

Giesserei Rundschau

FRECH®

Erfolg

schreibt man
gemeinsam!





BORBET
Austria

Ein Unternehmen der BORBET-Gruppe



**Innovative Technologie,
Individuelle Designs.**



BORBET Austria GmbH

Lamprechtshausener Bundesstraße 77

5282 Ranshofen

T: +43(0)7722/884-0 • E: office@borbet-austria.at

www.borbet-austria.at

BORBET
Borbet Group

Innovativer Partner der Automobilindustrie

**Das nächste Heft der
GIESSEREI RUNDSCHAU**

Nr. 7/8

erscheint am 25. August 2014

zum Thema:

**„Druckguss
und NE-Metallguss“**

Redaktionsschluss:

25. Juli 2014

Hannover Messe 2014 – BDG demonstriert mit „süßem Guss“ das Gießen



Der Bundesverband der Deutschen Gießereiindustrie war von 7. bis 11. April mit einem Gemeinschaftsstand „gegossene Technik“ auf der Hannover Messe 2014 vertreten, die mit über 180.000 Besuchern wieder ähnlich erfolgreich war wie 2012.

Zusammen mit seinen Mitgliedsunternehmen zeigte der BDG den Besuchern High-Tech in Guss. Im Zentrum des Gemeinschaftsstandes waren neun technisch hochinteressante Gussstücke ausgestellt, die die Blicke der Fachbesucher auf sich zogen. Zu sehen waren u. a. ein gewaltiges Steuertriebegehäuse für einen Schiffsantrieb, gefertigt von den Schonlau-Werken, Geseke, sowie ein Achsschenkel für Landmaschinen von CLAAS GUSS, Bielefeld.

Die BDG-Nachwuchsinitiative POWERGUSS war bereits zum zweiten Mal mit von der Partie in Hannover. In Zusammenarbeit mit der Initiative für Techniknachwuchs in Deutschland, Tec-2-You, veranstaltete das POWERGUSS-

Team ein interessantes Programm für Schüler: Ganze Schulklassen kamen an den Stand und ließen sich auf schmackhafte Art und Weise vorführen, wie das Gießen funktioniert. Denn statt Metall zu gießen, wurden am Stand Fruchtgummis von Hand hergestellt. Das Verfahren ähnelt sehr dem Sandguss: Geschmolzen wurden die benötigten Zutaten auf einer Induktionsherdplatte, dann wurden Gelatine und Zucker-Sirupmasse zu einer „Legierung“ zusammengemischt. Die Form wurde aus Speisestärke hergestellt – bei der richtigen Temperatur erfolgte dann der Abguss. Anschließend wurden die „Guss-Stücke“ dann noch entformt und geputzt. Nach dem Probieren der Fruchtgummis folgte noch eine Führung über die Ausstellung, auf der die POWERGUSS-Mitarbeiter jede Menge Fragen der Schülerinnen und Schüler beantworteten.

Doch nicht nur Schulklassen ließen sich das Verfahren Gießen auf diese Weise erläutern, sondern auch Fachbesucher aus gießereifernen Branchen und Studenten aller Fachrichtungen. Die POWERGUSS-Aktion erntete dabei großes Lob.

Quelle: BDG Pressemitteilung v. 17. 4. 2014

Impressum

Herausgeber:

Verein Österreichischer
Gießereifachleute, Wien, Fachverband
der Gießereindustrie, Wien
Österreichisches Gießerei-Institut des
Vereins für praktische Gießereifor-
schung u. Lehrstuhl für Gießereikunde
an der Montanuniversität, beide Leoben

Verlag Strohmayer KG

A-1100 Wien, Weitmosergasse 30
Tel./Fax: +43 (0)1 61 72 635
E-Mail: giesserei@verlag-strohmayer.at
www.verlag-strohmayer.at

Chefredakteur:

Bergrat h.c. Dir.i.R.
Dipl.-Ing. Erich Nechtelberger
Tel./Fax: +43 (0)1 44 04 963
Mobil: +43 (0)664 52 13 465
E-Mail: nechtelberger@voeg.at

Redaktionsbeirat:

Prof. Dr.-Ing. Andreas Bührig-Polaczek
Dipl.-Ing. Dr. mont. Hans-Jörg Dichtl
Prof. Dr.-Ing. Reinhard Döpp
Magn. Univ.-Prof. Dipl.-Ing.
Dr. techn. Wilfried Eichlseder
Dipl.-Ing. Dr. mont. Georg Geier
Dipl.-Ing. Dr. techn. Erhard Kaschnitz
Dipl.-Ing. Adolf Kerbl, MAS
Dipl.-Ing. Dr. mont. Leopold Kniewallner
Dipl.-Ing. Dr. mont. Thomas Pabel
Dipl.-Ing. Gerhard Schindelbacher
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Peter
Schumacher

Anzeigenleitung:

Irmtraud Strohmayer
Tel./Fax: +43 (0)1 61 72 635
Mobil: +43 (0)664 93 27 377
E-Mail: giesserei@verlag-strohmayer.at

Abonnementverwaltung:

Johann Strohmayer
Tel./Fax: +43 (0)1 61 72 635
E-Mail: giesserei@verlag-strohmayer.at

Bankverbindung des Verlages:

IBAN: AT55 3200 0000 1701 1826
BIC: RLNWATWW

Jahresabonnement:

Inland: € 61,00 Ausland: € 77,40
Das Abonnement ist jeweils einen
Monat vor Jahresende kündbar, sonst
gilt die Bestellung für das folgende Jahr
weiter. Erscheinungsweise: 6x jährlich

Druck:

Druckerei Robitschek & Co. Ges.m.b.H.
A-1050 Wien, Schlossgasse 10-12
Tel. +43 (0)1 545 33 11
E-Mail: druckerei@robitschek.at

Nachdruck nur mit Genehmigung des
Verlages gestattet. Unverlangt einge-
sandte Manuskripte und Bilder werden
nicht zurückgeschickt. Angaben und
Mitteilungen, welche von Firmen stam-
men, unterliegen nicht der Verantwort-
lichkeit der Redaktion.

Offenlegung nach § 25 Mediengesetz
siehe www.voeg.at

Giesserei Rundschau

Organ des Vereines Österreichischer Gießereifachleute und des
Fachverbandes der Gießereindustrie, Wien, sowie des Österrei-
chischen Gießerei-Institutes und des Lehrstuhles für Gießerei-
kunde an der Montanuniversität, beide Leoben.

Oskar Frech GmbH + Co. KG

Die Unternehmensgruppe Oskar Frech GmbH + Co.
KG, Schorndorf/D, gehört seit mehr als 60 Jahren zu
den Pionieren der Druckgießtechnik. Heute bietet
FRECH als Weltmarktführer das komplette Techno-
logieportfolio modernster Druckgießtechnologie: von der
Warm- und Kaltkammertechnik über Peripherie, For-
menbau, Consulting und Dienstleistungen bis hin zu
Verfahrenstechnik.

Auf FRECH Druckgießmaschinen werden im Wesent-
lichen Aluminium-, Magnesium- oder Zink-Legierungen
verarbeitet. In der Automobil- und Zulieferindustrie
werden hieraus viele Leichtmetallbaugruppen, wie bei-
spielsweise Motorblöcke, Getriebegehäuse oder komplexe
Strukturbauteile, hergestellt. Aber auch die Liefere-
ranten und die großen Hersteller aus der mobilen
Kommunikation, der Konsumgüterindustrie, der Bes-
chlags- und Bauindustrie produzieren ihre Produkte im
hervorragend großserientauglichen Druckgießprozess.
Seit der Gründung im Jahre 1949 durch Oskar Frech
und der Markteinführung des weltweit ersten Warm-
kammer Druckgieß-Automaten hat sich die Unterneh-
mensgruppe Oskar Frech GmbH + Co. KG zu einem
Unternehmen mit weltweit mehr als 700 Mitarbeitern
entwickelt.

www.frech.com

INHALT



BEITRÄGE

138

➔ **Bestimmung der Porosität in Al-Guss-
stücken mittels CT und ihres Einflusses
auf die Festigkeitseigenschaften**

142

➔ **Statistische Versuchsplanung – Ein Werkzeug zur
Kosten- und Zeiteinsparung**

152

➔ **Prozessentwicklung für das 3D-Drucken
mit anorganischen Formstoffsystemen**

162

➔ **Optische 3D-Koordinatenmesstechnik
ermöglicht durchgängige Prozesskontrolle –
Einsatz in der Gießereindustrie**

TAGUNGEN/ SEMINARE/MESSEN

166

Rückblick 58. Österr. Gießereitagung, 24./25. 04. 2014,
Bad Ischl

181

Veranstaltungskalender

AKTUELLES

184

Aus den Betrieben
Firmennachrichten

VÖG-VEREINSNACHRICHTEN

195

Vereinsnachrichten
Jahreshauptversammlung
Personalia

Bestimmung der Porosität in Al-Gussstücken mittels CT und ihres Einflusses auf die Festigkeitseigenschaften*)

Determination of Porosity in Al-Castings by Computer Tomography and its Influence on Mechanical Properties



Dipl.-Ing. Dr. techn. Bernd Oberdorfer studierte Technische Physik an der TU Graz und promovierte ebd. mit dem Forschungsschwerpunkt Materialeigenschaften und Mikrostruktur hochverformter nanokristalliner Metalle. Er ist seit Dezember 2012 Sachbearbeiter am Österreichischen Gießerei-Institut Leoben und leitet seit Juli 2013 das Computertomographie-Labor.

Daniel Habe war nach Abschluss der Lehre als Radio- und Videomechaniker im Bereich der Faserverbundwerkstoffindustrie in Deutschland selbstständig, danach im Bereich Qualitätssicherung bei der Firma O.ST. Feinguss GmbH, Kapfenberg, tätig. Es folgte ein berufsbegleitender Abschluss der HTL- BULME Graz im Bereich Elektrotechnik. Seit 2006 ist er Sachbearbeiter für Computertomographie am Österreichischen Gießerei-Institut Leoben.



Dipl.-Ing. Dr. techn. Erhard Kaschnitz



nach Studium der Technischen Physik an der TU Graz Forschungsjahr am National Institute of Standards and Technology (NIST) in Gaithersburg, MD, USA. Seit 1994 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Österreichischen Gießerei-Institut Leoben, verantwortlich für die Arbeitsgruppen Simulation und Thermophysik.

Schlüsselwörter: Al-Guss, Porositätsbestimmung mit CT, Porositätseinfluss auf mechanische Festigkeit

Kurzfassung

Typische Gussfehler können bekanntermaßen die mechanischen Eigenschaften von Gussstücken erheblich beeinflussen. Im Gegensatz zu üblichen zerstörungsfreien Prüfverfahren erlaubt die Röntgen-Computertomographie (CT) die dreidimensionale Erfassung von Gussfehlern, jedoch gibt es bislang noch keine einheitliche Norm zur Bewertung von 3D-Defektverteilungen hinsichtlich ihres Einflusses auf mechanische Eigenschaften.

Die vorliegende Arbeit zielt auf eine einheitliche Beschreibung von Volumendefiziten in Aluminiumgussteilen mittels CT hin. Zu diesem Zweck wurden Proben aus zwei verschiedenen Aluminiumlegierungen im Druckguss hergestellt und mit einer Mikrofokus-CT-Anlage auf Porositäten untersucht. Für die Volumenporositätsanalyse wurde ein Referenzkörper mit bekanntem Innenvolumen entwickelt, der die genaue Bestimmung des Schwellwerts zwischen dem Grauwert des Materials und demjenigen von Porositäten erlaubt. Nach der mechanischen Prüfung wurden die CT-Daten hinsichtlich der lokalen Volumenporosität an der Bruchstelle neuerlich analysiert, wobei ein eindeutiger Zusammenhang zwischen lokaler Volumenporosität und bestimmten mechanischen Eigenschaften festgestellt wurde. Weiterführende Analysen, die auch Porositätsform und deren Abstand zur Oberfläche in Betracht ziehen, zeigen einen Einfluss der Form der jeweils größten Pore auf die statisch-mechanischen Eigenschaften.

1. Einleitung

Die Bewertung von Gussstücken und ihrer Qualität bezüglich Volumendefizite ist schon seit vielen Jahren Thema wissenschaftlicher Untersuchungen. So wurden auf der Basis der Beziehung von Material- mit Defekteigenschaften Porositätsklassen mit spezifischen Eigenschaften abgeleitet [1, 2]. Die Definition eines Rundheitsfaktors für Porositäten in Ref. [2] fand Verwendung in einem theoretischen Ansatz zur Vorhersage der mechanischen Eigenschaften von Gusseisen [3]. Im Zuge u. a. dieser Studien wurde mit dem VDG-Merkblatt P202 ein zweidimensionaler Bewertungsstandard von Porositäten entwickelt [4].

Die Fortschritte in der Entwicklung von CT-Anlagen führten auch zu einer vermehrten Anwendung der CT in der zerstörungsfreien Prüfung (siehe z. B. [5]). Nachdem Methoden wie etwa Radioskopie oder Metallographie einen Informationsverlust in der dritten Dimension haben, ist der Einsatz von CT zur Charakterisierung von Gussfehlern naheliegend und kann überkonservative Sicherheitsbestimmungen und unnötig hohe Ausschussraten vermeiden helfen.

Es gibt verschiedene Normen zur CT (z. B. [6, 7]), die die Terminologie definieren und experimentelle Vorgehensweisen, wie auch Bildartefakte, beschreiben, die während der Rekonstruktion des Tomogramms entstehen können. Eine standardisierte Bewertung von Gussteilen hinsichtlich ihrer Volumendefizite mittels CT ist aber nach wie vor nicht verfügbar, aber höchst wünschenswert.

*) Vorgetragen von Dr. B. Oberdorfer auf der 58. Österr. Gießereitagung am 24. April 2014 in Bad Ischl

2. Experimentelle Vorgehensweise

Die Korrelation zwischen Porosität und Festigkeitseigenschaften wurde in dieser Arbeit im Gegensatz zu modellbasierten analytischen Ansätzen [8] oder Finite-Elemente-Simulationen [9] empirisch bestimmt. Insgesamt wurden ca. 200 Zugproben aus zwei verschiedenen Legierungen, nämlich Al 226 (EN AC-Al Si9Cu3) und SF 36 (Al Si9MgMnSr), in einer Bühler SC D/53 mit 5300 kN Schließkraft in eine Standardprobenform (Probengröße: 160x12x6 mm) im Druckguss gegossen. Um verschiedene Porositätsstufen in den Proben zu ermöglichen, wurden die Kolbengeschwindigkeit und der Nachdruck von 1 bis 5 ms⁻¹ bzw. 300 bis 900 bar variiert. Zur Gewährleistung einer gleichbleibenden Schmelzequalität wurden Unterdruckdichtetests und chemische Analysen durchgeführt. Im Fall der SF 36-Proben wurden Oxide in Form von Aluminiumspänen in die Schmelze eingebracht, um auch den Einfluss von Oxidhäuten auf die mechanischen Eigenschaften zu untersuchen. Dabei wurden sowohl Menge als auch Größe der Späne variiert.

Die CT-Scans wurden auf einer Phoenix v|tome|x c CT-Anlage, ausgestattet mit einer 240 kV Kegelstrahlröntgenröhre, durchgeführt. Bei jeder Probe wurden 1000 Röntgenbilder in ca. 25 min mit einem GE DXR-250 RT-Flachbilddetektor mit 1000x1000 px aufgenommen. Als Kompromiss zwischen Probengröße, Scanzeit und räumlicher Auflösung wurde eine Vergrößerung von ca. 1,8 und damit eine Voxelgröße von 100 µm gewählt. Die Volumendatensätze der Proben wurden mittels gefilterter Rückprojektion aus den Rohdaten numerisch rekonstruiert. Eventuell auftretende Bildartefakte, wie z. B. Strahlaufhärtung, konnten im Rekonstruktionsalgorithmus berücksichtigt und weitgehend korrigiert werden.

Als softwareunabhängiger Ansatz zur Porositätsanalyse wurde ein Referenzkörper, bestehend aus sieben Aluminiumkugeln, eingelegt in einen geschlossenen Aluminiumzylinder, entwickelt (Abb. 1a). Diese Geometrie wurde aufgrund der spitz zulaufenden und damit lunkenähnlichen Innenkonturen zwischen Kugeln und Zylinder gewählt [10]. Weil das Innenvolumen dieses Referenzkörpers bekannt ist, kann auf den genauen Schwellwert zwischen dem Grauwert des Materials und demjenigen der Porositäten rückgerechnet werden. Abb. 1b zeigt die auf diese Weise bestimmte Volumenporosität einer Flachzugprobe.

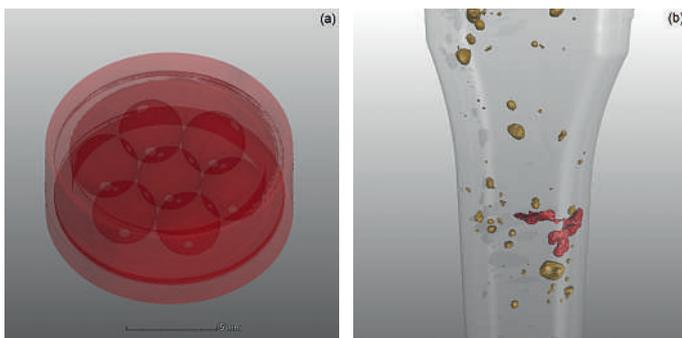


Abb. 1: (a) CT-Aufnahme des Referenzkörpers für die Porositätsanalyse mittels Schwellwert.
(b) CT-Aufnahme einer Flachzugprobe mit den so detektierten Porositäten gelb dargestellt. Die größte Ungänze ist rot eingefärbt.

Die mechanische Prüfung wurde auf einer Zwick Z250 Zugversuchsmaschine gemäß ISO 6892-1 durchgeführt. Nach der Prüfung wurden die Position der Bruchflächen bezüglich der zuvor bestimmten Porositätsverteilungen sowie die Bruchflächen selbst auf Oxidhäute untersucht. Die Volumendatensätze der verbleibenden Proben wurden hinsichtlich ihrer lokalen Volumenporosität an der Bruchstelle in einer Region of Interest (ROI) erneut ausgewertet. Analog zu einer quadratischen Bezugsfläche, wie im VDG Merkblatt P202 [4] definiert, wurde im Volumendatensatz der größte in die Probe passende Würfel als ROI herangezogen.

3. Ergebnisse

Abb. 2 zeigt die Beziehung zwischen Zugfestigkeit R_m , Dehngrenze $R_{p,0,2}$ sowie Bruchdehnung A und der Gesamtvolumenporosität ϕ_{tot} von Flachzugproben aus Al 226. Während der Einfluss auf die Dehngrenze gering bis vernachlässigbar ist, fallen R_m und A mit zunehmender Gesamtvolumenporosität mit einer schwachen Tendenz.

Ein gänzlich anderes Bild ergibt die lokale Porositätsanalyse in einem ϕ_{ROI} an der Bruchstelle (Abb. 3). Bei geringer Porosität zeigen R_m und A zwar noch die

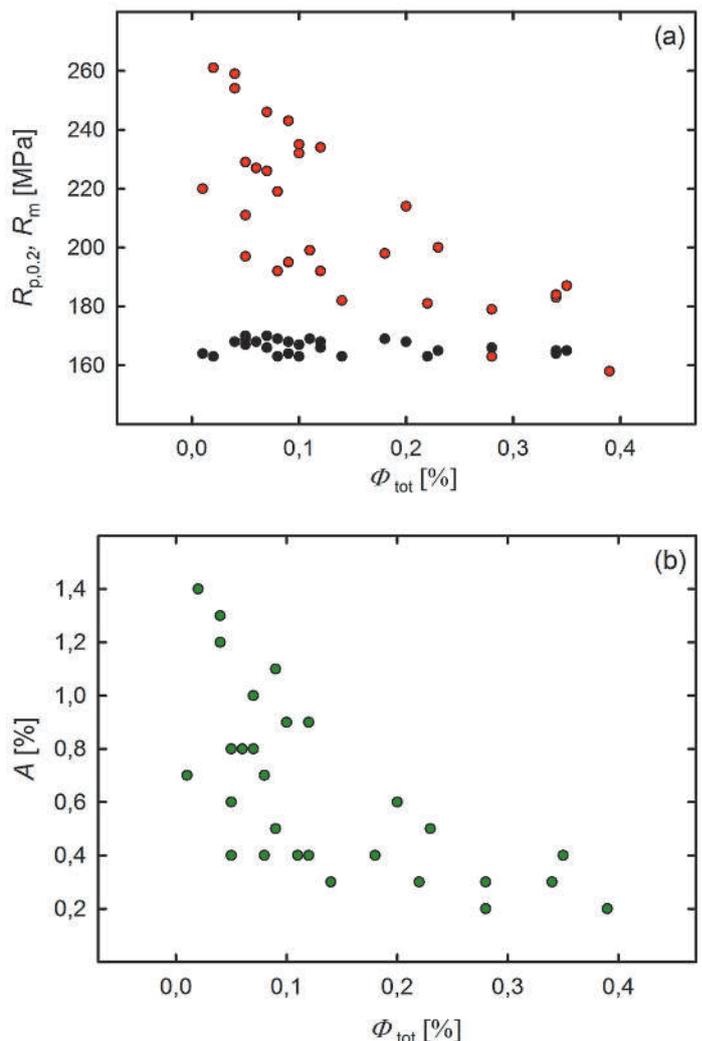


Abb. 2: (a) Zugfestigkeit R_m (•), Dehngrenze $R_{p,0,2}$ (•) und (b) Bruchdehnung A (•) in Abhängigkeit der mittels CT bestimmten Gesamtvolumenporosität ϕ_{tot} .

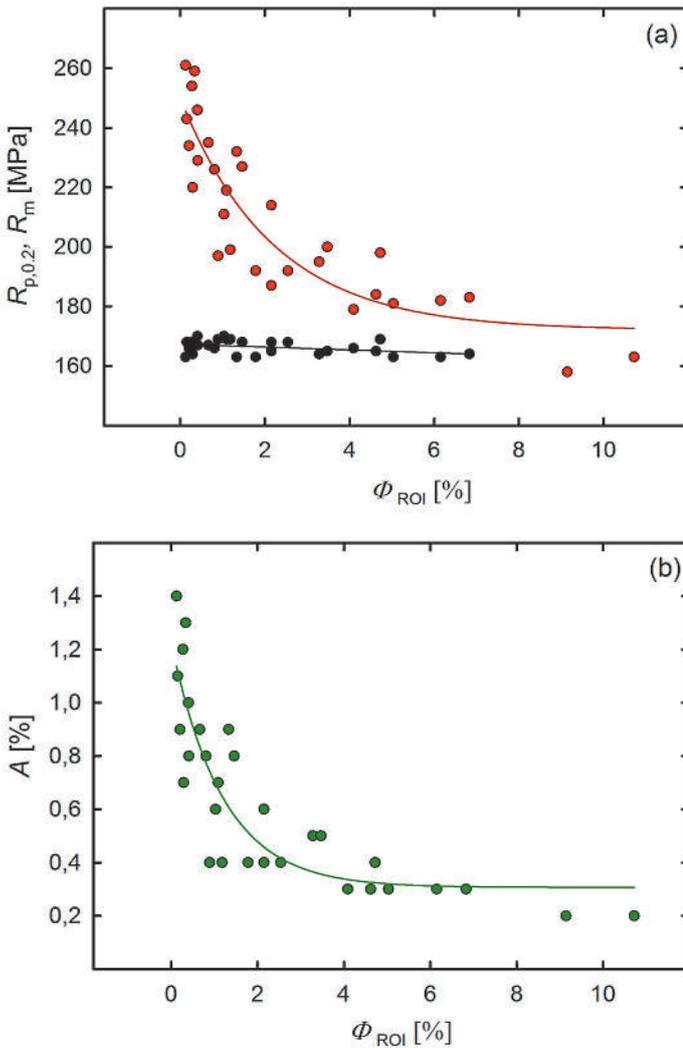


Abb. 3: (a) Zugfestigkeit R_m (•), Dehngrenze $R_{p,0,2}$ (•) und (b) Bruchdehnung A (•) in Abhängigkeit von der in einem ϕ_{ROI} an der Bruchfläche bestimmten lokalen Volumenporosität ϕ_{ROI} . R_m und A wurden mit einer Exponentialfunktion, $R_{p,0,2}$ per linearer Regression gefittet.

für Al 226 typischen Werte, mit steigendem ϕ_{ROI} fallen R_m und A aber exponentiell mit viel stärkerem Trend.

In einem nächsten Analyseschritt wurden sowohl der dimensionslose Abstand d (d. h. der Abstand im Verhältnis zur Wandstärke) der Porosität zur Probenoberfläche als auch die Form der Porosität in Betracht gezogen. Letztere wurde mittels eines Formfaktors F beschrieben, definiert durch das Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis O/V , normalisiert mit dem Radius r einer Kugel mit demselben Volumen wie die Porosität:

$$F = \frac{r \cdot O}{3 \cdot V} \quad (1)$$

Für den Least-Square-Fit wurde die lokale Volumenporosität ϕ_{ROI} dem Ansatz in (2) entsprechend gewichtet und mit den Fitparametern y_0 , a , b , α und β iterativ optimiert. Für F und d wurden die Werte der jeweilig größten Pore herangezogen. Die so erhaltenen Ergebnisse sind in **Abb. 4** zu sehen. Das Bestimmtheitsmaß R^2 der Korrelationen verbesserte sich von 0,79 auf 0,85 im Falle von R_m und von 0,76 auf 0,85 für A . Bei der

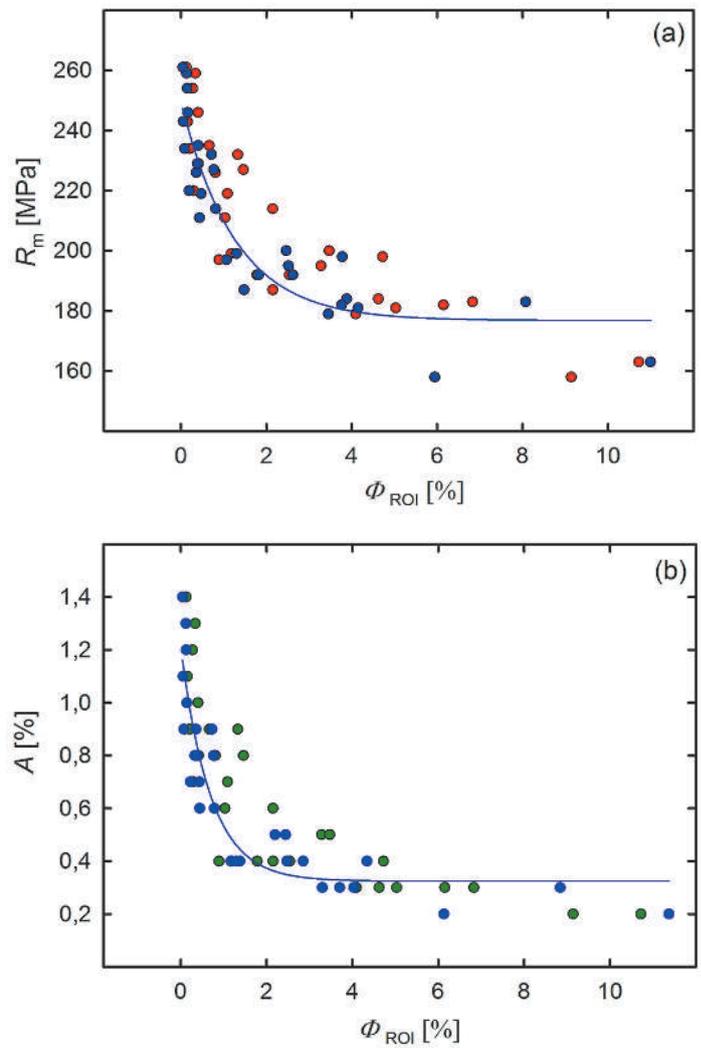


Abb. 4: (a) Zugfestigkeit R_m (•) und (b) Bruchdehnung A (•) in Abhängigkeit der lokalen Volumenporosität ϕ_{ROI} . Von jedem Punkt von R_m und A wurden Form und Abstand der größten Pore für eine Gewichtung der Porosität gemäß (2) herangezogen und per Least-Squares-Methode gefittet (-•-).

Modellierung zeigte sich großer Einfluss von F und kaum Einfluss von d auf die Fitqualität.

$$f(\phi) = y_0 + a \cdot e^{-b\phi} \quad (2)$$

$$\phi' = \phi \cdot F^\alpha \cdot e^{-\beta d}$$

Die Untersuchungen bezüglich der künstlich eingebrachten Oxide in den SF 36 Proben ergaben, dass Oxidhäute die mechanischen Eigenschaften dominieren; es konnte keine Abhängigkeit der Zugfestigkeit, Dehngrenze oder Bruchdehnung von der Gesamtvolumenporosität festgestellt werden. Beobachtet wurde aber eine Abhängigkeit dieser Parameter von der Größe der Oxidhaut auf der Bruchfläche. Aus diesem Grund wurden jene Proben, deren Bruchfläche ausgeprägte und damit offensichtlich bruchauslösende Oxidhäute zeigten, nicht in die oben gezeigten Analysen einbezogen.

4. Zusammenfassung und Diskussion

Die hier präsentierten Ergebnisse zeigen deutliche Korrelationen zwischen Volumenporosität und Zugfestigkeit sowie Bruchdehnung von Al-Druckgussproben.

Analysen der lokalen Volumenporosität ϕ_{ROI} in einem ROI an der Bruchstelle ergaben einen noch stärkeren Trend mit exponentiellem Abfall. Durch Berücksichtigung der Porenform der jeweils größten Pore mittels des Formfaktors F wurden die Fits weiter verbessert. Der dimensionslose Porenabstand d hingegen hatte (im gegebenen Lastfall) kaum Einfluss auf die Fitqualität. Schließlich zeigten die Proben mit Oxideinschlüssen, dass Oxidhäute den Einfluss von Volumendefekten überlagern und für die mechanischen Eigenschaften bestimmend sind.

Es gibt ähnliche Studien auf diesem Gebiet: Bei Sandgussproben der Legierung EN AC-Al Si7Mg0.3 wurden vergleichbare Resultate bezüglich eines exponentiellen Abfalls der Zugfestigkeit mit zunehmender Porosität festgestellt [11]. Es konnte dagegen keine Korrelation bei der Bruchdehnung ausgemacht werden.

Eine andere Untersuchung, ebenfalls an Proben aus Al Si7Mg0.3, ergab eine Korrelation der Zugfestigkeit mit der Flächenporosität nach einer Potenzfunktion [12]. Im Gegensatz zu den vorliegenden Ergebnissen konnte kein Einfluss des Abstands oder der Sphärizität der Poren festgestellt werden.

Diese teils unterschiedlichen Erkenntnisse könnten auf die unterschiedlichen Gießverfahren, aber auch auf andere Auswertestrategien, zurückzuführen sein. Letztere müssen sicherlich in Betracht gezogen werden, will man auf eine normierte Bewertung von Volumendefekten abzielen. Nicht zuletzt werden Mindeststandards bezüglich Bildqualität, Auflösung und Artefakte etc. zu definieren sein. Nur so können die Vorteile der CT, die in Zukunft eine immer wichtigere Rolle bei industriellen Anwendungen spielen wird, voll ausgenutzt werden.

Dieses Projekt wird von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft m.b.H. im Rahmen des Cornet II Programms unter der Projekt-Nr. 830209 gefördert.

Literatur

- [1] C. M. Sonsino, K. Dieterich, „Einfluss der Porosität auf das Schwingfestigkeitsverhalten von Aluminium-Gusswerkstoffen – Teil 1“, Giessereiforschung, Vol. 43, 119, 1991.
- [2] G. Schindelbacher, „Einfluss unterschiedlicher Porosität auf die mechanischen Eigenschaften der Legierung GD-AlSi9Cu3“, Gießerei-Praxis, Vol. 19, 381, 1993.
- [3] H. Stroppe, „Einfluss der Porosität auf die mechanischen Eigenschaften von Gusslegierungen“, Giessereiforschung, Vol. 52, 58, 2000.
- [4] VDG-Merkblatt P202, „Volumendefizite von Gussteilen aus Nichteisenmetallen“, 2002.
- [5] I. Pfeifer-Schäller, F. Klein, „Zerstörungsfreie Bauteilprüfung an Aluminium- und Magnesium-Druckgussteilen mithilfe der Computertomographie“, Giesserei-Rundschau, Vol. 50, 109, 2003.
- [6] DIN EN 16016, „Non destructive testing – Radiation methods – Computed Tomography“, 2011.
- [7] VDI/VDE-Richtlinie 2630, „Computed tomography in dimensional measurement“, 2009.
- [8] D. Gross, T. Seelig, „Bruchmechanik: Mit einer Einführung in die Mikromechanik“, Springer, 2007.
- [9] J. Olofsson, „Simulation of mechanical behaviour of cast aluminium components“, Int. J. Cast Metals Res. Vol. 25, 319, 2012.
- [10] J. Rosc, G. Geier, D. Habe, T. Pabel, P. Schumacher, „Methode für die Bewertung von Porositätsanalysen von CT Daten“, Conf. Proc. Industrielle Computertomographie Wels, Shaker Verlag Aachen, p. 85, 2010.
- [11] C. Neu, „Untersuchung zum Einfluss von Gefügeporosität auf die statischen Festigkeitseigenschaften mittels computertomographischer Analyse“, Bachelor Thesis, Fachhochschule Düsseldorf, 2013.
- [12] C. Rehse, D. Schmicker, A. Maaß, R. Bähr, „Ein Bewertungskonzept für computertomographisch ermittelte Porositäten in Gussteilen hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die lokale Beanspruchbarkeit des Bauteils“, Giesserei-Rundschau, Vol. 60, 106, 2013.

Kontaktadresse:

Österreichisches Gießerei-Institut
 A-8700 Leoben | Parkstraße 21
 Tel.: +43 (0)3842 43101-0 | Fax: 43101-1
 E-Mail: office@ogi.at | www.ogi.at

voestalpine

EINEN SCHRITT VORAUSS.

www.voestalpine.com/giesserei_linz

Statistische Versuchsplanung – Ein Werkzeug zur Kosten und Zeiteinsparung*)

Statistical Design of Experiments – A Tool for Saving Costs and Time



Dr. rer. nat. Udo Pohlmann,

Studium der Chemie an der ehemaligen Gerhard-Mercator-Universität-Gesamthochschule Duisburg; Promotion im ehemaligen Fachbereich 8, Gießertechnik. Seit 1998 Leiter der Anwendungstechnik bei Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH, Düsseldorf/D.

Dipl.-Ing. Stefan Seifert,

Studium der Metallurgie und Werkstofftechnik an der RWTH Aachen; seit 2011 Betriebsleiter der Metallguss Seifert GmbH in Westerbürg/D.



fahrprocedere meistens ebenfalls nicht kurzfristig umzusetzen ist, wurde nach alternativen Lösungsmöglichkeiten gesucht.

Statistische Versuchsplanung für Gießereiproblemstellungen

In anderen Branchen und im Bereich der chemischen Binderentwicklung werden schon seit vielen Jahren Statistikprogramme für solche Fragestellungen zu Hilfe genommen. Das Modul der statistischen Versuchsplanung basiert darauf, dass im Gegensatz zur bisher üblichen Vorgehensweise, bei der in einer Versuchsreihe jeweils nur ein Faktor variiert wird, bei der statistischen Versuchsplanung mehrere Faktoren gleichzeitig verändert werden (= Einbeziehung der Wechselwirkungen zwischen Faktoren!). Es werden sogenannte Versuchspläne erstellt, die Folgendes berücksichtigen müssen:

- Anzahl der zu untersuchenden Faktoren (mindestens zwei)
- Art der zu untersuchenden Faktoren (qualitativ oder quantitativ)
- Gewünschte Genauigkeit
- Zuverlässigkeit der Aussagen (Anova = analysis of variance)

Für die Gießereiproblemstellungen relevant sind in der Regel sogenannte Teilfaktorversuchspläne (Screening-Pläne), mit denen mit relativ wenigen Versuchen der Einfluss vieler Faktoren gleichzeitig untersucht werden kann. Ziel ist es, mit wenig Aufwand in kurzer Zeit zu erkennen, welche der Faktoren signifikant sind, d. h. wirklich die Ausgangsvariablen verändern.

Dies soll an einem einfachen Praxisbeispiel verdeutlicht werden:

Eine Gießerei möchte die Kernfertigungszeiten um mindestens 10 % senken, um weiterhin wirtschaftlich produzieren zu können. Die Fachkenner aus dem Bereich der Kernfertigung wählen dazu folgende zehn, aus deren Sicht relevante Faktoren aus:

- Bindergehalt
- Sandkörnung
- Sandtemperatur
- Aminmenge
- Amintemperatur
- Begasungsdruck
- Rampenzeit
- Spüldruck
- Spülzeit
- Art der Entlüftungsdüsen

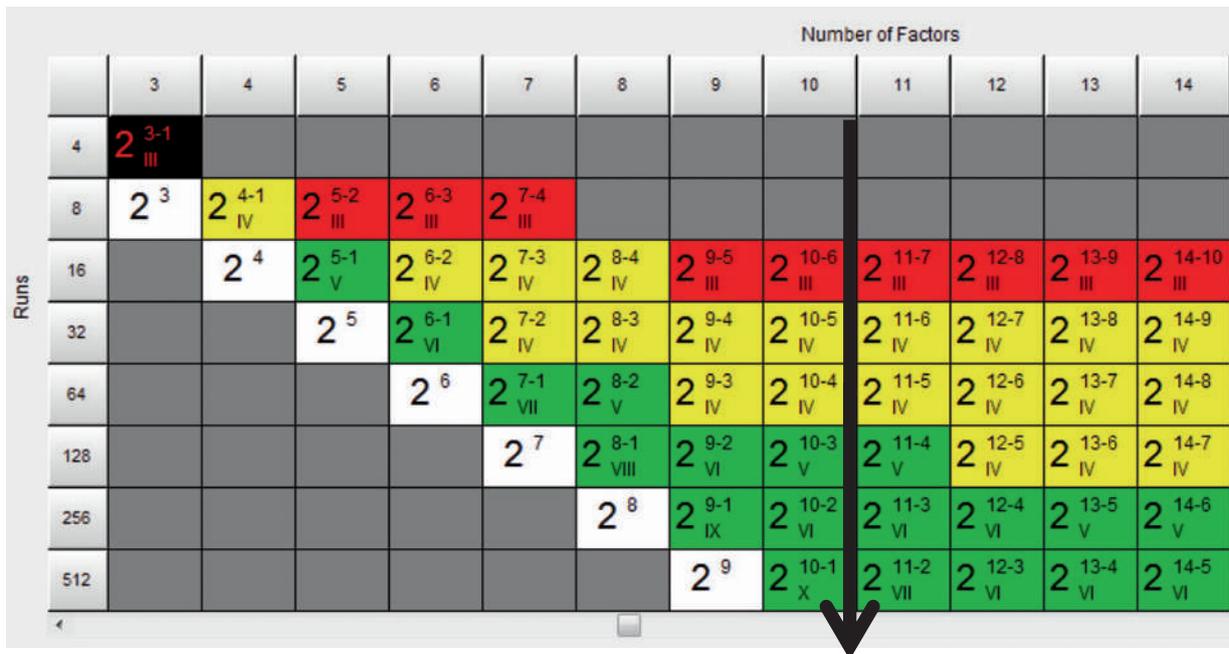
Diese Auswahl mit zwei Stufen (jeweilige Festlegung der Unter- und Obergrenze) bedeutet einen vollfaktorierten Versuchsplan von 2^{10} möglichen Kombinationen = 1024 Versuche.

Schlüsselwörter: Statistische Versuchsplanung, Faktorielle Versuchsplanung, Teilfaktorversuchsplanung, Kernfertigungszeit, Kernfestigkeit, Kerndeformation, Sandanhaftungen, Begasungsdauer

Einleitung

Mit zunehmender Komplexität der von den Gießereikunden geforderten Kerngeometrien, um insbesondere Dünnwandguss zu erhalten, steigen auch die Anforderungen an die Kernbindersysteme stetig an. Die Prozessfenster werden immer enger, die Produktivität muss aus wirtschaftlichen Gründen ständig weiter gesteigert werden und der Lebenszyklus eines Gussteils wird immer kürzer. Dadurch gibt es mehr und mehr Probleme im Tagesgeschäft, insbesondere im Bereich der Kernmachereien. Oft wird von den Gießereimitarbeitern eine kurzfristige Problemlösung eingefordert. In den meisten Fällen versucht der Mitarbeiter auf seine Berufserfahrung zurückzugreifen und aus Zeitgründen mit wenigen „Trial and Error“-Versuchen eine Qualitätsverbesserung zu erzielen. In vielen Gießereianwendungen ist nach dieser Vorgehensweise eine schnelle Problemlösung mit der gewünschten Kostenreduktion nicht oder nur bedingt erzielbar. Der Gießer ruft als letzte Maßnahme irgendwann seinen Zulieferer für Bindemittel zu Hilfe und bittet in der Regel um ein modifiziertes Bindersystem für diese Aufgabenstellung. Da die Optimierung oder gar Umstellung eines Bindersystems aus Gründen der heutigen in Qualitätsvereinbarungen festgeschriebenen strengen Frei-

*) Vorgetragen von Dr. U. Pohlmann am 19. Februar 2014 auf den 10. Formstoff-Tagen in Duisburg.



Steigende Berücksichtigung der Wechselwirkungen

Abb. 1: Faktorieller Versuchsplan

Wie aus der Grafik **Abb. 1** ersichtlich wird, kann bereits mit 16 Versuchen eine erste Aussage über mögliche Effekte einzelner Parameter getroffen werden. Wechselwirkungen zwischen den Parametern sind bei einer solchen Versuchsanordnung nicht eindeutig zu identifizieren und bleiben daher unberücksichtigt. In der Praxis könnte man mit 32 Versuchen (teilmotorisierte Versuchsplanung) beginnen und je nach Effektgrößen den Versuchsumfang verdoppeln, um eine ausreichend hohe Auflösung der Wechselwirkungen innerhalb der Faktoren zu erhalten.

Ziel ist es, mit wenig Aufwand in kurzer Zeit zu erkennen, welche der ausgewählten Faktoren signifikant sind, d. h. wirklich die Ausgangsvariablen des Prozesses verändern.

Sind wesentliche Effekte vorhanden, können diese dazu genutzt werden, die Prozessstreuungen (**Abb. 2**) um den vordefinierten Mittelwert so gering wie möglich zu halten. Darüber hinaus werden Verletzungen der Prozessunter- und Obergrenzen unwahrscheinlicher. Bei einem Verschieben einzelner Prozesswerte in

Richtung der definierten Grenzwerte kann rechtzeitig, über die nun bekannten wechselwirkenden Parameter, in Richtung Mittelwert gegengesteuert werden.

