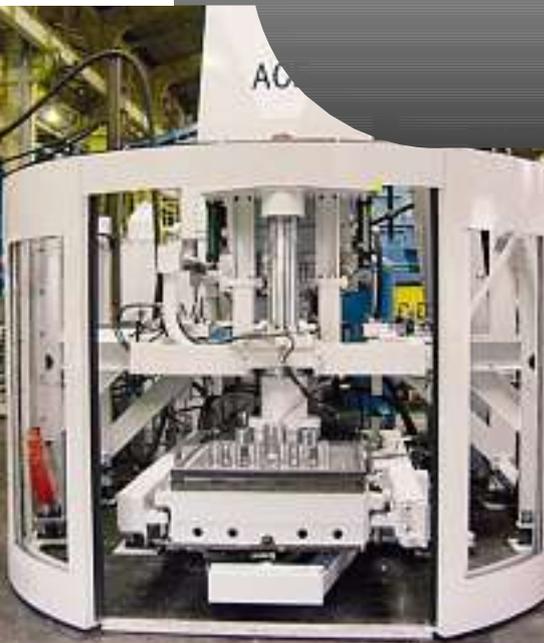


Giesserei Rundschau



■ SEIATSU-ACE-FORMMASCHINE



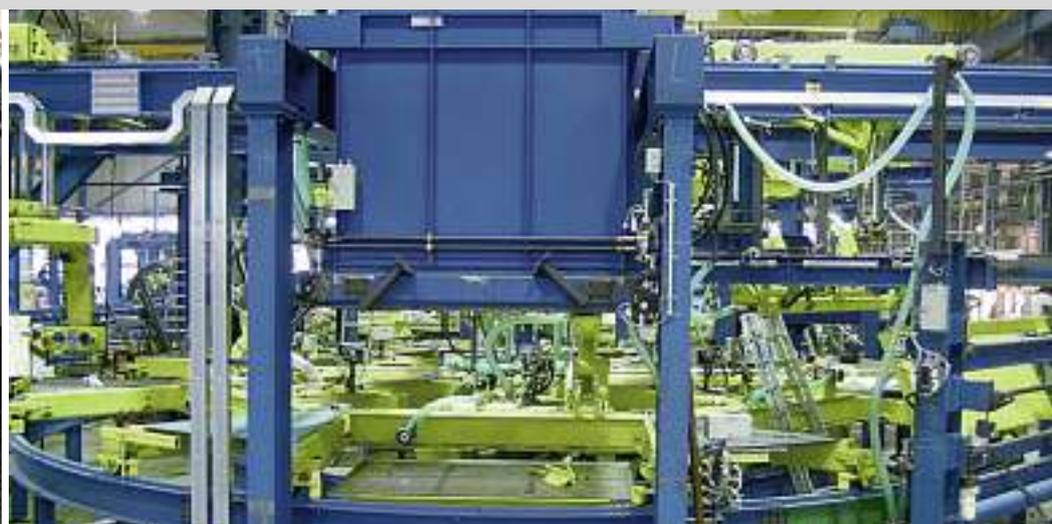
■ SEIATSU-FORMMASCHINE ZFA 3,5



■ HWS-GIESSAUTOMAT

■ KASTENLOSE FORMMASCHINE FBO

■ VAKUUM-FORMANLAGE (V-PROCESS)



hws
HEINRICH WAGNER SINTO
Maschinenfabrik GmbH

Repräsentiert durch:

+HAGI+ Giessereitechnik
Tech. Büro für Giesserei und Industriebedarf
DI Johann Hagenauer
Am Sonnenhang 7, A-3143 Pyhra, Austria
Tel.: +43 (0) 2745/3345 - 20
Fax: +43 (0) 2745/3345 - 30
Mobil: +43 (0) 664/2247128
e-mail: j.hagenauer@utanet.at

FUNKTIONELLE

SPEISER-SYSTEME

ZU IHREM VORTEIL

DUPLO-Speiser DX

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



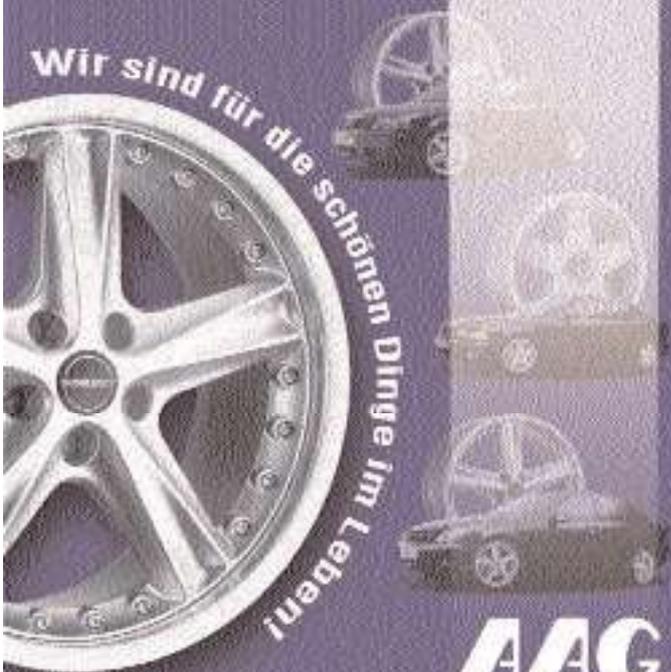
GTP SCHÄFER
GIEßTECHNISCHE PRODUKTE GMBH

Amstelschloß 16
D - 61518 Griesenbroich
Telefon 0 21 81 / 23 35 40
Telefax 0 21 81 / 4 44 54
www.gtp-schaefer.de



Ein Unternehmen der **BORBET**
Borbet Group

Wir sind für die schönsten Dinge im Leben!



AAG
AUSTRIA ALU-GUSS
Ein Unternehmen der Borbet Group

www.aluguss.com

Austria Alu-Guss-Ges.m.b.H. • A-5282 Ranshofen
Telefon (07722) 8 74 26 • E-mail aagbox@aluguss.com

Frei gewordene Produktionskapazität

- Grau- und Sphäroguss (E-Ofen)
- Nassguss – Formkastengröße
1250 × 950 × 250/250

Eisengießerei
Franz Steininger GesmbH
A-3371 Neumarkt/Y., Bahnstraße 10
Tel. +43 (0)7412 52417
E-mail: steininger.guss@aon.at
Internet: www.steininger-guss.at

Die nächste Ausgabe der
GIESSEREI-RUNDSCHAU Nr. 7/8
zum Thema
„NE-Metallguss und Druckguss“
erscheint am 30. August 2005.

Redaktionsschluss: 10. August 2005.



OIV-Industrievertretungen
Industrie- u. Gießereibedarf
Service und Beratung



visit us in internet
www.oiv.at

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
ISDN: +43 (0)1 402 41 77
e-mail: giesserei@verlag-lorenz.at
Internet: www.verlag-lorenz.at

Herausgeber:
Verein Österreichischer Gießerei-
fachleute, Wien, Fachverband der
Gießereiindustrie, Wien
Österreichisches Gießerei-Institut
des Vereins für praktische Gießerei-
forschung u. Institut für Gießereikunde
an der Montanuniversität, beide Leoben

Chefredakteur:
Berggrat 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 95-17
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: € 53,60 Ausland: € 66,20
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 Öster-
reichischen Gießerei-Institutes und des Institutes für Gießerei-
kunde an der Montanuniversität, beide Leoben.

INHALT

Die Titelseite zeigt Auszüge des Pro-
grammes der Maschinenfabrik Hein-
rich Wagner Sinto GmbH, Bad Laas-
phe, Deutschland.

Heinrich Wagner Sinto ist ein
Unternehmen der weltweit agieren-
den Sintokogio-Gruppe und heute
marktführender Hersteller von Form-
anlagen, Formmaschinen und adäqua-
ten Anlagentechnologien zur Herstel-
lung hochverdichteter Formen für
moderne Gießereien.



BEITRÄGE

118**– Ein neuer Stahlguss-Werkstoff wird geboren****– Von der Natur lernen – Kraftflussgerechte Gussgestaltung****– Eine Gießerei auf dem Weg zur Internationalisierung –****die Rautenbach AG****– Prozessgesteuerte Verdichtung von Grünsandformen****– Schichtenentwicklung bei Furtenbach**

GROSSE GIESSEREI-
TECHNISCHE TAGUNG
MIT 2. NEWCAST-FORUM

147

Gießer aus Deutschland, Schweiz und Österreich
tagten am 21./22. April im Congress Innsbruck –
ein Rückblick

AKTUELLES

160

Aus den Betrieben
Firmennachrichten
Interessante Neuigkeiten

TAGUNGEN/
SEMINARE/MESSEN

166

Veranstaltungskalender

VÖG-VEREINS-
NACHRICHTEN

167

Mitgliederbewegung
Personalia

Ein neuer Stahlguss-Werkstoff wird geboren – Von der Idee über die Forschung zu Pilotkomponenten und zur kommerziellen Produktion von Großkomponenten*)

A new Cast Steel is born – From the Idea via Research to Pilot Components and to the commercial Production of heavy Steel Casting Components.



Dipl.-Ing. Reinhold Hanus, Absolvent der Montanuniversität Leoben, Fachrichtung Montanmaschinenwesen, leitet das Qualitätswesen der voestalpine GIESSEREI LINZ GMBH und betreut die Stahl- und Metallgießerei.



Dipl.-Ing. Alfred Buberl ist Leiter des Expertisezentriums der voestalpine GIESSEREI LINZ GMBH und betreut die Produkt- und Prozessentwicklung der Konzerngießereien der voestalpine Stahl GmbH. 2004 bekleidete A. Buberl die Funktion des Präsidenten der World Foundry Organisation WFO.

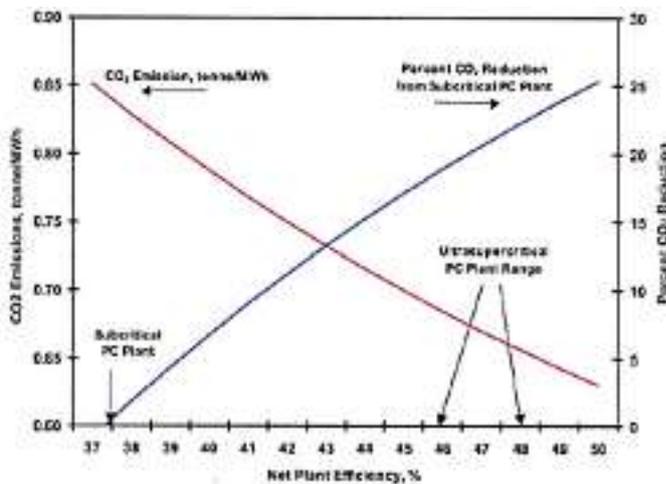


Abbildung 2: Reduktion der CO₂-Emission durch fortschrittliche Technologien [5]

Kurzfassung

Stahlgussstücke aus kriechbeständigen Stählen spielen eine Schlüsselrolle für hoch beanspruchte Komponenten im Hoch- und Mitteldruck-Teil der Turbinen fossil befeuerter Kraftwerke. Innen-, Außen- und Ventilgehäuse, Einlassstutzen und Krümmer sind Beispiele für diese kritischen Komponenten, die aus wärmefesten Cr-Mo-V-legiertem Stahlguss hergestellt werden. **Abbildung 1** zeigt den Schnitt durch eine Dampfturbine, in dem die genannten Stahlgusskomponenten zu erkennen sind. HP bedeutet hierin Hochdruckteil, IP Mitteldruckteil, LP Niederdruckteil.

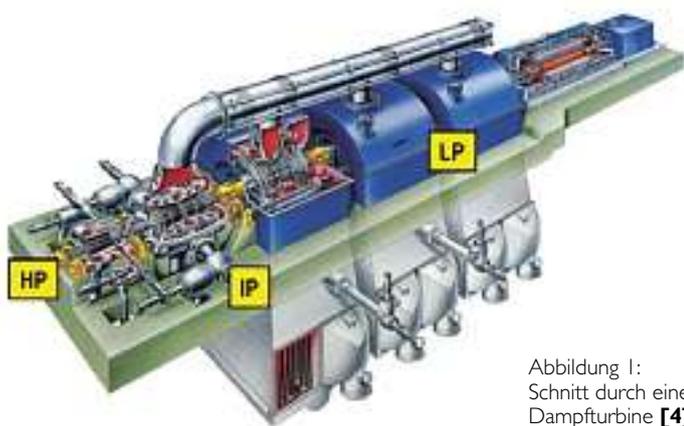


Abbildung 1: Schnitt durch eine Dampfturbine [4]

Die wichtigste Kenngröße im Kraftwerksprozess ist der Wirkungsgrad und mit dem Wirkungsgrad wird der CO₂-Ausstoß wesentlich bestimmt. In **Abbildung 2** ist die CO₂-Emission über dem Wirkungsgrad aufgetragen. Bei einer Wirkungsgradsteigerung von 37 auf 47% kann der CO₂-Ausstoß um 22% reduziert werden. Dies würde am Beispiel eines 750 MW Kraftwerkes 700.000 Tonnen CO₂/Jahr entsprechen.

Im Zuge der Entwicklung zu immer höheren Wirkungsgraden der Kraftwerke werden die Dampfparameter kritischer und die Werkstoffe müssen im Hinblick auf ihre Kriechbeständigkeit permanent

verbessert werden. Man spricht hier von ultrasuperkritischen Kraftwerken, in denen speziell Druck und Temperatur der Dampfprozesse bedeutend erhöht werden.

Natürlich müssen auch die Stahlguss-Werkstoffe an die steigenden Anforderungen angepasst werden. Eine Stahlgießerei kann die Entwicklungsarbeit in solchen Dimensionen alleine nicht betreiben, alle Hersteller von Kraftwerkskomponenten erarbeiten gemeinsam die optimalen Zusammensetzungen, Testschmelzen, Zeitstanduntersuchungen, Untersuchungen der Mikrostruktur, Pilotkomponenten, usw.

Der gegenständliche Artikel zeigt einerseits die Rolle einer Stahlgießerei im europäischen COST-Programm, in dessen Rahmen die neuen Werkstoffe entwickelt werden, weiters soll dargestellt werden, wie diese neuen 9-12%Cr Stahlgusstypen von der Entwicklung in die kommerzielle Produktion schwerer Gussstücke übergeleitet werden. Die damit verbundenen Probleme, die einzelnen Prozessentwicklungsstufen und ein Vergleich mit den gewohnten niedrig legierten Werkstoffen sollen aufgezeigt werden

Nach Auswahl der vielversprechendsten Legierung aus den untersuchten Laborschmelzen wurden Schweißversuche mit den ebenfalls im Rahmen von COST hergestellten, meist artgleichen Test-Elektroden durchgeführt. Grundwerkstoff und Schweißverbindung werden sowohl im Hinblick auf Mikrostruktur, Kriechbeständigkeit, mechanisch technologische Eigenschaften und Schweißbarkeit untersucht. Wärmebehandlungsversuche sind notwendig, um optimale Eigenschaften zu erzielen.

Basierend auf diesen Untersuchungen werden Pilotgussstücke und Platten für Schweiß-Verfahrensprüfungen abgegossen, um die Gießbarkeit und Schweißbarkeit von größeren Komponenten zu verifizieren, bzw. eventuell notwendige Anpassungen der Zusammensetzung, der Wärmebehandlung oder der Schweißparameter vorzunehmen.

Parallel zu den in COST weitergehenden Zeitstanduntersuchungen werden die Werkstoffe in die kommerzielle Fertigung von Großkom-

*) Vorgetragen auf der Großen Gießereitechnischen Tagung am 21.4.2005 in Innsbruck

ponenten eingeführt. Dabei sind prozessbedingte Probleme, wie Desoxydation, Erstarrungsverhalten, Wärmebehandlung mit langen Haltezeiten, Schweißen am Gussstück, Spannungen, usw. zu lösen.

Mittlerweile konnten mehr als 200 Teile mit einem maximalen Einzelgewicht von 60 Tonnen erfolgreich hergestellt werden. Die fortgeführten Entwicklungen im Rahmen von COST 536 (Laufzeit 2004 bis 2009) stellen natürlich eine weitere Herausforderung auch für die Stahlgießerei dar.

1. Einleitung

Parallel zu den laufenden F&E Aktivitäten im Rahmen des COST Programms wurde in der **voestalpine** Gießerei Linz bereits 1992 mit der kommerziellen Produktion von Gussstücken aus den neuen 9-12% Cr-Stählen begonnen. In den folgenden Ausführungen soll über die vielfältigen Aspekte der Herstellung großer Gussstücke für den Dampfturbinenbau berichtet werden, basierend auf den Erfahrungen der Produktion der letzten 12 Jahre. In [1] wurde bereits über die erfolgreiche Entwicklung der Gussvariante eines neuen 10%Cr-Werkstoffes in COST 501 berichtet.

Hier sollen die einzelnen Prozesse bei der Herstellung von schweren Stahlgussteilen erläutert und die damit verbundenen technischen Probleme und Lösungen bei der Einführung der neuen Werkstoffe diskutiert werden. Themen wie Gießtechnik, Schmelzmetallurgie, Mikrostruktur in unterschiedlichen Wandstärken, Wärmebehandlung und mechanische Eigenschaften, Fertigungs- und Konstruktions-schweißen sowie zerstörungsfreie Werkstoffprüfung werden angesprochen.

Natürlich erfolgt eine solche Entwicklung stufenweise. Es wurden zuerst Teile mit geringem Stückgewicht (15-20 Tonnen) hergestellt. Bei jeder Steigerung von Gewicht und Komplexitätsgrad stellen sich dem Gießerei-Ingenieur neue technische Herausforderungen; daraus ergibt sich ein ständiger Lernprozess.

Es konnten bisher mehr als 200 Gussteile im Gewichtsbereich zwischen 1 und 60 Tonnen erfolgreich hergestellt werden, wobei die Erfüllung der hohen Qualitätsanforderungen an kritische Dampfturbinenkomponenten für die neuen 9-10% Cr Stähle dabei in gleichem Maß erreicht werden konnten, wie für die bereits seit langem eingeführten 1% Cr Stähle.

2. COST Programm und die Rolle der Gießereien

Eine Gießerei als KMU kann natürlich nicht alleine neue Werkstoffe für die diversen Anwendungen entwickeln. Dafür würden Ingenieur-, Labor- und Finanzkapazität nicht ausreichen.

Der große Vorteil des COST-Programms liegt darin, dass die Gießereien für die verschiedenen Herstellungsverfahren für Rohre, Schmiedestücke, Schweißzusatzwerkstoffe und Gusswerkstoffe gemeinsam mit den Turbinenherstellern und teilweise mit den Kraftwerksbetreibern arbeiten. Damit ist einerseits gewährleistet, dass die Anforderungen an die Werkstoffe im Betrieb von den Herstellern verstanden werden, andererseits die prozessbedingten technischen Grenzen bei der Herstellung bereits im Entwicklungsstadium berücksichtigt werden können. Eine nicht geringe Anzahl an Universitätsinstituten und Forschungslabors sollen den wissenschaftlichen Hintergrund der Vorgänge in der Mikrostruktur der untersuchten Werkstoffe beleuchten sowie Modelle zum besseren Verständnis und zur Vorhersage des Werkstoffverhaltens liefern. Zwischen den einzelnen Arbeitskreisen ergeben sich viele Synergien, da die physikalischen Grundlagen natürlich dieselben sind. Eine Mischung an erfahrenen Entwicklungsingenieuren, jungen Forschern und Leuten aus der Praxis von Herstellung und Anwendung ergeben eine sehr effektive Arbeitsweise.

2.1 Arbeitsgruppe „Castings“

In COST 501 (Laufzeit 1983 bis 1997) wurden in einem ersten „Alloy Design“ mehrere Legierungsvarianten mit Laborschmelzen unter-

sucht, die vielversprechendste Legierung ausgewählt und daraus Gussplatten hergestellt. Diese Platten wurden mit artgleichem Schweißzusatzwerkstoff geschweißt, um im Rahmen einer Schweißverfahrensprüfung die mechanischen Eigenschaften, die Mikrostruktur und die Zeitstandeigenschaften zu untersuchen. Ziel von COST 501 war es, einen martensitischen Werkstoff zu entwickeln, der bei 600°C eine Zeitstandfestigkeit von 100 MPa nach 10⁵ Stunden erreicht.

