

Giesserei Rundschau



FUNKTIONELLE
SPEISER-SYSTEME
ZU IHREM VORTEIL

DUPLO-Speiser DX

- Beheizter Speiserhals
- Definiertes Speiservolumen
- Fluorgehalt < 0,3%
- Einfache Aufformtechnik



GTP SCHÄFER
GIESSTECHNISCHE PRODUKTE GMBH

Benzstraße 15
D - 41515 Grevenbroich
Telefon 0 21 81 / 23 39 40
Telefax 0 21 81 / 6 44 54
www.gtp-schaefer.de

GTP

Die nächste Ausgabe der
GIESSEREI RUNDSCHAU

Nr. 11/12 erscheint am

12. Dezember 2007.

Schwerpunktthema:
„Eisen- und Stahlguss“

Redaktionsschluss:
16. November 2007

Technology for clean air.



Absaugung

Entstaubung

Gasreinigung

Wertstoffrückgewinnung

Hohe Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit: www.scheuch.com

scheuch
TECHNOLOGY FOR CLEAN AIR

Hohe Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit

Die maßgeschneiderten Absaug- und Entstaubungsanlagen von Scheuch bieten hohe Abscheidgrade, höchste Verfügbarkeit sowie niedrige Investitions- und Betriebskosten. Gemeinsam mit unseren Kunden optimieren wir bewährte Systeme und entwickeln neue, innovative Technologien. **Profitieren auch Sie von unserem Know-how!**



Impressum

Medieninhaber und Verleger:
VERLAG LORENZ

A-1010 Wien, Ebendorferstraße 10
Telefon: +43 (0)1 405 66 95
Fax: +43 (0)1 406 86 93
e-mail: giesserei@verlag-lorenz.at
Internet: www.verlag-lorenz.at

Herausgeber:

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

Chefredakteur:

Bergrat h.c. Dir.i.R.,
Dipl.-Ing. Erich Nechtelberger
Tel. u. Fax +43 (0)1 440 49 63
e-mail: nechtelberger@voeg.at

Redaktionelle Mitarbeit und
Anzeigenleitung:

Irene Esch +43 (0)1 405 66 95-13
oder 0676 706 75 39
e-mail: giesserei@verlag-lorenz.at

Redaktionsbeirat:

Dipl.-Ing. Werner Bauer
Dipl.-Ing. Alfred Buberl
Univ.-Professor
Dr.-Ing. Andreas Bührig-Polaczek
Dipl.-Ing. Dr. mont. Hansjörg Dichtl
Prof. Dr.-Ing. Reinhard Döpp
Univ.-Professor Dipl.-Ing.
Dr. techn. Wilfried Eichlseder
Dipl.-Ing. Dr. mont. Roland Hummer
Dipl.-Ing. Dr. techn. Erhard Kaschnitz
Dipl.-Ing. Adolf Kerbl
Dipl.-Ing. Gerhard Schindelbacher
Univ.-Professor
Dr.-Ing. Peter Schumacher

Abonnementverwaltung:

Silvia Baar +43 (0)1 405 66 95-15

Jahresabonnement:

Inland: € 59,20 Ausland: € 73,00
Das Abonnement ist jeweils einen
Monat vor Jahresende kündbar,
sonst gilt die Bestellung für das
folgende Jahr weiter.

Bankverbindung:

Bank Austria BLZ 12000
Konto-Nummer 601 504 400

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
eingesandte Manuskripte und Bilder
werden nicht zurückgeschickt.
Angaben und Mitteilungen, welche von
Firmen stammen, unterliegen nicht der
Verantwortlichkeit der Redaktion.

VÖG Giesserei Rundschau

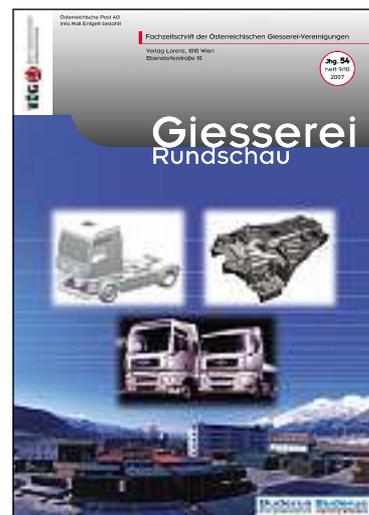
Organ des Vereines Österreichischer Gießereifachleute und des Fachverbandes der Gießereiindustrie, Wien, sowie des Österreichischen Gießerei-Institutes und des Lehrstuhles für Gießereikunde an der Montanuniversität, beide Leoben.

INHALT

Die Tiroler Röhren- und Metallwerke

AG gehört zu den europäischen Spitzenreitern in der Erzeugung und Verarbeitung von duktilem Guss. TRM-Erzeugnisse in Form von Rohrsystemen für die kommunale Wasserver- und Abwasserentsorgung, Beschneigungsanlagen, Turbinenleitungen, Brandschutzleitungen, Hausentwässerung sowie Duktile Ramm-pfähle finden weltweit ihren Einsatz..

Die Guss Komponenten GmbH ist ein international anerkannter Spezialist für Sphäroguss. Namhafte Unternehmen der europäischen Nutzfahrzeug- und Baumaschinenindustrie vertrauen auf die hochwertigen Rohgussteile, bearbeitete Komponenten sowie fertig assemblierte Bauteile, die in Hall gegossen werden.



BEITRÄGE 166

– **Simulation des Wärmeübergangs beim Sprühen im Druckgießprozess**

– **Neue Perspektiven für Gusseisen mit Kugelgraphit**

– **Simulation betriebsfestigkeitsrelevanter Einflüsse bei Gussstrukturen**

INTERNATIONALE ORGANISATIONEN

182 Vorschau 68. Gießerei-Weltkongress Indien

185 CAEF – The European Foundry Association

TAGUNGEN/ SEMINARE/MESSEN

184 WFO-Technical Forum Teil 2
Bericht NEWCAST-Forum Teil 2
Rückschau Slowenische Gießerei-Tagung Portoroz
Veranstaltungskalender

AKTUELLES

196 Aus den Betrieben
Aus dem ÖGI
Aus dem Fachverband
Interessante Neuigkeiten

VÖG-VEREINS-NACHRICHTEN

207 Personalien

LITERATUR

207 Bücher und Medien

Simulation des Wärmeübergangs beim Sprühen im Druckgießprozess

Simulation of Spray Cooling Heat Transfer in High Pressure Die Casting



Dipl.-Ing. Peter Hofer

Studium der Metallurgie an der Montanuniversität Leoben.

Seit 2005 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Österreichischen Gießerei-Institut Leoben, Arbeitsgruppe Physik und Thermophysikalisches Labor.

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 Arbeitsgruppe Simulation und für das Thermophysikalische Labor.



Dipl.-Ing. Werner Ecker

Studium der Werkstoffwissenschaften an der Montanuniversität Leoben.

Seit 2005 als Dissertant an der Materials Center Leoben Forschung GmbH tätig.

Arbeitsgebiet: Finite Elemente Simulation, Thermomechanische Ermüdung.

Dipl.-Ing. (FH) Mario Leindl

Studium der Schienenfahrzeugtechnik an der FH-Joanneum Graz. Seit 2006 als Dissertant an der Materials Center Leoben Forschung GmbH tätig. Arbeitsgebiet: Numerische Simulation.



Zusammenfassung

Im Rahmen eines Forschungsprojekts mit dem Ziel der Lebensdauersteigerung von Gießwerkzeugen soll mit numerischer Simulation die Schädigung von Druckgießformen vorhergesagt werden. Zur Abbildung der scharfen Temperaturgradienten, wie sie für das Druckgießen typisch sind, sind die üblichen Annahmen zu den Wärmeübergängen zu ungenau. Um die Wärmeabfuhr beim Sprühen der Form, welche nach bisherigem Wissensstand für den Hauptanteil der Formschädigung verantwortlich ist, besser charakterisieren zu können, wurde am Österreichischen Gießerei-Institut (ÖGI) in Zusammenarbeit mit der Materials Center Leoben Forschung GmbH (MCL) ein Prüfstand zur Ermittlung des Wärmeübergangskoeffizienten beim Sprühen aufgebaut, welcher sich nun in der Phase der Inbetriebnahme befindet. Ziel ist es, durch Messung von Temperaturänderungen Eingangsdaten für die numerische Simulation zu gewinnen.

Einleitung

Bei der numerischen Simulation von Druckgießprozessen ist es Stand der Technik, die Temperaturverteilung in der Form während der unterschiedlichen Prozessphasen mitzuberechnen. Hierfür werden die Wärmeübergangskoeffizienten so angepasst, dass die berechnete Temperaturverteilung in der Form mit in der Praxis gemessenen Werten übereinstimmt. Dies ist für die Vorhersage von Formfüllung und Erstarrung ausreichend genau. In den letzten Jahren erschließt die numerische Simulation von Gießprozessen aber immer weitere

Felder, darunter auch das der Vorhersage von Verzug und Eigenstressungen in Gussteil und Gussform. Für die Ausbildung von Eigenstressungen und für eventuelle Schädigung des Werkzeugs sind jedoch weniger die Temperatur selbst, als deren lokale Unterschiede relevant. Bei Prozessen wie dem Druckgießen sind die auftretenden Temperaturgradienten extrem scharf und zeitlich stark veränderlich. Um die erreichten Spitzentemperaturen an der Formoberfläche und die durch die Wärmeleitfähigkeit der Werkstoffe bedingten Temperaturgradienten in der Simulation richtig abbilden zu können, müssen die Wärmeübergangsbedingungen zwischen den beteiligten Prozesskomponenten sehr genau bekannt sein. Besonders schwierig wird dies, wenn Nichtlinearitäten in den thermischen Kontaktbedingungen auftreten. Beispiele für solche Nichtlinearitäten sind z. B. Druckauf- und -abbau, veränderliche Strömungsgeschwindigkeit und Phasenumwandlungen. Letztere sind besonders schwierig zu erfassen, da sie zum einen die beiden erstgenannten Effekte mit beeinflussen und zum anderen ihrerseits Wärme in die kontaktierenden Komponenten einbringen oder entziehen.

Ein Teilprozess des Druckgießens, bei welchem all diese Effekte auftreten, ist das Sprühen der Formoberfläche nach dem Ausformen. Es dient einerseits dem Aufbringen eines Trennmittels zur Verminderung der Klebneigung des Gussteils an der Formwand, andererseits der Beeinflussung des Temperaturhaushaltes der Form. Beim Sprühen mit Trennmittelgemischen auf Wasserbasis sind die Wärmeübergangsmechanismen stark von der Oberflächentemperatur abhängig. Bei Beaufschlagung mit dem Sprühmedium kommt es, abhängig von der Temperatur der Oberfläche, zur Ausbildung unterschiedlicher Zonen, die sich hinsichtlich des Wärmeabfuhrmechanismus stark voneinander unterscheiden (**Bild 1**). Dementsprechend ändert sich dadurch auch die abgeführte Wärmemenge. Bei hohen Temperaturen tritt das sogenannte „Leidenfrost-Phänomen“ auf. Es bildet sich dabei ein stabiler Dampffilm zwischen der Flüssigkeit und der zu kühlenden Oberfläche aus. Die Verdampfungsgeschwindigkeit und in weiterer Folge die Wärmeabfuhr wird dabei von der Wärmeleitung durch den Dampffilm bestimmt. Unterhalb der Leidenfrosttemperatur bricht dieser Dampffilm zusammen und es kommt durch die direkte Benetzung der Oberfläche zu einem Anstieg des Wärmeüberganges. Diese beiden Bereiche werden Bereiche der stabilen bzw. partiellen Filmverdampfung genannt. Sinkt nun die Temperatur wei-

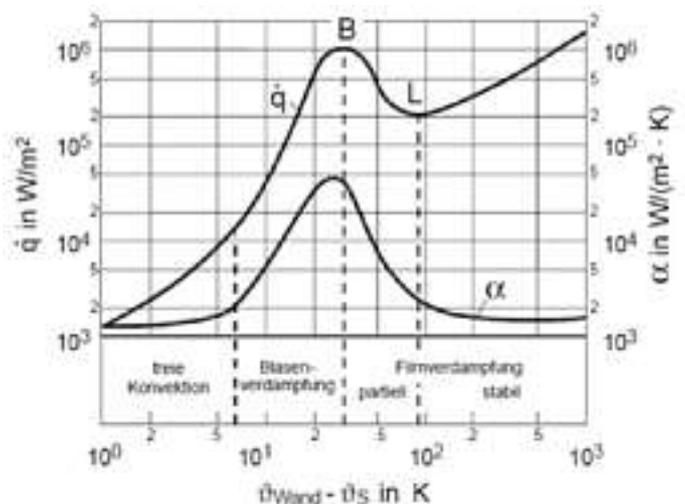


Bild 1: Abhängigkeit des Wärmestroms \dot{q} und des Wärmeübergangskoeffizienten α von der Differenz zwischen Oberflächen- und Sprühmitteltemperatur, (B...Übergang zum Blasensieden, L...Leidenfrostpunkt) [1]



Bild 2:
Membrangesteuerte
Sprühdüse
(1...Düsen-Wechselkappe,
2...Anschluss für Wasser-
Trennmittel-Gemisch,
3...Anschluss für Sprüh-
und Blasluft, 4...Anschluss
für Steuerluft)

ter, so kommt es zu einem Punkt, an dem jeder Flüssigkeitstropfen beim Auftreffen auf die Oberfläche verdampft. An diesem Punkt wird die maximale Wärmeabfuhr erzielt. Unterhalb dieses Punktes beginnt der Bereich des Blasensiedens, bei dem sich Dampfblasen im direkten Kontakt mit der Oberfläche bilden und durch den darüber liegenden Flüssigkeitsfilm aufsteigen. Wird die Temperatur der Oberfläche weiter gesenkt, so wird die weitere Wärmeabfuhr durch Konvektionsvorgänge bestimmt und es kommt zu einer schlechteren Wärmeabfuhr [1, 2, 3].

Das Aufbringen des Trennmittels führt zu einer abrupten Umkehr des Temperaturgradienten in der Nähe der Formoberfläche. Für die mechanischen Belastungen bedeutet dies einen Übergang vom Druck- in den Zugbereich. Da es sich beim Druckgießen um einen zyklischen Prozess handelt, wird die Druckgießform durch diese Praxis einer zyklischen Wechselbelastung ausgesetzt, welche die Form auf Dauer schädigt und zu deren Totalversagen führen kann.

Ein Konsortium, bestehend aus dem MCL, dem ÖGI, Georg Fischer und Böhler Edelstahl arbeitet an einem Forschungsprojekt zur Lebensdaueroptimierung von Dauerformen. Ziel dieses Projekts ist es, die Werkzeugstandzeiten zu erhöhen und den Nachbearbeitungsauf-

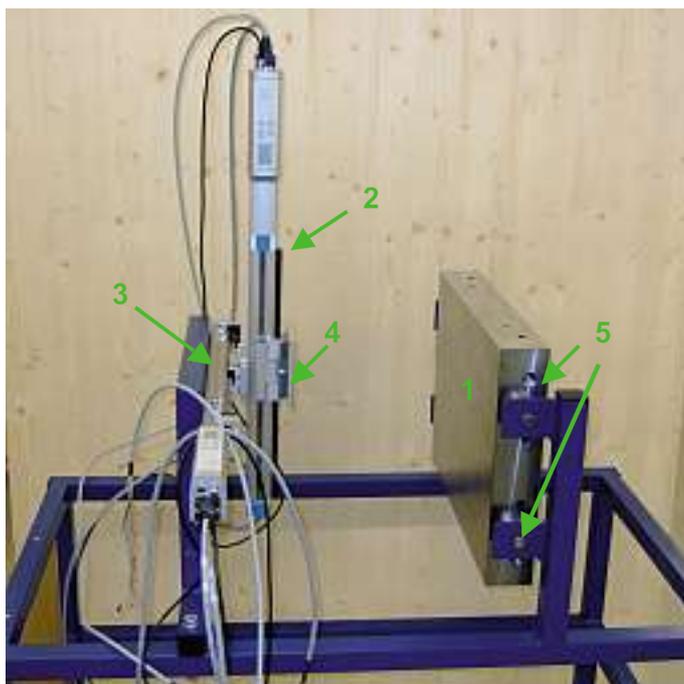


Bild 3: Aufbau des Prüfstandes (1...Versuchsblock, 2...vertikale Linearachse mit Stellmotor, 3...horizontale Linearachse mit Stellmotor, 4...Trägerplatte für Sprühdüse, 5...Anschlussbohrungen für Temperierung)

wand zu minimieren. Dies soll unter anderem durch rechnergestützte Vorhersagen der Werkzeugbelastung geschehen. Um den gesamten Prozess des Druckgießens modellieren zu können, müssen entsprechende Eingangsdaten für die Simulation vorhanden sein. Daher wird am ÖGI zur Zeit ein Prüfstand zur Ermittlung von Wärmeübergangsdaten in Betrieb genommen. Der Prüfstand kann die relevanten Aspekte des Sprühens einer Druckgießform, wie Formtemperatur, Sprühmittelmenge, Bewegung des Sprühkopfes und Sprühdauer nachbilden. Aus den im Versuch gemessenen Temperaturdaten werden Werte für den Wärmeübergangskoeffizienten zwischen Sprühmittel und Formoberfläche abgeleitet.

Aufbau des Prüfstandes

Der Prüfstand besteht im Wesentlichen aus einem Block (500 mm x 400 mm x 75 mm) aus Warmarbeitsstahl 1.2343 und einer einzelnen gegenüberliegenden Sprühdüse (Bild 2), welche über zwei Linearachsen mittels Stellmotoren waagrecht und senkrecht beweglich ist. Dabei ist die Konstruktion so ausgelegt, dass der Abstand der Düse von der Blockoberfläche variiert werden kann. Die beiden Komponenten sind auf ein gemeinsames Gestell aus Stahlprofilen montiert (Bild 3). Die Beheizung des Edelstahlblocks erfolgt mittels eines mäanderförmigen Kanals, durch welchen Temperieröl geleitet wird. Dieses wird mit einem Heizgerät, wie es im Druckguss verwendet wird, auf Temperatur gebracht. Die Blockoberfläche wird so auf Temperaturen von bis zu 350° C aufgeheizt. Die Auslegung des Temperiersystems wurde vorher mit der Software ANSYS Workbench simuliert. Ziel war es, dabei eine möglichst große, homogene Temperaturzone an der Oberfläche zu erzielen (Bild 4 Seite 168). An der Blockoberfläche angepunktete Thermoelemente liefern die relevanten Temperaturwerte; diese sollen mit einer Thermokamera zusätzlich überprüft werden. Da der Sprühnebel und der bei der Verdampfung des Sprühmediums entstehende Dampf eine pyrometrische Temperaturbestimmung erschweren, ist man während des Sprühvorganges jedoch allein auf die Daten von sehr dünnen, an die Oberfläche angepunkteten Thermoelementen angewiesen. Die Kontrolle der Blockinnentemperatur erfolgt ebenfalls über Thermoelemente. Das von der Oberfläche des Blocks abfließende Wasser wird in einer Schale aufgefangen. Somit kann aus der Menge des verdampften Wassers sowie der Temperatur des abgelaufenen Wassers die dem Block entzogene Wärme abgeschätzt werden.

Versuche

In mehreren Versuchsreihen werden unterschiedliche Sprühparameter erprobt und Temperaturdaten aufgenommen. Augenmerk wird vor allem auf das Vorhandensein des Leidenfrost-Effektes im Bereich höherer Oberflächentemperaturen sowie einer prinzipiellen Abhängigkeit des Wärmeüberganges von der Oberflächentemperatur ge-

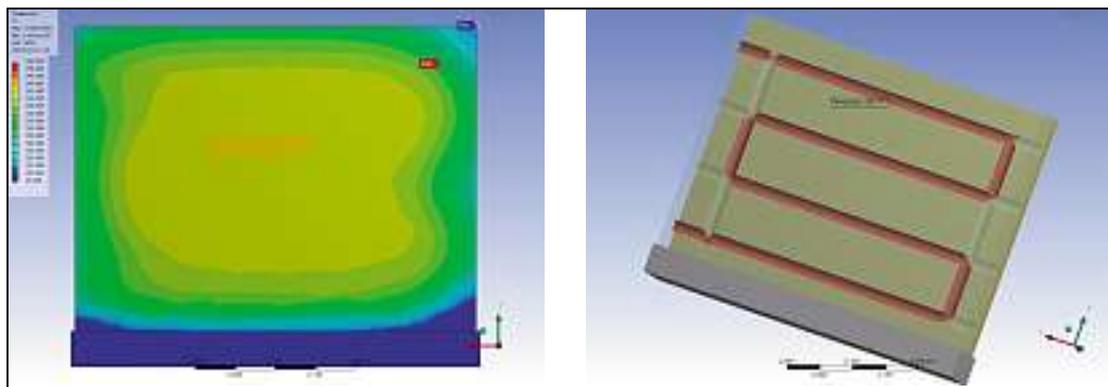


Bild 4:
Errechnete Temperaturverteilung an der Blockoberfläche (links) und Geometrie des Heizsystems (rechts)

legt werden. Folgende Parameter werden in den geplanten Versuchsreihen gezielt variiert werden:

- Sprühmitteldurchsatz
- Sprühkopfabstand
- Blocktemperatur
- Verfahrensgeschwindigkeit des Sprühkopfs

Als Sprühmittel wird zunächst nur Wasser ohne zugesetztes Trennmittel zum Einsatz kommen. Dies hat den Vorteil, dass dessen thermophysikalische Parameter gut bekannt sind, womit keine zusätzlichen Unschärfen in den Messaufbau eingebracht werden. Ausgehend von den aus den Versuchen mit reinem Wasser gewonnenen Daten können dann Veränderungen durch Trennmittelzusatz untersucht werden.

Auswertung der Messdaten und Gewinnung der Simulationsparameter

Aus den gewonnenen Temperaturdaten, unterstützt durch die Enthalpiedaten des eingesetzten Prozesswassers, werden anschließend rechnergestützt Wärmeübergangskoeffizienten abgeleitet und für eine Eingabe in die im Projekt zum Einsatz kommenden Simulationstools aufbereitet. Die Ableitung der Wärmeübergangskoeffizienten wird mittels Parameteranpassung bzw. inverser Simulationstechniken erfolgen.

Ausblick

Durch die Kenntnis realitätsnaher Wärmeübergangsdaten wird die Simulation der auftretenden Temperaturfelder wesentlich verbessert und eine seriöse Vorhersage der im Werkzeug auftretenden Eigenstressungen überhaupt erst möglich. Dadurch können in weiterer

Konsequenz Prognosen zur Werkzeugschädigungen abgegeben werden. Des Weiteren können unterschiedliche Prozessvarianten bereits am Rechner erprobt werden, sodass eine werkzeugschonende Fahrweise des Druckgießprozesses schon vor dem ersten Schuss in der Maschine festgelegt werden kann, womit wertvolle Produktions- und Rüstzeiten eingespart werden können.

Danksagung

Für die finanzielle Unterstützung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH, das Land Steiermark, die Steirische Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbH und die Stadtgemeinde Leoben innerhalb von Forschungsaktivitäten des Materials Center Leoben im Rahmen des österreichischen Kplus Kompetenzzentrenprogramms sei herzlichst gedankt.

Literatur

- [1] F. Puschmann, Experimentelle Untersuchung der Spraykühlung zur Qualitätsverbesserung durch definierte Einstellung des Wärmeübergangs, Dissertation Otto von Guericke-Universität Magdeburg 2003.
- [2] G. W. Liu et al. Characterisation Of The Spray Cooling Heat Transfer Involved In A High Pressure Die Casting Process, International Journal of Thermal Sciences 39 (2000), S. 582-591.
- [3] R. Jeschar, L. Maibücher, Experimentelle Untersuchung des Wärmeübergangs bei der Verdampfungskühlung im Sprühnebel, TU Clausthal; URL: http://www.ievb.tu-clausthal.de/de/publikationen/kurzberichte/bericht-20_maibuecher.pdf (Abruf: 05.09.2007).

Kontaktadresse:

Österreichisches Gießerei-Institut
A-8700 Leoben
Parkstraße 21, Tel.: +43 (0)3842 43101 36
E-Mail: hofer.ogi@unileoben.ac.at, www.ogi.at

voestalpine
GIESSEREI TRAISEN GMBH



DISA BAT: Die neue Generation der Chargen-Strahlmaschinen

Wer sagt denn, den Klassiker unter den Strahlmaschinen könne man nicht weiter entwickeln? Auf Basis der hundertfach bewährten Chargen-Strahlmaschinen und vieler Innovationen hat DISA ein zukunftsorientiertes Baukastensystem geschaffen, das nicht nur äußerst ökonomische Lösungen bietet, sondern auch zahlreiche Optionen. Die fundamentlose Bauweise, Installation in kürzester Zeit, CE-Zertifizie-

rung, DISA-Garantie und die vorbildliche Wartungsfreundlichkeit sind nur einige der vielen Vorteile. Effiziente DISA-Schleuderräder sorgen für hervorragende Strahlergebnisse auch in den Randbereichen des Strahlraums. Ob mit Gummi- oder Stahlraupenband, ob als kleine, manuell bediente Einheit oder als vollautomatische Hochleistungsmaschine – DISA BAT ist eine vielseitige, zukunftssichere Investition.

DISA

www.disagroup.com

Chargen-Maschinen

Durchlauf-Maschinen

Hängebahn-Anlagen

Manipulator-Anlagen

Kunden-/Ersatzteildienst

DISA Industrie AG, 8207 Schaffhausen, Schweiz, Tel +41 52 631 17 17, Fax +41 52 631 48 88, info.sh@disagroup.com
Weitere Standorte in Deutschland, Tschechien, Indien, China, sowie Niederlassungen und Vertretungen in über 50 Ländern.

Neue Perspektiven für Gusseisen mit Kugelgraphit*)

Gegossene Bauteile als Alternative zu geschmiedeten

New Perspectives for Ductile Cast Irons – Castings as an Alternative to Forgings.



Dipl.-Ing. Sabine Prukner

ist Projektingenieurin Eisenguss in der Werkstoffentwicklung im Zentrallabor der Georg Fischer Automotive AG in Schaffhausen, Schweiz.



Dr. sc. techn. Werner Menk

ist Leiter der Werkstoffentwicklung im Zentrallabor der Georg Fischer Automotive AG in Schaffhausen, Schweiz.

Entwickler und Konstrukteure von Motoren sollten ihre Vorstellung revidieren, dass nur geschmiedete Bauteile Hochleistungsteile sind. Denn auch mit modernen Gusseisenwerkstoffen erschließen sich nunmehr Möglichkeiten, die bislang nur umgeformtem Stahl vorbehalten waren. Der neue Sphäroguss-Werkstoff Sibodur von GF Automotive verleiht gegossenen Bauteilen im Bereich Fahrwerk, Antrieb und anderen fast die gleichen Festigkeits- und Schwingungseigenschaften. Und: Alle anderen positiven Eigenschaften des Gusses bleiben erhalten.

1. Einleitung

Viele Bauteile im Automobil sind zeitlich und örtlich wechselnden Kräften, Dreh- und Biegemomenten sowie komplexen Schwingungsanregungen ausgesetzt. Das Kraftniveau ist in den letzten Jahren angestiegen, unter anderem durch aufladbare Dieselmotoren mit Direkteinspritzung, durch höhere Achslasten, durch den Zwang zu Leichtbau und es wird auch künftig weiter wachsen.

Die Vorteile von gegossenen Bauteilen im Vergleich zu geschmiedeten sind vielfältig. Gegossene Teile sind in vielen Fällen erheblich kostengünstiger und rund 10 % leichter als geschmiedete. Und da das Gießen mehr gestalterische Freiheit bietet, sind hohlgegossene, besonders leichte Ausführungen möglich (**Bild 1**). Darüber hinaus entstehen beim Gießen maßhaltigere Bauteile mit nur kleinen Formteilungsgraten. Die Nacharbeit gegossener Bauteile vereinfacht sich da-



Bild 1:
Hohlgegossene Kurbelwelle

durch erheblich und ist zudem wirtschaftlicher, weil sich Gusseisen mit Kugelgraphit einfacher und schneller bearbeiten lässt als Schmiedestahl.

Aufgrund dieser Vorzüge und einer sehr kurzen Entwicklungszeit sind gegossene Bauteile für Anwendungen ohne hohe Festigkeitsansprüche besonders geeignet. Überschreiten die Anforderungen an die (Schwing-)Festigkeit gewisse Grenzen, musste der Konstrukteur bisher stets auf geschmiedete Teile ausweichen und dafür meist höhere Kosten in Kauf nehmen. Die neue Werkstofffamilie Sibodur von GF Automotive löst diesen Zielkonflikt auf – mit einer Festigkeit fast wie Schmiedestahl und den vielen günstigen Eigenschaften eines gegossenen Bauteils.

2. Werkstoff Sibodur

Der Name Sibodur leitet sich von den Zuschlägen Silizium und Bor sowie von dem englischen Wort Durability (Haltbarkeit) ab. GF Automotive hat den Werkstoff aus Gusseisen mit Kugelgraphit (Sphäroguss) entwickelt. Wesentliche Bestandteile sind ein Kohlenstoffanteil von 3,35 bis 3,65 % und ein Siliziumanteil von 2,8 bis 3,3 %. Im Vergleich zum Ausgangsmaterial hat Sibodur noch bessere Eigenschaften bei Dehnung, Zugfestigkeit und Schwingfestigkeit bei gleichem E-Modul. Beim Gießen wird ein homogeneres Gefüge ohne „Ausreißer“ erreicht, wodurch Sibodur dem Konstrukteur höhere Dehnungswerte bietet. Außerdem ist der Kerbeinfluss im Vergleich zu anderen Gusswerkstoffen geringer. Durch Variation der Zuschläge lassen sich zudem die Werkstoffeigenschaften den Anforderungen anpassen. Eine höhere Festigkeit bei gleicher Duktilität ist ebenso möglich wie eine höhere Duktilität bei gleicher Festigkeit.



Bild 2: Querlenker aus Sibodur (rechts: Teil im Originalzustand, links: im Crash-Versuch verformtes Teil)

Dass Sibodur ausgereift ist, zeigen unterschiedliche Serienanwendungen, etwa im Fahrwerk. Für die Fertigungs-Plattform PQ 35 von Volkswagen fertigt GF Automotive bei leistungsstarken Motoren Querlenker aus Sibodur (**Bild 2**). Und beim Radträger für die Hinterachse des Audi A4 ersetzte GF Automotive mit Sibodur das bisherige geschmiedete Bauteil. Seit 2007 werden bei weiteren Modellen von Audi die geschmiedeten Radträger durch gegossene ersetzt, die etwa 20 % kostengünstiger und deutlich leichter sind. Der Gewichtsvorteil beruht unter anderem auf der Integration eines Lagerzapfens, der beim geschmiedeten Stahlteil aufwändig gefügt werden muss. In nächster Zeit wird GF Automotive außerdem eine Dämpferstütze aus Sibodur fertigen.

Ähnlich wie bei Gusseisen mit Kugelgraphit ist auch Sibodur eine Werkstoff-Familie. Angefangen hat diese Entwicklung mit einem Querlenker für ein Grossserien-Mittelklassefahrzeug. An diesen Querlenker werden sehr hohe Anforderungen bezüglich Steifigkeit,

*) Vorgetragen von S. Prukner auf der 51. Österr. Gießereitagung in Steyr/ÖO

Festigkeit und Verformungsvermögen gestellt. Der bisher eingesetzte Blechlenker konnte diese Anforderungen nicht mehr erfüllen, weshalb an eine Gusslösung gedacht wurde. Erste Versuche zeigten, dass die Anforderungen mit einem konventionellen GJS-400-15 nicht erfüllt werden konnten – **Bild 3**. Erst die kombinierte Entwicklung der Geometrie mit Hilfe einer bionisch basierten Strukturoptimierung mit der Entwicklung eines neuen Werkstoffs auf Basis von Gusseisen mit Kugelgraphit – dem später Sibodur 450-17 HD genannten neuen Werkstoff – konnte die gestellten Anforderungen erfüllen. So entstand ein Werkstoff, der sich gleichermaßen für Querlenker wie für Radträger eignet. Der Werkstoff hat eine Mindest-Dehngrenze von 310 MPa und eine Mindest-Zugfestigkeit von 450 MPa. Die Bruchdehnung liegt bei mindestens 17 %. Der genannte Querlenker ist mittlerweile seit mehreren Jahren im Serienseinsatz.

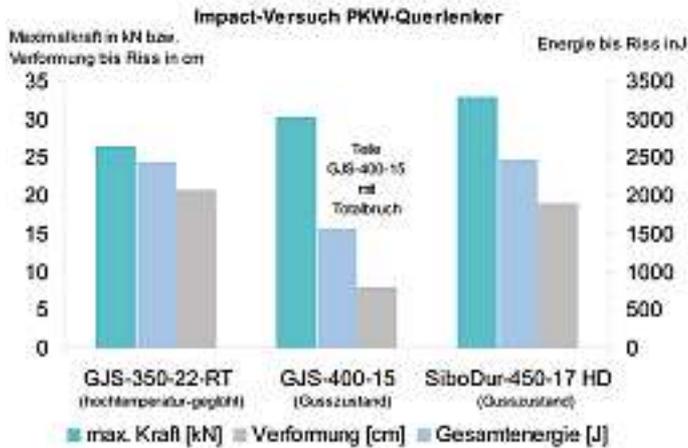


Bild 3: Nur der Querlenker aus Sibodur 450-17 HD erfüllte im Bauteil-Schlagversuch die Anforderungen: ertragbare Maximalkraft, plastische Verformung und damit Energieaufnahme bis zur Rissbildung

Weiterführende Überlegungen nach diesem Erfolg führten zur Entwicklung des Sibodur 450-17 HS, der durch eine weitere Anhebung des Si-Gehaltes über eine deutlich höhere Schwingfestigkeit ohne große Einbuße an Bearbeitbarkeit und Zähigkeit verfügt. Als Beispiel dazu seien Ergebnisse von Schwingprüfungen an Radträgern mit einem eingepressten Stahlzapfen erwähnt, welche eine deutliche Erhöhung der Schwingfestigkeit gegenüber konventionellem GJS-400-15 dokumentieren und in einer Serienanwendung resultierten, welche dem Kunden durch Einsatz dieses Werkstoffs einen hohen Kostenvorteil gegenüber der bisherigen Lösung eines geschmiedeten Stahlradträgers boten: **Bild 4**.

Selbstverständlich waren die GF-Werkstoffspezialisten mit diesen Erfolgen nicht zufrieden und überlegten sich, ob die 'Sibodur-Idee' nicht auch auf höherfeste GJS-Werkstoffe übertragen werden könnte. Das Ergebnis war die Entwicklung des Werkstoffs Sibodur 700-10.

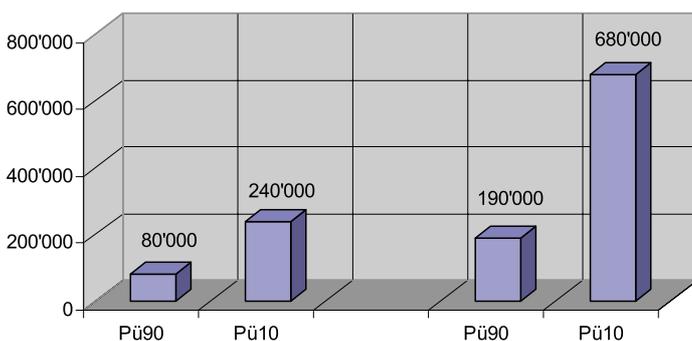


Bild 4: In der Seitenkraftprüfung eines PKW-Radträgers erzielten die Bauteile aus Sibodur 450-17 HS eine 2,5-fache Lebensdauer (90%-Überlebenswahrscheinlichkeit) im Vergleich mit denselben Radträgern aus GJS-400-15



Bild 5: Der in laufender Serie von Volkswagen von Schmiedestahl auf Sibodur umgestellte Radträger der PQ 35 Plattform.

Dieser Werkstoff hat im Vergleich zu den Gusswerkstoffen für die bereits entwickelten Fahrwerkskomponenten etwas modifizierte Zuschläge und mehr perlitstabilisierende Elemente. Dadurch erreicht er eine Dehngrenze von mindestens 440 MPa und eine Zugfestigkeit von mindestens 700 MPa bei einer Bruchdehnung von 8 bis 12 %.