Einen Sonderfall der statistischen Versuchsplanung stellen Mischungspläne dar, in denen die Summe aller zu untersuchenden Komponenten stets 1 ist. Im folgenden Beispiel (**Abb. 3**) wird ein Vierkomponentensystem betrachtet:

Zunächst wird jede Komponente einzeln auf 100 % und die anderen drei Komponenten jeweils auf 0 % gesetzt. Es werden vier von Wechselwirkun-

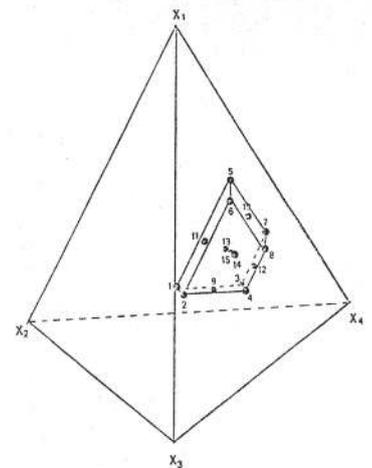
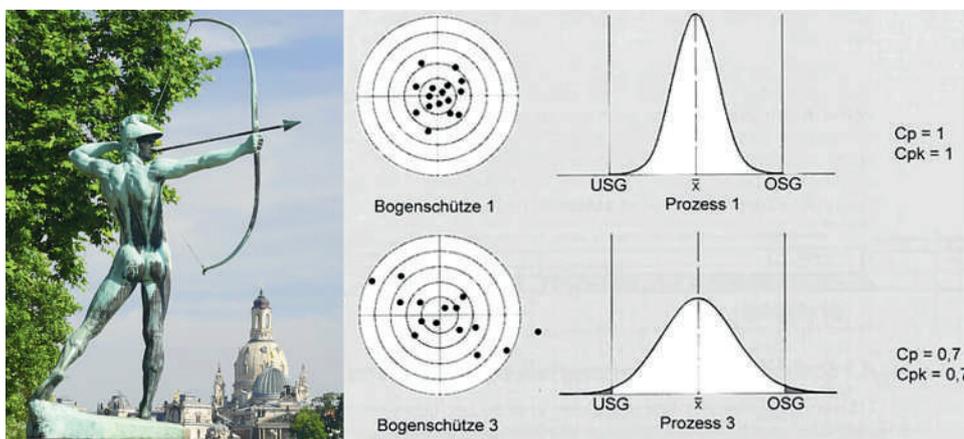
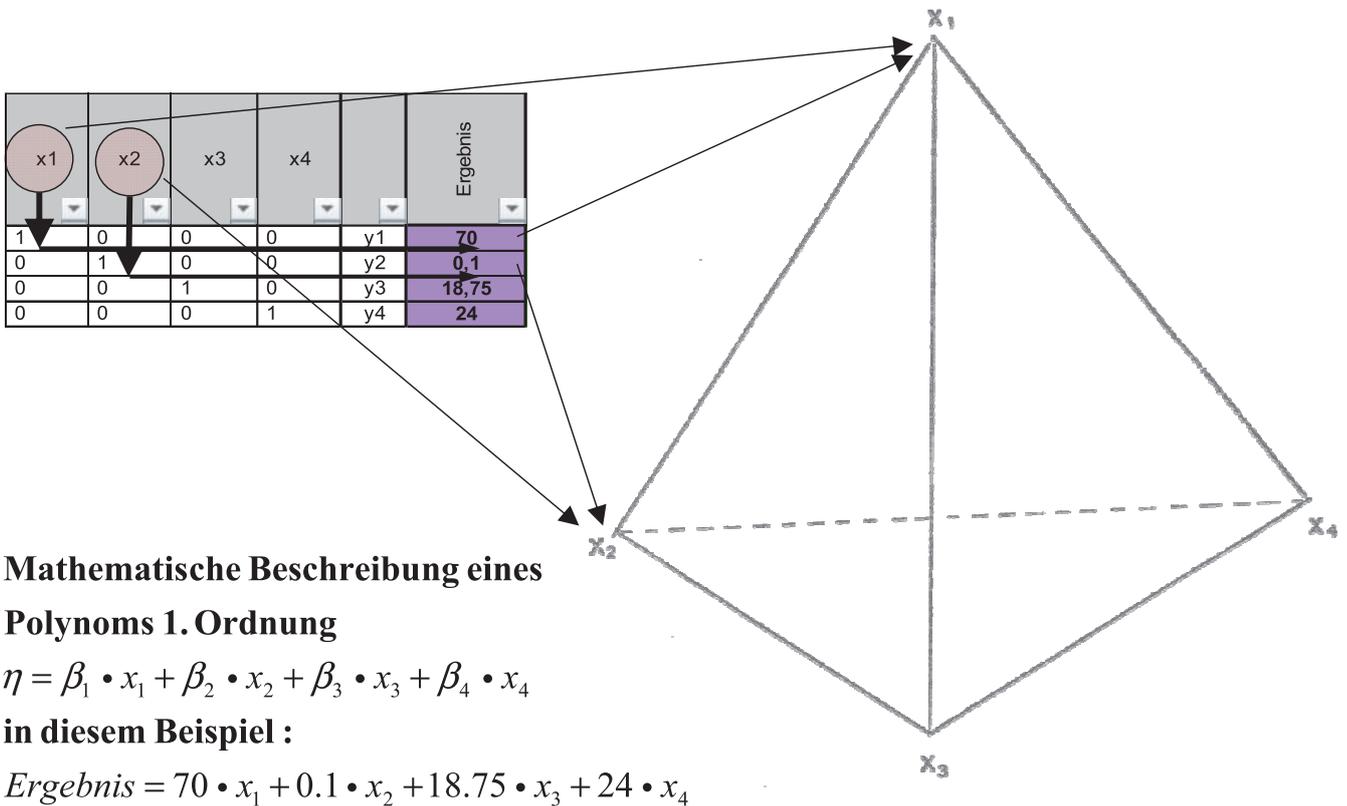


Abb. 3: Mischungsplan mit vier Komponenten



Quelle: Brevier TECHNISCHE KERAMIK

Abb. 2: Optimierung des Prozessfensters



Mathematische Beschreibung eines Polynoms 1. Ordnung

$$\eta = \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_3 \cdot x_3 + \beta_4 \cdot x_4$$

in diesem Beispiel :

$$Ergebnis = 70 \cdot x_1 + 0.1 \cdot x_2 + 18.75 \cdot x_3 + 24 \cdot x_4$$

Abb. 4: Erster Schritt der Versuchsmatrix

gen unabhängige Messergebnisse erhalten, die in diesem speziellen Fall gleichzeitig die Gewichtung in einem Polynom 1. Grades darstellen.

Versucht der Anwender nun aus dieser geringen Versuchsanzahl das ermittelte Polynom 1:1 auf Zwischenwerte (Mischungen) zu übertragen, wird er feststellen

müssen, dass er größere Abweichungen zwischen errechneten und gemessenen Prüfwerten erhält (Abb. 4).

Für eine größere Vorhersagegenauigkeit muss das Polynom um weitere Terme erweitert werden, die die Wechselwirkungen der Einzelkomponenten berücksichtigen (Abb. 5):

						Polynom 1. Ordnung				
						$\eta = \sum_{1 \leq i \leq 4} \beta_i \cdot x_i$				
x1	x2	x3	x4	Ergebnis	Probennr.	Versuchsnr.	Gewichtung Beta _i	errechnetes Ergebnis	Abweichung vom Ergebnis	
1	0	0	0	y1	70	1	70,00	70,00	0,00	
0	1	0	0	y2	0,1	2	0,10	0,10	0,00	
0	0	1	0	y3	18,75	3	18,75	18,75	0,00	
0	0	0	1	y4	24	4	24,00	24,00	0,00	
1/2	1/2	0	0	y12	8	5		35,05	27,05	
1/2	0	1/2	0	y13	39	6		44,38	5,38	
1/2	0	0	1/2	y14	16	7		47,00	31,00	
0	1/2	1/2	0	y23	3,77	8		9,43	5,66	
0	1/2	0	1/2	y24	22	9		12,05	-9,95	
0	0	1/2	1/2	y34	25	10		21,38	-3,63	

Abb. 5: Zweiter Schritt der Versuchsmatrix

$$\eta = \sum_{1 \leq i \leq 4} \beta_i \cdot x_i + \sum_{1 \leq i < j \leq 4} \beta_{ij} \cdot x_i \cdot x_j$$

					Polynom 1. Ordnung				Polynom 2. Ordnung					
					$\eta = \sum_{1 \leq i \leq 4} \beta_i \cdot x_i$				$\eta = \sum_{1 \leq i \leq 4} \beta_i \cdot x_i + \sum_{1 \leq i < j \leq 4} \beta_{ij} \cdot x_i \cdot x_j$					
x1	x2	x3	x4	Ergebnis	Probnr.	Versuchsnr.	Gewichtung $\beta_{i,j}$	errechnetes Ergebnis	Abweichung vom Ergebnis	Probnr.	Versuchsnr.	Gewichtung $\beta_{i,j}$	errechnetes Ergebnis	Abweichung vom Ergebnis
1	0	0	0	y1	70	1	70,00	70,00	0,00	1	1	70,00	70,00	0,00
0	1	0	0	y2	0,1	2	0,10	0,10	0,00	2	2	0,10	0,10	0,00
0	0	1	0	y3	18,75	3	18,75	18,75	0,00	3	3	18,75	18,75	0,00
0	0	0	1	y4	24	4	24,00	24,00	0,00	4	4	24,00	24,00	0,00
1/2	1/2	0	0	y12	8	5		35,05	27,05	5	5	-108,20	8,00	0,00
1/2	0	1/2	0	y13	39	6		44,38	5,38	6	6	-21,50	39,00	0,00
1/2	0	0	1/2	y14	16	7		47,00	31,00	7	7	-124,00	16,00	0,00
0	1/2	1/2	0	y23	3,77	8		9,43	5,66	8	8	-22,62	3,77	0,00
0	1/2	0	1/2	y24	22	9		12,05	-9,95	9	9	39,80	22,00	0,00
0	0	1/2	1/2	y34	25	10		21,38	-3,63	10	10	14,50	25,00	0,00
1/3	1/3	1/3	0	y123	12,69	11		29,62	16,93	11	11		12,69	0,00
1/3	1/3	0	1/3	y124	10	12		31,37	21,37	12	12		9,99	-0,01
1/3	0	1/3	1/3	y134	23,03	13		37,58	14,55	13	13		23,03	0,00
0	1/3	1/3	1/3	y234	17,8	14		14,28	-3,52	14	14		17,80	0,00

Abb. 6: Dritter Schritt der Versuchsmatrix

Die Erweiterung auf ein Polynom 2. Ordnung (Abb. 6) führt nun auch bei der Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen den Einzelkomponenten, im Vergleich zu den erhaltenen Messwerten, zu nahezu exakt errechneten Ergebnissen.

Am folgenden Ergebnis eines Praxisbeispiels für die Optimierung der Sofortfestigkeiten mit Hilfe eines Mischungsplanes aus zwei Rohstoffen für ein Resol-CO₂ Harz ist erkennbar, dass es nicht nur ein Maximum für das gewünschte hohe Festigkeitsniveau gibt, sondern

mehrere Maxima mit unterschiedlichen Mischungsverhältnissen erreichbar sind (Abb. 7).

Dadurch besteht für den Gießer und den Bindemittelhersteller die Möglichkeit, das ökonomischste und ökologischste Bindersystem für die Aufgabenstellung der Gießereien zu entwickeln.

Im Folgenden soll anhand von praktischen Beispielen gezeigt werden, dass heute auch in der Gießereiindustrie niemand mehr gute Ideen nur dem Zufall überlassen muss, sondern diese mit überschaubarem Arbeitsaufwand systematisch finden kann und dadurch das Optimum für eine hohe Prozesssicherheit und wirtschaftliche Fertigung zeitnah erhält.

Sofortfestigkeiten [N/cm²]

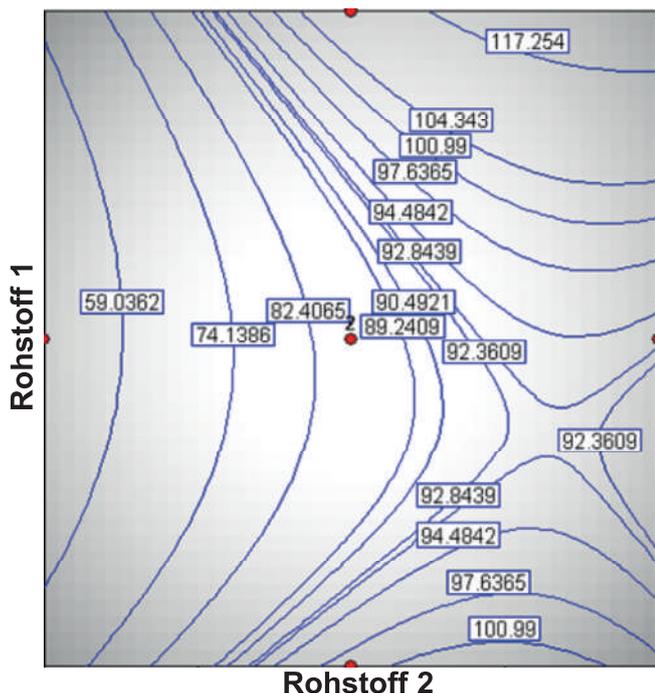


Abb. 7: Ergebnis Mischungsplan für zwei Rohstoffe

Praxisbeispiel 1

Im ersten Praxisbeispiel sollten für eine Eisengießerei, die mit dem Resol-CO₂-Verfahren (Carbophen) Kerne fertigt, bei konstanter Bindermenge die höchstmöglichen Sofortbiegefestigkeiten ermittelt werden:

Laut Kundenvorgaben (Abb. 8) waren fünf variierbare Parameter innerhalb der gießereispezifischen Gren-

Name	Einheit	Minimum	Maximum
Sofortfestigkeiten	N/cm²	?	?
Temp. im Begasungsgerät	°C	70.00	120.00
Heizschlauchtemperatur	°C	20.00	50.00
Begasungszeit	sek	10.00	120.00
Begasungsdruck	bar	1.00	2.00
Schießdruck	bar	2.00	4.00

Abb. 8: Versuchsparameter laut Kundenvorgaben

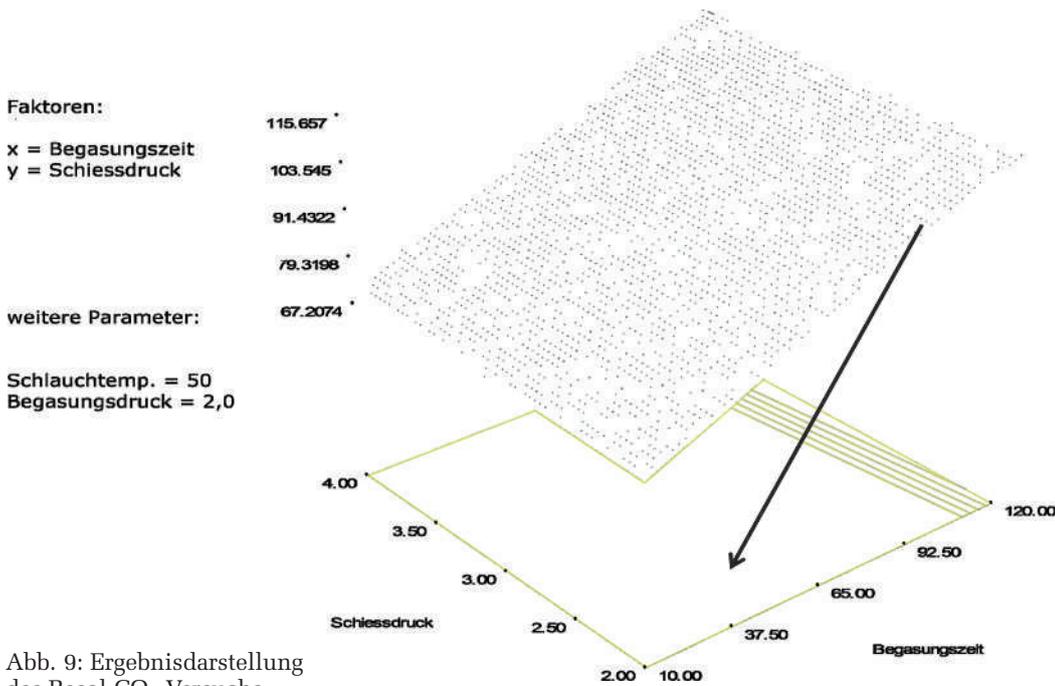


Abb. 9: Ergebnisdarstellung des Resol-CO₂-Versuchs

zen möglich. Die Serienkernsandmischung des Kunden durfte nicht verändert werden:

- 50 GT Neusand
- 50 GT mechanisches Kundenregenerat
- 3,0 GT Carbophenbinder

Für diese Aufgabenstellung wurden in einem Screening-Versuchsplan mit zwei Stufen pro Parameter (Ober-/Untergrenze) 32 Untersuchungen durchgeführt. Dabei wurden Messwerte zwischen 54,3 und 121,7 N/cm² ermittelt.

Wie aus der Ergebnisdarstellung in **Abb. 9** zu erkennen ist, hat die Begasungszeit einen signifikanten, der Schießdruck hingegen nur einen untergeordneten Einfluss in Bezug auf die Sofortfestigkeiten. Der gewählte Stufenabstand für die Begasungszeit bewirkt den stärksten Effekt, der die anderen Parameter in ihren Effekten überlagert.

Praxisbeispiel 2

Im zweiten Praxisbeispiel hatte eine Aluminium Kollengießerei Probleme mit Deformationen an Wasser-

Name	Einheit	Stufe 1	Stufe 2
Deformation	mm	?	?
Binderanteil	GT	2,0	3,0
Additivanteil	GT	1,0	2,0
Kernkastentemperatur	°C	110	160
Begasungstemperatur	°C	100	150
Härtezeit	s	60	90
Begasungszeit	s	25	50
Begasungsdruck	bar	2,0	4,0

Abb. 10: Versuchsparameter laut Kundenvorgaben

raumkernen bei Einsatz von anorganischen Bindersystemen (Cordis). Ziel der Untersuchungen war die Minimierung der Durchbiegung dieser dünnwandigen Kerne. Die Kundenvorgaben (**Abb. 10**) erlaubten dazu sieben Parameter innerhalb der gießereispezifischen Grenzen zu variieren.

Im Labormassstab wurde zunächst anhand von +GF+-Normprüfkörpern in einem Röhrenofen bei 500 °C die

thermische Belastung des anorganischen Formstoffes nachgestellt (**Abbn. 11 u. 12**).

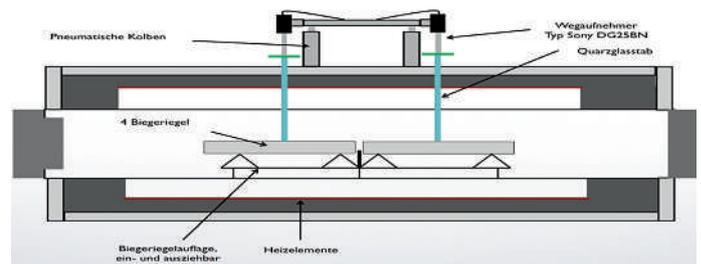


Abb. 11: +GF+-Normprüfkörper vor der thermischen Belastung

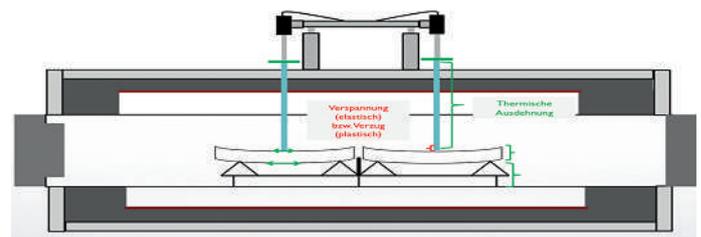


Abb. 12: +GF+-Normprüfkörper nach thermischer Belastung bei 500 °C für 10 Minuten

Für diese Aufgabenstellung wurden in einem Screening Versuchsplan mit zwei Stufen pro Parameter (Ober-/Untergrenze) 35 Untersuchungen durchgeführt. Dabei wurden Messwerte zwischen 0,00 und 2,03 mm ermittelt.

Die Versuchsauswertung mittels Pareto Chart (**Abb. 13**) ermittelt die Parameter mit den stärksten Effekten, die die Deformation positiv oder negativ beeinflussen. In diesem Praxisfall zeigten die Bindemittelvariationen die stärksten Einflüsse, gefolgt von der Kernkastentemperatur und der Begasungszeit.

Alleine durch die Variationen des Cordis- (Binder-) bzw. Anorgit- (Additiv-)Anteils innerhalb der zuläs-

Deformation

- A: Cordisanteil
- B: Anorgitanteil
- C: BGD
- D: KKT
- E: HZ
- F: BGZ
- G: BGT
- Positive Effects
- Negative Effects

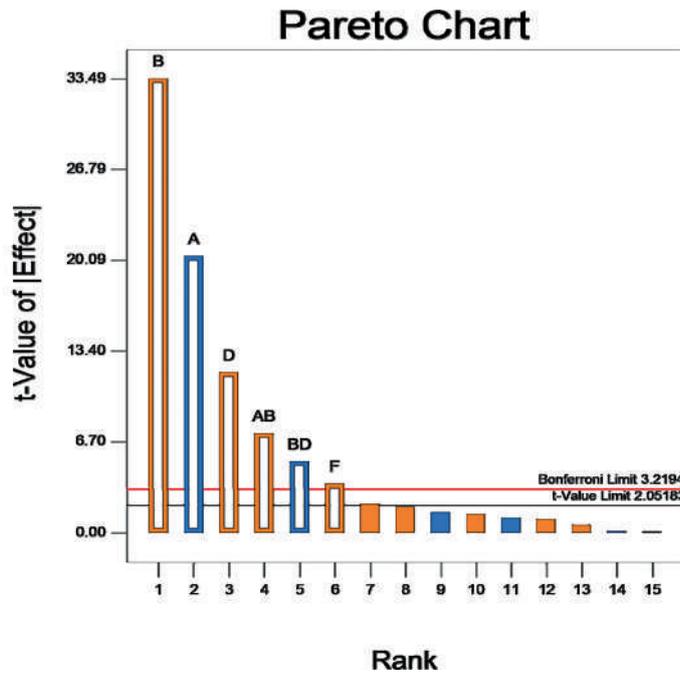


Abb. 13: Pareto Chart des Anorganik-Versuchs zur Deformationsoptimierung



Abb. 15: Deformationsoptimierungen am seriennahen Bauteil

Factor Coding: Actual



X1 = A: Cordisanteil
X2 = B: Anorgitanteil

Actual Factors
C: BGD = 3.00
D: KKT = 110.00
E: HZ = 60.00
F: BGZ = 25.00
G: BGT = 100.00

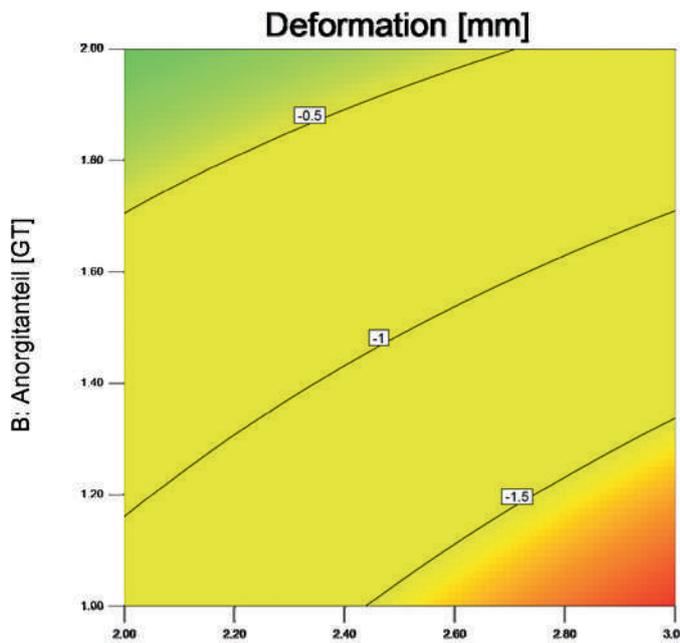


Abb. 14: Ergebnisdarstellung des Anorganik-Versuchs zur Deformationsoptimierung

Praxisbeispiel 3

Eine weitere statistische Versuchsplanung beschäftigte sich im dritten Beispiel mit dem für Aluminiumkokillengießereien weit verbreiteten Phänomen der Sandanhaftungen bei Verwendung von anorganischen Kernen. Alleine durch Optimierungen der Einzelkornfraktionen (Verschiebung der Sieblinien) sollten die Anhaftungen minimiert werden.

Dazu stellte der Sandlieferant folgende sechs nach der Hydroklassierung zusätzlich gesiebte Kornfraktionen zur Verfügung (Abb. 16):

sigen Grenzwerte konnten deformationsarme Kerne mit hoher thermischer Stabilität erhalten werden (Abb. 14).

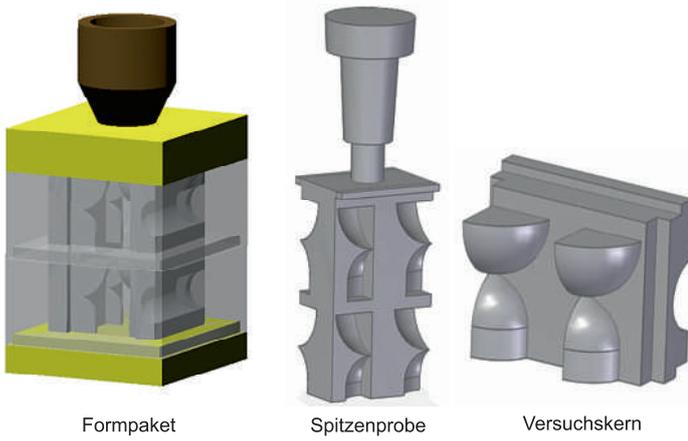
Die ebenfalls mögliche Erhöhung der Kernkastentemperatur zur Deformationsminimierung wurde aus Energiekostengründen nicht weiter verfolgt.

Diese Laborergebnisse sollten anschließend durch Einschießen eines dünnen Versuchskerns mit den Maßen 290 x 22,4 x 11 mm in Serienkanalkerne unter Praxisbedingungen verifiziert werden (Abb. 15).

Die Gießerei stellte sämtliche Versuche in ihren Serienkokillen nach und bestätigte, dass Binder- / Additivverhältnisse nahe 1 : 1 die geringsten Deformationsneigungen zeigten. Diese Ergebnisse wurden anschließend anhand von Serienabgüssen an Zylinderköpfen bestätigt.

Name	Einheit	Minimum	Maximum
Penetration	mm	?	?
Kornfraktion			
> 0,710 mm	%	0	100
0,500 – 0,710 mm	%	0	100
0,355 – 0,500 mm	%	0	100
0,250 – 0,355 mm	%	0	100
0,180 – 0,250 mm	%	0	100
< 0,180 mm	%	0	100

Abb. 16: Versuchsparameter laut Kundenvorgaben



Quelle: Doktorarbeit Stefan Seifert / Diplomarbeit Bastian Gröger

Abb. 17: Versuchsgeometrie zur Reduzierung von Sandanhaftungen

In dieser Untersuchung sollten zunächst, unabhängig von der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, sämtliche zur Verfügung stehenden Kornfraktionen im Bereich von 0 – 100 % variiert werden. In Summe wurden 39 Mischungsverhältnisse untersucht.

Die Kernsandmischung sollte mit einem Mischungsverhältnis von 2,4 GT Cordis (Binder) und 2,4 GT Anorgit (Additiv) für diese Versuchsreihe konstant gehalten werden. Als Prüfkriterium wurde folgende ausgewählte Versuchsgeometrie bei 725 °C mit der Serienlegierung des Zylinderkopfes abgegossen (Abb. 17):

Die erhaltenen Sandanhaftungen an den Gussteilen wurden in Klassen von 1 (= keine Anhaftungen) bis 10 (= starke Anhaftungen) eingeteilt (Abb. 18):

Es zeigte sich ein deutlicher Einfluss des metallostatischen Druckes auf die Anhaftungsneigung, da die tiefer liegenden Gusspartien stärker mit Sand behaftet waren.

Zur Kontrolle, ob die optimierten Kornfraktionen auch für einen Praxiseinsatz in der Großserie geeignet sind, wurden folgende für die Kernfertigung relevanten Kenngrößen parallel ermittelt (Abb. 19):

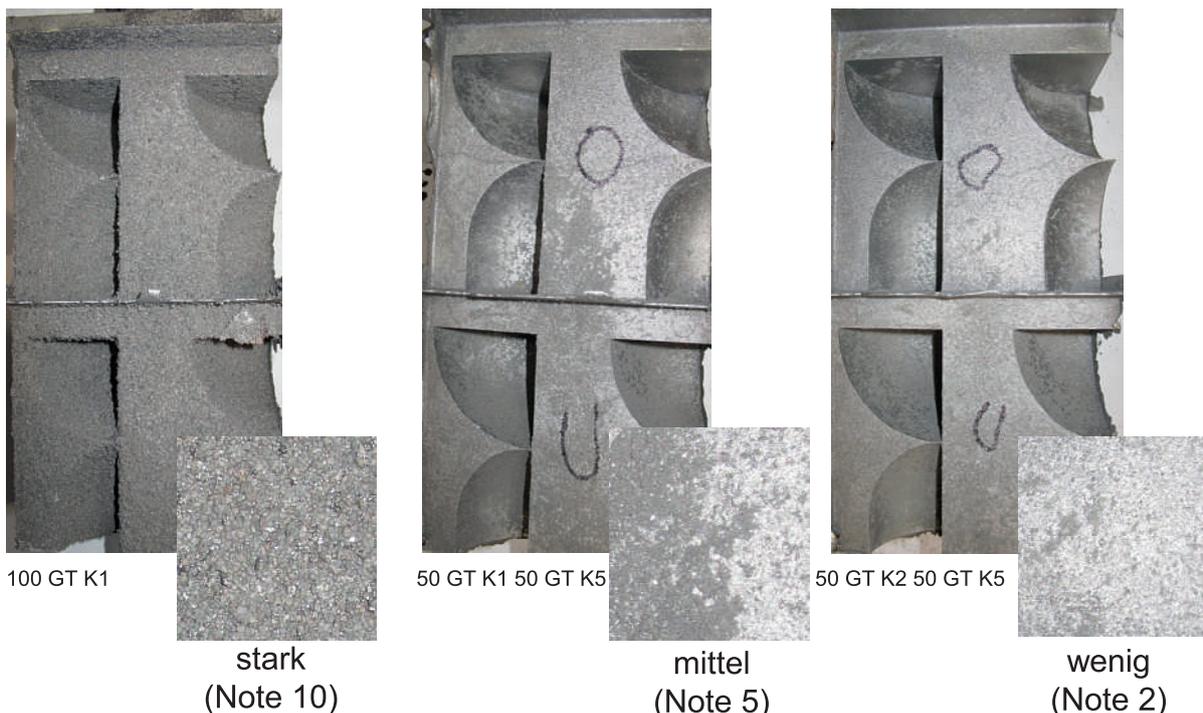
Name	Einheit	Stufe 1	Stufe 2
Sofortbiegefestigkeit	N/cm ²	121	297
1 h Biegefestigkeit	N/cm ²	202	474
Gasdurchlässigkeit	m ² /10 ⁸ Pas	65	2167
Kerngewicht Probe	g	147	180
Zerfall (3 min bei 500 °C)	%	28	100

Abb. 19: Versuchsparameter laut Kundenvorgaben

Parallel zu den systematischen Versuchen mittels statistischer Versuchsplanung wurde von der Gießerei eine empirische (Trial and Error) Optimierung anhand von auf dem Gießereisandmarkt erhältlichen Seriensandgemischen durchgeführt.

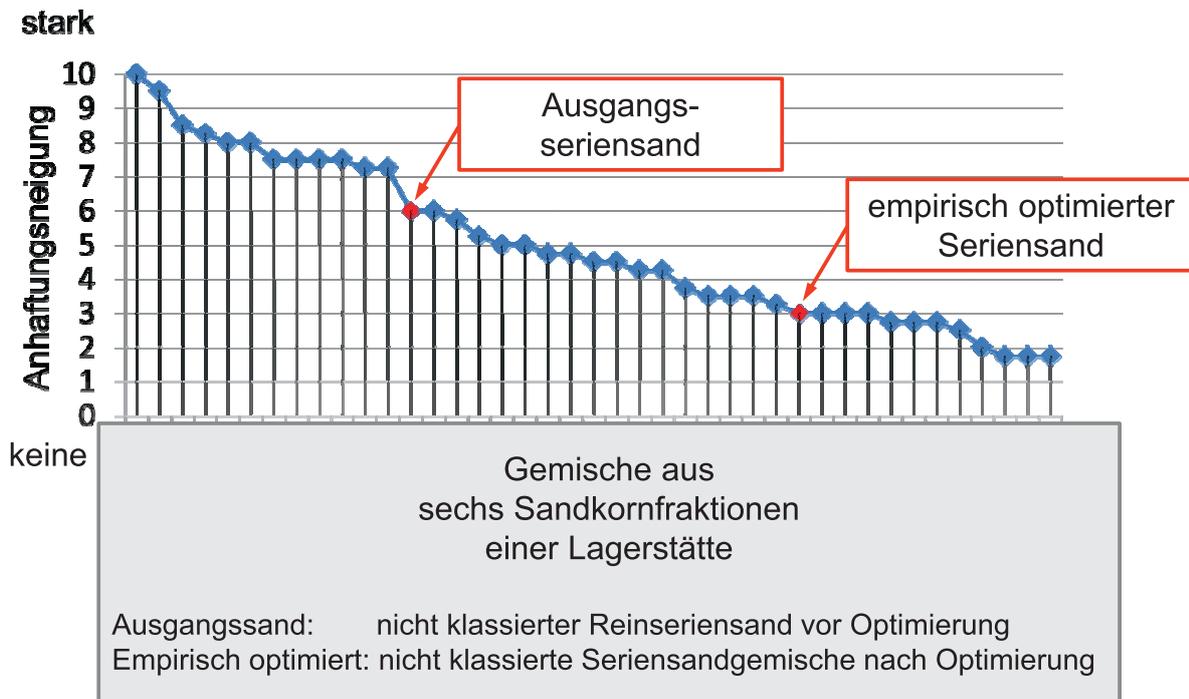
Gegenüber dem bisherigen Seriensand der Gießerei (Anhaftungsnote 6) konnte bereits empirisch eine deutliche Abnahme der Anhaftungsneigung auf die Note 3 erzielt werden (Abb. 20). Die systematischen Abgussuntersuchungen anhand der Spitzenproben ermöglichten eine weitere Reduzierung bis zur Note 2. Während die empirische Optimierung nur ein Ergebnis ergab, erzielte die statistische Versuchsauswertung ein Prozessfenster in Bezug auf die Anhaftungsnote:

Durch die Vielzahl der guten Ergebnisse (Abb. 21) konnte der Kunde, unter Berücksichtigung der übrigen für die prozessichere Großserienkernfertigung rele-



Quelle: Doktorarbeit Stefan Seifert / Diplomarbeit Bastian Gröger

Abb. 18: Klasseneinteilung der Sandanhaftungen am Bauteil



Quelle: Doktorarbeit Stefan Seifert / Diplomarbeit Bastian Gröger

Abb. 20: Ergebnisübersicht zur Reduzierung von Anhaftungen

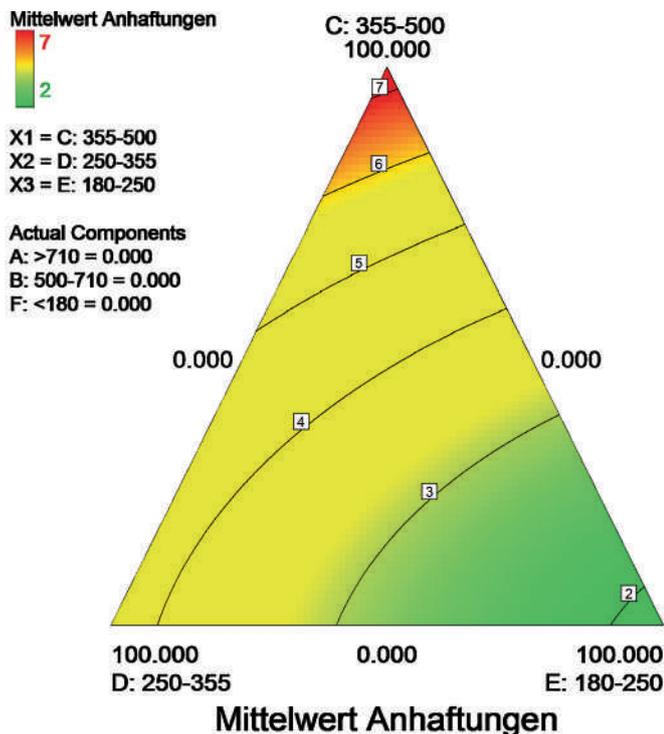


Abb. 21: Teilergebnis zur Reduzierung von Anhaftungen

vanten Kenngrößen, die ökonomischste Sieblinie gezielt festlegen.

Praxisbeispiel 4

Im letzten Praxisbeispiel sollte die Gesamttaktzeit der Kernfertigung im Coldbox-Verfahren für eine Stahlgie-

ßerei durch Reduzierung der Begasungsdauer verkürzt werden. Dazu wurde im Labor ein massiver Versuchskern zur Reaktivitätsoptimierung ausgewählt (Abb. 22). Dieser sollte bei den Untersuchungen ein Mindestgewicht von 2000 g aufweisen:

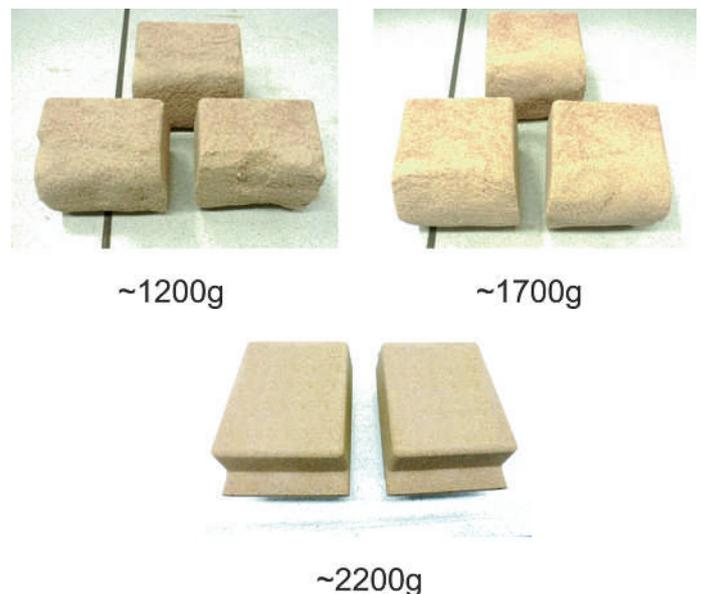


Abb. 22: Versuchsgeometrie Reaktivität

Für diese Aufgabenstellung wurden in einem teilfaktoriellen Versuchsplan mit zwei Stufen (Abb. 23) pro Parameter (Ober-/Untergrenze) 17 Untersuchungen durchgeführt. Dabei ließen sich Kerngewichte zwischen 913 g und 2370 g erzielen.

Name	Einheit	Minimum	Maximum
Kerngewicht	g	?	?
Sandtemperatur	°C	10	40
Bindermenge	g	200	600
Heizschlauchtemperatur	°C	70	120
Begasungsdruck	bar	1	3
Schießdruck	bar	2	4
Begasungszeit	sek	5	20
Temperatur im Begasungsgerät	°C	70	120

Abb. 23: Versuchsparameter laut Kundenvorgaben

Die Auswertung mittels Pareto-Chart ergab, dass alle gewählten Parameter deutliche Effekte aufweisen. Die Reihenfolge der Effekte, geordnet nach ihrer Größe, kann dem Diagramm **Abb. 24** entnommen werden:

Dabei zeigt sich, dass die Bindermenge den größten negativen Effekt in Bezug auf die Reaktivität aufweist. In der Serienfertigung muss daher eine höhere Bindermenge durch eine Erhöhung der Begasungsdauer ausgeglichen werden (**Abb. 25**).

Für eine ökonomische Kernfertigung sollte daher die Bindermenge so gering wie technisch möglich gewählt werden, um die Gesamttaktzeit der Kernfertigung so gering wie möglich zu halten.

Auch eine gut isolierte und beheizte Zuleitung vom Begasungsgerät zur Begasungsplatte (in diesem Versuchsaufbau ein elektrisch beheizter Schlauch) wirkt sich sehr positiv auf die Reaktivität aus (**Abb. 26**).

Bei einer konstanten Bindermenge und sonst konstanten Kernfertigungsparametern konnte durch eine Beheizung der Zuleitung auf 130 °C eine Reduktion der Begasungsdauer um ca. 20 % gegenüber den bisherigen Serieneinstellungen der Gießerei erzielt werden.

Schlussfolgerungen

Wie die oben ausgeführten Praxisbeispiele zeigen, sind Prozessoptimierungen mit Hilfe einer statistischen Versuchsplanung möglich und führen für den Anwender in der Produktion garantiert zu einer Kosten- und Zeiteinsparung. Dabei müssen allerdings folgende Randbedingungen unbedingt beachtet werden:

- Festlegung der relevanten Prozessgrenzen (Ober-/Untergrenzen),
- Festlegung der Anzahl prozessrelevanter Prüfparameter,
- Ausreichende Anzahl von Versuchen definieren und alle korrekt durchführen (100%ige Versuchsplanerfüllung),
- Versuchsdurchführung unter möglichst definierten Randbedingungen (hohe Prozessstabilität),
- Versuchsauswertung nur mit Messmethoden, die geringe Methodenungenauigkeiten (Standardabweichungen) aufweisen,
- Mehrfachbestimmungen erhöhen die Genauigkeit der statistischen Versuchsauswertung (mindestens Dreifachbestimmungen, besser Fünffachbestimmungen).