Auf Basis der Voruntersuchungen zur Festlegung der chemischen Zusammensetzung und der Wärmebehandlung wurde ein Pilot-Ventilgehäuse abgegossen, um die Gießbarkeit von Kraftwerks-Komponenten, sowie zerstörungsfreie Prüfbarkeit und Schweißbarkeit zu verifizieren. Details dieser Arbeiten in COST 501 wurden bereits in [1] berichtet. Der Stahlgusswerkstoff G-X12CrMoWVNbN10-1-1 wurde innerhalb der ersten beiden Abschnitte von COST 501 soweit entwickelt, dass im Jahr 1992 bereits eine kommerzielle Herstellung von Stahlguss-Komponenten aufgenommen werden konnte.

Im dritten Abschnitt von COST 501 und im Projekt COST 522 (Laufzeit 1998 bis 2003) sollte die Einsatztemperatur weiter gesteigert werden. Mit noch komplexeren Legierungskomponenten wie B und Co wurden die ersten Testschmelzen hergestellt und innerhalb COST 522 mehrere Pilotkomponenten von den teilnehmenden Gießereien erzeugt. Das hochgesteckte Ziel war eine Einsatztemperatur von 620°C bei 100 MPa zu erreichen. Da die Palette der zu untersuchenden Werkstoffe sehr umfangreich ist und die in den metallographischen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse wie ein Puzzle zum Verständnis der Vorgänge im Mikrogefüge zusammengesetzt werden müssen, ist der Weg bis zur Entscheidungsfindung der optimalen Legierung langwierig. Eingeschlagene Wege werden manchmal verworfen, Erkenntnisse von anderen Arbeitskreisen oder Ländern, wie zum Beispiel Japan, fließen ein und sehr häufig zeigen sich ungünstige Ausscheidungen erst nach 30.000 Stunden Zeitstandbelastung. Trotzdem ist die Erfolgsgeschichte bemerkenswert. Es konnte nicht nur eine Legierungsgruppe als bester Kandidat für die Erreichung der gesteckten Ziele gefunden werden, sondern auch weitgehend die Gießbarkeit, Wärmebehandlung und Schweißbarkeit anhand von Pilotkomponenten überprüft werden. Natürlich sind noch viele Probleme in den einzelnen Prozessen des Fertigungsablaufes für ein Stahlgussstück zu lösen, dazu bedarf es aber bereits der Abwicklung kommerzieller Aufträge, ähnlich wie es in COST 501 abgelaufen ist.

2.2 Arbeitsgruppe „Welding“

Da das Schweißen einen wesentlichen Fertigungsschritt bei der Herstellung von Stahlgussteilen darstellt, war das Arbeitsprogramm Schweißen innerhalb COST 501 und die Entwicklung von Schweißzusatzwerkstoffen ein wichtiger Faktor für die Gießereien. Die Untersuchungen und Ergebnisse der Arbeitsgruppe Schweißen aus COST 501 wurden in [2] und [3] berichtet. Die weitere Entwicklung der Legierungen in COST 522 mit sehr komplexen Zusammensetzungen stellt an die Herstellung der Zusatzwerkstoffe, sowie die Schweißprozesse hohe Anforderungen. Schweißbarkeit, Schweißparameter und Wärmebehandlung nach dem Schweißen werden permanent weiter untersucht, ebenso wie die Auswirkung auf die Zeitstandeigenschaften der Schweißverbindungen.

Details der Arbeiten aus COST 501, Runde II und III wurden in [1] berichtet.

3. Herstellungsprozess von schweren Stahlgussteilen

Abbildung 3 zeigt die wesentlichen Schritte im Fertigungsprozess von schweren Stahlgussteilen für den Kraftwerksbau.

Nach der Festlegung der Gießtechnik, dem Bau des Holzmodells und dem Einformen beginnt die Entstehung des Gussstückes mit dem



Abbildung 3: Typischer Fertigungsplan für schwere Stahlgussstücke

Schmelz- und Gießprozess. Da Gussteile in derartigen Dimensionen (bis 100 Tonnen) keine Fehler haben dürfen, die zu Ausschuss führen könnten, werden Gieß- und Erstarrungsprozess während der Design-Phase am Computer simuliert, um kritische Zonen für Schrumpfungen zu erkennen und diese von vornherein zu verhindern (siehe **Abbildung 4**).

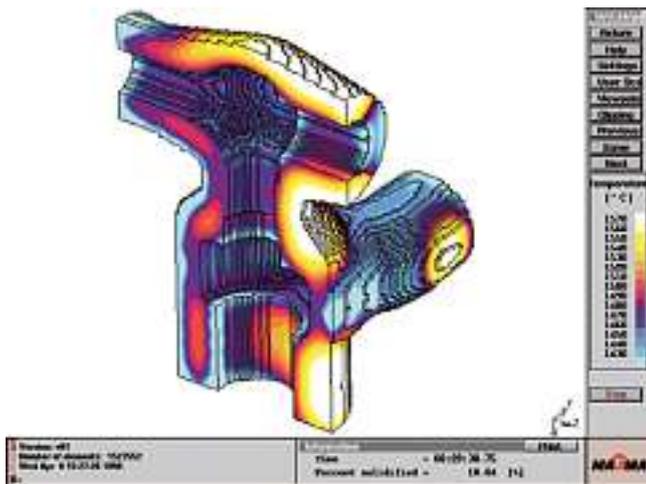


Abbildung 4: Erstarrungssimulation eines Ventilgehäuses (G-X12CrMoWVnBn10-I-1)

Nach der Erstarrungszeit (2 bis 6 Wochen, je nach Wandstärke, Komplexität und Werkstoff) wird das Gusstück ausgeschlagen. Das Handling des Gusstücks in diesem Zustand ist äußerst kritisch, da das Gefüge im Gusszustand sehr spröde ist. Deshalb sind spezielle Wärmebehandlungen notwendig, um den hohen thermischen Spannungen beim thermischen Abtrennen der Steiger standzuhalten. Der Temperaturbereich, in dem das Steigertrennen durchgeführt wird, ist ebenso kritisch, da die Spannungen, welche durch verschiedene Temperaturgradienten und Wanddicken bedingt sind, nicht durch Spannungen aus Umwandlungsvorgängen im Mikrogefüge überlagert werden sollen.

Die Qualitätswärmebehandlung ist neben der chemischen Zusammensetzung der wichtigste Schritt zur Einstellung des erwünschten Mikrogefüges und der geforderten mechanischen Eigenschaften, als Basis für die Kriechbeständigkeit bei hohen Temperaturen.

Nach dem Vorschruppen wird das Gusstück (mit magnetischer Streuflussprüfung und Ultraschallprüfung) zerstörungsfrei geprüft. Alle Anzeigen, die nicht dem vorgeschriebenen Annahmestandard entsprechen sind auszuladen. Nach einer erneuten magnetischen

Streuflussprüfung der Schleifmulden werden diese verschweißt, gefolgt von einer Spannungsarmglühung.

Zwischen den einzelnen Produktionszyklen werden immer wieder Maßkontroll-Schritte durchgeführt, um festzustellen, ob bestimmte geforderte Übermaße für die Fertigbearbeitung oder für den Einsatz kritisch werden könnten.

Eine abschließende zerstörungsfreie Prüfung ist der letzte Fertigungsschritt in der Gießerei, bevor das Gusstück zur Fertigbearbeitung freigegeben wird.

4. Entwicklung von Prozess Know-how bei der Einführung der 9-10%Cr Stähle in die kommerzielle Produktion schwerer Stahlgussteile

4.1 Technische Überlegungen zu den Produktionsprozessen

Folgende Hauptgesichtspunkte sind für die kommerzielle Produktion von neuen, in F&E-Programmen entwickelten Stahlguss-Werkstoffen zu berücksichtigen:

Gießtechnik und Erstarrungssimulation

Die optimale Gestaltung der Gieß- und Speisertechnik ist eine der Hauptbedingungen für die Herstellung eines „dichten“ Gusstücks. Die Erstarrungsparameter der 9-10%Cr Gusstähle sind anders als jene der niedriglegierten 1CrMo(V) Stähle, deshalb ist das Schrumpfungsverhalten der hochlegierten 9-10%Cr Gusstähle komplexer, besonders in dicken Querschnitten und Massenanhäufungen.

Schmelzen und Gießen

Rohmaterialien von hoher Qualität, hochwertige Stahlerzeugung und Gießpraxis sind erforderlich, um die chemische Zusammensetzung möglichst genau zu erreichen („Punktanalysen“) und Einschlüsse zu minimieren. Sekundärmetallurgie, z.B. im Pfannenofen-Prozess, ist dafür eine wichtige Voraussetzung. **Abbildung 5** zeigt den Erschmelzungs-Prozess der voestalpine Gießerei Linz.

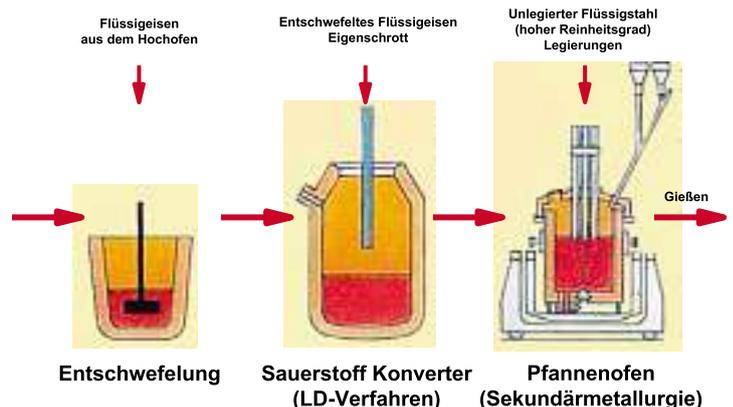


Abbildung 5: Flüssigstahl-Herstellung in der voestalpine Gießerei Linz

Mikrostruktur

Wichtige Überlegungen zur Mikrostruktur der neuen 9-10%Cr Stähle, besonders in dicken Querschnitten von schweren Gussteilen, betreffen Seigerungen von C und Delta Ferrit, sowie die notwendige Einstellung der chemischen Zusammensetzung. Diese sind in [1] beschrieben.

Wärmegilbehandlung und mechanische Eigenschaften

Abbildung 6 zeigt wesentliche Schritte im Fertigungsprozess in Form eines Zeit/Temperatur Ablauf-Diagramms, beginnend von der Abkühlung in der Form bis zur abschließenden Spannungsarmglühung

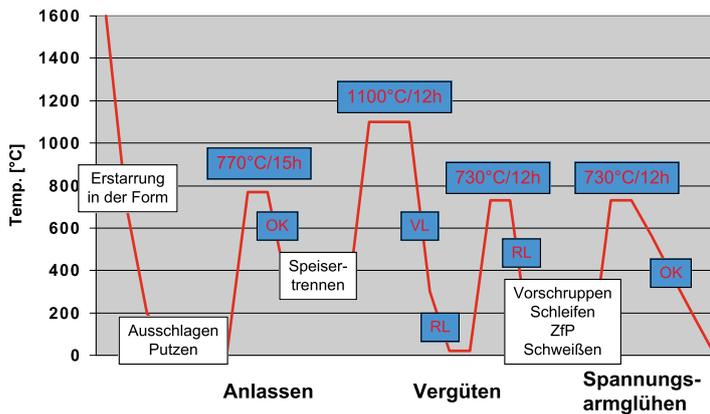


Abbildung 6: 9-10%Cr Stahlgussteile – Zeit/Temperatur Geschichte: minimal notwendige Wärmebehandlungs-Zyklen während der Fertigung in der Gießerei

nach dem Schweißen. Aufgrund der für Turbinengehäuse typischen Wanddickenunterschiede ist die Temperaturverteilung in den verschiedenen Querschnittsbereichen für den Temperaturbereich der Martensit-Umwandlung besonders kritisch. Deshalb muss das Handling der Teile auf die Gegebenheiten des Gefüges in diesen kritischen Zuständen abgestimmt werden. Gussstücke in solchen Dimensionen für große Turbinengehäuse benötigen mehrere und längere Wärmebehandlungszyklen. Die großen Wandstärken erfordern lange Haltezeiten, und bei großen und kritischen Schweißungen sind Zwischenglühbehandlungen notwendig, um die Schweißbeigenspannungen zu begrenzen. Der Einfluss mehrerer Spannungsarmglühungen mit langen Haltezeiten wurde untersucht. Gegossene Platten mit 100 mm Wandstärke wurden einer Anzahl von Glühbehandlungen ausgesetzt.

Abbildung 7 zeigt die angewendeten Wärmebehandlungen und Haltezeiten für gegossene Platten aus 9-10%Cr Stahlguss mit und ohne Wolfram-Zusatz. Die Ergebnisse aus den Zugversuchen zeigen, dass durch mehrere Anlassglühungen mit langen Haltezeiten Zugfestigkeit und Dehngrenze sinken. Diese Tatsache ist in den Mindestanforderungen der Spezifikationen für schwere Stahlgussstücke zu berücksichtigen. Basierend auf diesen Ergebnissen wird als Mindestwert für die Normierung der 0,2-Dehngrenze 520 MPa für den W-legierten Gussstahl G-X12CrMoWVNbN10-I-1 vorgeschlagen.

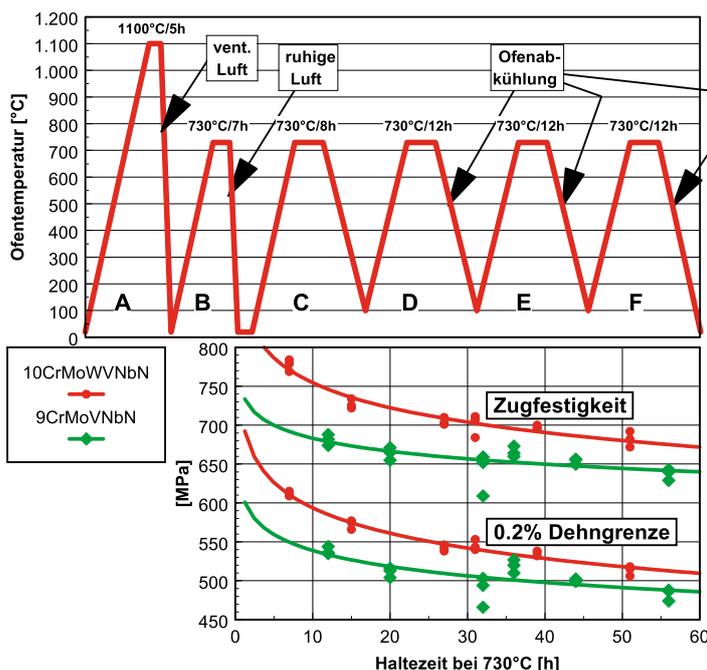


Abbildung 7: Untersuchungsprogramm: Einfluß langer Glühzeiten auf die mechanischen Eigenschaften der neuen 9-10%Cr Gussstähle

Mit den beschriebenen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Festigkeit des W-legierten Stahles höher liegt als jene des W-freien 9% Cr Stahles, unter Anwendung derselben Anlasstemperatur von 730°C. Daher wird für die Normierung der 0,2-Dehngrenze des W-freien Gussstahls G-X12CrMoVNbN9-I ein Mindestwert von 480-500 MPa vorgeschlagen.

Zerstörungsfreie Prüfung und Gussfehler

Einer der vielen Vorteile von Stahlguss als Konstruktionswerkstoff für komplexe Teile wie Turbinenkomponenten ist die Tatsache, dass Ungenzen durch Schweißen beseitigt werden können. Das Fertigungsschweißen ist ein wesentlicher Schritt im Fertigungsablauf von Stahlgussteilen (siehe **Abbildung 3**). Das Schweißvolumen bezogen auf das Gussstückgewicht ist ein Kostenfaktor, es ist abhängig von Typ und Komplexität der Konstruktion und vom Werkstoff. Eine genaue Beschreibung der Hauptfehlertypen und eine Gegenüberstellung des Schweißvolumens der neuen 9-10% Cr Stähle und der vielfach eingesetzten 1% CrMo(V)-Stähle ist in **[1]** dargestellt. Die Prüfbarkeit für die beiden Werkstofftypen ist in gleichem Maß gegeben.

Schweißen

Aufgrund der hohen Eigenspannungen der 9-10% Cr Stähle, bedingt durch das martensitische Gefüge, werden größere Fertigungs- und Konstruktions-Schweißungen in Teilschritten mit Zwischen-Spannungsarmglühungen durchgeführt. Grundsätzlich kann bestätigt werden, dass die Schweißbarkeit der neuen Stähle zufriedenstellend ist. Voraussetzungen sind: die Einhaltung der spezifischen Bedingungen von martensitischen hoch Cr-legierten Stählen und eine strikte Qualitätskontrolle der Schweißprozesse.

Fertigungsdauer und -kosten

Gegenüber den oft verwendeten 1% CrMo(V) Stahlgusstypen ist die Durchlaufzeit für die neuen 9-10% Cr Stähle um ca. 2-4 Wochen länger, je nach Größe und Komplexität der Gussstücke.

Folgende Aspekte bewirken die höheren Kosten und längeren Durchlaufzeiten für 9-10% Cr-Stähle:

- Der höhere Legierungsanteil bewirkt höhere Materialkosten und längere Behandlungszeiten in den Schmelzaggregaten.
- Die komplexe Gießtechnik bewirkt geringeres Ausbringen (= Verhältnis von eingesetztem Flüssigstahl zu Rohgussgewicht), besonders für schwere und aus gießtechnischer Sicht komplizierte Konstruktionen. Das rechte Diagramm aus **Abbildung 8** zeigt den Unterschied im Ausbringen von 1%CrMo(V) Stahl, 9-10%Cr Stahl und den Gesamt-Durchschnittswert aller Werkstofftypen in der voestalpine Gießerei Linz. Das linke Diagramm zeigt die mit steigendem Rohgussgewicht verbundene Zunahme des Flüssigstahleinsatzes, der notwendig ist, um den erhöhten Speisungsbedarf zu decken. Entsprechend sinkt natürlich das Ausbringen.

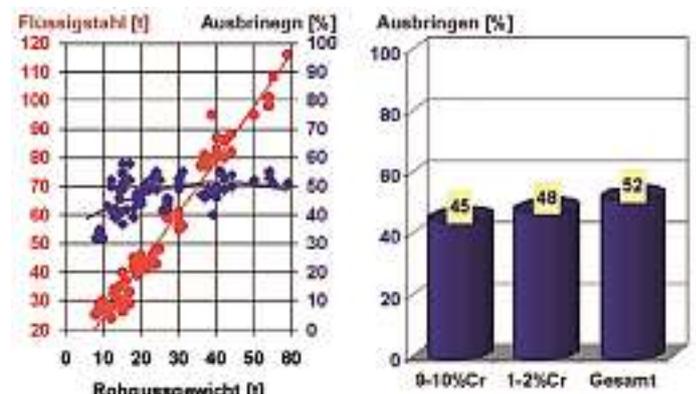


Abbildung 8: Vergleich des Ausbringens
Links: Flüssigstahleinsatz und Ausbringen zum Rohgewicht für 9-10%Cr Stahlgussteile.
Rechts: 9-10%Cr-Stahl sowie Gesamtdurchschnitt aller Werkstoffe in der Produktion.

- Aufwendiges Handling der Gussstücke beim Ausschlagen, Putzen und Steigertrennen. Das bedeutet zusätzliche Wärmebehandlungszyklen und Zwischenerwärmungsphasen, sowie komplexe und längere Wärmebehandlungen im gesamten Produktionsprozess. Oft sind zusätzliche Zwischenspannungsarmglühungen für Fertigungs- und Konstruktions-Schweißungen mit großem Schweißvolumen notwendig. Ein sicherer Fertigungsablauf für die gesamte Temperaturführung könnte für schwere und komplexe Teile aussehen, wie es in **Abbildung 9** skizziert ist. In den mit Ellipsen gekennzeichneten Bereichen verlängert sich die Wärmebehandlung durch Temperatursenkungen oder stufenweise Teil-Ausentisierungen zusätzlich.
- Der hoch-Cr-hältige Schrottanteil, legiert mit W, Nb, N ist schwierig zu verkaufen, auch wenn der Preis niedriger ist als jener von un- und niedriglegiertem Schrott. Dadurch steigen die internen Kosten für Kreislaufmaterial.