Herausragendes Beispiel ist der Radträger mit Zapfen der Golf-Plattform PQ 35 RT: **Bild 5**. Dieses Bauteil wurde bisher als Stahlschmiedeteil dargestellt. In sehr enger Zusammenarbeit zwischen den Entwicklern von VW Wolfsburg, der GF F&E in Schaffhausen, sowie den Gießereispezialisten des Werkes Mettmann gelang es, eine Gusslösung auf Basis von Sibodur 700-10 zu realisieren, welche alle Anforderungen bezüglich statischer und dynamischer Festigkeit, Steifigkeit, aber auch Zähigkeit erfüllt. Insbesondere die Verformungsanforderungen im Crash-Fall waren dabei eine hohe Hürde: Bei einem Seitenaufprall muss sich der Zapfen des Radträgers sichtbar plastisch verformen, ohne anzureißen. Durch eine perfekte Prozesstechnik der Gießerei, welche es ermöglicht, äußerst enge Analysentoleranzen einzuhalten, gelang es, die in Versuchen optimierte Zusammensetzung prozesssicher zu fertigen. Die in laufender Serie geplante Substitution ist seit August 2007 angelaufen und wird zurzeit sukzessive auf eine Stückzahl von über 10'000 Teilen pro Tag ausgebaut. Für diese erfolgreiche gemeinsame Entwicklung ist Georg Fischer mit dem Volkswagen Group Award 2007 für Entwicklungskompetenz ausgezeichnet worden.

Durch diesen Erfolg beflügelt kamen die GF-Werkstoffleute auf die Idee, diesen Werkstoff für Kurbelwellen zu testen. Als Spezialist für gegossene Komponenten für Antrieb, Fahrwerk und Karosserie fertigt GF Automotive jährlich etwa zwei Millionen Kurbelwellen aus Sphäroguss. Durch Rollieren der am höchsten beanspruchten Bereiche der Kurbelwelle – das sind die Übergänge zwischen den Lagerzapfen- und Wangenflächen – werden gezielt Druckeigenspannungen aufgebracht und so die Schwingfestigkeit um etwa 10 bis 15 % erhöht (**Bild 6**). Diese partielle Kaltverfestigung glättet zum einen die Oberfläche (Reduktion der Bearbeitungskerven), zum anderen wird der Sphäroguss durch die plastische Verformung verdichtet und verfestigt. Besonders intensives Rollieren führt bei herkömmlichen Sphäroguss-Werkstoffen allerdings zu einem Absinken der Festigkeit, da die Werkstoffoberfläche versprödet.

Der Werkstoff Sibodur 700-10 eignet sich besonders gut für die partielle Kaltverfestigung. Er lässt sich weitaus intensiver als herkömmlicher Sphäroguss rollieren. Das steigert seine Schwingfestigkeit um nahezu weitere 50 %. Das Potenzial des Werkstoffs Sibodur ist somit klar ersichtlich. Beispielsweise an einem 1,6-Liter-Ottomotor.

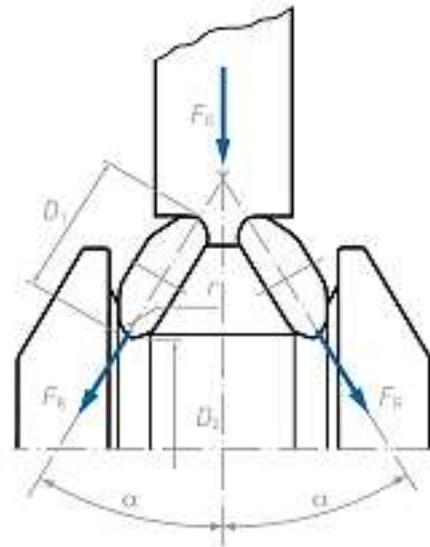


Bild 6: Kräfte und Kenngrößen beim Rollieren (FG Gerätekraft, FR Rollenkraft, R1 Rollendurchmesser, R2 Werkstückdurchmesser, r Rollenradius, α Rollenstellwinkel)

entsprechend rollierten Proben. Dies eröffnet die Option, bestehende Bearbeitungslinien für Schmiede-Kurbelwellen mit gehärteten Übergangsradien ohne grosse Investitionskosten auf Guss umzustellen.

Für die Automobil- und Motorenhersteller ergeben sich daraus mehrere Vorteile. Sie können jetzt beispielsweise einen Grundmotor mit mehreren Leistungsstufen mit nur noch einer Kurbelwelle planen. Die bisherige kostenintensive Alternative – geschmiedete Wellen für die leistungsstärkeren Motoren, gegossene für die Grundmotorisierungen – ist dann nicht mehr erforderlich. Eine andere Möglichkeit ist, durch die guten Festigkeitseigenschaften rollierter oder gehärteter Sibodur-Kurbelwellen ihre Maße zu verkleinern, um so die Masse zu reduzieren und die Reibungsverluste zu minimieren.

Inzwischen ist „Sibodur“ zu einer ganzen Werkstofffamilie mit einem extrem hohen Substitutionspotential gegenüber Schmiedewerkstoffen geworden: **Bilder 8, 9.** Aktuell ist zudem eine neue Sorte mit mittlerer Festigkeit (Größenordnung 500–550 MPa Zugfestigkeit) in Entwicklung, welche hohe Festigkeit mit guter Bearbeitbarkeit vereinen wird – z.B. mit einem hohen Potential zur Gewichtsreduzierung von LKW-Radnaben.

Der Weiterentwicklung von Sibodur kann daher gespannt entgegen gesehen werden...

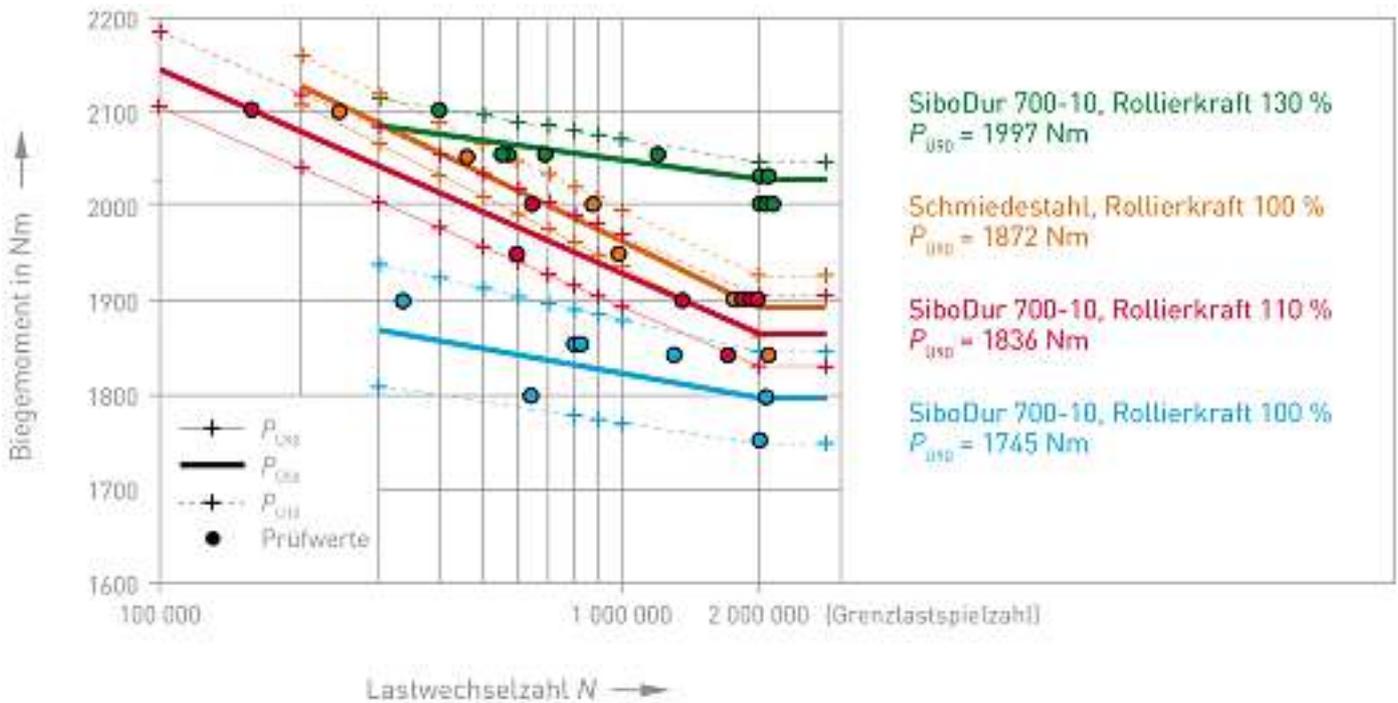


Bild 7: Einfluss des Rollierens auf die Dauerfestigkeit von identischen Kurbelwellen in unterschiedlichen Werkstoffvarianten und Rollierparametern.

Die Schwingfestigkeit seiner rollierten Serien-Kurbelwelle aus herkömmlichem Sphäroguss beträgt etwa 1000 Newtonmeter. Eine identische Welle aus Sibodur hat nach optimiertem Rollieren eine Schwingfestigkeit von mehr als 1500 Newtonmeter.

Noch anschaulicher wird es bei einem weit verbreiteten 1,9-Liter-Dieselmotor (**Bild 7**). Dessen serienmäßige Kurbelwelle aus Schmiedestahl hat eine Dauerschwingfestigkeit von etwa 1870 Newtonmeter. Die gleiche Welle aus höherfestem Sibodur erreicht nach versuchsweisem Rollieren eine annähernd so hohe Dauerschwingfestigkeit von etwa 1830 Newtonmeter. Ein optimal abgestimmter Rolliervorgang hebt diesen Wert noch weiter an, über das Niveau der geschmiedeten Kurbelwelle hinaus. Damit ist die bisherige Alleinstellung der geschmiedeten Kurbelwellen passé. Zudem zeigen neueste Untersuchungen auf, dass sich Sibodur auch hervorragend härten lässt. An Sibodur-Proben mit gehärteten Übergangsradien konnten nochmals deutlich höhere Schwingfestigkeiten erzielt werden, als mit

Literatur

- [1] Menk, W.: Leichtbau mit Eisenwerkstoffen. Optimierte Gusswerkstoffe für Fahrwerkskomponenten. ATZ 107 (2005), Nr. 2, S. 126-131
- [2] Menk, W.: Vielversprechende Perspektiven für Fahrwerksteile. Gusseisen – noch immer eine Alternative im Automobilbau. Giesserei 92 (2005), Nr. 5, S. 66-67
- [3] Güll, A.; Hecker, A.; Menk, W.: Sinnvolles Zusammenspiel – moderne Werkstoffe und Verfahren für hochbeanspruchbare Eisengussteile. Konstruieren + Giessen 31 (2006), Nr. 3, S. 6-9
- [4] Menk, W.; Kniewallner, L.; Prukner, S.: Neue Perspektiven im Fahrzeugbau: Gegossene Kurbelwellen als Alternative zu geschmiedeten. MTZ 68 (2007), Nr. 5, S.384-388

SiboDur 450-17 HD	SiboDur 450-17 HS	SiboDur 550-12	SiboDur 700-10	SiboDur 800-5
				
Hohe Festigkeit	Hohe Festigkeit	Hohe Festigkeit	Sehr hohe Festigkeit	Höchste Festigkeit
Sehr hohe Verformbarkeit	Hohe Verformbarkeit	Hohe Verformbarkeit	Hohe Verformbarkeit	Hohe Verformbarkeit
Sehr gute Bearbeitbarkeit	Gute Bearbeitbarkeit	Gute Bearbeitbarkeit	Mittlere Bearbeitbarkeit	Mittlere Bearbeitbarkeit
Crash-relevante Bauteile	Fahrwerksteile	Lkw-Radnaben	Radträger mit Zapfen, Kurbelwellen	Kurbelwellen, Pleuel (Lkw, Pkw), Kolben

Bild 8: Die GF Werkstofffamilie Sibodur

Bauteil	PKW	LKW
Radträger	X	X
Radträger mit Zapfen	X	X
Schwenklager	X	X
Quer- und andere Lenker	X	X
Differentialgehäuse	X	
Bremssättel		X
Radnaben	X	X
Kurbelwellen	X	X
Pleuel	X	X
Kolben	X	X
Bremsschellen	X	
Achsen, Achsteile		X
Federträger		X

Alle Bilder: GF Automotive

Kontaktadresse:

Georg Fischer Automotive AG, F&E, CH-8201
Schaffhausen, Mühlentalstrasse 65,
Tel.: +41(0)52 631-2648
Mobil: +41(0)79 291 35 38
Fax: +41(0)52 631-2862
wemer.menk@georgfischer.com
www.automotive.georgfischer.com

Bild 9:
Potential der Sibodur-
Werkstoffe zur Substitution
von Stahl-Schmiedeteilen



**GEORG FISCHER
AUTOMOTIVE**

MOBILITY – Wir machen
Ihre Fahrt angenehm und sicher

Georg Fischer GmbH & Co KG
8934 Altenmarkt / Österreich
www.automotive.georgfischer.com



Virtuelle Produktentwicklung*)

Möglichkeiten der Simulation betriebsfestigkeitsrelevanter Einflüsse bei Gussstrukturen

Possibilities of Implementation of Influences to the Durability Behaviour of Cast Structures



Dipl.-Ing. Bernhard Unger

Absolvent des Maschinenbaues an der TU Wien. Nach siebenjähriger Tätigkeit als Sachbearbeiter im Technologie Zentrum Steyr im Bereich Strukturmeehanik sowie Verantwortlicher für die Entwicklung und für den Vertrieb der Software FEMFAT ab 1997 Leiter der Abteilung Strukturmeehanik. Seit 1999 Leitung des Technologie Zentrums Steyr (TZS), einem Geschäftsbereich des Engineering Center Steyr (ECS).

Dipl.-Ing. Helmut Dannbauer

Absolvent des Maschinenbaues an der TU Wien mit Schwerpunkt auf numerische Ingenieursmethoden. Seit 1990 im Technologie Zentrum Steyr tätig. Mehrjährige Erfahrung in verschiedenen Bereichen der Finite Elemente Analyse und Lebensdauerberechnung sowie Beteiligung an der Entwicklung der Software FEMFAT. Seit 1998 Leiter der Abteilung Strukturmeehanik im Engineering Center Steyr.



Dipl.-Ing. Klaus Puchner

Absolvent der Mechatronik an der Johannes Kepler Universität Linz. Seit 1998 im Technologie Zentrum Steyr, Abteilung Strukturmeehanik tätig. Zuständig für Projektleitung und Durchführung von Finite Elemente Analysen und Lebensdauerberechnungen an Bauteilen aus den Bereichen Nutzfahrzeuge und Automobilbau sowie für die Spezialgebiete Form- und Topologieoptimierung.

Dipl.-Ing. Markus Kaltenböck

Absolvent des Maschinenbaues an der TU Wien. Seit 1998 im Technologie Zentrum Steyr, Abteilung Strukturmeehanik tätig. Mehrjährige Erfahrung in verschiedenen Bereichen der Finite Elemente Analyse und Lebensdauerberechnung. Seit 2006 Gruppenleiter der Festigkeitsberechnung innerhalb der Abteilung Strukturmeehanik.



Dipl.-Ing. (FH) Werner Aichberger

Absolvent der Mechatronik an der Fachhochschule Wiener Neustadt. Seit 2005 im Technologie Zentrum Steyr, Abteilung Strukturmeehanik tätig. Zuständig für Durchführung von Finite Elemente Analysen und Betriebsfestigkeitsuntersuchungen an Fahrzeugkomponenten.

Zusammenfassung

Die Forderung nach immer genaueren Simulationsergebnissen, um im Bereich Produktentwicklung die Vorhersagegenauigkeit zu erhöhen und damit kürzere Entwicklungszeiten sowie geringere Entwicklungskosten zu ermöglichen, ist so alt wie die computerunterstützte Simulation selbst.

Die Finite Elemente Methode kombiniert mit Mehrkörpersimulation und der numerischen Betriebsfestigkeitsbewertung, hat sich in den letzten Jahren als sehr hilfreiches Werkzeug herauskristallisiert, um komplexe Strukturen schon lange vor dem Vorhandensein realer Prototypen bewerten zu können.

Diese Programme werden ständig durch Erweiterungen, Neuentwicklungen und nützliche Zusatzwerkzeuge ergänzt. Um dabei immer auf dem letzten Stand der Technik zu bleiben, bedarf es einer Spezialisierung einzelner Institute bzw. Abteilungen einer Firma bei gleichzeitiger starker Vernetzung dieser Spezialisten untereinander.

Die derzeit zur Verfügung stehenden Möglichkeiten der virtuellen Methoden und Prozesse haben aber noch lange nicht die Spitze erreicht und befinden sich in einem rasanten Verbesserungsprozess. Durch die Leistungsexplosion der Computerhardware können nunmehr numerische Berechnungen sehr exakte bzw. umfassende Ergebnisse liefern.

Nichtsdestotrotz kommt es immer wieder zu Abweichungen zwischen den Resultaten von Bauteiltests und den Simulationsergebnissen.

Der Unterschied ist sehr oft darin begründbar, dass die zum Zeitpunkt der Berechnungen verfügbaren Belastungsdaten mangelhaft sind. Es ist aber in den letzten Jahren eine stetig bessere Verknüpfung der Mehrkörpersimulation und der Finiten Elemente Methodik beobachtbar, wodurch sich die Genauigkeit im Bereich der Lasten erhöht.

Einen weiteren wesentlichen Einfluss auf die Betriebsfestigkeit haben die lokalen Materialeigenschaften, bedingt durch den Herstellungsprozess. Im Regelfall fließen diese noch nicht in das Simulationsergebnis ein, wodurch es ebenfalls zu markanten Unterschieden zwischen Simulation und Test kommen kann. Erst in jüngster Zeit kommt es zu einer zunehmenden Implementierung möglicher Einflüsse auf die Betriebsfestigkeit, wodurch sich die möglichen Unsicherheiten bzw. Streubreiten der Simulationsergebnisse verringern.

Themen wie Topologieoptimierung, Randschichtmodelle, Umformsimulation gewinnen jedoch im alltäglichen Simulationsprozess nur langsam an Bedeutung. Eine entsprechende Forcierung des Zusammenwirkens der bereits in verschiedenen Abteilungen auf verschiedene Aussagen spezialisierten Simulationen, würde die Aussagequalität noch weiter steigern.

Der entsprechende wirtschaftliche Nutzen muss jedoch erst in den Köpfen der Entscheidungsträger Fuß fassen. Eine Vielzahl an Vorteilen (wie Risikoverminderung, Prototypenkostenreduktion, systematische Bauteiloptimierung anstatt „Trial and Error“-Entwicklung, Herstellprozesssicherungsmaßnahmen) steht den Mehrkosten der Entwicklung des Know-hows und somit der konsequenten Anwendung dieser detaillierteren Simulationen gegenüber.

Der Beitrag zeigt an Hand einiger Beispiele, welche Einflüsse derzeit Berücksichtigung finden, wie sich diese auf die Ergebnisse auswirken und wie sich zukünftig noch höhere Vorhersagequalität erzielen lässt.

Der Einsatz von Simulationswerkzeugen

Im Engineering Center Steyr (ECS) – einem Mitglied der MAGNA Powertrain Gruppe – bearbeitet im Bereich Strukturmeehanik ein Team von ca. 40 Mitarbeitern Festigkeits-, Dynamik- und Akustikberechnungsprojekte sowohl in Form von externen Dienstleistungen, als auch im Rahmen von abteilungsübergreifenden Engineeringprojekten für Kunden aus der gesamten Welt.

*) Vorgetragen von M. Kaltenböck auf der 51. Österr. Gießereitagung am 19.4.2007 in Steyr / ÖÖ

Im Technologie Zentrum Steyr wurde für die Berechnung der Lebensdauer dynamisch beanspruchter Bauteile die Betriebsfestigkeitssoftware FEMFAT (Finite Element Method – FATigue) entwickelt. Damit ist es möglich, beliebige Belastungsverläufe zu berücksichtigen. Vor allem aber können komplexe, mehrachsige Beanspruchungssituation erfasst und entsprechend bewertet werden. Eine Vielzahl an Einflussparametern auf das Ermüdungsverhalten des Bauteiles können aktiviert und verschiedenste Werkstoffeigenschaften berücksichtigt werden. Die in dieser Abteilung vorherrschende Symbiose zwischen FEMFAT Software Entwicklern und gleichzeitigem projektspezifischem Einsatz dieses Tools durch die Dienstleistungsgruppe führt zu einem sehr erfolgreichen Produkt. Dies spiegelt sich in der FEMFAT Kundenliste wieder, in welcher sich alle namhaften europäischen und asiatischen OEM's und Zulieferer, sowie einige amerikanische Automobilhersteller finden.

Zielsetzung einer Entwicklung

Zu früheren Zeiten wurde eine Entwicklung mit einem groben Entwurf begonnen, der mit jeder Konstruktionsphase eine erhöhte Reife erlangte. Erst nach Vollendung der Konstruktion wurde mit dem Prototypenbau und mit den ersten Tests des Konzeptes bzw. der ausgeführten Konstruktion begonnen. Nicht selten führte ein derartiger Bauteiltest zu Brüchen oder Rissen, welche anschließend konstruktiv verbessert und neuerlich mittels Realtest überprüft werden mussten („Trial and Error Entwicklungsmethodik“).

Der Druck zu immer kürzeren Entwicklungszeiten bei höherer Zuverlässigkeit und akzeptablen Kosten führt zwingend zu einer möglichst durchgehenden virtuellen Entwicklung sowohl der Bauteile als auch der Fertigungsprozesse. Ziel ist dabei, die virtuelle Freigabe von Bauteilen und Fertigungsprozessen noch bevor erste Hardwareteile zur Verfügung stehen bzw. mittels „Simultaneous Engineering“ die Ergebnisse der ersten Bauteiltests in die Simulation der nächsten Prototypengeneration einfließen zu lassen, um diese entsprechend der Vorgaben möglichst gewichts- und kostenoptimiert bei bestmöglichen Bauteileigenschaften zu gestalten. Dabei ergeben sich neben der kürzeren „Time to Market“-Zeit, zumeist auch geringere Entwicklungskosten, da normalerweise kürzere Projektzeiten auch zu geringeren Kosten führen.

Was bedeutet das für die Betriebsfestigkeitsanalyse, welche schon vor dem Vorhandensein der Hardwareteile die Festigkeit des Bauteils beurteilen und dessen Betriebstauglichkeit feststellen soll?

Voraussetzung muss eine möglichst optimale Korrelation zwischen Simulation und Bauteiltest sein, was dazu führt, dass alle relevanten Parameter, welche das Ergebnis maßgeblich beeinflussen könnten, in die Simulation integriert werden müssen. Dies wiederum bedingt eine sukzessive Erweiterung der Berechnungsmodelle bzw. Implementierung der Ergebnisse der Grundlagenforschungen in die gängigen Softwarepakete und deren konsequente Anwendung im Laufe einer Entwicklung.

Im Folgenden werden ein paar dieser Parameter näher beleuchtet und an Hand einiger Beispiele die Wichtigkeit der Anwendung und die sich daraus ergebenden Konsequenzen aufgezeigt.

Strukturoptimierung als Zugpferd der virtuellen Produktentwicklung

Vorab wird eine Möglichkeit der virtuellen Produktentwicklung beschrieben, die durch ihre Effizienz immer mehr zum fixen Bestandteil der modernen virtuellen Produktentwicklung wird.

Die Strukturoptimierung ist ein weitgehend automatisierter Entwicklungsablauf, ein Regelungskreis, bei dem die gewünschten Eigenschaften des Bauteils als Sollwert definiert werden. Sie bietet eine Vielzahl an Möglichkeiten, Optimierungsziel und Nebenbedingungen zu formulieren und erlaubt die Integration verschiedener Arten der Simulation. Neben nichtlinearen Analysen zur Beschreibung von Werkstoffplastizität bzw. Kontaktphänomenen gibt es auch die Verknüpfung

mit anderen Simulationswerkzeugen. Mittels Mehrkörpersimulation können beispielsweise während der Optimierung schwingungsrelevante Effekte der Struktur in den Optimierungsprozess integriert werden.

Viele der heutzutage kommerziell verfügbaren Programmpakete zur Strukturoptimierung, wie etwa TOSCA, arbeiten mit parameterfreien Algorithmen. Diese Werkzeuge erlauben die rasche und einfache Definition der Optimierung, da Modellparametrisierung bzw. die explizite Definition von Designvariablen nicht nötig sind. **Bild 1** zeigt beispielsweise ein Schema eines Optimierungsvorganges der Finite Elemente (FE) Analyse, Mehrkörpersimulation und Betriebsfestigkeitsrechnung mit FEMFAT kombiniert.

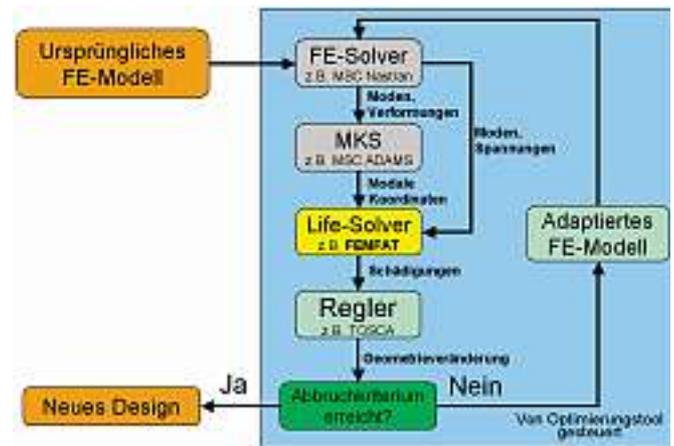


Bild 1: Prozess-Schema eines Optimierungsvorganges

Bei der parameterfreien *Formoptimierung* wird der Optimierungsbereich über eine Gruppe von Oberflächenknoten des FE-Modells definiert. Die selektierten Knoten stellen interne Designvariablen dar und werden während der Optimierung normal zur Oberfläche verschoben, wobei die Nachführung und Glättung des inneren FE-Netzes eine korrekte FE-Analyse sicherstellt.

Hingegen ist bei der parameterfreien *Topologieoptimierung* der Bauraum bereits durch Finite Elemente definiert. Mittels iterativem Prozess wird durch gezielte Verteilung des Materials (z.B. Wegnahme des Materials an niedrig belasteten Bereichen) und unter Berücksichtigung der Nebenbedingungen (z.B. möglichst gleiche Schädigungsverteilung) eine Struktur ermittelt, die die vorgegebene Zielfunktion, wie etwa Reduktion der Masse, erfüllt.

In den meisten Fällen wird mit 10 – 20 Iterationen (Durchläufe des Schemas aus **Bild 1**) eine enorme Verbesserung erzielt. Es können hierbei jedoch nur Zielfunktionen verwendet werden, für die Optimalitätskriterien existieren. Diese beinhalten verschiedene Vergleichsgrößen, wie Spannungen, Steifigkeiten, Eigenfrequenzen oder auch Dauersicherheiten, wodurch die meisten Anwendungsfälle lösbar sind. Im allgemeinen Fall ergibt sich dabei eine Freiformfläche.

Eine Fülle von Koppelbedingungen zwischen den Designknoten ist verfügbar, sodass verschiedenste Anforderungen an die Zielkontur (z.B. ebene Fläche, Beibehalten von Radien) definiert werden können. Die ermittelte Oberfläche wird über das modifizierte Oberflächennetz beschrieben, welches über geeignete Exportformate ins CAD-System transferiert und dort durch eine lokale Nachkonstruktion in ein CAD-Modell umgewandelt werden kann. Durch den relativ geringen Aufwand zur Vorbereitung der Optimierungsaufgabe und zur Durchführung der Berechnung können dem Konstrukteur die Ergebnisse in vernünftig kurzer Zeit zur Verfügung gestellt werden.

Aufgrund der Anforderungen an Fahrzeugkomponenten ist die Auslegung hinsichtlich Betriebsfestigkeit gefordert. So kann als Optimalitätskriterium beispielsweise die Dauersicherheit oder auch die Schädigung verwendet werden (Stichwort: lebensdauerbasierte Optimierung). Bei dieser Methode fließt das Werkstoffverhalten in den Pro-

zess der Bauteilauslegung ein. Die Verwendung von realen Last-Zeit-Verläufen führt zur optimalen Abstimmung der Konstruktion auf spätere Einsatzbedingungen. Die Ermittlung von repräsentativen Lastverteilungen erübrigt sich. Dies führt zu einer raschen und sichereren Aufbereitung der Optimierungsaufgabe. Vor allem bei mehrachsig dynamisch beanspruchten Bauteilen bietet sich der Einsatz von Betriebsfestigkeitsprogrammen wie etwa FEMFAT an. Mit dieser Methode können die Einflüsse von sich stochastisch verändernden statischen und dynamischen Lasten entsprechend bewertet werden. Die Art der Beanspruchung (Zug, Druck, Schub) wird dabei implizit zu jedem Zeitpunkt entsprechend bewertet. Das Verfahren funktioniert sowohl bei der Form- als auch bei der Topologieoptimierung.

An folgendem Beispiel soll gezeigt werden, wie Strukturoptimierung in virtuellen Produktentwicklungsprozessen effizient eingesetzt werden kann.

Die Ausgangsgeometrie dieser Optimierung ist ein Querlenker, der durch die Erfahrung von Ingenieuren bereits voroptimiert zur Verfügung stand. In **Bild 2-1** sind die Ergebnisse der Dauersicherheitsrechnung der Basisvariante dargestellt. Als Optimierungskriterien wurden

- gleiche minimale Dauersicherheitswerte
- gleiche statische Festigkeit
- gleiche Knicksteifigkeit
- Reduktion der Masse um 15%

festgelegt. Als weitere Vorgabe ist der zur Verfügung stehende Bauraum zu definieren, siehe **Bild 2-2**. Jene Bereiche der Struktur, die unverändert bleiben müssen, wie zum Beispiel Lagerstellen etc., werden als sogenannte „Frozen Areas“ definiert. In Abhängigkeit der zu erreichenden Zielfunktion nimmt der Algorithmus an niedrig belasteten Stellen Material weg.

In diesem Fall beinhaltet die Optimierungsschleife FE-Analysen mit MSC NASTRAN, Dauersicherheitsrechnung in FEMFAT und Optimierung mit TOSCA.

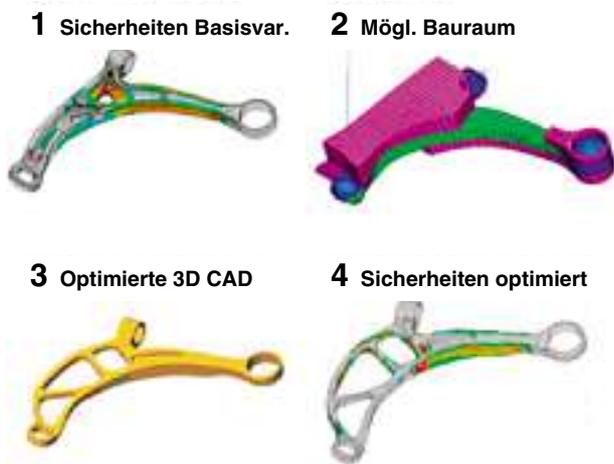


Bild 2: Strukturoptimierung eines Querlenkers

Ist die Zielvorgabe unter Einhaltung aller Nebenbedingungen erreicht, wird die Rohstruktur geglättet (Smoothing). Anhand dieses Vorschlags wird ein umsetzbares Design vom Ingenieur konstruiert, siehe **Bild 2-3**. Als Ergebnis des gesamten Optimierungsvorganges liegt der Querlenker laut **Bild 2-4** vor. Dabei konnte die Masse um die vorgegebenen 15% reduziert werden, während die Dauersicherheitswerte und Steifigkeiten wie gefordert gleich blieben.

Einflüsse aus Gussprozessen und deren Berücksichtigung in der virtuellen Produktentwicklung

Während bei Gussbauteilen die Genauigkeit der geometrischen Information und die Abschätzung der Oberflächenbeschaffenheit im

Wesentlichen keine Schwierigkeiten bereitet, stellt sich die Bewertung der Materialparameter als sehr komplex heraus.

Die Materialeigenschaften von Gussstrukturen sind durchwegs stark prozessabhängig. Der Fokus der Grundlagenforschung, wie Prozessparameter bestmöglich in die Simulation integriert werden können, richtet sich daher vorwiegend auf die Identifikation mikroskopischer Materialgrößen.

In wie weit Materialparameter von Aluminiumguss-Strukturen vom Herstellprozess beeinflusst sind und wie diese Parameter in die Ermüdungsrechnung integriert werden können, ist Gegenstand des folgenden Abschnitts.

Die Berechnung der Betriebsfestigkeit gegossener Bauteile wird derzeit noch häufig unter der Annahme örtlich konstanter mechanischer Eigenschaften durchgeführt. In der Praxis weisen Gussbauteile jedoch, bedingt durch den Herstellungsprozess, eine inhomogene Verteilung der mechanischen Eigenschaften auf. Jene von Aluminiumgussteilen werden zum einen durch das Gefüge und zum anderen durch die prozessbedingten Fehler wie Gasporositäten, Oxideinschlüsse und Verunreinigungen, bestimmt. Metallurgische Prozesse zur Gefügebehandlung wirken sich näherungsweise gleichmäßig auf die mechanischen Eigenschaften des gesamten Bauteils aus, während der Gießprozess für sich die Materialparameter lokal verändert. So z.B. beeinflussen lokale Erstarrungsbedingungen den Dendritenarmabstand (DAS) sowie die Größe und Verteilung der Porosität [2].

Herstellungsprozesse, wie Sand- und Kokillengießverfahren, sind gekennzeichnet durch moderate Abkühlgeschwindigkeiten, während beim Druckguss sehr hohe Abkühlraten erzielt werden. Dadurch bildet sich bei Druckgussteilen eine nahezu porenfreie Gushaut aus, die wiederum durch besondere mechanische Eigenschaften charakterisiert ist (siehe später).

Sekundärer Dendritenarmabstand als Kenngröße für mechanische Eigenschaften von Aluminiumgussteilen

Für Bauteile, die im Sandguss- oder Kokillengießverfahren hergestellt werden, wurde mit dem sekundären Dendritenarmabstand (SDAS) eine Gefügekenngröße gefunden, die eine brauchbare Korrelation zu den entsprechenden mechanischen Eigenschaften zeigt [1,2]. Der sekundäre Dendritenarmabstand ist dabei der Abstand zwischen zwei benachbarten sekundären Dendritenarmen, **Bild 3**. Während die Korngröße von der Anzahl der vorhandenen Keime abhängt, wird der SDAS beinahe ausschließlich von der lokalen Abkühlgeschwindigkeit beeinflusst.

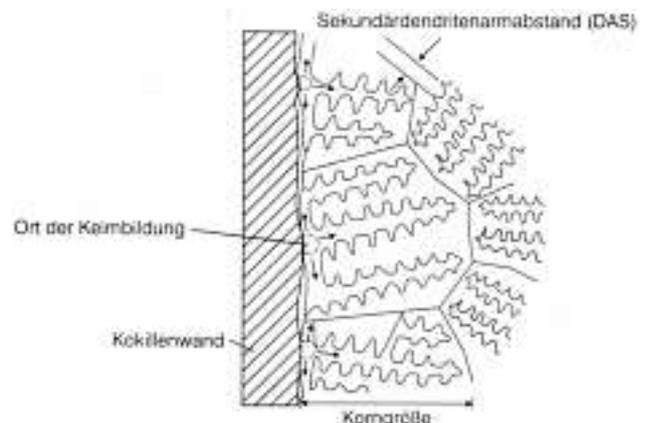


Bild 3: Definition des SDAS aus [3]



Bild 4: Darstellung des Einflussfaktors auf die Dauerfestigkeit aus [1]

Weiters zeigen auch Größe und Verteilung der Gasporositäten einen wesentlichen Einfluss auf die lokalen mechanischen Eigenschaften des Gussteils.