Kerngewicht

- A: Bindermenge
- B: Schlauchtemperatur
- C: Sandtemperatur
- D: Begasungsdruck
- E: Schießdruck
- F: Begasungsdauer
- G: Arntemperatur
- Positive Effects
- Negative Effects

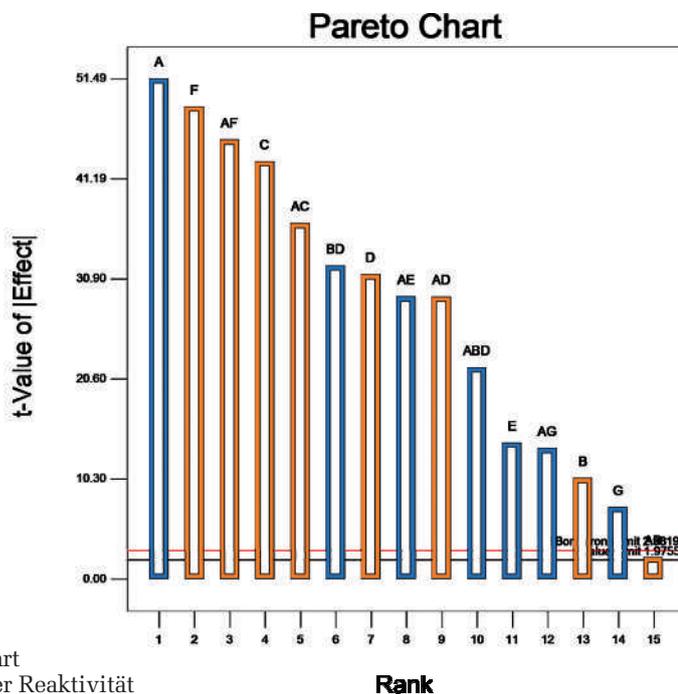


Abb. 24: Pareto Chart zur Optimierung der Reaktivität

Factor Coding: Actual

Kerngewicht



X1 = A: Bindermenge
X2 = F: Begasungsdauer

Actual Factors

- B: Schlauchtemperatur = 20.00
- C: Sandtemperatur = 20.00
- D: Begasungsdruck = 1.00
- E: Schießdruck = 4.00
- G: Arntemperatur = 120.00

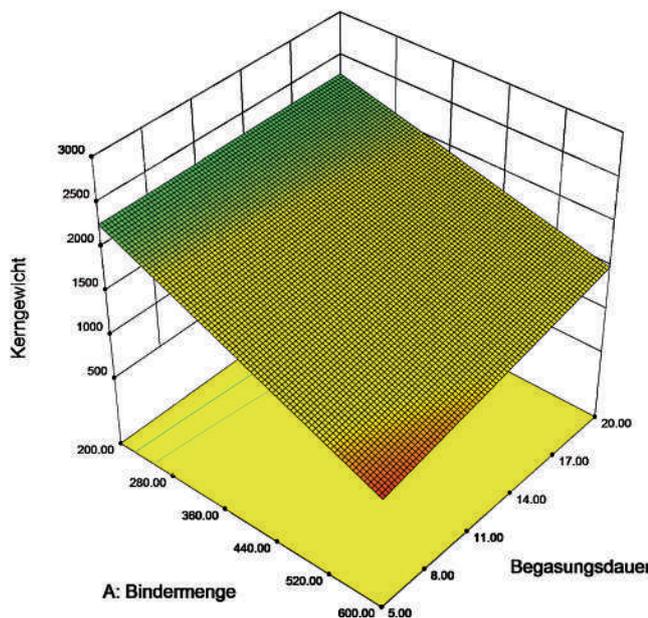


Abb. 25: Teilergebnis zur Optimierung der Reaktivität

Factor Coding: Actual
Overlay Plot

Kerngewicht

X1 = B: Schlauchtemperatur
X2 = F: Begasungsdauer

Actual Factors

A: Bindermenge = 400.00
C: Sandtemperatur = 20.00
D: Begasungsdruck = 2.00
E: Schießdruck = 4.00
G: Amintemperatur = 120.00

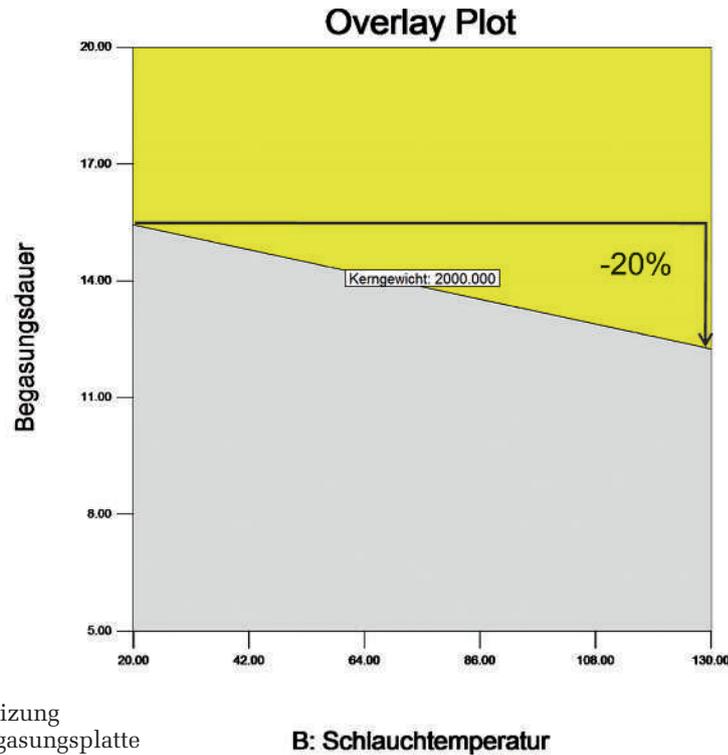


Abb. 26: Einfluss der Beheizung der Aminzuleitung zur Begasungsplatte

Wenn alle diese Grundlagen beachtet werden, gelingt eine Prozessoptimierung meistens nicht nur schneller als mit dem „Trial and Error“-Prinzip (nur Einzelparameteroptimierung), sondern garantiert durch die gleichzeitige Berücksichtigung von Parameterwechselwirkungen vor allem die Ermittlung der wirtschaftlich und qualitativ optimalsten Prozessparameter. Bei korrekt abgearbeiteten Versuchsplänen ermöglicht jede später notwendige Prozessänderung eine Vorhersage – innerhalb der definierten Grenzen – über die zu erwartenden Ergebnisse.

Kontaktadresse:

Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH | D-40549 Düsseldorf | Wiesenstraße 23/64
Tel.: +49 (0)211 5087 0 | Fax: +49 (0)211 500560 | E-Mail: info@huettenes-albertus.com
www.huettenes-albertus.com

Metallguss Seifert GmbH | D-56457 Westerburg | Boschstraße 8-10
Tel. +49 (0)2663 91 540 | Fax: +49 (0)2663 91 5429 | E-Mail: info@metallguss-seifert.de
www.metallguss-seifert.de

voestalpine
GIESSEREI TRAISEN GMBH

www.voestalpine.com/giesserei_traisen

Prozessentwicklung für das 3D-Drucken mit anorganischen Formstoffsystemen

Process Development for 3D-Printing of Inorganic Sand Moulds



Dipl.-Ing. Robert Ramakrishnan, studierte Werkstoffwissenschaften an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg mit dem Schwerpunkt *Metallische Werkstoffe*. Nach seinem Abschluss im Jahre 2010 nahm er eine Stelle als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen (utg) der Technischen Universität München (TUM) an. Hier bearbeitet er verschiedene wissenschaftliche Projekte im Bereich der anorganischen Formstoffe und ist seit 2013 für die Koordination der Gießereigruppe des Lehrstuhls verantwortlich.

Dipl.-Ing. Benjamin Griebel, studierte Fahrzeug- und Motorenbau an der Technischen Universität München von 2007 bis 2013. Seit dem Diplom arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen (utg) der TUM im Bereich der anorganischen Formstoffe. Hierbei beschäftigt er sich aktuell mit dem Thema Prüftechnik und Kernschießen.



Dr.-Ing. Daniel Günther, schloss 2004 das Studium des Maschinenwesens an der TU München in den Fachrichtungen Mikrotechnik und Mechatronik als Dipl.-Ing. ab. Von 2004 bis 2007 war er Mitarbeiter am Lehrstuhl für Feingerätebau und Mikrotechnik (Prof. Heinzl) und am Lehrstuhl für Medizingerätetechnik und Mikrotechnik (Prof. Lüth) der TU München. Hier verfasste er seine Dissertation zum Thema: „Bimorph-Piezoaktoren mit strukturierten Elektroden für die Mikrofluidik“. Anschließend wurde er Leiter der 3D-Druckprozessentwicklung bei der Voxeljet Technology GmbH und ist seit 2013 Leiter der Forschung und Entwicklung der Voxeljet AG.

Dipl.-Ing. Johannes Günther, studierte Physik an der Universität Augsburg. 2004 lehrte er als Referendar Mathematik und Physik. Seit 2005 ist er als Systementwickler in der F+E der Voxeljet AG tätig. Er war an der Entwicklung von organischen wie anorganischen Sandbindersystemen beteiligt und setzte diese auf 3D-Druckern um.



Prof. Dr.-Ing. Wolfram Volk, geb. 1968, studierte an der TH Darmstadt zuerst Physik und dann Mechanik mit dem Abschluss zum Dipl.-Ing. im Jahre 1994. Danach folgte die Promotion in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Ehlers an der Universität Stuttgart, Institut für Mechanik, mit Abschluss 1999 zum Dr.-Ing. Prof. Volk arbeitete im Anschluss bei der BMW AG in München in verschiedenen Funktionen der Technologie *Umformen* mit Schwerpunkt Umformsimulation, Produkt- und Prozessplanung sowie Konzeptentwicklung. Seit 1.4.2011 ist Prof. Wolfram Volk Ordinarius des Lehrstuhls für Umformtechnik und Gießereiwesen (utg) der TU München.



Schlüsselwörter: Rapid Prototyping, 3D-Drucken von Sandformen und Kernen, Anorganik

Kurzfassung

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit der Prozessentwicklung eines 3D-Druckverfahrens zur generativen Herstellung von Formen und Kernen unter Verwendung eines anorganischen Sand-Binder-Systems. Übergeordnetes Ziel des Forschungsvorhabens ist es, den Einsatz umweltfreundlicher, anorganischer Formstoffsysteme im Prototypen- und Kleinserienguss, in dem gedruckte Formen und Kerne immer häufiger eingesetzt werden, zu ermöglichen. Die grundlegenden Unterschiede zum 3D-Druck mit einem organischen Kaltharzsystem werden aufgezeigt und qualitätsrelevante Prozessparameter des neuartigen, anorganischen 3D-Druck-Prozesses eingeführt. Da das anorganische Bindersystem während des Druckens thermisch aktiviert wird, liegt der Hauptfokus hierbei auf der eingebrachten Prozesswärme. Die Bewertung der Eigenschaften der hergestellten Prüfkörper erfolgt auf Basis der Qualitätsmerkmale Festigkeit und Fluidmigration, für die neuartige Methoden der Formstoffprüfung zum Einsatz kommen. Die Ergebnisse zeigen, dass die identifizierten Prozessparameter einen signifikanten Einfluss auf die Eigenschaften der Prüflinge haben. Ebenso wird der Zusammenhang zwischen Festigkeit und Fluidmigration untereinander dargestellt. Das Verständnis der Zusammenhänge zwischen Prozessparametern und Qualitätsmerkmalen ermöglicht somit die gezielte Anpassung der Eigenschaften der gedruckten Formen und Kerne an gusspezifische Anforderungen.

Einleitung

Durch das zunehmende Umweltbewusstsein der Gesellschaft und den damit verbundenen, gestiegenen politischen Druck auf das produzierende Gewerbe in Deutschland zeichnet sich seit ca. 10 Jahren ein starker Trend in den Gießereien hierzulande ab: Die Fertigung

*) Vorgetragen von Prof. Dr.-Ing. W. Volk auf der 58. Österreichischen Gießerei-Tagung am 25. April 2014 in Bad Ischl und am Deutschen Giessereitag 2014 am 16. Mai 2014 in Hamburg.

von Sandformen und -kernen wird von konventionellen organisch gebundenen Sanden auf neuartige, anorganische Bindersysteme umgestellt [1], [2], [3]. Diese anorganischen Bindersysteme enthalten sehr wenig bis keine Kohlenwasserstoffverbindungen und verursachen somit beim Kontakt mit der metallischen Schmelze keine schädlichen Emissionen [4]. Weitere technologische und ökonomische Vorteile, wie beispielsweise Kondensatreduktion an Gussteilen und Werkzeugen sowie reduzierte Luftaufbereitung lassen die anorganischen Bindersysteme für kleine und mittelständische Gießereien sowie Großseriengießereien immer attraktiver werden [5]. Vorzugsweise kommen diese anorganischen Bindersysteme bei der Kernherstellung mittels Kernschießen zum Einsatz.

Hier wird das Sand-Binder-Gemisch mittels Druckluft fluidisiert, in ein beheiztes Kernkastenwerkzeug eingeschossen und anschließend durch Dehydratation ausgehärtet [6]. Die Umstellung des verwendeten Bindersystems stellt jedoch eine tiefgreifende Veränderung im Produktionsprozess eines Gussteils dar. Durch die Verfügbarkeit eines Verfahrens, mit dem bereits im Prototypenstadium eines Gussteils diese Umstellung abgesichert werden kann, ließen sich sehr früh in der Produktentstehungsphase verlässliche Aussagen zur Herstellbarkeit und Qualität des Gussteils treffen und somit Kosten für spätere Prozessanpassungen einsparen.

Hier setzt das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderte Kooperationsprojekt der voxeljet AG (Friedberg) und des Lehrstuhls für Umformtechnik und Gießereiwesen (utg) der Technischen Universität München an. Gemeinsam wird ein Verfahren entwickelt, welches es ermöglicht, anorganisch gebundene Sandformen und -kerne in einem 3D-Druckverfahren herzustellen. Dieses additive Herstellungsverfahren ist für Prototypen und Kleinserien besonders attraktiv, da durch die generative Fertigungsmethode auf kostenintensive Werkzeuge verzichtet werden kann. Derzeit basiert das 3D-Drucken im industriellen Gießereibereich ausschließlich auf organischen Bindersystemen [7], [8]. Hier müssen teilweise gesundheitsschädliche und giftige Stoffe eingesetzt werden, die eine Gefahr für Mensch und Umwelt darstellen [9]. Eine Übertragung der Eigenschaften eines organisch gedruckten

Prototypenkerns auf den später anorganisch geschossenen Serienkern ist nur sehr eingeschränkt möglich. Dies äußert sich beispielsweise in dem stark unterschiedlichen Ausgasverhalten beim Abguss. Bei der Zersetzung organischer Bindersysteme in der Gusschmelze entsteht deutlich mehr Kerngas als bei anorganischen Systemen [10].

Im Rahmen des Projekts werden umfangreiche Parameterstudien durchgeführt, die die verschiedenen Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen Prozessparametern und Qualitätsmerkmalen aufzeigen. Übergeordnetes Ziel ist es hierbei, die Eigenschaften eines anorganisch gedruckten Kerns weitestgehend an die eines anorganisch geschossenen Kerns anzugleichen. In dem vorliegenden Beitrag werden relevante Prozessparameter des 3D-Druck-Prozesses beschrieben und ihr Einfluss auf ausgewählte Qualitätsmerkmale anhand exemplarischer Ergebnisse aufgezeigt.

Grundlagen

3D-Drucken von Formstoffsystemen für Gießereianwendungen

Aus der Vielzahl der generativen Verfahren, die sich in der Produktionstechnik etabliert haben, bezieht sich der vorliegende Artikel auf ein „indirektes, 3D-Printing (3DP)“-Verfahren im Sinne der VDI-Richtlinie 3404 [11]. Nach dieser Definition handelt es sich dabei um einen „schichtweisen Bauprozess durch punktweises Auftragen von Binder und durch Verfestigungskleben von pulverförmigem Material“. Die Klassifikation als „indirektes Verfahren“ ist darin begründet, dass „das im generativen Fertigungsprozess entstandene Teil als Urmodell/Werkzeug für weitere Fertigungsverfahren (hier: Gießen) dient“. Das 3D-Drucken mit Formstoffsystemen ist das Verfahren, welches sich für die Herstellung von Formen und Kernen für Gussanwendungen am stärksten durchgesetzt hat [7], [11]. Vor allem im Entwicklungs- und Prototypenbereich spielen gedruckte Formen und Kerne eine wichtige Rolle im Produktentstehungsprozess [8], [12]. Angetrieben von dem Trend zu immer größerer Variantenvielfalt, verbunden mit kürzeren Entwicklungszeiten, wird dieses generative Fertigungsverfahren

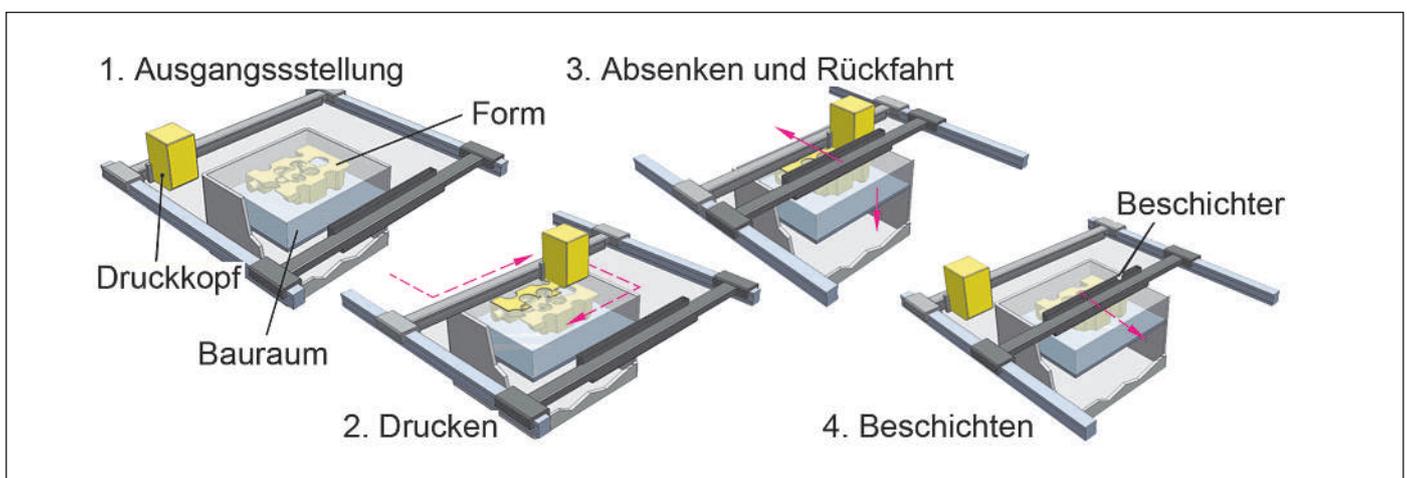


Abb. 1: Prozessschritte des pulverbettbasierten 3D-Druckens [14]

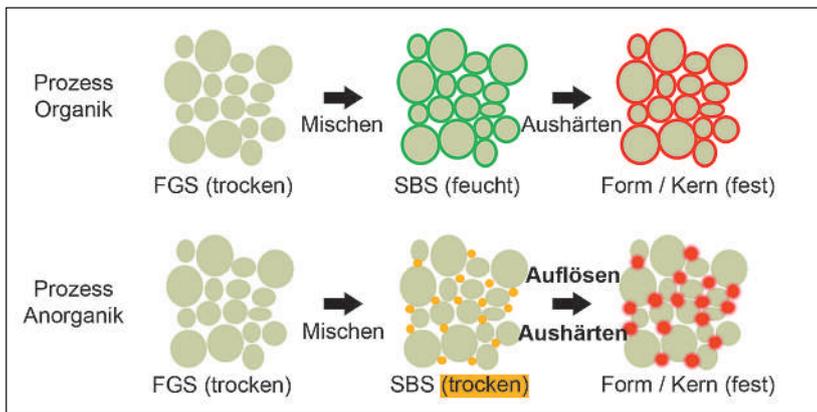


Abb. 2: Schematische Gegenüberstellung des 3D-Druck-Prozesses mit einem organischen und einem anorganischen Bindersystem mit Quarzsand als Formgrundstoff (FGS)

auch für größere Serien zunehmend wettbewerbsfähig [13]. Das 3D-Druck-Verfahren ermöglicht dem Benutzer dabei, direkt von CAD-Daten zu gießbaren Formen und Kernen zu gelangen. **Abb. 1** zeigt schematisch die einzelnen Prozessschritte.

Die 3D-CAD Daten des zu bauenden Teils werden mit Hilfe einer Software in 2D-Schichten überführt und dem 3D-Drucker übermittelt. Jeder Bauschritt besteht aus einem Auftragen einer dünnen (ca. 0,25 mm) Sandschicht, dem selektiven Bedrucken dieser Schicht mit dem Binder und dem abschließenden Senken der Bodenplatte des Bauraums um die Schichtdicke. Durch vielfaches Wiederholen dieser Schritte wird eine Sandform generativ hergestellt, die nach Beendigung des Druckvorgangs lediglich von dem umliegenden losen Sand befreit werden muss, bevor sie weiterverarbeitet werden kann.

Bindersysteme für organischen und anorganischen 3D-Druck und Notwendigkeit der thermischen Prozessführung

Das, im Rahmen der vorgestellten Untersuchungen verwendete, VX-500 3D-Drucksystem der voxeljet AG war ursprünglich für die Verarbeitung von Polymeren ausgelegt. Durch gezielte Anlagenanpassungen auf das verwendete anorganische Sand-Binder-System (SBS) konnte bereits in Vorarbeiten die grundsätzliche Verarbeitbarkeit des anorganischen Formstoffsystems im 3D-Druck-Prozess sichergestellt werden. Um das volle Potenzial des anorganischen Bindersystems ausschöp-

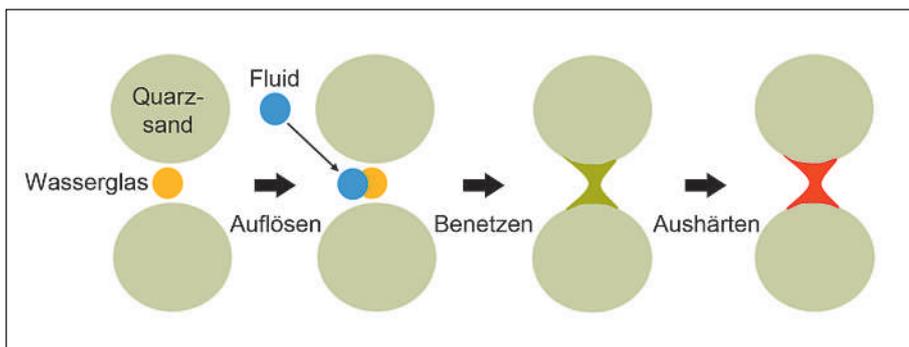


Abb. 3: Schematischer Vorgang des Lösens, Benetzens und Aushärtens des anorganischen Bindersystems

fen zu können, erfordert es – verglichen mit dem 3D-Druck eines Kaltharz-Bindersystems – eine thermisch unterstützte Prozessführung. **Abb. 2** stellt schematisch die ablaufenden Bindungsprozesse beim organischen Kaltharzsystem und bei dem verwendeten anorganischen Sand-Binder-System dar.

Ausgangspunkt der Form- bzw. Kernherstellung ist Quarzsand als Formgrundstoff (FGS). Beim organischen Prozess erfolgt das Mischen des Formgrundstoffs mit einer der beiden flüssigen Binderkomponenten (Harz/Härter) kurz vor Beginn des Druckprozesses. Der Recoater trägt das mit einer Binderkomponente benetzte Formstoffgemisch im Bauraum auf. Dort wird es anschließend selektiv vom Druckkopf bedruckt. Treffen beim Druck beide Binderkomponenten aufeinander, so kommt es zu einer Aushärtungsreaktion des Harzes, wodurch umliegende Sandkörner über Binderbrücken fest aneinander gebunden werden. Das organische Bindersystem ist chemisch exakt auf die Verwendung im 3D-Druck abgestimmt, so dass unmittelbar nach Ende eines Druckprozesses die nahezu endfeste Form entnommen werden kann.

Der anorganische 3D-Druckprozess geht ebenfalls von einem Quarzsand als Formgrundstoff aus. Hier wird jedoch der Quarzsand mit einem trockenen Natriumsilikat-Pulver, welches als anorganischer Wasserglasbinder dient, vor dem Prozess gemischt. Hierbei ist das Anmischen des Sand-Binder-Systems (SBS) zeitlich vom 3D-Druck-Prozess entkoppelt, da das trockene Gemisch unter geeigneten Bedingungen problemlos gelagert werden kann. Analog zum Organik-Prozess trägt auch beim Anorganik-Prozess der Recoater schichtweise das SBS im Bauraum auf. Das Druckfluid – mit dem die zu bindenden Bereiche bedruckt werden – besteht im Falle des Anorganik-Prozesses überwiegend aus Wasser, welches als Lösungsmittel für das trockene Wasserglas dient. Um Wasser mit einem konventionellen Piezo-Druckkopf stabil verdrucken zu können, müssen hierbei Viskosität und Oberflächenspannung entsprechend angepasst werden. **Abb. 3** verdeutlicht im Detail die einzelnen Vorgänge bei der Reaktion des anorganischen Sand-Binder-Systems.

Trifft das Fluid auf das trockene Sand-Wasserglas-Gemisch, so löst es das trockene Wasserglas an und aktiviert damit das System. Es entsteht ein viskoses Wasserglas, welches in der Lage ist, die umliegenden Sandkörner zu benetzen. Wird dem System durch physikalisches Trocknen das Wasser größtenteils wieder entzogen, so bildet das Wasserglas Binderbrücken zwischen den Sandkörnern aus, die für einen festen Zusammenhalt sorgen [15]. Die Art und Weise des Aktivierens und Abbindens des Systems beeinflusst maßgeblich die Eigenschaften der gedruckten Formen und Kerne. Um diese gezielt steuern zu können, können verschiedene Parameter des 3D-Druckprozesses

variiert werden, die der folgende Abschnitt detailliert beschreibt.

Experimentelles Anlagensetup und Prozessüberwachung

Aus der zuvor beschriebenen zweistufigen Reaktionsebenen beim 3D-Drucken mit anorganischen Formstoffsystemen ergeben sich für die Prozessentwicklung die folgenden Haupteinflussfaktoren:

- Konzentrationsverhältnis (Wasserglas zu Druckfluid)
- Aktivierungsenergie (Prozesswärme)

Im Rahmen der Untersuchungen wurde die Konzentration an trockenem Wasserglas im Sand-Binder-System konstant bei 10 Gew.-% gehalten. Die Einstellung des Konzentrationsverhältnisses von Wasserglas zu Druckfluid erfolgt durch eine Anpassung des Fluideintrags pro Volumeneinheit (Voxel). Der Fluideintrag E_{FI} wird in Prozent [%] angegeben und berechnet sich nach folgender Formel:

$$E_{FI} = \frac{m_{FI}}{\rho_{SBS} * dx * dy * dz}$$

Über die messtechnische Erfassung der Fluidmasse (m_{FI}) sowie der Dichte des Sand-Binder-Systems (SBS) und der Vorgabe der Voxelgröße ($dx * dy * dz$) kann der Eintrag exakt eingestellt werden.

Um den Haupteinflussfaktor der Aktivierungsenergie steuern zu können, wurde mit Hilfe einer Wärmequelle die Möglichkeit geschaffen, den Prozess thermisch zu beeinflussen. Die thermische Prozessentwicklung verfolgt hierbei zwei Hauptziele:

- Kontrolle der Aktivierung des Bindersystems (Auflösung)
- Kontrolle des Abbindens des Bindersystems (Trocknung)

Als Wärmequelle dient ein steuerbarer Infrarot (IR)-Strahler, der horizontal an der Druckkopfachse befestigt ist und parallel über die Bauraumoberfläche geführt wird (vgl. **Abb. 4b**). Die Steuerung des IR-Strahlers übernimmt eine eigens programmierte Software. Diese wurde in LabView® (National Instruments Germany GmbH) ausgeführt. Die Temperatursteuerung gibt dem Strahler Leistungsprofile vor, mit der die gewünschte Bauraumtemperatur eingestellt werden kann. Des Weiteren zeichnet das Programm die thermischen Prozessdaten der integrierten Thermoelemente am Bauraumrand und am Druckkopf auf. Eine Wär-

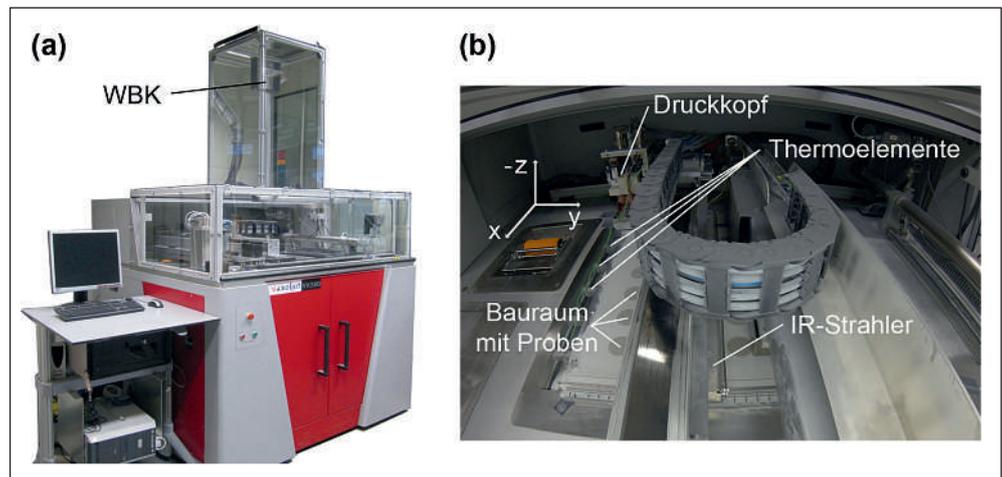


Abb. 4: Außenansicht des VX500 3D-Druckers (a) nach Umbaumaßnahmen zur Positionierung der WBK über dem Bauraum und Innenansicht (b) während der Überfahrt der Druckachse über den Bauraum.

mebildkamera (WBK), die senkrecht über dem Bauraum angeordnet ist, zeichnet vollradiometrische Bilder während des Prozesses auf, die eine orts- und zeit aufgelöste Analyse der thermischen Prozessbedingungen erlauben. Eine Außenansicht der Anlage sowie eine Innenansicht während eines Bauprozesses sind in **Abb. 4** dargestellt.

Neben den zuvor genannten Hauptfaktoren, die speziell für das untersuchte Sand-Binder-System eine wichtige Rolle spielen, nehmen eine Reihe weitere – für generative Verfahren typische – Parameter auf die Eigenschaften der gedruckten Teile Einfluss. Hierzu gehören beispielsweise die Beschaffenheit des Formgrundstoffs, die Verdichtung des Partikelmaterials, die Lage und Orientierung des Bauteils in dem Bauraum aber auch die Lagerung der Bauteile nach dem Druckprozess [11], [16]. Um die angestrebte Ursache-Wirkungs-Analyse durchführen zu können, werden diese – sowie alle weiteren Parameter, die nicht im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchungen betrachtet werden sollen – konstant gehalten.

Qualitätsmerkmale und Prüflinge

Um den Einfluss der Faktoren quantitativ erfassen zu können, müssen relevante Qualitätsmerkmale definiert werden. Die Auswahl der Qualitätsmerkmale orientiert sich dabei sowohl an der VDI Richtlinie zur Beschreibung generativer Fertigungsverfahren [11] als auch an den VDG Merkblättern zur Prüfung von Formgrundstoff- und Bindemittleigenschaften [17], [18]. Aus den ausgewählten Qualitätsmerkmalen ergeben sich wiederum verschiedene Prüflingsgeometrien, anhand derer die Qualitätsmerkmale überprüft werden können. Als Hauptqualitätsmerkmale wurden im Rahmen der Untersuchungen die Fluidmigration und die Festigkeit definiert.

Die Fluidmigration beschreibt das „Wandern“ des eingetragenen Fluids im trockenen SBS. Sobald Fluid auf dem SBS auftrifft, wird es durch die Hygroskopie (Affinität zu Wasser) des Systems in seine unmittelbare Umgebung gezogen. Dieser Effekt ist besonders kritisch bei der Kombination von massiven und filigranen

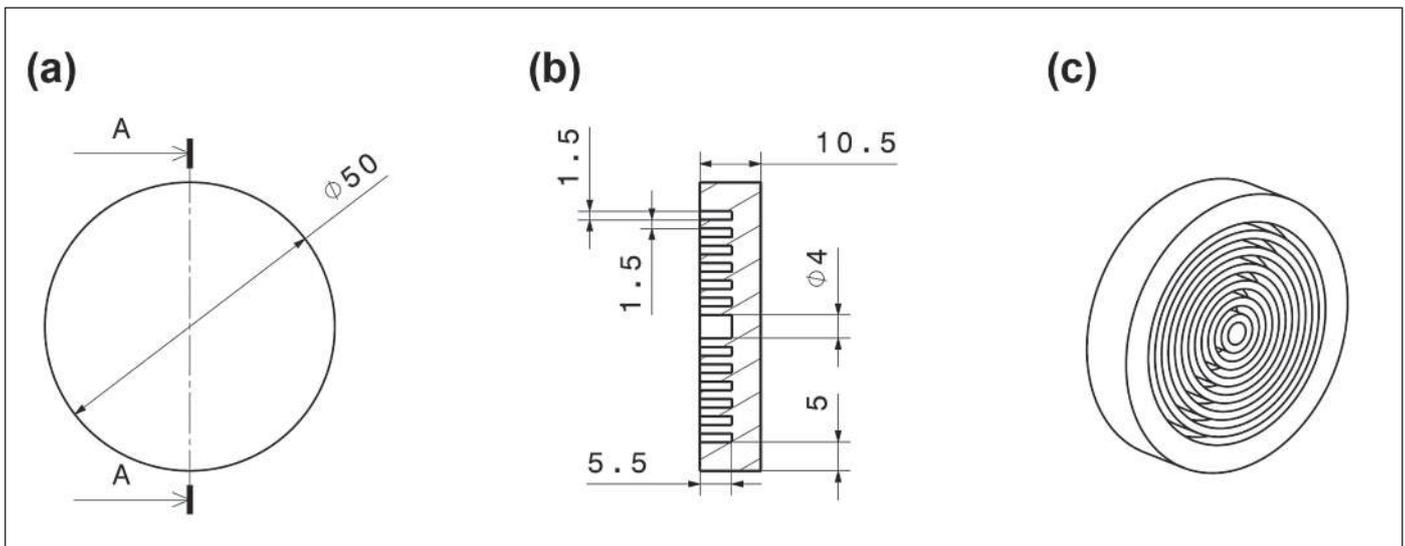


Abb. 5: Prüflingsgeometrie zur Bewertung der Fluidmigration in der Vorderansicht (a), dem Schnitt A-A (b) und der isometrischen Ansicht (c)

Strukturen, da überschüssiges Fluid über die Grenzen des bedruckten Bereichs (Sollgeometrie) hinauswandert. Hier kommt es verstärkt zu Sandanhaftungen, die die Maßhaltigkeit der Bauteile negativ beeinflussen. **Abb. 5** zeigt eine neu entwickelte Prüflingsgeometrie, mit deren Hilfe die Fluidmigration bewertet werden kann.

Durch die Kombination von massiven und filigranen Bereichen stellt der Prüfling eine – für Fluidmigration kritische – Geometrie dar. Kommt es zu Fluidmigration, so äußert sich dies durch Sandanhaftungen in den Steg-Zwischenräumen der Probe. Da verstärkte Sandanhaftungen zu einem erhöhten Probengewicht führen,

kann die Quantifizierung mit Hilfe der Gewichtsbestimmung erfolgen. Die Angabe der Fluidmigration ist dabei auf den Sollwert von 20 g normiert und in Prozent [%] angegeben. Dieser Sollwert ergibt sich aus dem Volumen der Probe und der Schüttdichte des SBS. 0% Fluidmigration entspricht somit dem Optimum, wobei eine Steigerung des Werts eine Zunahme der Fluidmigration und somit der Sandanhaftungen wiedergibt.

Sowohl aus Sicht der generativen Verfahren als auch aus Sicht der Formstoffprüfung ist die Festigkeit einer Form bzw. eines Kerns ein zentrales Qualitätsmerkmal. Aus beiden Sichtweisen lässt sich eine Vielzahl von

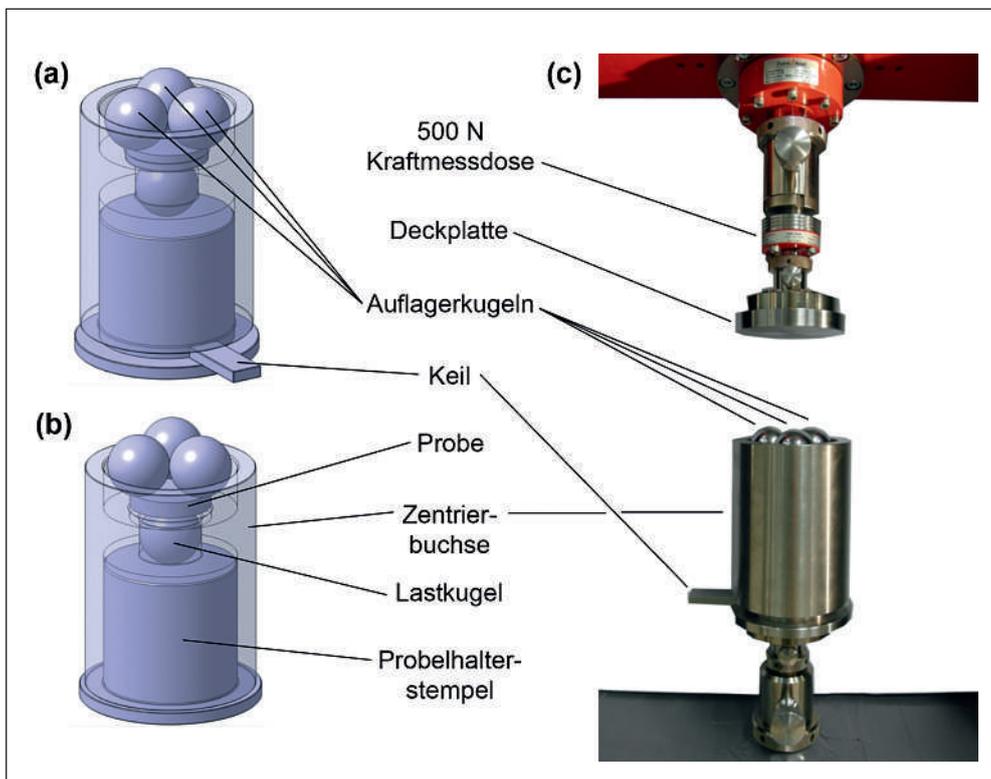


Abb. 6: CAD-Modell der 4KV Apparatur mit eingeschobenem Keil (a) und gezogenem Keil (b) sowie realer Aufbau in einer Zwick Z020 Universalprüfmaschine (c)

möglichen Festigkeitsprüfungen mit den dazugehörigen Prüflingen ableiten. Die Formstoffprüfung sieht für benonitgebundene Formstoffe eine Druckprüfung und für chemisch gebundene Formstoffe eine 3-Punkt-Biegeprüfung mit einer vorgegebenen Prüflingsgeometrie vor [17], [18]. Durch die quasi uneingeschränkte geometrische Gestaltungsfreiheit beim 3D-Drucken könnten Prüflinge für Zug-, Druck-, Biege- oder Torsionsfestigkeiten in einem Druckprozess hergestellt werden [11]. Da die Festigkeit von gedruckten Proben in Abhängigkeit Ihrer Position im Bauraum variieren kann, muss das gewählte Prüfverfahren in der Lage sein, diese Unterschiede lokal auflösen zu können. Dazu sollte der Prüfling an sich klein sein im Verhältnis zu dem Bereich, über den eine Aussage getroffen

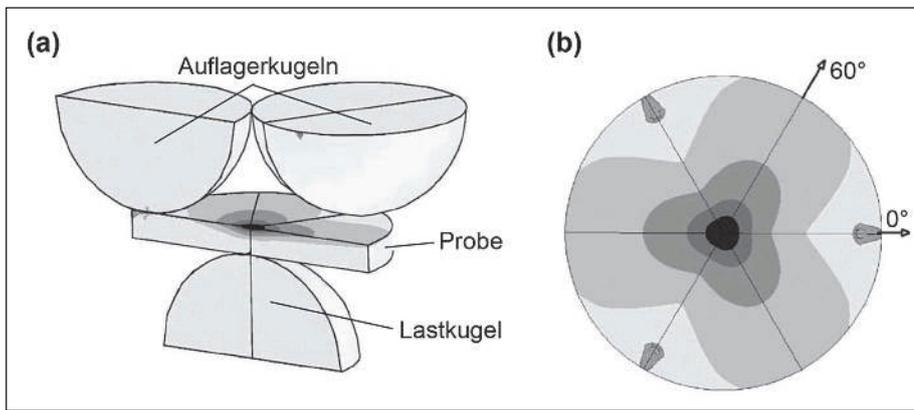


Abb. 7: Simulation der maximalen Zugspannung in geschnittener Ansicht (a) und Draufsicht (b) auf die der Lastkugel angewandten Probenseite [21].

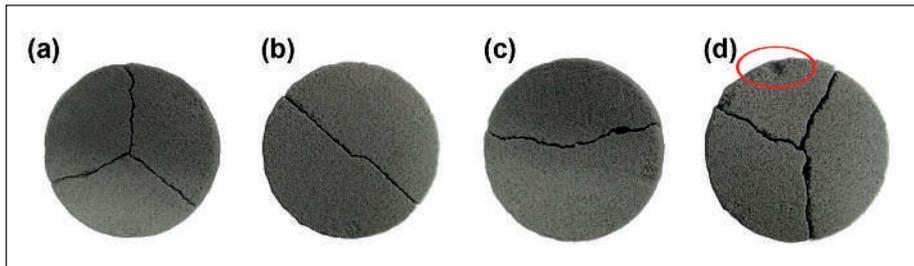


Abb. 8: Gegenüberstellung der Bruchbilder von zwei gültig geprüften Proben (a) und (b) mit zwei ungültig geprüften Proben, die einen außermittigen Rissverlauf (c), bzw. einen Ausbruch am Probenrand (d) aufweisen

werden soll. Ein Prüfling bzw. ein Prüfverfahren, welches sowohl den Anforderungen der Formstoffprüfung als auch denen des generativen Herstellungsprozesses gerecht wird, ist der sogenannte 4-Kugelversuch (4KV) nach Danzer [19]. Dieses Prüfverfahren wurde ursprünglich für die Prüfung von Hochleistungskeramik entwickelt und benötigt scheibenförmige Prüflinge, deren Dicke und Durchmesser innerhalb eines vorgegebenen Verhältnisses frei variiert werden können [20]. In Anlehnung an den, im VDG Merkblatt P38 [17] definierten Prüfling, wurde ein Probendurchmesser von 50 mm gewählt. In Übereinstimmung mit Vorgaben des 4KV ergibt sich eine Probendicke von 10 mm. Da die Probendicke einen quadratischen Einfluss auf die Festigkeit besitzt, müssen Schwankungen dieser gering gehalten werden. Dazu wird eine Probe von 10,5 mm gedruckt und vor der Prüfung in einer Stahlschablone auf Maß abgezogen. Hierdurch lässt sich eine Toleranz von $\pm 0,1$ mm einstellen. Die Prüfung der Probe findet in einer Universalprüfmaschine (Zwick Z020) statt, in der der Prüfling mit Hilfe einer Zentrierbuchse positioniert wird. Bei der Durchführung des 4KV wird die scheibenförmige Probe zwischen drei Auflagerkugeln und einer vierten Kugel – der Lastkugel – gelagert. Das CAD-Modell sowie der reale Versuchsaufbau sind in Abb. 6 dargestellt.