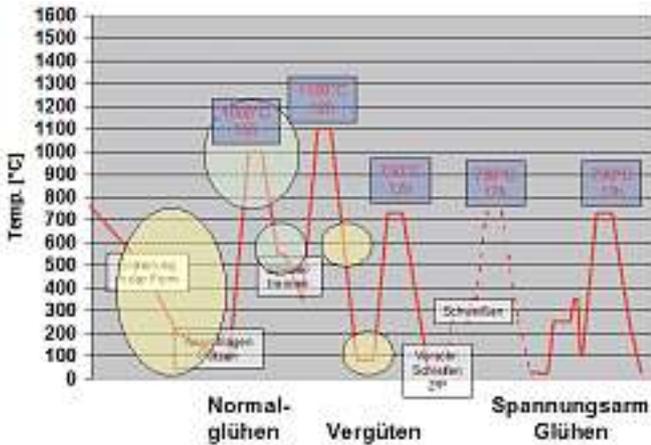


Abbildung 9: Optimierte Temperaturabläufe von sehr schweren und komplexen Teilen aus 9-10% Cr-Stahl.

Die Darstellung der höheren Kosten wurde auf Basis der Erfahrung der bisherigen Produktion gemacht. Einerseits profitieren wir von den großen Bemühungen um eine Erhöhung der Wirkungsgrade von Kraftwerken und der Reduktion der CO₂-Emissionen, andererseits müssen wir akzeptieren, dass die Herstellung der Werkstoffe, welche den erhöhten Temperaturen und Dampfzuständen fortschrittlicher Kraftwerke standhalten, höhere Kosten verursachen. Genaue Analysen haben ergeben, dass der Unterschied in den Herstellungskosten der Gussstücke aus den herkömmlichen 1%CrMo(V)- und den neuen 9-10%CrMo(W)VNbN-Werkstoffen 20 – 40 % beträgt, abhängig von Größe und Schwierigkeitsgrad der Teile. Aufgrund der besonderen Werkstoffcharakteristik der modifizierten 9-10%Cr-Stähle sind die Aufwendungen für sehr große und dickwandige Gussteile am höchsten.

Die Erfahrungen der letzten fünf Jahre in der Produktion von Gussteilen aus modifizierten 9-10%Cr-Stählen für fortschrittliche Kraftwerke in Europa und Übersee haben gezeigt, dass die Qualität der Gussteile aus den neuen Werkstoffen in der gleichen Weise gesichert ist, wie bei den herkömmlichen, niedrig legierten Werkstoffen.

4.2 Beispiele von hergestellten Gussteilen

Die Überleitung der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in die betriebliche Praxis wurde stufenweise vollzogen, wobei die Steigerung der Gewichte von 3,5 t (Pilot-Ventilgehäuse) auf 14 t (erstes Innengehäuse für das deutsche Kraftwerk Schkopau) mit enormen Risiken für Hersteller und Turbinenbauer verbunden war. Trotzdem wurden inzwischen perfekte Gussteile mit Gewichten bis zu 60 Tonnen aus G-X12CrMoWVNbN10-I-1 erfolgreich hergestellt. Einige Beispiele sollen einen Eindruck solcher Gussteile vermitteln.

Abbildung 10 zeigt die ersten realisierten Projekte, Mitteldruck-Innengehäuse für die Kraftwerke Schkopau (14 Tonnen) und Meri Pori in Finnland (19 Tonnen).

Der erste große Sprung in Gewicht und Schwierigkeitsgrad war das Mitteldruck-Innengehäuse für das Kraftwerk Schwarze Pumpe



Abbildung 10: MD Innengehäuse: Schkopau, 14 t und Meri Pori, 19 t (G-X12CrMoWVNbN10-I-1)



Abbildung 12: Skaerbaek und Nordjylland, HD/MD-Innengehäuse 20 t (G-X12CrMoVNbN9-1)



Abbildung 11: Schwarze Pumpe, MD Innengehäuse, 40t mit angeschweißten, gegossenen Krümmern (G-X12CrMoWVNbN10-I-1)



Abbildung 13: Ventilgehäuse mit 27 t (G-X12CrMoWVNbN10-I-1) für das KW Lippendorf



Abbildung 14: Boxberg, MD Innengehäuse 60 t (G-X12CrMoWVNbN10-I-1)

(40 Tonnen) in Deutschland, mit angeschweißten, gegesenen Krümmern (siehe **Abbildung 11**).

Die Hoch/Mitteldruck-Innengehäuse für die dänischen Kraftwerke Skærbæk und Nordjylland waren eine weitere Herausforderung, besonders für Gießtechnik und Schmelz- und Legierungspraxis (siehe **Abbildung 12**).

Das größte bisher hergestellte Ventilgehäuse aus den neuen Stählen hatte 27 t und war für das deutsche Kraftwerk Lippendorf bestimmt (**Abbildung 13**).

Eine absolute Meisterleistung aller Prozesse der Gießerei-Technologie waren die Gehäuse für das Projekt Boxberg / Deutschland: 60 Tonnen schwere Mitteldruck-Innengehäuse mit einem notwendigen Einsatz von 113 Tonnen flüssigen Stahles ist das größte Gussstück, das bisher aus 10%CrMoWVNbN-Stahl hergestellt wurde (**Abbildung 14**).

Besonders schwierig war ein Hochdruck-Einströmgehäuse (31 Tonnen) mit 2 angeschweißten Ventilgehäusen (je 18 Tonnen) und einer Schweißnahtdicke von 185 mm (**Abbildung 15**).



Abbildung 15: Einströmgehäuse, 31 t und 2 Ventilgehäuse, 2 x 18 t zusammengeschnitten (G-X12CrMoWVNbN-10-I-1) für das deutsche KW Boxberg

5. Zusammenfassung und Ausblick

Abbildung 16 zeigt die Produktionsentwicklung seit der Einführung der neuen 9-10%Cr-Stähle in der voestalpine Gießerei Linz im Jahr 1992. Der Anteil des gesamten Produktionsvolumens erreichte 1997

15%, es wurden bisher mehr als 200 Gussteile mit einem Gesamtgewicht von über 3.000 Tonnen erzeugt. Diese Tatsache und die erwähnten Beispiele zeigen, dass die technische Einführung von Werkstoffen aus F&E-Projekten in die kommerzielle Produktion höchst erfolgreich und schnellstmöglich durchgeführt werden konnte. Der Markt schwankt natürlich, sodass die Nachfrage nach 9-10%Cr-Stählen für die großen Komponenten in den letzten 2 Jahren gering war. Seit Ende 2003 ist nicht zuletzt durch den wachsenden asiatischen Energiemarkt wieder großes Interesse für die neuen Stahltypen zu vermerken. Die Erfolge von COST 522 werden eine gute Basis sein, um das hoch gesteckte Ziel, Stahlguss Werkstoffe mit weiter verbesserten Zeitstandeigenschaften zu entwickeln und daraus Komponenten zu erzeugen, unter Beweis zu stellen.

6. Danksagung

Die schwierige, aber erfolgreiche Überleitung von F&E Arbeiten in die betriebliche Praxis wurde durch eine exzellente Kooperation mit unseren Kunden und die gute Unterstützung von Seiten der COST-Arbeitsgruppen erreicht. Dafür möchten wir unseren Dank ausdrücken. Weiters sei der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) für die finanzielle Unterstützung der österreichischen Arbeitsgemeinschaft im COST-Programm gedankt.

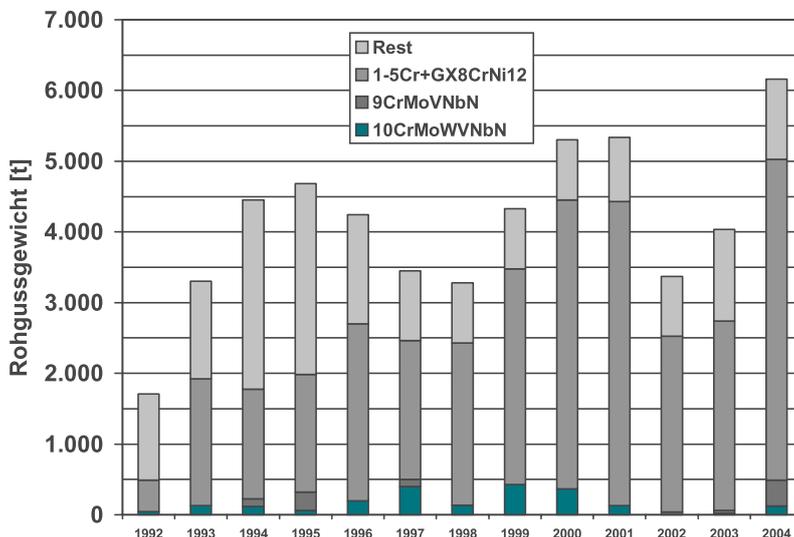


Abbildung 16: 9-10%Cr-Stahlguss – Entwicklung des Produktionsanteils

7. Literaturnachweis

- [1] Mayer K.H., Hanus R., Kern T., Staubli M., Thornton D.V., "High temperature cast components for advance steam power plant", 6th Liege Conference „Materials for Advanced Power Engineering“, 5-7 October 1998, Liege, Belgium
- [2] Cerjak H., Schuster F.A., „Weldability and behaviour of weldings in newly developed creep-resistant 9-10% Cr steels“, Second European Conference on Joining Technology – Eurojoin 2, Florence, Rivista Italiana della Saldatura 4/94, pp.467-473.
- [3] Cerjak H., Letofsky E., Staubli M., „The role of welding for components made from advanced 9-12% Cr steels“, 6th Liege Conference „Materials for advanced Power Engineering“, 5-7 October 1998, Liege, Belgium
- [4] Dr. T.-U. Kern (Siemens KWU), „Material and Design Solution for Advanced Steam Power Plants“, EPRI-Tagung 2004, USA
- [5] R Viswanathan (EPRI), „U.S.-Program on Materials Technology for USC Power Plants“, EPRI-Tagung 2004, USA

Kontaktadresse:

voestalpine Giesserei Linz GmbH, A – 4031 Linz, Postfach 3,
Tel.: +43 (0)732 6585 4450, Fax: +43 (0)732 6980 4450,
E-Mail: Reinhold.Hanus@voestalpine.com

Von der Natur lernen – kraftflussgerechte, neuartige Gestaltung gegossener Komponenten^{*)}

Learning from Nature – Innovative Design of Cast Components according to the Stress Pattern



Dipl.-Ing. Ernst du Maire, Vorstandsvorsitzender der Heidenreich & Harbeck AG in Mölln, Vorsitzender der Landesverbände Nord des DGV und des VDG und Leiter des VDG-Fachausschusses Konstruieren in Guss, Präsidiumsmitglied im Deutschen Gießerverband und im Verein Deutscher Gießereifachleute.

Dr.-Ing Thorsten Schmidt, Absolvent des Maschinenbaus an der TU Braunschweig, Nach Tätigkeiten als Berechnungsingenieur in der Zahnradfabrik Friedrichshafen, als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der BUGH Wuppertal und als Konstruktionsgruppenleiter bei der Hauni Maschinenbau AG in Hamburg seit 2001 Leiter der Entwicklungsabteilung bei der Heidenreich & Harbeck AG in Mölln.



Das durch organisatorische und räumliche Nähe von Bauteilentwicklung und Bauteilherstellung praktikierbare Simultaneous Engineering macht das Möllner Unternehmen zu einer der ersten Adressen für die schnelle Prototypenherstellung und die überlappte Nullserienfertigung bis hin zur Fertigung mittlerer Serien großer, einbaufertig bearbeiteter Strukturkomponenten. Änderungen, die sich vor allem im Serienanlauf aufgrund von in Montage und Inbetriebnahme gewonnenen Erkenntnissen ergeben, können dank durchgängiger Datenmodelle zeitnah umgesetzt werden, ohne die Teileversorgung beim Kunden zu unterbrechen. Die Befähigung des Zulieferers zur Entwicklungspartnerschaft trägt so entscheidend zur Standortsicherung bei der Partner in Zeiten von Globalisierung und sich verschärfendem Wettbewerb bei.

Einen Schwachpunkt hat das Wirken als Entwicklungspartner allerdings: einmal erarbeitete und der Öffentlichkeit zugänglich gemachte Konstruktionsprinzipien lassen sich nicht vor Nachahmung schützen. Der Ideenklau zwingt zu permanenter Innovation, um als Entwicklungspartner eine der ersten Adressen zu bleiben. Die Herausforderung ist extrem, denn es gilt mit noch bezahlbarem Aufwand und somit immer schneller immer bessere Lösungen bzw. ganz neue Realisierungsideen zu finden und so den Maßanzug zu schaffen, der die Aufgabenstellung in idealer Weise erfüllt.

Einleitung

Die Heidenreich & Harbeck AG in Mölln bei Hamburg stellt mit 190 Mitarbeitern gegossene Komponenten für den allgemeinen Maschinenbau her. Neben der eigentlichen Gießerei mit Modellbau, Formerei und Schmelzbetrieb unterhält das Unternehmen auch einen umfangreichen Maschinenpark zur flexibel automatisierten Großteilebearbeitung, der das Unternehmen zur einbaufertigen Herstellung von Bauteilen mit höchsten Qualitätsansprüchen befähigt.

Bereits vor mehr als 15 Jahren wurde mit dem Auf- und Ausbau einer eigenen Entwicklungsabteilung begonnen. Durch das Zusammenführen von Expertenwissen zur Bauteilberechnung und fertigungstechnischem Know How unter einem Firmendach hat sich Heidenreich & Harbeck zum Innovationspartner für den Maschinenbau mit einem umfangreichen Dienstleistungs-Portfolio entwickelt (**Abbildung 1**). Der zunehmende Auftragszugang in diesem Bereich zeigt, dass großer Bedarf für Entwicklungs-Dienstleistungen, bei der gleichzeitig funktionale als auch wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt werden, besteht. Dies ist damit zu erklären, dass in vielen Kundenunternehmen die Fertigungskennnisse, die zur Entwicklung wirtschaftlich herstellbarer Komponenten benötigt werden, zunehmend zurückgehen, während der Kostendruck aufgrund des internationalen Wettbewerbs weiter zunimmt. Die bei vielen Produkten gleichzeitig steigenden Anforderungen hinsichtlich Dynamik und Präzision machen zudem temporäre Zugriffsmöglichkeiten auf Berechnungsressourcen erforderlich, über welche die Entwicklungsabteilungen unserer Kunden häufig nicht verfügen und deren Installation für einzelne Projekte auch nicht wirtschaftlich wäre.

BioCast®-Design

Der Blick über den eigenen Tellerrand hilft hier weiter. Die Natur führt uns täglich vor Augen, dass es keineswegs utopisch ist, extrem anspruchsvolle Aufgabenstellungen mit einem Minimum an Material, Energie und Betriebskosten zu erfüllen. So ist der Entwickler von Strukturkomponenten gut darin beraten, sich vom Wachstum der Bäume und Knochen inspirieren zu lassen. Dass die Bauformen der Natur nicht von ebenen Flächen und rechten Winkeln dominiert werden, muss ihn dabei nicht schrecken. Ganz im Gegenteil, denn mit dem Gießen steht ein Fertigungsverfahren bereit, mit dem sich kraftflussgerechte Konturen ohne großen Aufwand herstellen lassen. Und es lässt sich bereits erahnen, dass es sich bei diesen Konturen gleichzeitig um gieß- und abkühlgerechte Formen handelt.

So wurden mit dem Ziel, in der Entwicklung gegossener Komponenten schneller und besser zu werden, in einem Forschungsvorhaben neuartige Software für die Shape- und die Topologieoptimierung zur Anwendungsreife gebracht und in das Dienstleistungsportfolio integriert. Die Anwendung der bionischen Verfahren bei der Gussteilentwicklung und die Verwendung der damit geschaffenen voroptimierten und in Werknormen hinterlegten Konstruktionselemente in komplexen Konstruktionen ist unter der geschützten Wortmarke BIO-CAST® zusammengefasst (**Abbildung 2**).

Durch den Einsatz von Topologie- und Form-Optimierung entstehen entweder leichtere Bauteile, die bei vorgegebener Steifigkeit schneller bewegt werden können oder aber bei nahezu unverändertem Bauteilgewicht steifere bzw. tragfähigere Strukturen. So werden mit der Annäherung an das Funktionsoptimum durch Anwendung moderner Optimierungs-Software bisherige Leistungsgrenzen überwunden.

Als einer der ersten industriellen Anwender setzt Heidenreich & Harbeck diese Verfahren routiniert im Rahmen der Bauteilentwicklung für den allgemeinen Maschinenbau ein und kombiniert damit in idealer Form die Belange der beanspruchungs- und der fertigungs-gerechten Konstruktion.



Abbildung 1: Dienstleistungsportfolio mit neuartigem Bestandteil BIOCAS T

^{*)} Vorgetragen auf dem 2. NEWCAST-Forum anlässlich der Großen Gießereitechnischen Tagung am 21.4.2005 in Innsbruck.



Abbildung 2a: Wachstumsvorgänge in der Natur sind Vorbilder der Formoptimierung



Abbildung 3: Das lamellenartige Knochengewebe im Elefantenschädel (links) versteift die äußere Struktur erheblich. Ein schönes Beispiel für eine gelungene Verrippung stellt das Blatt der Riesenseeose dar (rechts).

(Quelle: Nachtigall, Blüchel: Das große Buch der Bionik)

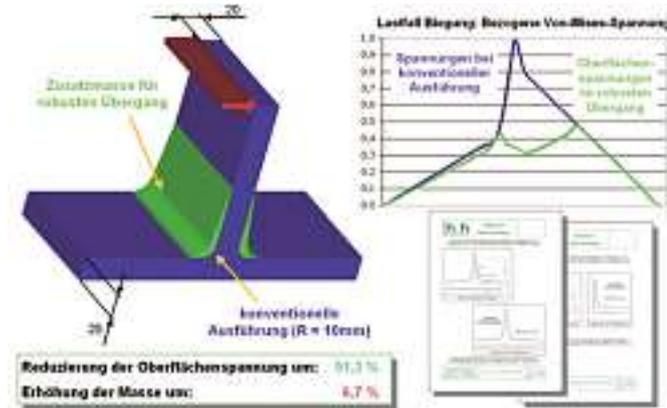


Abbildung 2b: Unter Nutzung der Formoptimierung entwickelte BIO-CAST®-Profile werden in hüh-Konstruktionen quasi als Konfektionsware eingesetzt.

Wachstumsvorgänge der Natur nachempfunden: Die Formoptimierung ...

dient der Erhöhung der Tragfähigkeit hoch belasteter Strukturen durch moderate Geometrieänderungen. Sie wird an weitgehend auskonstruierten Bauteilen angewendet und reduziert Spannungsspitzen an der Bauteiloberfläche. Die zugrunde liegenden Computeralgorithmen gehen auf den in Karlsruhe wirkenden Prof. Dr. Claus Mattheck zurück. Seine Studien zum Wachstum von Bäumen und zum Aufbau von Knochen (**Abbildung 2a**) führten zu der Einsicht, dass in der Natur äußerst ökonomisch mit den Baumaterialien umgegangen wird, indem Material nur dort angelagert wird, wo die Belastungen besonders hoch sind. Da die resultierenden Geometrien dem Axiom der konstanten Oberflächenspannung folgen, werden Schwachstellen mit erhöhter Kerbwirkung, wie sie in technischen Systemen häufig anzutreffen sind, vermieden.

Im Zuge des genannten Forschungsvorhabens wurden wiederkehrende Konstruktionselemente hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit im kritischen Lastfall per Formoptimierung voroptimiert. Vor der Dokumentation in Werknormen flossen noch unter Einsatz der Gießsimulation erarbeitete fertigungsbegünstigende Geometrieänderungen ein (**Abbildung 2b**). Diese voroptimierten Elemente werden heute in vielen Konstruktionen zur Verringerung von Kerbwirkungen und zur Erhöhung der Steifigkeit eingesetzt und tragen damit zur idealen Werkstoffausnutzung bei.