Der sekundäre Dendritenarmabstand ist heute als Ergebnis von Gießsimulationen standardmäßig verfügbar. Die Berechnung von Porositätsverteilungen ist jedoch noch nicht möglich. Da SDAS und Gasporosität jedoch ebenso eine gute Korrelation aufweisen [2], reicht es aus (bei Beschränkung auf Sand- und Kokillengießverfahren), einen lokalen Einflussfaktor auf die Dauerfestigkeit durch den SDAS zu formulieren. Auf Basis von Versuchsergebnissen wurde ein solcher Faktor für Dauersicherheitsanalysen in FEMFAT definiert. **Bild 4** zeigt einen typischen Verlauf der Dauerfestigkeit, abhängig von der Größe des SDAS in mm, wobei die Dauerfestigkeit mit steigendem SDAS abnimmt.

Mit folgendem Beispiel wird, basierend auf der Korrelation zwischen sekundärem Dendritenarmabstand und Betriebsfestigkeit, der Einfluss von Gießverfahren und Prozessparametern auf die Betriebsfestigkeit eines Schwenklagers demonstriert.

Das analysierte Schwenklager im **Bild 5** wird im Betrieb im Wesentlichen durch Bremsvorgänge, Kurvenfahrten und durch Befahren schlechter Wegstrecken beansprucht. Das Modell zur Berechnung der Spannungen im Schwenklager ist in **Bild 5** dargestellt. Die höchsten Beanspruchungen des Schwenklagers treten im Bereich eines Anschlussauges auf, siehe **Bild 6**. Bei der Berechnung der Spannungen wird von einem homogen über das gesamte Bauteil verteilten Elastizitätsmodul ausgegangen, was aufgrund der geringen Variation gerechtfertigt ist.

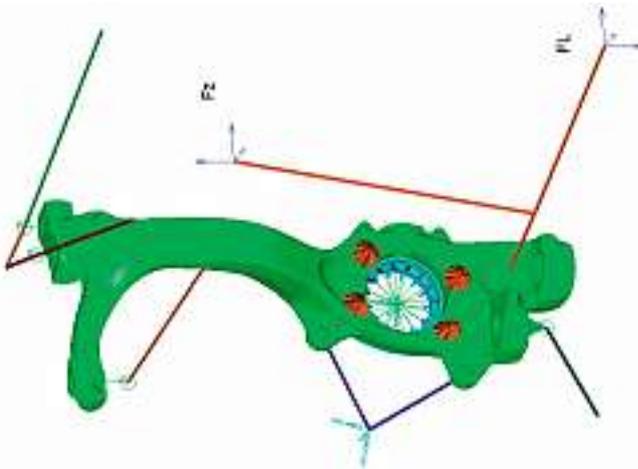


Bild 5: FE-Modell des Schwenklagers

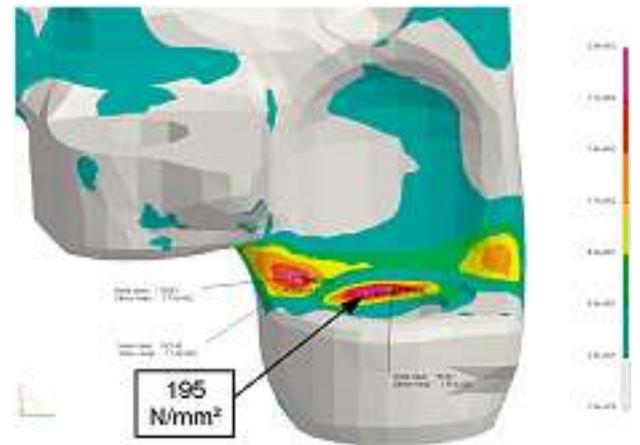


Bild 6: Analytierte Betriebsspannungen

Das Schwenklager ist sowohl im Sandguss als auch im Kokillengießprozess darstellbar. Die **Bilder 7a** und **7b** zeigen für beide Gießverfahren jeweils ein mögliches Gießsystem (zur Verfügung gestellt von MAGMASOFT).



a)



b)

Bild 7: Gussteil und Gießsystem für a) Sandgieß- und b) Kokillengießverfahren

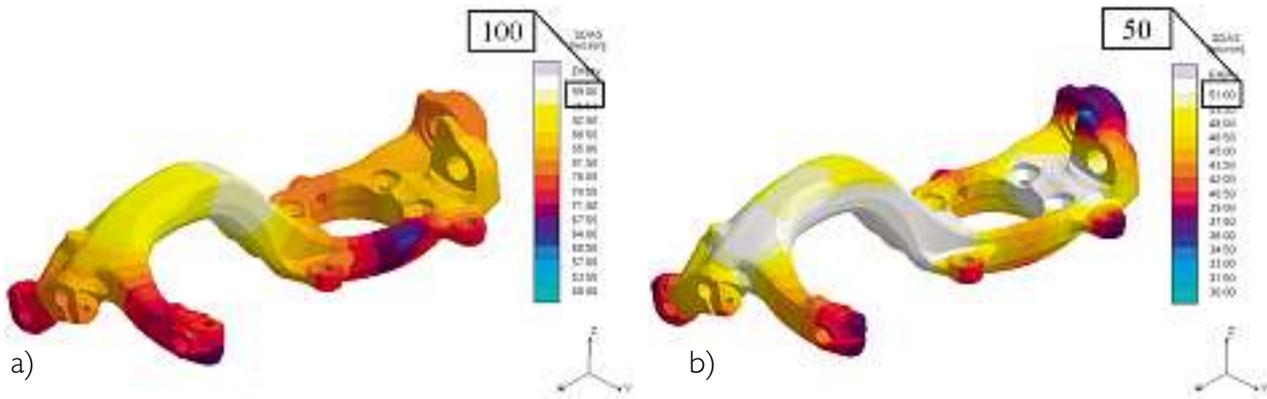


Bild 8: SDAS aus Guss-Simulation beim a) Sandguss- b) Kokillengießverfahren

Bei der Gießsimulation werden sowohl das Gussteil und das Gießsystem, als auch die Form und die Kühlkanäle (bei Kokillenguss) mit Finiten Volumen vernetzt. Für die Simulation des Kokillengießverfahrens wird, wie in der Praxis, die Form „warm gefahren“, d.h. es werden mehrere Zyklen gerechnet, bis sich ein stationärer Temperaturzustand in der Form eingestellt hat.

Basierend auf der Temperaturverteilung am Ende der Formfüllung wird die Erstarrung und Abkühlung des Lenkers in der Form und nach dem Auswerfen des Gussteils berechnet. Abhängig von der vorliegenden Abkühlrate wird der sekundäre Dendritenabstand ermittelt. In **Bild 8a** und **8b** sind SDAS aus Sandguss- und Kokillengießverfahren gegenüber gestellt (MAGMASOFT Ergebnisse).

Durch die höheren Abkühlgeschwindigkeiten im Fall des Kokillengusses liegen deutlich geringere SDAS-Werte vor. Der größte sekundäre Dendriten Abstand ist zufolge Sandguss 100 µm, während das Maximum beim Kokillenguss ungefähr bei der Hälfte liegt.

Der Dendritenarmabstand in einem Gussteil hängt sowohl von der Konstruktion als auch von den Prozessparametern ab. Somit könnte z.B. für den Kokillengießprozess durch eine verstärkte Kühlung im Bereich der am höchsten belasteten Stelle der SDAS noch deutlich verringert werden (Optimierungspotential).

Die Betriebsfestigkeitsberechnung und die Gießsimulation stellen deutlich unterschiedliche Anforderungen an eine Vernetzung. Sinnvollerweise werden daher für beide Simulationen auch unterschiedliche Berechnungsnetze verwendet. Um den ermittelten Dendritenarmabstand für die Dauersicherheitsanalyse in FEMFAT nutzen zu können, müssen daher die Ergebnisse der Gießsimulation auf das FE-Netz der Betriebsfestigkeitsrechnung übertragen werden. Um einen problemlosen Datenaustausch zwischen den Berechnungsprogrammen sicherzustellen, wurden leistungsfähige Schnittstellen entwickelt.

Die Bewertung der Dauersicherheit kann somit unter Berücksichtigung lokal veränderter Materialeigenschaften – charakteristisch für den entsprechenden Herstellprozess – durchgeführt werden.

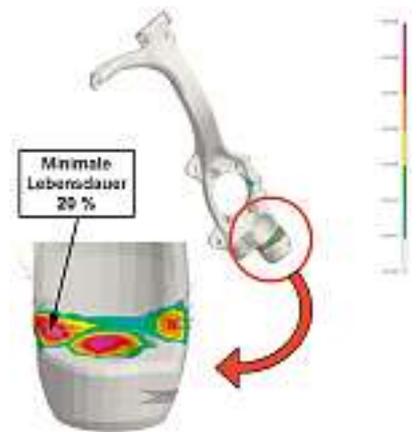


Bild 10: Lebensdauer inkl. SDAS-Einfluss zufolge Sandguss

In **Bild 9** ist das Ergebnis der Schädigungsanalyse in FEMFAT mit homogen verteilten Materialeigenschaften (kein Prozesseinfluss) normiert dargestellt. Wird die Reduktion der lokalen Dauerfestigkeit zufolge der Einflüsse des Sandgussprozesses berücksichtigt, werden nur 20% der zuvor ermittelten Lebensdauer erreicht, **Bild 10**. Bei Herstellung des Schwenklagers mittels Kokillengusses ergeben sich kleinere sekundäre Dendritenarmabstände, wodurch sich die lokale Dauerfestigkeit in einem geringeren Ausmaß reduziert. Die erreichte Lebensdauer beträgt somit ca. 67% von jener, ermittelt ohne Berücksichtigung lokaler Prozesseinflüsse, **Bild 11**.

Im Fall des Kokillengusses könnte man nun durch sehr einfache Maßnahmen die lokale Dauerfestigkeit des Werkstoffes verbessern. So würde zum Beispiel eine stärkere Kühlung der Gussform im Bereich des kritischen Lagerauges zu niedrigeren sekundären Dendritenarmabständen und folglich höheren lokalen Lebensdauerwerten führen.



Bild 9: Lebensdauer des Schwenklagers ohne Prozesseinflüsse

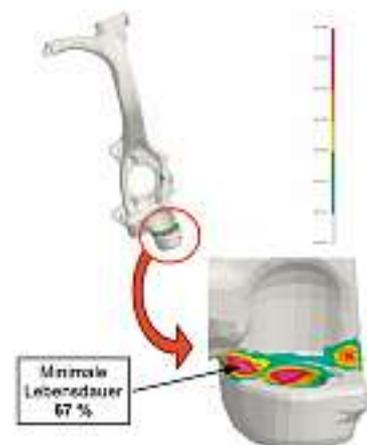


Bild 11: Lebensdauer inkl. SDAS-Einfluss zufolge Kokillenguss

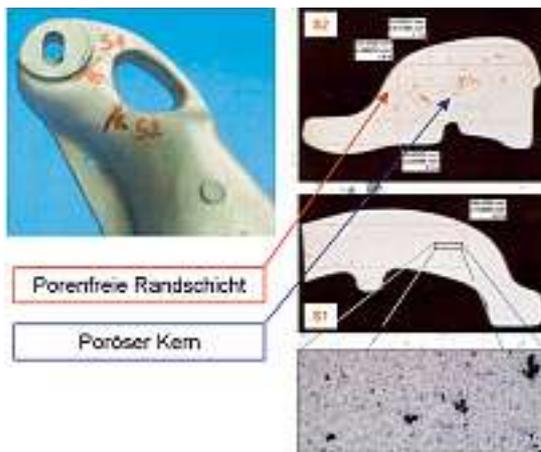


Bild 12: Schlifffbild eines Druckgussteils aus [4]

Dieses Beispiel zeigt eindrucksvoll, wie stark und effizient das Zusammenwirken mehrerer Simulationsergebnisse die Bauteileigenschaften verbessern und somit den Entwicklungsprozess optimieren können.

Berücksichtigung eines Randschicht-Modells bei Druckguss-Bauteilen

Bei Bauteilen, hergestellt im Druckgießverfahren, bildet sich aufgrund der Prozesscharakteristik eine dünne, nahezu porenfreie, Randschicht (Gusshaut mit Dicke von ca. 0,5 mm) aus, **Bild 12**. Dadurch ergibt sich über den Bauteilquerschnitt betrachtet eine inhomogene Verteilung der Materialeigenschaften. Der Kern des Bauteils ist gekennzeichnet durch Gasporosität, Einschlüsse und Gefügefehler, wodurch das Bauteil in der quasi fehlerfreien Randschicht wesentlich widerstandsfähiger ist.

Bisher wurden Druckgussteile bei Dauerfestigkeitsanalysen vorwiegend mit homogener Verteilung der Materialeigenschaften über den Bauteilquerschnitt bewertet. Versuche haben jedoch immer wieder aufgezeigt, dass durch die herkömmliche Betriebsfestigkeitsanalyse deutlich zu konservative Ergebnisse ermittelt wurden. Der Grund dafür liegt in der wesentlich tragfähigeren Randschicht, die bislang keine Berücksichtigung fand. Da Risse zufolge Betriebslasten vorwiegend von der Bauteiloberfläche ausgehen, drängt sich die Berücksichtigung der porenfreien Randschicht bei Dauersicherheitsanalysen auf.

Für die Betriebsfestigkeitsanalyse in FEMFAT wurde ein Modell entwickelt, um porenfreie Randschichten zufolge Druckgussherstellung berücksichtigen zu können – „Boundary Layer Modell“. **Bild 13** zeigt eine schematische Darstellung des Randschichtmodells, implementiert in der Betriebsfestigkeits-Software FEMFAT.

Dabei wird für die Randschicht ein eigenes Material mit den entsprechenden Parametern definiert. Der wesentliche Vorteil dieser Methode liegt in der Netzunabhängigkeit, das heißt die Randschicht muss nicht als solche durch Finite Elemente dargestellt werden (FE-Netz kann gröber sein als Randschicht). Dies würde in den meisten Fällen zu einem sehr hohen Aufwand bzw. zu sehr feinen Vernetzungen und somit langen Berechnungszeiten führen.

Notwendige Parameter, wie Dicke und Material der Randschicht, können direkt vorgegeben werden, wobei über die Struktur verschiedene Bereiche unterschiedlicher Schichtdicken definiert werden können. Voraussetzung für die Anwendung dieser Methode ist jedoch die Kenntnis über die Materialeigenschaften in der Randschicht. Da diese Kennwerte noch unsicher sind, ist die Anwendbarkeit dieser Methode zur Zeit noch beschränkt und bedarf weiterer Forschungsarbeit, um Kenntnis über notwendige Materialparameter zu erlangen.

FEMFAT bildet im Abstand der Randschichtdicke fiktive Bewertungspunkte, an denen

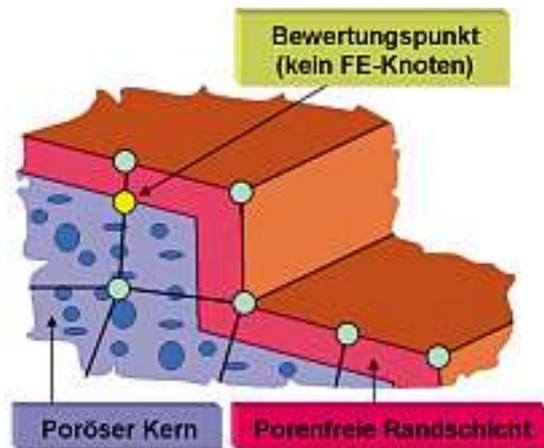


Bild 13: Schema des Randschichtmodells in FEMFAT

Spannungen, Spannungsgradienten sowie lokale Bauteilwöhlerlinien berechnet werden. In weiterer Folge können sämtliche Ergebnisse wie Schädigung, Bauteillebensdauer etc. sowohl in der Grenzschicht als auch an der Oberfläche der porenfreien Schicht ermittelt werden.

Zur Demonstration der Auswirkung einer porenfreien Gusshaut wurde ein Motorlager auf herkömmliche Weise, d.h. gleiches Material für das gesamte Bauteil, sowie mit Anwendung des Randschichtmodells in FEMFAT analysiert und die Ergebnisse verglichen.

Als Spannungsinput für die Betriebsfestigkeitsrechnung wurde jeweils die gleiche Datenbasis verwendet, wobei für die Finite Elemente Rechnung keine spezielle Modellierung und Materialdefinition der Randschicht vorgenommen werden musste. Das verwendete FE-Modell ist in **Bild 14** dargestellt.

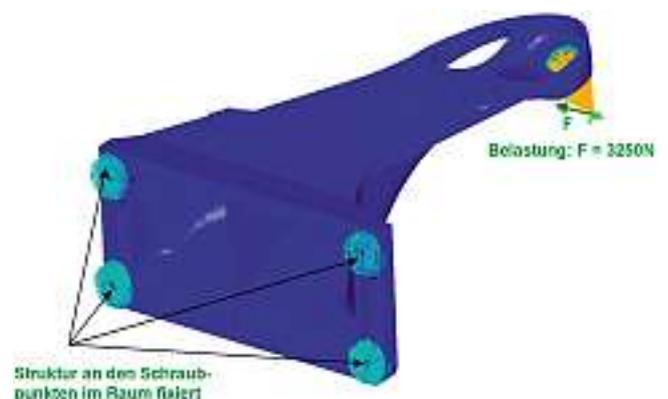


Bild 14: FE-Modell des Motorlagers

Für die Betriebsfestigkeitsanalyse in FEMFAT wurde eine konstante Randschicht über das gesamte Bauteil von 0,5 mm definiert. Die Materialdaten für die porenfreie Zone wurden durch Abgleich mit anderen Versuchsergebnissen ermittelt. **Tabelle 1** zeigt eine Auflistung der Daten für Randschicht- und Basismaterial (poröser Kern).

Tabelle 1: Materialdaten für porösen Kern (Basismaterial) und porenfreie Randschicht

Eigenschaften	Basismaterial	Porenfreies Material
E-Modul	74.000 MPa	
Poisson Zahl	0,3	
Zugfestigkeit	240,0 MPa	366,6 MPa
Streckgrenze	140,0 MPa	235,0 MPa
Dauerfestigkeit	70,0 MPa	105,0 MPa
Neigung der Wöhlerlinie	12,0	10,0
Grenzlastspielzahl	1,0E+7	2,0E+6

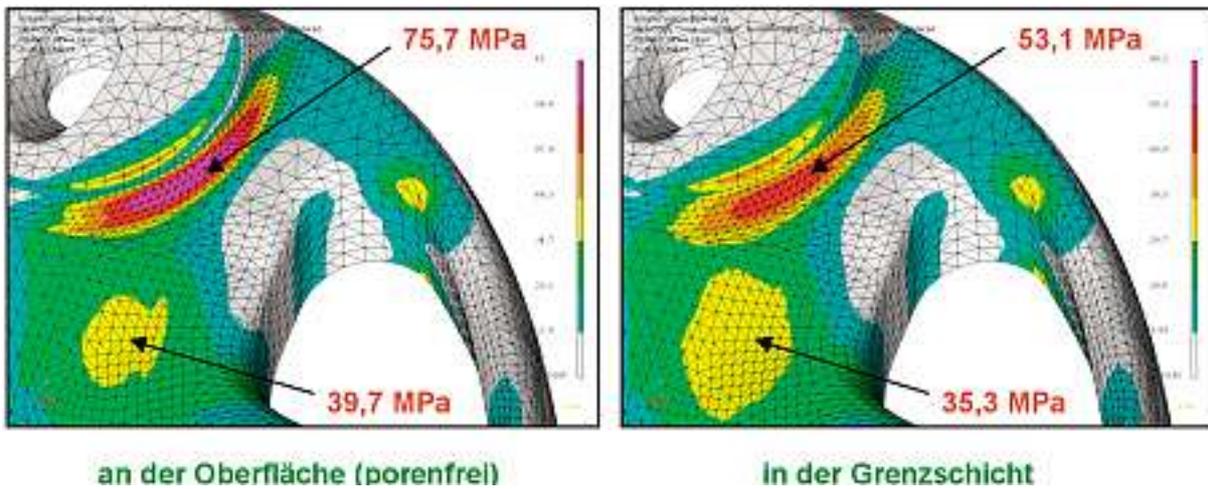


Bild 15: Spannungsamplitude in der kritischen Schnittebene

Bei der Berechnung nach herkömmlicher Methode wurde für das gesamte Bauteil das Basismaterial, wie es in der Literatur bzw. der FEM-FAT Materialdatenbank zur Verfügung steht, verwendet.

Durch Berücksichtigung des Randschichtmodells bei der Betriebsfestigkeitsanalyse werden für jeden Bewertungspunkt die entsprechende Spannungsamplitude und der Spannungsgradient gebildet. **Bild 15** vergleicht die Verteilung der Spannungsamplituden an der Oberfläche und der Grenzschicht zwischen porenfreier Randzone und dem Basismaterial (Bewertungspunkte).

Im Bereich der Kerbe nimmt die Amplitudenspannung aufgrund des größeren Spannungsgradienten in größerem Maße ab als an ungekerbten Flächen, siehe **Bild 15**. So zeigt sich eine Reduktion der Amplitudenspannung von der Oberfläche hin zur Grenzschicht von etwa 22 MPa im Bereich der Kerbe, während sich im ungekerbten Bereich die Spannung um nur etwa 4 MPa verringert.

Trotz höherer Amplitudenspannung an der Oberfläche ergibt sich, bedingt durch die besseren Materialeigenschaften in der porenfreien Randschicht an der Oberfläche eine höhere Dauersicherheit als an der Grenzschicht, siehe **Bild 16**. Das soll auch verdeutlichen, dass Risse im realen Bauteil ebenso von dieser Grenzschicht ausgehen können.

Wird für die Grenzschicht ebenso das Basismaterial mit den schlechteren Eigenschaften definiert, ergeben sich die bekannt konservativen Dauersicherheiten an der Bauteiloberfläche. **Bild 17** verdeutlicht dies mit einem direkten Vergleich der unterschiedlichen Berechnungsmethoden.

Die kleinste Dauersicherheit bei Berücksichtigung der Gusshaut beträgt 1,02 und tritt im Bereich der Kerbe an der Grenzschicht auf (**Bild 16**), wo die maßgebliche Spannungsamplitude wesentlich niedriger ist als an der Oberfläche. Daher ist auch die minimale Sicherheit bei Verwendung des Randschichtmodells größer als jene zufolge der herkömmlichen Berechnungsmethode (0,66), die den kritischen Punkt erwartungsgemäß an der Oberfläche des Bauteils aufzeigt.

Zusammenfassung und Ausblick

In Zeiten der immer kürzer geschnürten Entwicklungszeiträume steigen die Anforderungen an virtuelle Produktentwicklungen rasend schnell an. Immer stärker werden Absolutaussagen bei der Bauteilbewertung gefordert. Dies verlangt gleichzeitig intensive Grundlagenforschung. Nur so kann sichergestellt werden, dass sämtliche betriebsfestigkeitsrelevanten Einflüsse aus Herstellung und Einsatz erfasst werden und in die Bewertung einfließen können. Eine gute Korrelation zwischen Test und Simulation ist zwingend notwendig, um die Qualität der virtuellen Produktentwicklung so weit zu steigern, damit das letztendliche Ziel – Entwicklungszeitverkürzung bzw. Einsparung von Prototypen/ -tests – erreicht werden kann.

Die Optimierung spielt dabei eine sehr große und wichtige Rolle, da sie ein ausgezeichnetes Werkzeug ist, um Simulationen aus mehreren Bereichen der Produktentwicklung zu verknüpfen und ein Produkt für bestimmte Einsätze ideal zu gestalten.

Bei Aluminiumgussteilen wurde bereits gute Arbeit geleistet, um Einflüsse aus Herstellungsverfahren in die virtuelle Bewertung zu in-

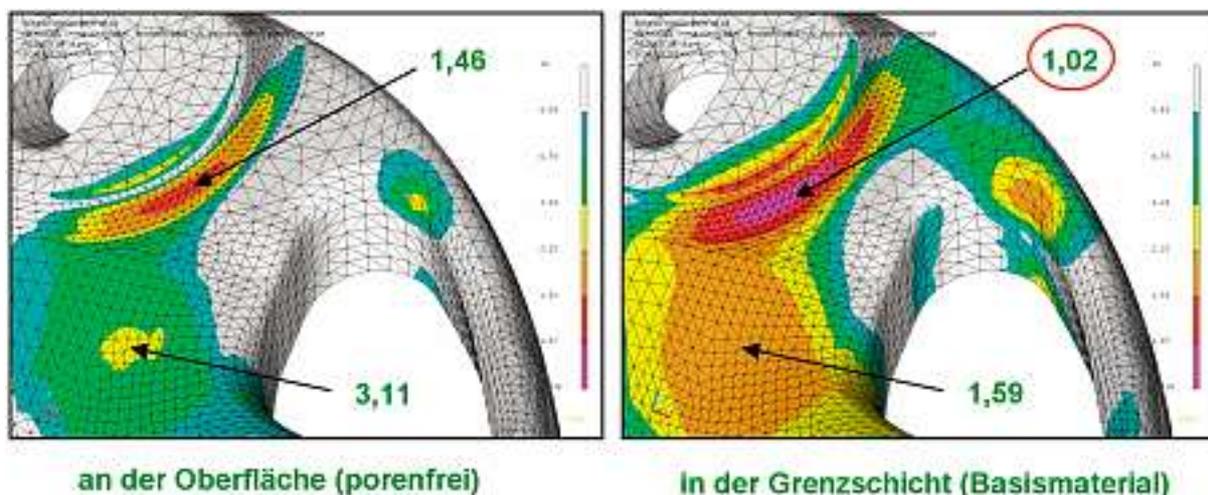


Bild 16: Dauersicherheitsfaktoren durch Analyse mit Randschichtmodell

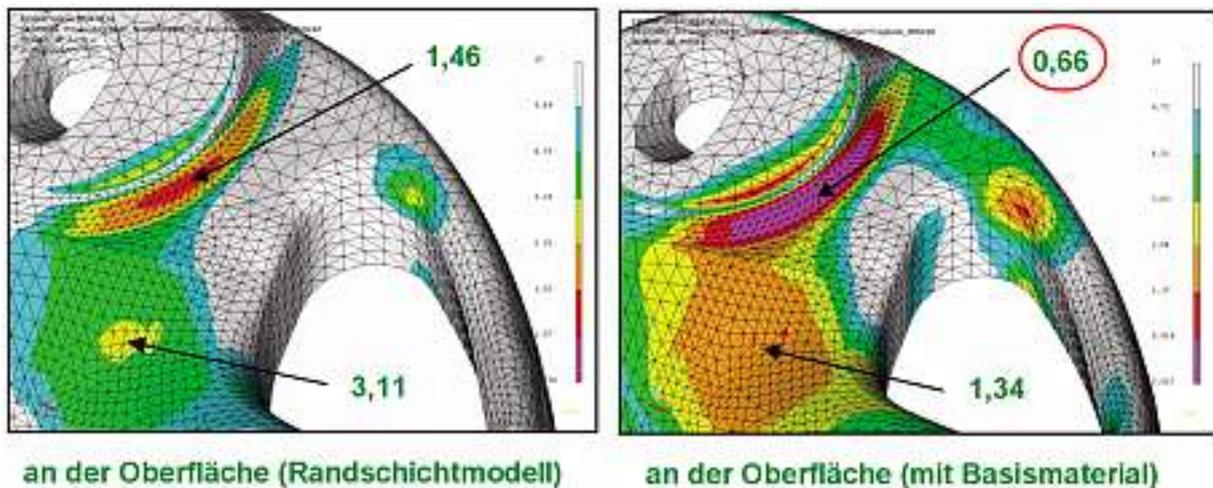


Bild 17: Dauersicherheiten an der Bauteiloberfläche zufolge unterschiedlicher Berechnungsmethoden

tegrieren und somit die Lücke zwischen Simulation und Realität schrumpfen zu lassen.

Im Fall von durch Sand- oder Kokillenguss hergestellten Aluminiumbauteilen bietet der Zugang über SDAS eine gute Möglichkeit, lokale Materialeigenschaften, bedingt durch den Herstellprozess, in die Betriebsfestigkeitsanalyse einzubinden. Zukünftig wird es auch möglich sein, neben der Berücksichtigung von veränderten Schwingfestigkeitsdaten, auch lokal veränderte Zugfestigkeiten in die Analyse einzubinden.

Das Randschichtmodell in FEMFAT bietet bereits eine effiziente Möglichkeit, die für den Druckguss typische Gusshaut in die Lebensdaueranalyse zu integrieren. Um eine breite Anwendbarkeit des Randschichtmodells zu ermöglichen, muss Know-how über die Materialwerte der Gusshaut durch weitere Forschungsarbeit aufgebaut werden.

Literatur

- [1] Dannbauer, H., Gaier, Ch.: "Integrating the Results from Process Simulation into Fatigue Life Analysis", NAFEMS Seminar "Integration of Numerical Simulation into the Development Process", Wiesbaden/Germany, Nov. 2003
- [2] Minichmayr, R.; Eichsleder, W.: "Lebensdauerberechnung von Gussbauteilen unter Berücksichtigung des lokalen Dendritenarmabstandes und der Porosität", Gießerei 90 Nr. 5, 2003, pp. 70-75
- [3] Altenpohl, D.: Aluminium von innen. Aluminium-Verlag, Düsseldorf, 1994
- [4] FEMFAT User-Meeting, Steyr/Austria, 11-13 Mai 2005

Kontaktadresse:

Engineering Center Steyr GmbH & Co KG, A-4300 St.Valentin
 Steyrer Straße 32, Tel.: +43/7435/501-343, Fax: +43/7435/501-300
 E-Mail: werner.aichberger@ecs.steyr.com,
 www.magnapowertrain.com

Besuchen Sie uns im Internet: www.verlag-lorenz.at

+GF+

**GEORG FISCHER
 PIPING SYSTEMS**

**Tempergussfittings
 mit dem doppelten Plus**

Georg Fischer Fittings GmbH
 3160 Traisen / Österreich
www.fittings.at

Adding Quality to People's Lives.





Mitteilungen der WFO World FoundryMen Organization

68. Gießerei-Weltkongress

7. bis 10. Feber 2008, Chennai, Indien



Der 68. WFC zum Thema „Cast for Competitive Edge“ wird vom Institute of Indian Foundrymen IIF organisiert und in der Zeit von 7. bis 10. Feber 2008 im Trade Centre der Stadt Chennai zusammen mit dem 56. Indischen Gießerei-Kongreß abgehalten werden.

Chennai, das ehemalige Madras, ist mit geschätzten 6,9 Mio. Einwohnern das drittgrößte Handels- u. Industriezentrum Indiens und eine der am raschesten wachsenden Metropolen des Landes. Die größten Auto-konzerne der Welt haben hier ihre Produktionsstätten etabliert, die rd. 40% der automotiven Erzeugnisse des Landes herstellen. Die Investitionen am Automobilsektor werden mit rd. 1,2 Mrd. US Dollar angegeben und werden weiter steigen, weitere 800 Mio machen die Bereiche Glas, Auto-Komponenten, IT und Hafenbau aus. Investitionen von 6,5 Mrd. US Dollar für Bergbau, Chemieindustrie, Autoteile, Landwirtschaft und für Ingenieurleistungen sind in der Pipeline.

Chennai beherbergt den größten IT-Park Indiens und ist außerdem das Gesundheitszentrum des Landes.

Die Stadt hat eine ausgezeichnete Infrastruktur und verfügt in der Kategorie 4 u. 5 Sterne über 5.000 Hotelzimmer, die im Jahr 2008 auf 8.000 ansteigen sollen.

Chennai ist mit derzeit rd. 180 wöchentlichen Flügen, die 2008 etwa 300 erreichen werden, an alle wichtigen Länder weltweit angebunden.

Ein großartiges kulturelles Umfeld zeichnet Chennai (Madras) als Kongressstadt aus. (www.chennai.tn.nic.in)

Die globale Produktion an Eisen- und NE-Metallguss liegt bei über 80 Mio Tonnen und

hat einen Wert von über 100 Mrd. US Dollar. Der weltweite Gusshandel dürfte sich bei 10 Mrd. US Dollar bewegen und sich in den nächsten Jahren vervielfachen. Die industrialisierten Länder stehen sich ändernden Marktverhältnissen mit steigenden Kosten gegenüber. Dies veranlasst sie zum Outsourcen in Ländern wie Indien, China, Brasilien, Spanien, Mexiko sowie in den Ländern des ehemaligen Ostblocks, welche sich mit neuesten Technologien ausrüsten, um den an sie gestellten Anforderungen gerecht zu werden.

Neueste Technologien, Innovationen und gut ausgebildete Arbeitskräfte werden die Schlüsselfunktionen der Zukunft in der Gießerei-Industrie sein. Als einige wesentliche Entwicklungsrichtungen sind zu nennen:

- Einsatz von CAD zur Simulation der Guss- und Werkzeugherstellung
- Alternative Form- und Kernmaterialien
- Hochdruck-Formverfahren
- Rapid Prototyping
- Weiterentwicklungen bei Lost Foam, Feinguss und den Schmelzverfahren
- Mechanisierung im Gussputzbereich

Wie wir bis Redaktionsschluss dieses Heftes von den indischen Organisatoren des Kongresses in Erfahrung bringen konnten, sind auf den „Call for Papers“ über 100 Vortragsvorschläge aus den nachstehend genannten 17 Ländern eingegangen, von denen etwa 60 Beiträge angenommen werden.

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| ● Canada | ● Germany | ● Romania |
| ● China | ● India | ● Spain |
| ● Denmark | ● Italy | ● Sweden |
| ● Egypt | ● Japan | ● UK |
| ● Finland | ● Korea | ● USA |
| ● France | ● Poland | |

Das Auswahlverfahren ist noch im Gang und das endgültige Vortragsprogramm wird erst Anfang November verfügbar sein und von der Internetseite www.wfcindia08.com abgerufen werden können.

Eine Vorauswahl sicherer Beiträge und deren Autoren konnte in Erfahrung gebracht werden:

- The Bifilm concept – Prospects of defect-free castings by John Campbell
- The Resole – CO₂ process Carbophen Binders by Klaus Lochte
- Six sigma project selection in foundry industry by Hathibelegal Roshan
- Compacted graphite iron – a material solution for modern diesel engine cylinder blocks and heads by Steve Dawson
- A study on the binder system of CO₂ cured phenol-formaldehyde resin used in foundry by Liu Weuhua, Shenyang Industry University
- Investigation of the parameters affecting the production and properties of thin-wall ductile iron castings by M.M.Mourad et. All, CMRDI., Cairo
- High conductivity copper casting alloys – a review by P.Sriram et.all
- Tools for the iron foundry melt shop to improve process capability by Bill Simmons
- High carbon – a route towards solvent-free cold box binder systems by Jorg Brotzki
- Experimental analysis of flow of ductile cast iron in stream lined gating systems by Soren Skov-Hansen, University of Denmark
- Water modelling of entrainment phenomena during the filling of bottom and side gating systems by R. Cuesta

- Application of differential quadrature method to solving Fourier – Kirchhoff equations by Janusz Lelito, AGH University of Science and Technology, Reymonta, Krakow
- Undercooling and carbides in thin walled ductile cast iron by Karl Martin Pedersen, Technical University of Denmark.
- Novel creation and control of sand mold press casting "post-filled formed casting process" by Kazuhiko Terashima et. all
- Optimization by Taguchi's design method of manufacturing condition for semi-solid Al-Zn-Mg alloy by Sung Yong Shim, Gyeongsang National University
- Development of low cost corrosion resistant Fe- Cr- Mn- Cu white cast irons by Chetanya Sharma
- Aluminum, Ductile Iron Gaining in World Market by Alfred Spada, American Foundrymen Society.
- Current situation and future of Chinese foundry industry
- Enhanced throughputs in foundries by constraints based planning methodology using a special ERP by V.G.S. Mani
- More energy efficient casting without loss of output by Peter Solding
- Hand casting toy soldiers in white metal – foundry basics and a lot of fun by Fritz Hansberg.
- Optimum Velocity Control of Die-casting Plunger Considering Air Entrainment by K.Yano et all. All Gifu university
- Real-time Estimation Method of Liquid's Nonlinear Observer Outflow Rate for Tilting-type Automatic Pouring of Casting processes by Yoshiyuki Noda
- Optimum Press Control of Innovative Greensand Mold Press Casting Method Considering the Molten Metal's Pressure by Ryosuke Tasaki
- Austempering of cast irons – Developments, properties and application by John Keough
- High efficiency preconditioning of electrically melted grey cast irons by Riposan, politechnica university, Romania
- Iron Castings – advanced precision tools and foundry process control by Julian Izanga, Azlertan metallurgical centre
- A new method of fast testing surface tension of liquid alloys and its application to foundry production by Li Da Yong, Harbin university of science and engineering, China
- Resource savings by optimizing process conditions in foundries by Niels Skat Tiedje, Technical university of Denmark.
- ERP in foundries by Janne Kollanus, Helsinki university of Technology
- Effect of spheroidiser on shrinkage cavity and chunky graphite in ductile iron by T.Kikiuchi
- Application of padding for feeding cylindrical castings by P.K.Sandell

Aus Zeitgründen nicht angenommene Vortragsvorschläge werden Gelegenheit haben, sich in einer Posterschau zu präsentieren.