Teil (a) der Abb. 6 zeigt das halbtransparente CAD-Modell des Versuchsaufbaus mit der Probe, die zwischen der Lastkugel (unten) und den drei Auflagerkugeln (oben) gelagert ist. Der Keil ist unten an der Zentrierbuchse eingeführt, wodurch die Buchse die Probe und die Auflagerkugeln in mittiger Position hält. Zu Beginn der Prüfung wird durch langsames Aufsetzen der Deckplatte eine Vorkraft von 50 N auf die Probe aufgebracht. Anschließend kann, wie in Teil (b) der Abb. 6 gezeigt, der Keil gezogen und die Zentrierbuchse abgesenkt werden, wodurch die Probe nun frei zwischen den vier Kugeln eingespannt ist. Teil (c) der Abb. 6 visualisiert die reale Ausführung in Edelstahl.

Die Probe wird mit einem Vorschub von 1 mm/min bis zum Bruch verformt. Hierbei kommt es zu einem isotropen, biaxialen Spannungszustand, der anhand der Simulation der maximalen Zugspannung in Abb. 7 beispielhaft visualisiert ist.

Die höchste Spannung tritt in der Mitte der, der Lastkugel abgewandten Probenseite, auf. Hierdurch versagt die Probe von innen nach außen hin [22]. Hierin liegt ein besonderer Vorteil des Prüfverfahrens, da Kantenefekte – die besonders bei spröden Werkstoffen einen erheblichen Einfluss auf die Festigkeit haben – die Prüfung nicht beeinflussen. Das Bruchbild der Prüflinge lässt eine Beurteilung der Gültigkeit der Prüfung zu. Abb. 8 stellt zwei gültig geprüfte und zwei ungültig gebrochene Prüflinge gegenüber.

Eine gültige Prüfung äußert sich im Bruchbild darin, dass der Riss durch die Probenmitte verläuft. Ebenso darf der Prüfling keine Ausbrüche aufweisen. Nur gültig gebrochene Proben werden für die Versuchsauswertung herangezogen. Die Bewertung der Proben erfolgt anhand Ihrer Bruchspannung σ_{4KV} , die aus der gemessenen Bruchkraft F_B und der Probendicke t mit Hilfe folgender Formel berechnet werden kann [22]¹⁾:

$$\sigma_{4KV} = f * \frac{F_B}{t^2}$$

Der dimensionslose Faktor f nimmt in Abhängigkeit der Querkontraktionszahl des zu prüfenden Materials Werte zwischen 1 und 3 an [22]. Nach [23] liegt die

¹⁾ Die verwendete Formel basiert auf einer numerischen Berechnung mit keramischen Werkstoffen nach Danzer [22]. Daher sind Abweichungen zu den, tatsächlich in der Formstoffprobe auftretenden Spannungen, zu erwarten. In der vorliegenden Veröffentlichung wird diese Methode daher ausschließlich für vergleichende Messungen innerhalb eines Formstoffsystems herangezogen.

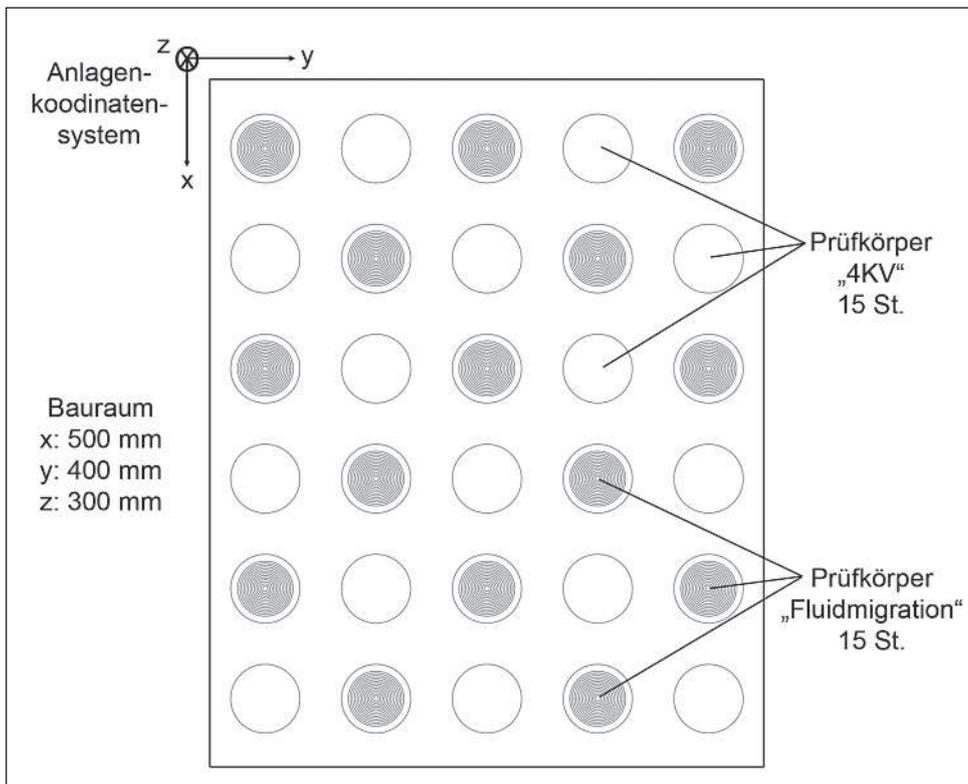


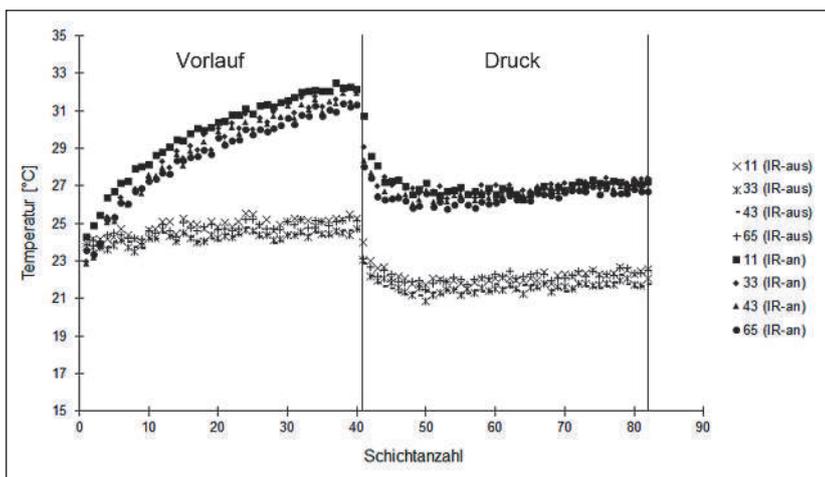
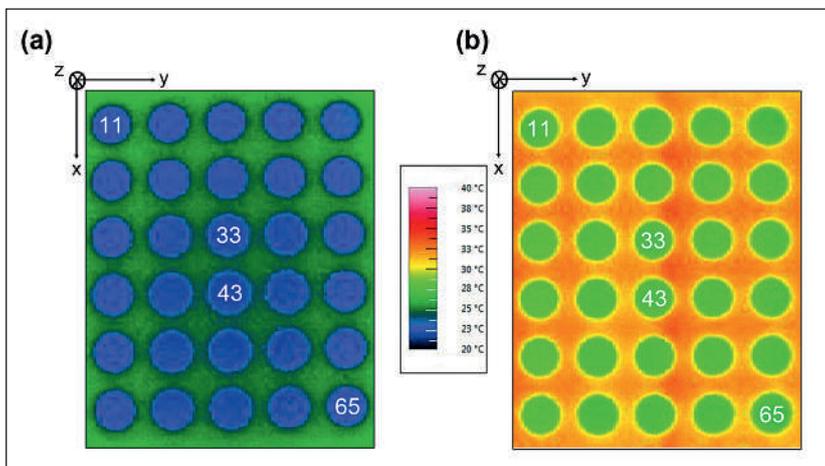
Abb. 9: Draufsicht des Standardjobs mit der Anordnung der jeweils 15 Prüflinge im Bauraum zur Bewertung der Festigkeit (4KV) und der Fluidmigration

Aufgrund des generativen Herstellungsprozesses der Proben können diese frei im Bauraum der Anlage angeordnet werden. Um Einflüsse der Positionierung der Probekörper innerhalb des Bauraums mit berücksichtigen zu können, wurde ein „Standardjob“ entwickelt. Dieser Standardjob kann in jeder gängigen CAD-Umgebung konstruiert werden und beschreibt die Geometrie und Lage der Prüflinge innerhalb des Bauraums. **Abb. 9** zeigt eine Draufsicht des Standardjobs, in dem jeweils 15 Prüflinge zur Bewertung der Fluidmigration und 15 Prüflinge zur Bestimmung der Festigkeit im 4KV in einem

Querkontraktionszahl von geschüttetem Sand zwischen 0,2 und 0,4. Für die vorgestellten Untersuchungen wird ein Wert von 0,3 angenommen, wodurch sich der Faktor f zu einem Wert von 1,56 berechnet.

Schachbrettmuster angeordnet sind.

Vor dem Druckprozess wird der Standardjob mit Hilfe der Anlagensoftware Rapix3D® in einzelne Schichten einer definierten Schichtdicke (hier: 250 μ m) unterteilt. Diese Einzelschichten stellen die Datenbasis (Bitmaps) für die Aufbringung des Fluids im Bauraum bereit. Nach dem Druckprozess werden die Proben aus dem Bauraum entnommen und mittels Druckluft von losem Sand befreit. Anschließend lagern die Proben 48 Stunden bei konstantem Klima, bis ihre Charakterisierung mit Hilfe der beschriebenen Prüfverfahren erfolgt.



Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden exemplarisch Ergebnisse der Prozessanalyse sowie der bewerteten Qualitätsmerkmale dargestellt.

Thermische Prozessanalyse

Durch die beschriebene Integration der Wärmebildkamera lassen sich die zeitliche und thermische Historie jedes gedruckten Prüfkörpers nachvollziehen. **Abb. 10** zeigt Momentaufnahmen der

Abb. 10 (oben): Gegenüberstellung zweier Wärmebildaufnahmen aus einem Druckprozess ohne (a) und mit (b) Verwendung des IR-Strahlers

Abb. 11 (unten): Auftragung der Probenentemperatur über der Schichtanzahl für die Proben #11, #33, #43 und #65 jeweils ohne und mit Einsatz des IR-Strahlers

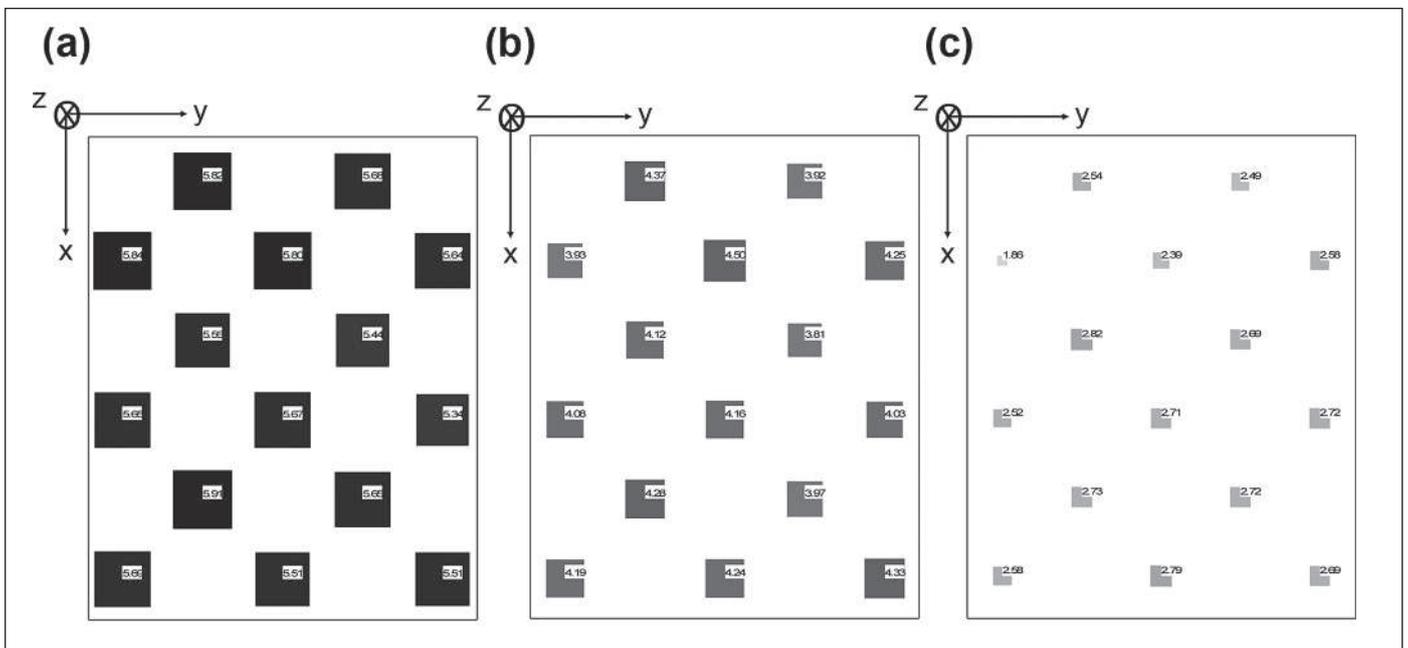
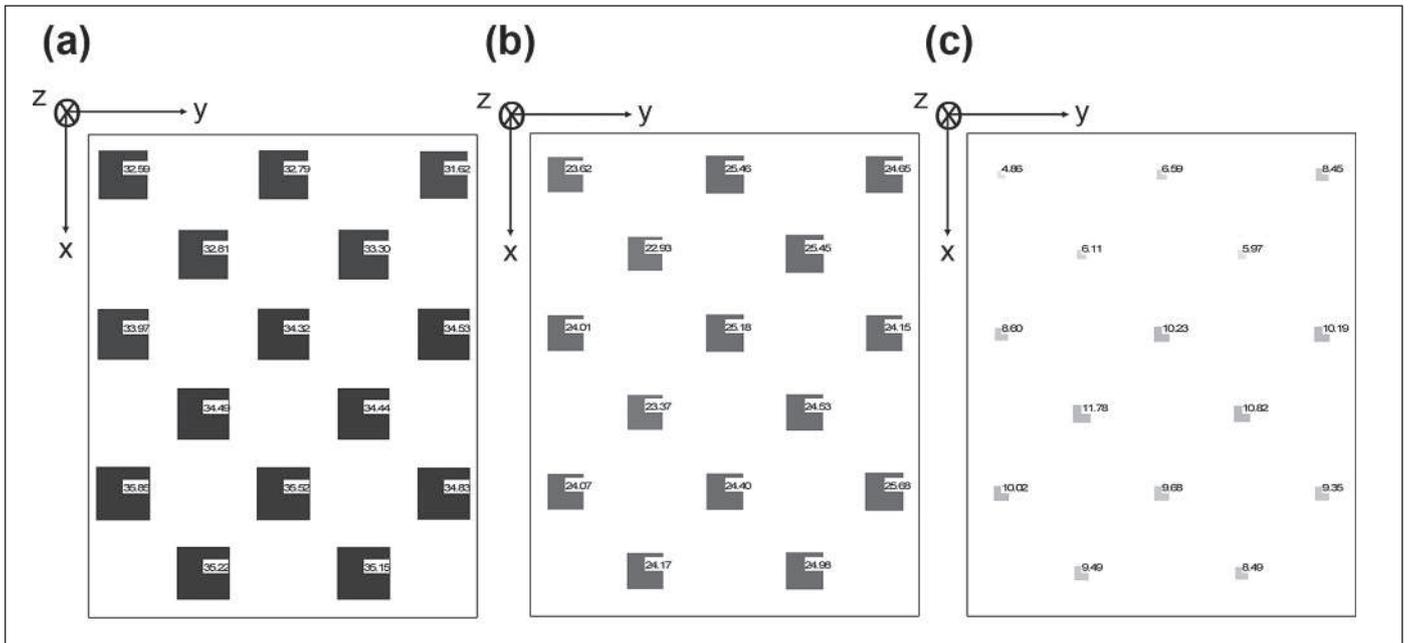


Abb. 12 (oben): Vergleich der Fluidmigration in Prozent [%] von Proben, die in den Prozessen (a), (b) und (c) hergestellt wurden

Abb. 13 (unten): Vergleich der Festigkeit (gemessen im 4KV) in N/mm² von Proben, die in den Prozessen (a), (b) und (c) hergestellt wurden

WBK während eines Druckprozesses ohne und während eines Druckprozesses mit Einsatz des IR-Strahlers. Bei der Analyse sämtlicher WBK-Aufnahmen wurde ein Emissionsgrad von $\epsilon=1$ angenommen. Die Nummerierungen innerhalb der Abbildung entsprechen der jeweiligen Probenposition in x- und y-Richtung und werden im Folgenden für die Probenkennzeichnung verwendet.

Der Einfluss des IR-Strahlers ist eindeutig zu erkennen. Durch seinen Einsatz lässt sich die Bauraumoberfläche deutlich erwärmen. Zudem ist durch die Steuerung des Strahlers ein weitestgehend homogener Wärmeeintrag über das Baufeld möglich. Für einen quantitativen Vergleich der thermischen Historie werden aus beiden Prozessen jeweils die Migrationsprüfkörper #11 und #33 sowie die 4KV-Prüflinge #43 und #65

exemplarisch herangezogen. In **Abb. 11** sind die Temperaturen – gemessen mittels WBK nach jeder gedruckten Schicht an den jeweiligen Mittelpunkten der Proben #11, #33, #43 und #65 – über der Schichtanzahl aufgetragen. Der Standardjob hat eine Gesamthöhe von 20,5 mm und setzt sich somit aus 82 Schichten zusammen.

Bei Prozessbeginn hat die Baufeldoberfläche Raumtemperatur. Während der ersten 40 Schichten werden noch keine Proben gedruckt, da diese Vorlaufphase notwendig ist, um stabile thermische Bedingungen in der Anlage zu erreichen. Während des Vorlaufes wird die Temperatur also auf der unbedruckten Bauraumoberfläche gemessen. Ohne Einsatz des IR-Strahlers bleibt die Temperatur in der Vorlaufphase nahezu konstant. Ist der IR-Strahler aktiv, so steigt die Temperatur

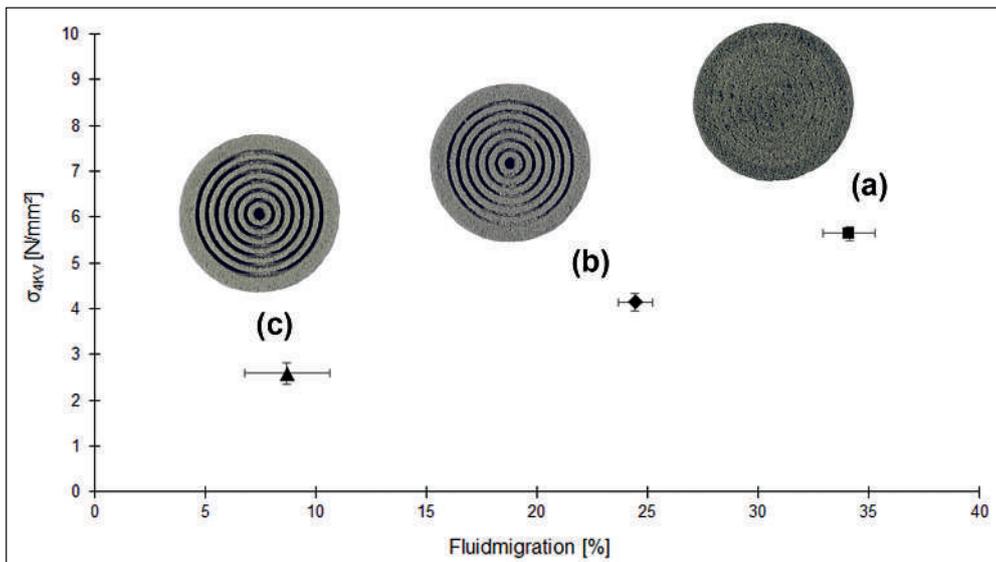


Abb. 14: Auftragung der mittleren Festigkeit in N/mm² über der mittleren Fluidmigration in [%] für die Prozesse (a), (b) und (c). Exemplarisch sind Bilder der einzelnen Proben zur Bewertung der Fluidmigration dargestellt.

Die Auswirkungen der unterschiedlichen Prozessparameter auf das zweite untersuchte Qualitätsmerkmal (Festigkeit) ist in **Abb. 13** dargestellt. Die Auftragung erfolgt analog zu **Abb. 12**, wobei hier die im 4KV gemessene Festigkeit in N/mm² aufgetragen ist.

deutlich an. Ab Schicht Nr. 41 beginnt der Druckkopf mit dem Eintrag des Fluids in das Sand-Binder-System. Ab dieser Schicht ist ein deutlicher Abfall der Temperaturen in beiden Prozessen zu beobachten. Durch die Verdunstung des im Druckfluid enthaltenen Wassers wird dem SBS Wärme entzogen. Nach wenigen Schichten schwingt sich die Temperatur auf Werte von ca. 22 °C im Falle des kalten Prozesses und auf Werte von ca. 27 °C bei aktivem IR-Strahler ein. Eine gezielt optimierte Leistungssteuerung des Strahlers ermöglicht es, diese Temperaturen bis zum Abschluss des Druckprozesses konstant zu halten.

Qualitätsmerkmale

Die Quantifizierung der Einflüsse der untersuchten Faktoren Fluideintrag und Aktivierungsenergie auf die Eigenschaften der gedruckten Prüflinge erfolgt mittels der ausgewählten Qualitätsmerkmale Fluidmigration und Festigkeit. **Abb. 12** stellt das Qualitätsmerkmal Fluidmigration anhand der Ergebnisse der folgenden drei Prozesse dar:

- (a) 8% Fluideintrag ohne Einsatz des IR-Strahlers
- (b) 8% Fluideintrag mit Einsatz des IR-Strahlers
- (c) 5% Fluideintrag ohne Einsatz des IR-Strahlers

Die Positionen der Datenpunkte entsprechen der Schachbrett-Anordnung der Proben im Standardjob (vgl. **Abb. 9**). Je größer und je dunkler der Datenpunkt ist, desto größer ist sein Wert, d.h. das Gewicht der Migrationsprobe.

Alle drei Prozesse zeigen eine homogene Verteilung der Fluidmigration, unabhängig von der Position des Prüflings. Der Effekt des IR-Strahlers auf die Ausprägung der Fluidmigration zeigt sich beim Vergleich der Prozesse (a) und (b). Ohne Aktivierungsenergie kommt es zu starker Fluidmigration, die im Mittel 34% beträgt. Durch den Einsatz des IR-Strahlers kann diese auf einen Mittelwert von 24% reduziert werden. Eine weitere Möglichkeit, die Fluidmigration zu begrenzen, besteht in der Reduktion des Fluideintrags. Die Auswirkungen einer Reduktion von 8% auf 5% gibt der Prozess (c) wider. Hier wurden im Mittel 9% gemessen.

Alle drei Prozesse zeigen eine geringe Abhängigkeit des Qualitätsmerkmals von seiner Lage im Bauraum. Mit einer mittleren Festigkeit von 5,65 N/mm² erreichen die Proben des Prozesses (a) die höchsten Werte. Die Erwärmung während des Prozesses (b) führt zu einem Abfall der Festigkeit auf einen Mittelwert von 4,14 N/mm². Eine Eintragsreduktion von 8% auf 5% bewirkt ein Abfallen der Festigkeiten auf einen Mittelwert von 2,59 N/mm².

Der Zusammenhang von den Festigkeiten der Proben mit der Menge an Fluidmigration ist in **Abb. 14** dargestellt. Ebenso zeigt die **Abb. 14** exemplarische Proben zur Bewertung der Fluidmigration aus allen drei Prozessen.

Mit steigender Fluidmigration nimmt die Festigkeit zu. Dies bedeutet, dass die Proben zwar höheren Belastungen standhalten, jedoch Abweichungen in der Maßhaltigkeit in Form von Sandanhaftungen aufweisen. Dies ist deutlich anhand der beispielhaft abgebildeten Proben zu erkennen. Je stärker die Fluidmigration ist, desto mehr Sandanhaftungen finden sich in den filigranen Stegbereichen der Proben.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die untersuchten Qualitätsmerkmale Fluidmigration und Festigkeit sowohl durch den Prozessparameter Fluideintrag als auch durch die Aktivierungsenergie gezielt beeinflussen lassen.

Zusammenfassung und Ausblick

Der Einsatz von generativ gefertigten Formen und Kernen im Prototypen- und Kleinserienguss ist Stand der Technik. Hier kommt vorzugsweise das 3D-Drucken mit organischen Kaltharzesystemen zum Einsatz, die jedoch vor allem ökologische Probleme mit sich bringen. Der vorliegende Beitrag stellt die Möglichkeit des 3D-Druckens mit einem anorganischen, wasserglasbasierten Formstoffsystem dar. Im Rahmen der Untersuchungen wurde besonderes Augenmerk auf die Prozessparameter Konzentrationsverhältnis und Aktivierungsenergie gelegt. Um den Einfluss dieser Parameter auf die Eigenschaften eines gedruckten Kerns zu quantifizieren, wurden die Qualitätsmerkmale Festigkeit – gemessen

im 4-Kugelversuch – und Fluidmigration eingeführt. Der Zusammenhang der Prozessparameter mit den Qualitätsmerkmalen sowie die Abhängigkeit der untersuchten Eigenschaften untereinander konnte anhand von ausgewählten Proben, die mit unterschiedlichen Parametersätzen hergestellt wurden, gezeigt werden.

Weitere Untersuchungen, die im Rahmen dieses Forschungsprojekts durchgeführt werden, befassen sich mit der Identifikation und Variation zusätzlicher Prozessparameter. Ebenso wird das Sand-Binder-System optimiert, um im Zusammenspiel mit den vorgestellten Prozessparametern optimale Eigenschaften der anorganisch gedruckten Formen und Kerne zu erzielen. Darüber hinaus werden die Untersuchungen auf weitere Qualitätsmerkmale – wie beispielsweise die Gasdurchlässigkeit – ausgedehnt, um den geforderten Eigenschaften der gedruckten Formen und Kerne beim Abguss gerecht zu werden.

Die Autoren danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die Förderung des diesem Beitrag zugrunde liegenden Forschungsprojekts (DBU Aktenzeichen: 30340 – 21/2/02).

Literaturverzeichnis

- [1] TILCH, Werner; POLZIN, Hartmut: GIFA 2003: Formstoffe, Formverfahren und Maschinen zur Form- und Kernherstellung, Formstoffaufbereitung und Regenerierung. Erschienen 10/2003. In: *Giesserei-Praxis*, S. 407–429
- [2] POLZIN, Hartmut: Übersicht chemisch härtende Formstoffe. Erschienen 9/2007. In: *Giesserei-Praxis*, S. 334–357
- [3] ESSBAUER, Saskia: *World's first emission-free foundry: BMW Group's light-alloy foundry goes over to new eco-friendly sand core production*. In: *Casting Plant & Technology* (2010), 2/2010, S. 4–6
- [4] GROENING Peter-Michael: Formverfahren mit nicht tongebundenen Formstoffen. Erschienen 02.2012, Bd. 99. In: *Giesserei*, S. 34–43
- [5] PABEL Thomas Dipl.-Ing.: Anorganisches Bindersystem: Einsatz von INOTEC-Kernen für deutlich verbesserte mechanische Eigenschaften von Al-Gussteilen. Erschienen 11/2009. In: *Giesserei-Praxis*, S. 359–366
- [6] POLZIN, Hartmut: *Anorganische Binder zur Form- und Kernherstellung in der Gießerei*. 1. Aufl. Berlin: Schiele & Schön, 2012
- [7] EDERER, Ingo Dr.: *Werkzeuglose Formherstellung mittels 3D-Drucktechnologie*. In: *Giesserei-Praxis* (2004), 11/2004, S. 407–410
- [8] HÖCHSMANN, Rainer: *Wie das 3-D-Druckverfahren Gießereiprozesse revolutioniert*. In: *Giesserei. Die Zeitschrift für Technik, Innovation und Management* 100 (2013), Nr. 11, S. 66–68
- [9] PSIMENOS Angelos Ch. Dipl.-Ing. Dr. techn.: Die neue CLP-Verordnung der EU und ihre Auswirkungen auf die Giessereiindustrie : The new EU-Regulation on Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures on the Foundry Industry. Erschienen 2011, Bd. 58. In: *Giesserei-Rundschau*, S. 10–13
- [10] WEISSENBEK Emmerich; WILLIMAYER, Jörg ; WOLF, Johann: BMW-Leichtmetallgießerei setzt auf anorganische gebundene Kerne. Erschienen 06/2008, Bd. 95. In: *Giesserei*, S. 32–35
- [11] VDI: *Generative Fertigungsverfahren Rapid-Technologien (Rapid Prototyping) Grundlagen, Begriffe, Qualitätskenngrößen, Liefervereinbarungen*. Berlin, Dezember 2009 (3404)
- [12] HOECHSMANN RAINER: *Perspektiven 3D-Druck: Auf dem Sprung in die Serienfertigung*. In: *Giesserei. Die Zeitschrift für Technik, Innovation und Management* 101 (2014), Nr. 03, S. 26
- [13] SÉGAUD Jean-Marc: *Vision 2025 – 3D-Drucken von Kernen*. In: *Giesserei. Die Zeitschrift für Technik, Innovation und Management* 101 (2014), Nr. 03, S. 24–25
- [14] BERGER, Uwe; HARTMANN, Andreas; SCHMID, Dietmar: *Additive Fertigungsverfahren : Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Rapid Manufacturing*. 1. Aufl. Haan-Gruiten: Europa Lehrmittel, 2013
- [15] WALLENHORST Carolin Dr.: Grundlagen zum Verständnis der anorganischen Kernfertigung. Erschienen 6/2010. In: *Giesserei-Praxis*, S. 181–184
- [16] UTELA Ben; STORTI Duane; ANDERSON Rhonda; *Ganter Mark: A review of process development steps for new material systems in three dimensional printing (3DP)*. Erschienen 2008, Bd. 10. In: *Journal of Manufacturing Processes*, S. 96–104
- [17] VDG AKADEMIE: *Prüfung von tongebundenen Formstoffen P38: Bestimmung der Festigkeit*. Düsseldorf, 05/1997
- [18] VDG AKADEMIE: *Bindemittelprüfung P72: Prüfung von kalthärtenden, kunstharzgebundenen feuchten Formstoffen mit Härterzusatz*. Düsseldorf, 10/1999
- [19] DANZER Robert Dr.; LUBE Tanja Dr.; SUPANCIC Peter Dr.; DAMANI Monika Dr.; BOERGER Andreas Dipl.-Ing.; BINDER Roland Dipl.-Ing.: *Verfahren und Einrichtung zur Bestimmung der Bruchfestigkeit von spröden Werkstoffen*. Werkstoff-Kompetenzzentrum-Leoben Forschungsgesellschaft M.B.H. A-8700 Leoben, Steiermark. Anmelde-nr. A 738/2002, Österreich. Veröffentlichungsnr. AT 411 714 B
- [20] DANZER Robert; HARRER Walter; SUPANCIC Peter; LUBE Tanja; WANG Zhonghua; BOERGER Andreas: *The ball on three balls test – Strength and failure analysis of different materials*. In: *Journal of the European Ceramic Society* (2006), Nr. 27, S. 1481–1485. URL www.science-direct.com
- [21] BOERGER Andreas: *The ball on three balls test for strength testing of brittle discs: stress distribution in the disc*. In: *Journal of the European Ceramic Society* (2002), Nr. 22, S. 1425–1436
- [22] DANZER Robert; SUPANCIC Peter Dr.; HARRER Walter: Der 4-Kugelversuch zur Ermittlung der biaxialen Biegefestigkeit spröder Werkstoffe. In: *Kriegesmann (Hrsg.): Kriegesmann – Technische Keramische Werkstoffe*.
- [23] GERCEK H.: *Poisson's ratio values for rocks*. In: *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 44 (2007), S. 1–13

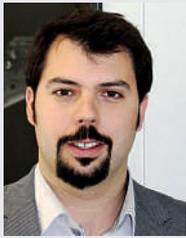
Kontaktadressen:

Technische Universität München
 Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen (utg)
 Institute of Metal Forming and Casting (utg)
 D-85748 Garching | Walther-Meißner-Straße 4
 Tel.: +49 (0)89 289-14541
 Fax: +49 (0)89 289-13738
 E-Mail: rr@utg.de | www.utg.de

voxeljet AG
 D-86316 Friedberg | Paul-Lenz-Straße 1a
 Tel.: +49 (0)821 7483 100
 Fax: +49 (0)821 7483 111
 E-Mail: info@voxeljet.com | www.voxeljet.com

Optische 3D-Koordinatenmesstechnik ermöglicht durchgängige Prozesskontrolle – Einsatz in der Gießereiindustrie*)

Optical 3D-Metrology enables full Field Analysis throughout Casting Processes – Applications in the Foundry



Ing. Thomas Wechner,
nach Abschluss der HTL für Wirtschaftsingenieurwesen/Betriebsinformatik in Innsbruck seit 2003 bei der Firma WESTCAM Datentechnik GmbH tätig; bis 2006 als Techniker im Bereich Optische Messtechnik & Engineering, seit 2006 als Leiter dieses Bereichs.

Schlüsselwörter: Optische 3D-Koordinatenmesstechnik, 3D-Scannen, 3D-Digitalisierung, Reverse Engineering, Flächenrückführung

Einleitung

Bereits vor der Erstmusterprüfung am Gussteil ermöglicht die dreidimensionale Form- und Maßanalyse eine zuverlässige Qualitätskontrolle und gezielte Prozessoptimierungen. In der Gießerei- und Schmiedeindustrie kommt dabei weltweit der flächenhaft messende ATOS 3D-Digitalisierer von GOM für die Form- und Maßkontrolle an Modellen, Sandkernen und Gussteilen zum Einsatz.

Die Firma WESTCAM ist seit 12 Jahren die österreichische Generalvertretung von GOM und bietet zusätzlich zur Beratung bei der Auswahl des passenden Systems auch individuelle Schulungen, Lohnvermessung und Support aus einer Hand. Langjährige Anwender schätzen neben diesen Vorteilen vor allem die durchgängigen Lösungen aus flächenhaftem und taktilem Messverfahren.

Optisches 3D-Messsystem ATOS

Der Einsatz der vollflächigen Messtechnologie mit ATOS garantiert eine schnelle Bewertung von kompletten und komplexen Bauteiloberflächen (**Abb. 1**). Auf der Basis des Triangulationsprinzips projiziert das System ein Streifenmuster auf die Oberfläche des Objekts und erfasst es mit zwei Kameras. Der Computer berechnet automatisch die 3D-Koordinaten für jeden Kamerapixel der gescannten Oberfläche mit höchster Auflösung und Präzision. Eine Einzelmessung dauert lediglich 1-2 Sekunden und wird automatisch in ein gemeinsames Koordinatensystem überführt. Durch die Kombination aus der Streifenprojektion und dem Stereokamera-System wird während des laufenden Messvorganges jede Einzelmessung permanent auf Kalibrie-



Abb. 1: ATOS Triple Scan 3D-Koordinatenmesssystem für die vollflächige Bauteilvermessung.

rung, Sensorbewegung und Umgebungsänderung kontrolliert, die die Messungen beeinflussen könnten. Die Oberfläche kann durch Drehen des Bauteiles oder durch das Verschieben des Sensors aus verschiedenen Perspektiven vollständig erfasst und vermessen werden [1]. Der gewonnene STL-Datensatz steht anschließend sofort für weitere Prozesse, wie die Qualitätskontrolle oder für das Reverse Engineering, bereit. In nur zirka 15 Minuten kann eine Modellplatte mit einfacher Geometrie vollständig digitalisiert und durch die Inspektionssoftware von GOM mit CAD-Daten verglichen werden. Die Bauteilprüfung wird damit wesentlich beschleunigt. Die leichtverständliche farbige Abweichungsgrafik bietet zudem eine bessere Visualisierung und Lokalisierung problematischer Bereiche [2].

Inspektionssoftware zur Form- und Maßkontrolle von 3D-Daten

Die parametrische GOM Inspect Professional Software beinhaltet eine Reihe von Funktionen, die speziell auf die Gießereiindustrie abgestimmt sind (**Abb. 2**). Das ermöglicht eine durchgängige Qualitätssicherung ohne den Einsatz zusätzlicher Auswertepakete. Neben der vollflächigen Form- und Dimensionsanalyse und dem Vergleich mit CAD-Modellen beinhaltet die Software die Berechnung von Materialstärken zur Kontrolle von Wanddicken und von ausreichender Zugabe für die weitere Bearbeitung. Neben der Prüfung der Position und Größe von Regelgeometrien sowie dem Einsatz

*) Vorgetragen auf der 58. Österreichischen Giessereitagung am 24. April 2014 in Bad Ischl.

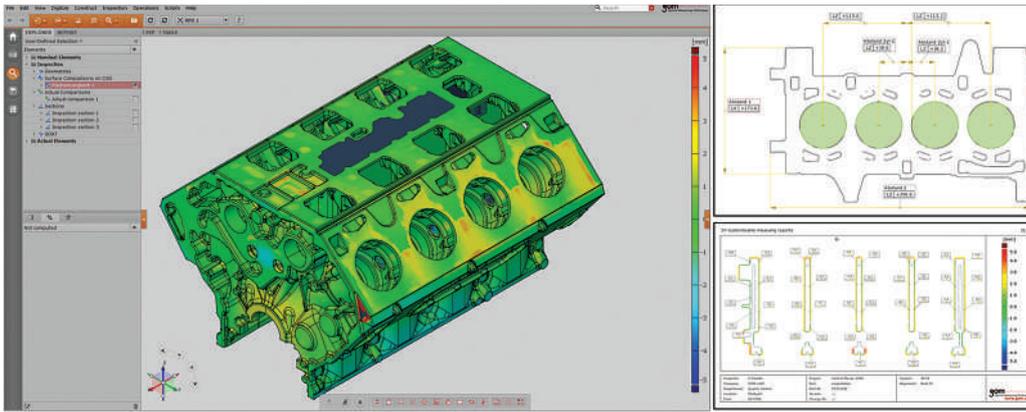


Abb. 2: Die GOM Inspect Professional Software zur Auswertung von 3D-Daten ist speziell auf die Gießerei-Industrie abgestimmt. Sie beinhaltet u.a. Soll-/Ist-Vergleiche zu CAD und Messplänen, Wandstärkenanalysen sowie klassische 2D-Auswertungen.

virtueller Schiebelehren stehen Inspektionsschnitte mit Toleranzband ebenso zur Verfügung wie klassische 2D-Bemaßungswerkzeuge. Das ATOS-Referenzpunktsystem ermöglicht zudem die Überprüfung von Trennflächen auf Versatz, Passung und Formschluss von Formhälften. Für die Dokumentation und weitere Datenverarbeitung beinhaltet die GOM Inspektionssoftware umfangreiche Berichts- und Dokumentationsfunktionen zur Erstellung von Standardprotokollen oder kundenspezifischen 3D-Messberichten. Ferner stehen Schnittstellen für den Export traditioneller Tabellen und Protokolle mit CMM-Inspektionsspunkten zur Verfügung. Ergebnisse und Abweichungen können in verschiedene Formate wie z.B. Excel, PDF, HTML oder Word exportiert werden. Durch den parametrischen Kern der Software gibt es zeitlich keinen Unterschied mehr zwischen einer Einzel- oder Mehrfachauswertung bei wiederkehrenden Messaufgaben. Für den unkomplizierten und kompakten Austausch der Messergebnisse mit Kunden oder Kollegen aus anderen Abteilungen steht zusätzlich das kostenlose und frei zugängliche GOM Inspect Paket zur Verfügung. Die Inspektionssoftware von GOM wird übrigens vielfach auch als Stand-Alone-Paket zur Auswertung von 3D-Messdaten von Laserscannern und Computer-Tomographen für CT-Daten eingesetzt.

Optische 3D-Koordinatenmesstechnik: Kontrolle im gesamten Prozess

Der Einsatz der optischen Messtechnik ist nicht nur zur Prüfung von Gussteilen relevant. Vielmehr steigert die Integration optischer Messsysteme in fast allen Herstellungsstufen die Prozesssicherheit. Sie bietet zudem deutliche Zeit- und Kostenvorteile bei gleichzeitiger Realisierung kurzer Liefertermine und Senkung des Ausschussanteiles. Viele Firmen haben am Anfang zunächst nur die maßliche Validierung von Gussteilen im Blick. Die optische Messtechnik unterstützt und beschleunigt jedoch fast alle Bereiche vom Modell- & Werkzeugbau, über die Formerei/Kernmacherei bis hin zum Erstmusterbericht und zur Optimierung der CNC-Bearbeitung (Abb. 3).

Viele Kunden kommen als Interessenten mit einem spezifischen Problem an einem bestimmten Bauteil. Mit zunehmendem Einsatz wird dann oftmals deutlich, dass die optische Messtechnik auch zur Verkürzung von Entwicklungszeiten und Produktionsabläu-

fen führen kann, wenn sie schon frühzeitig in Abläufe integriert wird. Viele Anwender schöpfen dann nach und nach die Möglichkeiten der optischen Messtechnik und der 3D-Software intensiver aus und etablieren dabei häufig komplett neue Strategien in der Qualitätssicherung. Beginnend mit der Verifizierung der Konstruktion, über Messungen der Prototypenwerkzeuge und Prototypenabgüsse, der Validierung von Serienwerkzeugen und der Erstmustererstellung bis hin zu Messungen von Sandkernen und von Verschleiß an Serienwerkzeugen: Die Lösung von GOM ist heute in der gesamten Prozesskette im Einsatz. Fazit: Der vielfältige Einsatz optischer Messtechnik im gesamten Ablauf der gießereitechnischen Prozesskette steigert die Wirtschaftlichkeit.

Validierung von Modellen, Werkzeugen und Formen

Die Validierung der formgebenden Konturen von Modellen, Kernformwerkzeugen, Kokillen und Druckgusswerkzeugen etc. mit optischer Messtechnik bietet eine 100-prozentige Kontrolle und ist quasi die Versicherung für den Modell- & Formenbauer, dass alles in Ordnung ist. Gegenüber taktilen Messverfahren, bei welchen nur einzelne Punkte gemessen werden, erfasst die optische Messtechnik nämlich die komplette Oberfläche. Die schnelle Erfassung senkt außerdem die Kosten und bedeutet zudem eine wesentlich kürzere Unterbrechung für den Workflow in der Fertigung.