Leicht und trotzdem steif? Die Topologieoptimierung ...

kommt bereits in einer sehr frühen Entwicklungsphase zum Einsatz. Vorbilder für die Topologie-Optimierung finden sich wiederum in der Flora und in der Fauna, wo Gewebe- bzw. Knochenstrukturen

mit geringem Materialeinsatz die eigentlichen Funktionsträger erheblich aussteifen (**Abbildung 3**).

Die Anforderungen, die an die bei Heidenreich & Harbeck zu entwickelnden Komponenten gestellt werden, decken sich oftmals mit den Eigenschaften der aus der Natur bekannten tragenden Strukturen: Häufig ist eine funktional bedingte, äußere Hülle sehr steif zu gestalten, insbesondere wenn es sich bei Komponenten für den Werkzeugmaschinenbau handelt, wo bekanntlich jedes Mikrometer Verformung zählt. Gleichzeitig muss diese Struktur kostengünstig – also mit geringem Materialeinsatz – ausgeführt werden, um Wettbewerbsvorteile zu erzielen.

Die Topologieoptimierung zum automatischen Auffinden der diese Anforderungen erfüllenden Strukturen wurde im Rahmen eines Forschungsvorhabens bei Heidenreich & Harbeck zum Einsatz gebracht. Bereits in einer der ersten industriellen Anwendungen, bei der die Optimierung auf ein vereinfachtes 2-dimensionales Modell angewendet wurde, wurden beachtliche Erfolge erzielt (**Abbildung 4**). Basierend auf einem Finite-Element-Modell des den verfügbaren Bauraum ausfüllenden massiven Körpers und den darauf wirkenden Lasten wird vollautomatisch die ideale, kraftflussgerechte Gestalt des Bauteils ermittelt. Durch den per Topologieoptimierung gefundenen kraftflussgerechten Gestaltungsvorschlag, der mit dem vorhandenen Produktions-Know-how in eine fertigungsgerechte Verrippung umgesetzt wurde, verringerte sich das Gewicht des Maschinengestells um 30 % gegenüber der Vorgängerkonstruktion. Da zudem die Anzahl der benötigten Kerne von etwa 80 auf 16 (also um 80 %!) gesenkt werden konnte, reduzierten sich die Fertigungskosten für das Rohteil immens, ohne dass Kompromisse bei der Steifigkeit eingegangen wurden.

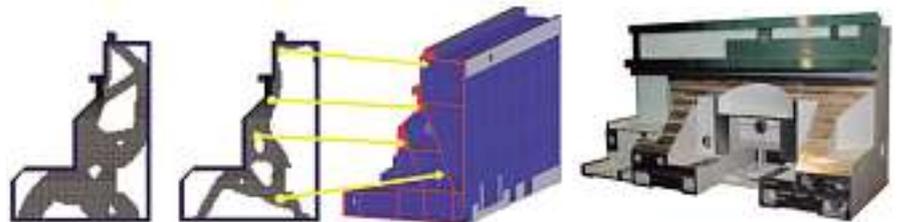


Abbildung 4: Maschinenbett einer großen Vertikaldrehmaschine (v.l.n.r.: Gestaltungsvorschläge, eingesetzte 3D-CAD-Konstruktion, einbaufertig bearbeitetes Bauteil; (Material: FERROCAST-EN-GJL-250 (GG 25), Abmessungen: 3.600 x 1.950 x 1.430 mm, Gewicht: 7.400 kg).

Die Investition in extrem leistungsfähige Arbeitsplatzrechner erlaubt mittlerweile die Topologieoptimierung auf Basis dreidimensionaler Modelle mit mehreren Lastfällen. Hierzu wird lediglich das Volumenmodell des verfügbaren Bauraums benötigt, das in ein FEM-Modell umzusetzen und dort mit den relevanten Kräften der einzelnen Last-

fälle zu beaufschlagen ist (**Abbildung 5, links oben**). In mehreren Iterationen werden Gestaltungsvorschläge erzeugt, die für das jeweilige Restgewicht eine maximale Steifigkeit bzgl. der Belastung aufweisen, (**Abbildung 5, rechts**). Mit dem produktionstechnischen Know-how des Entwicklers entsteht hieraus eine gleichzeitig fertigungs- als auch kraftflussgerechte Konstruktion, (**Abbildung 5, links unten**).

Gegenüber der konventionellen Vorgehensweise unterscheidet sich der Entwicklungsprozess mit integrierter Topologieoptimierung darin, dass nicht mit einer fertigungsgerechten Konstruktion eines komplexen Gussteils begonnen wird, die meist nach der ersten FEM-Berechnung wieder verworfen oder zumindest in vielen nachfolgenden Iterationen stark modifiziert werden muss. Statt dessen wird mit einem einfach zu erstellenden Modell des Bauraums gestartet. Die Topologieoptimierung liefert ohne weitere manuelle Eingriffe je nach Bauteilgröße und Anzahl der Lastfälle in wenigen Stunden oder Tagen eine Vorstellung von der optimalen Bauteil-Gestalt.

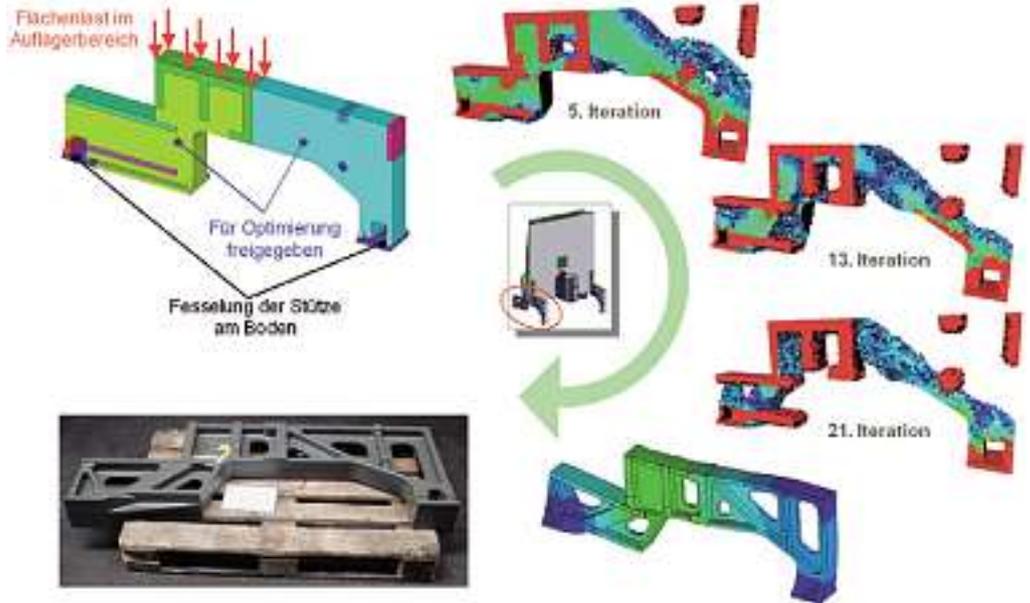


Abbildung 5: Entwicklungsprozess für Stütze mit integrierter Topologieoptimierung; (Material: FERROCAST-EN-GJL-250 (GG 25), Abmessungen: 1.460 x 550 x 150 mm, Gewicht: 170 kg).

Produktionserhöhung beim Blasformen durch Topologieoptimierung

Dass die Kombination von aktuellem Produktions-Know-how mit routiniertem Einsatz spezieller, auf die Entwicklungsaufgaben zugeschnittener Berechnungsprogramme beim Entwicklungspartner in oftmals verblüffend kurzer Zeit zu maßgeschneiderten Lösungen führt, erlebte auch ein Hersteller von Blasformmaschinen.

So wurde Heidenreich & Harbeck zur Neuentwicklung aller Gusskomponenten einer größeren Maschine beauftragt. Besondere Herausforderungen stellten der begrenzte Bauraum sowie die Gewichts- und die Qualitätsanforderungen dar, denn das neue Produkt sollte kompakt zu bauen sein und eine hohe Produktivität erreichen. Der Einsatz eines Topologieoptimierungs-Programms war also naheliegend. Um die späteren Kosten für Modelleinrichtung und Fertigung, die natürlich auch im Fokus standen, durch einen kernlosen Formaufbau

gering halten zu können, wurden Fertigungsrestriktionen bei der Optimierung berücksichtigt. Folglich weist der Gestaltungsvorschlag für die Schließplatte keine Hinterschnidungen auf. Für das auf dieser Basis mit vergleichsweise geringem Aufwand entwickelte Bauteil wurden Fertigungssimulationen und der rechnerische Festigkeitsnachweis geführt. Zusätzlich zur Absicherung der Bauteilfunktionen wurde das Verformungsverhalten der gesamten Baugruppe analysiert, um Gratbildung auf den blasgeformten Endprodukten auszuschließen. Die berechneten, hervorragenden Steifigkeitseigenschaften wurden durch Messungen während der Inbetriebnahme bestätigt (**Abbildung 6**).

Belastungsgerechte Gestaltung eines Tragarmes per Topologieoptimierung

Im Rahmen eines Wertanalyseprojektes eines Kunden wurde der Komponentenhersteller Heidenreich & Harbeck mit der Neuentwicklung eines Tragarms beauftragt.

Ausgehend von dem vom Kunden modellierten maximal verfügbaren Bauraum galt es, ein wirtschaftlich herstellbares, steifes Sicherheitsbauteil zu entwickeln. Dabei waren Montagegesichtspunkte, insbesondere die Anbindung der Führungswagen, zu berücksichtigen.

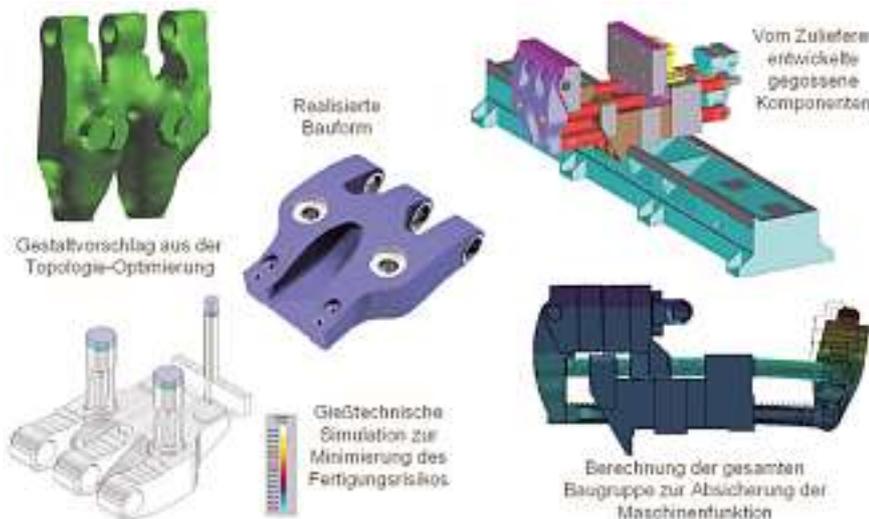


Abbildung 6: Topologieoptimierter Schließhebel einer Blasformmaschine (Material: FERROCAST-EN-GJS-400-18 (GGG 40), Abmessungen: 770 x 640 x 200 mm, Gewicht: 350 kg).

Angesichts der Freiheitsgrade bei der Designfindung lag der Einsatz der Topologieoptimierung nahe. Aufgrund einer seitlich versetzt angreifenden Vertikallast und der daraus resultierenden Torsionsbeanspruchung führt diese auf ein Hohlprofil (**Abbildung 7, links**), das allerdings den Zugang zu den Befestigungsschrauben verwehrt. Eine mit vernachlässigbarem personellen Aufwand durchgeführte zweite Rechnung mit Fertigungsrandbedingungen führt zu einem unter Montageaspekten optimalen Designvorschlag (**Abbildung 7, rechts**).

Die realisierte Lösung verbindet die Vorteile beider Varianten (Zugänglichkeit der Befestigungsschrauben, Zusatzfunktion des torsionssteifen Hohlprofils: Kabelkanal). Auch wenn keiner der beiden Lösungsvorschläge exakt umgesetzt wurde, so fungierte die Topologieoptimierung doch als der entscheidende Ideengeber für neue Lösungsansätze.

Gegenüber der mehrteiligen Vorgängerkonstruktion konnte eine Gewichtseinsparung von 30 % bei

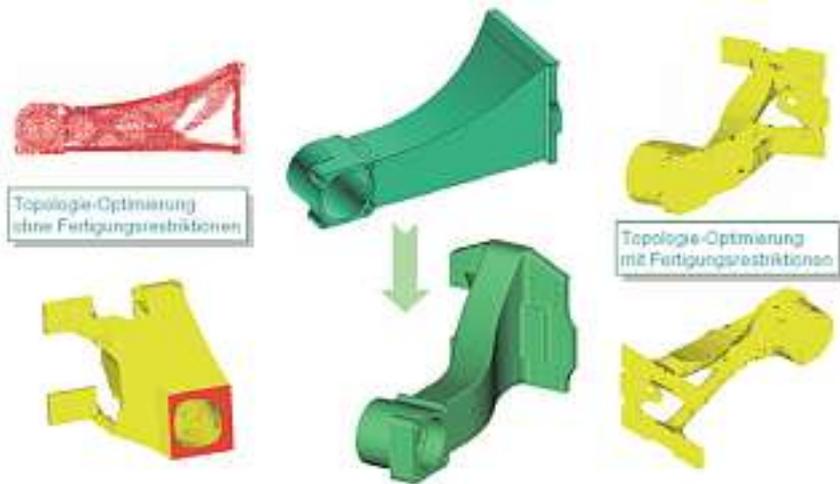


Abbildung 7: Tragarm einer Wickelstation: vom Bauraum (oben) zum Integralbauteil (unten) unter Nutzung der Topologieoptimierung; (Material: FERROCAST-EN-GJ5-400 (GGG 40), Abmessungen: 1.015 x 495 x 490 mm, Gewicht: 155 kg).

gleichzeitig deutlicher Steifigkeitszunahme realisiert werden. Der Entwicklungsaufwand amortisierte sich bereits innerhalb weniger Monate.

Immenses Beschleunigungspotenzial: Die Topologieoptimierung ...

zeigte sowohl bei Benchmark-Beispielen als auch in realen Entwicklungsprojekten ein erhebliches Potenzial zur Beschleunigung des Entwicklungsprozesses. Nach Umsetzung des Gestaltungsvorschlags in ein fertigungsgerechtes Design ist – wenn überhaupt – meist nur eine weitere Iteration mit modifizierten Wandstärken erforderlich, um die Kundenvorgaben hinsichtlich Bauteilsteifigkeit und -gewicht zu erfüllen.

So konnte die eigentliche Entwicklung des zweiteiligen Gehäuses einer Doppelspindel-Vertikaldrehmaschine (**Abbildung 8**) von vier (Schätzung für konventionelle Vorgehensweise) auf eine Woche reduziert und so die Gesamtdauer ab Entwicklungsbeginn bis zur Abgabe der Fertigungsunterlagen von 6 auf 3 Wochen abgekürzt werden.

Trotz dieser extremen Beschleunigung bei der Bauteilentwicklung müssen keine Kompromisse in Bezug auf die Funktionalität der Bauteile eingegangen werden. Im Gegenteil: das Diagramm (**Abbildung 8**) zeigt, dass das Entwicklungsergebnis in dem von den theoretischen Extremen (massives Bauteil und hohles, unverripptes Bauteil) aufgespannten Zielgebiet der Optimierung ein hervorragendes Verhältnis von Steifigkeit zu Materialeinsatz erreicht. Mit nur 20 % Gewichtszunahme gegenüber dem hohlen Bauteil erhöht sich die Steifigkeit um 350 %, so dass die im Lastenheft festgeschriebene Verformungsgrenze eingehalten wird.

In über 80 durchgeführten Neuentwicklungen, bei denen die Topologieoptimierung in Kombination mit der Berechnung aller wesentlichen Funktionsparameter und der simultanen virtuellen Optimierung der Herstellbarkeit zur Anwendung gelangte, zeigte sich die Überlegenheit dieses bionischen Ansatzes.

Immer entstanden in kurzer Zeit Lösungen, die dicht am theoretischen Optimum lagen, weil hier nicht nur, wie bisher in der Bionik

üblich, einzelne Lösungen aus der Natur in technische Anwendungen übertragen, sondern – nach unserem Kenntnisstand – erstmalig im Maschinenbau-sektor Optimierungsprogramme zum Einsatz kommen, die den inneren Wachstumsgesetzen der Natur entsprechen.

Es entspricht somit nicht mehr dem Stand der Technik, Plagiate von bestehenden optimierten Konstruktionen oder Bauformen aus der Natur zu schaffen. Intelligentere, weil maßgeschneiderte Lösungen entstehen bereits heute sehr wirtschaftlich durch Anwendung der Wachstumsgesetze aus der Natur während der Bauteilentwicklung!

Der Einsatz der bionischen Optimierungsverfahren wird vermehrt zu ganz neuen, an die Beanspruchung adaptierten konstruktiven Gestaltungen führen und dazu beitragen, dass sich Problemlösungen für den Maschinenbau – wie in der Natur – dem absoluten Minimum an Aufwand in Bezug auf Material und Energieeinsatz annähern.

Direktes Fräsen der Formen beschleunigt den Prototypen-Entstehungsprozess

Das beim Entwicklungspartner praktizierte Simultaneous Engineering führt bereits zu einer erheblichen Beschleunigung der Prototypenentwicklung und -herstellung gegenüber der konventionellen Abwicklung. Wegen der sich ständig verkürzenden Produktlebenszyklen werden die Forderungen nach einer Verkürzung dieses Prozesses für komplexe Eisenguss-Konstruktionen dennoch lauter. Da sich in der Konstruktionsphase mit begleitender Bauteilberechnung dank des Einsatzes der Topologie-Optimierung bereits einige Wochen einsparen lassen, liegt der Fokus jetzt auf der eigentlichen Herstellung.

So werden die Investition in ein modernes ERP-System, die Nutzungsausdehnung und weitere Flexibilisierung der Werkzeugmaschinen sowie der Ausbau des Produktionsnetzwerkes dazu beitragen, Kapazitätsengpässe zu vermeiden und die Prozesse in der Gießerei und in der mechanischen Fertigung weiter zu optimieren und abzukürzen.

Großes Potenzial zur Abkürzung des Gesamtprozesses bietet auch die Herstellung der Modelleinrichtung bzw. der Sandform. Denn bei konventioneller, handwerklich geprägter Arbeitsweise entfällt ein großer Zeitanteil auf den Modellbau (**Abbildung 9**).

Der maximale Zeitgewinn lässt sich hier realisieren, wenn das digitale Modell der zu fertigenden Gusskomponente direkt zur Herstellung

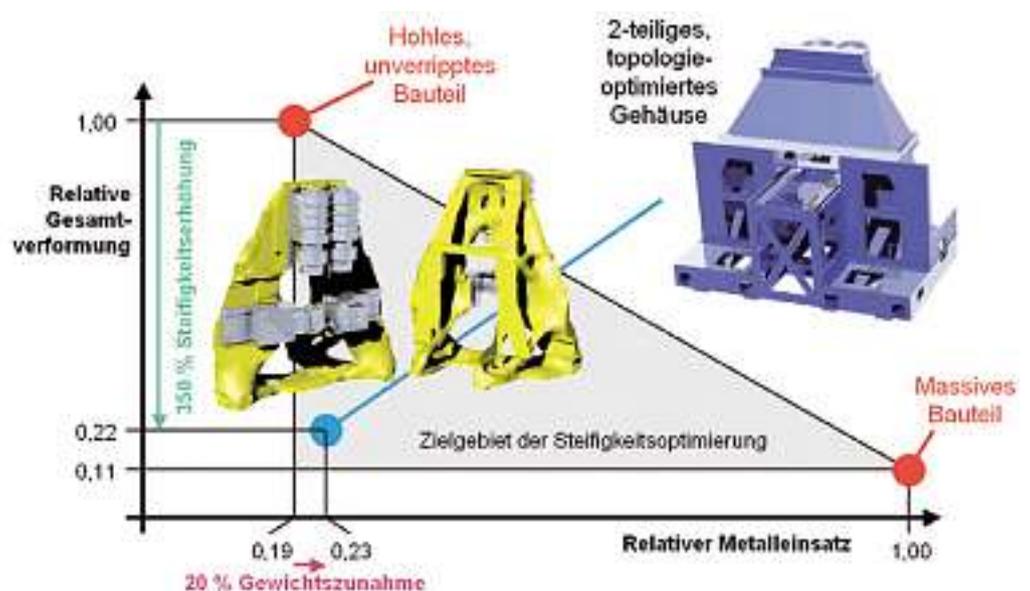


Abbildung 8: Verformungs-Gewichts-Diagramm eines zweiteiligen Maschinengehäuses; (Material: FERROCAST-EN-GJL-300 (GG 30), Abmessungen: 3.600 x 2.260 x 1.450 mm, Gewicht: 4.700 kg).