Nach dem Kongress besteht am Montag, 11. Feber 2008, die Möglichkeit, im Nahbereich von Chennai Werksbesuche vorzunehmen. Hierfür werden die nachstehenden 4 Möglichkeiten mit je 2 Gießereibesuchen angeboten (siehe untenstehende Tabelle):

Werks-Besuch	Gießerei – Unternehmen	Entfernung von Chennai	Website
A	Brakes India Ltd. Foundry Division, Sholinghur	90 km	www.brakesindia.com
	Ennore Foundries Ltd (New Plant) Iringattukottai, Sriperumpudur	40 km	www.ennorefoundries.in
B	Hyundai Motor India Ltd. Iringattukottai Sriperumpudur	35 km	www.hyundai.co.in/india.asp
	Ucal Aluminium Foundry Maraimalainagar	30 km	www.ucalmachinetools.com
C	India Pistons Ltd. Pistons Plant IP Rings Ltd. Maraimalainagar	30 km	www.iprings.com
	Ucal Aluminium Foundry Maraimalainagar	30 km	www.ucalmachinetools.com
D	India Pistons Ltd. Ring Blank Unit Maraimalainagar	30 km	www.indiapistons.com
	India Pistons Ltd. Pistons Plant Maraimalainagar	30 km	www.indiapistons.com

Kurzbeschreibung der 6 zu besuchenden Gießereien:

1. Brakes India Ltd. Foundry Division, Sholinghur

Die Gießerei produziert über 75.000 t Gussteile jährlich, 90% davon in Sphäroguss. 12.000 t werden im Kokillengießverfahren, der Rest im Sandguss produziert. Zur Verfügung stehen 9 DISAMATIC-Anlagen. Das Gewicht der Gussteile reicht von 0,3 bis 14 kg. Über 40% der Produktion gehen auf Export. Brakes India Ltd. Ist die einzige Gießerei der Welt, die den Deming Preis für Qualität erhalten hat.

2. India Pistons Ltd.

Das Unternehmen ist der größte Kolbenproduzent Indiens. Für Kolben und Zylinderlaufbüchsen stehen mehrere Produktionsstätten zur Verfügung. Außerdem werden jährlich 24 Mio. Kolbenringe hergestellt.

Neben einer modernen Gießerei besitzt das Unternehmen Indiens erste vollautomatische Bearbeitungsstraße.

3. IP Rings Ltd.

Das Unternehmen erzeugt Stahl-, Gusseisen- und Nifflex-S-Ringe mit Oberflächenbehandlung wie Plasma, Gasnitrieren und Verchromen.

4. Hyundai Motor India Ltd.

Zweitgrößter Automobilhersteller Indiens mit 0,3 Mio. produzierten Einheiten und erwarteter Verdoppelung in 2008.

5. Ucal Machine Tools

Das Unternehmen erzeugt jährlich 3.000 t Aluminium- und Zink-Druckguss, wovon 1.200 t in den Export gehen.

6. Ennore Foundries Ltd.

Einer der größten Hersteller von Automobilguss Indiens mit über 75.000 t Jahresproduktion. Gefertigt werden 0,6 Mio. Zylinderblöcke und 0,3 Mio. Zylinderköpfe. Die neue Gießerei ist zeitgemäß eingerichtet, die Formanlage besitzt eine Kastengröße von 1.300 x 1.000 x 380 mm.

Weitere Detailangaben über diese Gießereien finden sich auf den oben genannten Internetseiten.

Während des Kongresses findet auch die International Foundry Exhibition IFEX 2008 statt, bei der rd. 300 Aussteller aus Indien und weltweit auf 11.000 m² über zeitgemäße Gießereitechnologie informieren werden.

Im Anschluss an den Kongreß bieten die Veranstalter drei einwöchige Nachkongressreisen mit einem attraktiven kulturellen Programm unter Einbeziehung von Werksbesuchen an. Nähere Informationen sind der Internetseite des Kongresses zu entnehmen: **www.wfcindia08.com**



Tagungsrückschau

Auch zwischen den Vorträgen der Foren wurde ausgiebig diskutiert und Erfahrungen wurden ausgetauscht.

Foto: Edgar Schoepal

WFO TECHNICAL FORUM 2007 – RÜCKBLICK

Leichtbau und Bauteiloptimierung durch innovative Fertigungstechniken

Kurzfassungen ausgewählter Vorträge (Teil 2)

In Fortsetzung des Berichtes (GIesserei RUNDSCHAU 54 (2007) Nr. 7/8, S. 146/153) zum WFO Technical Forum, welches vom 12. bis 14. Juni 2007 im Rahmen der Internationalen Gießereifachmesse GIFA stattfand, werden im Folgenden weitere Kurzfassungen ausgewählter Vorträge veröffentlicht.

Serientauglicher Einsatz von anorganischen Bindersystemen

Dr. Christian Lustig, Ralf Boehm und Klaus Löchte*, Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH, Düsseldorf;
Dr. Uwe Bischoff und Patrick Voigt, Volkswagen AG Hannover

Im Verlauf der letzten GIFA im Jahre 2003 war der Einsatz neuer anorganischer Kernbinder ein viel diskutiertes Thema. Große Hoffnungen und Erwartungen wurden in diese neuen Materialien gesetzt. Viele Nachteile organischer Binder, wie Emissionen bei der Kernfertigung als auch Gasfehler, Kondensat- und Geruchsentwicklung beim Gießen, sollten durch diese deutlich reduziert oder beseitigt werden.

Die Entwicklungen des anorganischen Cordis-Binder-Systems wurden im Vortrag durch ausgewählte Beispiele, die den Entwicklungsprozess vom Labor bis zum Serieneinsatz im Automobil- und Motorenguss dokumentierten, präsentiert. Die Leistungsfähigkeit des Cor-



Bild 1:
Zylinderkopf VR6 FSI
(VW Gießerei Hannover)
– gefertigt mit komplettem Cordis-Kernsatz

* Vortragender

dis-Binder-Systems wurde an Hand von Eigenschaften, wie der Härtingscharakteristik, der Festigkeiten, der Fließfähigkeit, der Lagerstabilität der Kerne, dem Zerfall, der Gasdurchlässigkeit oder der Gasdruck- und Geruchsentwicklung beim Gießen, dargestellt.

Die in den letzten Jahren erzielten Verbesserungen des Bindersystems zeigen sich insbesondere bei der erzielten Gussteilqualität.

Es ist sowohl eine Kernfertigung mit einem hohen Volumen (Saugrohrkerne) als auch eine hoch diversifizierte Fertigung (Zylinderkopfkeme)

(Bild 1) etabliert worden. So konnten Erfahrungen beim Aufbau einer separaten Fertigungslinie zur Herstellung von Kernen mit anorganischen Bindersystemen gesammelt werden. Diese reichen von Überlegungen zur Werkzeuggestaltung, der Werkzeugauslegung über den Ablauf der Kernfertigung bis hin zur Sand- und Binderversorgung.

Des Weiteren wurden im Vortrag Perspektiven zur Regenerierung anorganisch gebundener Kerne vorgestellt. Dabei wurden die Vor- und Nachteile der einzelnen Prozessansätze diskutiert.

Eine neue Vorgehensweise zur Reduzierung der Formsand-Emissionen um 50 %

Yanni Paniaras*, Dipl.-Ing. Cornelis Grefhorst und Dr.-Ing. Oleg Podobed, S&B Industrial Minerals GmbH, Marl

Der Umweltaspekt gewinnt in den Gießereien immer mehr an Bedeutung und ist mittlerweile neben der Effizienz der Produktion und der Qualität der Gussteile ein Schlüsselfaktor im Wettbewerb. Die nationale und die europäische Gesetzgebung setzen anspruchsvolle Anforderungen in den Bereichen Emissionen, Abfallprodukte und Arbeitsbedingungen. Auch die Arbeitnehmer, die Kommunen, die Aktionäre und die Kunden messen dem Thema zunehmende Bedeutung bei.

Grünsandsysteme sind seit Jahren unter Berücksichtigung sämtlicher Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsaspekte entwickelt worden. Eine der ersten Entwicklungen war das Zusammenfügen von kohlenstoffhaltigen Glanzkohlenstoffbildnern und Bentonit in einem einzigen Gemisch. Hierbei wurden die Explosions- und Selbstentzündungsrisiken der kohlenstoffhaltigen Komponente verringert oder vermieden. Ein weiterer Entwicklungsschritt beim kohlenstoffhaltigen Bestandteil war die Einführung von Komponenten, welche einerseits die Leistung der organischen Produkte maximieren und andererseits deren negative Umwelteinflüsse minimieren, wie zum Beispiel in den IKO-Produkten Antrapur, Polycarbon und Priocarbon.

Um weitere ökologische Verbesserungen zu erreichen, müsste über Veränderungen in einer anderen Dimension nachgedacht werden: Warum sollte der kohlenstoffhaltige Bestandteil anstelle einer Verbesserung nicht vollständig entfernt werden? Diese Idee stellt die allgemeine Auffassung über Grünsandsysteme in Frage und erfordert ein Überdenken der grundlegenden Prozesse während des Gießens unter Verwendung von Grünsandsystemen.

Durch ein von der EU gefördertes Projekt, das Gießereien, Anlagenhersteller und Rohstofflieferanten zusammengebracht hat, wurden die Forschungsarbeiten zu diesem Thema unterstützt. Im An-

schluss an das EU-Projekt setzte IKO die Produktentwicklung mit dem Ziel weiterer Emissionsreduzierung und gleichzeitiger Verbesserung der Formstoffzerfalleigenschaften fort. Dieses Ziel wurde mit der Entwicklung des Produktes Envibond erreicht, welches zwischenzeitlich erfolgreich europaweit in Gießereien eingeführt worden ist.

Envibond besteht aus Bentonit und weiteren Mineralien. Es kann ein herkömmliches Glanzkohlenstoffbildner/Bentonit-Gemisch ganz oder teilweise ersetzen, abhängig von den jeweiligen Gussformen und der Konfiguration der Formanlage. Seine Zusammensetzung sorgt zum einen dafür, dass die Oberfläche des Formstoffes hoch verdichtet und zum anderen die Benetzung des Formstoffes durch flüssiges Metall verringert werden. Die Verringerung der Penetrierbarkeit des Formstoffes und der Oberflächenbenetzung trägt zu einer glatten Gussteiloberfläche bei.

Emissionen in der Gießerei werden hauptsächlich durch zwei Quellen erzeugt: durch den kohlenwasserstoffhaltigen Bestandteil, der dem Sand hinzugefügt wird, sowie durch organische Kεbindemittel. Der größte Effekt in der Emissionsreduzierung durch Envibond wird durch die Verminderung des kohlenwasserstoffhaltigen Bestandteils erzielt; ein weiterer Effekt ist die Adsorption der Emissionsgase der organischen Kεbindemittel.

Bei der Einführung von Envibond in einer Gießerei ist es wichtig, zunächst die aktuellen Emissionswerte in der Gießerei durch einen Technikumsversuch zu erfassen. Anschließend wird das Sandsystem analysiert. Envibond wird dann parallel zu den verwendeten Formstoffzusätzen, beginnend mit einer kleinen Zugabe bis zur maximalen Einsatzmöglichkeit, hinzugegeben. Auf diese Weise ist eine Produktionsumstellung ohne Prozess- oder Qualitätsrisiko möglich.



Meetings der CAEF The European Foundry Association

Der Europäische Gießereiverband hat für 2007/08 noch folgende Veranstaltungstermine bekanntgegeben:

15./16.10. **2007** Sektion Windkraftanlagen, Pamplona/E

17.10. Sektion Strangguß, Frankfurt/M./D

17./18.04. **2008** Gruppe Stahlguß, Reinoso/E

Informationen: CAEF – The European Foundry Association, D-40237 Düsseldorf, Sohnstraße 70, Tel.: +49 (0)211 6871 215, Fax: 205, E-Mail: info@caef-eurofoundry.org, info@caef.org, www.international-foundry-forum.org, www.caef.org

Praktische Erfahrungen mit Envibond in Gießereien in den vergangenen 18 Monaten haben gezeigt, dass es bis zu 100 % eingesetzt werden kann, d. h., es kann die traditionelle auf Glanzkohlenstoff basierende Anwendung vollständig ersetzen. Eine Reduzierung von BTX-Emissionen um 50 % wurde erreicht. Die Qualität der Gussteile in den Gießereien, in denen Envibond eingesetzt wurde, ist gleich geblieben, obwohl der Formstoffzerfall noch verbesserungsfähig ist. Der Verbrauch an Envibond ist in der Regel niedriger als bei herkömmlichen Gemischen. Besonders hervorzuheben ist die signifikante Verbesserung des Arbeitsumfelds: Die Gießerei wirkt sauberer, während des Gießprozesses ist kein Rauch sichtbar, und der Formsand hat eine hellere Farbe.

Es ist nicht möglich, einen allgemeinen Kosten-Nutzen-Vergleich für Envibond aufzustellen, da jede Gießerei ein spezielles, auf die eigenen Bedürfnisse zugeschnittenes Gemisch verwendet und auch ein speziell angepasstes Envibond benötigt. Generell kann eingeschätzt werden, dass die Vorteile eines niedrigeren Verbrauches, geringerer Abfallbeseitigungskosten und geringerer Kosten für die Emissions-

kontrolle zu Einsparungen in der Gießerei führen werden. Der Wert des Produktes ist für Gießereien, die noch an Emissionsauflagen arbeiten, höher, während der nicht messbare Nutzen einer saubereren Gießerei als zusätzlicher Nutzen angesehen werden kann.

Die nächste Generation von Envibond wurde bereits entwickelt und in den Laboratorien von IKO sowie in der Pilotanlage an der TU Bergakademie Freiberg erfolgreich getestet. Des Weiteren wurde das Emissionsverhalten bentonitgebundener Sandsysteme in Zusammenarbeit mit der Universität Krakau weiter untersucht. Tests wurden entwickelt, um die Emissionsmengen in jeder Gießerei vor und nach dem Einsatz von Envibond festzuhalten. Zurzeit laufende Untersuchungen analysieren den Einfluss weiterer Zusatzstoffe auf die Emissionsreduzierung. Die größte Neuerung der nächsten Envibond-Generation wird ein besserer Formstoffzerfall sein, vergleichbar mit dem Einsatz herkömmlicher Gemische. Hierdurch wird Envibond auf einem viel breiteren Anwendungsgebiet zum Einsatz kommen können und dabei den Gießereien umwelttechnische Vorteile ohne Kompromisse in den Bereichen Qualität und Effizienz bringen.

Modellierung der Kernherstellung – physikalische Modelle, Prozesssimulation, experimentelle Untersuchungen

Dr. Marc C. Schneider, Magma Gießereitechnologie GmbH, Aachen; Dipl.-Ing. Amine Serghini, Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH, Düsseldorf; Dr.-Ing. Andreas Kessler, Institut für Gießereitechnik gGmbH IFG, Düsseldorf

Mit dem technischen Entwicklungsstand bei Gießprozessen und Legierungen sind Bauteile hoher Qualität, hoher geometrischer Komplexität mit Tendenz zu dünnwandigeren Strukturen auf hohem Festigkeitsniveau Stand der Technik. Die wirtschaftliche Machbarkeit der Sandkerne zur Darstellung von Gussteilhohlräumen wird zunehmend zu einem limitierenden Faktor in der Produktentwicklung. Die Kernherstellungsprozesse finden zunehmend Beachtung.

Die Gießprozesssimulation ist mittlerweile ein zuverlässiges und intensiv genutztes Werkzeug zur Optimierung von Prozessen und ein fester Bestandteil in der Produktentwicklungskette. Basierend auf der Erfahrung langjähriger und erfolgreicher Entwicklung von Programmen für die Gießprozesssimulation wurde ein Simulationswerkzeug für die Herstellung von Kernen entwickelt [1]. Die einzelnen Prozessschritte im Lebenszyklus von Sandkernen wurden im Vortrag aufgezeigt und ein Ausblick auf ein virtuelles Werkzeug zu deren Simulation gegeben, das auf die industrielle Praxis ausgerichtet ist.

Die Beschreibung des Füllvorgangs eines Kernkastens ist ein wesentliches Ziel einer Kernschießsimulation. Bereiche mit zu geringem Füllgrad und die Sanddichteverteilung können als Funktion der Prozessparameter und der angewendeten Düsenkonfiguration bestimmt werden. Zur Erreichung dieser Ziele muss das dynamische Fließverhalten der granularen Sand/Binder-Mischungen physikalisch richtig modelliert werden. Das gekoppelte Fließen von Luft und Sandmischung wird über ein Zweiphasenmodell beschrieben, bei dem die physikalischen Eigenschaften beider Phasen getrennt betrachtet werden. Besondere Beachtung finden hierbei die energetischen Wechselwirkungen zwischen Partikeln aufgrund von inelastischen Zusammenstößen und Reibungseffekten. Auf dem Stand der Technik aufbauend wurden zusätzlich neue Modelle entwickelt und implementiert. Berücksichtigt wurden alle relevanten physikalischen Phänomene, wie insbesondere die Impulsänderung in den beiden Phasen Sandgemisch und Luft für beliebige Bereiche, von geringen Sandanteilen bis hin zu Regionen maximaler Sandverdichtung.

Zur Verifikation der Modelle und deren Anpassung an die realen Gegebenheiten wurden umfangreiche Versuchsreihen durchgeführt. Die Differenzierung der Fließfähigkeit für unterschiedliche Sand/Binder-Mischungen aus der industriellen Praxis erfolgte über systematische Untersuchungen. Der Einfluss der maschinen-typischen Druckverhältnisse und der Düsenkonfiguration im Kernkasten auf das Füllverhalten des Korns wurde ebenfalls experimentell für eine Reihe von Sand/Binder-Systemen bestimmt. Die simulierte Füllsequenz

kann mit den Experimenten verglichen werden, um die Richtigkeit der Modellanwendung auf den Füllprozess zu gewährleisten. Die gemessene Dichteverteilung der Keme stellt zusätzliche Informationen zur Validierung der Simulationen zur Verfügung.

Die Ergebnisse einer Kernschießsimulation sind in besonderem Maße von den Randbedingungen an den Schießdüsen abhängig. Das Füllen eines Kernkastens mit einer Kernsand/Luft-Mischung kann über die Vorgabe konstanter Fließbedingungen am Kernkasteneinlass angenähert werden. In der Realität sind die Fließbedingungen, wie das Sand/Luft-Verhältnis und die jeweiligen Geschwindigkeiten der einzelnen Phasen, zeitlich sehr differenziert veränderlich und zudem von der Position am Schießkopf und der Düsengeometrie abhängig. Über systematische Untersuchungen wurden die physikalischen Vorgänge in der Kernschießmaschine in Wechselwirkung mit dem Füllen von Kernkästen analysiert. Damit können realistische Randbedingungen für die Kernschießsimulation definiert werden.

Die berechnete Sanddichteverteilung nach dem Kernschießen definiert eine Korrelation zur räumlichen Porositätsverteilung und entsprechender Gasdurchlässigkeit für den Gasfluss durch die Kernsandmischung zur Binderaushärtung. Die Gasströmung durch den porösen Kernsand und die Kinetik der Binderaushärtung wurden über einen Modellansatz beschrieben, der beliebig viele Gaskomponenten berücksichtigt. Verschiedene physikalische Modelle wurden verwendet, um die unterschiedlichen physikalischen und chemischen Mechanismen der Aushärtung verschiedener Bindersysteme, wie Cold-Box-Binder oder die zunehmend angewendeten anorganischen Binder korrekt beschreiben zu können, [2, 3]. Experimente wurden durchgeführt, um die Gasdurchlässigkeit für verschiedene industrielle Kernsandmischungen in Abhängigkeit von den Schießbedingungen zu bestimmen. Hierbei wurden zusätzlich die Änderung der Gasdurchlässigkeit beim Aushärten und die Kinetik der Aushärtung differenziert berücksichtigt. Mit den gewonnenen Daten ist eine realistische Modellierung der Aushärtung für beliebige Situationen möglich.

Die mechanischen Eigenschaften der spröden Sandkerne sind von Bedeutung für deren Handling von der Kernkastentnahme bis zum erfolgreichen Einlegen in die Gießform und essentiell beim Formfüllen bis zu einem bestimmten Erstarrungsfortschritt. Aus systematischen Messungen der Kernfestigkeit nach dem Aushärten als Funktion der Schieß- und Begasungsparameter wurde eine detaillierte Datenbank erstellt, wo die mechanischen Eigenschaften der Keme mit der Kerndichte, dem Bindergehalt und der Aushärtungseffektivität

korreliert sind. Über die beiden Prozessschritte Schießen und Aushärten kann die Festigkeitsverteilung von Kernen vorhergesagt werden. Weitergehende Modelle und entsprechende experimentelle Ergebnisse ermöglichen die Berechnung der Binderersetzung beim Gießprozess und des zeitlichen Verlaufes der Druckentwicklung durch die entstehenden Gase.

Das ganzheitliche Entwicklungsprogramm, mit Validierung von Modellen für das Kernschießen, die Bindaushärtung und die Binderersetzung über systematische und zielgerichtete experimentelle Untersuchungen, wurde fokussiert auf die realen Prozesse und für typische industrielle Kernsandsysteme durchgeführt. Die umfangreichen experimentellen Ergebnisse für die untersuchten Sande sind als Materialeigenschaften und Validierungsdaten für die Simulation verfügbar.

Die Simulationsergebnisse ermöglichen eine dreidimensionale Beobachtung der komplexen dreidimensionalen physikalischen Vorgänge bei der Kernherstellung. Die aussagekräftigen Simulationsergebnisse spiegeln die Korrelation zwischen Ausgangsmaterialien, Prozessparametern und Kerneigenschaften realistisch wider. Die Ergebnisse ermöglichen eine zuverlässige Bewertung der Kernqualität und einen qualifizierten Ausblick auf die Serienproduktion.

Weitere Partner im Verbundvorhaben sind das Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern, für die Modellentwicklung und die BMW AG, Gießerei Landshut, als Anwender. Das Verbundprojekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert und vom Projektträger im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (PT-DLR) betreut.

Warmfeste Aluminium-Gusslegierungen und ihre Anwendung in PKW-Motorkomponenten

Dipl.-Ing. Rüdiger Franke* und Dan Dragulin, Aluminium Rheinfelden GmbH, Rheinfelden

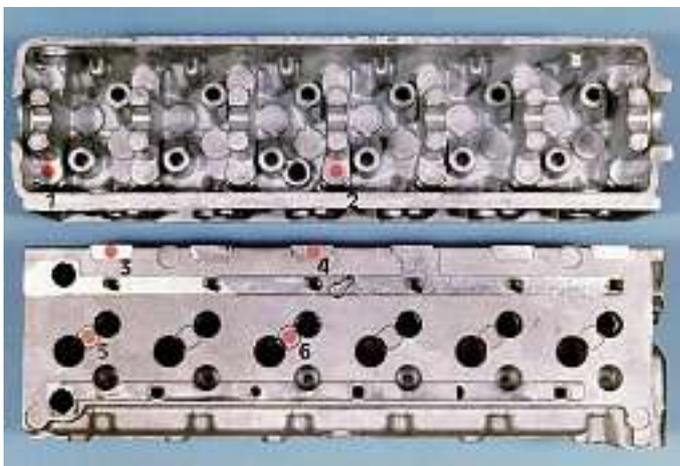


Bild 2: Druckgegossenes Zylinderkurbelgehäuse

In zunehmendem Maße wird an Aluminiumgusswerkstoffe die Forderung gestellt, auch bei erhöhten Temperaturen (>150 °C) gute mechanische Eigenschaften zu bewahren. Dies ist von besonderer

Bedeutung für Zylinderköpfe und Kurbelgehäuse heutiger Verbrennungsmotoren im Automobil. Für die Diesel- und Ottomotoren der Zukunft zeichnet sich ab, dass sie ein möglichst geringes Gewicht haben und bei höheren Drücken und Temperaturen arbeiten sollen, um Kraftstoffverbrauch und Schadstoffausstoß zu senken. Für die hiervon im Wesentlichen betroffenen Motorkomponenten Zylinderkopf und Kurbelgehäuse bedeutet dies, dass ihre mechanischen Eigenschaften auch bei Temperaturen oberhalb 150 °C stabil bleiben müssen. Im Vortrag wurde darauf eingegangen, welche Möglichkeiten hinsichtlich der Auswahl von Legierungsfamilien und Legierungselementen bestehen, die zu einer Erhöhung der Performance führen. Es wurden Legierungen für in Kokille gegossene Zylinderköpfe vorgestellt wie auch für druckgegossene Kurbelgehäuse (**Bild 2**). Für Zylinderköpfe zeigen besonders die Legierungsfamilien AlMgSi und AlCu interessante Eigenschaften. Durch die Auswahl des geeigneten Gießverfahrens lassen sich Nachteile im Gießverhalten kompensieren und Teile in zufriedenstellender Gussqualität erzeugen. Für druckgegossene Kurbelgehäuse wurden AlSi- wie AlMgSi-basierte Legierungen diskutiert. Die Werkstoffe in den jeweiligen Anwendungen bewegen sich in einem Spannungsfeld, bestehend aus den mechanischen Eigenschaften bei verschiedenen Temperaturen, der Korrosionsbeständigkeit und den Verarbeitungseigenschaften.

Magnesium-Druckgießverfahren – neueste Entwicklungen für das Druckgießen dünnwandiger Teile

Dr.-Ing. Norbert Erhard*, Ulrich Schrägle, Oskar Frech GmbH + Co. KG, Schomdorf

Gussteile aus Magnesiumlegierungen lassen sich hervorragend im Druckgießprozess herstellen. Dabei kommen grundsätzlich sowohl das Kaltkammer- als auch das Warmkammer-Verfahren zum Einsatz. Welches der beiden Verfahren vorteilhafterweise zum Einsatz kommen sollte, ist eine in der Praxis häufig gestellte Frage. Während sich die bisherigen Aussagen einzig am Teilegewicht orientierten, hat sich die Oskar Frech GmbH + Co. KG als Hersteller von Druckgießmaschinen beider Verfahrenstechnologien dieser Frage angenommen [4]. Entscheidend waren dabei praxisrelevante Prozessparameter der beiden Verfahren.

Als wesentlich und damit in gleicher Weise zu berücksichtigen wie die Maschinenteknologie Warmkammer oder Kaltkammer ist der Prozessvergleich hinsichtlich

- der Druckgießform,
- der Gussteileigenschaften und
- der Magnesium-Gussteileklassifikation (Teilespektrum).

Derzeit werden Magnesiumwerkstoffe u. a. sehr stark in der Kommunikationsindustrie eingesetzt. Extrem dünnwandige Teile mit lan-

gen Fließwegen sind üblich. Viele Konturen sind rahmenförmig angelegt, wie z. B. die Rahmen für Handys oder PDA-Displays.

Für die Herstellung eines derartigen Teilespektrums ist das Warmkammer-Verfahren prädestiniert. Da die gesamte Gießeinheit im Warmkammer-Verfahren auf dem Niveau der Schmelze temperiert wird, sind die thermischen Verluste der Schmelze auf dem Weg vom Schmelzofen zur Form sehr gering, so dass die gute Fließfähigkeit bis zum Füllen der Form erhalten bleibt. Dieses System begünstigt damit auch eine im Allgemeinen niedrigere Schmelzetemperatur.

Neueste Entwicklungen im Warmkammer-Druckgießprozess setzen genau hier an, wenn es darum geht, die Funktionalität weiter zu verbessern. Ein neues Ofensystem stellt sicher, dass die Dosierung der Schmelze über das Gießbehälter-Kolbensystem unabhängig vom Füllstand des Ofens absolut konstant bleibt. Magnesium-Ofen und Druckgießmaschine bilden regelungstechnisch eine Einheit. Die Prozessführung der Gesamtanlage bezieht so die einzelnen Betriebszustände ein, fährt und dokumentiert den Druckgießprozess entsprechend vollautomatisch. Die Schutzbegasung des Ofens ist ebenfalls integrierter Bestandteil des Ofensystems. Damit wird das Minimaldo-

sieren der Inertgase möglich, aber auch höchste Performance in Bezug auf die Anlagensicherheit.

Verbesserungen in der Beheizungstechnik am Gießsystem (d. h. Gießbehälter, Mundstück und Düse) ermöglichen heute eine homogene Temperaturverteilung, wenn die Wärmeverluste über Maschine und Anlage im Design entsprechend einbezogen und minimiert wurden. Frech hat ein neues elektrisches Beheizungssystem entwickelt. Dessen Vorteile liegen in der genauen Prozessführung, in der Regelung und in der Prozessüberwachung des gesamten Temperaturhaushalts zwischen Ofen und Form. Zudem ist es damit möglich, das Formendesign auch beim Magnesium-Druckgießen so weiterzuentwickeln, dass die Menge des Rücklaufmaterials je Abguss deutlich reduziert wird.

So gehen Verfahrens- und Prozessvorteile mit wirtschaftlichen Vorteilen und Produktivitätszuwächsen einher. Voraussetzung dafür, dass

der Gießerei diese auch so einfach wie möglich nutzen kann, sind integrierte Anlagensysteme, die den kompletten Prozess abbilden und nicht nur auf einzelnes gerätetechnisches Equipment begrenzt sind.

Literatur

- [1] Rogers, C.: A virtual tool for the manufacture and use of foundry cores and molds, modeling of casting, welding and advanced solidification processes XI. TMS 2006.
- [2] <http://www.huettenes-albertus.de/Cold-Box.314.0.html>.
- [3] <http://www.huettenes-albertus.de/Anorganische-Binder.315.0.html>.
- [4] Gießen von Magnesium-Legierungen auf Warmkammer- und Kaltkammer-Druckgießmaschinen. 22. Aalener Gießereisymposium 2001.

Die Vortragskurzfassungen wurden uns in dankenswerter Weise von der Redaktion der GIesserei, VDG Düsseldorf, zur Verfügung gestellt.

NEWCAST FORUM – Teil 2

Leichtbau und Bauteiloptimierung durch innovative Konstruktionen

(Teil 2 – Kurzfassungen der auf dem NEWCAST Forum anlässlich der GIFA in Düsseldorf am Freitag, 15. Juni 2007, gehaltenen Vorträge)

Nachdem es am ersten Tag des Newcast Forums (GIesserei RUNDSCHAU, Heft 7/8 2007, Seite 142/144) hauptsächlich um Topologie- und Bauteiloptimierung ging, drehte sich der zweite Forumstag am 15. Juni 2007 um die verschiedenen Gusswerkstoffe und deren Eigenschaften für innovative Konstruktionen und Anwendungen sowie um die verschiedenen Gießverfahren. Gussanwender und Konstrukteure konnten sich einen Überblick über den Stand der Technik und die neuesten Möglichkeiten der Bauteilgestaltung sowie über die Chancen und Möglichkeiten machen, die Gussprodukte bieten.

Folgend aufgeführt sind die Kurzfassungen der Vorträge des zweiten Forumstages.)*

Über **die Welt des duktilen Gusseisens** referierte Professor Ernst Peter Warnke, Siempelkamp Giesserei GmbH, Krefeld.

Eisen, Kohlenstoff, Silicium und weitere Elemente sind die Bestandteile, aus denen Gusseisen mit Kugelgraphit gefertigt wird. Kein anderer Werkstoff ist mit diesen Komponenten in variierender Zusammensetzung so vielseitig herstellbar, mit Wärmebehandlung bzw. gezielter Temperaturführung in so vielen Eigenschaften einstellbar, wie duktilen Gusseisen.

So ist es möglich, verschiedene Eigenschaften zu erzeugen, wie z. B. hartes oder zähes, ultrahochfestes oder duktilen Verhalten. Das Gefüge ist durch eine Wärmebehandlung als Ferrit, Perlit, Bainit, Ausferrit und Martensit einstellbar; und das alles mit den anfangs genannten Komponenten. Diese können durch Spuren von anderen Elementen ergänzt werden, wie Kupfer, Molybdän, Nickel und Seltenen Erden, um bestimmte Eigenschaften gezielt einstellen zu können.

Entsprechend dieser Vielfalt sind auch die Einsatzgebiete: von PKW-Kurbelwellen, Turboladern und Abgaskrümmern als verhältnismäßig kleine Gussteile reicht die Palette bei Großgussteilen von Walzenständen, Pressenkomponenten, Maschinenbetten über Transport- und Lagerbehälter, Verdichter- und Turbinengehäuse über Großmotoren, Mahlschüsseln, Mühlenkomponenten bis hin zu Gussteilen für die Windkraftindustrie. Die Gussteile haben eine Gewichtsklasse, die von wenigen Gramm bis mehrere 100 t reichen kann. Weltrekorde belegen eindeutig die herausragenden Pionierleistungen.

Was die Verwendung von Gusseisen mit Kugelgraphit noch mehr voranbringt, ist die Vielfältigkeit der Gestaltungsmöglichkeit durch Gießen. Seit einigen Jahren gibt es Software, die den Konstrukteur durch Gestaltungsvorschläge unterstützt, um eine optimale Geometrie- und Beanspruchungskonfiguration zu finden. So ist der Einsatz

von duktilem Gusseisen auch in der Zukunft ein weiter wachsender Wirtschaftszweig.

Der Vortrag von Dr.-Ing. N. Grov, ae light metal casting GmbH & co kg, Gerstungen, handelte von **Trends bei der Fertigung von hochbeanspruchten Aluminium-Druckguss-Bauteilen**.

Die Forderung nach weiterer Gewichtsreduktion im Automobilbau macht den Einsatz werkstofflichen und konstruktiven Leichtbaus, insbesondere vor den aktuellen Diskussionen zur Reduzierung der Emissionen, hoch aktuell. Neben den für Aluminiumguss-Komponenten traditionellen Bereichen im Motor- und Getriebebau ist ein Trend zu hoch beanspruchten Aluminium-Druckgussbauteilen zu beobachten. Häufig sind diese Bauteile sowohl schweißgeeignet als auch wärmebehandelbar. Zur Erzielung dieser Eigenschaften sind die Bauteilkonstruktion und der Gießprozess entsprechend zu optimieren. Solche Bauteile erfüllen dann hohe Festigkeitsanforderungen bei geringen Eigengewichten. Die gängigen Aluminiumlegierungen für hoch beanspruchte Druckguss-Komponenten wurden in dem Beitrag vorgestellt und die Potentiale bewertet.

Das als Near-Netshape-Verfahren einzustufende Druckgießverfahren bietet bei hoch beanspruchten Bauteilen sowohl Kosten- als auch technologische Vorteile gegenüber dem Sand- und Kokillenguss. Folgende ausgewählte Beispiele zeigen die Möglichkeiten, die das Druckgießen heute bietet:

- Dämpferaufnahme für den Porsche Cheyenne, VW Touareg und AUDI Q7,
- Oberer Querlenker für den Porsche Cheyenne, VW Touareg und AUDI Q7,
- Motorradfelge für alle MZ 1000 Versionen,
- Anbindeteile für die Tür-Fensterahmen des AUDI A4.

Anhand der Beispiele wurde gezeigt, dass die Gießerei nicht nur Gussteillieferant ist, sondern kompetenter und anerkannter Entwicklungspartner, der die Bauteilentwicklung verantwortlich durchführt. Die Automobilindustrie erwartet bei ihren Entwicklungen schon heute, dass bereits im Prototypenstadium Serienqualität geliefert und eine Abschätzung der Serienfertigung bezüglich Kosten und Fertigungsfähigkeit durchgeführt wird. Dafür ist es heute selbstverständlich, dass die Gießerei ihr Wissen frühzeitig mit in den Entwicklungsprozess einbringt. Eine innovative Gießerei ist heute in der Lage, neben der zum Standard gehörenden Formfüll- und Erstarrungssimulation sowie Konstruktion auch Festigkeitsberechnungen als Ergebnis einer durchgeführten Beanspruchungssimulation inhouse durchzuführen und so an der CAD-Durchgängigkeit teilzunehmen. Aber

*) Leider lagen zu Redaktionsschluss nicht alle Kurzfassungen vor.

auch die Anwendung hochgenauer Mess- und Prüftechnik gehört zu einem ganzheitlichen Ansatz für eine erfolgreiche Serienentwicklung.