Abb. 3: Die optische Messtechnik unterstützt und beschleunigt fast alle Bereiche vom Modell- & Werkzeugbau, über die Formerei/Kernmacherei bis hin zum Erstmusterbericht und zur Optimierung der CNC-Bearbeitung

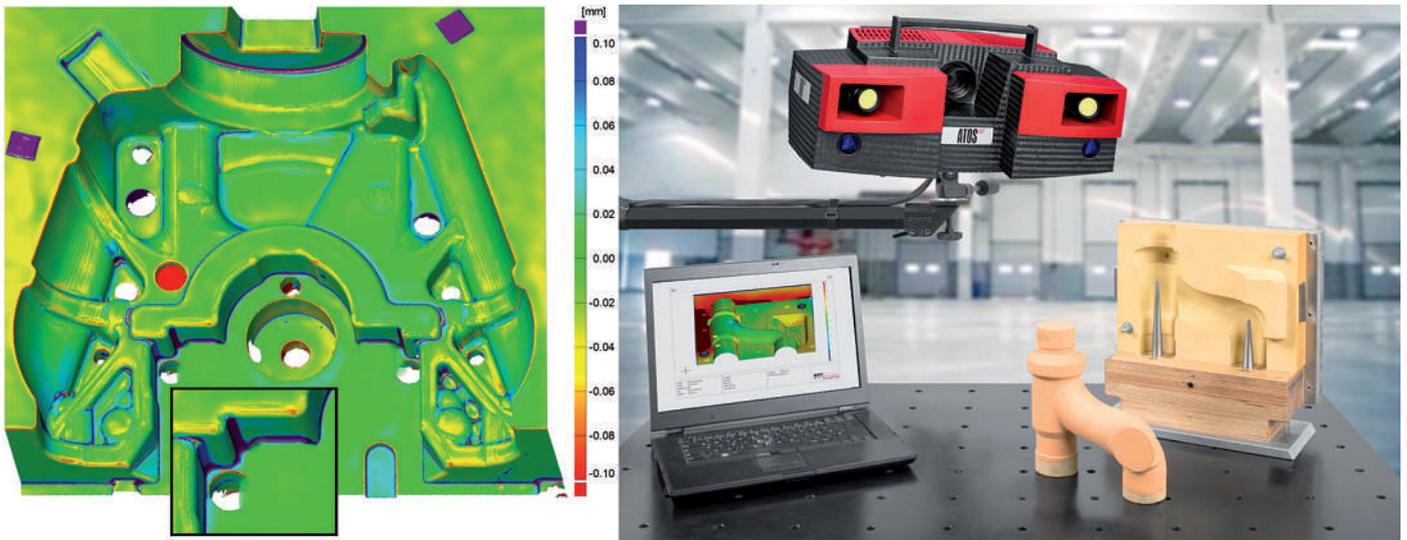


Abb. 4: Flexibler Einsatz der Optischen 3D-Messtechnik: die Kontrolle von Fräsergebnissen durch den Soll-/Ist-Vergleich an einem Kernformwerkzeug zeigt deutlich, welche KN-Bereiche (blau) noch kantig nachgearbeitet werden müssen.

Beispielsweise ermöglicht die Kontrolle von Fräsergebnissen schon sehr frühzeitig, mögliche Fehler an Modellplatten, Formeinrichtungen oder Kernen zu erkennen und zu korrigieren. So zeigt beispielsweise der Soll-/Ist-Vergleich des Fräsergebnisses an einem Kernformwerkzeug zum CAD-Modell, dass in den Innenradien durch den Fräserradius noch zu viel Restmaterial vorhanden ist. Für den Bearbeiter ist deutlich zu erkennen, welche Kernmarkenbereiche noch kantig nachgearbeitet werden müssen (Abb. 4).

Vollflächige Inspektion von Gussteilen

Das ganzheitliche Messen von Gussteilen ist ein weiterer Vorteil für die Gießerei-Industrie. Denn damit ist es möglich, auf wenigen Reportseiten die Maß-Abweichungen zum CAD- Datensatz farblich darzustellen. Die Messberichte sind einfach zu verstehen und erforderliche Korrekturmaßnahmen erklären sich durch die Farbgebung von selbst. Mehrere 100-seitenstarke klassische Tabellenprüfberichte schrumpfen so auf wenige Bilder und Funktionsmaße zusammen. Das ist ein unschätzbare Vorteil, sowohl während der Entwicklung als auch für die Erstbemusterung.

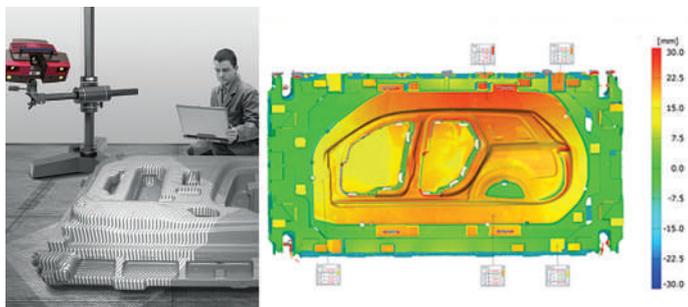


Abb. 5: Gussteile, Werkzeuge und Modelle, die wegen ihrer Größe oder ihres Gewichtes nicht in den Messraum gebracht werden können, werden vor Ort in der Gießerei oder in der Werkstatt vermessen und inspiziert

Dabei ist es möglich, das ATOS-Messsystem nicht nur stationär einzusetzen. Bei Bedarf kann es problemlos und schnell direkt zum Messobjekt transportiert werden und ist innerhalb von 15 Minuten messbereit. Auf diese Weise können auch Gussteile, Werkzeuge und Modelle, die wegen ihrer Größe oder ihres Gewichtes nicht in den Messraum gebracht werden können, vor Ort in der Gießerei oder in der Werkstatt vermessen und inspiziert werden (Abb. 5). Aufgrund des robusten Designs ist der Sensor auch für den Einsatz im rauen, industriellen Produktionsumfeld bestens geeignet. Das Messvolumen kann durch austauschbare Objektive in wenigen Minuten an die jeweilige Messaufgabe und Objektgröße angepasst wer-

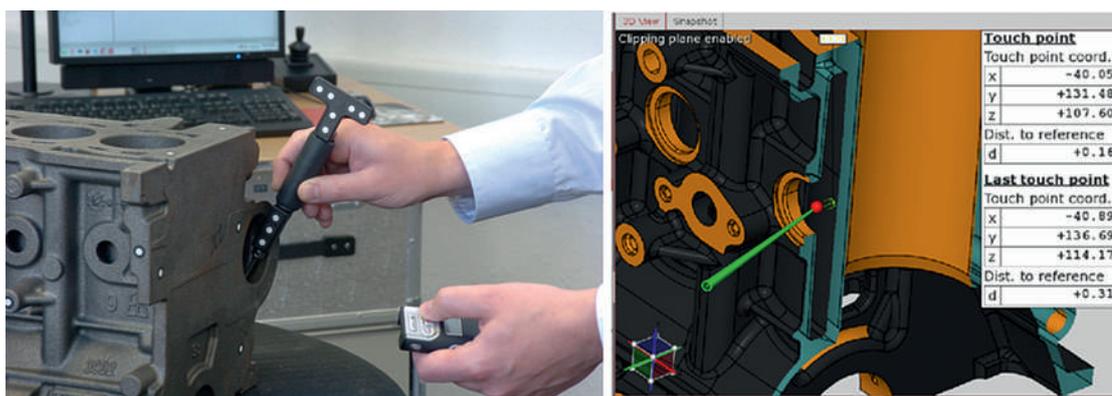


Abb. 6: Der GOM Taster kombiniert die flächige berührungslose Messtechnik mit der taktilen Messung in einem System. Erstmals ist die schnelle Analyse von Einzelpunkten und Regelgeometrien ebenso wie der online-Vergleich von Punkten gegen CAD in optisch unzugänglichen Bereichen möglich.

den. So können sämtliche Objekte, vom filigranen Feingussteil bis zu voluminösen Motorblöcken, mit demselben System vermessen werden.

Berührungslose und taktile Messung in einem System

Kühlwassermäntel, Ölkanäle oder tiefe Zylinderbohrungen, die optisch nicht zugänglich sind, konnten früher nur auf klassischen Koordinatenmessmaschinen analysiert werden. Der Vorgang nahm bislang viel Zeit in Anspruch, da die Bauteile zuvor ausgerichtet und aufgespannt werden mussten. Zur Lösung dieser Aufgabe wurde der GOM Taster entwickelt. Er kombiniert als Zubehör zu ATOS die berührungslose flächige Messung mit der taktilen Messung von Einzelpunkten in einem System (**Abb. 6**). Der handgeführte Taster ermöglicht dem Benutzer einen schnellen Wechsel zwischen optischer flächenhafter 3D-Erfassung und taktiler Messung von Einzelpunkten, ohne dass ein Umbau des Sensoraufbaus nötig ist. Neben der Online-Ausrichtung von Bauteilen ermöglicht der Taster das Messen optisch schwer zugänglicher Bereiche, die Live-Inspektion von Einzelpunkten mit Direktvergleich zum CAD sowie die schnelle Prüfung von Regelgeometrien.

Vorsprung für die Gießerei-Industrie aus einer Hand

Der ATOS 3D-Digitalisierer wird in den Prozessketten von Gießereien als schnelle und robuste Messlösung

für Werkzeugeinrichtungen, Sandkerne und -formen sowie für Gussteile eingesetzt. Für automatisierte Vermessungen von Bauteilen stehen Drehtische, Roboter und Multi-Achsen-Verfahreinheiten bereit. Zur Inspektion von erfassten 3D-Daten steht die Inspektionssoftware von GOM für die professionelle Form- und Maßanalyse mit umfangreichen Funktionen zur Verfügung. Diese durchgängigen Lösungen von Hardware, Software, Schulung und Support haben bereits viele zukunftsorientierte Unternehmen überzeugt.

Literatur

- [1] Thesing, Behring, Haig: Freiformflächenmessung mit photogrammetrischer Streifenprojektion. Optische Messung technischer Oberflächen in der Praxis: Bestimmung von Geometrie und Topographie (VDI-Berichte: 1996), (2007), 153-165, Düsseldorf : VDI-Verlag. ISBN 978-3-18-091996-6
- [2] Knoch, A.: Steigerung der Präzision durch optische Messtechnik, VDI Tagung Giesstechnik im Motorenbau, VDI-Verlag, Düsseldorf 2011

Kontaktadresse:

WESTCAM Datentechnik GmbH
A-6068 Mils | Gewerbepark 38
Tel.: +43(0)5223 55509-330
Fax: +43(0)5223 55509-100
Mobile: +43(0)664 6194126
E-Mail: thomas.wechner@westcam.at
www.3d-scan.at

ATOS 3D-Digitalisierer

Das flexible optische 3D-Koordinatenmesssystem ATOS wird seit 1995 hergestellt und kontinuierlich weiterentwickelt. Das System ist in verschiedenen Ausführungen erhältlich und kann mehrere Millionen Messpunkte innerhalb weniger Sekunden in einem Messbereich (in mm²) von 30 x 30 bis 2.000 x 2.000 erfassen.

ATOS liefert dreidimensionale Messdaten und wird in Druckguss-, Kokillen-, Fein- und Sandgießerei-Prozessketten als präzise, schnelle und robuste Messlösung für die Qualitätskontrolle, für Reverse Engineering und Rapid Manufacturing eingesetzt. Statt einzelner Punkte erfasst das Messsystem die gesamte Bauteilgeometrie flächenhaft in einer hochauflösenden Punktwolke. Dieses Polygonnetz beschreibt exakt die Freiformoberflächen und Regelgeometrien eines Bauteils. Für unterschiedliche Objektgrößen und -komplexitäten erzeugt das System präzise 3D-Koordinaten, flächenhafte Abweichungen zum CAD, Schnittanalysen und komplette Messreports.

Gratis-Softwarepaket GOM Inspect

Mit der kostenlosen GOM Inspect Software eröffnet GOM den freien Zugang zur 3D-Datenbearbeitung für alle. GOM Inspect ist durch PTB & NIST geprüft und zertifiziert und eignet sich zur Netzbearbeitung, der Form- und Maßanalyse von 3D-Punktwolken und dient gleichzeitig als 3D-Viewer. Mit der Gratisversion können Anwender aus den Bereichen RP, CAD/CAM, CAE und CAQ, 3D-Daten aus Streifenprojektions- oder Laserscannern, CTs und anderen Messsystemen betrachten, bearbeiten oder auswerten. GOM Inspect Anwender profitieren außerdem von einem individuellen Lernkonzept mit Tutorials, Schulungsfilmen, Beispieldaten und Knowledge-Datenbanken.

Freier Download und Testdaten unter: www.gom.com

 <p>Verein Österreichischer Gießereifachleute</p> <p>e-mail: nechtelberger@voeg.at</p>	 <p>e-mail: giesskd@notes.unileoben.ac.at</p>	 <p>Österreichisches Gießerei-Institut</p> <p>e-mail: office.ogi@unileoben.ac.at</p>
---	--	---



Kongress & Theaterhaus Bad Ischl/Oberösterreich

Rückblick auf die 58. Österreichische Gießereitagung

„Gießen als Innovationsträger bei der Bauteilentwicklung: Material- und Energie-Effizienz“

am 24./25. April 2014 in Bad Ischl



KR Ing. Michael Zimmermann begrüßt die Teilnehmer und eröffnet die Tagung



Blick ins vollbesetzte Auditorium der Plenarvorträge. (Wir bitten um Nachsicht für den „verschommenen Blick“ des Fotografen)

Die 58. Österreichische Gießereitagung stand unter dem Motto „Gießen als Innovationsträger bei der Bauteilentwicklung: Material- und Energieeffizienz“. Interessante Vorträge sowie ein umfassendes und ausgewogenes Rahmenprogramm haben mehr als 280 Teilnehmer aus 8 Ländern zu der Tagung in Bad Ischl geführt. Mit rund 1/3 Gießern und Gussanwendern, 1/3 aus dem Zulieferbereich und 1/3 aus Forschungsinstituten, Verbänden und Behörden war eine ausgewogene Mischung gegeben, um auf breitester Ebene Entwicklungen und Trends zu diskutieren, fachliche Gespräche zu führen bzw. sich bei 25 Ausstellern über Produktneuheiten und Dienstleistungsangebote zu informieren.

Die fachlich hoch stehenden Vorträge haben wesentlich zum Erfolg der Tagung beigetragen. In den 23 Plenar- und Fachvorträgen, die dem Motto der Tagung Rechnung getragen haben, wurde über neueste Forschungsergebnisse aus den Bereichen Metallurgie, Gießtechnologie sowie über moderne und zukunftsweisende Optimierungsverfahren für Gießverfahren und Gussteile unter dem Aspekt von Material- und Energieeffizienz berichtet sowie auch Ausblicke auf künftige Entwicklungen und Anforderungen an Gießen und Gussprodukte gegeben.

Die vielen positiven Rückmeldungen beweisen die hohe Qualität der Vorträge, wofür den Vortragenden an dieser Stelle nochmals herzlichst gedankt sei.



Regel Erfahrungsaustausch fand in den Vortragspausen statt



Gießerausstellung in der Trinkhalle Bad Ischl

Die „Kaiserstadt“ Bad Ischl als Tagungsort war eine ausgezeichnete Wahl. Die Räumlichkeiten im Kongress & Theaterhaus waren ideal für die Plenar- und Fachvortragsreihen geeignet, die Fachausstellung war bestens in den Ablauf eingebunden. Dies ermöglichte in ungezwungener und guter Atmosphäre Kontakte zu knüpfen und Fachgespräche zu führen und hat wesentlich zur guten Stimmung beigetragen.

Der traditionelle **Gießerausstellung** fand in der architektonisch einem griechischen Tempel nachempfundenen Trinkhalle, in der ehemals die Bad Ischler Kurgäste Trinkkuren vorgenommen haben, statt.

Nomen est omen, hat sich der Gießerausstellung – wie jedes Jahr – zu einem Höhepunkt entwickelt. Das herrliche Wetter bei Empfang und Aperitif, ein kulinarisches Buffet sowie die der traditionsreichen Gegend angepasste Musik ließen keine Wünsche offen.

Das **Begleitprogramm** führte die TeilnehmerInnen bei schönem Wetter ins UNESCO Weltkulturerbe Hallstatt, wo eine Besichtigung des Hallstadtmuseums sowie des Beinhauses auf dem Programm standen.

Auf der Rückfahrt wurden in Bad Goisern im Hand.Werk.Haus mit fachkundiger Führung alte Handwerkskunst und Brauchtum besichtigt.

Die Tagungs-Veranstalter, das Österreichische Gießerei-Institut (ÖGI), der Lehrstuhl für Gießereikunde (LfGk) an der Montanuniversität und der Verein Österrei-

chischer Gießereifachleute (VÖG), bedanken sich bei den Tagungsteilnehmern und Ausstellern sowie insbesondere bei den Vortragenden, die zum guten Gelingen beigetragen haben und freuen sich auf ein Wiedersehen bei der 59. Österreichischen Tagung am 23./24. April 2015 in Leoben.



Hallstatt am Hallstätter See

Einen Überblick über die referierten Themen geben die folgenden Kurzfassungen:

PLENARVORTRÄGE



Einfluss von Material- und Energieeffizienzsteigerungen auf das betriebswirtschaftliche Ergebnis von Gießereien

Gotthard Wolf (V), Ralf Paul Jung, Christoph Mentzel, Baker Tilly Roelfs Unternehmensberatung GmbH, Düsseldorf, D

Material- und Energieeffizienzsteigerung war in der Vergangenheit meist ein Thema mit hohem politischen Anspruch aber wenig Realisierungschancen in der betrieblichen Praxis. Auch wenn sich allgemein die Erkenntnis durchgesetzt hat, dass natürliche Ressourcen knapper werden und bereits jetzt Maßnahmen ergriffen werden müssen, um die verbleibenden Rohstoffe möglichst effizient zu verwerten, war die konsequente Umsetzung entsprechender Maßnahmen auf einzelne Firmen und auf Leuchtturmprojekte beschränkt.

In den letzten Jahren haben sich aber zahlreiche, wirtschaftlich sinnvolle Projekte und auch ein lukrativer Markt für eine Vielzahl von Produkten zur Effizienzsteigerung entwickelt, von Technologien über Dienstleistungen bis hin zu Softwareprodukten. Im Rahmen unserer Beratungstätigkeit haben wir eine Vielzahl dieser neuen Techniken bei unseren Kunden in der Einführung begleitet und im Einsatz erlebt. Nicht selten stellte sich die Frage nach dem sowohl technischen als auch wirtschaftlichen Nutzen dieser Investitionen.

Im Vortrag wurden die Einflussparameter und die Auswirkungen solcher Investitionen auf das wirtschaftliche Ergebnis aufgezeigt. Angefangen von Produkt- über Produktions- bis hin zu anlagespezifischen Optimierungsansätzen wurden alle wesentlichen Einflussfaktoren auf das wirtschaftliche Gesamtergebnis beispielhaft betrachtet. Es sollte gezeigt werden, wie bereits in frühen Planungsphasen die Wirtschaftlichkeit eines Vorhabens abgeschätzt werden kann und welche grundlegenden Rahmenbedingungen für Effizienzsteigerungen aus betriebswirtschaftlicher Sicht existieren. Anhand von typischen Beispielen wurden die Möglichkeiten und die derzeitigen wirtschaftlichen Grenzen von Investitionen zur Material- und Energieeffizienzsteigerung in Gießereien aufgezeigt.



Einsatz Optischer 3D Messtechnik im Gießprozess

*Thomas Wechner (V), Westcam Datentechnik GmbH, Mils, A
Langfassung siehe Seiten 162–165*

Weltweit, aber im Speziellen in Europa, werden Betriebe stetig mit wachsenden Anforderungen an Produktqualität und verkürzte Entwicklungszeiten konfrontiert.

Die Einhaltung geometrischer Toleranzen und die Flexibilität auf Qualitätsschwankungen in der Produktion entsprechend zu reagieren, Fehlerursachen schnell zu ermitteln und in Zukunft vermeiden zu können, ist nur ein Aspekt unter vielen, bei dem Optische 3D Messsysteme unterstützen können.

Unsere ATOS Systeme werden im Gießprozess als präzise, schnelle und robuste Messlösung eingesetzt, die hilft, Arbeitsabläufe zu

optimieren und zu vereinfachen. Der ATOS Sensor verbindet höchste Datenqualität mit Flexibilität und Prozesssicherheit im industriellen Umfeld.

Der Schwerpunkt der Vorteile liegt in der Qualitätssicherung – der geometrischen Überprüfung von Bauteilen, Kokillen, Werkzeugen, Formplatten, Sandformen und Kernen.

Die intuitive, vollflächige Darstellung der maßlichen Abweichungen und die damit verbundene kurze Messzeit stellen einen großen Mehrwert für die schnelle Beurteilung von Geometrien im Formenbau, der Erstmusterprü-

fung, der Serien- oder Wareneingangskontrolle dar.

Der Ursprung geometrischer Abweichungen am Bauteil lässt sich durch lückenlose Kontrolle aller relevanten Produktionsvorgänge schnell ermitteln. Verschleiß im Werkzeug, der Formplatte oder in der Sandform können durch regelmäßiges Vermessen erkannt und Standzeiten somit besser ermittelt werden.

Darüber hinaus ermöglicht die genaue Aufmaßbestimmung am Rohteil das Optimieren der Fräsbearbeitung. Eine etwaige, kritische Ausbringung durch geringes Aufmaß gepaart mit Bauteilverzug oder das unnötige Fräsen in der Luft aufgrund von zu viel Sicherheitsabstand bei der CAM-Programmierung ebenso wie Kollisionen beim Bearbeiten, können mittels vorgelagerter optischer 3D Digitalisierung stark verbessert werden.

Die vollflächigen ATOS Messdaten von Bauteilen, Werkzeugen und anderen Geometrien werden

neben der QS-Anwendung auch alternativ für Reverse Engineering-Aufgaben eingesetzt. Die CAD-Datenerstellung, ausgehend von Scandaten, eignet sich sehr gut um physikalisch vorhandene Geometrien wieder im CAD System zu bearbeiten oder um nachträglich optimierte Bereiche archivieren zu können.

Die Datenerfassung mit unseren ATOS Systemen ist für unterschiedlich große Prüflinge geeignet

und erfolgt entweder manuell oder wird teilweise bzw. komplett automatisiert. Für kontinuierliche, serienbegleitende Vermessungen bietet sich die neue Standard-Messzelle ATOS ScanBox an. Die robotergetriebene Digitalisierung ermöglicht die produktionsnahe Verifizierung der hergestellten Bauteile und kann auch von minimal geschultem Bedienpersonal genutzt werden.

WESTCAM ist seit über 12 Jahren die österreichische Vertretung von GOM (Gesellschaft für Optische Messtechnik), einem der führenden Hersteller von industriellen, optischen Messgeräten und bietet neben den Messsystemlösungen auch Lohnmessungen auf Projektbasis, sowie Reverse Engineering Dienstleistungen an.



EVACTHERM® Technik: Die technisch zeitgemäße Aufbereitung von bentonitgebundenem Formstoff in Gießereien

Gerald Feuerstein (V), Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG, Hardheim, D

Die thermodynamische Abhängigkeit von Druck und Temperatur bei Flüssigkeiten macht es möglich, spezielle Fertigungsprozesse technisch sicher, in definierter Zeit mit exakter Temperaturführung, reproduzierbar durchführen zu können.

Umgesetzt in großtechnischen Anlagen ist die punktgenaue Steuerung und sichere Temperaturführung von Prozessabläufen für pastöse Stoffe und Flüssigkeiten heute unverzichtbar, ob in der chemischen Industrie, der Pharmaindustrie, Lebensmittelherstellung oder der elektronischen Industrie.

In der Gießereitechnik wurde unter Ausnutzung der thermodynamischen Effekte bereits Anfang der

neunziger Jahre von der Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG das EVACTHERM®-Verfahren für die punktgenaue Rückkühlung und optimale Aufbereitung von bentonitgebundenem Formsand entwickelt. Mit dem Stand 2012 konnten mit dieser innovativen Formsandaufbereitung weltweit 43 EVACTHERM®-Mischer in Eisen- wie auch Aluminiumgießereien erfolgreich in Betrieb genommen werden.

Inhaltliche Umsetzung des Vortrags:

- Gießereien stehen vor der Aufgabe, ihre Marktfähigkeit weltweit bei enorm gestiegenen Anforderun-

gen an Gussteile durch zeitgemäße technische Lösungen für ein Höchstmaß an Wirtschaftlichkeit und Qualität zu sichern.

- Vorstellung von Temperaturverteilungen im Formstoffkreislauf von Gießereien, in Abhängigkeit von Prozessabläufen und klimatischen Bedingungen.
- Darstellung der physikalischen und steuerungstechnischen Möglichkeiten und Grenzen der Kühlung von Formsanden.
- Vorstellung der EVACTHERM® Technik: drei Prozessschritte in einem Aggregat (Kühlen, Mischen, Aufbereiten).
- Beispiele technischer Umsetzung: Modernisierung und Neubau von Anlagen weltweit unter dem Aspekt hoher Produktionsdichte im Kontext zu herrschenden klimatischen Bedingungen.



Optimierung der Sieblinie durch Konfektionierung

Hanna Maria Görke (V), Jörg Ulrich Zilles, Marc Demary, Quarzwerke GmbH, Frechen, D

In der Gießereiindustrie steigt der Anspruch an Gussteile mit komplexen Geometrien und hoher

Oberflächengüte stetig. Diese Entwicklung fordert optimalen Einsatz und Verarbeitung der Rohstoffe.

Die bedeutende Rolle von Quarzsand aus Haltern ist in der Gießerei unumstritten, dennoch ist der Formgrundstoff hinsichtlich seines Potentials für Spezialanforderungen unterschätzt. In der Keramik- und Betonindustrie ist die Modellierung der Packungsdichte durch die Wahl der Korngrößenverteilung wichtiger Bestandteil bei der Entwicklung von Hochleistungsmaterialien. Für Gießereianwendungen sind die Anforderungen allerdings sehr komplex, da eine Verbesse-

rung eines Parameters häufig den gegenläufigen Effekt in Bezug auf einen anderen gießtechnisch relevanten Parameter hat und sich jegliche Änderung in den Körnungen auf das gesamte Formstoffsystem auswirkt. Das Spannungsfeld der Möglichkeiten wird klar, wenn man sich vergegenwärtigt, dass ein grober Einkornsand zwar optimale Gasdurchlässigkeiten, jedoch minimale Festigkeiten aufweist. Im Gegenzug zeigt ein auf optimale Packungsdichte und damit auf Festig-

keit und Oberflächengüte optimierter Kornaufbau immer eine besonders geringe Gasdurchlässigkeit. Daher müssen bei der Optimierung der Sande mehrere Faktoren berücksichtigt werden und die resultierenden Eigenschaften lassen sich nicht mehr direkt abschätzen. Mit Hilfe statistischer Versuchsplanung wurden die Einflüsse unterschiedlicher Körnungsaufbauten auf die Ergebnisse formstoffrelevanter Prüfungen wie Festigkeiten, Gasdurchlässigkeit, Rauigkeit, Schüttdichte

und Fließverhalten umfangreich untersucht. In diesem Multiparametersystem gilt es, für bestimmte Anwendung optimale Ausgewogenheit in den Anwendungseigenschaften zu identifizieren und zu modellieren. Die Ergebnisse wurden in diesem Vortrag präsentiert. Auf Basis dieser Untersuchungen und der Möglichkeit der Konfektionierung einzelner Siebfraktionen lassen sich Sieblinien für spezielle Anforderungen zielsicher großtechnisch darstellen.



3D-Drucken und Kernschießen mit anorganischen Formstoffsystemen: Aktuelle Forschungsergebnisse und zukünftige Forschungsvorhaben am utg

Wolfram Volk (V), Robert Ramakrishnan, Benjamin Griebel, Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen, Technische Universität München, Garching, D
Langfassung siehe Seiten 152–161

Aufgrund der ökologischen, ökonomischen und technischen Vorteile stellen Gießereien ihre Produktion zunehmend auf den Einsatz von anorganisch gebundenen Sandformen und -kernen um.

Als anwendungsnaher produktionstechnischer Lehrstuhl ist daher die Forschung und Entwicklung im Bereich der Verarbeitung und Verwendung von anorganischen Formstoffsystemen ein Forschungsschwerpunkt der Gießereigruppe des Lehrstuhls für Umformtechnik und Gießereiwesen (utg) der Technischen Universität München. Aktuelle Forschungsthemen sind das 3D-Drucken und das Kernschießen mit anorganischen Formstoffsystemen sowie die Formstoffprüfung.

Im Rahmen eines von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Gemeinschaftsprojekts mit der Voxeljet AG (Friedberg) entwickeln wir ein Verfahren, welches es ermöglicht, anorganisch gebundene Sandformen und -kerne in einem 3D-Druckverfahren herzustellen.

Dieses Rapid Prototyping Verfahren ist besonders attraktiv, da durch die generative Fertigungsmethode auf kostenintensive Werkzeuge verzichtet werden kann. Im Rahmen des Projekts werden umfangreiche Parameterstudien durchgeführt, mit dem Ziel, optimale Binderzusammensetzungen und Prozessparameter zu identifizieren.

Um die Forschung und Entwicklung im Bereich der anorganischen Formstoffe weiter voranzutreiben, wird bis Herbst 2014 eine Kernschießmaschine vom Typ SLC2-251 der Firma LORAMENDI am utg aufgestellt und in Betrieb genommen. Diese Anlage ist speziell für die Verarbeitung von anorganischen Bindern ausgelegt und wurde für den Forschungsbetrieb am utg angepasst. Der neu entwickelte Kernkasten der Anlage besitzt die Kernkastenmaße: 750 x 960 x 560 mm und ist modular aufgebaut. Er besteht aus 2 Modulen, die einzeln getauscht werden können, um die Investitionen bei neuen Geometrien gering zu halten. Diese Modularität ermöglicht es, Prüfkörper und eine Realgeometrie – z. B. einen Zylinderkopf-Wassermantelkern – unter identischen Bedingungen herzustellen und so die Übertragbarkeit von Prüfkörper auf Realteil sicherzustellen. Die Anlage steht für bilaterale sowie öffentlich geförderte Forschungs- und Entwicklungsprojekte zur Verfügung.



Energie-Effizienz in der Gießereitechnik

Helmut Weiss (V), Institut für Elektrotechnik, Montanuniversität Leoben, Leoben, A

Energieeffizienz allgemein wird erreicht, wenn für ein bestimmtes Ergebnis die Energienutzung in Komponenten verbessert wird, Prozesse optimiert werden und zudem eine energetische Gesamtbetrachtung des Systems über den elektrischen und thermischen Teil auch in Hinblick auf die Kosten erfolgt. Bei

den Life-Cycle Costs von Komponenten spielen Verluste eine entscheidende Rolle.

Bei elektrischen Antrieben sind grundsätzlich hohe Wirkungsgrade (z. B. 95 %) erzielbar, und doch können die Kupfer-, Eisen- und Reibungsverluste einer elektrischen Maschine ein Mehrfaches der Investitionskosten betragen. Hinzu kommen noch Kosten für Wartung, Reparatur und Ausfallzeit. Durch entsprechenden Materialeinsatz (mehr Kupfer, besseres Eisenblech, optimierte Lager, angepasste Kühlung, verlustarme Getriebe) lassen sich deutliche Verlustverringerungen unter geringen Materialkostenerhöhungen erzielen (Effizienzklasse 1 für elektrische Maschinen).

Auf Prozessebene sind weitaus größere Einsparpotentiale mit sehr kurzen Amortisationszeiten erreichbar. Anstelle einer konventionellen Flüssigkeitsförderung mit Pumpe und Mengenregelung mittels Drosselklappe wird bei gleicher Förderleistung durch Mengenregelung mit drehzahlveränderlich betriebenen Motor die aufgenommene Energie um etwa 30 % reduziert. Dies bezieht sich auf die in der Gießereitechnik erforderlichen Kühlungen durch Flüssigkeiten und lässt sich auf die Lüftungsregelung zur Entwärmung der Produktionshalle erweitern. Erfolgt der innerbetriebliche Transport der erzeugten Gussteile mit elektrischen Antrieben bestehend aus Maschine, Leistungselektronik und Regelung, so sind bei bester Dynamik auch Bremsvorgänge durch Rückarbeit der kinetischen Energie ener-

getisch nutzbar. Hochfrequenzöfen gestatten als Induktionsöfen die vorteilhafte bedarfsorientierte Schnellerwärmung. Im Zusammenwirken mit automatisierten Abläufen sind auch Wärmeverluste durch Schließen der Deckel minimiert. Eine an die Temperatur einer Schmelze angepasste Frequenznachregelung ist realisierbar und optimiert den Energiebedarf.

Energieeffizienz auf der Systemebene erlaubt im automatisierten Betrieb die Nutzung von Verlustwärme in weiterhin thermischer Form zum Vorwärmen. Zudem stehen neue und betrieblich bessere technische Lösungen für bestimmte Aufgaben zur Verfügung, indem eine elektrische Klappensteuerung mit geeigneter hochdynamischer Maschinenregelungsstruktur die übliche Hydraulik mit ihrem niedrigen Wirkungsgrad und hohen Leerlaufverlusten in der Klappensteuerung ersetzt.

Die erweiterte Systembetrachtung setzt zuerst bei der Sicherheit in der Energieversorgung an. Die elektrische Energieversorgung erfolgt über das öffentliche Netz. Ein kurzzeitiger Ausfall des Netzes wie bei der automatischen Wiedereinschaltung nach einem Blitzeinschlag in die Leitung bereits bringt erhebliche Probleme, sodass für höhere Leistungen speziell in der Gießereindustrie eher teure supraleitende magnetische Energiespeicher (SMES) eingesetzt wurden. Im Bereich kleinerer Leistungen für Steuerungen und Regelungen sowie Industrie-PCs sind verteilte „Ununterbrechbare Stromversorgungen“ (USV) üblich. Bei wesentlich besse-

rem Wirkungsgrad kann eine Groß-USV als „sichere Schiene“ eine Fertigungsstätte in allen kritischen Aggregaten versorgen, die üblichen Batteriespeicher arbeiten hier mit Blei-Schwefelsäure-Akkus und diese sind nicht optimal.

Lithium-Ionen-Batteriespeicher sollten durch eine vermehrte Zahl von Elektrofahrzeugen direkt und insbesondere als Re-Use-Komponente kostengünstig verfügbar werden und sind wesentlich besser in Bezug auf gespeicherte Energie pro Masse, Wirkungsgrad und Nutzungsdauer. Die Energiespeicherkapazität kann einen Spitzenleistungspuffer realisieren und reicht hin bis zum Tagesspeicher oder Mehrtageesspeicher. Die Einbindung erneuerbarer Energie, z. B. über Photovoltaik am Hallendach, mit bidirektionaler Netzanbindung bietet die Möglichkeit weitgehender Eigenverantwortung in elektrischer Energie, allgemeinem Lastausgleich bis hin zu antizyklischem Verhalten am Netz, welches den in Zukunft steigenden Energiekosten entgegenwirkt. Bekannt ist bereits die Eigenerzeugung elektrischer Energie am Standort durch ein betriebsintegriertes Blockheizkraftwerk, welches auch Prozesswärme mittelhoher Temperatur liefert. Verlustwärme – in der Gießereitechnik im Überfluss anfallend – kann derzeit erst mit niedrigem Wirkungsgrad direkt in elektrische Energie gewandelt werden.

Insgesamt sind hinsichtlich der Energieeffizienz in der Gießereitechnik entscheidende Verbesserungen unmittelbar sowie kurz- bis langfristig implementierbar.



Energieeffizienz und Klimaschutz in Giessereien: Systematik und Innovation machen's möglich

Thomas Bürki (V), Thomas Bürki GmbH, Benglen, CH

Aus einer Energie- und Klimaschutz-Perspektive werden heute zunehmend hohe Erwartungen auch an Giessereien herangetragen.

Diese Herausforderungen können gemeistert werden und gleichzeitig resultiert eine ökonomische Verbesserung in Giessereien. Dazu be-

darf es aber eines systematischen Zugangs zum Thema und einer konsequenten Umsetzung der identifizierten Potentiale.

Im Vortrag wurde stichwortartig ein Vorgehen skizziert, das zu dieser Kombination von ökologischen und ökonomischen Verbesserungen führt.

1. Konsequentes Analysieren der Situation

Anwenden eines „Zwiebelschalenmodells“, d. h. Durchdenken von

Verbesserungen vom Kernprozess hinaus zur Infrastruktur. Bsp. Optimieren des herzustellenden Gussteils, der Gussformen, des Giessprozesses, der Brennstoffe, der Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung, der Bereitstellung von Hilfsenergien.

2. Weg vom Komponenten-denken, hin zum systemübergreifenden Denken

Komponenten sind heute tendenziell optimiert, systemübergreifende Lösung hingegen noch nicht

Stand der Technik. Beispiel Energiefluss-Betrachtungen und Verknüpfungen über den ganzen Betrieb.

3. Einsetzen moderner Hilfsmittel

In Giessereien existieren viele Energieströme. Diese können mit herkömmlichen händischen Methoden oder intuitivem Engineering nicht optimiert werden. Dazu braucht es den Einsatz moderner Hilfsmittel, wie z. B. der Prozessintegration (Pinch-Analyse).

4. Konsequente Nutzung von innovativen Lösungen

In vielen Betrieben wurden die letzten tiefgreifenden Energie-Analysen vor längerer Zeit durchgeführt. In der Zwischenzeit wurden viele technische Verbesserungen zur Marktreife entwickelt. Bsp. moderne Antriebe und Regelungssysteme, High Tech-Wärmerückgewinnungssysteme, Abwärme-Verstromung u.v.a.m.

Am Beispiel von zwei Kupolöfen wurde das Vorgehen beispielhaft aufgezeigt.

Fachvorträge EISEN- und STAHLGUSS



Einfluss der Prüfkörperherstellung – Pressen oder Rammen – auf die Eigenschaften von Nassguss sand

Hubert Kerber (V), Heinz Holzer, Helmut Robitschko, Tose Petkov, Österreichisches Gießerei-Institut, Leoben, A

Die Herstellung von qualitativ hochwertigem Formstoff, sei es durch Neu- oder Wiederaufbereitung, führt heutzutage nicht mehr an modernen, aussagekräftigen Formstoffprüfverfahren vorbei.

Die Formstoffprüfung wird aber noch überwiegend mit den vor 60 Jahren entwickelten mechanischen, handbetriebenen Einzelprüfgeräten durchgeführt, da die Weiterentwicklung im Formstoffprüflabor für lange Zeit praktisch stehengeblieben ist. Verbesserungen und Erneuerungen, wie sie in den vergangenen Jahrzehnten überall durch die moderne Elektronik zu verzeichnen waren, fehlten in der Formstoffprüfung.

Dieser Entwicklungsstagnation wurde durch neue, moderne, elektronisch gesteuerte Universal-Formstoffprüfgeräte und Aufbereitungs-Überwachungssysteme, die nun seit einigen Jahren auf dem Markt sind, ein Ende gesetzt.

Auch am Österreichischen Gießereiinstitut in Leoben werden im Rahmen eines Formstoffprojektes Entwicklungen moderner mechanischer Formstoff-Prüfmethoden durchgeführt. Kernstück des neuen Formstofflabors am ÖGI ist eine 5kN Universal Tischprüfmaschine

der Fa. Zwick, die mit allen Vorrichtungen und Adaptern für die mechanische Formstoffprüfung ausgestattet wurde.

Die Ergebnisse der neuen Formstoffprüfung zeigen charakteristische Spannungs-Verformungs-Kurven, die sich in Serienprüfungen überwiegend durch geringe Streuungen und hohe Reproduzierbarkeit auszeichnen.

Unterschiede in den Formstoffeigenschaften zeigen sich hier nicht nur im Maximalprüfwert, sondern vor allem in einem charakteristischen Verlauf der Spannungs-Verformungs-Kurven.

Erfreulich ist, dass die Ergebnisse der neuen elektronischen Prü-

fung und der konventionellen handbetriebenen Prüfgeräte sehr gut korrelieren.

Im Vortrag wurden nach einer kurzen Einführung in die neue Formstoffprüfung des ÖGI Prüfergebnisse mit Nassguss sanden vorgestellt.

Die Plastizität des Nassguss sandes in Abhängigkeit des Feuchtegehaltes zeigt sich in Spannungs-Verformungs-Kurven der verschiedenen mechanischen Prüfverfahren sehr anschaulich. Interessant ist die Beobachtung der Auswirkung des Feuchtegehaltes auf die Formstofffestigkeit a) bei der Verdichtung durch Pressen, wie bei der Formherstellung und b) bei der Herstellung des Prüfkörpers durch Rammen.

In einer Prüfserie wurde der Frage nachgegangen, welchem Pressdruck die 3 „klassischen“ Ramm schläge entsprechen und wie sich die Druck- und Spaltfestigkeit von gepressten und gerammten Probekörpern entwickeln.



Auditorium der Vortragsreihe Eisen- und Stahlguss



Entwicklung eines warmfesten GJS zur Herstellung dickwandiger Gussteile

Babette Tonn (V), Technische Universität Clausthal, Clausthal-Zellerfeld, D; Lutz Dekker, Stahlwerk Bous GmbH, Bous, D; Matthias Oechsner, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, D

Die Steigerung von Leistung und Wirkungsgrad in fossilen Kraftwerken bedingt hohe Prozessdrücke und –temperaturen, denen derzeitige Gusseisenwerkstoffe nur noch bedingt standhalten. Dennoch ist warmfestes Si- und Mo-legiertes Gusseisen für die Herstellung von Turbinengehäusen eine kostengünstige Alternative zum Stahlguss, für die sich eine Weiterentwicklung zu höheren Warmfestigkeiten auch bei Einsatztemperaturen über 500°C lohnt.

In Gusseisen mit Kugelgraphit wird Molybdän zur Steigerung der

mechanischen Eigenschaften bei hohen Anwendungstemperaturen in Gehalten von 0,5 Gew. % bis 1,5 Gew. % legiert. Dies trifft insbesondere auf dickwandige Bauteile, wie Gehäuse für Gas- und Dampfturbinen, zu. Das Verhalten Mo-haltiger Ausscheidungen im Gusszustand und unter langanhaltender Temperatureinwirkung ist Gegenstand der durchgeführten Untersuchungen. Während der Erstarrung bildet Mo mit Fe eine metastabile karbidische Ausscheidung an Korngrenzen, die unter Langzeittemperatureinwirkung in die stabile Ausscheidung

MoC überführt wird. Darüber hinaus liegen feindispers verteilte Mo-haltige Ausscheidungen in der Matrix vor. Es kann angenommen werden, dass diese Ausscheidungen maßgeblich für die Steigerung der Warmfestigkeit des Mo-legierten Gusseisens verantwortlich zeichnen. Bei langanhaltender Temperaturbeanspruchung unterliegen die Ausscheidungen der Ostwaldreifung, und es bilden sich entlang von Ferritkorngrenzen ausscheidungsfreie Zonen aus.