Abbildung 9: Simultaneous Engineering: Teilprozesse mit Beschleunigungspotenzial

der Sandform verwendet wird. Was bei kleineren Bauteilabmessungen unter dem Namen Rapid Prototyping längst Stand der Technik ist, scheiterte bei größeren Abmessungen bislang an den nicht vorhandenen Produktionseinrichtungen für generative Formaufbauverfahren.

Seit kurzem besteht jedoch die Möglichkeit, Formstoffblöcke direkt auf speziellen Bearbeitungszentren zu bearbeiten und maßgenaue Sandgussformen in Direkt Form¹-Technologie¹ in sehr kurzen Durchlaufzeiten herzustellen (Abbildung 10). Diese schnelle flexible Formherstellung wird zukünftig sowohl in die Einzelteil- bzw. Kleinstserienfertigung als auch in die Serienfertigung gegossener Komponenten, wenn auch mit unterschiedlichen Zielsetzungen, einziehen.

In der Einzel- bzw. Kleinstserienfertigung erlaubt das direkte Formstofffräsen die präzise Fertigung komplexer Sandformen für den Abguss extrem maßhaltiger Prototypen. Da Hinterschnitte bei diesem Verfahren problemlos anzufertigen sind und bei komplexen Formen ein erhebliches Potenzial zur Einsparung von Kernen besteht, kann sich dieses Verfahren bei sehr komplexen Bauteilen gegenüber der konventionellen Vorgehensweise mit Anfertigung entsprechender Modelleinrichtungen auch für die Herstellung von Kleinstserien rechnen.

Haben die entwickelten Komponenten Seriencharakter, ist die Anfertigung einer hochwertigen Modelleinrichtung nach wie vor geboten. In diesem Segment kann das Fräsen der Hohlform für Prototypen auf der Basis der digitalen Produktdaten dennoch sinnvoll sein.

Einerseits, um den steigenden terminlichen Anforderungen gerecht zu werden und eine extrem kurze Lieferzeit zu realisieren. Bei durchgängiger Verwendung des digitalen Volumenmodells für das Fräsen der Form, die Maßkontrolle und die Erstellung der NC-Programme für die spanende Bearbeitung sind Entwicklungs- und Herstellzeiten für fertig bearbeitete Prototypen von weniger als 10 Wochen auch bei großen Strukturkomponenten längst keine Utopie mehr (Abbildung 11).



Abbildung 10: Gefräste Sandform (links) für gegossene Prototypen (rechts)

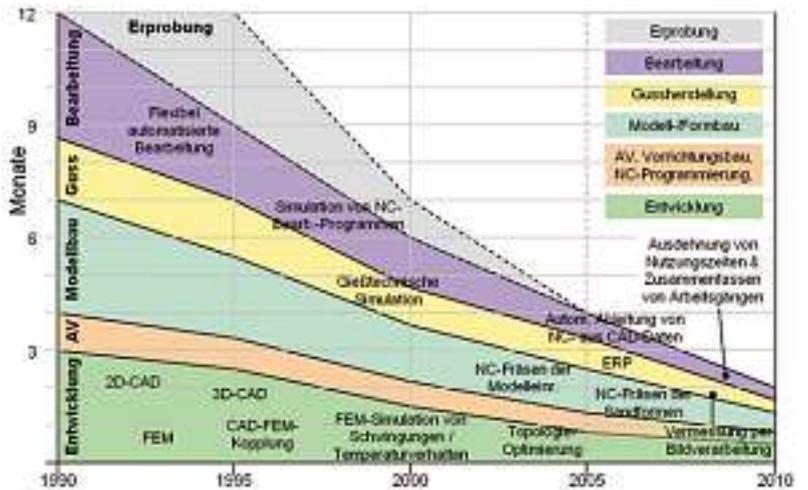


Abbildung 11: Verkürzung der Prototyp-Entstehungszeiten durch CAx-Techniken

Fazit

Der Einsatz der bionischen Optimierungsverfahren führt zu ganz neuen, an die Beanspruchung adaptierten konstruktiven Gestaltungen und trägt dazu bei, dass sich technische Problemlösungen – wie in der Natur – dem absoluten Minimum an Aufwand – Material und Energieeinsatz – annähern.

Schon heute werden häufig Kostenreduktionen um bis zu 25 % bei gleichzeitiger Funktionsverbesserung um bis zu 50 % (z.B. Steifigkeitsgewinn) erreicht. Dabei kann der Berechnungs- und Optimierungsaufwand sehr gut an die erwarteten Stückzahlen angepasst werden.

In vielen der mehr als 350 durchgeführten Entwicklungsaufträge für komplexe Konstruktionsteile haben wir es erlebt, dass sich unser gesamter Berechnungs- und Optimierungsaufwand oft schon nach 2–3 Teilen amortisiert hat. Zudem wird der Entwicklungsprozess durch die konstruktionsbegleitende Berechnung beschleunigt, weil Entscheidungsprozesse – sachlich fundiert – kaum noch Zeit kosten.

Vor diesem Hintergrund ist es eigentlich nicht mehr zu verantworten, auf eine konstruktionsbegleitende Bauteilberechnung zu verzichten. Stand der Technik ist heute die genaue FEM-Berechnung, ggf. mit Festigkeitsnachweis nach den geltenden technischen Regelwerken. Das wird auch bei Haftungsfragen in Zukunft eine immer größere Rolle spielen.

Kontaktadressen:

Heidenreich & Harbeck AG, Grambeker Weg 25/29,
D-23879 Mölln
Dipl.-Ing. Ernst du Maire
Tel ++49 (0)4542 824 100 / 110, Fax ++49 (0)4542 824 119
dumaire@hh-moelln.de
Dr. Thorsten Schmidt
Tel ++49 (0)4542 824 279, Fax ++49 (0)4542 824 139
dr.schmidt@hh-moelln.de

¹ Direkt Form ist eine eingetragene Marke der Direkt Form GmbH

Eine Gießerei auf dem Weg zur Internationalisierung^{*)}

The German Rautenbach Foundry is going international

Dr.-Ing. Franz Mnich, Vorstandsvorsitzender der Rautenbach Aktiengesellschaft



Die Rautenbach-Gruppe ist im Jahre 2005 entsprechend der im **Bild 3** dargestellten Struktur in Europa gegliedert. Dabei ist herauszustellen, dass mit dem Gesellschafterwechsel zum Januar dieses Jahres von der Familie Rautenbach zum mexikanischen Zylinderkopf- und Zylinderblockhersteller Nemark auch die strategische Ausrichtung neu bestimmt wurde. Um Missverständnissen vorzubeugen, sei schon jetzt darauf verwiesen, dass die nachfolgenden Erfahrungen auf dem Weg zur Internationalisierung auf der strategischen Fokussierung eines mittelständigen Familienunternehmens basieren.

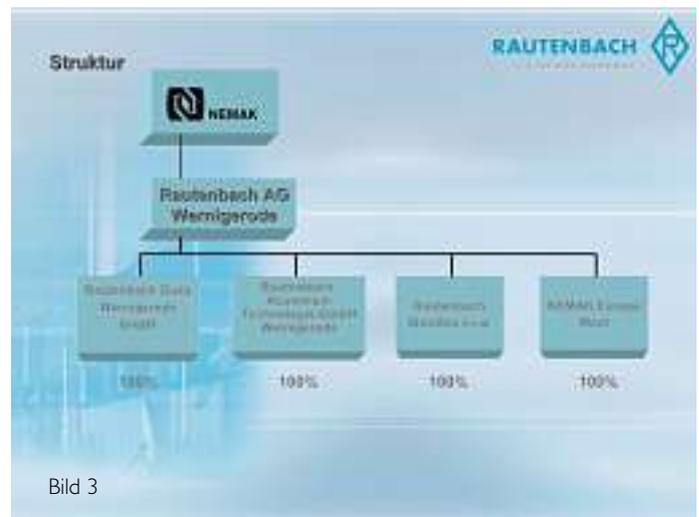
Die strategische Entscheidung des Managements und der Eigentümer der Rautenbach-Gruppe (**Bilder 1 und 2**) im Jahr 1993, ausschließlich für den Automobilzuliefermarkt zu entwickeln und zu produzieren, bedeutete auch, sich konsequent den Chancen und Risiken dieser Branche zu stellen. Risikominimierung heißt in diesem Zusammenhang Aufbau und Pflege eines sehr feinmaschigen Netzwerkes zu den OEM; Chancennutzung dagegen – Entwicklung einer durch Produkt- und Prozessinnovation charakterisierten Unternehmenskultur, die für eine internationale Ausrichtung geöffnet ist.

RAUTENBACH
ALUMINIUM-LEGIERUNGEN

Firmenhistorie

- 1885 Firmengründung in Solingen
- 1902 Erster Aluminium-Motorenguss von Rautenbach auf der Weltausstellung in Düsseldorf
- 1928 Beginn der ersten Magnesiumgussproduktion in Solingen
- 1934 Aufbau des Werkes in Wernigerode
- 1948 Wernigerode ging in staatlichen Besitz über
- 1987 Beginn der Zylinderkopfproduktion für VW in Wernigerode
- 1990 Unternehmensverwaltung durch die Treuhand
- 1993 Privatisierung durch die Familie Rautenbach (Rückkauf)
- 2000 Gründung Joint Venture in der Slowakei (Ziar nad Hronom)
- 2001 100%-ige Tochtergesellschaft in der Slowakei
- 2005 Kauf der Rautenbach-Gruppe durch Tenedora NEMAK
- 2005 Eingliederung von NEMAK-Most in die Rautenbach-Gruppe

Bild 1



Bereits in den frühen 90er Jahren wurde die noch junge Rautenbach-Gießerei im deutschen Wernigerode mit der Lieferung von Zylinderköpfen an Standorte in Osteuropa, Mittel- und Südamerika und Asien beauftragt. Die Position in der Zulieferpyramide war zu diesem Zeitpunkt als reiner Serienlieferant relativ instabil. Erst mit der Herausbildung der hervorragenden Standortfaktoren in Wernigerode – an erster Stelle geprägt durch leistungsfähige, motivierte und in besonderem Maße kreative Mitarbeiter – konnte das neue Markenzeichen als „Systemlieferant mit hoher Innovationskraft“ beschrieben werden. Diese Alleinstellungsmerkmale waren die entscheidende Voraussetzung dafür, um den OEM's auf den Weltmärkten zu folgen.

Die reinen Gusslieferungen als Exportgeschäft konnten nur eine Zwischenstufe auf dem Weg zu einer lokalen Produktion sein. Der Druck der Automobilindustrie erhöhte sich seit Ende der 90er Jahre kontinuierlich mit dem Ziel der Erreichung der eigenen „local content“ Vereinbarungen. Rautenbach hatte deshalb ein eigenes Konzept entwickelt, welches eindeutig durch die Faktoren geringes Geschäftsrisiko, beste Erweiterungsmöglichkeiten und Erfüllung der Kundenforderungen bestach.

Nach den schon erwähnten Zylinderkopflieferungen weltweit folgten ein Technologie- bzw. Werkzeugtransfer/-verkauf nach Mexiko, Südkorea und China. Die abgegebene Technologie hatte dabei aber bereits ein Verfallsdatum überschritten. Es soll aber auch nicht unerwähnt bleiben, dass der Druck der Kunden zum Verkauf von Know-how mit dem Siegel „state of the art“ besonders in den letzten Monaten stark zugenommen hat. Welche Ziele waren mit dem Technologieverkauf verknüpft? Kurzfristig war es die Erfüllung der Kundenanforderung, mittel- und langfristig der Aufbau einer internationalen Netzwerksstruktur. Selbstredend erhöhte sich damit auch der Marktanteil.

^{*)} Vorgetragen auf der Großen Gießereitechnischen Tagung am 22. April 2005 in Innsbruck.

In der Chancen- und Risikobetrachtung kann man davon ausgehen, dass der Zielerreichungsgrad außerordentlich hoch war und das Risiko gering, da auf Investitionen im Ausland zunächst verzichtet wurde und die Fakturierung hauptsächlich über deutsche OEM's und außerdem in heimischer Währung erfolgte. Auf Dauer konnte sich auch die Rautenbach-Gruppe nicht dem Trend zur Auslandsverlagerung verschließen. Es ist legitim, an dieser Stelle auch zu fragen: „Muss man jedem Trend folgen?“ Diese Frage muss jeder, der Verantwortung für die strategische Ausrichtung seines Unternehmens trägt, selbst beantworten. Unstrittig, da bereits in vielen Publikationen in ähnlicher Form veröffentlicht, sind aber die folgenden Gründe für Auslandsaktivitäten:

- fortschreitende Marktkonsolidierung in Westeuropa und zunehmender Wettbewerb aus Niedriglohnländern erhöhen Preis- und damit Kostendruck;
- Globalisierung des Wettbewerbs bedingt bei zunehmender Unternehmensgröße auch eine weltweite Präsenz;
- lokale Präsenz bezüglich Produktion und Vertrieb („local content“) sind oft notwendige Voraussetzungen für den erfolgreichen Markteintritt z.B. in Asien, Amerika und Osteuropa;
- Attraktivität des Standortes Deutschland nimmt ab – Gesetzgebung und Regelungen am Zielort sind in der Regel einfacher.

Statistische Betrachtungen von namhaften Beratungsunternehmen zeigen, dass in den letzten 10 Jahren bereits etwa 70 % der Unternehmen in der Automobilzulieferindustrie sich für eine Verlagerung von Unternehmensteilen von Deutschland ins Ausland entschlossen haben. In den nächsten 5 Jahren soll sich dieser Wert auf 90 % erhöhen.

Ist die generelle Frage für einen Produktionsstandort außerhalb Deutschlands positiv beantwortet worden, schließt sich umgehend die konkrete Länderanalyse an. Hierbei sind solche Faktoren der Standortwahl, wie Produktionskosten, Lohnkosten, Qualifikation der Arbeitnehmer, Flexibilität des Faktors Arbeit, Arbeitseinstellung, Nähe zu attraktiven Absatzmärkten und Nähe zu Herstellern (OEM's), um nur die wichtigsten zu nennen, von besonderer Bedeutung.

Wurde u.a. unter Einbeziehung der vorgenannten Entscheidungsmerkmale ein Standort, sprich ein Land oder eine Region in die engere Wahl gezogen, so gilt es, sich anschließend für

- Greenfield oder Brownfield bzw.
- allein oder mit einem Partner (JV)

zu entscheiden.

Die Rautenbach-Gruppe hat sich im Jahr 2000 zur Unterzeichnung eines JV-Vertrages mit einem slowakischen Partner entschieden (siehe **Bild 4**). Die strategische Zielsetzung war: „Nähe zu Herstellern – heute, morgen und übermorgen“. Dem JV zeitlich vorausgeschickt war eine intensive Zusammenarbeit mit dem späteren Partner durch



Bild 4

eine Produktion im Sinne einer „verlängerten Werkbank“. Bereits in dieser Phase wurde mit der speziellen Technologieschulung der ausländischen Mitarbeiter in Wernigerode begonnen. Da das Gemeinschaftsunternehmen nach der Charakteristik „Brownfield“ gegründet wurde, wird deutlich, dass es sich um einen bereits existierenden Gießereistandort handelte. Zwei Jahre – bis zur 100 %-Übernahme der Unternehmensanteile – haben nicht ausgereicht, um diesen Auslandsstandort zu einem in vielen Belangen annähernd gleichwertigen Unternehmen innerhalb der Rautenbach-Gruppe zu entwickeln. Das differenzierte Qualifikationsniveau, gepaart mit in diesem Ausmaß unerwarteten Sprach- und Verständigungsproblemen, haben wiederholt zu Schwierigkeiten geführt. Dabei waren der Wille und der Einsatz der Mitarbeiter in jeder Phase lobenswert. Leider ist auch heute das Angebot qualifizierter externer Ausbilder in der Landessprache in unserer speziellen Branche noch sehr lückenhaft.

Ein hausgemachter Grund für Probleme am Auslandsstandort kann z.B. auch die Überfrachtung der Produktionsstätte mit zu vielen Neuanläufen in zu kurzer Zeit sein. Hier gilt nicht nur „time to market“, sondern die erneute Erfahrung „Rom wurde auch nicht an einem Tag erbaut“. Eine kurz- und mittelfristige Personalunterstützung aus Wernigerode war für die Zielerreichung am slowakischen Gießereistandort Ziar nad Hronom nicht nur erforderlich, sondern auch äußerst zielführend.

Im Detail bot der Standort Slowakei viele Vorteile, um sich als zukünftiger Rautenbach-Produktionsstandort anzubieten:

- traditioneller Gießereistandort, einschließlich Alu-Hütte mit qualifiziertem Personal;
- geringe Lohn- und Produktionskosten mit übersichtlicher Steuerpolitik;
- alle notwendigen Energiearten in ausreichender Menge vorhanden;
- gute Lieferantenbasis für Materialien und Serviceleistungen;
- ausreichende Anzahl von Hochschulen und Universitäten sichert langfristig den hochqualifizierten Mitarbeiterbedarf.

Wird heute nach etwa 5 Jahren „Auslandsproduktionsstandort“ eine Zwischenbilanz gezogen, so kann man bei den Faktoren Kundennähe, Steigerung des Marktanteils, Erschließung neuer Märkte, Senkung der Produktherstellkosten und Schaffung einer Kapazitätserhöhung bereits einen hohen Grad der Erfüllung konstatieren. Dagegen sind die Qualitätsziele noch nicht bei allen Produkten erreicht. Das ist u.a. auch ein Indikator dafür, dass der Integrationsprozess in seiner Gesamtheit weiter als oberste Managementaufgabe betrachtet werden muss. Als Fazit kann hieraus auch eine weitere Erkenntnis gezogen werden – kulturellen Unterschieden ist auch in differenzierten Organisationsstrukturen Rechnung zu tragen.

Betrachtet man auf der Basis der vorangestellten Ausführungen die erfolgskritischen Risikofaktoren, so steht das professionelle Projektmanagement an erster Stelle. Ohne diese eingeforderte Professionalität sind z.B. die Fragen des meist zeitkritischen Wissens- und Technologietransfers unter Beachtung der kulturellen Unterschiede bei der meist begrenzten Verfügbarkeit kompetenter Management-Ressourcen am Standort nicht zu lösen.

Da auch weiterhin Kundennähe und Kundenzufriedenheit maßgeblich den Unternehmenserfolg mit bestimmen werden und Kosten- und Technologieführerschaft auch weltweit nachgewiesen werden müssen, gilt die einfache Formel: Wachstum ist nur durch Wachstum zu ersetzen.

Kontaktadresse:

Rautenbach Aktiengesellschaft
D-38855 Wernigerode
Giesserweg 10
Tel.: +49 (0)3943 652 133, Fax: 125
E-Mail: dr.mnich@rautenbach.de

Prozesssteuerung bei der Verdichtung von Grünsandformen*)

Process Control for Ramming of Greensand Moulds



Prof. Dr.-Ing.habil. Jürgen Bast, Jhg. 1942 (Königsberg). Nach Studium der Gießereitechnik an der TU Bergakademie Freiberg Promotion am Moskauer Automechanischen Institut. Ab 1971 arbeitete er an der TU BAF als Lehrbeauftragter auf dem Gebiet „Konstruktion der Gießereimaschinen“ und gleichzeitig als Konstrukteur für Gießereiausrüstungen produzierende Maschinenbaubetriebe. 1991 habilitierte er sich und wurde 1992 zum Professor der Fachrichtung Maschinenbau an der TU Bergakademie Freiberg berufen.