Das Gefüge der druckgegossenen Bauteile aus AlSi-Legierungen weist meistens nadelige Siliciumausscheidungen auf. Daher kommt es auch bei nahezu lunkerfrei gegossenen Bauteilen bei hohen äußeren Belastungen zu einem spröden Bruch des Bauteils.

Eine Wärmebehandlung, bei der sich das Silicium rund einformt, kann die Duktilität des Werkstoffes deutlich erhöhen. Das Magnesium geht in Lösung und bildet bei der anschließenden Warmauslagerung kohärente bzw. semi-kohärente Phasen, die zu einer deutlichen Erhöhung der Streckgrenze führen.

Die AlMg-Legierungen sind kaltaushärtend und benötigen für die Erreichung ihrer Festigkeiten keine Wärmebehandlungen. Als Beispiel für diese Legierungsgruppe ist hier die Legierung AlMg5Si2Mn zu nennen. Unter der Voraussetzung, dass der Guss frei von Einschlüssen und Lunkern ist, hängt die Festigkeit des Bauteiles auch von den Wandstärken ab.

Im Rahmen einer Eigenentwicklung ist es der ae group gelungen, die lokalen Festigkeitseigenschaften von Bauteilen dieser Legierungsgrup-

Die ae group bietet das gesamte Leistungsspektrum im Druckguss. Sie ist in der Lage, neben dem zum Standard gehörenden Gieß- und Erstarrungssimulationen auch Festigkeitsberechnungen inhouse durchzuführen. Diese schließt eine statische und dynamische Prüfung der Bauteile ein. Durch das vorliegende Werkstoff Know-how wird dann der für das Bauteil optimale Werkstoff ausgewählt.

Wird die vorhandene Entwicklungskompetenz der ae group schon in der Konzeptphase genutzt, so kann eine Kosten-, Funktions- und Fertigungsoptimierung erfolgen, die häufig in einer späteren Entwicklungsphase nicht mehr umsetzbar ist. Von der Bauteiloptimierung, der druckgussgerechten Gestaltung bis hin zur Entwicklung optimierter Lösungen zur Erreichung der erforderlichen technologischen Kennwerte bietet die ae group ihren Kunden eine optimale Lösung an. Gemeinsame Entwicklungsarbeiten mit dem Kunden schaffen bei vielen Bauteilen Gewichts- und Kostenvorteile.

Die ae group hat weltweit sieben Standorte in Deutschland, Polen und USA und beschäftigt derzeit ca. 1.700 Mitarbeiter.

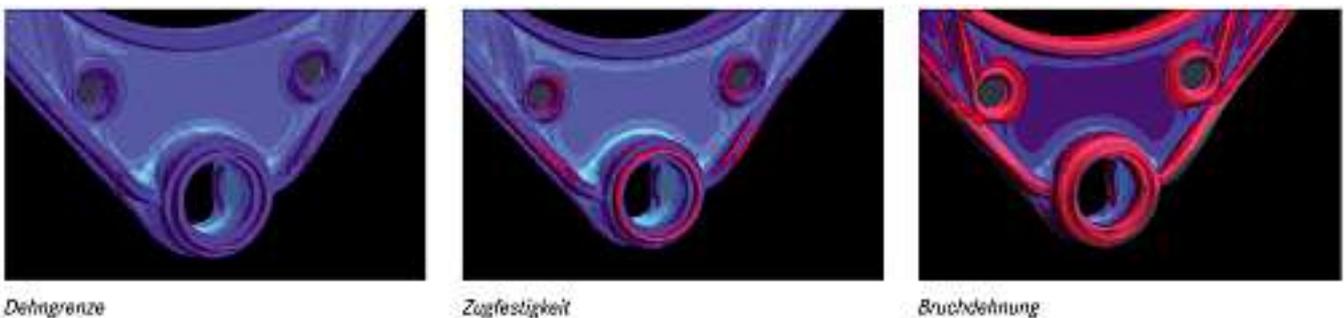


Bild 1: Visualisierung der berechneten mechanisch-technologischen Eigenschaften des Bauteils Querlenker aus der Legierung AlMg5Si2Mn

pe zu berechnen. Dargestellt sind die lokale Dehngrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung eines Bauteils (**Bild 1**). Die berechneten Werte konnten im Bauteilversuch verifiziert werden. Dies bietet die Möglichkeit, bereits bei der Bauteilentwicklung die Eigenschaften des späteren Druckgussbauteils in der Serie zu ermitteln.

Die ae group produziert hoch beanspruchte, druckgegossene Bauteile in Großserien. Hierbei kommen Legierungen aus beiden genannten Legierungsgruppen zum Einsatz. Eine Reihe von Bauteilen der Le-



Bild 2: Die Rohbautüren der Fahrzeuge AUDI A4 und AUDI A3 haben Anbindebauteile aus der Legierung AlMg5Si2Mn und sind schweißgeeignet. Es werden jährlich 4,6 Millionen Bauteile gegossen.

Foto: ae group

gierungsgruppe AlSi wird in Serie wärmebehandelt, um Bruchdehnungen von 4-8 % zu erzielen, wobei z. B. Anbindebauteile für Türrahmen (**Bild 2**) aus der Legierung AlMg5Si2Mn ohne Wärmebehandlung eine Bruchdehnung von über 10 % aufweisen.

Die Darstellungen zeigen, dass Druckgussbauteile heute schweißgeeignet sind und einer vollständigen Wärmebehandlung nach T6 unterzogen werden können. So werden heute höchst beanspruchte, druckgegossene Fahrwerksteile im PKW in Großserien eingesetzt.

Andere innovative Lösungen bietet das Near-Netshape-Verfahren. Das Druckgießen mit höchster Präzision ersetzt sonst notwendige mechanische Bearbeitung der Bauteile.

Gerd Bühner, Adolf Föhl GmbH + Co. KG, Rudersberg berichtete über **Intelligente Systemlösungen in Zink.**

Vom Lohngießer zum Entwicklungs- und Systemlieferant; die Anforderungen an die Druckgießer haben sich dramatisch verändert. Vom ehemals reinen Gießer wird heute Entwicklungskompetenz bis zur prozesssicheren Systemlieferung erwartet. Zink bietet sich für eine prozesssichere Fertigung an: dünne Wandstärken und geringe Entformschrägen, höchste Reproduzierbarkeit in engsten Toleranzen. Und das bei hohen Festigkeitswerten, sehr guter elektromagnetischer Abschirmung usw.

Das Warmkammerverfahren gewährleistet dabei die größtmögliche Reproduzierbarkeit. Im Vergleich zu anderen Gießverfahren kommt die zur Verarbeitung entnommene Schmelze kaum mit Luft in Berührung und durch Mehrkammeröfen kann nicht nur die Metallbadtemperatur konstant gehalten werden, sondern ist auch das erforderliche Gießvolumen absolut gleichbleibend, was eine zuverlässige Einhaltung der Gießparameter in engsten Regelbereichen erlaubt. Zink bietet im Vergleich zu anderen Materialien wie Stahl, Aluminium, Magnesium oder Kunststoff zahlreiche Vorteile, welche in einer aktuellen, umfassenden Ausarbeitung der IZA Europe beschrieben sind. Unabhängig vom Werkstoff gilt: Je früher der Verarbeiter in die Entwicklung eingebunden wird, desto eher kann der Experte technische und wirtschaftliche Vorteile für den Anwender generieren. Eine gießtechnische Beratung bereits bei der Materialauswahl kann durch Füll- und Erstarrungssimulationen und vorausschauende Berechnungen unterstützt werden. Eine zielorientierte, anwendungsgerechte Konstruktion kann durch Prototypen eine Form erhalten und dann durch weitere Metallmuster in Forschung und Entwicklung erste Praxistests bestehen.

Die Prozessoptimierung von der automatisierten Druckgießzelle über die mechanische Bearbeitung bis zur vollautomatischen Montage kompletter Baugruppen (**Bild 3**) rundet die vollständige Dienstleistungskette des modernen Zinkdruckgießers ab. Der Anwender erwartet heute vom Druckgießer intelligente Systemlösungen, durch entscheidende Entwicklungskompetenz von der Auswahl des Materials bis hin zur Gestaltung in der Praxis wie z. B. mit einer Sicherheits-

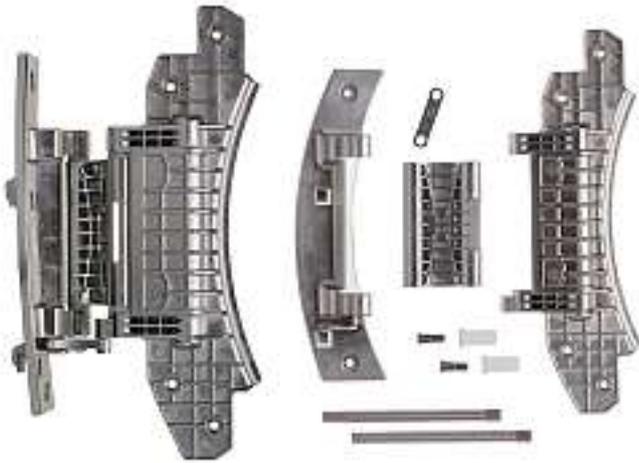


Bild 3: Von der Unterstützung in der Entwicklung über die Fertigung der Einzelteile bis zur Montage des kompletten Systems

(Mit freundlicher Genehmigung der Firma Bauknecht Hausgeräte GmbH, Schomdorf)

gurtaufrollachse im Automobil, einem Montage-Halterahmen für die Lenksäule oder einer Aufnahme für eine CD-Laserlinse realisiert.

Oder der Kunde erwartet Kombinationen aus verschiedenen Werkstoffen, z. B. Stahl und Zink oder Zink und Kunststoff, was immer öfter realisiert wird, um die individuellen Vorteile der einzelnen Materialien zu nutzen (Funktionsintegrität). Oder, man bildet eben für den Partner gleich das komplette System ab. Entwickelt, konstruiert, produziert Gussteile und Spritzgussteile selbst, kauft andere Einzelteile zu und montiert dann die gesamte Baugruppe inklusive Funktionsprüfung. So macht man heute intelligente Systemlösungen in Zink zum Nutzen der Kunden.

Getriebegehäuse für schwere Nutzfahrzeuge aus Aluminium-Druckguss war das Thema des Vortrages von Dipl.-Ing. Ansgar Pithan, Honsel GmbH & Co. KG, Meschede.



Bild 4: Getriebe Ecosplit, ZF. Foto: Honsel

Offene Märkte und globaler Wettbewerb haben zu einem bemerkenswerten Anstieg benötigter Transportkapazitäten geführt. In den ausgefeilten, sensiblen Logistikketten spielt nach wie vor der Einsatz von Lastkraftwagen die wichtigste Rolle.

Hohe Kraftstoffpreise und Gebühren, Forderungen zu Emissionsminderungs-Maßnahmen und unbefriedigende Erträge der Transportunternehmen haben im Nutzfahrzeugbau zu einem Innovationsschub geführt, der vor allem die Erhöhung der Nutzlast zum Ziel hat. „Downsizing“ und der Einsatz von Leichtbaumaterialien bilden hierzu die wichtigsten Lösungsansätze. Die Substitution von Getriebegehäusen aus Gusseisen durch Aluminiumguss ist dazu ein gutes Beispiel (**Bild 4**).

Heute verwendet jeder europäische LKW-Hersteller Aluminiumgetriebegehäuse. Diese gehören zu den größten und schwersten Al-Großserien Gussteilen überhaupt. Durch den Einsatz von Leichtmetall konnten bei modernen LKW-Getrieben Gewichtseinsparungen bis zu 70 kg erzielt werden. Die Gehäuse bestehen aus zwei oder drei Gussteilen, deren Einzelgewichte bis zu 40 kg betragen. Die entsprechenden Abgussgewichte betragen dabei 70 kg.

Der weitaus größte Anteil dieser Bauteile wird durch Druckgießen hergestellt. Dieses Gießverfahren bietet nicht nur kostenseitig, sondern auch technologisch viele Vorteile. Dazu gehören beispielsweise das maßgenaue Gießen von Zahnkränzen, die Integration kleinster Kanal-

querschnitte und die Einhaltung besonderer Rundheitsansprüche. Aufwändige Bearbeitungsvorgänge können dadurch eingespart werden.

Die Beherrschung großer Wärmemengen und deren gezielte Ableitung erfordern bei solch schweren Teilen sowohl im Gießprozess als auch bei der Auslegung von Werkzeugen besondere Maßnahmen. Formfüll- und Erstarrungssimulationen sowie Wärmebildaufnahmen sind hierbei unentbehrliche Hilfsmittel. Hinsichtlich der Gefügequalität dieser Gussteile werden besonders auch in dickwandigen Partien hohe Ansprüche an die Porosität gestellt.

Honsel ist der größte Gussteillieferant für alle europäischen LKW-Getriebehersteller. Dazu werden an den Standorten Meschede und Nürnberg Großmaschinen mit Schließkräften von 20 bis 46 kN betrieben. Weitere Druckgießereien befinden sich in Frankreich, Brasilien und Kanada. Auch im Sand- und Kokillenguss werden LKW-Getriebekomponenten gefertigt.

Über **Aluminium-Leichtbau bei Hochleistungs-Motorblöcken** referierte Dr. Klaus Lellig, Nemak, Dillingen.

Die spezifische Leistung von modernen Motoren ist in den letzten Jahren stark gestiegen und wird wohl auch weiterhin steigen. Parallel zu dieser Entwicklung wird aus Gewichtsgründen seit Ende der 80er-Jahre zunehmend das Leichtmetall Aluminium als Werkstoff für Kurbelgehäuse eingesetzt. Bei Zylinderköpfen ist die Substitution des Graugusses durch Aluminium im PKW-Bereich zu nahezu 100 % abgeschlossen. Bei Motorblöcken liegt der Anteil an Leichtmetallgehäusen im Benzinbereich bei etwa 70 %. Zunehmend setzt sich der Werkstoff auch im Dieselmotorbereich durch.

Als optimales Gießverfahren für Hochleistungs-Dieselmotoren hat sich das Kempaketverfahren der im Südwesten Deutschlands beheimateten Gießerei Nemak in Dillingen herausgestellt. Ohne Einlegeteile, Zuganker und Verstärkungen ist es gelungen, die bemerkenswert hohen Anforderungen an das Bauteil hinsichtlich der extremen spezifischen Leistung bei neuen Motorengenerationen zu erfüllen. Zwischenzeitlich werden in Dillingen zwei bedeutende Großserien von Motorblöcken gefertigt, die zu Recht als Referenzprodukte bezeichnet werden können: ein 3,0 l V6 CDI für DaimlerChrysler und ein 2,0 l D N47 Vierzylinder-Reihenmotor für das Haus BMW.

Die wesentlichen Herausforderungen an Motorblöcke für Hochleistungsdieselmotoren sind die hohen Dauerfestigkeiten, die insbesondere in der Kurbelwellenlager-Verschraubung gefordert werden. Aber auch die Zylinderkopftrennfläche, die aus Steifigkeitsgründen im Closed Deck-Design ausgeführt wird, muss hohen Belastungen gewachsen sein. Insbesondere dem Stegbereich zwischen den Zylindern kommt eine große Bedeutung zu. Durch gezielte Einstellung bester Gefüge in kritischen Bereichen gelingt es mit dem Kempaketverfahren, die geforderten Bauteileigenschaften lokal gezielt einzustellen. Die wesentlichen Einflussgrößen sind dabei die geeignete Gießtechnik, optimierte Legierungszusammensetzung und Wärmebehandlung. Durch optimierte Verfahrenstechnik werden Bauteileigenschaften erreicht, die kaum durch andere Gießverfahren zu erzielen sind.

Gleichzeitig wird die Designfreiheit des Verfahrens genutzt, um den Materialeinsatz zu minimieren. So kann bei diesem Verfahren das Gesamtgewicht des Bauteils gegenüber dem Kokillengussverfahren um 20 % reduziert werden. Durch die Integration von Anbauteilen und weiterer Funktionalitäten (Öl- und Wasserkanäle, Gehäuse, Flansche mit Anschlüssen, Kettenkasten, Ausgleichswellenräume) werden das Gesamtgewicht des Motors und das Packaging weiter optimiert.

Bei modernen Dieselmotoren aus Aluminium sind die verschiedenen Lösungen der Laufflächentechnologie sehr interessant. Während beim V6 CDI von DaimlerChrysler auf eine eingegossene Graugussbuchse mit speziell strukturierter Oberfläche gesetzt wird, kommt bei BMW eine gefügte Buchse mit sehr geringer Wandstärke zum Einsatz. Dies stellt an den Gießer sehr unterschiedliche Anforderungen. Während bei der Graugussbuchse der spaltfreie Einguss zwingend erforderlich ist, konzentrieren sich bei der nachträglich eingesetzten Buchse die Anforderungen auf optimale Festigkeitseigenschaften der Zylinderwand sowie auf Porenfreiheit. Die Anforderungen sind besonders hoch, da aufgrund der hohen Zünddrücke (bis 200 bar) sehr

hohe Belastungen auf das Gussteil in diesem Bereich wirken. Gleichzeitig werden in aller Regel dünne Kühlkanäle zwischen den Linern platziert, welche die Struktur zusätzlich schwächen. Diese Kühlkanäle mit einem Durchmesser von 1-2 mm können entweder nachträglich gebohrt, oder, eleganter, durch eine spezielle Kerntechnologie vorgegossen werden. Bei einigen zukunftsweisenden Projekten wird auch im Dieselmotorbereich auf die Graugussbuchse verzichtet und es kommen Beschichtungsverfahren zum Einsatz. Aus Sicht des Vortragenden hat hier das Laserlegieren den entscheidenden Vorteil, da es durch das Aufschmelzen und Auflegieren der obersten Materialschicht zu einem monolithischen Verbund kommt und daher ein deutlicher Vorteil gegenüber Beschichtungsverfahren zu sehen ist.

Mit zwei Millionen ausgelieferten Gussteilen in 2006 hat sich unter den Automobilzulieferern für Aluminiumguss das Kernpaketverfahren für hohe Stückzahlen etabliert. Ein beträchtlicher Teil hiervon sind hoch technologische Dieselmotorblöcke, und auch für die kommende Generation von Hochleistungs-Benzinmotoren ist das Kernpaketverfahren die erste Wahl.

Der Vortrag von *Dr.-Ing. Jens Schreiner, Evosteel GmbH, Leipzig* hatte den Titel **Leicht, sicher, intelligent – dünnwandiger Stahlguss für Anwendungen im Fahrzeugbau.**

Leichtbau ist bei der Entwicklung von Fahrzeugkonzepten zu einer der obersten Maximen geworden. Getrieben wird dieses Thema durch die Forderung treibstoffsparende und ressourcenschonende Fahrzeugmodelle zu entwickeln, aber gleichzeitig auch ein Mehr an Sicherheits- und Komforteinrichtungen im Fahrzeug zu integrieren, ohne ein unverhältnismäßiges Ansteigen des Fahrzeuggesamtgewichtes zu verursachen. In der Gesamtbetrachtung lässt sich Leichtbau jedoch nicht nur auf die bloße Verwendung von „leichten“ Werkstoffen wie Aluminium oder Magnesium reduzieren. Er findet vielmehr im Zusammenspiel zwischen Bauteilkonstruktion, Werkstoffen und Produktionsverfahren statt. So ist Aluminium zwar leichter als Stahl, kann im Vergleich zu Stahl aber weniger hohe Kräfte aufnehmen und hat bis zum Bruch nur ein geringes Dehnvermögen. Aus diesem Grunde ist Stahl der bestimmende Werkstoff im Karosserie- und Fahrzeugbau, vor allem in hoch belasteten und crashrelevanten Bereichen. Getrieben von der Forderung nach Gewichtseinsparung und Produktionsvereinfachung müssen für den „schweren“ Werkstoff Stahl aber neue Wege gefunden werden, Gewicht zu reduzieren. Dies kann durch Vereinfachung und Zusammenfassung von komplexen Baugruppen und einer belastungsgerechten Gestaltung von Bauteilen, mit variablen Wandstärken in belasteten Bereichen und Materialausparungen in unbelasteten Bereichen, erfolgen.

Um dies zu bewerkstelligen, sind Herstellprozesse mit hohen gestalterischen Freiheitsgraden notwendig. Die wirtschaftlichsten Verfahren stellen hierbei die Gießverfahren dar – die Verbindung des Konstruktionswerkstoffes Stahl mit Guss eine logische Schlussfolgerung. Allerdings existierte bislang kein Seriengießprozess für komplexe, dünnwandige Stahlgussbauteile im Blechdickenbereich. Ebendies ist aber Bedingung, um Leichtbau mit Stahl betreiben zu können.

Das 3cast-Verfahren der Evosteel GmbH schließt diese Lücke durch einen exakt kontrollierbaren, automatisierten Gießprozess und erweitert damit das Anwendungsspektrum von Stahlgussbauteilen auf einen minimalen Wandstärkenbereich von 1,5 mm. Damit können komplexe und hoch integrative Stahlgussstrukturen im Wandstärkenbereich von 1,5 bis 3 mm realisiert werden, welche interessante



Bild 5: Detailaufnahme: Dünnwandiger Stahlguss. Foto: Evosteel

Anwendungsmöglichkeiten in der Karosserie, im Fahrwerk und im Aggregatebereich eröffnen und den qualitativ hohen Anforderungen der Automobilindustrie gerecht werden (**Bild 5**).

Dr.-Ing. Falco Paepenmüller, Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen, hat auf dem Newcastle Forum das Thema **Dynamisches Verhalten unterschiedlicher Werk- und Füllstoffe für gegossene Strukturbauteile von Werkzeugmaschinen** vorgetragen.

Werkzeugmaschinenkomponenten werden heute in der Regel als Stahl-Schweißkonstruktion oder als Gusskonstruktion aus Gusseisen mit Lamellengraphit oder Kugelgraphit realisiert. Die hohe Gestaltungsfreiheit bei Gusskonstruktionen bietet dabei insbesondere im Hinblick auf hohe Steifigkeit und gutes Dämpfungsvermögen eine sehr vorteilhafte Eigenschaftskombination. Für die Herstellung von Gussteilen werden zur Realisierung von komplexen Hinterschnitten und Bauteilhohlräumen Gießereisandkerne verwendet. Üblicherweise werden zur Gussteilherstellung Kerne eingesetzt, die infolge der Gießhitze den gewünschten Festigkeitsverlust aufweisen, folglich zerfallen, um nahezu rieselfähig aus dem Gussteil entfernt werden zu können.

Unterschiedliche Füll- und Kernwerkstoffe werden häufig in den Gussbauteilen belassen, um gerade bei hoch dynamischen Werkzeugmaschinen die Masse des Bettes zu erhöhen und die Dämpfungseigenschaften zu steigern. Allerdings ist nicht hinreichend bekannt, welchen Einfluss unterschiedliche Kernwerkstoffe auf die Strukturdämpfung haben. Einige Hersteller haben Eigenentwicklungen vorangetrieben, jedoch ohne verlässliche Vergleichsaussagen.

Für Maschinenhersteller stellt sich häufig die Frage, welchen Einfluss unterschiedliche Füll- und Kernwerkstoffe auf gegossene Strukturbauteile von Werkzeugmaschinen haben. Mangelnde Kenntnis über dynamische Eigenschaften sowie fehlende Richtlinien zur werkstoff- und verfahrensgerechten Konstruktion mit innen belassenen Kernen erschweren die objektive Bewertung des geeigneten Füll- und Kernwerkstoffes. Im Rahmen dieses Vortrags wurden Ergebnisse eines von der AiF geförderten Forschungsprojektes vorgestellt, bei dem der Einfluss unterschiedlicher Kernwerkstoffe, wie Sand, Beton und Reaktionsharzbeton auf die Eigenschaften von Strukturbauteilen systematisch untersucht wurde (**Bild 6**). So wurden unter anderem Sandkerne so modifiziert, dass sie nicht durch die Gießhitze zerfallen und folglich stabil und dauerhaft im Gussteil verbleiben können. Der herbeigeführte Werkstoffverbund lässt dadurch eine Eigenschaftskombination von verbesserten Dämpfungseigenschaften erwarten. Gussbauteile mit innen belassenen Kernen sind gerade für unbewegte Maschinenbauteile, wie Maschinenbetten und Ständer, besonders geeignet. Die Ergebnisse der vorgestellten Untersuchungen ermöglichen die Beurteilung der Eignung verschiedener Werkstoffverbunde im Hinblick auf einen optimalen Einsatz für unterschiedliche Anwendungen.

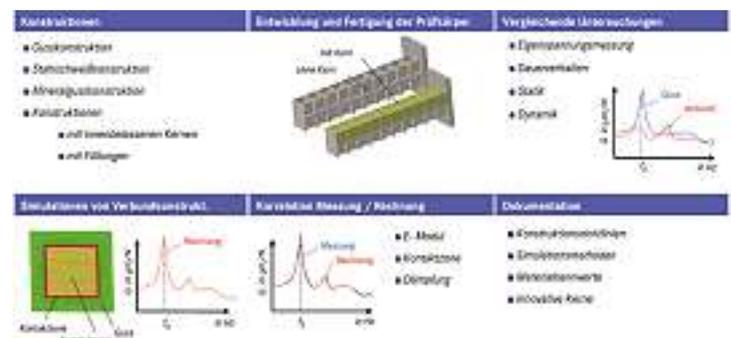


Bild 6: Simulation und messtechnische Untersuchung unterschiedlicher Werkstoffe für Werkzeugmaschinenstrukturen.

Der gezielte Einsatz solcher neuer Materialkombinationen setzt außerdem voraus, dass die Eigenschaften der Werkstoffverbunde, bzw. des so gefertigten Bauteiles, durch Simulationen vorhergesagt werden können, um den Nutzen im Vorfeld bestimmen und bewerten zu können. Vor diesem Hintergrund wurden Methoden zur Finite-Elemente-Simulation von Strukturbauteilen mit innen belassenen Kernen entwickelt und mit Hilfe von umfassenden Versuchen verifiziert.

Das Vorhaben wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft BMWi über die AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ im Rahmen des Programms ZUTECH (Vorhaben Nr. 160 ZN) gefördert und vom VDG Verein Deutscher Giessereifachleute e.V. fachlich betreut. Hierfür sei auch an dieser Stelle gedankt.

Der vollständige Schlussbericht kann bezogen werden vom VDG-Informationszentrum Giesserei (Fax-Nr. +49 (0)211 / 6871-361).

Abschließend berichtete Dipl.-Ing. Franz Klubberg, Institut für Werkstoffanwendungen im Maschinenbau, RWTH Aachen über **Schwingfestigkeit von Gusseisen mit Lamellengraphit – Literaturdatenauswertung und Aspekte zum mehrachsigen Festigkeitsnachweis.**

Die rechnerische Vorausbestimmung der Schwingfestigkeit von Bauteilen auf der Grundlage von Kennwertfunktionen und Festigkeitshypothesen gewinnt in den letzten Jahren aufgrund der Forderungen nach Leichtbau und Kostensenkung zunehmend an Bedeutung. Lamellares Gusseisen (GJL) ist ein wichtiger metallischer Gusswerkstoff. Die Hersteller dieser Werkstoffgruppe haben sehr viel Entwicklungs-

arbeit geleistet, um gewichtsparend mit sehr dünnen Wandstärken zu gießen, sodass betriebsbeanspruchte Bauteile wie beispielsweise Kurbelgehäuse aus GJL heute wieder eine ernstzunehmende Alternative zu Aluminiumguss sind. Dem so erarbeiteten Vorteil wirkt entgegen, dass sich in der Praxis die konventionellen Festigkeitsrechnungen für dünnwandige Bauteile aus GJL als unsicher erwiesen haben, wenn komplexe mehraxiale Schwingbeanspruchungen vorlagen.

Veröffentlichte Schwingfestigkeitswerte, auf die sich die Berechnungen beim Festigkeitsnachweis abstützen, sind überwiegend relativ alt, unzureichend abgesichert und in Hinsicht auf das Werkstoffgefüge mangelhaft dokumentiert. Aus der Gesamtheit aller Untersuchungen zur Schwingfestigkeit von GJL erhält man statistisch höhere Torsionswechselfestigkeiten t_w als Zugdruckwechselfestigkeiten s_w . Keine Rechenvorschrift oder Festigkeitshypothese trägt diesem Werkstoffverhalten Rechnung. Dies wird auch durch neuere eigene Untersuchungen bestätigt, bei denen das Wechselfestigkeitsverhältnis t_w/s_w deutlich größer als der Wert 1 ist und somit außerhalb des bisher angenommenen Gültigkeitsbereichs bekannter Festigkeitshypothesen liegt. Die herkömmliche Auslegung nach der Normalspannungshypothese

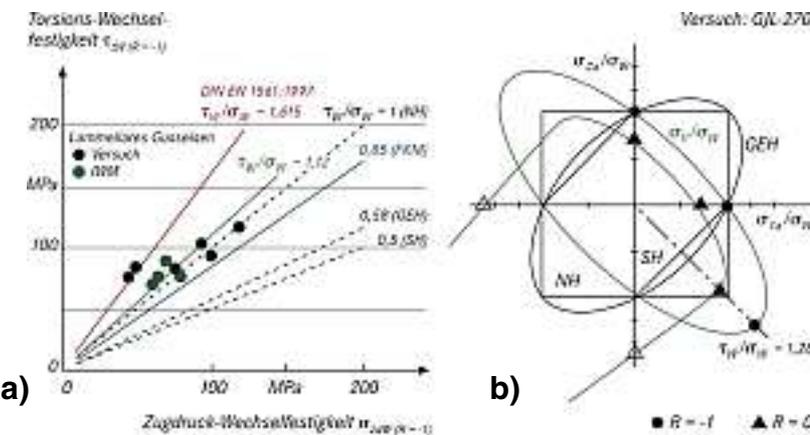


Bild 7 a: Schwingfestigkeitsverhältnis zwischen Torsion und Zugdruck-Wechselfestigkeit für lamellares Gusseisen – Versuchs- und Literaturauswertung im Vergleich zu herkömmlichen Rechenempfehlungen

Bild 7 b: Messergebnisse für die Dauerfestigkeitsamplituden von GJL-270 unter wechselnder ($R = -1$) und schwellender ($R = 0$) Axial- bzw. Torsionsbelastung im Hauptnormalspannungs-Koordinatensystem und prognostizierte Versagensgrenzen bei mehrachsiger Beanspruchung

NH ($t_w/s_w = 1$) kann demzufolge das Versagensverhalten unter mehrachsig schwingender Beanspruchung nicht richtig wiedergeben. Trägt man axiale und Torsionsdauerfestigkeiten aus sorgfältig durchgeführten, statistisch abgesicherten Wöhlerversuchen im Hauptnormalspannungs-Koordinatensystem auf und verbindet die Messergebnisse mittels eines die Versagensgrenze bei mehrachsigen Belastungskombinationen charakterisierenden Kurvenzugs, zeigen sich im Zug-Zug-Quadranten signifikante Bereiche, in denen eine Bemessung nach der Normalspannungshypothese zu optimistisch erscheint, und andererseits im Zug-Druck-Quadrant unerschlossene Gebiete, in denen die Berechnungsmethode zu pessimistische Tragfähigkeiten suggeriert. Im letzten Fall wird das Leichtbaupotential nicht optimal genutzt. Will man zukünftig die Festigkeitsreserven dieser Werkstofffamilie ausschöpfen, bedarf es zuverlässiger Rechenkonzepte (Bild 7).

Die Vortragskurzfassungen wurden uns in dankenswerter Weise von der Redaktion der GIESEREI, VDG Düsseldorf, zur Verfügung gestellt.

47. Slowenische Gießereitagung in Portoroz



Präsidentin Mag. Mirjam Jan-Blazic eröffnet die 47. Slowenische Gießereitagung

Nach dem traditionellen Empfang im Rathaus des benachbarten Hafenstädtchens Piran am Vorabend der Tagung begingen die slowenischen Gießereifachleute und ihre Gäste am 13. und 14. September 2007 ihre 47. Gießereitagung im Convention Center des Hotels Slovenija in der Adriastadt Portoroz.

formieren, selbst zu berichten und mit Kollegen Erfahrungsaustausch zu pflegen. Frau Mag. Mirjam Jan-Blazic, die Präsidentin des Vereins Slowenischer Gießereifachleute Društvo Livarjev Slovenije, hieß die Teilnehmer in Englisch und Slowenisch willkommen und eröffnete die Tagung.

Rd. 250 Gießereifachleute aus Praxis und Wissenschaft, rd. die Hälfte davon aus 14 Ländern (A / BIH / CZ / D / HR / HU / I / NL / PL / S / Serbien u. Mazedonien / SF / SK) waren zu dieser international besuchten Veranstaltung gekommen, um sich über aktuelle Neuigkeiten auf dem Gießereisektor zu in-

formieren (17 aus Slowenien und 20 aus anderen Ländern) gaben einen umfassenden Einblick in Gegenwart und Entwicklungsrichtungen der Gießerei-Industrie.

Drei österreichische Beiträge kamen von Univ.-Prof. Dr. P. Schumacher (MUL/ÖGI): „Grain Refinement of Mg-Alloys“; von Dipl.-Ing.Dr.mont. Christian Redl (Böhler Edelstahl GmbH): „The Influence of Heat Treatment on the Properties of Hotwork Tool Steels“ und von Ing. G. Trenda u. Dipl.-Ing. A. Kraly (Salzburger Aluminium AG): „Tailormade Solutions in Aluminium Casting Alloys provided by SAG Materials – Aluminium Lend“.

Die Tagungsvorträge sind als Kurzauszüge in einem Tagungsband (81 Seiten DIN A 4) mit inkludierter CD-ROM (173 MB mit 36 meist englischsprachigen Vollbeiträgen) enthalten.

36 Zulieferfirmen (17 aus Slowenien, 19 aus anderen Ländern) präsentierten ihr Angebot

in einer eindrucksvollen Ausstellung und boten Gelegenheit zu vielen informativen Diskussionen.



Univ.-Prof. Dr. P. Schumacher ... referierten die österreichischen Beiträge.



Ing. G. Trenda u. Dipl.-Ing. A. Kraly ...



und Dipl.-Ing. Dr. mont. Ch. Redl

Prof. emerit. Dipl.-Ing. Dr. mont. Milan Trbizan Ehrenpräsident des Društvo livarjev Slovenije

Im Rahmen der Tagungseröffnung teilte die Präsidentin des Društvo livarjev Slovenije, des Vereins Slowenischer Gießereifachleute, Frau Mag. Mirjam Jan-Blazic, in feierlicher Form mit, dass Exekutivkomitee und Generalversammlung des Vereines beschlossen haben, Herrn Prof. emerit. Dipl.-Ing. Dr. mont. Milan Trbizan, die Ehrenpräsidentenschaft zu verleihen. Dies in Anerkennung seiner langjährigen erfolgreichen Tätigkeit für den Društvo livarjev Slovenije, für seinen engagierten Einsatz in Lehre und Forschung sowie seine erfolgreiche Zusammenarbeit mit der Industrie.

Seine aktive Rolle im Društvo livarjev Slovenije begann Milan Trbizan bereits 1962 als Mitglied des Exekutivkomitees, von 1965 bis 1992 war er Technischer Sekretär und von 1992 bis 2004 Präsident des Vereines während seiner Professur am Lehrstuhl für Gießereikunde der Universität Ljubljana. Den Verein Slowenischer Gießereifachleute präsierte er in einer Zeit des Umbruchs und der Neuausrichtung der Länder des ehemaligen Jugoslawiens und es gelang ihm unter Einbindung seiner guten internationalen Kontakte, die Aufbauarbeit seines Vorgängers, Prof. Dr. Ciril Pelhan, erfolgreich fortzusetzen und auch die traditionelle jährliche Gießereitagung in Portoroz – die in diesem Jahr zum 47. Mal stattfand – zum gerne angenommenen Treffpunkt der Gießereifachleute der Nachbarländer und darüber hinaus zu machen. Dies hat sich auch auf die slowenische Gießerei-Industrie sehr positiv ausgewirkt.