Im Ergebnis wurde gezeigt, dass in dickwandigen Bauteilen die Kombination aus Mischkristallverfestigung und Ausscheidungshärtung bei gleichzeitig homogener und fehlerfreier Graphitausbildung in ferritischer Matrix zu hohen Festigkeiten bei Temperaturen oberhalb 500°C führt, ohne das Ermüdungsverhalten der Legierung zu reduzieren.



Erfahrungsbericht – Anwendung mischkristallverfestigter Sphärogusswerkstoffe

Sabine Tunzini (V), Georg Fischer Automotive AG, Schaffhausen, CH

Die mischkristallverfestigten Werkstoffe, welche im Jahr 2012 in die überarbeitete Version der DIN EN 1563: 2012-3 aufgenommen wurden, erlangen immer mehr Bekanntheitsgrad. Das Interesse an dieser Werkstoffgruppe in Anwendungen für die Windenergie, aber auch im Automotive-Bereich, wächst im europäischen Raum.

In einigen Forschungsprojekten am IfG und ÖGI wurden Erkenntnisse zum mechanischen und dynamischen Werkstoffverhalten, zum Lunker- und Speisungsverhalten sowie zur Schweißbarkeit gewonnen, welche zum Teil auch veröffentlicht wurden.

Für die praktische Anwendung als Konstruktionswerkstoff dieser mischkristallverfestigten Werkstoffe wurden bei der Fa. Georg Fi-

scher Automotive AG weiterführende Untersuchungen hinsichtlich Bauteilbeanspruchbarkeit vorgenommen. Hierbei wurden Serienbauteile aus einem Standardwerkstoff einer Schwingprüfung unterzogen. Das Potential der Lebensdauersteigerung durch das Legieren mit Silizium und der daraus folgenden Mischkristallverfestigung des Ferrits ist in zunehmenden ertragbaren Spannungen bis zum Bauteilversagen ersichtlich. Bekannterweise wird die Schlagenergie mit Erhöhung des Siliziumgehaltes bei Gusseisen mit Kugelgraphit verringert. Auch hierzu wurden praktische Bauteiltests durchgeführt. Das tatsächliche duktile Verhalten von höherfesten siliziumlegierten Werkstoffen GJS 600-10 mit rund 4,3 % Silizium und ei-

nem ferritisch-perlitischem SiboDur 700 mit rund 2,8–3,0% Silizium wurde an Radträgern in einem sogenannten Impact-Versuch erprobt. Die Impact Tests, welche das Bordsteinanrutschen eines Autos simulieren, zeigen, dass es bei Raumtemperatur, unabhängig vom Werkstoff, zwar zu einer plastischen Verformung im Zapfenbereich kommt, jedoch kein Riss entsteht. Bei einer Prüftemperatur von –40 °C kommt es bei den Radträgern beider Werkstoffe zu einem Riss an vergleichbarer Stelle. Die höhersilizierten Radträger aus GJS 600-10 können bei –40 °C Prüftemperatur vor dem Bruch weniger Energie aufnehmen als die Radträger aus SiboDur 700. Bei sehr hohen Siliziumgehalten von über 4,3% in einem Bauteil kann diese reduzierte Energieaufnahme auf die verspröde Wirkung des Siliziums zurückgeführt werden, welche dann bei hohen Verformungsgeschwindigkeiten, wie z. B. bei einem Crash, zum Tragen kommt.

Die Herausforderung in der Produktion dieser Werkstoffsorten zeigt sich u. a. in der zu beachtenden Gleichgewichtstemperatur der Tiegelreaktion. Silizium bestimmt

unter und im Bereich der Gleichgewichtstemperatur den Sauerstoffgehalt der Schmelze durch Kieselsäurebildung (Selbstdesoxidation); Si brennt ab und bildet SiO_2 , welches in die Schlackenphase über-

geht. Wird die Temperaturführung der Schmelze nicht entsprechend angepasst, kommt es zu einer vermehrten Schlackenbildung.

Im Rahmen des Vortrages wurde auch auf die Einflussnahme von

Spurenelementen auf die Eigenschaften der mischkristallverfestigten Werkstoffe eingegangen. Weiterhin wurden die neuesten Erkenntnisse zur Bearbeitbarkeit dieser Werkstoffsorte vorgestellt.



Stand der Simulation von lokalen Eigenschaften und Betriebsfestigkeit für Gusseisenwerkstoffe

Mathias Bodenburg (V), MAGMA GmbH, Aachen, D

Die Simulation von Gießprozessen ist heute ein akzeptiertes und weit verbreitetes Werkzeug in Gießereien weltweit. Neben den klassischen Fragestellungen, wie der Auslegung der Anschnitt- und Speisertechnik, liegt der Fokus der Simulation immer mehr auf der Optimierung der Bauteilqualität im Allgemeinen. Dabei spielen die Gefüge und mechanischen Eigenschaften sowie der Eigenspannungszustand, neben Fehlererscheinungen wie Lunker oder Gas- und Schlackeeinschlüssen bzw. deren Einfluss auf die Bauteilqualität eine erhebliche Rolle.

Die Vorhersage der Gussgefüge bei Eisenlegierungen umfasst den eutektischen Bereich (Anzahl Sphärolithen, Nodularität, Graphitform, Ledeburit, Anteile der entstehenden Phasen) sowie den eutektoiden Bereich (Anteil Perlit bzw. Ferrit). Über ein Mikromodell wird, basierend auf der chemischen Zusammensetzung, dem Keimhaushalt und den lokalen Abkühlgeschwindigkeiten, das Wachstum der entsprechenden Phasen berechnet. Die berechneten Gefüge wiederum sind die Grundlage für die Vorhersage der mechanischen Eigenschaften wie Härte, Zugfestigkeit, Streckgrenze und Bruchdehnung.

Bei der Simulation der Eigenspannungen eines Gussteils sind für die Fertigung zwei wesentliche Dinge von Interesse: Zum einen ob Risse entstehen und zum anderen ob der Verzug innerhalb der geforderten Toleranz liegt. Für das Bauteil selber bzw. für sein Verhalten in der späteren Anwendung ist der Eigenspannungszustand grundsätzlich eine wichtige Größe. Neben der Möglichkeit, Eigenspannungen im Gusszustand zu berechnen, können ebenfalls durch eine Wärmebehandlung hervorgerufene Eigenspannungen simuliert werden bzw. deren Abbau durch Spannungsarmglühen.

Durch die Möglichkeiten der Gießprozesssimulation lassen sich im Vorfeld der Fertigung Aussagen über die Gebrauchseigenschaften eines Bauteils machen. Somit können konsequent Energie und Kosten durch anwendungsoptimierte Designs und optimale Fertigungsprozesse reduziert werden.



Intelligente Datenanalyse in Gießereien

Dierk Hartmann (V), Hochschule Kempten, Labor für Werkstofftechnik und Betriebsfestigkeit, Kempten, D; Christine Bartels, Claas Guss, Gütersloh, D; Johannes Gottschling, Uni Duisburg-Essen, D

Die Qualität eines Gussteils wird in ganz entscheidendem Maße von der technischen Performance der zur Fertigung erforderlichen Rohstoffe und Teilprozesse bestimmt. In diesem Zusammenhang haben beispielsweise die Herstellung der gießfertigen Schmelze oder das

Formstoffsystem entscheidenden Einfluss. Eine Vielzahl von Fehlerbildern am Gussbauteil hat ihre Ursache in der Art und Weise der Erschmelzung, der Schmelzebehandlung oder auch in den Eigenschaften des verwendeten Formstoffs, die jeweils wiederum von

vielen Einflussgrößen bestimmt werden.

Für das Formstoffsystem beispielsweise gehören hierzu Menge und Qualität der Einsatzstoffe ebenso wie die verwendete Anlagentechnik und die Prozessparameter der Formstoffaufbereitung. In der betrieblichen Praxis können einige dieser Einflussgrößen als konstant betrachtet werden. So ändert sich die Anlagentechnik der Formstoffaufbereitung und der Formanlage über sehr lange Zeiträume nicht. Um den Zustand des Formstoffs zu charakterisieren, werden im Sandlabor Formstoffkennwerte ermittelt. Gesteuert wer-

den die Eigenschaften des Formstoffs in der Praxis vor allem über die Gehalte an Wasser, Bentonit und Glanzkohlenstoffbildner, für die Empfehlungen für eine geeignete Einstellung des Sandsystems – allerdings mit großen Toleranzbereichen – existieren.

Für eine Gießerei mit einem spezifischen Produktspektrum ist es damit auf der einen Seite immer noch keine triviale Aufgabe, die idealen, im Grunde gussteilabhängigen, Parametereinstellungen zu

ermitteln und gezielt anzusteuern. Auf der anderen Seite wird im Rahmen der Formstoffprüfung im Sandlabor eine Vielzahl von Parametern über lange Zeiträume aufgezeichnet, in denen das Wissen um die Zusammenhänge implizit enthalten ist. Schließlich werden sowohl Steuergrößen wie beispielsweise Wasser- oder Aktivtongehalt als auch die daraus resultierenden Eigenschaften, wie Festigkeitseigenschaften oder Gasdurchlässigkeit, ermittelt. Trotzdem ist die

zwischen all diesen Parametern bestehende quantitative Abhängigkeit nicht für die Formstoffsteuerung verfügbar.

Genau an dieser Stelle setzt die im Rahmen eines EU-geförderten Industrieverbundvorhabens auf Basis von Methoden des maschinellen Lernens entwickelte Software EIDominer an. In der vorliegenden Arbeit wird diese Software auf Fragestellungen der Werkstoffherstellung sowie der Formstoffsteuerung angewendet.



Leichtbau durch optimale Ausnutzung des Werkstoffs am Beispiel von Gusseisen mit Kugelgraphit

Paul Kainzinger (V), Florian Grün, Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Allgemeinen Maschinenbau, Leoben, A

Gusseisen mit Kugelgraphit wird vor allem aufgrund seiner guten Gießbarkeit, seines guten Preis-/Leistungsverhältnisses und der guten Verfügbarkeit in unterschiedlichsten Branchen eingesetzt. Dabei wird eine breite Palette an Bauteilgewichten – von einigen kg schweren Schwenklagern bis hin zu mehreren 10 Tonnen schweren Windkraftnaben – realisiert. Für die Dimensionierung solcher Bauteile werden typischerweise homogene Materialkennwerte angenommen. Bedingt durch die unterschiedlichen Abkühlbedingungen während der Erstarrung in der Form kommt es jedoch zu abweichenden Gefügeausbildungen innerhalb eines Bauteils. Diese Gefügevariationen haben eine große Auswirkung auf die zyklischen Materialfestigkeiten, während die statischen Kennwerte annähernd gleich bleiben.

Die gezielte Ausnutzung dieser unterschiedlichen zyklischen Werkstoffeigenschaften zur Reduktion des Bauteilgewichts ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Eine aus EN-GJS-400-18-LT gefertigte Windkraftnabe wurde zur Probeentnahme verwendet. Die Proben zur Bestimmung der lokalen Wöhlerlinien wurden aus Bereichen entnommen, die eine unterschiedlich ausgebildete Gefügestruktur aufweisen. Auf Basis von fraktographischen Untersuchungen der Bruchflächen wurde ein bruchmechanisches Modell zur Beschreibung der gefügeabhängigen Schwingfestigkeit abgeleitet.

Mit Hilfe dieses Modells ist es möglich, zyklische Materialkennwerte bereits vorab der Herstellung des Bauteils aus der Gießsimulation abzuschätzen. Durch gezielte Eingriffe in die Gießtechnik kann somit die Materialfestigkeit beein-

flusst werden. In Bereichen mit hoher Belastung kann die Festigkeit gesteigert werden, während Defekte in niedriger belasteten Bereichen toleriert werden können, ohne dabei die Funktion oder die Betriebssicherheit des Bauteils zu gefährden.

Da Bauteile unterschiedlichster Größen aus Gusseisen mit Kugelgraphit hergestellt werden, müssen auch größenabhängige Effekte auf die Schwingfestigkeit erfasst werden. Der sogenannte statistische Größeneffekt, welcher den statistisch bedingten Abfall der Festigkeit mit steigender Bauteilgröße erfasst, wird im Rahmen dieser Arbeit mittels des vorgestellten Modells ebenfalls erfasst.

Anschließend wurden die aus der Simulation abgeschätzten Kennwerte in eine Optimierungsschleife auf Basis lokaler Materialfestigkeiten mit eingebunden. Somit ist es möglich Bauteile basierend auf lokalen Sicherheiten bzw. Lebensdauern zu optimieren und das volle Leichtbaupotential des Materials auszuschöpfen.



Giganten aus Stahlguss für die Anwendung in Maschinenbau, Kompressoren, Offshore, Energietechnik bis zur Medizintechnik

Reinhold Hanus (V), voestalpine Giesserei Linz GmbH, Linz, A

Die Gießereigruppe der voestalpine mit den österreichischen Standorten in Linz und Traisen erzeugt schweren Stahlguss für Dampf- und Gasturbinen, Kompressoren für die Öl- und Gasförderung, sowie für die chemische Industrie, den Maschinenbau und für die Offshore-Technik. In der

Gruppe kann ein Gewichtsbereich von 1 bis 200 Tonnen abgedeckt werden. Jeder dieser Märkte hat seine besonderen Herausforderungen. Am Beispiel von Großkomponenten für Dampfturbinen werden die Hauptprozesse und Besonderheiten dargestellt, die eine Stahl-

gießerei zu bewältigen hat. Im Besonderen wurde dies anhand von erzeugten Dampfturbinen für Kraftwerke im obersten Leistungssegment (1600 MW) erläutert. Beispiele von Großgussteilen für Offshore und Medizintechnik haben das Bild ergänzt.

Key Words:

Stahlguss, warmfester Stahlguss, Stahlguss mit besonderen magnetischen Eigenschaften, Offshore-Stahlguss, kaltzäher Stahlguss, hochfester Stahlguss mit guter Schweißbeignung.



Rostfreier Stahlguss in Pumpen-Applikationen – Anforderung, Ausführung und Anwendung

Harald Chladil (V), Andritz AG, Graz, A

ANDRITZ Pump Division beschäftigt sich mit der Entwicklung und Herstellung von kundenspezifischen Großpumpen, Standardkreiselpumpen, Unterwassermotoren, Schneckenpumpen und Wasserkraftschnecken für unterschiedlichste Anwendungen. Jahrzehntelange Erfahrung im hydraulischen Maschinenbau und umfassendes Prozess-Know-how bilden die Basis für den hohen Standard des ANDRITZ Pumpenbaus.

ANDRITZ Pumps entwickelt und fertigt Standardkreiselpumpen und kundenspezifische Großpumpen,

die in drei großen Anwendungsfeldern eingesetzt werden:

- Wassertransport (Be- und Entwässerung, Trinkwasser- und Nutzwasserversorgung, Transport von Abwässern und Pumpen für Meerwasserentsalzungsanlagen)
- Die Energiewirtschaft (Kühlwasser- und Hauptkühlmittelpumpen, Rauchgasentschwefelungsanlagen, Pumpen als Turbinen, Wasserkraftschnecken bis 500 kW)
- Diverse Industrien (Zellstoff- und Papierindustrie, Bergbau, Off-

shore-Bereich, Zucker- und Bioethanolindustrie, Chemische Industrie)

Aufgrund der vielfältigen Anwendungsgebiete ergeben sich unterschiedlichste Beanspruchungskombinationen (Korrosion durch diverse Medien, Hydroabrasion, mechanische Belastungen, Kavitation, etc.), die eine sehr projektorientierte Auswahl von Hydraulik, Design und Werkstoffwahl unter besonderer Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit erfordern. Alle 3 Faktoren müssen von Beginn des Projektes parallel betrachtet werden und auch deren Auswirkung hinsichtlich Fertigung und globaler Supply Chain bewertet werden.

Anhand einiger aktueller Beispiele wurde diese Vorgehensweise mit besonderem Fokus auf die Gussteile im Pumpenbau präsentiert.

Fachvorträge NE-METALLGUSS



Aluminium-Druckgussteile mit hohen mechanischen Eigenschaften

Jürgen Wüst (V), Magna BDW technologies GmbH, Markt Schwaben, D; Reinhard Winkler, Steinbeis Transferzentrum, Engen, D

1. Einleitung

Wegen der legierungsbedingten geringen mechanischen Kennwerte und Gefügestörungen infolge verfahrensspezifischer Randbedingungen werden Al-Druckgussteile überwiegend im Antriebsstrang (Motor u. Getriebe) eingesetzt. Die Einführung neuer Technologien

vor ca. 20 Jahren erlaubt mittlerweile größere Einsatzgebiete von Druckgussteilen aus Aluminiumlegierungen (z. B. Karosserierohbau und Fahrwerk). Aufgrund der geringen Dichte und des relativ hohen E-Moduls können optimierte Eigenschaften mit hervorragender Duktilität und/oder Steifigkeit er-

zielt werden. Diese Eigenschaftskombinationen machen den Werkstoff Aluminium für Anwendungen im Automobilbau sehr interessant. Vorliegende Prognosen für die stete Zunahme von Aluminiumguss in den nächsten Fahrzeugmodellen belegen die Vorteile von Druckgussteilen aus Aluminiumlegierungen. Die begrenzte Verfügbarkeit von Ressourcen und gesetzliche Vorgaben bestimmen hier den technologischen Trend. Neben neuen Antriebskonzepten (z. B. Hybridmotoren, neueste Automatikgetriebe) nimmt auch das Fahrzeuggewicht eine entscheidende Rolle für den Kraftstoffverbrauch/Emission ein.



Das Auditorium der Fachvorträge NE-Metallguss

2. High-Q-Cast Vakuumdruckgießverfahren

Wesentliche Merkmale wie Gießkammervakuum, Formvakuum, spezielle Kolbenschmierung, Anschmitttechnik, Druckgießformkonzepte ermöglichen:

- Geringste Gasporositäts-einschlüsse
- Geringste Schwindungsporiösität
- Große Fließlängen (geringe Gussteilwandstärken)
- Komplexe Gussteilgeometrien

Hierdurch wird es möglich, die verfahrenstypischen Gefügefehler, wie Vorerstarrungen, Poren, Oxideinschlüsse stark zu minimieren. Die verbesserte Gussqualität führt

zu Optimierungen und erlaubt komplexere und dünnwandigere Konstruktionen zuzulassen und dadurch die Herstellkosten weiter zu senken.

3. Aural-Legierungen für anspruchsvolle Anwendungsgebiete im Fahrzeugbau

Neben den technischen Materialeigenschaften sind insbesondere wirtschaftliche Einflussgrößen entscheidend für ein erfolgreiches Gesamtkonzept. Eine überragende Bedeutung haben hierbei die unterschiedlichen Legierungssysteme, da sie die Gießbarkeit entscheidend beeinflussen. Einschränkungen in den Gießeigenschaften wirken sich nachhaltig auf die Her-

stellkosten aus. Neben den Verlusten infolge hoher Ausschussraten wird auch die Standzeit von den Druckgießformen entscheidend beeinflusst. Da das Druckgießverfahren typischerweise in die Kategorie der Massenherstellung einzuordnen ist, sind Kompromisslösungen in der Regel sehr kostenintensiv.

4. Insoltherm Wärmebehandlungsverfahren

Salzbadwärmebehandlung, Schnellaufheizung, Einfluss auf den Gussteilverzug infolge der Wärmebringungsverfahren. Die Wärmebehandlung ermöglicht die anwendungsgerechte Einstellung der gewünschten Eigenschaften. Sie steht in direktem Wettbewerb mit sogenannten naturharten Al-Legierungen. Durch intelligente Verfahrensmethoden bei der Wärmebehandlung können nachgeschaltete Korrekturverfahren weitestgehend vermieden werden, um Schwachstellen in den vorausgegangenen Prozessschritten zu korrigieren.

5. Anwendungsbeispiele für Druckgussteile mit hohen mechanischen Eigenschaften

Struktur Gussteile mit optimiertem Bauteilgewicht. Fahrwerksteile mit hohen Belastungskollektiven.

6. Ausblick

Zukunftsperspektive für die Anwendung von Druckgussteilen im Automobilbau.



Simulation des Squeezens und Realisierung des lokalen Nachverdichtens am Beispiel eines 8 HP-Automatikgehäuses

Jens Dieter Hoffmann (V), Manfred Hausberger, Andreas Göttler, ZF Gusstechnologie GmbH, Nürnberg, D

Im Laufe der 8 HP Serienfertigung stellte sich der Fehler „Undicht im Druckölkanalbereich“ als latent vorhanden heraus, wobei die Undichtraten stark schwankten. Ursache dafür war die Gehäusegeometrie, die unterschiedlichste Mate-

rialanhäufungen aufweist und eine Nachverdichtung in den anschnittfernen Regionen unmöglich macht.

Im Rahmen der Fehleranalyse wurde neben der Metallografie auch die Simulationstechnik eingesetzt. Mit dem errechneten Ergeb-

nis konnte dem Fehler eine Dimension bzw. ein Volumen zugeordnet werden. Da dieses Fehlvolumen über thermische Prozessvariationen nicht mehr zu bekämpfen war, wurde eine lokale Nachverdichtung entworfen und simuliert.

Das Ergebnis überzeigte so sehr, dass die Squeezertechnik in eine „Versuchsform“ eingebaut wurde, die nach einer kurzen Lern- und Einfahrphase konstant gute Ergebnisse lieferte. Parallel dazu wurden die Störzeiten erfasst und visualisiert.

Im Ergebnis stellte sich der Squeezer als zuverlässiges Mittel

heraus, um die Q-Ergebnisse deutlich zu verbessern. Die kostenseitige Betrachtung zeigt einen nur kleinen bis vernachlässigbaren Mehraufwand und auch die Standzeiten

des Squeezers können mit >30.000 Entformungen als robust angesehen werden.

Basierend auf diesen Ergebnissen wurden alle 8 HP Formen mit ent-

sprechender Squeezertechnik ausgestattet, die das Thema „Undicht im Druckölkanalbereich“ auf << 1% reduzieren.



Eigenschaftscharakterisierung und potentielle Anwendungen einer Aluminiumlegierung mit höherer Wärmeleitfähigkeit und verbesserter Gefügebildung

Andreas Kleine (V), Hubert Koch, Trimet Aluminium SE, Harzgerode, D; Thomas Pabel, Christian Kneißl, Erhard Kaschnitz, Österreichisches Gießerei-Institut, Leoben, A

Im Fokus der Arbeit steht eine vergleichende Eigenschaftscharakterisierung von zwei Varianten des Legierungstyps AlSi7Mg0,3. Variante 1 ist eine hochreine AlSi7Mg0,3, die sich insbesondere durch Titan-, Vanadium- und Zirkongehalte von <0,01% auszeichnet. Variante 2 ist eine AlSi7Mg0,3-Standardlegierung. Zur Bestimmung von gießtechnologischen Eigenschaften werden Fließlängen-

und Warmrissproben in entsprechende Kokillen gegossen und ausgewertet. Für die Ermittlung von mechanischen Kennwerten und Gefügemerkmalen erfolgt das Gießen von Proben in eine DIEZ-Kokille. Die Grundlagenuntersuchungen zeigen, dass die hochreine, nahezu titan-, vanadium- und zirkonfreie Variante 1 gegenüber der Standardvariante 2 folgende Vorteile bietet:

- bessere Fließlänge und geringere Warmrissempfindlichkeit
- geringere Porosität und geringerer SDAS
- höhere Dehnung im Gusszustand und nach einer T6-Wärmebehandlung
- bessere Temperatur- und Wärmeleitfähigkeit
- geringerer spezifischer elektrischer Widerstand

Ergänzend zu den Grundlagenuntersuchungen wurden aus beiden Varianten seriennahe Demonstratorbauteile hergestellt und bauteilrelevanten Prüfungen unterzogen. Neben einem quasistatischen Bauteiltest ist insbesondere das Korrosionsverhalten von Interesse.



Bestimmung der Porosität in Al-Gussstücken mittels CT und ihres Einflusses auf die Festigkeitseigenschaften

Bernd Oberdorfer (V), Daniel Habe, Erhard Kaschnitz, Österreichisches Gießerei-Institut, Leoben, A; Christopher Neu, Andreas Keßler, IfG-Institut für Gießereitechnik gGmbH, Düsseldorf, D
Langfassung siehe Seiten 138–141

Typische Gussfehler wie Lunker oder Gasporen, die vor allem durch Schwindung und Gasausscheidung während der Erstarrung entstehen, können bekanntermaßen die mechanischen Eigenschaften von Gussstücken erheblich verschlechtern. Gängige Methoden wie z. B. Radioskopie oder Metallographie stellen innere Volumendefekte zweidimensional dar; der Informationsverlust in der dritten Dimension führt infolge zu überkonservativen Sicherheitsbestimmungen.

Der Einsatz der Röntgen-Computertomographie (CT) zur Erfassung

räumlicher Defektverteilungen hat in letzter Zeit stark zugenommen, diese Technologie kann jedoch aufgrund fehlender Untersuchungen und Normen über den Zusammenhang zwischen 3D-Defektverteilungen mit den mechanischen Eigenschaften noch nicht voll genutzt werden. Die vorliegende Arbeit ist ein Beitrag zu einer standardisierten Bewertung von Gussteilen hinsichtlich ihrer Volumendefizite mittels CT.

Es wurden Proben verschiedener Aluminiumlegierungen im Druck- und Sandguss gegossen, mit CT auf

ihre Defekte analysiert und in Zug- und Schwingversuchen mechanisch geprüft. Für eine softwareunabhängige Bestimmung der Porosität wurde ein Referenzhohlkörper mit bekanntem Innenvolumen entwickelt, mit dessen Hilfe der Schwellwert zwischen dem Grauwert einer Pore und demjenigen des Materials festgelegt wurde. Auf diese Weise wurden sowohl die Gesamt- als auch die lokale Volumenporosität an der jeweiligen Bruchstelle der geprüften Proben ermittelt. Es zeigen sich eindeutige Zusammenhänge zwischen Porosität und bestimmten mechanischen Eigenschaften. Mit einer weiterführenden Analyse, die für diesen funktionellen Zusammenhang die Porenform und den Abstand der Porositäten zur Probenoberfläche miteinschließt, wurde die Korrelation noch verbessert.

Untersucht wurde auch der Einfluss von Oxidhäuten auf die mechanischen Eigenschaften und

eventuelle Wechselwirkungen mit Volumendefiziten. Diese Ergebnisse zeigen, dass künstlich eingebrachte Oxide in Form von Al-Spänen für die mechanischen Eigenschaften bestimmend sind.

Ziel ist die Definition eines Qualitätsfaktors, mit dessen Hilfe sich Al-Gussstücke in verschiedene Porositätsklassen einteilen lassen. Da anzunehmen ist, dass CT-Untersuchungen in der Industrie eine im-

mer wichtigere Rolle spielen werden, ist eine solche standardisierte Bewertung von Volumendefiziten notwendig, wozu dieses Projekt einen Beitrag leisten soll.



Gefügebildung und Veredelung in Al-Gusslegierungen

Andreas Bührig-Polaczek (V), V. Groten, E. Schaberger-Zimmermann, Gießerei-Institut der RWTH Aachen, Aachen, D; B. Böttger, J. Eiken; ACCESS e.V., Aachen, D

Die Herstellung hochwertiger Komponenten erfordert zunehmende Qualitäten im Werkstoff und Gießprozess. Um dies zu erreichen, sind vorhandene Werkstoffe und Verfahren zu optimieren und weiter zu entwickeln. Wichtig dafür ist das Verständnis der grundlegenden Mechanismen. In den gezeigten Untersuchungen wurden insbesondere die Auswirkungen von Legierungszusammensetzung und Abkühlbedingung auf die Gefügeentwicklung während der Erstarrung, auf die Mikrostruktur und auf den Veredelungsgrad aufgezeigt. Systematische Untersuchungen unter definierten Laborbedingungen zeigen dabei deutlicher den jeweiligen Einfluss einzelner Parameter

als eine direkte Untersuchung in technischen Legierungen und Prozessen. Statistisch abgesicherte Versuchsreihen führen zu signifikanten Ergebnissen, die damit in Ihrer Auswirkung für die praktische Anwendung bewertet werden können.

Weiterhin wurden moderne Methoden der Gefügeanalyse sowie spezielle Ätztechniken vorgestellt. Sie erlauben auch im Lichtmikroskop zahlreiche Phasen im Gefüge unterscheidbar darstellen zu können, z. B. für eine technische $AlSi9Cu3$. Insbesondere schädliche Phasen, die aufgrund ihrer Morphologie zu einer Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften führen, sollten bevorzugt angezeigt

werden. Die Weiterentwicklung dieser Analysemethoden für Gussgefüge ist ein wichtiger Baustein in der betriebsinternen Qualitätssicherung sowie in der Legierungsentwicklung neuer Gusswerkstoffe.

Zwei- und dreidimensionale Berechnungen der Gefügeausbildung mit der Phasenfeldmethode erlauben einen Einblick in die Erstarrung technischer Aluminiumgusslegierungen und sie hat hier bereits ein sehr hohes Niveau erreicht. Technische Legierungen zeichnen sich durch eine Vielzahl erwünschter und unerwünschter Legierungselemente aus, die zudem auch in Wechselwirkungen zueinander treten können und zu komplexen Phasen und Erstarrungsabläufen führen.

Dementsprechend vielfältig können sich Phasenmenge, Phasenmorphologie und lokale Seigerungen ausprägen. Mit Hilfe der Simulationsrechnungen kann die Wirksamkeit einzelner technischer Maßnahmen untersucht und ihr Einfluss auf das Gussgefüge bewertet werden.



Herstellung hochbelasteter Zylinderkurbelgehäuse aus Aluminium-Guss

Franz Josef Feikus (V), Nemak Europe GmbH, Frankfurt am Main, D; Detlef Kube, Nemak Dillingen GmbH, Dillingen, D; Henning Meishner, Nemak Wernigerode GmbH, Wernigerode, D; Leopold Kniewallner, Nemak Linz GmbH, Linz, A

Die Entwicklung neuer Antriebsaggregate für PKWs lässt bei allen Automobilherstellern einen ungebrochenen Trend zu höheren spezifischen Leistungen und Drehmomenten erkennen. Parallel dazu erzeugen die weiter abgesenkten ge-

setzlich vorgeschriebenen Grenzen zur Reduzierung des CO_2 -Ausstoßes einen hohen Druck, den Leichtbau der Fahrzeuge zu forcieren.

In diesem Zusammenhang findet gleichzeitig eine konsequente Entwicklung in Richtung kompakterer,

aber sehr leistungsstarker Motoren statt. Wesentliche Beiträge zur Umsetzung der herausfordernden Ziele leisten dabei als Einzelkomponenten der Motorblock und der Zylinderkopf. Diese machen den Großteil der Masse des Antriebsaggregates aus und verfügen damit aber auch über das größte Potenzial, Gewicht einzusparen. Trotz der angestrebten Massereduzierung müssen sie aber die gestiegenen thermomechanischen Belastungen tragen und über die gesamte Lebensdauer ausfallsicher bleiben. Besonders die Direkteinspritzung und Turboaufladung stellen enorm hohe Anforderungen an statische

und dynamische Festigkeiten bei erhöhten Temperaturen.

Der Vortrag behandelte:

- Übersicht zu den bei NEMAK vorhandenen Gießverfahren für ZKG,
- die Möglichkeiten der Designfreiheit im Aluminiumguss,
- das Potential zur Festigkeitssteigerung über die Aluminium-Gusslegierungen,
- die lokale Gefügeeinstellung durch gezielte Wärmeabfuhr,
- das Temperaturmanagement mit optimaler Wärmeabfuhr/vorgegossene Stegkühlung sowie
- den Einsatz von thermischen Spritzschichten.

Begleitende Fachausstellung

An der begleitenden Fachausstellung beteiligten sich 25 Unternehmen der Zulieferindustrie und nutzten die Gelegenheit, auf ihre neuesten Produkte, Dienstleistungsangebote und Entwicklungen hinzuweisen und den Erfahrungsaustausch unter Fachkollegen anzuregen (siehe nebenstehende Fotocollage).



Veranstaltungskalender

Weiterbildung – Seminare – Tagungen – Kongresse – Messen

Der Verein Deutscher Gießereifachleute bietet in seiner VDG-Akademie im Jahr 2014 noch folgende Weiterbildungsmöglichkeiten an:

Datum: **Ort:** **Thema:**

2014

Datum:	Ort:	Thema:
23./25.06.	Münster	Führungskompetenz für die betriebliche Praxis
26./27.06.	Münster	Grundlagen der Druckgießtechnik
26./27.06.	Düsseldorf	Schmelzbetrieb in Eisengießereien
26./27.06.	Münster	Grundlagen der Druckgießtechnik
26./27.06.	Goslar	1. Meister-Forum Gießerei 2014
30.06./01.07.	Düsseldorf	Maschinelle Kernfertigung
09./11.07.	Pegnitz	Grundlagen der Gießereitechnik
22./23.08.	Düsseldorf	Qualitätssicherungsfachkraft – Teil 3
26.08.	Düsseldorf	Eigenschaften und Schmelztechnik der Al-Gusslegierungen
03./05.09.	Kassel	Gesundheitsmanager/in in Gießereien – Modul 3
10./12.09.	Münster	Führungstraining für Meister
11./12.09.	Bad Wildungen	Optimieren mit Simulation
11./13.09.	Duisburg	Einsatz feuerfester Baustoffe in Eisengießereien
16./17.09.	Duisburg	Formherstellung: Hand- und Maschinenformverfahren
22./23.09.	Duisburg	Metallurgie und Schmelztechnik der Eisengusswerkstoffe im Kupolofen
25./26.09.	Bad Wildungen	C-Techniken im Modellbau
25./26.09.	Duisburg	Fertigungskontrolle u. Qualitätssicherung
29.09.	Düsseldorf	Metallographie der Stahlgusswerkstoffe
30.09./01.10.	Düsseldorf	Schmelzen von Kupfer-Gusswerkstoffen
17.10.	Kassel	Gesundheitsmanager/in in Gießereien – Modul 4 (Projekttreffen)
27./28.10.	Düsseldorf	Maß-, Form- und Lagetolerierung von Gussstücken
29./30.10.	Düsseldorf	Kernmacherei
29./31.10.	Düsseldorf	Grundlagen der Gießereitechnik für Eisen- u. Stahlguss
28./29.10.	Bad Dürkheim	Fortbildungslehrgang f. Immissionsschutzbeauftragte in Gießereien
04.11.	Düsseldorf	Gefügebildung und Gefügeanalyse der Al-Gusswerkstoffe
04./05.11.	Kassel	Softwarelösungen für Gießereien
05./06.11.	Goslar	Formfüllung, Erstarrung, Anschnitt- und Speisertechnik bei Stahlguss
06./07.11.	Düsseldorf	Werkstoffkunde der Gusseisenwerkstoffe
13./15.11.	Stuttgart	Grundlagen der Gießereitechnik
18./19.11.	Düsseldorf	Konstruieren mit Gusswerkstoffen im Fahrzeugbau
19./21.11.	Düsseldorf	Grundlagen der Gießereitechnik für Al-Gusslegierungen
25.11.	Düsseldorf	FMEA in Gießereien
26./27.11.	Düsseldorf	Formstoffbedingte Gussfehler
03./05.12.	Goslar	Formfüllung, Erstarrung, Anschnitt- und Speisertechnik bei Gusseisenwerkstoffen
03./05.12.	Düsseldorf	Führungskompetenz für die betriebliche Praxis
04./05.12.	Kassel	Gesundheitsmanager/in in Gießereien – Modul 4
09.12.	Düsseldorf	Qualitätsüberwachung von Eisenschmelzen d. Thermische Analyse
10./11.12.	Düsseldorf	Metallurgie der Gusseisenwerkstoffe
10./12.12.	Düsseldorf	Grundlagen der Gießereitechnik

Änderungen von Inhalten, Terminen u. Veranstaltungsorten vorbehalten!

Ansprechpartner bei der VDG-Akademie: Leiter der VDG-Akademie: Dipl.-Bibl. Dieter Mewes, Tel.: +49 (0)211/ 68 71-363, E-Mail: dieter.mewes@vdg-akademie.de | VDG-Zusatzstudium, Industriemeisterlehrgang Fachrichtung Giesserei: Frau Mechthild Eichelmann, Tel.: DW 256, E-Mail: mechthild.eichelmann@vdg-akademie.de | Seminare, Meistergespräche, Fachtagungen: Frau Andrea Kirsch, Tel.: DW 362, E-Mail: andrea.kirsch@vdg-akademie.de | Qualifizierungslehrgänge, Workshops: Frau Corinna Knöpken, Tel.: DW 335, E-Mail: corinna.knoepken.@vdg-akademie.de | Inhouse-Schulungen, AZWV-Zertifizierungen: Martin Größchen, Tel.: DW 357, E-Mail: martin.groesschen@vdg-akademie.de

Die VDG-Akademie ist seit dem 4. September 2008 nach der Anerkennungs- und Zulassungsverordnung für die Weiterbildung (AZWV) zertifiziert.

Anschrift: VDG-Akademie | IfG Institut für Gießereitechnik gGmbH | D-40237 Düsseldorf, Sohnstraße 70
Tel.: +49 (0)211 6871 256, Fax: DW 364 | E-Mail: info@vdg-akademie.de | Internet: www.vdg-akademie.de
(Die VDG-Akademie ist ein Geschäftsbereich der IfG gGmbH)

Weitere (internationale) Veranstaltungen:

2014

23./26.06.	Graz	8 th European Continuous Casting Conference (www.eccc2014.org)
24./26.06.	Stuttgart	parts2clean Internationale Leitmesse für industrielle Teile- und Oberflächenreinigung (www.parts2clean.de)
25./26.06.	Fürth	Industrielle Röntgentechnik f. d. QS i.d. Produktion (www.vision.fraunhofer.de)
08./11.07.	Old Windsor (UK)	4 th Int. Conf. on advances in solidification Processes (ICASP-4) (www.icasp4.info)
09./10.07.	Leipzig	4. VDI-Leichtbaukongress Automobilindustrie (www.vdi-wissensforum.de)
21./25.07.	Lausanne	Junior Euromat 2014 (www.dgm.de/dgm/junior-euromat/)
20.08.	Hardheim	Seminar Mischtechnik – Mischen, Granulieren, Kneten, Dispergieren (infotage@eirich.de)
25./28.08.	Frankfurt/M.	Arbeitsschutz Aktuell mit XX. Weltkongress f. Sicherheit u. Gesundheit bei der Arbeit: Globales Forum Prävention (www.arbeitsschutz-aktuell.de)
02.09.	Aachen	Nutzen d. Gießprozess-Simulation f. Konstruktion u. Gussverbraucher (Schwerpunkt Eisen- u. Stahlguss www.magmasoft.de)
03.09.	Aachen	Nutzen d. Gießprozess-Simulation (Schwerpunkt Leichtmetallguss)
08./12.09.	Pisa (I)	Eurocorr 2014 – European Corrosion Congress (www.eurocorr2014.org)
11./13.09.	Istanbul (TK)	ANKIROS-ANNOFER-TURKCAST (www.ankiros.com)
14./17.09.	Dresden	Werkstoffwoche – Kongress f. innovative Werkstoffe, Verfahren u. Anwendungen (www.dgm.de)
15./17.09.	Siegen	Einführung in die mechanische Werkstoffprüfung (www.dgm.de)
15./19.09.	Brno (CZ)	FOND-EX (www.bvv.cz/de/fond-ex)
16.09.	Aachen	Gießprozess-Simulation als Baustein innovativen Qualitätsmanagements (www.magmasoft.de)
16./19.09.	Joinville SC (Br)	Metalurgia 2014 (www.metalurgia.com.br)
17./19.09.	Leoben	14. Int. Metallographie-Tagung (www.dgm.de)
17./19.09.	Portoroz (SL)	54. Int. Foundry Conf. Portoroz 2014 (www.drustvo-livarjev.si)
23./24.09.	Aachen	Simulationsgestützte Entwicklung von hochwertigem Al-Guss (www.magmasoft.de)
23./25.09.	Darmstadt	MSE 2014 Materials, Science and Engineering (www.dgm.de/dgm)
23./25.09.	Schloss Seggau	3. Int. Conf. Small Sample Test Technique (www.sstt2014.org)
26./27.09.	Venedig (I)	8. Int. Foundry Forum 2014 (www.international-foundry-forum.org)
30.09.	Nürnberg	Schadensuntersuchungen an Aluminium (www.dgm.de)
07./08.10.	Bad Gögging (D)	Leichtbau in Guss (www.hanser-tagungen.de/guss)
07./09.10.	Düsseldorf	Aluminium 2014 mit Al-Konferenz (www.aluminium-messe.com)
15./16.10.	München	Fraunhofer Vision Technologietag 2014 (www.vision.fraunhofer.de)
19./24.10.	Ermatingen (CH)	Systematische Beurteilung technischer Schadensfälle (www.dgm.de)

21./22.10.	München	6. Int. eCarTec Kongress f. Elektro- u. Hybrid-Mobilität (www.ecartec.de)
21./22.10.	Ratingen (D)	Gießgerechtes Konstruieren v. Eisenguss (www.vdi-wissensforum.de)
21./23.10.	München	Materialica 2014 und eCarTec 2014 (www.materialica.de)
22./24.10.	Dresden	CellMAT 2014 – Cellular Materials
04./06.11.	Ranshofen/Geinberg	8. Ranshofener Leichtmetalltage mit Hausmesse (www.lkr.at)
12.11.	Hardheim	Seminar Mischtechnik – Mischen, Granulieren, Kneten, Dispergieren (infotage@eirich.de)
20./21.11.	Bielefeld	2. Int. Fachtagung CastTec 2014 (www.casttec2014.de)
20./21.11.	Wien	Metal Additive Manufacturing Conference MAMC 2014 (www.additivemanufacturing2014.org)
25./28.11.	Frankfurt/M.	Euromold 2014 (www.euromold.com)
26./27.11.	Erlangen	Wärmefluss-Thermographie als zerstörungsfreies Prüfverfahren f.d. Qualitätssicherung i.d. Produktion (www.vision.fraunhofer.de)
03./04.12.	Karlsruhe	Inspektion u. Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung (www.vision.fraunhofer.de)
2015		
20./22.01.	Nürnberg	15. Int. Deutscher Druckgusstag (www.euroguss.de)
04.02.	Bochum	15. Int. CAR-Symposium (www.car-symposium.de)
21./23.04.	Columbus (USA)	119 th Mtalcasting Congress (www.afsinc.org)
23./24.04.	Leoben	59. Österreichische Gießerei-Tagung
28./30.04.	Graz	8 th European Stainless Steel Conference ESSC 2015 (www.stainlesssteel2015)
05./08.05.	Stuttgart	Moulding-Expo – Int. Fachmesse Werkzeug-, Modell- u. Formenbau (www.moulding-expo.de)
15./20.06.	Düsseldorf	GIFA, METEC. THERMPROCESS, NEWCAST (www.gifa.de) mit WFO-Techn. Forum u. NEWCAST-Forum
14./16.09.	Dresden	DGM-Werkstoffwoche (www.dgm.de/dgm-info/newsletter)
2016		
16./19.04.	Minneapolis (USA)	CastExpo '16 (www.afsinc.org)
22./25.05.	Nagoya (J)	72 th World Foundry Congress 2016 (www.thewfo.com)
<i>Für die Angaben übernimmt die Redaktion keine Gewähr!</i>		

Georg Fischer Fittings GmbH

A-3160 Traisen / Österreich

Tel.: +43(0)2762/90300-378

Fax: +43(0)2762/90300-400

fittings.ps@georgfischer.comwww.fittings.at**+GF+**

**Hochwertige Gewindefittings und
PRIMOFIT-Klemmverbinder aus Temperguss**



Aus den Betrieben



Nemak gewinnt Großauftrag mit französischem OEM

Nemak hat einen neuen Großauftrag für Zylinderköpfe mit der Renault-Nissan Gruppe verkündet. Die Nominierung betrifft die nächste Generation der 4-Zylinder-Dieselmotoren, die in die verschiedenen Fahrzeuge von Renault, Dacia und Nissan verbaut werden. Damit bestätigt sich die erfolgreiche Kooperation zwischen Renault-Nissan und Nemak bei der Entwicklung und Produktion von hochwertigen Komponenten des Antriebsstrangs. Nemak beliefert bereits die Renault-Nissan Werke in Europa, Nordamerika und Südamerika mit Motorblöcken und Zylinderköpfen.