Dr.-Ing. Andrej Malaschkin, Jhg. 1975 (Dонецk/Ukraine). Nach dem Studium der Fachrichtung „Konstruktion und Fertigung von Bergbaumaschinen und -ausrüstungen“ Promotionsstudium an der TU Bergakademie Freiberg, Fachrichtung „Maschinenbau“. Seit 2001 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl „Hütten-, Gießerei- und Umformmaschinen“ der TU BAF.



Dipl.-Ing. Abdulkader Kadauw, Jhg. 1968 (Kifry/Irak). Nach dem Studium „Engineering Technology (Production)“ an der University of Bagdad mit Bachelor of Science Abschluß 1991 folgte ein Ingenieurstudium für Maschinenbau an der TU Bergakademie Freiberg. 2001 Beginn einer Dissertation zum Thema: „Mathematische Modellierung der Formstoffverdichtungsprozesse“. Seit September 2003 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Maschinenbau an der TU Freiberg tätig.



- wie lange sollen die Verdichtungskräfte wirken und
- in welcher Reihenfolge sollen sie zur Wirkung kommen.

Auch auf diesem Gebiet kann der Technologie nur probieren, ohne die Möglichkeit wissenschaftlich gesicherte Gesetzmäßigkeiten anzuwenden.

Letztendlich laufen alle diese Problemstellungen darauf hinaus: Halten die aus dem verdichteten Formstoff gefertigten Formen bzw. Formteile in allen Etappen ihrer Nutzung, wie Abheben von Ballen beim Trennen von Formkasten und Modellplatte, Wenden und Transport der Form, Einlegen der Kerne, Zulegen der Form sowie deren Füllen mit flüssigem Metall und während des Schwindens beim Erstarren und Abkühlen den verschiedenartigsten Beanspruchungen stand oder nicht? (**Bild 1**).

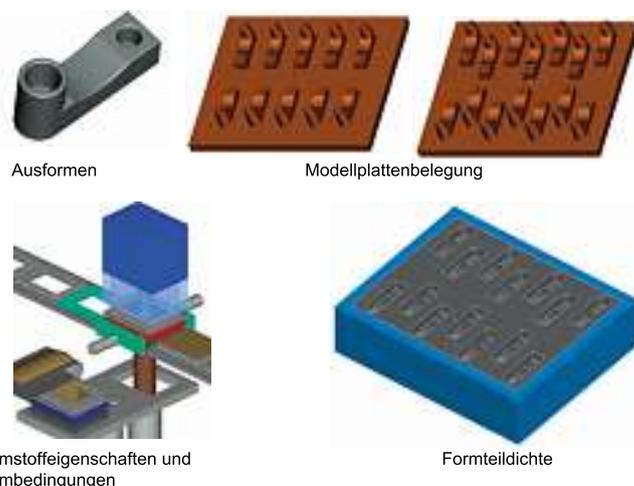


Bild 1: Problemstellungen bei der Formtechnologie

Aus der Festigkeitslehre sind schon seit langem Kriterien zur Beurteilung über den Sicherheitsnachweis (Maschinenbau) oder den Tragfähigkeitsnachweis (Stahlbau) zur Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit eines Bauteils oder einer Stahlkonstruktion bekannt.

$$\frac{\sigma_{\text{vorh}}}{\sigma_{\text{zul}}} \leq 1 \quad (1)$$

Sicherheitsnachweis
(Maschinenbau)

$$\frac{S_d}{R_d} \leq 1 \quad (2)$$

Tragfähigkeitsnachweis
(Stahlbau)

Die Gleichungen 1 und 2 zeigen die formelmäßigen Ausdrücke für die Berechnung der Nachweise. Verbal ausgedrückt werden bei diesen Berechnungen die Beanspruchungen zu den Beanspruchbarkeiten eines technischen Gebildes ins Verhältnis gesetzt. Wenn dieses Verhältnis den Wert 1 nicht übersteigt, können das Bauteil oder die Konstruktion verwendet (gebraucht) werden, ohne dass mit ihrem Versagen zu rechnen ist.

$$\frac{\text{Beanspruchungen}}{\text{Beanspruchbarkeiten}} \leq 1 \quad (3)$$

Zur wissenschaftlichen Durchdringung und Schaffung von Gesetzmäßigkeiten zur Lösung der oben genannten Problemstellungen ist es erforderlich, die Form als Bauteil für die Gusstückentstehung anzusehen und ihre Gebrauchstauglichkeit dadurch nachzuweisen, dass in allen Phasen ihrer Nutzung die Beanspruchungen kleiner als die Beanspruchbarkeiten sind.

Unter Beachtung der Einflussgrößen ergibt sich der im **Bild 2** gezeigte Zusammenhang, wonach ausgehend von der Formteildichte

I. Einleitung und Problemstellung

Die Gussproduktion mit Hilfe tongebundener Formstoffe weist eine starke Wechselwirkung mit der Formstoffverdichtung bei der Formherstellung auf, denn die Qualität eines Gussteils hängt neben anderen Faktoren sehr stark von der Formqualität ab. Damit ist für dieses Gusserzeugungsverfahren der Formprozess fast ebenso wichtig, wie die Prozesse des Formfüllens, Erstarrens und Abkühlens, der sogenannten „Geburtsstunde“ des Gussteils.

Bei der Festlegung der Formtechnologie steht der Gießer vor einer Reihe von Fragen, zu deren Lösung er seine empirischen Erfahrungen einsetzen muss, ohne daß er auf gesicherte theoretische Kenntnisse zurückgreifen kann. Trotz der betrieblichen Erfahrungen kommt es häufig vor, dass die Formtechnologie im weitesten Sinne nach der „Trial and Error“-Methode realisiert wird, was mit viel Zeit und Kosten verbunden ist.

Als Problemkreise sollen

- das Ausformen eines Grünsandballens aus einem Modell,
 - der Abstand der Modelle zur Formkastenwand bzw. zwischen den Modellen zur Optimierung der Flächenauslastung der Modellplatte,
 - die Auswahl geeigneter Formstoffeigenschaften,
 - die Wahl der Füllrahmenhöhe sowie
 - die Dosiermenge an Formstoff
- genannt sein.

Insbesondere neuere Formmaschinen lassen es zu, dass der Formstoff mit unterschiedlichsten Verdichtungsverfahren (Pressen, Luftstrom-Pressen, Impuls, Vorimpuls, Impuls mit Nachpressen) verdichtet werden kann. Auch hier steht der Gießer vor der Frage:

- welches der vielen Verfahren oder
- welche Verfahrenskombinationen soll er einsetzen,

*) Vorgetragen auf der Großen Gießereitechnischen Tagung am 21. April 2005 in Innsbruck.

und dem Formstoff die Beanspruchbarkeiten, d. h. der Widerstand eines Formteils gegenüber dem Versagen, bestimmt werden können.

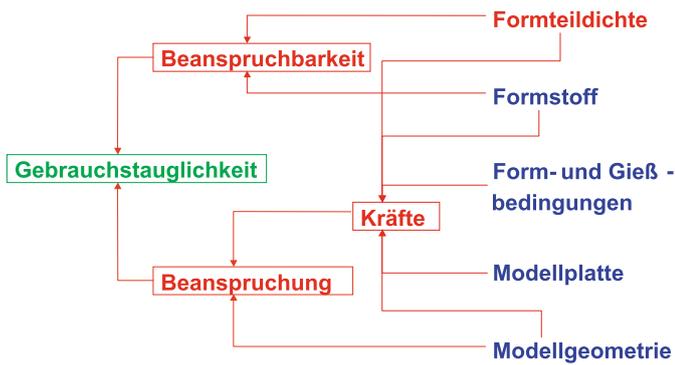


Bild 2: Einflussgrößen zur Ermittlung der Gebrauchstauglichkeit einer Form

Wenn man diese beiden Komponenten um die Form- und Gießbedingungen, die Modellplattenbelegung und die Modellgeometrie erweitert, dann lassen sich aus diesen Größen Kräfte bestimmen, die während der Nutzung der Form auftreten. Unter Hinzuziehung der Modellgeometrie können für das jeweilige Formteil anschließend die Beanspruchungen berechnet werden. Aus dem Vergleich der ermittelten Beanspruchungen mit den Beanspruchbarkeiten lässt sich die Gebrauchstauglichkeit der Form nachweisen. Damit wird eine Einschätzung der Formqualität noch vor dem Abgießen der Form möglich.

In zwei vom Verein Deutscher Gießereifachleute finanziell unterstützten Forschungsprojekten wurde nach Mitteln gesucht, die Formteildichte zu bestimmen. Dabei wurde zum einen der Weg der theoretischen Vorhersage mit Hilfe der rechnerunterstützten Simulation und zum anderen der Weg der direkten Messung beschritten, wobei die Messung nicht erst nach, sondern bereits während der Verdichtung deren Verlauf aufzeichnen kann.

2. Rechnerunterstützte Simulation zur theoretischen Vorhersage der Formteildichte

Unter Simulation versteht man eine Methode, die zur Untersuchung des Systemverhaltens durch Verwendung eines mathematischen Modells auf einem Digitalrechner eingesetzt wird, um Aussagen über das Verhalten des realen Systems treffen zu können. Die Gründe für die Durchführung einer Simulation sind u. a.:

- Undurchführbarkeit von Versuchen am realen System,
- niedrigere Kosten,
- keine Umweltbelastung.

Die Fortschritte in der Computertechnologie mit schnellem Wachstum der Algorithmenmethoden haben es ermöglicht, die komplizierten Probleme der Mechanik granularer Medien zu lösen. Für diese Probleme gibt es keine analytischen Lösungen.

2.1 Eigenschaften und Verhalten des tongebundenen Formstoffs

Es ist notwendig, die Eigenschaften und das Verhalten der tongebundenen Formstoffe zu charakterisieren, um geeignete Stoffgesetze zur mathematischen Beschreibung des Verhaltens tongebundener Formstoffe zu entwickeln. Makro- und mikromechanisch betrachtet, weisen tongebundene Formstoffe folgende Merkmale auf:

Kohäsionskräfte: Kohäsionskräfte treten zwischen den Partikeln (Quarzsand) durch das Bindemittel (Bentonit) und durch Einwirkung des Wassers auf.

Fließen der Partikel: die Partikel werden durch Belastungen aufeinander fließen.

Plastische und elastische Verformungen: Formstoffe werden unter Belastung bei der Formherstellung elastisch und plastisch reagieren. Ur-

sache dieser Verformungen sind Relativverschiebungen der Körner, Verbiegungen plättchenförmiger Kornformen des Bentonits und Kornbewegungen beim Übergang von einem lockeren in einen dichteren Zustand.

Nichtlinearität und Anisotropie: aufgrund großer Deformationen (Verdichtbarkeit bis 40 %) sowie des nichtlinearen Zusammenhangs zwischen Spannung und Dehnung entstehen geometrische und physikalische Nichtlinearitäten. Außerdem sind die Spannungen in verschiedenen Richtungen und Ebenen nicht homogen [1, 2].

In der Literatur existieren mathematische Modelle, die die oben genannten Eigenschaften und das Verhalten körniger, gebundener Medien hinreichend genau beschreiben. Folgende Modelle wurden hinsichtlich ihrer Eignung für den Formstoff überprüft:

Mohr-Coulomb-Modell (MC), Drucker-Prager-Modell (DP), Hardening Soil-Modell (HS) und Drucker-Prager-Cap Modell (DP-Cap).

Die Anzahl der erforderlichen Modellkoeffizienten steigt mit der Leistungsfähigkeit des Stoffgesetzes. Das bekannte Mohr-Coulomb-Modell (MC) und das Drucker-Prager-Modell (DP) können in erster Näherung das reale Verhalten bindiger Böden bzw. von Formstoffen beschreiben. Eine Weiterentwicklung stellt das kombinierte Drucker-Prager-Cap-Modell dar. Dieses Modell findet hauptsächlich in der Pulvertechnologie Anwendung. Das Hardening Soil-Modell (HS) ist eine Weiterentwicklung auf Basis des Mohr-Coulomb-Modells (MC).

Diese elasto-plastischen Modelle benötigen 5 Grundeingabeparameter: den Elastizitätsmodul, die Querdehnzahl, die Kohäsion, den Reibungswinkel und den Dilanzwinkel. Das HS-Modell fordert zusätzliche Parameter (Steifeexponent, Erstbelastungsmodul für deviatorische Belastung, Erstbelastungsmodul für kompressive Belastung, Ent-/Wiederbelastungsmodul) [3, 4].

2.2 Herkömmliche und neue Prüfeinrichtungen

Zur Charakterisierung der Formstoffeigenschaften und zur Bestimmung der Formstoffkoeffizienten während des Verdichtens sind die herkömmlichen gießereitechnologischen Prüfverfahren ungeeignet. Andererseits erfordern die mathematischen Modelle Koeffizienten, die vor Beginn der Modellierung durch Experimente bestimmt werden müssen. Diese Werte sind für Formstoffe noch nicht bestimmt worden.

In der Bodenmechanik werden die Festigkeits- bzw. Verformungsparameter normalerweise mit zwei Messgeräten, dem Rahmenschergerät bzw. dem Oedometer, gemessen. Für den gießereitechnischen Einsatz war es erforderlich, ein kombiniertes Gerät mit einer im Vergleich zur Bodenmechanik abweichenden Probengeometrie zu entwickeln und zu bauen. Außerdem wurde die Einsatzmöglichkeit des Gerätes erweitert, so dass die Festigkeitsparameter spannungsabhängig in verschiedenen Höhen der Formstoffprobe ermittelt und der äußere Reibungswinkel (Reibung zwischen Formkasten und Formstoff) unter Belastung bestimmt werden können.

2.3 Entwickelte Software

Auf Basis der mathematischen Modelle wurde eine 3D-Software zur rechnerunterstützten Simulation der Verdichtungs Vorgänge tongebundener Formstoffe durch Pressen und zur Berechnung der Dichte bzw. Dichteverteilung des Formstoffes im dreidimensionalen Raum mit Hilfe der FEM entwickelt (Bild 3).

Man kann die Hauptmerkmale der entwickelten Software wie folgt zusammenfassen:

- internetfähige und plattformunabhängige Software
- Web Services „Java 2 Platform, Enterprise Edition“ (J2EE)
- Datenbankunabhängigkeit
- einfache Erweiterbarkeit
- verschiedene Aufgaben werden unabhängig voneinander ausgeführt, so dass die Möglichkeit der Aufgabenteilung vor allem in den Clustern besteht

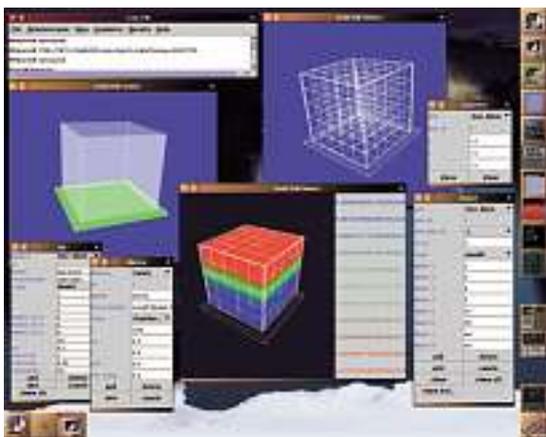


Bild 3: Formstoffparametereingabe, Formkastengenerierung, Vernetzung und Spannungsverteilung als Arbeitskomponenten des Simulationsprogramms.

- Möglichkeit, hochverfügbare Cluster aufzubauen
- Möglichkeit, für jede Aufgabe den gewünschten Rechner für die Modellierung zuzuweisen
- User-Management
- einfaches CAD-ähnliches Programm zur Eingabe der Modellgeometrie
- einfache Visualisierungskomponenten
- Netzgenerator für 4-Knoten-Tetraeder- und 8-Knoten-Quader-Elemente

2.4 Anwendung der industriellen Computertomographie (CT) für die Bestimmung der Dichteverteilung in tongebundenen Formen

Die Dichtebestimmung bei einfachen geometrischen Körpern ist bei Kenntnis der Masse relativ einfach, wobei das Ergebnis jedoch nur eine mittlere Dichte darstellt. In der Regel weisen die Gießformen aber kompliziertere Geometrien auf, so dass die Volumenbestimmung mit Schwierigkeiten verbunden ist. Außerdem existieren in der Form Bereiche, die unterschiedliche Verdichtungsgrade besitzen und somit zwangsläufig differenzierte Dichtewerte aufweisen. Bei einer Ermittlung der Dichte in diesen Bereichen muss man die Form zerstören, was wiederum einen negativen Einfluss auf die Messwerte ausübt. Um den Vergleich zwischen den erzielten Isolinien einer mathematischen Berechnung mit den experimentellen Ergebnissen anstellen zu können, sind möglichst exakte Angaben über die Dichte bzw. Dichteverteilung innerhalb eines nicht zerstörten Formkörpers notwendig.

Dafür wurde in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Rautenbach Aluminium Technologie GmbH, Wernigerode, erstmals die Computertomographie bei der Bestimmung der Dichte und Dichteverteilung innerhalb der Form eingesetzt.

Die industrielle Röntgentomographie ist ein zerstörungsfreies und berührungsloses Prüfverfahren zur Untersuchung verschiedenster Objekte und Materialien. Die Computertomographie gehört zu den radiologischen Untersuchungen. Der Unterschied zur klassischen Röntgentechnik besteht darin, dass nicht ein Durchstrahlungsbild, sondern ein Schnittbild aufgenommen wird. Gegenüber medizinischen Geräten weist die industrielle CT eine höhere Orts- und Kontrastauflösung auf und verwendet im allgemeinen Röntgenstrahlung höherer Energie, so dass sich auch dickwandige Objekte hoher Dichte durchstrahlen lassen. Die CT liefert ein digitales Schnittbild eines ausgewählten Bereichs oder die komplette volumetrische Darstellung von Objekten. Sie kann in allen Formteilregionen zur Darstellung unterschiedlicher Dichte bzw. Dichteverteilung herangezogen werden [5].

Erste Untersuchungen haben sehr interessante Informationen geliefert (Bilder 4–6). Auf den CT-Bildern waren nicht nur Bereiche

unterschiedlicher Dichte, sondern auch die einzelnen Phasen des Formstoffes: Quarzsandkörner, Bentonitbrücken, Wasser und Luftporen farblich voneinander zu unterscheiden.

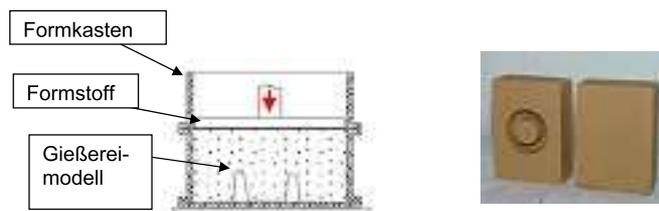


Bild 4: Form mit Gießereimodell durch Pressen verdichtet



Bild 5: CT-Schnitte (Längs- und Querrichtung): Form mit Verdichtung von oben



Bild 6: Die gleichen CT-Schnitte nach bildverarbeitungstechnischer Aufbereitung

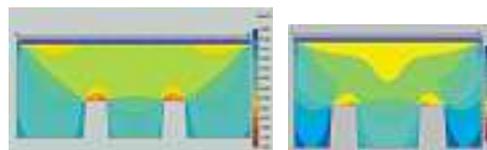


Bild 7: Schnittbilder einer rechnerunterstützten Simulation: Spannungsverteilung (Hardening-Soil-Modell)

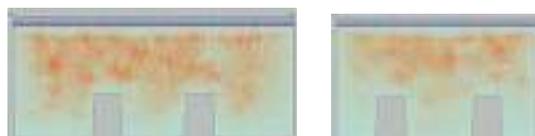


Bild 8: Schnittbilder einer rechnerunterstützten Simulation: Verschiebung (Hardening-Soil-Modell)

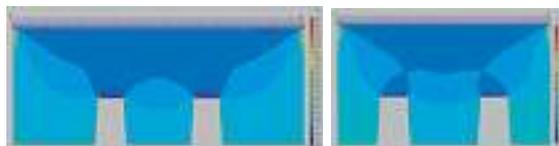


Bild 9: Schnittbilder einer rechnerunterstützten Simulation: Volumenänderung (Hardening-Soil-Modell)

Wenn man die simulierten mit den experimentellen Werten vergleicht, dann kann man feststellen, dass eine gute Übereinstimmung vorhanden ist und die Simulationen die Realität recht gut widerspiegeln. Denn sowohl die Spannungsverteilung (Bild 7) als auch die Verschiebung (Bild 8) und Volumenänderung (Bild 9) beweisen, daß in den engen Bereichen der kurzen Formkastenwand eine geringere Dichte als in den weiten Bereichen der langen Formkastenwand vorhanden ist. Diese Aussage stimmt mit den allgemeinen Beobachtungen bei der Verdichtung tongebundener Formstoffe überein. Für die Zukunft wird es notwendig sein, entsprechende Kalibrierkurven aufzunehmen, damit auch ein quantitativer Vergleich angestellt werden kann.