Prof. Trbizan war an der Herausgabe der Slowenischen Gießereifachzeitschrift „Livarški vestnik“ von 1973 bis 2004 maßgeblich beteiligt, die seit seiner Leitung auch zweisprachig (Slowenisch/Englisch) erscheint.

1992 hat Prof. Trbizan den Društvo livarjev Slovenije in die Hexagonale/MEGI, die von VDG und VÖG mitbegründete mitteleuropäische Gießerei-Initiative, geführt, die er

von 1999 bis 2000 präsierte. In der WFO, der World Foundry Organization, initiierte Prof. Trbizan 1996 die Gründung der Internationalen Kommission 3.3 „Computer Simulation of Casting Processes“, die er bis 2005 leitete.

Nach einer ausführlichen Laudatio durch Präsidentin Mag. Mirjam Jan-Blazic überreichte Vorstandsmitglied Prof. Dr. Alojz Krizman

die Ehrungsurkunde an Professor Dr. Milan Trbizan.

Für den Verein Österreichischer Gießereifachleute gratulierte der stellv. Vorsitzende des VÖG, Bergrat h.c. Dipl.-Ing. Erich Nechtelberger, Ehrenmitglied des Vereines Slowenischer Gießereifachleute, Herrn Professor Milan Trbizan zu seiner Ehrung und sprach Worte des Dankes für die langjährige freundschaftliche Zusammenarbeit.



Professor Dr. Alojz Krizman (r) überreicht Prof. emerit. Dr. Milan Trbizan (Mitte) die Ehrungsurkunde im Beisein von Vereins-Präsidentin Mag. Mirjam Jan-Blazic und Vereins-Sekretär Dr. Marcus Tandler.

Die slowenische Gießereiindustrie beschäftigte im Jahre 2006 rd. 4.580 Mitarbeiter in 74 Gießereien (2 große, 11 mittlere und 61 kleinere Unternehmen).

Der Jahresumsatz 2006 betrug rd. 400 Mio. Euro (+ 28% gegenüber 2005) bei einem Exportanteil von über 80%.

Die produzierten Mengen waren:

78.985 t Grauguß (+ 3,7 % gegenüber 2005), 28.794 t Gusseisen mit Kugelgrafit (+ 11,5 %), 30.044 t Stahlguß und Temperguß (+ 3 %), 32.610 t LM-Guß (+ 1 %) und 7.413 t anderer NE-Metall-Guß (+ 3 %).

Kontaktadresse:

Društvo livarjev Slovenije, SI-1001 Ljubljana, Lepi pot 6, P.B. 424,
Tel.: +386 1 2522 488, Fax: +386 1 426 99 34, E-Mail: drustvo.livarjev@siol.net,
www.uni-lj.si/drustva/livarstvo

Veranstaltungskalender

Weiterbildung – Seminare – Tagungen – Kongresse – Messen

Der Verein Deutscher Gießereifachleute) bietet im 2. Halbjahr 2007 in seiner VDG-Akademie noch folgende Weiterbildungsmöglichkeiten an:

Datum:	Ort:	Thema:
2007		
24.10.	Enkenbach-Alsenborn	Praxis des Schmelzens im Induktionsofen (MG)
07./08.11.	Düsseldorf	Maschinelle Formherstellung (S)
09./10.11.	Heilbronn	Kokillenguss (QL)
15./17.11.	Duisburg	Grundlagen der Gießereitechnik für Eisen-, Stahl- u. Temperguss (QL)
21./22.11.	Düsseldorf	Metallurgie u. Schmelztechnik d. Eisengusswerkstoffe im Elektroofen (S)
23./24.11.	Stuttgart	Schmelzen von Kupfergusswerkstoffen (QL)
04./05.12.	Düsseldorf	Kokillenguss: Maschinenteknik, Formen, Kerne und Schlichte (S)
05./06.12.	Düsseldorf	Metallurgie u. Schmelztechnik der Eisengusswerkstoffe im Kupolofen (S)
07./08.12.	Heilbronn	Druckguss (QL)
12./13.12.	Bonn	Metallurgie und Schmelztechnik der Al- und Mg-Gusswerkstoffe (S)

Änderungen vorbehalten!

IV=Informationsveranstaltung, MG=Meistergespräch, PL=Praxislehrgang, PS=Praxisseminar, QL=Qualifizierungslehrgang, S=Seminar, WS=Workshop, FT=Fachtagung

Nähere Informationen erteilt der VDG: D – 40237 Düsseldorf, Sohnstraße 70, Tel.: +49 (0)211 6871 256, E-Mail: info@vdg-akademie.de, Internet: www.vdg-akademie.de
 Leiter der VDG-Akademie: Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Marc Sander, Tel.: +49 (0)211 6871 256, E-Mail: marc.sander@vdg-akademie.de
 Seminare, Meistergespräche, Fachtagungen: Frau A. Kirsch, Tel.: 362, E-Mail: andrea.kirsch@vdg-akademie.de
 Qualifizierungslehrgänge, Workshops: Frau C. Knöpken, Tel.: 335/336, E-Mail: corinna.knoepken@vdg-akademie.de

DGM-Fortbildungsseminare und -praktika der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V. (www.dgm.de)

2007		
17./19.10.	Saarbrücken	Exakte Zielpräparation und 3D-Werkstoffanalyse für die Praxis
12./13.11.	Clausthal	Mechanische Oberflächenbehandlung zur Verbesserung der Bauteileigenschaften
13./15.11.	Jülich	Hochtemperaturkorrosion
29./30.11.	Neu-Ulm	25.Tagung „Werkstoffprüfung 2007“ – Konstruktion, Qualitätssicherung und Schadensanalyse (www.tagung-werkstoffpruefung.de)

Nähere Informationen: DGM Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V., D-60325 Frankfurt a.M., Senckenberganlage 10, www.dgm.de, www.materialsclub.com.

Weitere Veranstaltungen:

2007		
16./17.10.	Brno (CZ)	44 th Czech Foundry Days and 4 th Int. PhD Foundry Conference
16./18.10.	München	MATERIALICA (www.materialica.de)
17./18.10.	München	I.Materialica Metall-Leichtbau-Kongress (www.leichtbau-kongress.de)
17./18.10.	La Baule (F)	Les Jumees de la Fonderie 2007 (Info: atfgabelout@neuf.fr)
18.10.	Stuttgart	DIN-Seminar „Europäische Werkstoffnormung“ (www.beuth.de/seminare)
18./19.10.	Lohr (D)	Süddeutscher Gießereitag
19.10.	Stuttgart	DIN-Seminar „Internat. Werkstoffnormung“ (www.beuth.de/seminare)
18./20.10.	Modena (I)	Alumotive (Info: Roberta.bordiga@edimet.com)
18./20.10.	Kiew	Metall-Forum Ukraine 2007 (www.metall-forum.org)
23./26.10.	Stuttgart	LASYS Int. Fachmesse f. Systemlösungen i.d. Lasermaterialbearbeitung (www.lasys-messe.de) und „Stuttgarter Lasertage“ SLT
25./26.10.	Freiburg/Sa.	Ledebur-Kolloquium
25./26.10.	Erlangen	Jubiläumsveranstaltung „Industrielle Qualitätssicherung mit Bildverarbeitung“ (www.vision.fraunhofer.de)
29.10.	Leipzig	VDG-Fachtagung „Quarzfeinstaub“ (www.vdg.de)
30.10.	Stuttgart	VDG-Fachtagung „Quarzfeinstaub“ (www.vdg.de)
06./07.11.	Berlin	4. Hochschul-Kupfersymposium (www.kupferinstitut.de)
06./07.11.	Berlin	Automobilwoche Kongress “Klimawandel in der Autobranche” (www.automobilwoche.de/kongress)
08./09.11.	Clausthal	20. Clausthaler Gießerei-Kolloquium (www.imet.tu-clausthal.de/gk/)
13./16.11.	Paris	Midest (www.midest.com)

17./18.11.	Bangalore (IN)	ffi Foundry Forge India 07 (www.orionexposition.com)
27.11.	Wien	Die REACH-Verordnung der EU und deren Auswirkungen auf Gießereien, Metallschmelz- und metallverarbeitende Betriebe (www.feierl-herzele.com)
05./08.12	Frankfurt/M.	Euromold (www.euromold.com)
2008		
07./10.02.	Chennai (IN)	68th WFC World Foundry Congress & 56th Indian Foundry Congress (www.wfcindia08.com , www.ifexindia.com)
15./18.02.	Bangalore (IN)	6th Diemold India (www.tagmaindia.org)
19./20.02.	Duisburg	Formstofftage (Info: hk225wo@uni-duisburg.de)
22./24.02.	Mumbai (IN)	Aluminium India 2008 (www.aluminium-india.com)
26./28.02.	Leipzig	Z 2008 INTEC
06./07.03.	Reims (F)	3. Int. Kupolofen-Konferenz (www.ctif.com)
11./13.03.	Nürnberg	EUROGUSS 2008 – 7. Int. Fachmesse für Druckgießtechnik (www.euroguss.de)
03./04.04.	St.Pölten/NÖ	52. Österreichische Gießerei-Tagung
09./11.04.	Aachen	Friction, Wear and Wear Protection (www.dgm.de/friction_wear2008)
09./12.04.	Brescia (I)	Metev & Foundeq 2008
17./18.04.	Aachen	Große Gießereitechnische Tagung 2008
21./25.04.	Hannover	Hannover Messe Industrie
07./08.05.	Aalen	Aalener Gießereikolloquium „Druckguss u. Druckgusswerkzeuge“
13./16.05.	Brno (CZ)	FOND-EX 2008 mit WELDING, PLASTEX u. FINTECH (www.fond-ex.cz)
17./20.05.	Atlanta (USA)	112 th Metalcasting Congress a. CastExpo 08
20./23.05.	Hamburg	Wind Energy International Trade Fair
21./24.05.	Nagoya (J)	AFC-10 – The 10 th Asian Foundry Congress (www.afc2008-jfs.org)
28./30.05.	Guangzhou	ALUMINIUM CHINA (www.aluminiumchina.com u. www.aluminiummesse.com)
? 06.	Barcelona (E)	Zinc Diecasting Focus 2008 (www.zinc-diecasting.info)
03./05.06.	Stuttgart	Neue Messe für Oberflächentechnik
05./07.06.	Opatija	8 th Internat. Conference of Croatian Foundrymen
24./26.06.	Salzburg	2.euroLITE Int.Fachmesse f.Lichtbaukonstruktion (www.hundkmesse.de)
14./18.07.	Lausanne (CH)	Junior Euromat 2008
09./13.09.	Stuttgart	AMB 2008 (www.amb-messe.de)
10./12.09.	Portoroz	48 th Internat. Foundry Conference of Slovenia
10./14.09.	Nürnberg	MSE 2008 – Materials Science and Engineering (www.mse-congress.com)
22./26.09.	Aachen	ICAA 11 – Int. Conference on Aluminium Alloys (www.dgm.de/icaa11)
23./25.09.	Essen	ALUMINIUM 2008 (www.aluminium2008.com)
07./10.10.	Wien	VIENNA-TEC (www.messe.at)
2009		
10./11.02.	Magdeburg	Gießtechnik im Motorenbau
05./11.04.	Las Vegas (USA)	113 th Metalcasting Congress
01.06.	Brno (CZ)	WFO Technical Forum 2009 “History and Future of Castings”
02./03.06.	Brno	46 th Czech Foundry Days with WFO-General Assembly and MEGI-Meeting
14./15.05.	Berlin	Deutscher Gießereitag
23./25.06.	Düsseldorf	NEWCAST 2009
2010		
03./07.05.	Schaumburg (USA)	114 th Metalcasting Congress
21./25.09.	Stuttgart	AMB 2010 (www.amb-messe.de)
Oktober	Shanghai	69th WFC World Foundry Congress (www.founmdrynations.com und www.wfc2010.com)

Bleiben Sie am
 Ball mit einem
 Abonnement der
 Giesserei-
 Rundschau

Aus den Betrieben

Verpresste und unverpresste Pfähle aus Gusseisen mit Kugelgraphit

Für Pfahlgründungen hat sich das patentierte TRM-Pfahlsystem durchgesetzt. Es besteht aus duktilen Schleudergussrohren mit konischen Muffen und Spitzende. Als Werkstoff kommt Gusseisen mit Kugelgraphit der Sorte GJS-400 (alt: GGG 40) zum Einsatz, das die benötigte Festigkeit und Duktilität für ein Einrammen in den Erdboden mitbringt (**Tabelle 1**). Zudem umfließen die dabei auftretenden Spannungen fast ungestört die Graphitkugeln im Gefüge und vermindern so die Riss- und Bruchgefahr.

Der Pfahl ist 5 m lang und besteht aus einfach zusammensetzbaren Rohrelementen, die durch den Rammvorgang eine starre, biege-, zug- und druckfeste Verbindung eingehen. Es stehen zwei Pfahlgrößen für 600 kN (PT 118 mm) und 1200 kN Traglasten (PT 170 mm) zur Verfügung. Für beide Größen gibt es je nach Belastung Ausführungen mit unterschiedlichen Wanddicken (PT 118 mm; 7,5, 9,0 und 10,6 mm; PT 170 mm: 9,0 und 10,6 mm). Welche Rohrwandstärke Anwendung findet, hängt von den abzutragenden Lasten ab.

Der universelle TRM-Pfahl (**Bild 1**) kann als konventioneller Fertigteiltramppfahl, bei dem die Tragfähigkeit durch Aufsetzen auf harte tragfähige Schichten, wie Fels, erreicht wird, oder als Reibungspfahl, der im weichen Boden eingerammt wird, Einsatz finden. Je nach Bodenart kommen beim Rammen unverpresste und mit Beton verpresste Pfähle zur Anwendung. Bei dicht gelagerten Böden werden unverpresste Pfähle eingesetzt, die



Bild 1:
Der patentierte TRM-Fertigteiltramppfahl kann als Ramm-
pfahl auf festem Unter-
grund und als Reibungs-
pfahl bei weichen Böden
in unverpresster und mit
Beton verpresster
Ausführung zur
Anwendung kommen.

mit einem Hydraulikbagger mit Schnellschlaghammer in den Boden getrieben werden. Die Pfahltragfähigkeit wird durch den Spitzendruck im Fußbereich erreicht.

Eine Betonverpressung des Pfahls wird bei weniger dicht gelagerten kiesigen Böden vorgesehen. Die benötigte Tragfähigkeit lässt sich durch die Betonmantelreibung bedeutend steigern. Die Schnellschlaghammer-Einrichtung muss in diesem Fall mit einer Mörtelinjektion und einer entsprechenden Pumpenanlage ausgestattet sein. Beim Rammen kommen noch Fuß- und Kopfplatten aus verschleißbeständigen Legierungen zum Einsatz, die ein Durchdringen von Steinplatten bei unverpressten und die gleichmäßige und zielgerichtete Verteilung der Betonmasse um den Rohrquerschnitt bei den verpressten Pfählen ermöglichen. Die dabei auftretenden Kräfte müssen über die Gussrohre abgeführt werden, wofür der Werkstoff Gusseisen mit Kugelgraphit die erforderlichen werkstoffseitigen Voraussetzungen mitbringt. Neben der hohen Festigkeit der Legierung GJS-400 ist hier die Duktilität dieses Werkstoffs besonders von Vorteil.

Drei bis vier Personen können mit dieser Technik eine Tagesleistung von bis zu 400 m erreichen. Das TRM-Pfahlsystem hat sich wegen seiner einfachen und kostengünstigen Anwendung ein breites Anwendungsgebiet geschaffen. Es ist nach ISO 9001 gefertigt und von verschiedenen Versuchsanstalten autorisiert.

Ein neues Anwendungsgebiet konnte sich diese Pfahltechnik jetzt erschließen, die zudem noch einen Beitrag zum nachhaltigen Umgang mit Energieressourcen leistet. Die an Anwendungsbreite zunehmenden Erdwärmeanlagen, die warmes Wasser aus dem wärmeren Innenteil der Erde als Energieträger gewinnen, nutzen diese Pfahltechnik ebenfalls, um in die tieferen Erdschichten vorzudringen. Versehen mit einer neuartigen Sonde zur Gewinnung der Erdwärme, die im Inneren der Gussrohre angeordnet ist, wird die gewonnene Erdwärme über die Gussrohre an die Oberfläche zur Nutzung in die Wärmepumpe geleitet.

Hierzu werden neben dem Wasser als Wärmeträger auch die guten Leiteigenschaften des Gusseisens ausgenutzt. Die Erdwärme zirkuliert in einem geschlossenen Kreislauf in der Erdwärmesonde, die als Wärmeträgermedium Wasser mit Frostschutzmittel gegen das Einfrieren im Winter nutzt. Die Wärmepumpe ermöglicht durch die Umwandlung dieser Wärmeenergie eine ganzjährige Nutzung der gewonnenen Energie für die verschiedensten Zwecke, wie die Heizung und Stromversorgung von Wohnhäusern und anderer Gebäude.

Kontaktadresse:

Tiroler Röhren- und Metallwerke AG
A-6060 Hall in Tirol, Innsbruckerstraße 51
Tel.: +43 (0)5223 503 215
Fax: +43 (0)5223 503 210
E-Mail: office@tm.at, www.tm.at

Zugfestigkeit (Mindestwert)	420 N/mm ²
0,2 %-Dehngrenze (Mindestwert)	320 N/mm ²
Bruchdehnung	≥ 10 %
Elastizitätsmodul	~ 170.000 N/mm ²
Druckfestigkeit	~ 900 N/mm ²
Brinellhärte	230 HB-Einheiten
Dichte	7,1 kg/dm ³
Themische Längenausdehnung	0,0118 mm/m K

Tabelle 1: Eigenschaften der Tramppfähle aus GJS 400 (Angaben der Tiroler Röhren- und Metallwerke AG, Hall (A))

voestalpine
GIESSEREI LINZ GMBH



Aus dem Österreichischen Gießerei-Institut des Vereins für praktische Gießereiforschung in Leoben

Tätigkeitsbericht 2006

Das Jahr 2006 verlief für das Österreichische Gießerei-Institut sehr erfolgreich und wurde durch mehrere positive Ereignisse gekennzeichnet. Besonders hervorzuheben ist die offizielle Inbetriebnahme zweier industrieller Computertomographieanlagen für zerstörungsfreie Bauteilprüfungen und Werkstoffuntersuchungen. Damit wurde die Basis für den Aufbau eines neuen und zukunftssträchtigen Geschäftszweiges am ÖGI geschaffen.

Computertomographie

Zweidimensionale Röntgenuntersuchungen sind in vielen Bereichen der Automobilbranche und in den Gießereien Stand der Technik. Darüber hinausgehend wird die dreidimensionale Computertomographie zunehmend von OEM's benutzt, um die Qualität ihrer Zulieferer zu beurteilen bzw. Ursachenforschung für auftretende Fehler zu betreiben. Die dreidimensionale Computertomographie ist von besonderem Interesse für die Gießereiindustrie. Mit ihr können Lunker, schwammartige Gefüge, Poren und bei hoher Auflösung sogar Gefügebestandteile sichtbar gemacht werden. Von wissenschaftlichem Interesse ist besonders der Abgleich von Poren- und Lunkerverteilungen mit Simulationen, die Vorhersage von Gefügen und die Abbildung von Flächen und damit die Möglichkeit, Innengeometrien zu vermessen. Auch bei der Herstellung von Kernen können Dichteabbilder helfen, neue Kernherstellungssimulationen zu verifizieren. Die vielseitigen und zukunftsweisenden Anwendungsmöglichkeiten der Computertomographie für die Gießereiindustrie haben das ÖGI bewogen, aktiv Finanzierungsmöglichkeiten für Computertomographie-Untersuchungen zu suchen. Mit einer Sonderförderung durch die Wissenschafts- und Forschungsabteilung des Landes Steiermark und Eigenmitteln ist es dem ÖGI gelungen, ein zukunftsweisendes Computertomographiekonzept umzusetzen. Damit bekam das ÖGI eine der ersten Computertomographieanlagen in Österreich und eine der ersten 50 in Europa außerhalb der Medizintechnik. Das Computertomographiekonzept sieht zwei getrennte Anlagen vor, die unabhängig voneinander gleichzeitig arbeiten. Zum einen können so mit einem Flächendetektor hochauflösende Aufnahmen mit einer Auflösung von rund 20 µm (**Bild 1, links**) aufgenommen werden, zum anderen mit einem Zeilendetektor Innenabmessungen von komplexen Bauteilen, wie in einem Zylinderkopf,

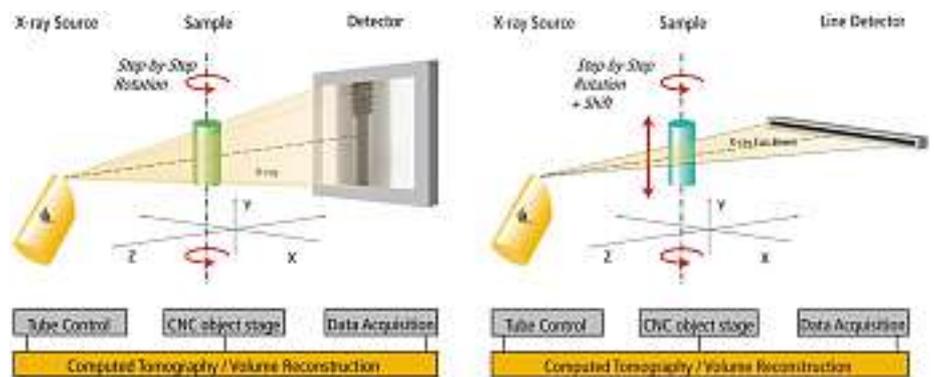


Bild 1: Funktionsprinzip der Computertomographie mit Flächen- und Zeilendetektor.

vermessen werden (**Bild 1, rechts**). Nach abgeschlossenen Umbauarbeiten zur Errichtung des neuen CT-Labors konnte die Computertomographie im September 2006 in Betrieb genommen werden.

Die feierliche Inbetriebnahme des Computertomographielabors erfolgte am 21. September 2006 durch KR Ing. Peter Maiwald (siehe **Bild 2**), der das ÖGI zu dieser zukunftsweisenden Technologie beglück-



Bild 2: Feierliche Inbetriebnahme des Computertomographielabors durch den Obmann des Fachverbandes der Gießereiindustrie, KR Ing. Peter Maiwald.

wünschte. Mit den ersten Messungen auf den neuen Computertomographieanlagen (**Bild 3**) wurden die Weichen für einen zukunftssträchtigen Geschäftszweig des ÖGI ge-



Bild 3: Blick in das Computertomographie-Labor.

stellt, dem immer größere Bedeutung in der Gießereiindustrie zukommt.

Gießerei-Tagung 2006 in Leoben

Am 27. und 28. April 2006 haben das Österreichische Gießerei-Institut (ÖGI) und der Lehrstuhl für Gießereikunde (LfGk) der Montanuniversität Leoben gemeinsam mit dem Verein Österreichischer Gießereifachleute die 50. Österreichische Gießerei-Tagung in Leoben veranstaltet, die unter dem Motto „Werkstoff- und Verfahrensvielfalt mit Guss“ stand.

In 21 Vorträgen wurde im Rahmen dieser Tagung über neueste Entwicklungen in der Computertomographie, über hochfeste Aluminiumlegierungen und Entwicklungen in der Gießertechnik von Eisen und Stahlguss berichtet. Dabei standen verfahrenstechnische und auch werkstoffspezifische Fragen aus Sicht der Gießereien und Endabnehmer im Mittelpunkt. Eindrucksvoll konnte aufgezeigt werden, dass Gießen heute ein High-Tech-Fertigungsverfahren ist, mit dem hochkomplexe und beanspruchungsgerechte Bauteile hergestellt werden können. Gießen ist immer noch der kürzeste Weg von der Schmelze zum fertigen Bauteil und oft auch die einzige Möglichkeit, um Bauteile mit komplizierten Innenstrukturen herzustellen. Diese Vorteile und insbesondere die Werkstoffvielfalt unterstützen die Möglichkeiten des Leichtbaus, wie er heute von der Automobilindustrie gefordert und forciert wird.

In seinem Vortrag „Die österreichische Forschungsstrategie und die Bedeutung der außeruniversitären Forschungseinrichtungen“ hob der Vorsitzende des Rates für Forschung



Bild 4: Dr.-Ing. Knut Consemüller bei der Gießerei-Tagung in Leoben.

und Technologieentwicklung, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr.-Ing. Knut Consemüller (**Bild 4**), die Rolle der ACR-Institute (Austrian Cooperative Research) und insbesondere die des ÖGI für die Gießereiindustrie hervor. Er wies darauf hin, dass die Kooperation zwischen dem ÖGI und dem Lehrstuhl für Gießereikunde an der Montanuniversität Leoben ein Best Practice Beispiel dafür sei, wie Forschung und Entwicklung für einen Industriezweig betrieben werden sollten.

Bei einem geselligen Abend mit traditioneller Musikbegleitung im Congress Leoben wurden noch viele Fachgespräche geführt, Kontakte gepflegt und neue geknüpft. Das Österreichische Gießerei-Institut und auch der Lehrstuhl für Gießereikunde konnten dank der guten Organisation im Vorfeld, aber auch durch mehrere Fachvorträge bei der Tagung, ihren guten Ruf weiter ausbauen.

Forschung und Entwicklung

Für branchenbezogene Gemeinschaftsforschungsprojekte im allgemeinen Interesse mit mehrjähriger Laufzeit wurden Leistungsförderungen durch Förderbeiträge (EFRE- und FFG-Mittel) der Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) von rd. € 233.000,- genehmigt und abgearbeitet. Diese Projekte wurden auch vom Land Steiermark (SFG – Steirische Wirtschaftsförderung) sowie von den Landeskammern kofinanziert und unterstützt.

Im Rahmen der mit Mitgliedsbetrieben durchgeführten Gemeinschaftsforschung wurden 4 Themenschwerpunkte bearbeitet:

- Herstellung und Schwingfestigkeit von hochfestem Grauguss (FFG/SFG)
- Messverfahren für Hochtemperatur-Druck und Hystereseversuche für numerische Simulationen (FFG/SFG)

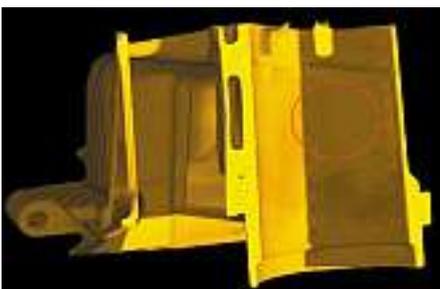


Bild 5: Darstellung von Resultaten der Computertomographie.

- Numerische Simulation von Verzug und Eigenspannungen in Gussteilen (FFG/SFG)
- Möglichkeiten und Grenzen der Computertomographie, siehe **Bild 5**.

Weiters wurden die folgenden Forschungsvorhaben mit Firmenbeteiligungen durchgeführt:

- Lebensdaueroptimierung von Gießwerkzeugen (F&E-Projekt mit MCL)
- Herstellung von Gussprototypen für die Entwicklung von hermetischen Kältemittelkompressoren (F&E Projekt mit Fa. ACC Austria GmbH)
- Umsetzung und Einführung der Thixomolding Technologie (FFG mit Fa. Magna Systemtechnik)
- Microplant zur Herstellung von bleifreien Lagerlegierungen (MIBA-Laakirchen)

Auf europäischer Ebene wurden mehrere Projektanträge als Mittragssteller formuliert und eingereicht, jedoch kam es zu keiner Auftragserteilung.

Das Land Steiermark förderte im Jahr 2006 über die Wissenschaftsabteilung (A3) zwei Investitionsprojekte zur Verbesserung der F&E-Infrastruktur am ÖGI:

- Dynamische Werkstoffprüfung – Schwinglabor
- Neue Wege der zerstörungsfreien Bauteil- und Werkstoffprüfung mittels Computertomographie

Auch im Jahr 2006 hat sich der Trend fortgesetzt, dass das ÖGI zunehmend als zentraler Hauptpartner in von Firmen beantragten FFG-Projekten vertreten ist. Darüber hinaus kooperiert das ÖGI mit nationalen und internationalen Partnern in EU-Netzwerkprojekten.

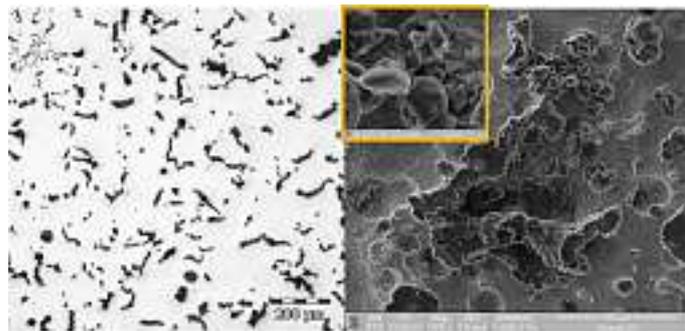


Bild 6: Im Kleinserienguss hergestelltes GJV-Gefüge.

Prokis⁰⁴ – Technologieoffensive des BMWA

Vom BMWA wurde gemeinsam mit dem ACR (Austrian Cooperative Research) das Programm zur Förderung von Kompetenzaufbau, Innovation und Strukturverbesserung 2004 – Prokis⁰⁴ – konzipiert. Ziel des Förderprogramms ist eine nachhaltige und messbare Verbesserung des Dienstleistungsangebotes und Stärkung der Kompetenz der österreichischen kooperativen Forschungseinrichtungen als Partner der Wirtschaft, insbesondere der

KMU. Dies soll durch eine Forcierung des Kompetenzaufbaus in den kooperativen Forschungseinrichtungen in den Bereichen Struktur-, Human- und Beziehungskapital erreicht werden. Als nachweisbare und messbare Kriterien werden die Umsatzsteigerungen mit der Wirtschaft, die Erhöhung des F&E-Anteils, die Steigerung der Kooperationen (national und international), die Gewinnung von Neukunden sowie die Steigerung der Mitarbeiterzahl der Forschungseinrichtung herangezogen. Der Entwicklungsschwerpunkt der Prokis⁰⁴-Projekte liegt auf dem „Dünnwandigen Guss von hochfesten Gusswerkstoffen“. Damit wird der Trend zum Leichtbau in der Fahrzeug- und Motorenindustrie, die den stärksten Absatzmarkt der Gießerei-Industrie darstellt, aufgegriffen. Zudem wird man dem „Wettkampf der Verfahren und der Werkstoffe“ dadurch gerecht, dass die verschiedenen Gusswerkstoffe, wie Mg, Al und Gusseisen, aber auch Gießverfahren, wie Sand-, Kokillen- und Druckguss in den Projekten abgearbeitet werden.

Projektschwerpunkte sind unter anderem:

- Prozesssichere GJV-Herstellung für Kleinserienguss (**Bild 6**)
- Kornfeinungsbehandlung für hochfeste Mg-Legierungen,
- Entwicklung von hochfesten Al-Gusslegierungen (**Bild 7**)
- Moderne Thermische-Analyse-Methoden zur Schmelzekontrolle
- Beschichtung von Gussbauteilen
- Zerstörungsfreie Gussteilprüfung
- Bilddatenbank für Gussgefüge und Schadensanalytik
- Technologieoffensive für KMU-Gießereien

Als wesentliche Voraussetzung und Teilnahmebedingung am Förderprogramm wurde die Erstellung eines Businessplanes zunächst für den Zeitraum 2004 – 2006 verlangt. Für die Fortsetzung des Förderprogramms Prokis⁰⁴- Teil II wurde ein Businessplan für die Jahre 2007 bis 2009 erstellt, der

als Schwerpunkt das Thema „Innovative Produktlösungen für Leichtbauteile aus Guss“ hat (siehe **Bild 7**). Der vom ÖGI eingereichte Businessplan erfüllte alle geforderten Voraussetzungen und war Bedingung für die erfolgreiche Einreichung des Prokis⁰⁴ – Teil II Antrags für die Jahre 2007 bis 2009.

Prokis – Querschnittstechnologie

Als Erweiterung zur Förderschiene Prokis⁰⁴ wurde vom BMWA in Zusammenarbeit mit dem ACR und dem FFG das Förderprogramm Prokis-Querschnittstechnologie ein-

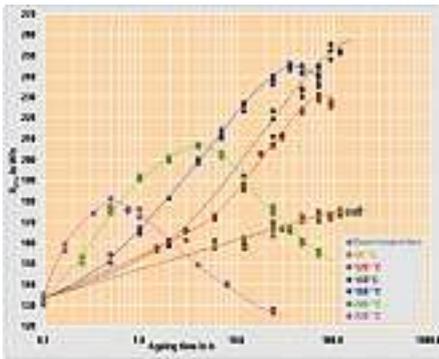


Bild 7: Verbesserung der mechanischen Eigenschaften einer 226 Legierung durch Wärmebehandlung.

geführt, in dem interdisziplinäre Forschungsprojekte innerhalb der ACR-Institute und externer Forschungseinrichtungen bearbeitet werden. Das ÖGI hat sich bei dem Projekt Coating beteiligt, in dem „Korrosionsschutz von Magnesium“ vom ÖGI, dem Zentrum für Elektronen-Mikroskopie (ZfE), dem Korrosionslabor der Montanuniversität und dem Österreichischen Forschungsinstitut (OFI) für Kunststoffe untersucht wurden.

Das ÖGI war federführend in dem Projekt ComTom „Computertomographie – neue Perspektiven bei der zerstörungsfreien Werkstoff- und Bauteilprüfung“, in dem verschiedenste Werkstoffe und Bauteile untersucht wurden, um das Potential der Computertomographie aufzuzeigen (**Bilder 9** und **10**). Hier beteiligten sich das ÖGI, die Bautechnische Versuchs- und Forschungsanstalt Salzburg (bvfs), die Holzforschungsanstalt (HFA) und der Lehrstuhl für Gießereikunde an der Montanuniversität.



Bild 8: Angebotsspektrum des ÖGI zur Umsetzung von Leichtbauteilen aus Guss.



Bild 9: Computertomographie – Untersuchungen einer Keilzinkenverbindung in der Holzindustrie.

Öffentlichkeitsarbeit

Die gezielte Öffentlichkeitsarbeit ist auch für F&E-Einrichtungen ein zunehmend wichtiges Marketinginstrument, um auf die Kompetenz und das Know how in spezifischen Bereichen aufmerksam zu machen. Das ÖGI hat sich im Jahr 2006 auf Fachmessen wie der Euroguss 2006 in Nürnberg, dem TMS Annual Meeting in den USA, der ECNDT in Berlin, einer Konferenz für zerstörungsfreie Prüfung und Computertomographie, der MCWASP, einer internationalen Simulationskonferenz in Frankreich und der Materialica in München sowie dem Deutschen Gießereitag in Bremen präsentiert.

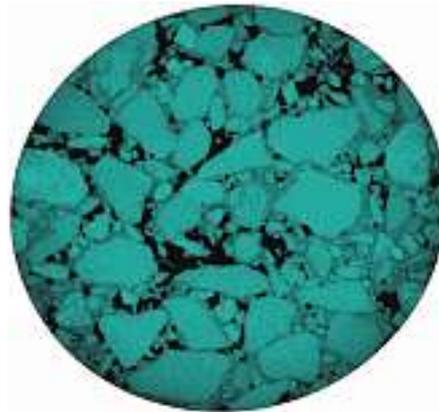


Bild 10: Computertomographie – Untersuchungen von Asphaltproben aus Straßendeckschichten.

Als weiteres wesentliches Marketinginstrument sind Vorträge und Veröffentlichungen zu sehen. Im Jahr 2006 wurden von den Institutsmitarbeitern zahlreiche Vorträge bei Kongressen, Tagungen und Symposien gehalten bzw. nachfolgende Veröffentlichungen im Fachzeitschrifttum publiziert.