Der neue Auftrag wird über die gesamte Laufzeit einen Umsatz von mehr als 200 Millionen Euros ge-

nerieren. Ein von Nemak speziell eingesetztes R&D Team hat dafür unter der Leitung des Produktentwicklungszentrums in Linz a.d.D., Österreich, eine Legierung und einen Produktionsprozess entwickelt, um die besonderen Anforderungen des Zylinderkopfes zu erfüllen. „Die neu entwickelte Legierung wird die Bemühungen unserer Kunden unterstützen, die Emissionen weiter zu reduzieren und die Motoren effizienter zu gestalten“, erklärt Armando Tamez, CEO von Nemak.

Start der Serienproduktion bei Nemak wird 2017 im ungarischen Werk in Győr sein. Der Produktionsstandort setzt für das neue Produkt das dynamische Rotacast™-Gießverfahren ein, von dessen

Nemak hat sich auf die Entwicklung und die Produktion von Aluminiumkomponenten für die Automobilindustrie spezialisiert, mit dem Fokus auf komplexe Teile wie Zylinderköpfe, Motorblöcke, Getriebegehäuse und Strukturkomponenten.

Nemak beschäftigt weltweit über 20.000 Mitarbeiter in 35 Produktionsstätten und 15 Ländern und erzielte 2013 einen Umsatz von 4,4 Mrd. USD.

www.nemak.com

wirtschaftlichen und technischen Vorzügen sowohl Nemak als auch die Kunden profitieren.

Quelle: Presseaussendung der Nemak Europe GmbH v. 5. Mai 2014

Firmennachrichten



Wirtschaftliche Röntgenlösungen

Röntgenprüfungen sind in Gießereien heute speziell für sicherheitskritische Bauteile unverzichtbare Prüfprozesse. Auch Anlagen für industrielle Computertomographie (CT) drängen in Richtung eines breiteren Einsatzes. Das erhöht die Stückzahl für Hard- und Software radiographischer Systeme. Die Röntgentechnologie hat dadurch die Chance, sich durch sinkende Kosten in angrenzenden Anwendungsfeldern zu etablieren.

Radiographische Methoden, wie das Durchstrahlen von Gussteilen, sind lange bekannte Verfahren in der zerstörungsfreien Prüfung. Abhängig von der notwendigen Mobilität der Prüfereinrichtung haben sich bei mobilen Systemen auf Isotopen basierende Gammastrahler, oder bei stationären Installationen Systeme mit generierter Röntgenstrahlung etabliert.

Die klassischen Anwendungen sind sicherheitskritische Bauteile,

wie z.B. Fahrwerkskomponenten. Hier können stationäre Röntgenzellen, meist mit einer Manipulation der Gussteile durch Roboter, als Stand der Technik bezeichnet werden. Die beim Gießen immer wiederkehrenden Fragen zu Formfüllung und Erstarrungsvorgängen haben zur Folge, dass auch bei Gussteilen ohne sicherheitskritische Verwendung radiographische Methoden einen wichtigen Beitrag für das Verständnis des realen Gießvorganges liefern.

Dabei gilt es zu unterscheiden, ob es sich um Fragen der Materialprüfung, der Vollständigkeitsprüfung oder der Vermessung von Gussteilen handelt. Während Material- und Vollständigkeitsprüfung mit 2D-Röntgensystemen bei entsprechenden messtechnischen Signalen möglich sind, ist für die Vermessung von Gussteilen ein dreidimensional bildgebendes Verfahren, wie Computertomographie (CT), vorzuziehen.

Gerade bei CT-Anwendungen wird in der praktischen Umsetzung aufgrund hoher Prüfdauer schnell eine wirtschaftliche Grenze erreicht. Da hilft es auch nur bedingt, dass durch eine weitgehend kontinuierliche Entwicklung bei Mikroprozessoren die verfügbare Rechenleistung stetig ansteigt und damit die kritische Zeit für die Berechnung der Ergebnisse sinkt. Prüfprozesse bleiben am Ende nicht wertschöpfende Prozesse. Eine wirtschaftliche Lösung kann daher nur sein was sinnvoll ist, nicht was technisch machbar ist. So bleibt der Fokus unter diesem Aspekt aktuell klar auf Röntgensystemen.

Mobile Röntgensysteme

weitblick systems hat mit dem QuickView Tischgerät eine wirtschaftliche Röntgenlösung entwickelt. Der modulare Aufbau ermöglicht eine kostengünstige Einstiegsvariante, bis hin zu einem hochauf-



Abb. 1

lösenden stereoskopischen 3D-Scanner in einer Plattform. Je nach Anforderung kann das Röntgengerät mit einer Röntgenquelle bis 100 kV Röntgenspannung ausgestattet werden. Damit lassen sich unterschiedlichste Aluminium-Gussteile untersuchen.

Das QuickView Tisch-Röntgengerät (Abb. 1) mit den Abmessungen 800 x 600 x 600 mm ist in der Lage, Objekte bis zu einer Grundfläche von 300 x 200 mm zu röntgen. Mit der 3D-Option können automatisch stereoskopische 3D-Aufnahmen erstellt werden.

Die Motivation von *weitblick systems* für das QuickView Tisch-Röntgengerät war nicht eine 100%-Prüfung. Es gibt in der Qualitätssicherung immer wieder die Anforderung, einzelne Werkstücke (Abb. 2) aufgrund offensichtlicher Fehler oder einfach zur Prozessabsicherung zu prüfen. Der Fokus des neuen Systems liegt darauf, diese Prüfung schnell durchzuführen und damit Kosten und vor allem wertvolle Produktionszeit zu sparen. Auf diese Art können zum Beispiel beim



Abb. 2: X-Ray Kipphebel

Anlauf eines neuen Produktes schnell Erkenntnisse gewonnen und Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Industrielle In-Line-Prüfanlagen

Ist im Serienprozess eine 100%-Prüfung der Gussteile sinnvoll oder

sogar notwendig, so bietet *weitblick systems* auch industrielle In-Line-Röntgenprüfsysteme an. Neben einem Prüfkonzept, das auf die Eigenheiten des Gussteils Rücksicht nimmt, ist vor allem die Prüfdauer ein zentrales wirtschaftliches Kriterium. Je höher die Auflösung des Systems sein muss, umso höher wird bei den häufig verwendeten Röhren mit großem Brennfleck die Prüfdauer und eventuell auch die Röntgenspannung. Eine realistische Spezifikation ebnet den Weg für eine wirtschaftliche Darstellbarkeit.

Im Sinne einer Lebenszykluskostenbetrachtung entscheiden aber auch grundsätzliche technologische Merkmale über die Wirtschaftlichkeit. So setzt *weitblick systems* auf spezielle Detektoren, deren Lebenszeit durch die einfallende Röntgenstrahlung nicht mehr beeinträchtigt wird. Der geringere Verschleiß reduziert die Betriebskosten signifikant.

Durch gezielte Entwicklungsaktivitäten hat mittelfristig auch die Computertomographie das Potenzial, in eine 100%-Prüfung integriert werden zu können. Am Ende entscheidet aber auch hier der Nutzen darüber, ob die Kosten dafür wirtschaftlich dargestellt werden können.

Quelle: Mitteilung der *weitblick systems gmbh* v. 17.5.2014

CORPORATE DATA

Die **weitblick systems gmbh** entwickelt innovative Prüfsysteme zur Produktionssteuerung und Qualitätssicherung. Mit industrieller Bildverarbeitung, modernster Sensortechnologie und eigener Softwareentwicklung werden schlüsselfertige Lösungen für die 100%-Prüfung in der Produktion realisiert. DI (FH) Rainer Reisinger ist Geschäftsführer des 2007 gegründeten Unternehmens, das seit Juni 2010 ein Schwesterunternehmen des Gurtener Maschinenbauunternehmens Fill ist.

Weitere Informationen unter www.weitblick-systems.at.

Der VÖG im Internet:

www.voeg.at

VÖG  Verein Österreichischer Gießereifachleute

VEREIN GIESSEREI RUNDSCHAU AKTUELLES PARTNERLINKS KONTAKT



Fill Maschinenbau gründet Niederlassung in Mexiko

Das oberösterreichische Maschinenbauunternehmen Fill aus Gurten hat soeben eine Niederlassung in Mexiko gegründet. Die 100 prozentige Tochtergesellschaft startet mit einem fünfköpfigen Vertriebs- und Service-Team. Firmensitz von Fill Mexiko ist Puebla. „Viele unserer Kunden haben ihren Sitz in Mexiko. Um nahe am Kunden zu sein, haben wir uns für diesen Standort entschieden. Zudem bieten sich von Mexiko aus hervorragende Möglichkeiten, den nord- und südamerikanischen Markt zu bearbeiten“, sagt Eigentümer und Geschäftsführer Andreas Fill.

Fill Maschinenbau setzt seinen Expansionskurs fort und eröffnet die Tochtergesellschaft Fill Mexiko. Das Ziel ist es, neben der Betreuung der Fill-Kunden vor Ort die Märkte in Nord- und Südamerika von Mexiko aus zu bearbeiten. Als Ideenfabrik für individuelle Komplettlösungen haben sich die oberösterreichischen Maschinen- und Anlagenbauexperten international einen exzellenten Namen gemacht. Bei Fill kommt alles aus einer Hand. Jahrelanges Know-how, gepaart mit stetem Innovationsgeist, sind die Erfolgsfaktoren von Fill.

„Wer die beste Lösung sucht, entwickelt gemeinsam mit Fill seine Zukunft“, lautet die Leitidee des

Unternehmens. Dieser Anspruch wird seit 1966 gelebt. Dadurch entwickelte sich Fill im Laufe der Jahre zu einem der weltweit erfolgreichen Maschinen- und Anlagenbauer. „Wir verstehen uns als Systemintegrator, der bei Bedarf auch als Generalunternehmer auftritt. Unsere hochautomatisierten Fertigungsverfahren mit kurzen Zykluszeiten sowie einer integrierten Qualitätssicherung und Prozessüberwachung bieten unseren Kunden einen echten Wettbewerbsvorteil“, erläutert Wolfgang Rathner, Geschäftsführer bei Fill, der auch für das neue Unternehmen in Mexiko die Verantwortung trägt.

Die Exportquote bei Fill beträgt rund 90 Prozent. Mit ausgereiften Hightech-Lösungen entlang der gesamten Produktionskette begleitet das Unternehmen seine Kunden auf dem Weg zur Serienfertigung. Synergien aus den verschiedenen Produktionszweigen zu erkennen und sinnvoll zu nutzen, darin liegt die Stärke von Fill Maschinenbau. „So können wir unseren Kunden die individuell besten Lösungen bieten“, führt Wolfgang Rathner aus.

Mehr Informationen unter:

www.fill.co.at

Quelle:

Fill Presseaussendung v. 27.03.2014

CORPORATE DATA

Fill ist ein international führendes Maschinen- und Anlagenbau-Unternehmen für verschiedenste Industriebereiche. Modernste Technik in Management, Kommunikation und Produktion zeichnen das Familienunternehmen aus.

Die Geschäftstätigkeit umfasst die Bereiche Metall, Kunststoff und Holz für die Automobil-, Luftfahrt-, Windkraft-, Sport- und Bauindustrie. In der Aluminium-Entkerntechnologie sowie für Ski- und Snowboard-Produktionsmaschinen ist das Unternehmen Weltmarktführer.

Andreas Fill und Wolfgang Rathner sind Geschäftsführer des 1966 gegründeten Unternehmens, das sich zu 100 Prozent in Familienbesitz befindet.

Der Betrieb wird seit 1987 als GmbH geführt, wurde 1997 ISO 9001 zertifiziert und beschäftigt mehr als 590 Mitarbeiter/-innen. 2013 erzielte das Unternehmen knapp 115 Millionen Euro Umsatz.



StrikoWestofen Asien eröffnet neuen Unternehmensstandort

Am 3. April 2014 wurde im chinesischen Taicang das neue Unternehmensgebäude der StrikoWestofen Group (Gummersbach/D) feierlich eröffnet. Die Zeremonie fand im Beisein führender Politiker, Wirtschaftsgrößen und Fachleute statt. Umzug und Ausbau der Kapazitäten waren notwendig geworden, da der Absatz in den chinesischen Märkten innerhalb von 18 Monaten um rund 300 Prozent gestiegen war. „Ein gesteigertes Umweltbewusstsein in China und die

Effizienz unserer Schmelz- und Dosiersysteme geben den Ausschlag für unser überdurchschnittliches Wachstum“, erklärt Rainer Erdmann, Managing Director von StrikoWestofen Asien. „Um unsere Kunden noch schneller und gezielter zu erreichen, haben wir auch unser Vertriebsnetz strategisch ausgebaut.“

In China wächst das Bewusstsein für die steigende Luftverschmutzung durch die Industrie. So erklärte der chinesische Präsident Xi

Jinping Anfang März im Rahmen eines Parteitages der Luftverschmutzung offiziell den Krieg. Er rief zur Nutzung und Entwicklung effizienter und schadstoffarmer Technologien auf. Nicht erst seitdem erfreuen sich energie- und ressourceneffiziente Schmelz- und Dosierlösungen in den asiatischen Märkten steigender Beliebtheit. So konnte StrikoWestofen von Anfang 2013 bis heute sein Auftragsvolumen für StrikoMelter-Schmelz- und Westomat-Dosieröfen auf den



Neuer Firmensitz von StrikoWestofen Asien: Der Firmenstandort in Taicang ist das neue Produktions- und Logistik-Zentrum für die asiatischen Märkte. Bild: StrikoWestofen

asiatischen Märkten nahezu vervierfachen. Für die notwendigen Kapazitäten sorgt nun ein neues Firmengebäude in Taicang – rund 50 Kilometer nordwestlich von Shanghai. Es beherbergt moderne Produktionsstätten und bietet Platz für die auf 75 Mitarbeiter angewachsene Belegschaft.

Im Rahmen der feierlichen Eröffnung am 3. April bezeichnete Zhu Wan Li, Leiter der Wirtschaftsentwicklung von Taicang, die Ofentechnologie von StrikoWestofen als

„wichtigen Beitrag zur Verringerung der industriellen Umweltbelastung“. Mehr als 350 Gäste aus der ganzen Welt waren anwesend – darunter Regierungsvertreter der Provinz Jiangsu, der stellvertretende Generalkonsul der deutschen Botschaft sowie Angehörige der Deutsch-Chinesischen Handelskammer und der Chinesischen Die Cast Association. „Der Umzug sowie der damit einhergehende Umbau waren ein wahrer Kraftakt – auch in finanzieller Hinsicht“, er-

klärt Rainer Erdmann, Managing Director von StrikoWestofen Asien. „In nur sechs Wochen haben wir die Räumlichkeiten für rund eine Million Euro renoviert und umgebaut – und dies ohne Störung der Produktion.“

Ein Ende des Aufschwungs ist derzeit nicht in Sicht: Auch außerhalb Chinas konnte StrikoWestofen in den letzten Jahren wichtige Schlüsselmärkte in Asien erschließen und das Netz an Distributoren ausbauen. „Unser Firmenstandort in Taicang ist sozusagen das neue Produktions- und Logistik-Zentrum für die asiatischen Märkte“, erklärt Erdmann. Unsere wirtschaftlichen und energieeffizienten Produkte, gepaart mit einem hohen Servicelevel, sind die Garanten für unser Wachstum. Auch der gut ausgebaute Vertrieb deckt alle wichtigen Industriezonen ab und ist daher einer der Erfolgsfaktoren.“

Kontaktadresse:

StrikoWestofen Group
zH Fr. Katharina Seidler
D-51643 Gummersbach
Hohe Straße 14
Tel.: +49 (0)2261/70 91 108
Fax: +49 (0)2261/70 91 51 08
E-Mail: kse@strikowestofen.com
www.strikowestofen.com

StrikoWestofen[®]
Group

Neue Feuerfest-Wechselteile verkürzen Neuzustellung von Westomat-Dosieröfen

Neues Vor-Ort-Zustellungskonzept für Westomat-Dosieröfen: In Kooperation mit einem führenden Feuerfest-Spezialisten hat die StrikoWestofen Group (Gummersbach/D) jetzt feuerfeste Wechselteile entwickelt. Diese vorkonfektionierten Ofenwannen werden bereits vollständig getrocknet und gesintert angeliefert. Ihr Einbau verkürzt den Neuzustellungsprozess auf lediglich fünf Arbeitstage, was in etwa einem Drittel der marktüblichen Reparaturzeit entspricht. Die verwendeten Materialien verringern zusätzlich den

Energieverbrauch auf einen Wert, der mit der jüngsten Westomat-Generation vergleichbar ist. Die Ofenwannen sind bereits jetzt für unterschiedliche Baugrößen erhältlich. Das Angebot wird im Laufe des Jahres sukzessive ausgebaut.

Anlagenstillstände sind bei Wartungsarbeiten unvermeidbar. Daher legt StrikoWestofen bei der Produktentwicklung den Fokus auf ein Anlagendesign mit möglichst langen Wartungs-Intervallen. Um die Ausfallzeiten während der – in großen Abständen – notwendigen Neuzustellungen von Westomat-

Dosieröfen zu verkürzen, hat das Gummersbacher Unternehmen nun vorkonfektionierte Wechselteile aus Feuerfestbeton entwickelt. Diese werden direkt beim Kunden vor Ort in die Ofenwanne eingesetzt und reduzieren somit die Ausfallzeit auf nur fünf Arbeitstage.

„Dies entspricht in etwa einem Drittel der marktüblichen Reparaturzeiten“, erklärt Holger Stephan, Leiter Service und Spare Parts bei StrikoWestofen. Da die Wechselteile bereits einbaufertig geliefert werden, entfällt ein Trocknen und Sintern, was den Aufheizprozess signi-



StrikoWestofen bietet jetzt vorkonfektionierte Ofenwannen für Westomat-Dosieröfen unterschiedlicher Baugrößen. Die Wechselteile werden vollständig getrocknet und gesintert angeliefert und reduzieren die Ausfallzeit bei der Neuzustellung von Westomat-Dosieröfen auf nur fünf Tage. Bilder: StrikoWestofen

fikant verkürzt. Auch Spülchargen zur Verbesserung der Schmelzequalität nach dem Neustart sind nicht mehr notwendig.

Eine Neuzustellung stellt nicht nur den Auslieferungszustand wieder her, sondern kann die Leistungsfähigkeit älterer Westomat-Dosieröfen auf ein aktuelles Niveau heben: „Durch den Einsatz spezieller Isoliermaterialien sinkt der Energieverbrauch auf einen Wert, der mit unseren neuen Hochleistungsisolierungen vergleichbar ist“, erklärt Stephan. Die feuerfesten Wechselteile sind zunächst für Westomat-Dosieröfen der Baugrößen 650 bis 1.200 verfügbar. Die Baugrößen 1.700 bis 3.100 folgen

ab Ende 2014. „Damit können wir dann Wechselteile für alle unsere Westomat-Baugrößen anbieten“, erläutert Stephan.

Als Überbrückung von Überholungs- und Modernisierungsarbeiten, die nicht vor Ort stattfinden können, bietet der Ofenbauer aus Gummersbach ein Leihofen-Programm. Zur Verfügung stehen Westomat-Dosieröfen unterschiedlicher Baugrößen, die mit neuester Technologie ausgestattet sind. So gewährleistet StrikoWestofen nicht nur einen reibungslosen Ablauf mit minimiertem Produktionsausfall. „Zusätzlich können unsere Kunden neueste Entwicklungen unter realen Gießereibedingungen auf

Herz und Nieren testen“, erläutert Stephan.

Weitere Informationen oder Angebote bietet StrikoWestofen per Mail (service@strikowestofen.com) oder telefonisch (+49 (0)2261-70910).

Quelle: Presseausendung StrikoWestofen v. 30.4.2014

Kontaktadresse:
 StrikoWestofen Group
 zH Fr. Katharina Seidler
 D-51643 Gummersbach
 Hohe Straße 14
 Tel.: +49 (0)2261/70 91 108
 Fax: +49 (0)2261/70 91 51 08
 E-Mail: kse@strikowestofen.com
www.strikowestofen.com



SKF Infrarotthermometer für effiziente Temperaturmessung

SKF stellt mit dem TKTL 40 ein tragbares Infrarot-Thermometer vor, das Wärmebilder und -videos liefert und sichere, genaue Temperaturmessungen aus der Ferne ermöglicht.

Mit dem TKTL 40 bietet SKF ein tragbares, vielseitiges Messgerät zur Temperaturmessung aus sicherer Entfernung an. Es ist das einzige Infrarot-Thermometer seiner Klasse, das auch Wärmebilder und -videos aufnimmt und so eine einfache und sichere Messung von Oberflächentemperaturen ermöglicht. Werden ungewöhnliche Temperaturen nicht rechtzeitig erkannt,



Mit dem TKTL 40 präsentiert SKF das einzige Infrarot-Thermometer seiner Klasse, das auch Wärmebilder und -videos aufnimmt.



drohen Maschinenausfälle; selbst kleinere Temperaturerhöhungen können zu Schmierstoffproblemen und Lagerschäden führen. Mit dem bedienerfreundlichen Präzisionsthermometer SKF TKTL 40 lassen sich solche Komplikationen verhindern und Temperaturen sicher messen.

„Das SKF Infrarot-Thermometer TKTL 40 ist ein sehr vielseitiges Messgerät für Instandhaltungs- und Klimatechniker. Die Messwerte können mit anderen Spezialisten geteilt werden. Dabei veranschaulichen die Wärmebilder und -videos die Temperaturverteilung sehr gut“, erklärt SKF Produktmanager Jens Kammann.

Das SKF TKTL 40 erfasst eine Reihe von Umweltparametern simultan und eignet sich daher als ideales Messgerät für Klimatechniker. Alle Messdaten – Umgebungstemperatur, Taupunkt, Feuchtkugeltemperatur, relative Luftfeuchtigkeit usw. – lassen sich speichern und exportieren, z.B. an PCs. Das Messentfernungs-Messfleck-Verhältnis von 50:1 gestattet präzise Temperaturmessungen für kleine Flecken auch aus großer Entfernung. Zudem kann ein Emissionsgrad zwischen 0,1 und 1,0 ausgewählt werden, wodurch sich gängige Oberflächentemperaturen hinreichend genau messen lassen.

Der Anwender zielt einfach auf die gewünschte Stelle und drückt den Auslöser. Zwei Laserpunkte markieren den aktuellen Messfleck. Die gemessene Temperatur wird sofort angezeigt. Der mitgelieferte Temperaturfühler erlaubt eine si-



Das SKF TKTL 40 ist eines der wenigen Infrarot-Thermometer seiner Klasse, das mit einem Temperaturfühler für Kontaktmessungen ausgeliefert wird.



multane Temperaturmessung per Direktkontakt und Infrarot. Das SKF TKTL 40 ist für einen breiten Infrarotmessbereich von -50 bis +2.300 °C ausgelegt. Kontaktmessungen sind von -50 bis +1.370 °C möglich.

Das Infrarot-Thermometer hat ein hintergrundbeleuchtetes Display, ein Doppel-Laservisier, einen Anschluss für Temperaturfühler (Typ K) und eine LED zur Ausleuchtung des Messflecks bei schlechten Lichtverhältnissen. Die Datenprotokollierung erlaubt die Darstellung von längerfristigen Temperaturtrends. Der Anwender kann Alarmgrenzen für Höchst- und Mindesttemperaturen festlegen, bei deren Erreichen ein Warnsignal ertönt.

Die Zeit bis zur automatischen Abschaltung des Messgeräts lässt sich einstellen, um den Akku zu schonen und eine lange Gebrauchsdauer zu erreichen. Das Messgerät wird in einem robusten Tragekoffer ausgeliefert. Das SKF TKTL 40 ist eines der wenigen Infrarot-Thermometer seiner Klasse, das mit einem Temperaturfühler für Kontaktmessungen ausgeliefert wird.

Quelle: SKF Presseaussendung vom 25. April 2014

Kontaktadresse:

SKF GmbH | D-97421 Schweinfurt
Gunnar-Wester-Straße 12
Tel. +49 (0)9721-56-0
Fax +49 (0)9721-56-60 00
www.skf.de

Zusammen mit den Elektrizitätswerken des Kantons Zürich (EKZ) hat die Wolfensberger AG, Schweiz, eine Projektarbeit von Studenten der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) gefördert – mit erfreulich hohem Nutzen.

Bei vielen Prozessen in Industriebetrieben fallen große Abwärmeströme an, welche oftmals

nutzt an die Umgebung abgegeben werden. Mit dem Ziel, durch Weiterverwertung von Abwärme die Energieeffizienz im Betrieb zu erhöhen, wurden in Zusammenarbeit mit der EKZ und der ZHAW die im Präzisionsguss Exacast® genutzten Brennöfen untersucht. Bei diesen Brennöfen sind Wärmeverluste auf zwei physikalische Effekte zurückzuführen. Einerseits auf den sogenannten Kamineffekt: Dabei kann

aufgrund von Undichtheiten die heiße Luft durch den Kamin entweichen. Einen weiteren Effekt stellt die Wärmestrahlung an der heißen Außenhülle eines Ofens dar, welche unnötige Wärme-Abgabe an die Umgebung begünstigt.

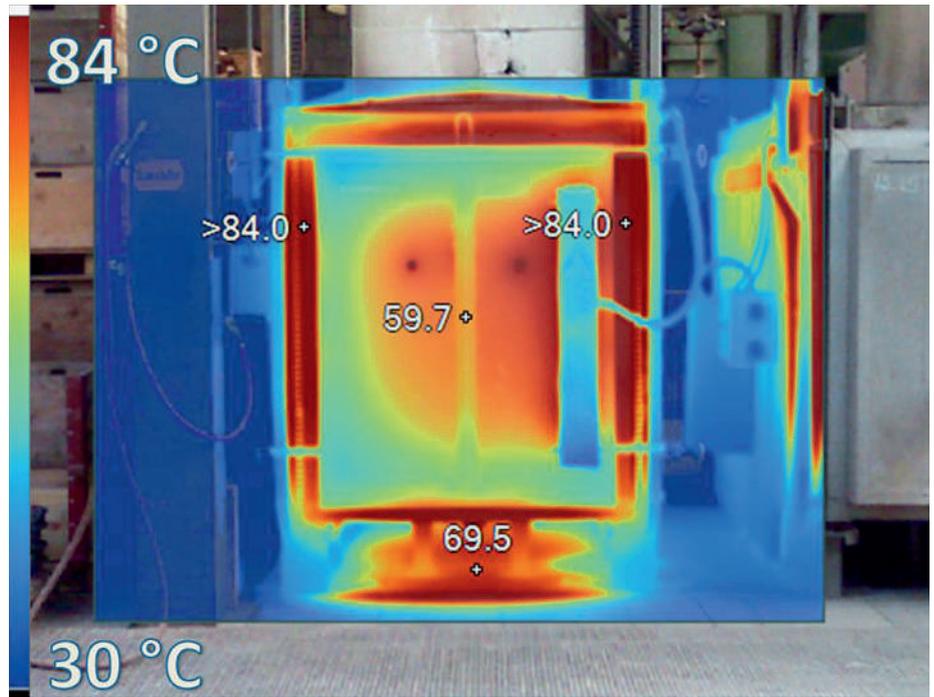
Während der Abwärmestrom im Ofen-Kamin mit Temperatur- und Volumenstrommessungen ermittelt werden konnte, wurden mithilfe von Infrarot-Temperaturmessungen

Mittels Infrarot-Temperaturmessung konnte die Wärmestrahlung quantifiziert werden.

die Oberflächentemperaturen der Öfen gemessen. Auf Basis dieser Messungen konnte das entsprechende Einsparpotenzial ermittelt werden. Dabei fiel auf, dass der Verlust durch den Kamin deutlich größer ist als derjenige aufgrund der Wärmestrahlung. Diese Verluste lassen sich reduzieren, indem am Ofentor und an der Kamin-Klappe bessere Dichtungen installiert werden. Eine verbesserte Wärmedämmung kann indes hohe Temperaturen an der Oberfläche des Ofens vermeiden.

Die Umsetzung dieser beiden Maßnahmen führt zu einer jährlichen Einsparung von ungefähr 400 000 kWh beziehungsweise 8% des Strombedarfs der Öfen. Dies entspricht einem durchschnittlichen Jahres-Stromverbrauch von gut 75 (!) Einfamilienhäusern.

Das im Verlaufe dieses Projekts ermittelte Potenzial hat Wolfensberger darin bestärkt, künftig noch



verstärkter energiesparende Maßnahmen zu verwirklichen und die Sensibilität dieses Themas innerhalb des Betriebs zu erhöhen.

Quelle:
BDG-Presseservice v. 24.04.2014

Kontaktadresse:
Wolfensberger AG
zH Kevin Schmidhauser
CH-8494 Bauma | Bäretswilerstraße 45
Tel: +41(0)52 396-1111
kevin.schmidhauser@wolfensberger.ch
www.wolfensberger.ch



Neue Instron® MPX Pendelschlagwerke für die sichere und effiziente Prüfung von Metallen nach Charpy und Izod

Die motorbetriebenen Pendelschlagwerke der Serie MPX von Instron, einem führenden Hersteller von Prüfsystemen zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften von Werkstoffen und Bauteilen, sind speziell auf die Pendelschlagprüfung von Metallen nach Charpy und Izod ausgelegt. Die verfügbaren Schlagenergien reichen von 300 bis 900 Joules. Teil des Prüfsystems ist die Fracta™ Software zur einfachen Datenerfassung und Berechnung der Schlagenergie. Bei höheren Ansprüchen an die Analyse und Protokollierung der Messdaten erlaubt ein Upgrade auf eine instrumentierte Charpy-Schlagfinne und die Impulse™ Datenerfassungssoftware eine direkte Messung von Schlagkraft und Hammergeschwindigkeit.

Besondere Merkmale der MPX Pendelschlagwerke sind:



Automatischer Prüfungsstart
Die MPX Serie beginnt automatisch mit der Prüfung, sobald die

Tür geschlossen wurde. Dadurch lassen sich der Zeitaufwand für die Prüfung verringern und die Produktivität steigern. Zugleich erfüllen die Systeme nationale und internationale Normen für die Prüfung bei Nicht-Umgebungstemperaturen, so auch die Anforderungen des NIST (National Institute of Standards and Technology) bezüglich eines Zeitraums von maximal 5 Sekunden zwischen der Entnahme der Probekörper aus der Temperierkammer und dem Abschluss der Prüfung.

Austauschbare Hammergewichte
Anders als die meisten anderen Pendelschlagwerke auf dem Markt, die zum Wechseln der Gewichte noch immer den Ausbau der gesamten Hammerapparatur erfordern, bietet die MPX Serie mit austauschbaren Hammergewichten eine schnelle und einfache Anpassung.

sung der Schlagenergie ohne das zeitaufwändige Austauschen des Hammerschaftes.

Sicherheit

Für eine kontinuierliche Bediensicherheit während der gesamten Versuchsdurchführung ist die MPX-

Serie mit einem integrierten Sicherheits- und Schutzsystem ausgestattet, das den strengen Anforderungen für die Erteilung des europäischen CE-Zertifikats und der ISO 13849 entspricht.

Quelle: Instron Presseaussendung v. 15.04.2014

Kontaktadresse:

Instron® Deutschland GmbH
zH Fr. Simone Hebel
IST Marcom Manager
D-64293 Darmstadt
Landwehrstraße 65
Tel.: +49 (0)6151 3917 452
simone_hebel@instron.com
www.instron.com



Neue Einstiegslösung für Weißlicht-Messungen

Mit dem WLS qFLASH erweitert Hexagon Metrology sein Angebot an optischen 3D-Messsystemen. Damit werden leistungsfähige Weißlicht-Lösungen nicht nur mobiler, sondern schonen auch das Budget.

Hexagon Metrology stellt den WLS qFLASH vor – eine neue, kompakte Lösung für Weißlicht-Messungen. Mit WLS qFLASH können jetzt auch kleine und mittelgroße Herstellerbetriebe Oberflächen und geometrische Elemente in der Fertigungsumgebung messen, auch wenn wenig Platz vorhanden ist.

Der WLS qFLASH von Hexagon Metrology ist ein handliches, **preisgünstiges Instrument zur Messung** von beispielsweise Kunststoffteilen und Innenbereichen, aber auch kleinen Blech- und **Gussteilen**. Die schnelle Bilderfassung, ein robustes Kohlefasergehäuse, die Beleuchtung mit blauen LEDs und die



Möglichkeit des handgeführten Betriebs machen das Gerät zu einer portablen Lösung für Weißlicht-Messungen, die sich durch Geschwindigkeit, Flexibilität und Zuverlässigkeit auszeichnen.

„Der WLS qFLASH bedient sich der bewährten Technologie unserer WLS400 Produktserie. Er nimmt

nicht viel Platz in Anspruch, ist leicht und strapaziert das Budget nicht übermäßig“, erklärt Aviel First, Verkaufs- und Marketingleiter der Weißlicht-Produktlinie von Hexagon Metrology. „Das Gerät passt in nur eine Transport-Box und lässt sich leicht handhaben. In Kombination mit der neuen Softwareversion CoreView 7.0 ist der WLS qFLASH eine wichtige Bereicherung unseres Angebots an Lösungen für Weißlicht-Messungen.“

Der WLS qFLASH ist ab sofort verfügbar und über das weltweite Hexagon Metrology Vertriebsnetz und dessen Vertragspartner erhältlich. Ihren Ansprechpartner vor Ort finden Sie unter:

www.hexagonmetrology.com/contacts

Quelle: Hexagon Presseaussendung v. 15.04.2014



Neue Generation des ROMER Absolute Arms

Hexagon Metrology hat die neue Generation des ROMER Absolute Arms vorgestellt. Der portable Messarm bietet jetzt noch mehr Benutzungscomfort. Das ist insbesondere dem neuen Griff zu verdanken, der die Bedienung einfacher gestaltet und sofort akustisches und haptisches Feedback gibt. Mit dem modifizierten Gegengewicht lässt sich der Arm während der Benutzung leichter bewegen, ein weiteres Plus für den Anwender.

Der neue ROMER Absolute Arm ist ein vielseitig einsetzbares Allzweck-Messinstrument für die taktile und berührungslose Messung einer enormen Vielfalt von Werkstücken in praktisch jedem Industriezweig. Dank des breitgefächerten Angebots an Messtastern, berührungslosen Tastern (für die Messung von Rohren und Schläuchen) und Laser-Scannern kann jeder Anwender, ungeachtet der Aufgabe, die optimale Lösung für seine

Messbedürfnisse finden. Das Verbindungselement für die Taster hat eine so ausgezeichnete Positionswiederholgenauigkeit, dass der Tasterwechsel während der Arbeit ein Kinderspiel ist und ganz ohne die diffizilen Kalibrierungen erfolgt, die bei den Messarmen anderer Hersteller erforderlich sind.

Der ROMER Absolute Arm ist für Scanning-Applikationen auch mit einem vollständig integrierten Hochleistungs-Laser-Scanner oder,

für besonders komplexe Scanner-Aufgaben, mit dem externen Laser-Scanner CMS108 lieferbar. Diese sind die derzeit einzigen wirklich zertifizierten portablen Scanning-Systeme auf dem Markt.

„Mit dieser neuen Generation haben wir ein vielseitiges, mobiles Messinstrument geschaffen, das moderne Benutzerfreundlichkeit mit ausgereiften, bewährten Lösungen vereint“, meint Eric Hollenbeck, Produktmanager bei Hexagon Metrology. „Dank der optimierten Ergonomie ist dies zweifellos der beste ROMER Absolute Arm, den es je gab.“

Der ROMER Absolute Arm ist ab sofort über das weltweite Vertriebsnetz von Hexagon Metrology erhältlich. Ausführliche Produktinformationen und technische Daten finden Sie unter www.hexagonmetrology.com

Quelle: Hexagon Presseausendung v. 07.04.2014



voxeljet

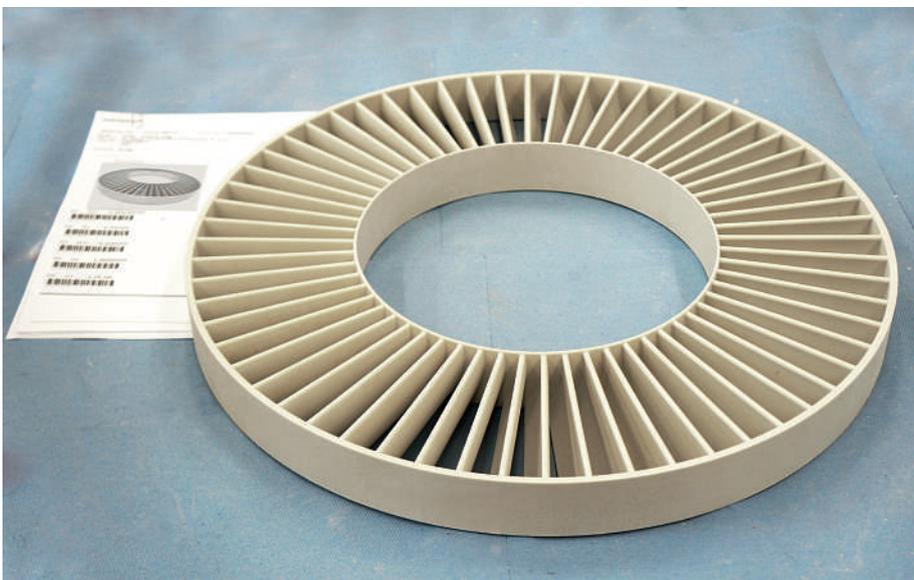
3D-Druck ermöglicht wirtschaftlichen Feinguss

Komplexe Bauteile waren im Feingussverfahren in kleinen Stückzahlen bislang nur mit beträchtlichem Zeit- und Kostenaufwand zu fertigen. Dass es heute auch anders geht, beweist die Schmolz + Bickenbach Guss Gruppe: Hier favorisiert man bei der Herstellung ver-

lorener Modelle die 3D-Drucktechnologie von voxeljet und setzt damit Benchmark hinsichtlich Kosteneffizienz und Produktionszeit.

Auf den neuesten voxeljet-Druckern gelingt die Herstellung eines Kunststoffmodells für ein Francis-Laufrad mit einem Durchmesser

von 500 mm in weniger als 24 Stunden. Als Material kommt PMMA zum Einsatz, das bereits bei 73 °C zu erweichen beginnt und bei Temperaturen jenseits der 700 °C rückstandsfrei verbrennt. Damit eignen sich die Bauteile hervorragend als Ausschmelzmodelle für den Feinguss. Bei Schmolz + Bickenbach verfügt man bereits seit einigen Jahren über fundierte Erfahrungen mit dem 3D-Druck von Kunststoffmodellen: „Wir haben die Modelle in der Vergangenheit im voxeljet-Dienstleistungszentrum drucken lassen. Die Vorteile der 3D-Drucktechnologie und ein ständig steigendes Auftragsvolumen haben uns im Jahr 2013 zur Investition in einen eigenen voxeljet-Drucker veranlasst. Mit unserer VX1000 können wir in unserer Feingießerei Bauteile aus PMMA Material in dem zur Verfügung stehenden Bauraum von 1060 x 600 x 500 mm drucken und daraus Gussteile bis zu einem maximalen Stückgewicht von 70 kg herstellen. Damit können wir unsere Kunden



3D-gedrucktes Laufrad: 500 x 500 x 45 mm

noch schneller und effizienter unterstützen“, so Thomas Peipp.

Die Modelle entstehen im Schichtbauverfahren: Dabei wird das Kunststoffpulver in dünner Schicht auf eine Bauplattform ausgetragen und anschließend selektiv mit einem Lösungsmittel bedruckt. Das Lösungsmittel führt zu einer lokal begrenzten Verklebung der Partikel untereinander. Durch Auftrag und Bedrucken weiterer Schichten entsteht das gewünschte Objekt. Die unbedruckten Pulvermengen stützen die bedruckte Struktur, so dass selbst komplizierte Freiformflächen mit Hinterschneidungen ohne Stützstruktur herzustellen sind. Nach dem

Druckprozess wird das fertige Modell vom Restpartikelmaterial befreit und mit Wachs infiltriert. Dadurch erhalten die Kunststoffmodelle eine geschlossene und saubere Oberfläche, was sich positiv auf die Qualität der Feingussteile auswirkt.

Egal ob 3D-gedrucktes Kunststoffmodell oder konventionell hergestellter Wachsling, die weitere Handhabung ist exakt identisch. Nach der Eingangskontrolle und der Montage des Angussystems erfolgt die Aufbringung der ersten keramischen Überzüge. Danach geht es in den Ofen. Da die Kunststoffmodelle bereits bei 73 °C erweichen und dabei schrumpfen,

entstehen keine Risse der Keramikschale. Erreichen die Temperaturen 700 °C und mehr, kommt es zur vollständigen und rückstandsfreien Ausbrennung der Formen. Die einmalige Verwendung des Modells erklärt, warum von verlorenen Modellen gesprochen wird.