Mit Hilfe der entwickelten Methode werden Möglichkeiten geschaffen, um die Dichte einer Form vorherzusagen, ohne dass aufwendige Probeversuche angestellt werden müssen.

3. Darstellung der Messeinrichtungen und Vergleich mit konventionellen Messmethoden

Entwickelt wurden die im **Bild 10** dargestellten Sensoren. Der Anwendungsbereich des Sensors SP-P ist auf die Verdichtungsmethoden Pressen und Schiess-Pressen begrenzt. Dafür ist der Sensor besonders klein und kann bei allen gängigen DISAMATIC-Modellplatten eingesetzt werden. Der Sensor vom Typ LP-I ist universeller in seiner Konstruktion und kann außer bei den genannten Verdichtungsmethoden auch bei der Verdichtung durch Luftstrompressen oder Impulsverdichtung angewendet werden. Dies wird dadurch erreicht, dass die Druckluftwirkung auf den Messfühler, die bei der Formstoffverdichtung durch den Luftstrom bzw. -impuls entsteht, ausgeglichen wird. Dafür ist der Sensor etwas größer als der des Typs SP-P.

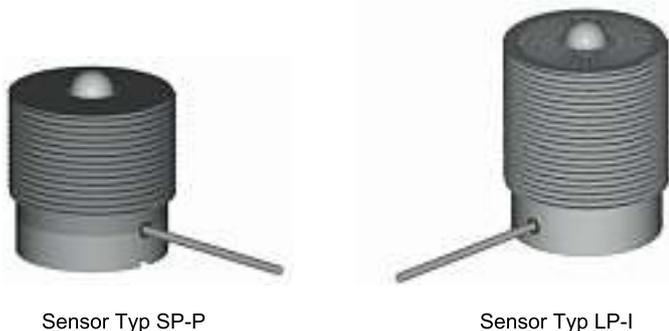


Bild 10: Neuartige Sensoren

Vor seiner Nutzung wird der Sensor in die Modellplatte bzw. in das Modell (vorzugsweise an der kritischen Stelle der Verdichtung) so einmontiert, dass nur der kugelförmige Messfühler herausragt. Bei der Verdichtung des Formstoffes wird der Sensorfühler durch die von der Sandbewegung hervorgerufene Kraft in das Gehäuse geschoben. Durch eine im Sensor eingebaute Feder wird die der Fühlerbewegung entsprechende Kraft auf eine Kraftmessdose übertragen. Das Signal dieser Kraftmessdose wird mit Hilfe eines rechnerunterstützten Datenerfassungssystems aufgezeichnet. Das Sensorsignal entspricht dem Fühlerweg bei der Dichteänderung während des Verdichtens. **Bild 11** zeigt die Abhängigkeit des Fühlerweges während der Verdichtung von der Dichte eines in der Gießereipraxis üblichen Prüfkörpers aus einem Betriebs sand bei einer Verdichtbarkeit von 38,5 %. Der Pressdruck wurde von 0,25 bis 2,0 MPa mit einer Schrittweite von 0,25 MPa variiert. Der Formstoff wurde mit konstantem Volumen dosiert **[6]**.

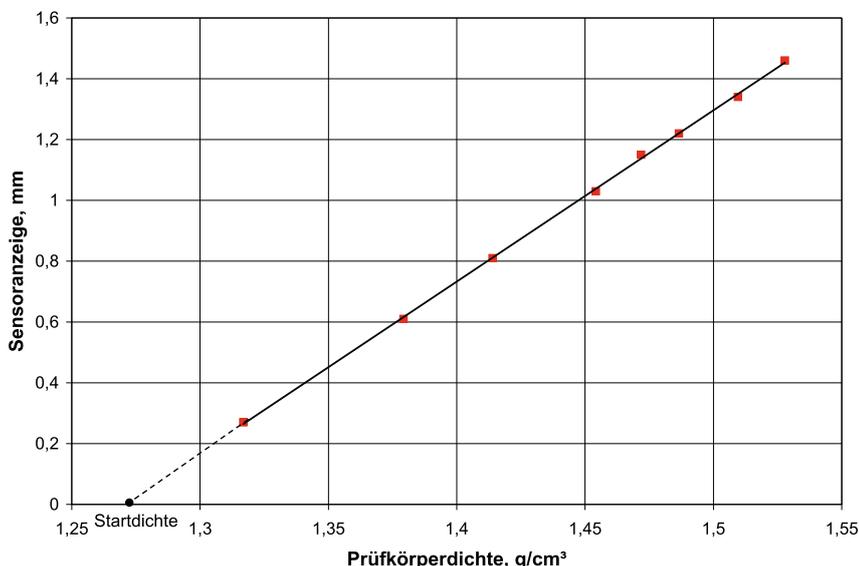


Bild 11: Abhängigkeit Sensoranzeige/Formstoffdichte

Man sieht, dass die Sensoranzeige von der Dichte des Prüfkörpers linear abhängt. Der Startpunkt der Sensoranzeige für einen gleichbleibenden Formstoff (sogenannte Startdichte) wird von der Federvorspannung bestimmt. Die Startdichte ist folglich die Dichte des Prüfkörpers, bei der die Spannung im Formstoff so groß wird, dass auf den kugelförmigen Sensorfühler eine aus dem Zusammenwirken horizontaler und seitlicher Spannungen resultierende Kraft wirkt, die der Vorspannkraft gleich ist (**Bild 11**). Wenn man die unterschiedlichen Formeigenschaften mit Hilfe der Sensoranzeige bestimmen will, dann müssen die Abhängigkeiten zwischen diesen Eigenschaften und dem Sensorsignal bekannt sein, d. h. der Sensor muss entsprechend kalibriert werden. Zur Kalibrierung des Sensors werden Prüfkörper aus dem jeweiligen Formstoff hergestellt. Dabei werden die Sensoranzeige und die erforderlichen Eigenschaften gemessen. Das Schema der Kalibrierung ist in **Bild 12** dargestellt. Die erfassten Daten werden mit Hilfe einer PC-Anwendung bearbeitet. Die Bearbeitungsergebnisse werden dem Formstoff zugeordnet und in einer Formstoffdatenbank abgespeichert. Zur kontinuierlichen Formqualitätskontrolle werden die Kalibrierdaten vor Messbeginn aus der Datenbank aufgerufen. Die aktuelle Verdichtbarkeit des Formstoffes muss in das Datenerfassungs- und -bearbeitungsprogramm eingegeben werden. Die Messung der Formeigenschaften erfolgt dann kontinuierlich für jede Form. Die Übertragbarkeit der an Prüfkörpern ermittelten Kalibrierergebnisse auf die Verhältnisse in einer realen Form wurde bei der Formherstellung mit unterschiedlichen Verdichtungsverfahren mehrfach getestet. Es wurde eindeutig nachgewiesen, dass die Kalibrierergebnisse auf die Praxisbedingungen übertragbar sind **[6]**.

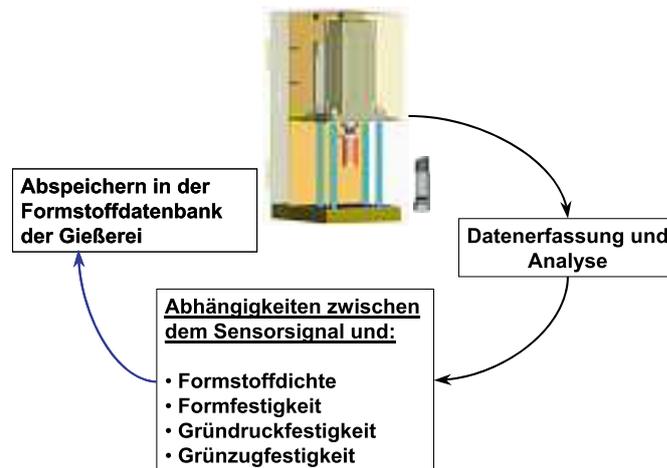


Bild 12: Kalibrierungsschema

Im **Bild 13** ist der Aufbau des zur Aufnahme der Daten erforderlichen Messsystems schematisch dargestellt. Die Datenübertragung von den Sensoren kann sowohl kabelgebunden als auch kabellos mit Hilfe eines Telemetriesystems vorgenommen werden. Die Erfahrung zeigt, dass die kabelgebundene Datenübertragung auf den meisten kastenlosen vertikalen Formmaschinen realisiert werden kann. Zum Vermeiden von Kabelabbrissen beim Modellplattenwechsel ist empfehlenswert, die Federkontakte in die Modellplatte einzuarbeiten. Das Gegenstück (die Kontaktplatte) wird in die Heizplatte bzw. in den Modellplatten-träger so einmontiert, dass sie nach dem Modellplattenwechsel genau an den Federkontakten anliegt. Eine solche Vorgehensweise ist besonders bei den kastenlosen vertikalen Formmaschinen mit in der Regel sehr kurzen Modellplattenwechselzeiten sinnvoll. Die Signale der Sensoren werden über ein Panel mit entsprechenden Messkarten bzw. Modulen zu einem Rechner übertra-

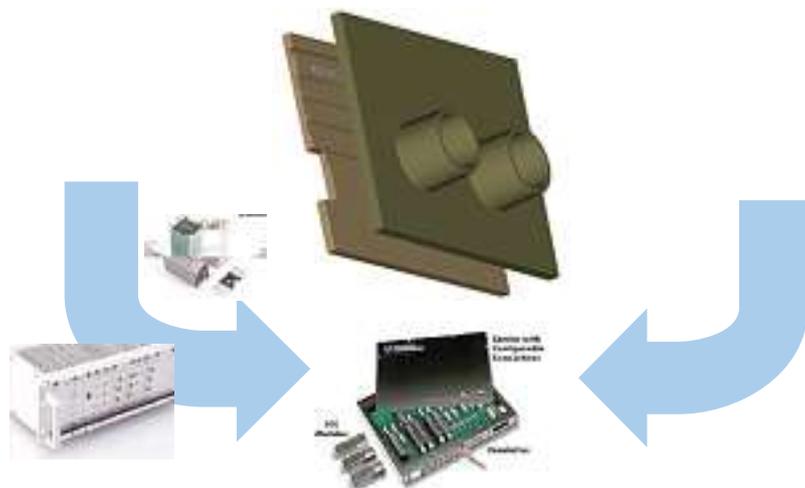


Bild 13: Anwendungsschema

gen und mit Hilfe eines Programms auf der Festplatte abgespeichert, bearbeitet und visualisiert. Das Programm ist so gestaltet, dass fehlerhafte Messungen von der Bearbeitung aussortiert werden, um die Abgabe von falschen Empfehlungen zu vermeiden. Für die Einzelmessungen können selbstverständlich alle handelsüblichen Geräte zur Erfassung der mV/ V- bzw. V-Signale verwendet werden.

4. Praktische Anwendung der neuartigen Messtechnik

Die entwickelten Sensoren können in den Gießereien zu folgenden Zwecken eingesetzt werden:

- Energie- und zeitsparende Einstellung bzw. Optimierung der Formmaschinen zur Gewährleistung einer ausreichenden/gleichbleibenden Formqualität
- Kontinuierliche Erfassung der Formqualitätsmerkmale sowie der Modellplatten/Formkasten-Trennung zum Nachweis der Formqualitätskonstanz gegenüber dem Kunden bzw. zur Zertifizierung
- Kontinuierliche Prozessverbesserung und Qualitätssicherung.

Nachfolgend werden diese Einsatzmöglichkeiten näher erläutert. Die Benutzung der Sensoren zu Einstellungs- und Optimierungszwecken ist besonders bei den Formmaschinen mit zwei- bzw. mehrstufigen Verdichtungsverfahren sinnvoll. Auch bei den Formmaschinen, die über mehrere Verdichtungsverfahren verfügen, erweist sich der Sensoreinsatz zur Auswahl des bestmöglichen Verdichtungsverfahrens hinsichtlich der Verdichtungswirkung und der Formherstellungskosten zur Produktion eines bestimmten Sortiments als sehr nützlich.

Zur Einstellung bzw. Optimierung der Formmaschine muss mit Hilfe der Sensoren die tatsächliche Verdichtungscharakteristik der Formmaschine aufgenommen werden. Bei manchen Anwendungen ist es sinnvoll, die erfasste Verdichtungscharakteristik mit den sie bestimmenden Maschinenparametern wie z.B. Druckgradient, Dauer der Luftstrom- bzw. Vorimpulsphase der Verdichtung, Pressdruck und -zeit usw. gegenüberzustellen. Dann wird schnell klar, wie effektiv unterschiedliche Verdichtungsphasen zur Formstoffverdichtung beim untersuchten Sortiment und beim gegebenen Formstoff wirken. Gleichzeitig bekommt man ein eindeutiges Bild zur zeitlichen Einstellung der Verdichtungsphasen sowohl einzeln als auch zueinander.

Im **Bild 14** sind die Ergebnisse der Verdichtungsuntersuchung und -optimierung an einer Formmaschine mit Luftstrompressverfahren dargestellt. Die Formverdichtung durch den Luftstrom erfolgte bei einem Kesseldruck von 6 bar, während das Ventil 0,6 s offen blieb. Anschließend wurde die Form durch Pressen

bei einem Pressdruck von 1 MPa endverdichtet. In dieser Messung wird beobachtet, dass die Luftstromwirkung bezüglich der Dichtesteigerung im Messpunkt sehr gering ist. Eine erhebliche Dichtezunahme an der Modellplatte wird dagegen beim nachfolgenden Pressen erzielt. Dies deutet darauf hin, dass die Einstellung der Formmaschine nicht auf das Erreichen einer möglichst hohen Verdichtung während der Luftstromphase ausgerichtet war. Die kurze Dauer der Verdichtung in der Luftstromphase bedeutet, dass der Formstoff gleich am Anfang des Verdichtungsvorganges so verdichtet wurde, dass das Gleichgewicht zwischen der auf die Sandkörner wirkenden Kraft und der Widerstandskraft des Formstoffes schon vor dem vollständigen Anstieg des Druckes im Expansionsraum erreicht wurde. Das Fließen der Luft nach dem Schließen des Ventils hat keine spürbare Auswirkung auf die Formstoffverdichtung gezeigt.

In dem im **Bild 14** dargestellten Versuch ist außerdem auffallend, dass das Verdichten durch das Pressen erst 10 Sekunden nach der Luftstromverdichtungsphase startet (Verdichtungscharakteristik vor der Optimierung). Der Grund dafür

liegt darin, dass durch diese zeitliche Verzögerung die vollständige Entlüftung des Formkastens vor dem Pressen angestrebt wurde. Dadurch sollte das Auftreten der Luftkissenbildung vermieden werden. Andererseits ist die Verdichtung der Form in der Luftstromphase relativ gering, so dass der Formstoff in unteren Formschichten eine noch gute Durchlässigkeit aufweist. Bei ausreichender Düsenbelegung kann daher der Pressbeginn auch vor der vollständigen Entlüftung des Formkastens erfolgen, ohne die Formherstellung durch den hohen Gegendruck des Luftpolsters an der Modellplatte zu behindern. Deshalb wurde der Zeitabstand zwischen den beiden Verdichtungsstufen verkürzt. Die erzielten Änderungen zeigt die Verdichtungscharakteristik der Maschine nach der Optimierung. Man beobachtet, dass das Verdichten durch das Pressen in ca. 5 statt 10 Sekunden nach dem Schließen des Ventils durchgeführt wurde. Der Luftdruck im Formkasten betrug dabei ca. 1 bar. Weil der Druck im Formkasten relativ gering war und andererseits das Pressen mit dem Vielstempelpresskopf bei einer ausreichenden Kastenentlüftung erfolgte, wurden keine Störungen der Formverdichtung beobachtet. Darüber hinaus wurde eine Taktzeitreduzierung von ca. 10 s bei der Herstellung einer Form erreicht und dadurch die Produktivität erheblich erhöht [7]. Betrachtet man die Verdichtungskurve nach dem Abschluss der Pressphase der Verdichtung, so stellt man fest, dass vom Verdichtungsende bis zum Auslenken der Modellplatte mindestens 7 Sekunden vergehen. Hier liegt also ein weiteres Potenzial zur Kürzung des Maschinentaktes, das durch entsprechende

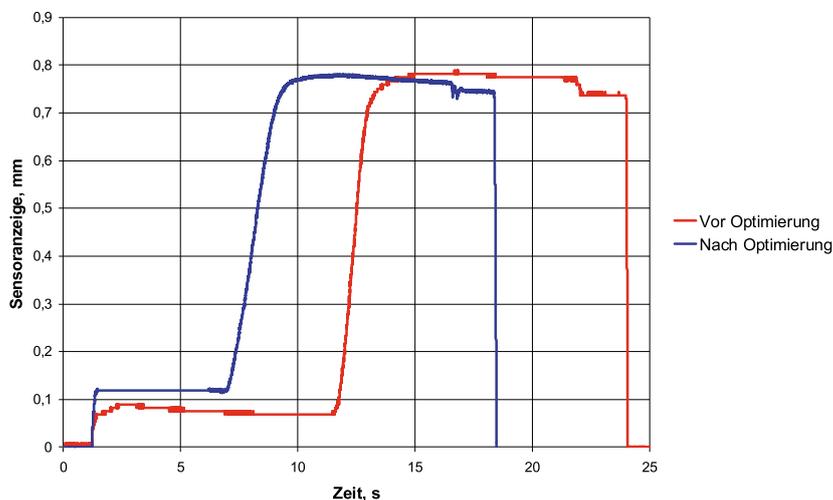


Bild 14: Optimierung der zeitlichen Einstellung der Luftstrom- und Pressphase der Verdichtung zueinander (Zeitgewinn ca. 5 Sekunden pro Formhälfte)

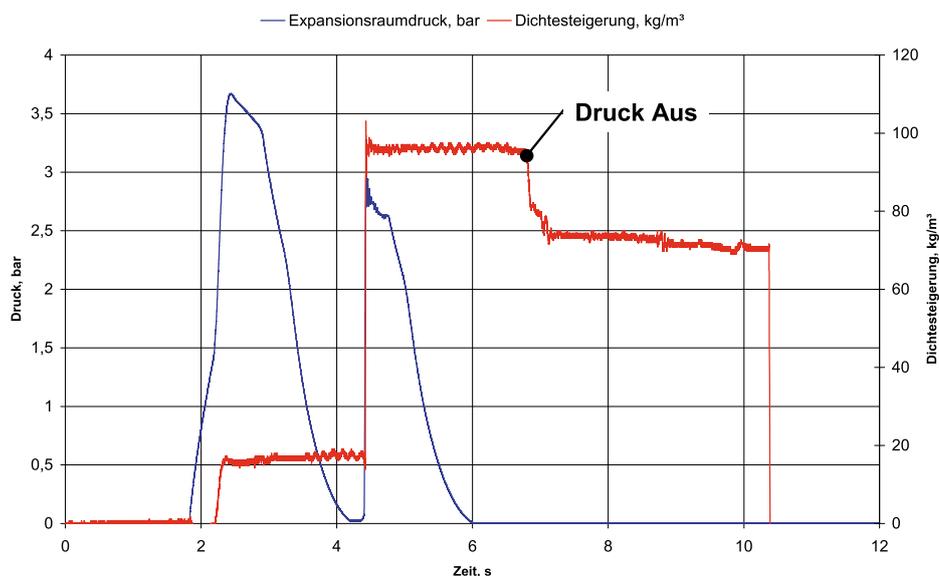


Bild 15: Untersuchung der Formstoffverdichtung durch einen Luftimpuls mit einem Vorimpuls

Änderungen in der Steuerung bei Bedarf ausgenutzt werden kann. Die Verdichtungsparameter und die Formqualität bleiben dabei auf demselben Niveau.