Veröffentlichungen 2006:

- Geier G., Bauer W., McKay B., Schumacher P. Microstructure transition from lamellar to compacted graphite using different modification agents Materials Science and Engineering A 413-414 (2005), S. 339–345
- Willidal T., Bauer W., Schumacher P. Stress/strain behaviour and fatigue limit of grey cast iron Materials Science and Engineering A 413-414 (2005), S. 578–582
- Bauer W. Biegeverhalten von Gusseisen mit Kugelgraphit, Auswirkung der Gushaut, Gefüge- und Güteermale Gießerei-Praxis 3/2006, S. 47–60
- Kaschnitz E., Ecker W., Antretter T., Ebner R., Marsoner S., Leindl M., Köberl H. The cyclic behaviour of a hot work tool steel used in pressure casting dies Tagungsband der 1. Leobener Betriebsfestigkeitstage, 08.03.–10.03.2006, Planneralm, A, S. 221–234
- Schumacher P. Microstructural Control by Grain Refinement Livarski vestnik, letnik 53, st. 1/2006, S. 2–18
- Trenda G., Kraly A., Pabel T., Rockenschaub H. Die Optimierung der mechanischen Eigenschaften von AlMgSi-Druckgusslegierungen Gießerei-Rundschau 53 (2006), Heft 3/4, S. 48–49
- Dambauer G., Pabel T., Schumacher P. Optimierung der Wärmebehandlungsparameter der Legierung EN AC-ALSi7Mg0,x Gießerei-Rundschau 53 (2006), Heft 3/4, S. 50–56

- Klösch G., McKay B., Schumacher P. Untersuchung zum Kornfeinungsverhalten von ZrB₂-Partikeln in Magnesium-Aluminium-Legierungen Gießerei-Rundschau 53 (2006), Heft 3/4, S. 58–62
- Pabel T., Rockenschaub H. Aluminium- und Zinkdruckguss für höchste Ansprüche Druckguss Praxis 3/2006, S. 109–111
- Rockenschaub H., Pabel T. 6. Internationaler Deutscher Druckgusstag mit dem Motto: „Druckguss: Basis für Innovationen“ Druckguss Praxis 3/2006, S. 97–108
- Rockenschaub H., Pabel T. EUROGUSS 2006 – Druckgießen als Basis für Innovationen – Bericht über die 6. Internationale Fachmesse für Druckgießtechnik Druckguss Praxis 4/2006, S. 143–183
- Rockenschaub H., Pabel T., Geier G., Holzer H., Hopfinger M. Neue Wärmebehandlung für beste mechanische Eigenschaften im Aluminium-Druckguss Gießerei 93, 07/2006, S. 20–33
- Geier G., Kaschnitz E., Pabel T., Schindelbacher G., Schumacher P. Comparison of results for numerical simulations of castings with x-ray computed tomography reconstructions Posterpräsentation im Rahmen der ECNDT – 9th European Conference on Non-Destructive Testing, ESTREL Convention Center, Berlin, 25.09.2006
- Schindelbacher G. Industrielle Computertomographie: Der Blick ins Innere Acstyria newsletter 09 2006, S. 5
- Schindelbacher G. Werkstoffforschung per CT Automobil-Produktion, Ausgabe 9, September 2006, B 30470, S. 118
- Pabel T., Rockenschaub H., Geier G., Hopfinger M. Erhöhte mechanische Eigenschaften der Druckgusslegierung Al Si9Cu3(Fe) durch optimierte Ausscheidungsverteilung infolge Kombination von Kalt- und Warmauslagerung Gießerei-Rundschau 53 (2006), Heft 9/10, S. 175–185
- Geier G., Rockenschaub H., Pabel T., Hopfinger M. Variation of the precipitation mechanisms for high pressure die casting alloy Al Si9Cu3(Fe) Giessereiforschung 58 (2006) No. 3, S. 32–48
- Lichtenberger A., Geier G., Weber S.-U., Schifferl H.A., Schumacher P., Kolb G., Lottemoser W., Amthauer G. 57-Fe Mössbauer spectroscopy on cementite Fe₃C of steel and nanotube origin – a comparison Posterpräsentation im Rahmen der 84. Jahrestagung des DMG, Universität Hannover, 25.09. bis 27.09.2006

Schulungen und Seminare

Die Mitarbeiter des ÖGI verfügen über ein umfangreiches und fachgebietsübergreifendes Basiswissen, beginnend bei den Einsatz- und Hilfsstoffen über die Schmelzmetallurgie und Gießtechnologie bis hin zum praktischen Einsatz und den Anforderungen von Gussteilen. Dies ergibt sich aus der Bearbeitung von F&E- sowie Eigenforschungsprojekten, den technischen Beratungen und auch komplexen Schadensfallanalysen. Dieses Wissen wird in kompakter Form in Schulungen und Seminaren vermittelt. Im Jahr 2006 wurden 16 Schulungen vor Ort bzw. teilweise am ÖGI durchgeführt, wobei insgesamt 158 Teilnehmern neben der umfangreichen Schulungsmappe auch ein Schulungszertifikat überreicht werden konnte. Die Schulungen wurden von den Teilnehmern auf einer vierteiligen Bewertung zu 100 % mit gut bis sehr gut bewertet. Nachfolgende Themenschwerpunkte, die auf die Bedürfnisse der jeweiligen

Firmen bzw. Teilnehmer abgestimmt waren, wurden bei diesen Schulungen behandelt:

- Al-Technologie – Grundlagen
- Al-Technologie für Schmelzer
- Al-Technologie für Konstrukteure
- Mg-Technologie
- Metallurgie und Werkstoffkunde von GJS
- Werkstoffprüfung
- Metallographie der Gusswerkstoffe

KMU – Kooperationspreis der ACR

Der KMU-Kooperationspreis der Austrian Cooperative Research (ACR) wird an Institute sowie kleine und mittelständische Unternehmen verliehen, die zusammen mit einem ACR Forschungsinstitut höchst innovative Produkte und Verfahren entwickelt haben. Die Firma Rauch Fertigungstechnik ist solch ein Mittelstands-Unternehmen mit Firmensitz in Gmunden und ist als Weltmarkt-



Bild 11: Übergabe des KMU Kooperationspreises der ACR an Prof. Dr. Peter Schumacher (ÖGI) und Dr. Alfred Sigmund (Firma Rauch Fertigungstechnik).

führer für Magnesiumöfen international bekannt. In Zusammenarbeit mit dem ÖGI (Projekt- Leitung Dr. E. Kaschnitz) wurde das Verhalten einer Konvektionspumpe in einem Magnesiumofen simuliert und bei Rauch Fertigungstechnik zur Produktreife innerhalb eines FFG-Projekts weiterentwickelt. Die Preisverleihung (Bild 11) kann als Anerkennung der Rolle des ÖGI als innovativem Kooperations-Partner gewertet werden.

Geräteinvestitionen

Im Jahr 2006 wurden ohne Sonderinvestitionen rd. € 205.000,- in neue technische Anlagen und in die Laborinfrastruktur investiert. Neben



Bild 12: Niederdruckgießanlage.

Ergänzungs- und Ersatzinvestitionen in EDV und Kleingeräte in den Labors Physik, Chemie, Metallografie und Festigkeit stellte der Kauf einer gebrauchten Niederdruckgießanlage (Fa. Kurtz) (Bild 12) und eines Herdwanofens (Fa. Nabertherm), deren Finanzierung größtenteils aus Eigenmitteln erfolgte, die größten Investitionen dar. Das ÖGI beschränkt 2006 durch die getätigten Investitionen in Anlagen und Adaptierungen der Laborräumlichkeiten weiter konsequent den Weg der partiellen Institutsmo- dernisierung. Mit der Einrichtung des Computertomographielabors konnte ein neuer zukunftsweisender Geschäfts- zweig am ÖGI aufgebaut werden. Die nachhaltig verfolgte Strategie, Investitionen in zukunftsweisende Bereiche im Zusammenschluss mit innovativen FFG-Projekten und Landesmitteln zu tätigen, erwies sich auch 2006 als richtig. Der damit verbundene Know-how-Aufbau bewirkte bei den Geschäftspartnern und am ÖGI selbst einen wesentlichen wirtschaftlichen Nutzen. Diese seit vielen Jahren am ÖGI praktizierte Methode sichert den Wirkungsgrad von Investitionen langfristig, stärkt die F&E-Kompetenzen für die Industrie und führt zu einer entsprechenden kommerziellen Hebelwirkung der eingesetzten Gelder aller Beteiligten.

das ÖGI überaus erfolgreich und die Erlöse konnten damit auf hohem Niveau gehalten werden. Es kam zu einer Steigerung der Erlöse gegenüber dem Vorjahr um ~11 %, sodass das Jahr 2006 mit einem Gebarung-überschuss abgeschlossen werden konnte (Bilder 13 und 14). Die positive Entwicklung bei den Erlösen von rd. € 2.813.000,- im Jahr 2006 resultiert überwiegend aus gestiegenen Fakturerlösen für Dienstleistungen und den abgearbeiteten Projektförderungen durch FFG und das Prokis⁰⁴ Programm. Damit haben sich die Erlöse pro Mitarbeiter mit € 90.742,- auf hohem Niveau gehalten.

Aus direkt an die Auftraggeber fakturierten Dienstleistungen erzielte das Gießerei-Institut im Berichtsjahr Leistungserlöse von rd. € 1.582.000,-. Die Aufträge stammten von 159 Auftragspartnern, davon waren 34 ausländische Auftragspartner aus 11 Ländern. Wertmäßig kamen ~ 51 % der direkt fakturierten Aufträge von 34 Mitgliedsfirmen und 49 % von 115 Nichtmitgliedsunternehmen.

Die vom Fachverband für 53 Gießereien eingebrachten sowie von 24 außerordentlichen Mitgliedern bezahlten Mitgliedsbeiträge haben im Verhältnis zum Umsatz weiter abgenommen und liegen nunmehr bei rd.

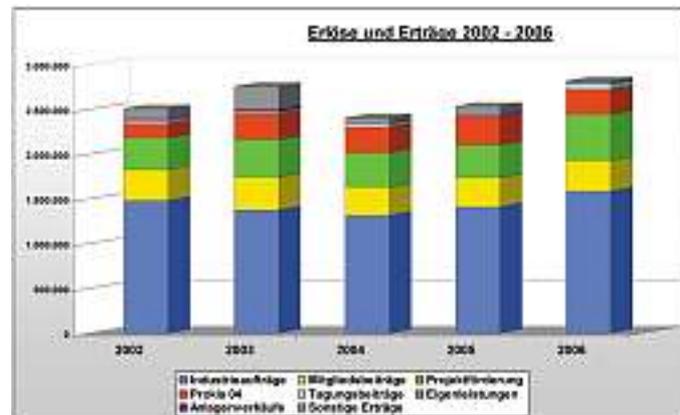


Bild 13: Gesamte Erlöse.

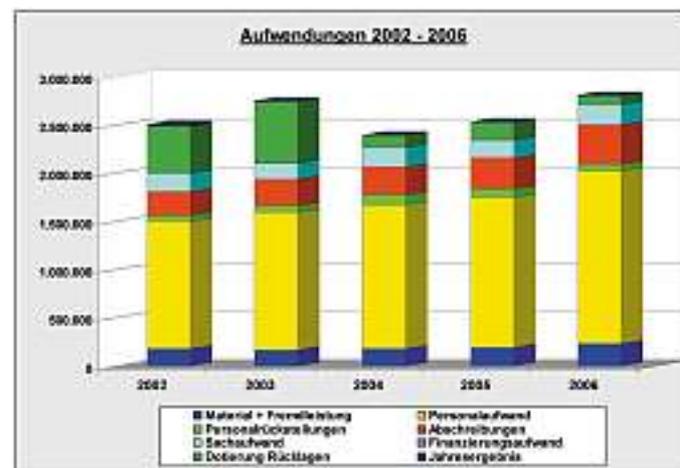


Bild 14: Gesamte Aufwendungen.

Erlöse und Aufwendungen

Aufbauend auf die erfolgreichen vergangenen Jahre war auch das abgelaufene Jahr 2006 für

12,2 %. Betrachtet man die Gesamtfinanzierung, so arbeitete das Institut zu rd. 71,5 % mit Eigenfinanzierung (Dienstleistungserlöse und Mitgliedsbeiträge) und zu 28,5 % mit projektgebundenen Förderungen. Der sehr hohe Eigenfinanzierungsanteil ist im Vergleich mit ähnlichen Forschungseinrichtungen als sehr hoch zu bewerten.

Wertmäßig konnten im Berichtsjahr rd. 70 % der Industrielaufträge inkl. Forschungsprojekte (FFG, EU, BMWA) im Bereich F&E erzielt werden, 52 % davon kamen durch direkte Auftragserteilung aus der Wirtschaft und 48 % aus geförderten Projekten, die ebenfalls aus Kooperationen mit der Wirtschaft resultierten.

Allen Förderstellen (FFG, BMWA, SFG, Land Steiermark und Wirtschaftskammern), den ordentlichen und außerordentlichen Mitgliedsfirmen sowie den Kunden des ÖGI sei an dieser Stelle für die gute Zusammenarbeit gedankt.

ÖGI auf der GIFA 2007 – ein Rückblick

Im Rahmen der Instituteschau „Straße der Wissenschaft“ konnte sich auch das ÖGI auf einem Gemeinschaftsstand mit dem Institut für Gießereikunde der Montanuniversität Leoben auf der GIFA 2007 von 12. bis 16. Juni d. J. in Düsseldorf wieder erfolgreich präsentieren. Viele bestehende Kontakte zu Kunden konnten vertieft werden, aber auch interessante neue Kontakte wurden geknüpft. Die zahlreichen Fachbesucher am Stand des ÖGI haben sehr großes Interesse an den Arbeiten und an der Tätigkeit des ÖGI gezeigt. Besonders erfreulich war, dass viele österreichische Gießer bzw. Besucher den Stand des ÖGI als Anlaufstelle und Treffpunkt nutzten. Dass man sich nebenbei mit einem guten „Gösser“ von den Strapazen erholen konnte, war ein sehr gerne angenommener Nebeneffekt.

Das ÖGI präsentierte sich als modernes Dienstleistungsinstitut für die Lösung gieß- und anwendungstechnischer Problemstellungen für Gießereien, die Zulieferindustrie und Gussanwender. Dabei wurde auf nachstehende Tätigkeitsschwerpunkte und Kompetenzbereiche besonders hingewiesen:

- F&E-Dienstleistungen im Bereich der Gießverfahren und -prozesse
 - Sand-, Kokillen-, Niederdruckkokillen- und Druckguss
 - Wärmebehandlung
 - Schmelzmetallurgie und -kontrolle
- F&E-Dienstleistungen im Bereich der Gusswerkstoffe
 - Eisenguss
 - Al- und Mg-Gusslegierungen
- Numerische Simulation von Formfüllung, Erstarrung, Verzug und Eigenspannungen
- Industrielle Computertomographie
- Materialprüfung und Werkstoffuntersuchung an Eisen- und NE-Gusslegierungen
- Gussfehler- und Schadensfallanalyse

- Qualitätsbeurteilung und Erstmusterprüfung von Gussteilen
- Fachspezifische Schulungen und Seminare für Gießer, Gussanwender und Konstrukteure

Aus folgenden Forschungsprojekten konnten Ergebnisse präsentiert und mit interessierten Besuchern diskutiert werden:

- Numerische Simulation von Verzug und Eigenspannung in Gussteilen
- Numerische Simulation zur Lebensdaueroptimierung von Gießwerkzeugen
- Entwicklung und Herstellung von vollständig wasserlöslichen Salzkernen für die Gießereitechnik
- Computertomographie – neue Perspektiven bei der zerstörungsfreien Werkstoff- und Bauteilprüfung
- Herstellung und Schwingfestigkeit von hochfestem Grauguss
- Messverfahren für HT-Druck und Hystereseversuche für numerische Simulationen
- Hochaufgelöste berührungslose Feindehnungsmessung beim Zugversuch
- Optimierung der Wärmebehandlung von Druckgusslegierungen
- Niederdruckkokillenguss von Al- und Mg-Legierungen – Einflüsse von Spurenelementen auf technologische und mechanische Eigenschaften
- Verbesserung der Wirkung der Kornfeinung bei Al- und Mg-Legierungen
- Korrosionsschutz von Mg-Gussteilen



Besonderes Interesse fanden der Einsatz der industriellen Computertomographie zur zerstörungsfreien Bauteilprüfung sowie die Entwicklung von vollkommen wasserlöslichen Kernen aus Salz für den Al-Kokillen- und Niederdruckkokillenguss.

Auf die CT-Anwendung konnte darüber hinaus im Rahmen der Posterschau des WFO-Technical Forums hingewiesen und über den innovativen Einsatz von Salzkernen in einem Vortrag*) vor diesem Forum berichtet werden:

„Wasserlösliche Kerne in der Großserie: Eigenschaften, Anwendung und Potentiale eines (r)evolutionären Produktes“.

*) H.W. Rockenschaub (Vortragender) u. R. Gschwandtner, ÖGI Leoben, sowie G. Schiller, P. Stingl, D. Käfer, G. Schulze u. R. Werner, CeramTec AG, Lauf/D.

Kontaktadresse:

Österreichisches Gießereieinstitut, A-8700 Leoben
Parkstraße 21, Tel.: +43 (0)3842 43101 0, Fax 43101 1
E-Mail: rockenschaub.ogi@unileoben.ac.at, www.ogi.at

Internationale Auszeichnung für Mitarbeiter des ÖGI und des Lehrstuhls für Gießereikunde der MUL

Im Rahmen der Internationalen Tagung des Annual TMS Meetings 2007 der Minerals, Metals and Materials Society von Amerika, wurde den Herren Dr. G. Klösch (ÖGI) und Dr. B.J. McKay sowie Prof. Dr. P. Schumacher (MUL) in Orlando, Florida, am 28. Februar 2007 von Herrn Dr. Ray D. Peterson (TMS) der „2006 Magnesium Best Paper-Applied Research Award“ der Light Metals Division für die beste Veröffentlichung im Bereich Magnesiumanwendung übergeben.

Damit wurde ihre Veröffentlichung „Preliminary Investigation on the Grain Refinement Behavior of ZrB₂-Particles in Mg Alloys“ als beste Veröffentlichung in der angewandten Magnesiumtechnologie ausgezeichnet. Be-



Die Ausgezeichneten, Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Peter Schumacher (I) und Dipl.-Ing. Dr. Gerald Klösch (r.), mit Bordmitglied, Frau Prof. Dr. Mihriban Ozden Pegguleryuz

sonders gewürdigt wurden die aufgezeigten neuen Wege für die Kornfeinung von Magnesiumlegierungen, die als Schlüsseltechno-

logie damit neue Anwendungsbereiche für Magnesiumlegierungen eröffnet.

In der ausgezeichneten Arbeit, die in Zusammenarbeit zwischen dem Österreichischen Gießereieinstitut (ÖGI) und dem Lehrstuhl für Gießereikunde an der Montanuniversität Leoben (MUL) im Rahmen der Dissertation von Dipl.-Ing. G. Klösch entstanden ist, wurde insbesondere der Effekt von Boriden auf die Keimbildung von Magnesium untersucht.

Mit dieser hohen Auszeichnung konnte der Standort Leoben, an dem es schon lange Expertisen und Kompetenzen für den Magnesiumguss gibt, auf diesem Arbeitsgebiet auch international auf sich aufmerksam machen.



Aus dem Fachverband der Gießereiindustrie

Die Gießereiindustrie Österreichs im Jahr 2006

Der positive Trend der Branche des Jahres 2005 hat sich 2006 weiter fortgesetzt. Viele Mitglieds-Unternehmen weisen eine sehr gute Auftragslage und eine überdurchschnittlich gute Auslastung und positive Entwicklung der Produktion auf. War vor einigen Jahren speziell der Nichteisenguss ein Wachstumsmotor der Branche, so ist es nun vermehrt der Eisenguss, der höhere positive Zuwächse aufweist. Vor allem die stürmische positive Entwicklung des Druckguss-Bereiches Anfang der Jahrtausendwende hat dazu geführt, dass nun am Markt große Überkapazitäten existieren und dieser Bereich derzeit unter einem extremen Wettbewerbsdruck steht.

Trotz der zufriedenstellenden positiven Absatzentwicklung konnten jedoch die überdurchschnittlich hohen Kostensteigerungen – sowohl auf der Rohmaterial-, als auch auf der Energieseite – nur zum Teil weitergegeben werden. So leidet die gesamte Branche nach wie vor unter einem sehr starken Kostendruck, und muss über Rationalisierungsmaßnahmen und vermehrte Investitionen weiterhin in eine Produktivitätssteigerung investieren, um ihre Standorte in Österreich abzusichern.

Gerade diese Entwicklungen erfordern vermehrtes Know-how bei den einzelnen Mitarbeitern. Aus diesem Grund wurden im Jahr 2006 Initiativen gesetzt, die eine bessere Qualifizierung der Mitarbeiter in der Gießereiindustrie zum Ziel haben; dieses Projekt ist als eigener Beitrag im Jahresbericht beschrieben. Ebenso erfreulich positiv ist die Investition einer Computertomografieanlage im Gießerei-Institut in Leoben hervorzuheben.

Als zweites industrielles Institut besitzt nun auch das Österreichische Gießerei-Institut die Möglichkeit, zerstörungsfrei Strukturanalysen auf höchstem Niveau durchzuführen. Dies untermauert den technologischen Fortschritt und den High-Tech-Charakter der Branche.

Das im Jahr 2005 vereinbarte „Einheitliche Entgeltsystem“ wurde im laufenden Jahr umgesetzt und hat zu einem erheblichen Mehraufwand bei der Implementierung in den Unternehmen geführt. Erfreulicherweise ist es trotzdem ohne große Komplikationen abgelaufen. Dieser Schritt zu einem einheitlichen Mitarbeiterbegriff ist für die Zukunft sicher von großer Bedeutung.

2006 war somit ein Jahr, in dem viele große Entscheidungen getroffen bzw. umgesetzt wurden, die zu einer weiteren positiven,

strategischen Ausrichtung der Branche beitragen werden.

Gießereibetriebe und Beschäftigte

Die Struktur der im Jahr 2006 vom Fachverband der Gießereiindustrie betreuten Mitgliedsunternehmen gliedert sich – bezogen auf ihre Produktion – folgendermaßen auf:

Reine Eisengießereien	16
Reine Metallgießereien	28
Gießereien, die Eisen- und Metallguss erzeugen	7
Gesamt	51

Von den reinen Eisengießereien bzw. den gemischten Gießereien erzeugt 1 Gießerei Temperguss, 15 Betriebe Sphäroguss und 4 Unternehmen Stahlguss.

Ende des Jahres 2006 gab es in Österreich 51 industrielle Gießereibetriebe, aufgrund einer Fusionierung also um 1 Gießerei weniger als im Vorjahr.

Nachstehende Tabelle gibt die regionale Verteilung der Gießereibetriebe wieder:

Bundesland	Anzahl der Betriebe	Beschäftigte
Wien	4	113
Niederösterreich	13	2.287
Oberösterreich	13	2.638
Salzburg	4	403
Steiermark	7	1.473
Kärnten + Tirol	6	598
Vorarlberg	4	153
Österreich	51	7.665

Die ausgeprägte klein- und mittelbetriebliche Struktur der österreichischen Gießereiindustrie ist nach wie vor fast unverändert: 27 Betriebe – das sind ca. 54 % der zum Fachverband gehörenden Unternehmen – beschäftigen weniger als 100 Mitarbeiter.

Der Anteil der Gießereien mit mehr als 500 Mitarbeitern im Unternehmen ist – wie im Vorjahr – gleich geblieben.

2 Gießereien mit 501 - 1.000 Beschäftigten	
15 Gießereien mit 201 - 500	"
7 Gießereien mit 101 - 200	"
8 Gießereien mit 51 - 100	"
13 Gießereien mit 21 - 50	"
6 Gießereien unter 20	"
51 Gießereien gesamt	

Die Tendenz der Beschäftigtenanzahl in der Gießereiindustrie ist leicht steigend, und beträgt 7.665.

Zum Vergleich des Vorjahres ist die Zahl der Angestellten in etwa gleich geblieben. Einen Zuwachs gab es bei den Facharbeitern. Die Zahl der angeleiteten Arbeiter sinkt weiter.

Positiv ist der Anstieg der Lehrlinge in der Gießereiindustrie von 245 auf 304.

Produktion

2006 stellt einen Tonnagenrekord in der Produktion in der österreichischen Gießereiindustrie dar. Die Gesamtproduktion ist um 4,2 % auf 338.000 t gestiegen.

Der Bereich Eisenguss ist um 5,7 % auf 207.000 t angestiegen. Positiv hat sich vor allem der Stahlguss entwickelt, welcher um 11 % auf 19.671 t zugenommen hat.

Das Duktile Gusseisen ist um ca. 6 % auf 138.383 t angewachsen.

Auch der Grauguss konnte wieder zulegen, und weist ein Wachstum von ca. 3 % auf ca. 49.000 t auf.

Im Bereich des Nichteisen-Metallgusses konnte der Zink-Druckguss um 8 % auf ca. 14.000 t zunehmen.

Der Schwermetallguss weist jedoch in seiner Gesamtheit einen Rückgang um ca. 9 % auf 16.722 t auf.

Im Bereich des Leichtmetallgusses gab es einen Zuwachs um 3,8 % auf 114.000 t, wobei auf den Aluminium-Druckguss 49.453 t, auf den Aluminium-Kokillenguss 56.380 t, auf den Aluminium-Sandguss 1.743 t und auf den Magnesiumguss 6.534 t entfallen.

In Summe hat der gesamte Metallguss um 1,9 % auf 130.832 t zugenommen.

Der Gesamtwert der österreichischen Gussproduktion (Eisen- und Nichteisenguss) stieg in Summe um fast 6 % auf € 1.183.550.955.

Auftragseingänge

Die Auftragseingänge im Jahr 2006 lagen über dem Niveau der Jahre 2004 und 2005. Vor allem die Eisenseite weist einen sehr guten Auftragseingang auf. Der positive Trend der letzten Jahre setzt sich fort. Auch im Bereich des Aluminium-Druckgusses herrscht ein guter Auftragseingang. Hier differenziert die Situation jedoch sehr stark nach Produktgruppe, Autamarke und -type, die beliefert werden.

Gussproduktion unterteilt nach Werkstoffen und Gießverfahren

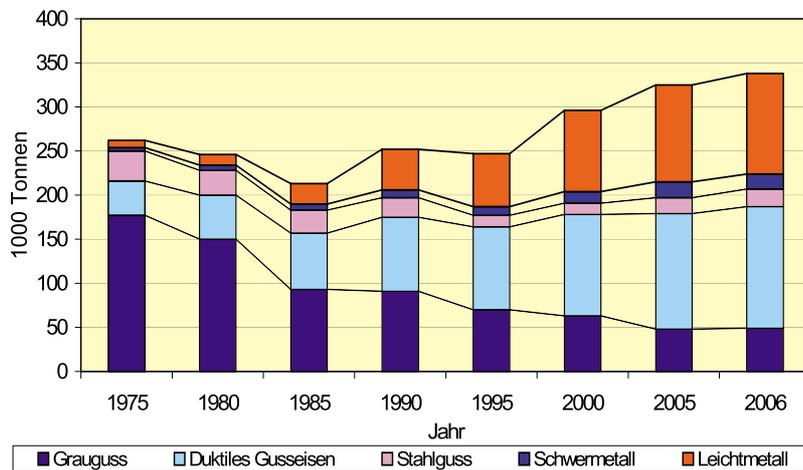
	2005 t	2006 t	Veränderung in %
Grauguss	47.501	49.080	3,3
Duktiles Gusseisen	130.804	138.383	5,8
Stahlguss	17.712	19.671	11,1
Eisenguss	196.017	207.134	5,7
Schwermetallguss	18.456	16.722	-9,4
davon Zink-Druckguss	12.997	14.031	8,0
Leichtmetallguss	109.927	114.110	3,8
davon Al-Druckguss	48.417	49.453	2,1
davon Al-Kokillenguss	53.471	56.380	5,4
davon Al-Sandguss	1.459	1.743	19,5
davon Mg-Guss (überwiegend Druckguss!)	6.580	6.534	-0,7
Metallguss	128.383	130.832	1,9
Total	324.400	337.966	4,2

Quelle: "FV-Gießereindustrie"

Das folgende Bild zeigt die Entwicklung der Produktion der verschiedenen Gusswerkstoffe. Stärkster Wachstumsmotor der Branche war in diesem Jahr die Eisenseite, welche um 5,7 % zugenommen hat. Den

stärksten Zuwachs weist der Stahlguss mit 11,1% auf.

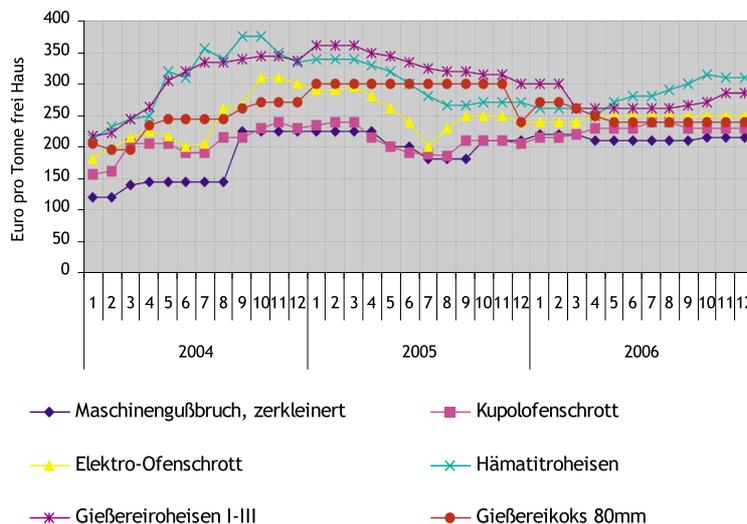
Die Nichteisenseite liegt weiter auf hohem Niveau, kann jedoch die Wachstumsraten der 90er-Jahre nicht halten.



Rohstoffpreise – Überblick

Die im Bild dargestellten Preisentwicklungen basieren auf eigenen Erhebungen und stellen Durchschnittswerte dar. Die Entwicklungen spiegeln die nach wie vor schwierige Situation bei den Rohmaterialpreisen wieder.

In der Grafik ist der sprunghafte Anstieg aller Rohstoffe im Jahr 2004 ersichtlich. Das hohe Niveau des Jahres 2005 wurde auch im Jahr 2006 beibehalten.



Kollektivvertragliche Regelungen

Schon im Frühjahr wurden Gespräche mit den Gewerkschaften über folgende Arbeitgeberforderung aufgenommen: Ein nachhaltiger Teil der Gesamterhöhung – etwa in Höhe der Inflationsrate – sollte für alle gelten, und ein zweiter Teil in Form einer Einmalzahlung, die sich nach dem jeweiligen Betriebsergebnis richtet, sollte die Leistungsfähigkeit auf Unternehmensebene abbilden.

Nach schwierigen und langen Verhandlungen gelang schließlich am 2. 11. 2006 ein Lohnabschluss, der das Arbeitgebermodell wenigstens im Ansatz verwirklichen konnte. Neben einer Erhöhung der IST- und Mindestlöhne bzw. Gehälter von 2,6 % wurde eine Einmalzahlung von € 100,- vereinbart, sofern ein positives Betriebsergebnis vorliegt. Die Zulagen und Aufwandsentschädigungen wurden um 1,5 % erhöht.

Seitens des Fachverbandes wurde – wie in den Jahren zuvor – ein Bericht zur Beurteilung der Gesamtkostensteigerung in der Branche erstellt

Als Unterlage für diesen Bericht wurde die Auswirkung auf die Selbstkosten berechnet; dabei wurden speziell die Erhöhungen der Lohn- und Gehaltskosten, die gestiegenen Betriebskosten, die Aufwände für den Umweltschutz, und die sonstigen kollektivvertragsmäßig getroffenen Rahmenbedingungen berücksichtigt.

Die Berechnungen ergaben in der österreichischen Gießereindustrie eine durchschnittliche Gesamtkostensteigerung von 4,19 %.

Bei diesem Prozentsatz sind jedoch die Schwankungen beim Rohmaterial nicht enthalten, da diese separat über Materialteuerungszuschläge verrechnet werden.

Kontaktadresse:

Fachverband der Gießerei-Industrie Österreichs,
Wirtschaftskammer Österreich
A-1045 Wien, Wiedner Hauptstraße 63
Tel.: +43 (0)5 90 900 3463, Fax: +43 (0)5 90 900 279
E-Mail: giesserei@wko.at, www.diegiesserei.at

Interessante Neuigkeiten

Neuer Lehrstuhl für „Thermoprozesstechnik“ an der Montanuniversität Leoben



Mit 1. Januar 2007 wurde Herr Dipl.-Ing. Dr.techn. Harald Raupenstrauch zum Universitätsprofessor für Thermoprozesstechnik an die Montanuni-

versität Leoben (MUL) berufen.

Harald Raupenstrauch wurde am 26. März 1961 in Schwanenstadt, OÖ, geboren, wo er auch die Volksschule besuchte. Von 1971 bis 1975 absolvierte er das Bundesrealgymnasium in Vöcklabruck und anschließend bis

1980 die Höhere Technische Bundeslehranstalt, Fachrichtung Betriebstechnik. In der Folge studierte Raupenstrauch Verfahrenstechnik (Chemieanlagenbau) an der TU Graz und schloß das Studium 1988 mit der Sponson zum Diplomingenieur ab. Ab 1988 war er Universitätsassistent in der Abteilung für Apparatebau bei Professor Staudinger und arbeitete an seiner Dissertation „Beitrag zur Computersimulation reagierender Schüttschichten“, die er mit dem Rigorosum im Dezember 1991 abschloß und zum Dr.techn. promoviert wurde. Von 1992 bis 1997 war er mit seiner Habilitationsarbeit beschäftigt: „Gasdurchströmte, chemisch reagierende Schüttschichten“, erhielt 1997 die Lehrbefugnis als Universitätsdozent für

das Fach „Gas-/Feststoff-Reaktionen und Partikeltechnologie“ und wurde 1998 a.o. Universitätsprofessor am Institut für Apparatebau, mechanische Verfahrenstechnik und Feuerungstechnik an der TU Graz.

Professor Raupenstrauch erhielt zahlreiche Gastprofessuren: Queen`s University of Belfast, TU Berakademie Freiberg/Sa., Rutgers University of New Jersey, TU Delft, Montanuniversität Leoben. Ab Ende 2004 war er bereits zeitlich befristeter Universitätsprofessor für Wärmetechnik an der MUL

Wir wünschen Herrn Professor Harald Raupenstrauch eine erfolgreiche Tätigkeit in Lehre und Forschung!

Internationaler Druckguss-Wettbewerb 2008 – Ausschreibung

Der Verband der Aluminiumrecycling Industrie (VAR) und die Organisation of European Aluminium Refiners and Remelters (OEA) führen gemeinsam einen Wettbewerb für Aluminium-Druckguß durch. Unterstützt werden sie hierbei vom Verband Deutscher Druckgießereien (VDD) und dem Fachausschuß Druckguß im Verein Deutscher Gießereifachleute (VDG).

Dieser Wettbewerb soll der Öffentlichkeit den hohen Qualitätsstandard von Aluminium-Druckguß vor Augen führen.

Begutachtung und Auswahl der zur Prämierung vorgesehenen Gussstücke werden von

einer kompetenten Jury aus Forschung und Praxis vorgenommen werden.

Für die Bewertung sind sowohl Gussqualität als auch druchgußgerechte Konstruktion maßgebend. Außerdem ist mitbestimmend, inwieweit durch die Verwendung des Gussstückes der Einsatz von recyceltem Aluminium gefördert wird.

Die am Wettbewerb teilnehmenden Gussstücke müssen

**bis zum 15. November 2007
beim Verband der Aluminium-
Recycling-Industrie e.V. (VAR),**

D-40474 Düsseldorf, Am Bonneshof 5, eingegangen sein.

Kunden- und Eigengießereien können beliebig viele Gussstücke zum Wettbewerb einreichen.

Informationen und Anmeldeformulare können per E-Mail angefordert werden: office@oea-alurecycling.org.