Quelle: BDG-Presseaussendung
v. 10. 04. 2014

Kontaktadresse:

voxeljet technology GmbH
zH Fr. Stefanie Riker
Paul-Lenz-Str. 1 | D-86316 Friedberg
Tel.: +49 (0)821 7483-440
E-Mail: stefanie.riker@voxeljet.de
www.voxeljet.com



Technologiesprung beim Aktivieren von Zylinderlaufbahnen in Kurbelgehäusen mit Hochdruckwasser

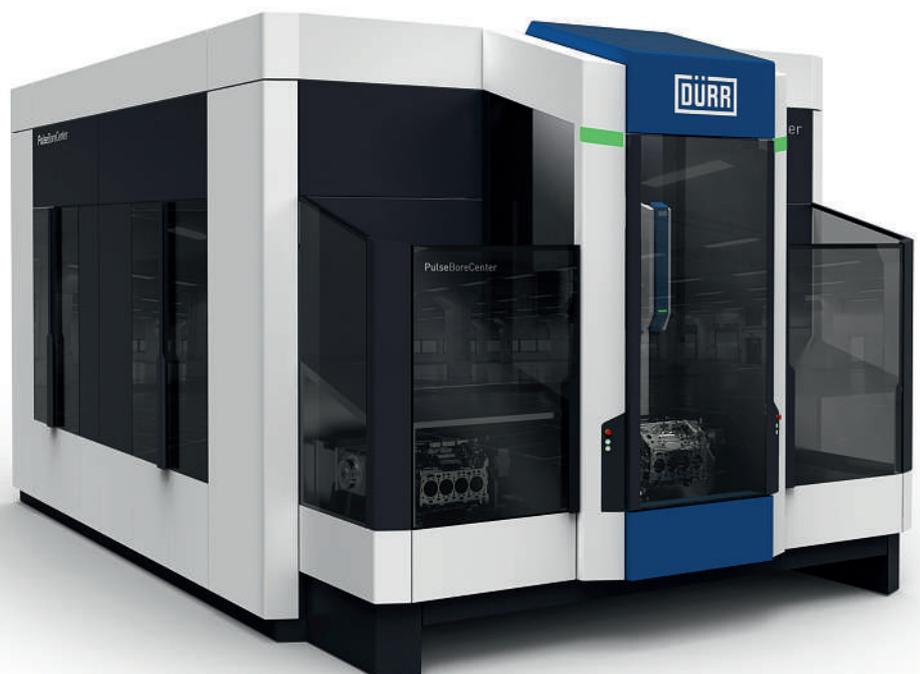
Das Hochdruckwasserstrahlen kommt immer häufiger zur Aktivierung von Zylinderlaufbahnen in Kurbelgehäusen vor dem thermischen Beschichten zum Einsatz. Dabei wird mit Drücken von bis zu 3.000 bar gearbeitet, was sehr hohe Kosten verursacht. Bei dieser Anwendung im Höchstdruckbereich lässt sich der Druck mit dem PulseBoreCenter von Dürr Ecoclean auf maximal 600 bar reduzieren. Möglich wird dies durch den integrierten, innovativen EcoCBooster, der einen pulsierenden Wasserstrahl mit deutlich höherer kinetischer Energie erzeugt. Daraus resultieren nicht nur erhebliche Einsparungen bei den Investitions- und Betriebskosten, sondern auch bessere Ergebnisse. Vorteile bietet das innovative Verfahren auch beim Reinigen, Entgraten und Entschichten.

Um bei gleichzeitiger Leistungssteigerung CO₂-Emissionen und Kraftstoffverbrauch zu reduzieren, werden Bauteile für Benzin- und Dieselmotoren immer komplexer und kompakter konstruiert. Im Zuge dieses Downsizing ersetzen thermische Beschichtungen zunehmend aus Grauguss gefertigte Zylinderlaufbuchsen bei Kurbelgehäusen. Um optimale Haftzugfestigkeit zu erreichen, wird die Aluminium-Oberfläche der Zylinderlaufbahnen vor der Applikation der

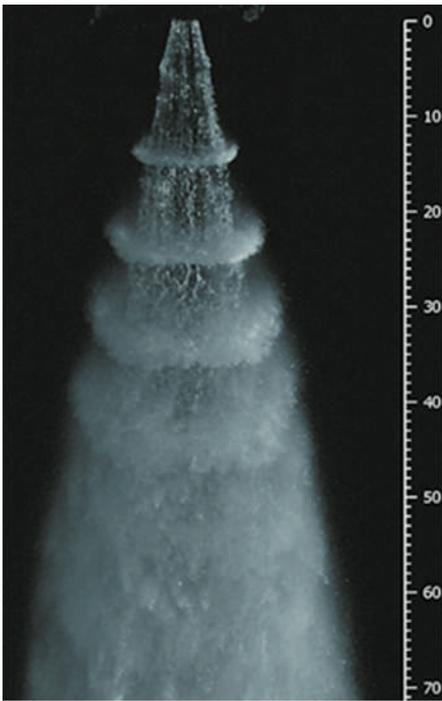
extrem dünnen (150 bis 300 µm) und sehr harten Metallschicht durch Aufrauen aktiviert. Dafür kommt verstärkt das Hochdruckwasserstrahlen zum Einsatz, unter anderem, da es bei dieser Technik keinen Verschleiß gibt und das Reinigen nach dem Aufrauen entfällt.

Mit 600 statt 2.500 bar aktivieren

Die heute für das Aktivieren eingesetzten Hochdruckwasserstrahl-Verfahren arbeiten mit einem Druck von mindestens 2.500 bar. Dies verursacht neben beachtlichen Investitionen hohe Betriebskosten



Dürr-Ecoclean PulseBoreCenter

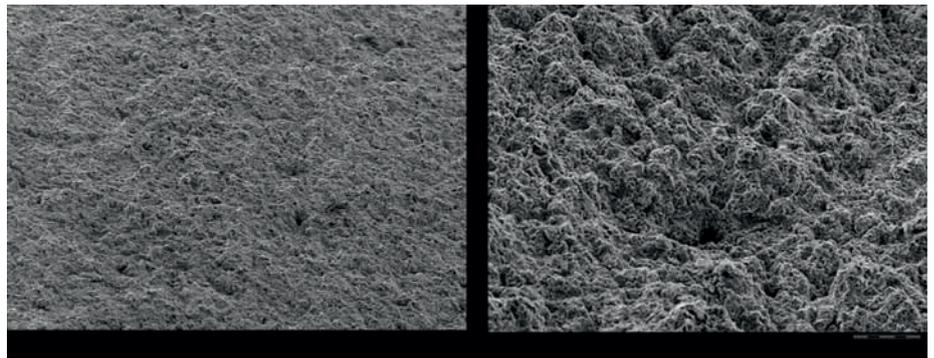


Der EcoCBooster erzeugt einen pulsierenden Wasserstrahl mit deutlich höherer kinetischer Energie

– nicht zuletzt aufgrund der sehr aufwändigen Filtration beziehungsweise des Einsatzes von Frischwasser bei Systemen ohne Kreislauf-führung. Der neue, im PulseBore-Center eingesetzte EcoCBooster von Dürr Ecoclean ermöglicht die Aktivierung der Zylinderlaufbahnen mit einem Druck von maximal 600 bar. Das Geheimnis der drastischen Druckreduzierung ist der pulsierende Wasserstrahl des innovativen Verfahrens, der die kinetische Energie auf das Fünf- bis Zehnfache verstärkt.

Hervorragende Haftzugwerte – auch bei Graugussooberflächen

Der EcoCBooster erreicht mindestens gleich gute oder sogar bessere Ergebnisse als konventionelle Höchstdruckverfahren. Dies belegen bisher realisierte Anwendungen. Die Haftzugwerte liegen unabhängig davon, ob die Metallschicht durch atmosphärisches Plasmaspritzen (APS) oder Lichtbogen-drahtspritzen (LDS) appliziert wurde, durchweg über 60 MPa. Selbst Guss Oberflächen lassen sich mit dem Verfahren so aufräumen, dass sich das flüssige Metall gut in die Oberfläche verkralen kann. Dadurch eröffnet der EcoCBooster neue Anwendungsfelder. Dazu zählt beispielsweise die Bearbei-



Die Oberfläche der Zylinderlaufbahnen zeigt nach der Aktivierung eine für die thermische Beschichtung optimale Rauigkeit (rechtes Bild).

tung von Graugusslaufbuchsen im LKW-Bereich. Dies war bisher selbst durch Höchstdruckwasserstrahlen mit 3.000 bar nicht möglich.

Hohe Einsparungen beim Invest und im Betrieb

Unter Wirtschaftlichkeitsaspekten punktet das neue Verfahren ebenfalls. So sind die Anschaffungskosten einer Pumpe für 600 bar deutlich geringer als die einer Pumpe für 3.000 bar. Gleichzeitig kann die Filtration einfacher ausgelegt werden: Um den Verschleiß einer Höchstdruckpumpe möglichst gering zu halten, ist eine Filtration auf Feststoffe bis zu 1 µm erforderlich. Dadurch muss sogar Frischwasser gefiltert werden. Die 600-bar-Pumpe des EcoCBooster ist deutlich unempfindlicher. Hier reicht der Hochdruckpumpe eine auf Feststoffe von 3 µm bis 5 µm ausgelegte Filtration aus, das Wasser wird im Kreislauf geführt. Dies macht sich bei den Investitions- und Betriebskosten bemerkbar. Bezahlt macht sich auch die geringere Leistungsaufnahme der Pumpe. Sie reduziert den Energiebedarf um bis zu 50 Prozent im Vergleich zu einer Pumpe für das Höchstdruckwasserstrahlen. Außerdem fällt für die Wartung einer 600-bar-Pumpe nur etwa ein Drittel bis ein Viertel der Kosten an, die bei einer 3.000-bar-Pumpe zu veranschlagen sind. Der Prozess kann wahlweise mit reinem Wasser oder mit einem Korrosionsschutzmedium durchgeführt werden.

Kontaktadresse:

Dürr Ecoclean GmbH | zH Manfred Hermanns
D-70794 Filderstadt | Mühlenstraße 12 | Tel. +49 (0)2472 83-189
manfred.hermanns@ecoclean.durr.com | www.durr-ecoclean.com

Hoch flexibles, modulares Anlagenkonzept

Für den EcoCBooster hat Dürr Ecoclean ein komplett neues Anlagenkonzept entwickelt: das PulseBore-Center. Es besteht aus der Applikation mit NC-Steuerung und Boostern sowie einem Versorgungsmodul, in dem sich neben der Hochdruckpumpe die gesamte Wasserversorgung und Filtration befindet. Die Anlage ermöglicht die Bearbeitung der Kurbelgehäuse von 2-Zylinder-Reihenmotoren sowie aller V-Motoren und komplexer W 12- und W 16-Motoren. Durch die modulare Bauweise lässt sich das System einfach an unterschiedliche Beladungskonzepte und Taktzeiten anpassen.

Einsatzfelder von der Medizintechnik bis zum Triebwerksbau

Der Einsatz des neuen EcoCBooster ist nicht auf die Bearbeitung von Zylinderlaufbahnen beschränkt. Die prozesstechnischen und wirtschaftlichen Vorteile kommen bei unterschiedlichsten Anwendungen zum Tragen, bei denen im Hochdruckbereich über 1.000 bar mit Wasser gestrahlt wird. Das Spektrum reicht von der Medizintechnik und dem Triebwerksbau über das Entlacken, Entschichten, Entgraten und Reinigen von Bauteilen bis zur Betonsanierung.

Quelle: Dürr Presseausendung v. 23. 04. 2014



VÖG-Jahreshauptversammlung 2014

Im Rahmen der 58. Österreichischen Gießereitagung fand am Donnerstag, den 24. April 2014 um 17 Uhr 30 im Seminarraum 3 des Kongress & Theaterhauses in Bad Ischl die Ordentliche Jahreshauptversammlung des VÖG statt.



Vorstandsvorsitzender M. Zimmermann (M), Kassier H. Kalt (l) und Geschäftsführer E. Nechtelberger (r)



VÖG-Jahreshauptversammlung 2014 im Kongress & Theaterhaus Bad Ischl

Der Vorstandsvorsitzende KR Ing. Michael Zimmermann begrüßte die zahlreich erschienenen in- und ausländischen Mitglieder und Gäste, insbesondere

Frau Mag. Mirjam Jan-Blazic, Präsidentin der Slowenischen Gießereifachleute,

Herrn Dr.-Ing. Erwin Flender, Präsident d. Bundesverbandes d. Deutschen Gießerei-Industrie,

Herrn Dipl.-Ing. Jan Slajs, Past-Präsident der Tschechischen Gießereifachleute,

Herrn Prof. Dr.-Ing. Reinhard Döpp, VÖG-Ehrenmitglied,

Herrn KR Ing. Peter Maiwald, Obmann und Herrn Dipl.-Ing. Adolf Kerbl, Geschäftsführer des Fachverbandes der Österreichischen Gießerei-Industrie,

den Vorstandsvorsitzenden und die Geschäftsführer des Vereins für praktische Gießereiforschung, die Herren DI Dr. Hansjörg Dichtl, Univ.Prof. Dr. Peter Schumacher und DI Gerhard Schindelbacher,

sowie als Ehrengast Herrn Dipl.-Ing. Wilhelm Kuhlitz. Hierauf gab VÖG-Geschäftsführer BR DI Erich Nechtelberger seinen

Bericht über die Vereinstätigkeit im Jahr 2013.

Die ehrenamtliche Tätigkeit widmete sich der Mitgliederwerbung, der Betreuung der Mitgliederdatei, der Einhebung und Verwaltung der Mitgliedsbeiträge und insbesondere der Gestaltung und Herausgabe der GIESSEREI RUNDSCHAU.

Der Mitgliederstand mit Ende 2013 betrug 268 persönliche Mit-

glieder, davon 53 Pensionisten (22%), 28 studierende Mitglieder und 5 Ehrenmitglieder sowie 65 Firmenmitglieder, zusammen also 333 Mitglieder (2012: 340).

Im Berichtsjahr 2013 war der Verlust eines persönlichen Mitgliedes zu beklagen:

- Am 26. April 2013 verstarb im 81. Lebensjahr Herr Dipl.-Ing. Franz Stoschek. Einen Nachruf enthält Giesserei Rundschau 60(2013), Heft 5/6, S. 198.
- Am 14. Februar dieses Jahres ist ebenfalls im Alter von 81 Jahren Herr Horst Gsöllpointner verstorben. Ein Nachruf ist in Giesserei Rundschau 61(2014), Heft 3/4, S. 135, enthalten.

Der VÖG wird seinen verstorbenen Mitgliedern ein ehrendes Gedenken bewahren.

Zur Pflege der Aufrechterhaltung internationaler Beziehungen erfolgten Teilnahmen an Veranstaltungen befreundeter ausländischer Organisationen.

In den 6 Doppelheften der **Giesserei Rundschau** Jg.60(2013) wurden auf 392 Seiten 34 Fachartikel publiziert und informative redaktionelle Beiträge und Vereinsnachrichten gebracht.

Die seit Anfang 2012 in Betrieb genommene **VÖG-Homepage** (www.voeg.at) wird gut angenommen und durchschnittlich 50 bis 60 mal täglich besucht.

Eine CD-ROM mit dem elektronischen Archiv „GIESSEREI RUNDSCHAU – Jahrgänge 2001 bis 2011“ kann vom Verlag Strohmayer KG, 1100 Wien, Weitmoserg. 30, E-Mail: giesserei@verlag-strohmayer.at,

zum Preis von € 35,00 für VÖG-Mitglieder bzw. € 82,00 für Nichtmitglieder (inkl. MwSt zuzgl. Versand) bezogen werden.

Der Vereinskassier, Herr Hubert Kalt, gab einen

Überblick über die Finanzlage zum 31. 12. 2013.

Die Einnahmen/Ausgabenrechnung ergab für das Berichtsjahr 2013 einen Gebarungüberschuss von Euro 1.625,49, der der Rücklage zugeführt wird.

Die Kontrolle der Kassen- und Buchhaltungsbelege am 6. März 2014 durch die Rechnungsprüfer Ing. Bruno Bös und Ing. Gerhard Hohl hat die einwandfreie und richtige Führung sowie satzungsgemäße Verwendung der Vereinsmittel ergeben. Der Empfehlung zur Genehmigung des Rechnungsabschlusses sowie zur Annahme des Geschäftsberichtes wurde von der Hauptversammlung einstimmig entsprochen.

Infolge der positiven Finanzlage wurde keine Veränderung der seit 2005 geltenden Mitgliedsbeiträge ins Auge gefasst.

Ehrung langjähriger Mitglieder

Der Vorstand hat in seiner Sitzung am 23. 4. 2014 beschlossen, die nachfolgend genannten Herren für ihre langjährige Vereinsmitgliedschaft zu ehren und ihnen für ihre besondere Vereinstreue zu danken. Die HV stimmte durch Akklamation zu.

Für 25-jährige Mitgliedschaft die VÖG-Ehrennadel in Bronze erhielten:

Herr Dir. i.R. Dipl.-Ing. Karl Probst

Herr Ing. Gerhard Izso

Herr Ing. Josef Lamplmair)*

Herr Dipl.-Ing. Hans-Peter Mayer

Herr Ing. Mag. Heinrich Oberhuber)*

Herr Ing. Anton Ossberger)*

Herr Ing. Gerhard Rois)*

Herr Dipl.-Ing. Rudolf Steinhart)*

Herr Josef Jerschitz)*

Für 40-jährige Mitgliedschaft die VÖG-Ehrennadel in Silber erhielt:

Herr Ing. Peter Tschandl

Verleihung der VÖG-Ehrenmitgliedschaft

Auf Beschluss des Vorstandes und mit Akklamation der HV wurde die VÖG-Ehrenmitgliedschaft an zwei Persönlichkeiten verliehen, die sich insbesondere durch ihr persönliches Engagement für die Gemeinschaftsarbeit – die auch in einer langjährigen persönlichen Mitgliedschaft beim VÖG zum Ausdruck kommt – besondere Verdienste erworben haben.

Es sind dies die Herren

Hubert Kalt
und
Dipl.-Ing. Wilhelm Kuhlitz

*) Wegen Nichtanwesenheit erfolgte die Zusendung von Urkunde und Ehrennadel auf dem Postweg.



Ing. Gerhard Izso erhält Urkunde u. Ehrennadel von M. Zimmermann (r) u. E. Nechtelberger (l) für 25 Jahre VÖG-Mitgliedschaft



Dipl.-Ing. Hans-Peter Mayer (M) – 25 Jahre VÖG-Mitglied



Dir.i.R. Dipl.-Ing. Karl Probst (M) – 25 Jahre VÖG-Mitglied



Ing. Peter Tschandl (M) – 40 Jahre VÖG-Mitglied

Die Laudatio für Herrn Hubert Kalt hielt M. Zimmermann und führte aus:



Herr Hubert Kalt,
Im Juni 1939 in Wien geboren, absolvierte nach dem Besuch der Grundschulen von 1953 bis

1956 die Former- und Gießer-Lehre in der Eisengießerei R. Trebitsch in Wien, die er mit der Facharbeiterprüfung abschloss. In der Folge war er in dieser Gießerei bis 1972 als Handformer tätig.

Schon 1965 hatte Hubert Kalt auch die Meisterprüfung für Metall- u. Eisengießer abgelegt und übernahm ab 1972 die Gießereimeisterstelle im Gusswerk Brunn von J. Kudlacek bis zur Betriebsstilllegung im März 1977.

Nach rund einem Jahr Tätigkeit im Schmelzbetrieb der ÖGUSSA (Österreichische Gold- und Silber-Scheideanstalt) in Wien wechselte Hubert Kalt 1978 als Gießereitechniker und Außendienstmitarbeiter zur Firma Ashland Südchemie Hantos in Wien, wo er als Stellvertreter des Werkmeisters auch Laborverantwortung für die Produkt-Ein- und



Feierliche Übergabe der Ehrungsurkunden an die beiden neuen VÖG-Ehrenmitglieder Hubert Kalt (linkes Bild) und Dipl.-Ing. Wilhelm Kuhlitz (rechtes Bild) durch VÖG-Vorst.Vors. M. Zimmermann und VÖG-Geschf. E. Nechtelberger

Ausgangskontrolle zu tragen hatte. 1984 erhielt Hubert Kalt Handlungsvollmacht, ein Jahr später wurde ihm Prokura erteilt.

Von 1992 bis zu seinem Ausscheiden in die Pension Ende 2000 war Hubert Kalt Geschäftsführer der Ashland Südchemie Hantos GmbH in Wien.

Trotz seiner Tätigkeit als Geschäftsführer war sich Hubert Kalt zu keinem Zeitpunkt zu schade, ganz gleich um welches seiner Produkte es sich handelte, dieses am jeweiligen Produktionsstandort seines Kunden persönlich vorzuführen. Seine Anwesenheit bis zum erfolgreichen Abschluss der Versuche war für ihn immer eine Selbstverständlichkeit. Dieses Engagement ist auch der Grund, warum Hubert Kalt bei Gießereien aller Größenordnungen, aber vor allem bei deren Mitarbeitern, äußerst beliebt war.

Herr Hubert Kalt ist seit 1985 Mitglied des Vereins Österreichischer Gießereifachleute und

seit April 2001 auch Vorstandsmitglied und ehrenamtlicher Kassier.

Der VÖG verdankt Herrn Hubert Kalt, aber besonders auch seiner Gattin Monika, seitdem eine klaglose und äußerst kompetente Abwicklung der Buchführung. Dafür sei dem Ehepaar Kalt ganz besonders herzlich gedankt!

Am 4. Juni 2014 feiert Herr Hubert Kalt seinen 75. Geburtstag – dazu Dir, lieber Hubert, schon heute ein herzliches Glückauf!

Die Laudatio für Herrn Dipl.-Ing. Wilhelm Kuhlitz hielt E. Nechtelberger:



Herr Dipl.-Ing. Wilhelm Kuhlitz,
Jahrgang 1935, studierte nach dem Abitur 1955 an der RWTH-

Aachen Gießereikunde bei Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Patterson.

Schon im September 1960 trat er als Abteilungsleiter des anwendungstechnischen Labors in die Dienste der Albertuswerke GmbH Hannover, ein Unternehmen der Gießereichemie, ein. Seit der Fusion 1970 mit der Firma Gebr. Hüttenes zur Hüttenes-Albertus GmbH war Wilhelm Kuhlitz hier maßgeblich am Aufbau und an der Entwicklung des Unternehmens zur heutigen Größe und Bedeutung beteiligt. Seine frühe Berufung zum technischen Geschäftsführer und Leiter aller Produktionsbetriebe im In- und Ausland dokumentiert seine Anerkennung bis zu seinem Ausscheiden im Jahr 2000.

Dass Dipl.-Ing. Kuhlitz auch Gesellschafter – Geschäftsführer bei der Holdinggesellschaft Albertuswerke GmbH wurde – sei nur am Rande vermerkt.

Seine Liebe, ja Begeisterung für die Gießerei-Industrie erklärt auch, dass er seine Erfahrungen

und Kraft den Gießereiverbänden und Fachausschüssen gewidmet hat. Hier sei ihm Hochachtung und besonderer Dank ausgesprochen.

Seit 1960 gehört er dem Verein Deutscher Giessereifachleute VDG an. Er war 16 Jahre Vorsitzender der Landesgruppe Niedersachsen, von 1989 bis 1993 Vizepräsident und anschließend bis 2002 Präsident des VDG.

In dieser Zeit haben sich die gutnachbarlichen Beziehungen zwischen VDG und VÖG besonders intensiv entwickelt; die Gießerei-Institute auf beiden Seiten miteingeschlossen. Dafür sei Wilhelm Kuhlitz heute noch einmal herzlichst gedankt.

Für die Förderung der Facharbeit wurde er 1992 vom VDG mit der Bernhard-Osann-Medaille ausgezeichnet und 2002 zum Ehrenmitglied ernannt. Sein unermüdlicher Einsatz für die Gießerei-Industrie fand weltweite Anerkennung, als er 1990 in Osaka zum Vorstandsmitglied der damaligen CIATF (heute WFO) gewählt wurde, deren Präsident er 1997 bis 1998 war und zu deren Past-Präsidenten er heute noch gehört.

Neben seinen vielfältigen gießereitechnischen Aktivitäten engagiert sich Wilhelm Kuhlitz seit 1970 im deutschen Industrieverband Gießerei-Chemie. Zunächst im Technischen Ausschuss; seit Mai 1982 als Vorsitzender dieses Verbandes.

In Vorbereitung auf die GIFA 1999 wurde er im November 1994 zum Präsidenten der Gießereifachmesse GIFA gewählt.

Im April 2005 wurde Wilhelm Kuhlitz auf der großen Gießereitechnischen Gemeinschaftstagung in Innsbruck mit der Adolf-Ledebur-Denk Münze, der höchsten Auszeichnung des Vereins Deutscher Giessereifachleute, geehrt.

Mit der Verleihung des Verdienstkreuzes am Bande des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland würdigte der Deutsche Bundespräsident auf Vorschlag des Ministerpräsidenten des Landes Niedersachsen das große persönliche Engagement des Ausgezeichneten sowohl in der Kommunalpolitik, wie auch

in Wirtschaft und Technik, insbesondere auch zum Nutzen der deutschen Gießerei-Industrie. Seine Erfolge basierten auf der Fähigkeit, auf jeder Ebene Menschen für sich einzunehmen und zu motivieren.

Herr Dipl.-Ing. Wilhelm Kuhlitz hat unsere Österreichischen Gießereitagungen oftmals als Tagungsteilnehmer bereichert und ist den österreichischen Gießern über die Zeit seines aktiven beruflichen Wirkens hinaus freundschaftlich verbunden, seit nunmehr 10 Jahren auch als Persönliches Mitglied des VÖG. Herzlich willkommen als unser Ehrenmitglied!

Am 7. Juli 2014 feiert Herr Dipl.-Ing. Wilhelm Kuhlitz seinen 79. Geburtstag – dazu Dir, lieber Wilhelm, ein herzliches Glückauf von den österreichischen Gießereifreunden!

Personalia – Wir gratulieren zum Geburtstag



Herrn Ing. **Helmut Weisser**, D-85051 Ingolstadt, Franz-Rieder-Straße 9, **zum 70. Geburtstag** am 29. Juli 2014.

Geboren in Braunau/Ottendorf im Sudetenland, genoss Helmut Weisser nach der Aussiedelung 1945 seine Schulausbildung in Wien, wo er auch die HTL für Gießereitechnik absolvierte und 1963 mit der Reifeprüfung abschloss. Nach seiner Präsenzdienstleistung trat Weisser im Oktober 1964 als Gießereiassistent bei der Fa. Grundmann, Grau- u. Tempergießerei in Herzogenburg ein. Im Mai 1965 wechselte er zur Eisengießerei Ing. Gustav Weiß in Wien-Liesing. Im März 1970 nahm er die Stelle des Leiters des Schmelzbetriebes in den v. Arnimschen Eisenwerken in Großauheim bei Hanau an. Im April 1973 übernahm Ing. Helmut Weisser ein neues Aufgabengebiet in der Gießerei der Schubert & Salzer Maschinenfabrik AG in Ingol-

stadt und wurde für die Bereiche Kundenberatung, Modellbeschaffung und Verkaufsabwicklung verantwortlich. Schon Anfang 1975 wurde er Vertriebsbereichsleiter Export und erhielt Handlungsvollmacht. Mit der Erteilung der Prokura Anfang 1983 übernahm er die Vertriebsleitung für die Eisengussprodukte und die Verantwortung für den Versand. Nach der Ausgliederung der Gießerei aus der Schubert & Salzer AG und Verkauf an die Schubert & Salzer Holding im Juli 1990 erhielt Weisser im September Gesamtprokura für die Schubert & Salzer Eisenguss GmbH. Im Jänner 1994 erfolgte die Verlagerung des Unternehmens nach Leipzig. 1995 wurde die Schubert & Salzer Eisenguss GmbH vom Georg Fischer Konzern erworben und in die +GF+ Georg Fischer GmbH umfirmiert, wobei H. Weisser die Verantwortung im bisherigen Umfang übertragen erhielt.

Seit März 1996 hat Ing. Helmut Weisser als Verkaufsleiter Süddeutschland und Skandinavien im Vertrieb Gießereitechnik für die Olsberg Hermann Everken GmbH in Olsberg / D von seinem Büro in Ingolstadt aus, den Markt erschlossen und u.a. wesentliche Bauteile aus dem Bereich für Roboter, Großpumpen und Baumaschinen für die Gießerei in Olsberg gewinnen können. Herr Weisser hat im August 2009 im Alter von 65 Jahren seinen verdienten Ruhestand angetreten.

Ing. Helmut Weisser ist seit 1969 Mitglied des VÖG.

Herrn Dipl.-Ing. **Reinhold Hanus**, 4020 Linz, Ohmstraße 12, **zum 50. Geburtstag** am 1. August 2014.



Herrn Dipl.-Ing. **Hans Rödter**, D-89522 Heidenheim/D, Eichenwald 29, **zum 70. Geburtstag** am 22. August 2014.

Am 22. August 1944 in Heidenheim a.d. Brenz/D geboren, absolvierte Hans Rödter nach Besuch der Pflichtschulen von 1963 bis 1965 eine Ausbildung zum Former

und Gießer bei der Voith GmbH in Heidenheim, einem internationalen Unternehmen für die Herstellung von Papiermaschinen und Wasserturbinen. 1965/68 folgte das Studium zum Gießerei-Ingenieur an der Mercator Universität Duisburg mit dem Abschluss als Diplom-Ingenieur. In der Folge war er als Assistent der Gießereileitung in der Stahlgießerei Streicher/Asperg tätig und absolvierte auch ein Aufbaustudium zum Schweißfachingenieur in Stuttgart. 1974 übernahm DI Hans Rödter die Leitung des Schmelzbetriebes bei der Voith GmbH in Heidenheim und sammelte Erfahrungen auf dem Gebiet der Fertigung des Großgusses bis 100 t – Maschinen- u. Handformerei für Walzen, Papier-Trocken- u. Glätzzylinder (Yankee Cylinder) – sowie der Herstellung von Sphärogussteilen von 5 kg bis 80 t.

1974 wechselte DI Hans Rödter als Beratungsingenieur zur Sorelmetal-Beratungsgesellschaft, heute Rio Tinto Iron & Titanium. Sein Einsatzgebiet erstreckte sich auf ganz Europa und die angrenzenden Länder sowie auf Südafrika.

In dieser Funktion beschäftigte sich DI Hans Rödter hauptsächlich mit dem Herstellungsprozess von Gusseisen mit Kugelgrafit (Sphäroguss) und mit der Technologie zur Verbesserung der Gussstücke, insbesondere mit dem Erstarrungsprozess und dem damit verbundenen Anschnitt- u. Speisersystem. Eine Besonderheit ist das speiserlose Gießen von Gusseisen mit Kugelgrafit.

Die meisten der von ihm und seinen Kollegen gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse mit Schwerpunkt Metallurgie, Anschnitt- u. Speisertechnik sowie

Qualitätsverbesserung von Sphäroguss sind in Vortragsveranstaltungen und Veröffentlichungen in Fachzeitschriften von Sorelmetal-Rio Tinto publiziert und bekannt gemacht worden.

DI Hans Rödter ist Mitautor mehrerer Buchveröffentlichungen, z.B. „Fachkunde für gießereitechnische Berufe“, „Sorelmetal – Gusseisen mit Kugelgrafit“, „QIT – Gusseisen mit Kugelgrafit“.

Er stellte seine Erfahrungen auch verschiedenen Fachausschüssen zur Verfügung, insbesondere dem VDG-Fachausschuss „Anschnitt- u. Speisertechnik“ und trat bei einschlägigen Weiterbildungsseminaren und internationalen Symposien über viele Jahre als Referent auf.

Hans Rödter genießt nun den wohlverdienten Ruhestand in der Familie. Mitglied des VÖG ist Dipl.-Ing. Hans Rödter seit 2004.

Allen Jubilaren ein herzliches Glückauf!



Unser Ordinarius für Gießereikunde an der Montanuniversität und Geschäftsführer des Österreichischen Gießerei-Institutes ÖGI ist 50!

Herr Prof. Dipl.-Ing. Dr. **Peter Schumacher**, Vorstand des Lehrstuhles für Gießereikunde an der Montanuniversität Leoben, 8700 Leoben, Franz-Josef-Straße 18, **feierte am 5. Juni 2014 seinen 50. Geburtstag.**

Peter Schumacher wurde am 5. Juni 1964 in Bremen geboren. Nach dem Abschluss des Maschinenbaustudiums an der Technischen Universität Braunschweig 1989 promovierte er an der University of Cambridge am Darwin College (UK) im Fachgebiet Material Science and Metallurgy. Sein weiterer beruflicher Werdegang als post-doktoraler Forscher führte zu einem Advanced Research Fellowship des Engineering and

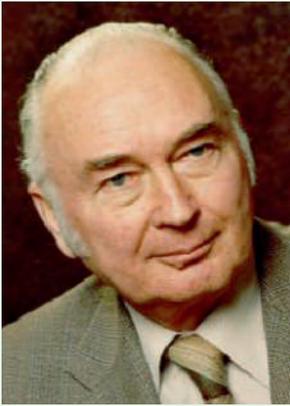
Physical Science Research Councils (EPSRC) an der University of Oxford und im weiteren zu einem Research Fellowship am St. Cross College, Oxford.

Im Jahr 2002 folgte er dem Ruf als Professor für Gießereikunde an die Montanuniversität Leoben und wurde gleichzeitig Geschäftsführer des Vereins für praktische Gießereiforschung – ÖGI.

Professor Schumacher widmet sich neben seiner Lehrtätigkeit überwiegend grundlagenorientierten Themen mit den Schwerpunkten Keimbildung und Erstarrung sowie Kornfeinung, Veredelung und Gefügebildung. Seine Forschungstätigkeit im Bereich von Magnesium und Aluminium Gusslegierungen sowie Gusseisen hat zu mehreren Preisen und Auszeichnungen geführt. Professor Peter Schumacher ist Studiengangsbeauftragter für das Fachgebiet Metallurgie an der Montanuniversität Leoben. Er ist Mitglied im Redaktionsbeirat der GIESSEREI RUNDSCHAU und Referent in metallurgischen und Gießereizeitschriften. Als Professor für Gießereikunde ist er auch Mitglied des Vorstandes des Vereins Österreichischer Gießereifachleute.

Die Mitglieder des Fachverbandes der Österreichischen Gießerei-Industrie und des Vereins Österreichischer Gießereifachleute gratulieren zum runden Geburtstag und wünschen weiterhin viel Erfolg.

Herzliches Glückauf!



Im Gedenken an den 100. Geburtstag von O.Univ.-Prof- Dr.Ing. habil. Josef Czikel (* 19. 7. 1914, † 26. 2. 1992)

Joseph Czikel wurde am 19. 7. 1914 in Kaschau, damals Österreich-Ungarn, heute Kosice in der Slowakei, als Sohn eines hohen Offiziers geboren. Er studierte zunächst Philosophie und Medizin, bevor er 1935 an der Bergakademie Krakau seine Diplomarbeit über die Graphitbestimmung in Roh- und Gusseisen fertigstellte. Seine weitere berufliche Laufbahn führte ihn als Assistent an das Institut für Hüttenkunde und Gießereiwesen der Universität Breslau. Nach der Verlegung der deutschen Universität Breslau kam er nach Sachsen. Nach seiner Beschäftigung in der Gießerei der Auto-Union in Chemnitz und in den Geisweider Eisenwerken im Siegerland führte sein Weg 1946 an die Bergakademie Freiberg zu Prof. Diepschlag als Assistent und Oberassistent. Hier folgten 1948 die Dissertation und 1952 seine Habilitation. 1952 wurde er als ordentlicher Professor zum Direktor des Gießerei-Instituts berufen. Bis 1966 leitete er das Gießerei-Institut der Bergakademie Freiberg. Er gründete 1952 die selbständige Fachrichtung Gießereiwesen. Die Immatrikulation der Studenten erfolgte damit von Anfang an für Gießereiwesen. In dieser Zeit entstanden unter seiner Leitung 232 Diplomarbeiten und 35 Dissertationen und es gibt von ihm 47 Veröffentlichungen.

Ursprünglich lagen die Räumlichkeiten des Gießerei-Instituts im Obergeschoss des Gebäudes des Eisenhütten-Instituts (Ledeburbau), genannt „Dachkammer-Institut“. Unter seiner Mitwirkung entstand der Neubau des Gebäudekomplexes der Formgebungsinstitute mit einem Flügel des Gießerei-Instituts und mit einer Gießereihalle, deren Fertigstellung 1960 erfolgte. Dieses Gießerei-Institut beschäftigte um 1965 2 Professoren, 25 technische und 8 Verwaltungsangestellte, 7 wissenschaftliche Mitarbeiter und Assistenten und 3 planmäßige Aspiranten.

In seiner Freiburger Zeit entstand auch die Idee für die Herausgabe einer Jahresplakette, die sich bis heute großer Beliebtheit erfreut.

Unter dem Druck der politischen Verhältnisse verließ Prof. Czikel die Bergakademie Freiberg. Nach einer Tätigkeit als Industrieberater übernahm er die Forschungsleitung der Unternehmensgruppe Buderus in Wetzlar. Neben einem Lehrauftrag an der Technischen Universität Hannover wechselte er 1971 zur Fachhochschule Aalen, um dort den Fachbereich Fertigungstechnologie mit einer Versuchsgießerei einzurichten und die Arbeitsgemeinschaft Gießereitechnik (Mitglied der Steinbeis-Stiftung) aufzubauen. Er war dann der erste Geschäftsführer der Arge Gießereitechnik in Aalen. 1973 erhielt Prof. Joseph Czikel einen Ruf als Ordinarius für Gießereikunde an die Montanuniversität Leoben. Hier entstanden unter seiner Betreuung 26 Diplomarbeiten und 6 Dissertationen und es erfolgten 76 Veröffentlichungen.

Dem VDG trat Prof. Czikel schon 1954 bei. Während seines Wirkens in der Bundesrepublik Deutschland hat sein Rat in vielen VDG-Fachausschüssen und vor allem im Vorstand des VDG, dem er von 1968 bis 1974 angehörte, Früchte getragen. Die Gründung des VDG-Fachausschusses Ingenieur- und Techniker Ausbildung im Jahr 1970 geht auf seine Anregung zurück. Die Ernennung zum Ehrenmitglied des VDG im Jahr 1984 war eine hochverdiente Würdigung seines Wirkens und seines wissenschaftlichen Werkes, das in insgesamt 123 Veröffentlichungen seinen Niederschlag fand. Dabei ist zu berücksichtigen, dass er bei Veröffentlichungen in Fachartikeln aus Dissertationen seinen Namen nicht genannt haben wollte.

Auch seine Verdienste im letzten Berufsabschnitt in Österreich wurden durch hohe Auszeichnungen gewürdigt. 1983 erhielt er vom Verein für praktische Gießereiforschung als Erster die Goldene Ehrennadel für außerordentliche Verdienste um das Institut (ÖGI) und den Lehrstuhl an der Montanuniversität Leoben. Er war auch im Vorstand des ÖGI als Stellvertreter des Vorsitzenden von 1979 bis 1992 engagiert. Seit 1992 war er Ehrenmitglied des ÖGI. Den österreichischen Gießern blieb Prof. Czikel bis zu seinem Tod aktiv verbunden.

Auch nach seiner Emeritierung 1984 hielt er engen Kontakt zu seiner Universität und zum Österreichischen Gießerei-Institut (ÖGI). Im Alter von 78 Jahren verstarb Prof. Czikel am 26. Februar 1992 und wurde am 16. März 1992 im Familiengrab in Wien beigesetzt.

Als Wissenschaftler von hohem Rang mit strengen Ansprüchen als Hochschullehrer und Vorbild seiner Schüler, aber auch als nachdenklicher und ideenreicher Berater von Führungsgremien und vielen Unternehmen hat Joseph Czikel die Entwicklung der Gießereitechnik in erheblichem Maß mitgestaltet. Wir werden ihn stets in dankbarer Erinnerung behalten.

*Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Herfurth, Pulheim-Dansweiler/D,
einer seiner Freiburger Schüler*

WERNER BAUER

Die „Grauguss-Fibel“

von Dipl.-Ing. Werner Bauer, herausgegeben im Eigenverlag vom Österreichischen Gießerei-Institut (ÖGI), Leoben 2013, Format DIN A4, Spiralbindung, 102 Seiten mit 93 Abbn. u. 10 Tafeln.

Der Autor, langjähriger wissenschaftlicher Mitarbeiter am ÖGI, hat nach dem Ausscheiden in die Pension sein umfangreiches Erfahrungswissen in dieser Fibel zusammengefaßt und möchte damit den Anwendern von Grauguss einen Überblick über das komplexe Verhalten dieses wichtigen Konstruktionswerkstoffes geben und gleichzeitig auch die zum Verständnis dienlichen Grundlagen vermitteln. Nach einem kurzen Überblick über die Werkstofffamilie der Gusseisen im 1. Kapitel behandelt das 2. Kapitel die Gusseisenmetallurgie: Das Erstarrungsverhalten, die angestrebte Grau- bzw. unerwünschte Weißerstarrung und die darauf wirkenden Einflussgrößen, insbesondere die Graphitkeimbildung und die Wirkungsweise und Durchführung der Impfung.

Das 3. Kapitel ist der Gefügekunde von Grauguss gewidmet, also der Entstehung, Ausbildung und Beurteilung des Lamellengraphits und des Matrixgefüges.

Das 4. Kapitel behandelt die mechanischen Eigenschaften von Grauguss: Das nicht lineare Verformungsverhalten von Grauguss, die Zusammenhänge zwischen den Fertigungsbedingungen, der resultierenden Gefügebildung und den mechanischen Eigenschaften, deren Wanddickenabhängigkeit und Erwartungswerte für das Gussstück.

Das 5. Kapitel wendet sich an eher werkstofftechnisch interessierte Leser. Hier werden die Auswirkungen der zuvor diskutierten Fertigungsparameter auf die Ausbildung der Spannungs-Dehnungs-Kurve diskutiert. Dieses Kapitel ist eine Zusammenfassung einer am ÖGI zu dieser Thematik durchgeführten Studie und behandelt die Auswirkungen der Lamellengraphitmenge, -größe und -ausbildung sowie des Matrixgefüges auf die Spannungs-Dehnungs-Kurve und die Zug-Druck-Wechselfestigkeit.

Der Autor hofft, mit dieser zusammenfassenden und kompakten Darstellung der komplexen Metallurgie und Werkstofftechnik eine gute Balance zwischen Vermittlung der Grundlagen für Anfänger sowie Informationswert für den Fachmann getroffen zu haben. Basis für die Erstellung des Buches sind in den zurückliegenden Jahren durgeführte Projektarbeiten am Österreichischen Gießerei-Institut unter Berücksichtigung des einschlägigen Schrifttums.



GUSSEISEN MIT LAMELLENGRAPHIT

METALLURGIE, GEFÜGE - UND WERKSTOFFKUNDE
VON GRAUGUSS FÜR ANWENDER

ÖSTERREICHISCHES GIEßEREI-INSTITUT

Das Buch kann zum Preis von € 88,00 inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten beim Österreichischen Gießerei-Institut Leoben bestellt werden. Bei Mehrfachbestellung ab 3 Explaren reduziert sich der Preis auf € 66,00/Stk.
Bestellanschrift: Österreichisches Gießerei-Institut, Parkstraße 21, A-8700 Leoben, Fax: +43 (0)3842 431011, E-Mail: office@ogi.at.



Der Weltmarktführer
im Motorenguss

Effizient.
Innovativ.
Nachhaltig.

