Hartmann, Ch.; Volk, W.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/1281/1/012063>