Die Auszeichnung der prämierten Einsendungen wird anlässlich der EUROGUSS 2008 (11./13. März 2008) in Nürnberg erfolgen

Der Erfolg europäischer Automobilzulieferer entscheidet sich in China*)

(Oliver Wyman-Studie „Automobilzulieferer in China“)

- **Europäische Automobilzulieferer benötigen ein strategisches Engagement in China**
- **Positionierung als innovativer First-Tier-Supplier hilft, Vorsprung zu sichern**
- **Eigene Low-Cost-Produktionsbasis von europäischen Automobilzulieferern notwendig**
- **Die aufsteigenden chinesischen Konkurrenten müssen genau beobachtet werden**

München, 31. August 2007 – Die richtige China-Strategie wird für Automobilzulieferer zum entscheidenden Faktor beim Erhalt ihrer Wettbewerbsfähigkeit. Denn China ist nicht nur ein wichtiger Absatzmarkt, sondern auch die Heimat aufstrebender Konkurrenten, die mit staatlicher Hilfe langfri-

stig die traditionellen Absatzmärkte in der Triade erobern wollen. Die aktuelle Oliver Wyman-Studie „Automobilzulieferer in China“ zeigt, dass bisher nur wenige chinesische Zulieferer eine echte Bedrohung für die etablierten Lieferanten darstellen. Damit das so bleibt, müssen europäische Au-

tomobilzulieferer in China aggressiv auf- und mit den neuesten Technologien in den Markt eintreten. Auch Kooperationen mit chinesischen Automobilherstellern können sinnvoll sein.

Für europäische Automobilzulieferer ist der chinesische Markt in dreierlei Hinsicht wichtig: Dort finden sie ein starkes Absatzwachstum und günstige Fertigungsmöglichkeiten,

*) E-Mail-Pressemitteilung vom 31.8.2007 von <eNews@oliverwyman.com>

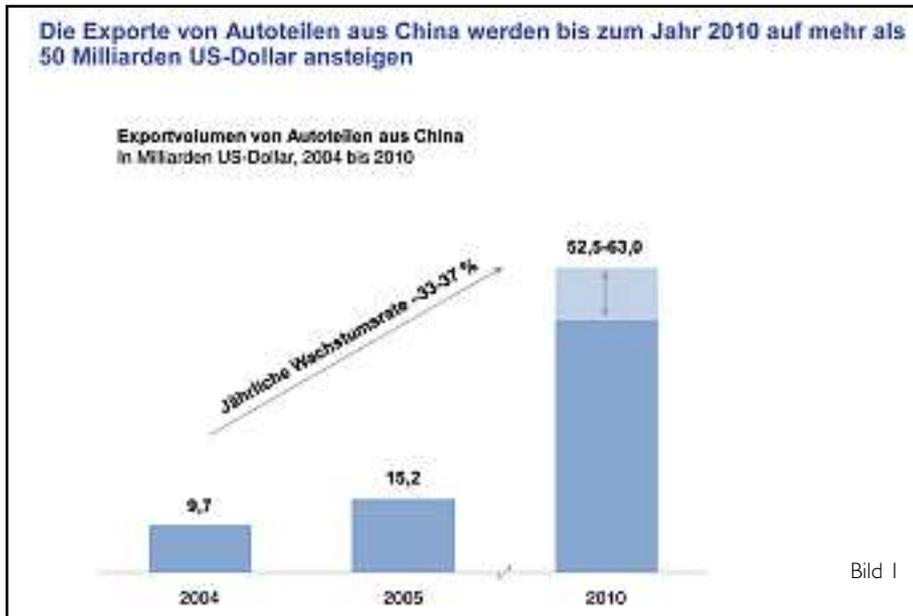
treffen aber auch auf potenziell gefährliche Konkurrenten. Denn die chinesische Automobilzulieferindustrie entwickelt sich rasant: Ihr Inlandsmarkt wächst pro Jahr um mehr als 30 Prozent. Noch schneller steigen jedoch die Autoteileexporte aus China. Sie wuchsen in den vergangenen Jahren um durchschnittlich 70 Prozent und erreichten 2005 bereits ein Exportvolumen von mehr als 15 Milliarden Euro (**Bild 1**). Nicht nur die Einkaufsabteilungen der internationalen

sind sie dennoch zu einem wichtigen Motor für die chinesische Wirtschaft geworden. Dieses Wachstum wurde von der chinesischen Regierung durch die Liberalisierung bewusst getrieben und unterstützt. Ziel ist es, die heimischen Unternehmen international wettbewerbsfähig zu machen. Bisher fokussieren chinesische Automobilzulieferer vor allem auf die Produktion von einfachen Zukaufteilen. Solche Komponenten – Aluminiumfelgen, Reifen, Kreuzgelenke, Lautspre-

zunehmen, zudem werden sich Lieferantenhierarchien wie in den weiterentwickelten Automobilmärkten bilden. „In den vergangenen Jahren ist die Profitabilität der Automobilzulieferer in China um mehr als die Hälfte gesunken (**Bild 2**) – durch Preissenkungen, Professionalisierung des Einkaufs im Umgang mit Faktorkostenunterschieden und Wettbewerb sowie steigende Qualitätsanforderungen“, meint Oliver Wyman-Experte Dr. Christian Heiss.

Entsprechend ihrer Produktstrategien verfolgen die Automobilhersteller unterschiedliche Produktentwicklungs- und Einkaufsstrategien. Automobilhersteller, die wie die chinesischen Unternehmen auf einfache und kleinere Fahrzeuge spezialisiert sind, konzentrieren sich derzeit noch stark auf Kostenvorteile. In Zukunft wird die Innovationsfähigkeit der Lieferanten für diese Kundengruppe jedoch deutlich an Bedeutung gewinnen. Internationale Hersteller mit Fokus auf höherwertige Segmente, die heute noch stark auf die Innovationsfähigkeit ihrer Lieferanten achten, werden ihre Produktentwicklungs- und Einkaufsstrategien in den kommenden Jahren hingegen stärker differenzieren. Bei einfachen Zukaufteilen werden Kostenvorteile weiter an Bedeutung gewinnen, während bei komplexeren Komponenten, Modulen und Systemen die Sicherstellung der Innovationsfähigkeit nach wie vor dominieren wird.

Um als Zulieferer international wettbewerbsfähig zu werden, müssen die chinesischen Unternehmen entweder komplexere Produkte entwickeln und Modul- oder Systemkompetenzen aufbauen oder den Schwerpunkt auf Kostenführerschaft als Untertierlieferant legen. Ihre derzeit noch starke Abhängigkeit von einigen wenigen Kunden und die regionale Struktur der chinesischen Wirtschaft behindern jedoch den Zugang zu neuen Kunden. Ferner sind eine geringe Innovationsfähigkeit, fehlendes Prozess-Know-how und der Mangel an international be-



Automobilhersteller haben China als attraktiven Standort für Zukaufteile entdeckt, auch die großen Lieferanten suchen seit einiger Zeit im Land der Mitte verstärkt neue Zulieferer. So wollen Volumenhersteller wie General Motors und Ford ihre heute schon sehr hohe Beschaffungsmenge aus China bis 2008 um weitere 50 bis 70 Prozent erhöhen. „Premiumhersteller, die bisher nur einen geringen Anteil ihrer Teile aus Niedriglohnländern beziehen, haben sogar noch höhere Ziele“, sagt Lars Stolz, Partner und Automobilexperte von Oliver Wyman. „Sie werden ihr Einkaufsvolumen aus China voraussichtlich verdrei- bis verachtfachen.“

cher oder kompakte Gussteile – werden bereits in größerem Umfang aus China exportiert.

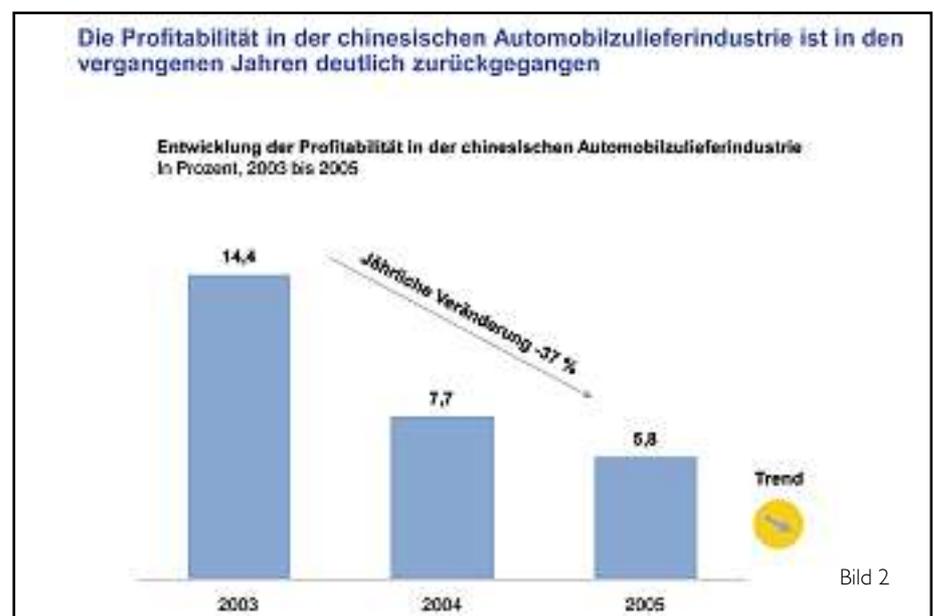
Der chinesische Markt wird reifer

Die Oliver Wyman-Studie hat ein mittelfristiges Szenario für den chinesischen Zuliefermarkt entwickelt. Demnach werden die Marktpreise und damit auch die Margen für in China gefertigte Komponenten weiterhin deutlich sinken. Gleichzeitig wird die Konsolidierung der Automobilzulieferer in China

Vielzahl kleiner Chinesischer Automobilzulieferer im Markt

Im chinesischen Markt konkurrieren sehr viele kleine chinesische Automobilzulieferer mit deutlich größeren internationalen Anbietern, deren durchschnittliches Umsatzvolumen das Vier- bis Sechsfache der chinesischen Konkurrenten beträgt. Etwa 40% der Automobilumsätze innerhalb Chinas werden von großen Zulieferern aus den westlichen Industrieländern und ihren Joint Ventures getätigt; etwa von Bosch, Delphi, Denso oder Johnson Controls. Sie profitieren auch vom Exportboom für Zulieferteile mit etwa 56% der chinesischen Exporte von Autoteilen.

Die etwa 2.500 heimischen, zumeist kleinen Anbieter liefern bisher vor allem einfache Volumenteile. Durch ihr starkes Wachstum



kannten Marken wesentliche Hemmnisse für den Aufstieg der chinesischen Automobilzulieferindustrie im internationalen Umfeld. So investieren chinesische Zulieferer heute weniger als zwei Prozent ihres Umsatzes in Forschung und Entwicklung, wohingegen die durchschnittlichen Investitionen internationaler Zulieferer etwa vier bis fünf Prozent des Umsatzes betragen. Branchenführer wie Bosch, Denso oder Delphi liegen mit sieben bis acht Prozent sogar deutlich über dem Branchendurchschnitt.

Somit stellen die chinesischen Automobilzulieferer für die meisten Modul- und Systemlieferanten im internationalen Markt und auch in China derzeit noch keine ernst zu nehmende Bedrohung dar. Komponentenhersteller, vor allem von einfacheren Komponenten, werden in den kommenden Jahren hingegen einen zunehmenden Kostendruck durch den Eintritt chinesischer Zulieferer in den internationalen Markt spüren (**Bild 3**). Einige chinesische Lieferanten, wie Wanxiang, schaffen es, zu international wettbewerbsfähigen Automobilzulieferern aufzu-

steigen. Die von Wanxiang verfolgte Strategie, zunächst einfache und arbeitsintensive Produkte wie Kreuzgelenke wettbewerbsfähig anzubieten und durch Akquisitionen im Ausland den Zugang zu neuen Kunden und Technologien für komplexere Chassis-Module zu erhalten, zeichnet sich als eine langfristig erfolgreiche Strategie für chinesische Automobilzulieferer ab.

Der Kampf um Marktanteile in Europa muss in China geführt werden

Um die Bedrohung der sich schnell entwickelnden chinesischen Automobilzulieferer nachhaltig abwehren zu können, müssen europäische Automobilzulieferer aggressiv in den chinesischen Markt eintreten. Dies sollten europäische Lieferanten trotz Bedenken bezüglich des Schutzes ihres intellektuellen Kapitals mit den neuesten Technologien und ausreichenden Entwicklungskapazitäten angehen. Durch die Nutzung des derzeit noch vorhandenen Innovationsvorsprungs können sich europäische Automobilzulieferer im chinesischen Markt als direkte Erstlieferanten

positionieren und ihre chinesischen Wettbewerber in die Rolle von Unterlieferanten drängen. Somit wird den aufstrebenden chinesischen Lieferanten der direkte Zugang zu internationalen Automobilherstellern erschwert. „Eine aggressive Innovationsstrategie ermöglicht europäischen Lieferanten, sich bei den stark wachsenden asiatischen Herstellern fest zu etablieren und dadurch überdurchschnittlich vom Wachstum in China zu profitieren“, sagt Oliver Wyman-Berater Stolz.

Der Eintritt in den chinesischen Markt oder in andere Märkte mit vorteilhaften Faktorkosten ermöglicht den internationalen Zulieferern zudem die Verbesserung der eigenen Kostenstrukturen. Dies kann einerseits durch Nutzung der vorhandenen beziehungsweise entstehenden Lieferantenbasis erfolgen, andererseits auch durch den Aufbau eigener Produktionskapazitäten. Ein weiterer wichtiger Vorteil des Engagements in China ist das frühzeitige Erkennen wettbewerbsfähiger Strategien der aufstrebenden chinesischen Konkurrenten. „Die Beobachtung des chinesischen Lieferantenmarktes im jeweiligen Produktspektrum ist für europäische Automobilzulieferer überlebenswichtig, um frühzeitig auf sich entwickelnde lokale, überregionale und künftige internationale Lieferantenstrukturen reagieren zu können“, so Oliver Wyman-Experte Dr. Heiss. Europäische Automobilzulieferer sollten daher ihre China-Strategie überdenken, um ihre Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig zu sichern und den Aufstieg der chinesischen Automobilzulieferer als Chance zu nutzen.

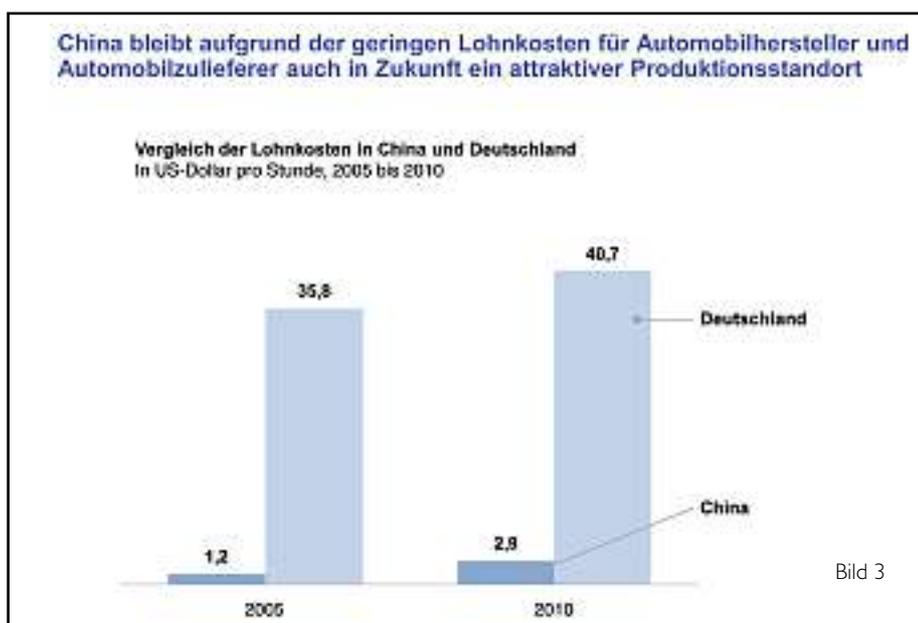


Bild 3

ÜBER OLIVER WYMAN

Oliver Wyman ist eine führende Managementberatung mit 2.500 Mitarbeitern in mehr als 40 Büros weltweit. Oliver Wyman ist Teil der Marsh & McLennan Companies (NYSE: MMC).

Auch in den deutschsprachigen Ländern gehört Oliver Wyman zu den führenden Strategieberatungen mit überdurchschnittlichen Wachstumsraten. In den Oliver Wyman-Büros in München, Frankfurt, Düsseldorf, Hamburg und Zürich arbeiten 560 Mitarbeiter für die führenden Unternehmen aus den Branchen Automobil, Einzelhandel, Fertigungsindustrie, Finanzdienstleistungen, Luft- und Raumfahrt, Maschinen- und Anlagenbau, Medien, Telekommunikation und Transport. Sie werden durch ein weltweites Expertennetz unterstützt, um für jede Aufgabe das beste Team stellen zu können

Handlungsempfehlungen für europäische Automobilzulieferer

1. Wettbewerbsbeobachtung: Sie ermöglicht eine schnelle Reaktion auf die Entwicklung der chinesischen Wettbewerber und sichert entscheidende Wettbewerbsvorteile.
2. Aggressive China-Strategien mit neuesten Technologien: Sie helfen, chinesische Wettbewerber bereits in ihren Heimatmärkten anzugreifen.
3. Produktion in Niedriglohnländern: Sie erlaubt entscheidende Kostenvorteile im Produktionsverbund.
4. Einbindung von chinesischen Automobilzulieferern als Sublieferanten: Sie ermöglicht die Nutzung von Kostenvorteilen und vermindert die Wettbewerbsintensität.

Ansprechpartner:

Pierre Deraëd, Leiter Corporate Communications
 Oliver Wyman, D-80539 München,
 Tel.: +49 (0)89 939 49 599, Fax: +49 (0)89 939 49 515, E-Mail: pierre.deraed@oliverwyman.com, www.oliverwyman.com

Vereinsnachrichten



Mitglieder- informationen

Personalia – Wir gratulieren zum Geburtstag

Herrn Professor Dipl.-Ing. **Bernd Steinhäufel**, A-8712 Proleb, Köllach 2, **zum 65. Geburtstag** am 7. 11. 2007.



Geboren in Wr.Neustadt, besuchte Bernd Steinhäufel nach der Grundschule die Bundesgewerbeschule, Abteilung Maschinenbau, in Wr.Neustadt und wechselte dann in die Höhere Technische Bundeslehranstalt HTBL, Abteilung Gießereitechnik, Wien X, die er im Juni 1964 mit der Reifeprüfung beendete. Im Oktober desselben Jahres setzte Bernd Steinhäufel das Gießereistudium fort und inskribierte an der Montanistischen Hochschule in Leoben die Fachrichtung Hüttenwesen – Gießerei. Im Juni 1975 schloß er sein Studium mit dem Titel Diplomingenieur ab.

Schon während dieses Studiums war er seit November 1972 an der Lehrkanzel für Gießereikunde bei Professor Dr.techn. K. Zeppelzauer und in der Folge bei Professor Dr.-Ing. J. Czikel als wissenschaftliche Hilfskraft tätig.

Nach Studienabschluss setzte Steinhäufel seine wissenschaftliche Tätigkeit als Universitätsassistent am Institut für Gießereikunde fort. Nach Emeritierung von Herrn Professor Czikel war Dipl.-Ing. Steinhäufel von Dezember 1984 bis Oktober 1985 als provisorischem Institutsvorstand die Leitung des Institutes für Gießereikunde an der Montanuniversität Leoben bis zur Neubesetzung anvertraut.

In der Folge wechselte Dipl.-Ing. Bernd Steinhäufel als Vertragslehrer an die HTBLA Zeltweg, an der er nun seit September 1986 als Professor wieder in der Nachwuchsausbildung tätig ist. Seit Dezember 1994 ist er Abteilungsvorstand der Fakultät Maschineningenieurwesen dieser praxisnahen Ausbildungsstätte.

Dem VÖG gehört Professor Dipl.-Ing. Bernd Steinhäufel seit 1985 an.

Herrn Kommerzialrat Dr.iur. **Martin Siegmann**, A-4645 Grünau, Habernau 4, **zum 65. Geburtstag** am 19. November 2007.



Martin Siegmann wurde am 19. November 1942 in Baden / NÖ geboren und ist in Linz aufgewachsen, wo er auch das Akademische Gymnasium besuchte. Nach der Matura studierte er Rechtswissenschaften an der Universität Wien und schloss 1964 mit dem Doktor iur. ab. Anschließend absolvierte Dr. Siegmann auch das Studium der Betriebswirtschaft mit MBA Abschluss am INSEAD in Fontainebleau / Frankreich.

Nach einigen Jahren Tätigkeit in der österreichischen Industrie widmete sich Dr. Martin Siegmann ab 1975 dem Auf- und Ausbau der ERKU-Präzisionsteile GesmbH in Pasching bei Linz und richtete das Unternehmen als OEM (Original Equipment Manufacturer) und Systemlieferant auf den Kundenkreis „Automobilindustrie“ aus. Es erfolgte die Spezialisierung auf Druckgussteile geringerer Größe in einbaufertig bearbeiteter Ausführung und die Anpassung der Struktur des Unternehmens an die Anforderungen des Abnehmerkreises durch Forcierung der Sparte Aluminium-Druckguss. Im Zuge dieser Maßnahmen wurde die Sparte Zink-Druckguss im Jahre 2002 eingestellt.

Das Unternehmen wurde im Jahre 2005 im Zuge einer Insolvenz an die TCG UNITECH verkauft. Seit dieser Zeit ist Herr Dr. Martin Siegmann in Pension.

Dr. Martin Siegmann war auch in der Interessensvertretung der Gießereibranche engagiert und bekleidete die Funktionen des Stellvertretenden Vorstehers des Fachverbandes der Gießereindustrie Österreichs und des Vorsitzenden der Fachvertretung Gießerei in der Wirtschaftskammer Oberösterreich. Diese Funktionen endeten 2005. Die WKÖ verlieh ihm im Jahre 1999 den Titel Kommerzialrat.

Seit 2002 ist Kommerzialrat Dr. Martin Siegmann Mitglied des Vereins Österreichischer Gießereifachleute und Mitglied des Vorstandes des Vereins für praktische Gießereiforschung (ÖGI).

Herrn Dipl.-Ing. **Hubert Kerber**, A-8700 Leoben, Schießstattstraße 16/50, **zum 50. Geburtstag** am 22.. November 2007.

**Den Jubilaren ein
herzliches Glückauf!**

Bücher und Medien



Bücher & Medien

DIN-DVS-Taschenbuch 191 – Schweißtechnik 4



Auswahl von Normen für die Ausbildung des schweißtechnischen Personals

8. Auflage. 2007. 616 S. A5. Broschiert. 141,00 EUR, ISBN 978-3-410-16535-4

DIN-DVS-Taschenbuch 290 – Schweißtechnik 8



Schweißtechnisches Personal, Verfahrensprüfung, Qualitätsanforderungen, Bewertungsgruppen.

5. Auflage. 2007. 608 S. A5. Broschiert. 139,00 EUR, ISBN 978-3-410-16447-0

Herausgeber: DIN/DVS Beuth Verlag GmbH: Berlin, Wien, Zürich

Die Sammlung der DIN-DVS-Taschenbücher zum Regelwerk der Schweißtechnik macht durch zwei Neuauflagen auf sich aufmerksam:

Das **DIN-DVS-Taschenbuch 191** richtet sich mit seiner „Auswahl von Normen für die Ausbildung des schweißtechnischen Personals“ insbesondere an Schweißaufsichtspersonen, wie Schweißfachingenieure, Schweißfachleute und Schweißwerkmeister und bietet darüber hinaus auch den Studierenden selbst einen ausgezeichneten Überblick über das technische Regelwerk zu Arbeitssicherheit, Qualität, Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit.

Ergänzend dazu präsentiert das **DIN-DVS-Taschenbuch 290** in seiner Neuauflage 24 Europäische und Internationale Normen zu den Themen „Schweißtechnisches Personal“, „Verfahrensprüfung und -anweisung“, „Qualitätsanforderungen“ und „Bewertungsgruppen“ sowie je zwei DVS-Merkblätter und -Richtlinien.

Beide Nachschlagewerke zusammen versammeln einen essentiellen Ausschnitt aus dem Wissensschatz für schweißtechnisches Personal in seinem unmittelbaren, praktischen Kontext.

Giessen & Guss – Museen und Schaugießereien im deutschsprachigen Gebiet



Die von Prof. Dr.-Ing. Gerhard Engels zusammengestellte und vom Fachausschuß Geschichte im Verein Deutscher Gießereifachleute e.V. gerade zur GIFA herausgegebene Monografie gibt auf 41 DIN A5 Seiten einen Überblick

über 33 Standorte von Gießerei-Museen und Schaugießereien in Deutschland (28), der Schweiz (2) und Österreich (3).

Kurzbeschreibungen mit Fotos, Angaben von Telefon, E-Mail und Internetzugang sowie Öffnungszeiten und Eintrittspreisen erleichtern die Auswahl und motivieren zum Besuch.

Wie der Autor sagt, soll die vorliegende Broschüre dazu beitragen, die wichtigste Formgebungstechnik für metallische Werkstoffe, derer sich die Menschheit seit Jahrtausenden bedient und ohne die auch die Technik der Zukunft nicht denkbar ist, „begreifbar“ zu machen. Fast jeder weiß, was eine Schmiede ist, eine Tischlerei, selbst eine Glasbläserei und kann Beispiele von Erzeugnissen nennen. Aber wer kennt eine Gießerei und weiß, was dort geschieht? Wer weiß schon, wie der Zylinderblock seines Autos entsteht? Oder der Wasserhahn, das Kameragehäuse, der Heizkessel, das künstliche Hüftgelenk?

Die vorliegende Broschüre will alle, jung und alt, auf Museen und Schaugießereien in ihrer Umgebung hinweisen.

Kontakt:

Verein Deutscher Gießereifachleute e.V. (VDG), Fachausschuß Geschichte, D-40237 Düsseldorf, Tel.: +49 (0)211 6871 256, Fax: 364, E-Mail: FA-Geschichte@vdg.de,

Eisenwerkstoffe – Stahl und Gusseisen



Von Hans Berns und Werner Theisen.

Ursprünglich veröffentlicht unter dem Titel: *Stahlkunde für Ingenieure*.

3., vollst. neu bearb. u. erw. Aufl., Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 2006, XI, 393 S. 185 Abb., Hardcover. ISBN: 978-3-540-29792-5, Preis 65,37 €.

Seit der zweiten Auflage des Standardwerks *Stahlkunde für Ingenieure* im Jahre 1993 wurde die Umwandlung von deutschen in europäische Normen soweit vollendet, dass die Autoren sich nun zu einer dritten Auflage entschlossen. Diese wurde um den Werkstoff Gusseisen erweitert und trägt deshalb auch den neuen Titel *Eisenwerkstoffe – Stahl und Gusseisen*.

Damit werden dem Leser Gemeinsamkeiten, aber auch grundsätzliche Unterschiede der wichtigen Werkstoffgruppen Stahl und Gusseisen in übersichtlicher Form nahe gebracht. Die bewährte Aufbereitung des Stoffes von den Grundlagen des Gefüges, den Gebrauchs- und Fertigungseigenschaften bis zur Verarbeitung, Wärmebehandlung und industriellen Anwendung wurde beibehalten.

Teil A behandelt die Grundlagen, unterteilt in die Kapitel Konstitution / Gefüge / Wärmebehandlung / Eigenschaften. Teil B befasst sich mit den unterschiedlichen Gruppen von Eisenwerkstoffen und beschreibt die Verarbeitung und Anwendung der Normwerkstoffe, aber auch neuere Entwicklungen.

Das Buch schließt mit einem Anhang über die Bezeichnung von Gusseisen und Stahl nach EURO-NORM und über die Geschichte des Eisens.

Das Werk richtet sich an Ingenieure in der Praxis, an Werkstoffwissenschaftler und an Ingenieurstudenten. Für die einen bietet es viele nützliche Fallbeispiele, für die anderen eine gründliche Einführung. Die auf langjährige Industrieerfahrung zurückblickenden Autoren lehren heute am Lehrstuhl für Werkstofftechnik an der Ruhr-Universität in Bochum.

DIN-Taschenbuch 218 – Werkstofftechnologie I

Wärmebehandlungstechnik



Hsg.: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, Wien, Zürich, 5. Auflage, 2007, 616 S., A5, broschiert, ISBN 978-3-410-16534-7, Preis € 142,-.

Verkleinert auf das Format A5 enthält dieses Normenkompendium in seiner vorliegenden Neuauflage die Originaltexte von 38 DIN-(EN)-(ISO)-Normen aus dem weiten Feld der Wärmebehandlungstechnik sowie zu angrenzenden Gebieten.

Eine Überarbeitung der Auflage 2001 war notwendig geworden, weil in der Zwischenzeit viele der einschlägigen Normen überarbeitet worden sind.

Die Dokumente liefern u.a. Angaben über ferritische Eisenwerkstoffe sowie deren Wärmebehandlung und Prüfung. Darüber hinaus geht es auch um Wärmebehandlungsöfen, Wärmebehandlungsanweisungen sowie die Darstellung und Angaben für wärmebehandelte Teile in Zeichnungen und um Begriffsbestimmungen.

Industrielle Fertigung – Fertigungsverfahren



2. verb. Aufl. 2006, bearbeitet von einem Autorenkollektiv, 624 S., ca. 1.400 Abbn., 4-fbg., 17x24 cm, brosch., ISBN 3-8085-5351-0, Europa-Nr. 53510, Preis: € 40,-.

Verlag Europa-Lehrmittel, D-42404 Haan, Postf. 42 04 64, Tel.:

+49 (0)2104 6916 0, Fax: 27, www.europa-lehrmittel.de.

Dieses Lehrbuch behandelt die moderne industrielle Fertigung mit den Verfahren zur Herstellung von metallischen Werkstücken, Werkstücken aus Kunststoffen, Keramik und Glas, Techniken der Oberflächenmodifikation und des Fügens sowie die neuen generativen Fertigungsverfahren und Anwendungen der Lasertechnik. Im Anhang befindet sich eine Einführung in die Werkstoffkunde. Ein Fachwörterbuch (D-E / E-D) mit etwa 4.500 Begriffen gibt Unterstützung und Sicherheit in der fachlichen Kommunikation.

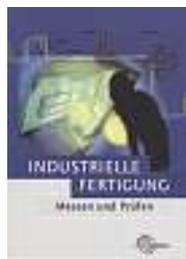
Die Fertigungsverfahren werden auch wertend behandelt, damit der Leser versteht, weshalb Bauteile einmal spanend, gegossen, umgeformt oder auf andere Weise herge-

stellt werden. Dabei werden auch Umweltressourcen und Umweltbelastungen thematisiert. Den Verfahren der notwendigen Bauteilnachbehandlungen ist ein eigener Abschnitt gewidmet.

Inhalt: Einführung in die Fertigungstechnik: Fertigungstechnik als Triebfeder der Menschheit/Fertigungsverfahren im Überblick/Aktuelle Entwicklungen/Geschwindigkeit u. Qualität/Management – Fertigen mit Metallen: Gießereitechnik/Pulvermetallurgie/Umformtechnik/Endkonturnahe Formgebung/Spanloses Trennen u. Abtragen/Zerspanungstechnik/Wärmebehandlung von Stahl – Fertigen mit Nichtmetallen: Bauteile aus Kunststoff/aus Keramik/aus Silikatglas – Fügen, Modifizieren u. Montieren: Stoffschlüssiges Fügen/Oberflächenmodifikation von Bauteilen/Montagetechnik – Laser in der Fertigungstechnik: Grundlagen zur Lasertechnik/Werkstückbearbeitung – Rapid Prototyping: Allgemeines/Ziele/Verfahren – Anhang Kleine Werkstoffkunde: Atomaufbau u. Bindungstypen/Aufbau metallischer Werkstoffe/Eigenschaften metallischer Werkstoffe –

Fachwörterbuch D-E, E-D, Sachwortverzeichnis, Quellen- u. Literaturangaben.

Industrielle Fertigung – Messen und Prüfen



1. Aufl. 2006, Autorenkollektiv, 288 S., ca. 900 Abb., 4-fbg., 17 x24 cm, brosch., ISBN 3-8085-5351-5, Europa-Nr. 53715, Preis: € 26,-, Verlag Europa-Lehrmittel.

In diesem Buch sind die aktuellen Messverfahren, insbesondere die der Längenmesstechnik und die Prüfverfahren ausführlich behandelt. Einen besonders wichtigen Platz nehmen die sonst in Lehrbüchern eher selten zu findenden Prüfverfahren zur Bauteilmüdung ein. Darüber hinaus sind auch die sehr modernen Methoden, wie z.B. die Computertomographie, die

computergestützte Bildanalyse und die Modalanalyse beschrieben. Da aber nicht nur die gefertigten Werkstücke sich in der Prüfung bewähren müssen, sondern auch die Produktionsanlagen, ist der Qualifizierung von Produktionsmitteln auch ein Abschnitt gewidmet.

Inhalt: Fertigungsmesstechnik: Grundlagen d. geometrischen Messtechnik/Maßverkörperungen/Form u. Lage/Interferometrische Messverfahren/Oberflächenmesstechnik/Koordinatenmesstechnik/Rö-Computertomographie/Messräume/Messen in der Werkzeugmaschine/Messen u. Prüfen mit Roboter/Messen u. Prüfen d. Bildverarbeitung – Werkstoffprüfung: Chemische Zusammensetzung/Innere Werkstofftrennungen/Härteprüfung/Gefüge/Mechanische Eigenschaften – Maschinen- u. Bauteilverhalten: Bauteilprüfung/Schwingungen von Maschinen u. Bauteilen – Qualifizierung von Produktionsmitteln: Qualifizierung von Werkzeugmaschinen/Qualifizierung von Industrierobotern – Fachwörterbuch D-E, E-D/ Sachwortverzeichnis, Quellenangaben u. Literatur.



Akkreditierte Prüfstelle EN 45001

Montanuniversität Leoben Lehrstuhl für Allgemeinen Maschinenbau Vorstand: Univ.Prof. Dr. W. Eichlseder



„VON DER SCHMELZE ZUM WERKSTOFF“

„VOM WERKSTOFF ZUM BAUTEIL“

Gießtechnologie

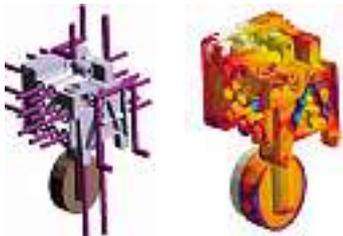
Kombination von Gießverfahren und bedarfsgerechten Gusswerkstoffen

Zusammenarbeit in der Produktentwicklung zur Lösung anspruchsvoller Aufgaben

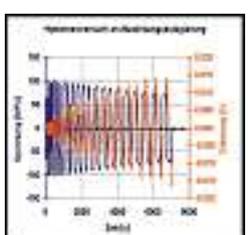
Betriebsfestigkeit

Brücke zwischen Werkstoffwissenschaft und Produktentwicklung

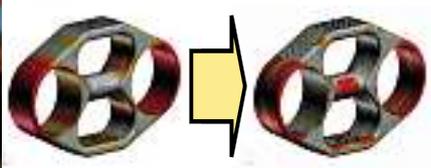
Simulation von
• Formfüllung und Erstarrung
• Spannung und Verzug



Bestimmung von Werkstoffkennwerten – Werkstoff- und Bauteilprüfung



Berechnung von Spannungen Lebensdauer



ÖGI

Ansprechpartner

AMB

DI Gerhard Schindelbacher, Parkstraße 21, A-8700 Leoben
Tel.: +43 3842 431010; Fax: +43 3842 431011; e-mail: office.ogi@unileoben.ac.at; www.ogi.at

Univ.Prof. Dr. W. Eichlseder, Franz-Josef-Straße 18, A-8700 Leoben
Tel.: +43 3842 402 1401; Fax: +43 3842 402 1402
e-mail: amb@mu-leoben.at; www.unileoben.ac.at

Kompetenz in Guss

Buderus
TIROLER RÖHREN

Buderus
GUSS KOMPONENTEN



Tiroler Röhren- und Metallwerke AG

Innsbruckerstraße 51
A-6060 Hall in Tirol
Tel.: +43-5223-503-0
Fax: +43-5223-43 6 19
E-Mail: office@trm.at
www.trm.at

Guss Komponenten GmbH

Innsbruckerstraße 51
A-6060 Hall in Tirol
Tel.: +43-5223-503-0
Fax: +43-5223-43 6 18
E-Mail: office@gk-tirol.at
www.guss.buderus.de