Bild 15 zeigt eine Gegenüberstellung des Expansionsraumdruckverlaufs im Vergleich zur Dichtesteigerung während des Verdichtungs Vorganges bei Anwendung eines Vorimpulses vor dem Hauptimpuls. Auffallend bei der Druckkurve für den Expansionsraum ist, dass der Luftdruck in der Vorimpulsphase der Verdichtung höher als während des Hauptimpulses war. Trotzdem ist die Dichtesteigerung in der Vorimpulsphase der Verdichtung wesentlich kleiner als beim Hauptimpuls gewesen. Dies ist auf den erheblichen Unterschied der Druckgradienten der beiden Verdichtungsstufen zurückzuführen. Man beobachtet, dass die Druckkurve für den Expansionsraum während des Vorimpulses in zwei Abschnitte unterteilt werden kann. Im ersten Abschnitt (am Anfang des Druckanstieges) ist der Druckgradient wesentlich kleiner als im zweiten. Die Gegenüberstellung mit der Verdichtungskurve zeigt, dass in der ersten Druckanstiegsphase überhaupt keine Verdichtungswirkung auf der Modellplattenebene zu verzeichnen war. Erst mit der Steigerung des Druckgradienten konnte eine mit der Luftstromphase im Luftstrompressverfahren vergleichbare Verdichtungswirkung erzielt werden. In der Hauptphase der Verdichtung wurde eine etwa viermal höhere Dichtesteigerung erzielt. Der spätere Abfall der Verdichtungskurve ist nicht auf die Verminderung der Formstoffdichte im Messpunkt, sondern auf die Bewegung der Modellplatte mit dem gesamten Maschinentisch bei der Entlastung des Druckes im hydraulischen Zylinder der Formmaschine, der den Formkasten an den Verdichtungskopf andrückt, vor dem eigentlichen Modelltrennen zurückzuführen. Diese Bewegung ist nicht nur für Formmaschinen mit Impulsverdichtung, sondern übrigens für praktisch alle kastengebundenen horizontalen Formmaschinen mit dem Andrücken des Formraums an das Verdichtungsaggregat üblich. Sie ist praktisch immer in der Höhe unterschiedlich und verläuft unkontrolliert [8].

Bild 16 zeigt die Ergebnisse einer Langzeitüberwachung der Formstoffdichte bei der Produktion eines Sortimentes an einer DISAMATIC-Formmaschine. Man beobachtet, dass trotz einer relativ konstanten Verdichtung für die Mehrzahl der hergestellten Formen doch

einige Ausreißer beobachtet werden konnten. Da die Kunden immer öfter einen Nachweis über die Konstanz aller Parameter bei der Gusserzeugung von den Gießereien verlangen, kann mit Hilfe derartiger Messungen ein eindeutiger Nachweis über die Konstanz der Formverdichtung erbracht werden. Außerdem ist eine Bestimmung der Maschinen- bzw. Prozessfähigkeitsindizes nach DGQ- bzw. VDA-Anforderungen auf der Basis der aufgenommenen Daten möglich [9]. Bei der Bestimmung der Maschinenfähigkeit (auch Kurzzeitfähigkeit genannt) wird versucht, soweit wie möglich, ausschließlich das Verhalten der Maschine zu beurteilen. Dazu müssen die Fähigkeitsindizes C_m und C_{mk} berechnet werden. Zur Bestimmung der Prozessfähigkeit (Langzeitfähigkeit) sind wesentlich mehr Daten erforderlich. Auf ihrer Basis werden die Fähigkeitsindizes C_p und C_{pk} berechnet. Dabei müssen die Toleranz- und Eingriffsgrenzen

für die zu kontrollierenden Formeigenschaften in Abhängigkeit vom tatsächlichen Formausschuss unter Berücksichtigung der aus den Schwankungen der Formstoffbeschaffenheit resultierenden Trends festgelegt werden.

Mit der neuartigen Messtechnik ist auch die Bestimmung der Entstehungsursachen der im **Bild 16** dargestellten Ausreißer möglich. So ist z. B. im **Bild 17** ein typischer Ausreißer bei zu langer Presszeit bzw. bei zu hohem Pressdruck dargestellt. Die Ursache dafür lässt sich daraus ableiten, dass die Kurve bei der Messung 111 im selben Punkt wie bei den Messungen 110 und 112 beginnt. Das Pressen (d. h. die Zeit bis zum Erreichen des Kurvenmaximums) dauert aber länger, was durch das verspätete Modelltrennen bestätigt wird. Falls die Fülldichte (Dichte nach dem Einschießen) des Formstoffes größer wird, beginnt die Kurve (Messung 301 im **Bild 18**) früher als üblich. Es fehlt auch der Übergang vom Nullwert in die steile Phase. Die Kurve verläuft also etwas steiler als die Kurven bei den Messungen 300 und 301. Auch andere Ausreißerursachen sind selbstverständlich in Abhängigkeit von der Formmaschine/Verdichtungsverfahren und der Dosierung bzw. Füllung des Formstoffes möglich [6, 10].

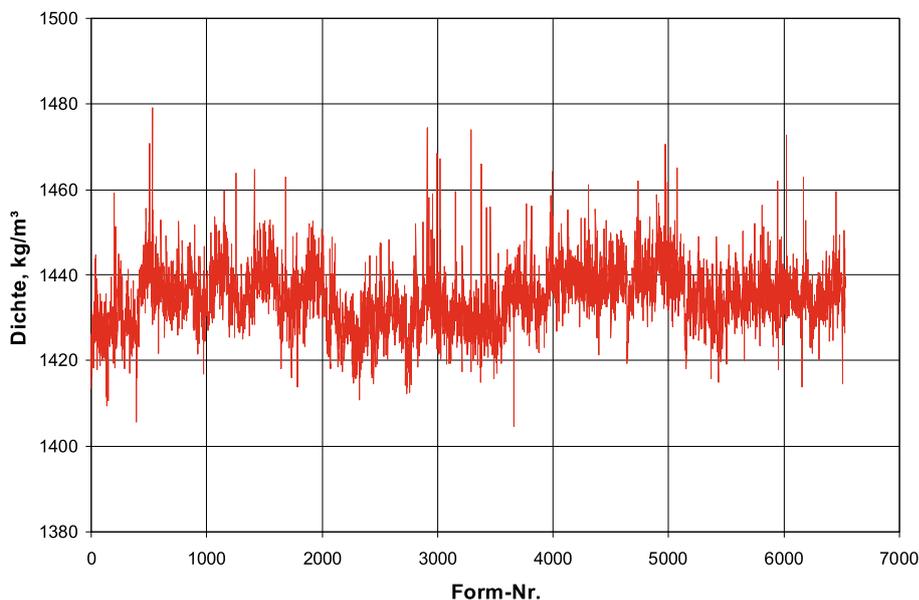


Bild 16: Kontinuierliche Erfassung der Formstoffdichte an einem Messpunkt an einer DISAMATIC Formmaschine

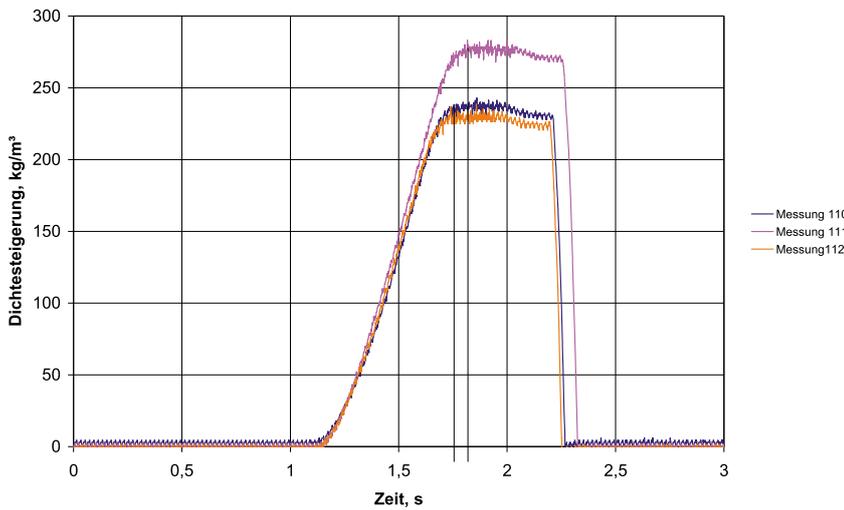


Bild 17: Ausreißer (Messung 111) wegen des zu hohen Pressdruckes (Presszeit ist zu lang)

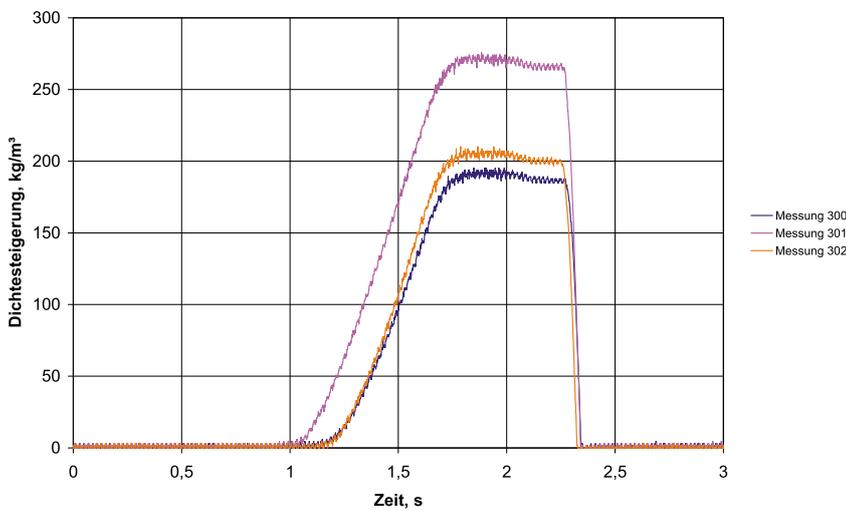


Bild 18: Ausreißer (Messung 301) wegen zu hoher Fülldichte im Messpunkt

Bisher wurde immer nur der Formbildungsprozess betrachtet. Für die reibungslose Prozessführung ist aber der Konturerhaltungsprozess (Trennen der verdichteten Form vom Modell) zumindest ebenso wichtig. Die Ballenabrisse beim Ausformen stellen dabei eine der häufigsten Formausschusserscheinungen dar. Die Feststellung der Abrissursachen ist wegen der großen Anzahl der wirkenden Faktoren manchmal sehr kompliziert. Die größte Schwierigkeit besteht darin, dass die Ballenabrisse sehr oft nicht durch die Abweichung bzw. Schwankungen eines Faktors, sondern erst durch das Zusammenwirken von vielen Faktoren unterschiedlicher Natur auftreten. Aus diesem Grund ist die Regelung äußerst kompliziert. Trotzdem

ist es sinnvoll festzustellen, ob die Form durch die Abrisse grundsätzlich gefährdet ist, um eine Abrissgefährdung minimieren zu können. Für derartige Analysen müssen die Formverdichtung und der Trennvorgang an mindestens zwei Messpunkten an einem Modell bzw. an einer Modellplatte sowie die Formstoffeigenschaften während der Produktion gemeinsam betrachtet werden, wie das im nächsten Beispiel gezeigt wird. In der nachfolgenden Ausführung konzentriert man sich aber im wesentlichen auf die maschinelle Seite (Verdichten und Trennen).

Bei den Untersuchungen wurden die während der Verdichtung durch den Luftimpuls wirkenden Kräfte, die von der Sandbewegung ausgehen, in zwei symmetrisch angeordneten Messpunkten auf der Modellplatte mit ebenfalls symmetrisch angeordneten Modellen mit Hilfe der entwickelten Sensoren bei einer Vielzahl von Formen erfasst. Der gesamte Aufbau des Messsystems ist im **Bild 19** dargestellt. Dabei wurde der Sensor mit der Bezeichnung „Sensor 1“ an der Formseite montiert, wo die meisten Abrisse der Formkonturen auftraten.

Die zwischen dem Modell und der verdichteten Form vor und beim Ausformen des Modells entstehenden Bewegungen sind im **Bild 20** dargestellt. Zur Anschaulichkeit werden diese Bewegungen im **Bild 21** noch einmal verdeutlicht. Sobald der Druck im hydraulischen Zylinder zum Andrücken des Formkastens an den Verdichtungskopf der Formmaschine abgebaut ist, entsteht ein Spalt zwischen der Modellplatte und dem Formteil infolge der Materialentspannung (Bewegung 1). Danach wird die Modellplatte um einen kleinen, praktisch nicht spürbaren Betrag zurückbewegt (Bewegung 2). Bedingt durch den entstandenen Spalt sowie durch die unterschiedliche Verdichtung erfolgt ein Verkanten der Modellplatte zu Beginn ihres Ausnehmens. Der Kippabstand zwischen den beiden Messpunkten kann durch einfache Berechnungen bestimmt werden und betrug beim untersuchten Sortiment durchschnittlich 0,7 mm, stieg aber in manchen Fällen bis auf 1,5 mm an. Die Analyse der Messdaten hat gezeigt, dass die Ballenabrisse nicht durch das Verkappen des Modells bzw. durch unterschiedliche Formverdichtung allein, sondern erst durch das Zusammenwirken von Modellkippen, Formverdichtung und Trenngeschwindigkeit auftraten. Dies bedeutet, dass die Einstellung bzw. Regelung der einzelnen Faktoren in Abhängigkeit von den anderen Wirkungsgrößen erfolgen muss, was die Aufgabe wesentlich erschwert. Andererseits können die Formen wegen unsymmetrischer Verdichtung sowie

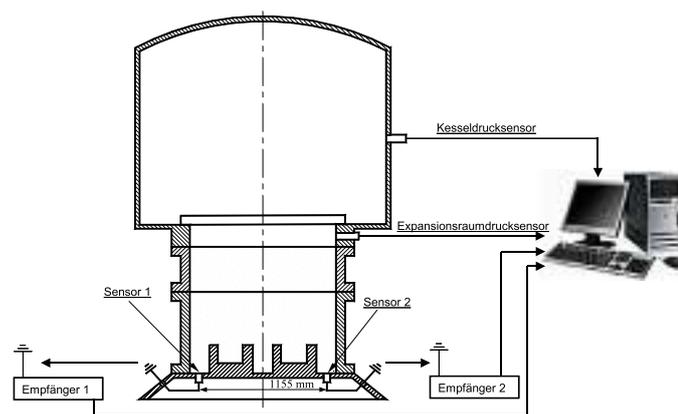


Bild 19: Versuchsanordnung

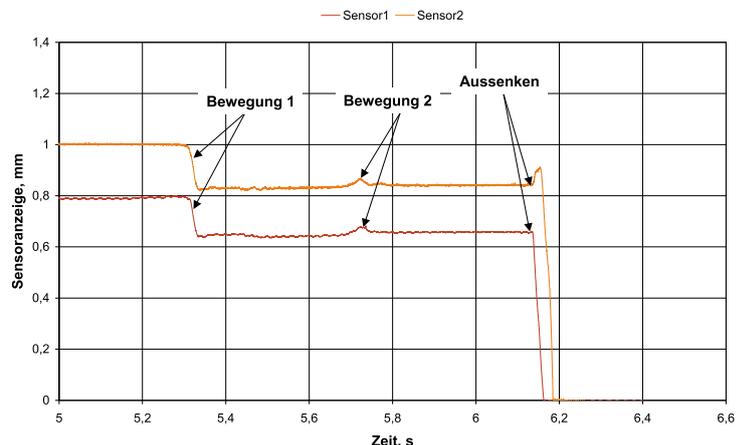


Bild 20: Bewegungen der Modellplatte vor und nach dem Trennen

durch das Kippen der Modellplatte und durch die bei den Messungen festgestellten Schwankungen der Trenngeschwindigkeit als grundsätzlich abrissgefährdet bezeichnet werden. Deshalb können zur Beseitigung bzw. Verminderung der Ballenabrisse eine Vergleichmäßigung der Verdichtung, Verbesserung der Führung beim Auslenken sowie eine Reduzierung der Trenngeschwindigkeit empfohlen werden, um die grundsätzliche Gefährdung zu minimieren [9].

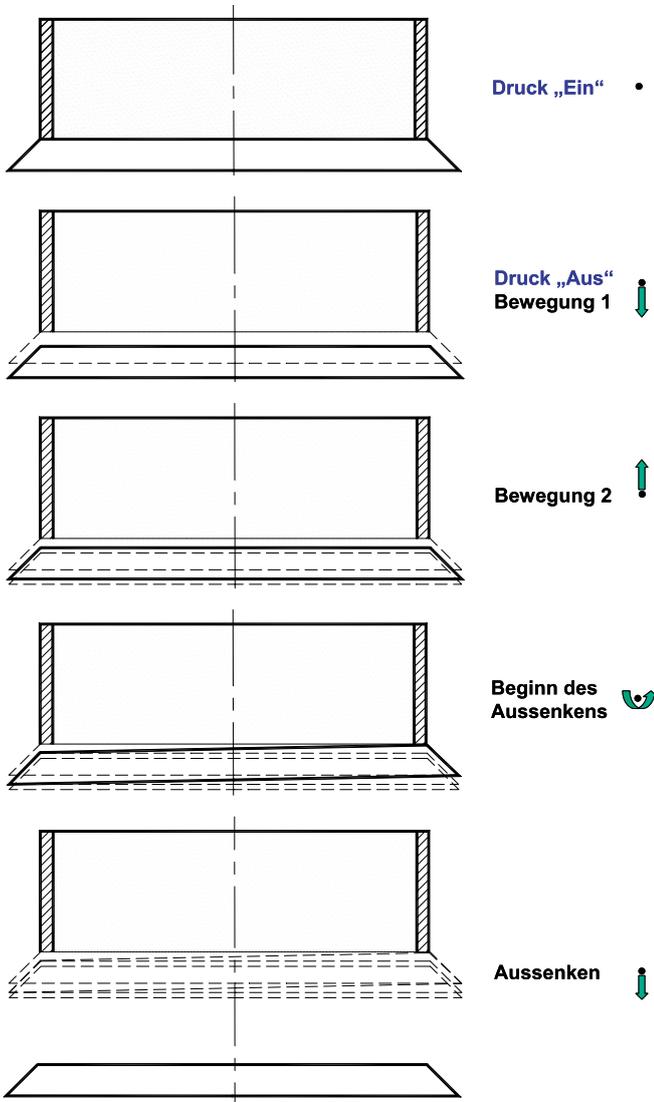


Bild 21: Erläuterungen zu den Bewegungen der Modellplatte

Zur kontinuierlichen Qualitätssicherung und Prozessverbesserung müssen die Toleranzgrenzen für die Sensoranzeige bzw. für die mit ihrer Hilfe bestimmten Formqualitätsmerkmale im Messpunkt festgelegt werden. Die Schwierigkeit besteht darin, dass beim heutigen Wissensstand die Bestimmung der SOLL-Werte verschiedenartiger Formeigenschaften für ein bestimmtes Sortiment nicht auf einer wissenschaftlichen Basis durchgeführt werden kann. Deshalb wurde eine experimentelle Methode vorgeschlagen. Zunächst werden die Verdichtungs Vorgänge bei der Produktion eines Sortimentes während eines bestimmten Zeitraums kontinuierlich erfasst. Die dem Endzustand der Form entsprechenden Dichte- bzw. Festigkeitswerte werden fortlaufend abgespeichert. Bei der nachfolgenden Datenanalyse wird aus den erfassten Werten ein Mittelwert ermittelt und als Sollwert für die entsprechende Eigenschaft übernommen. Der Sollwert resultiert also nicht aus den Gebrauchstauglichkeitsbedingungen für die verschiedenen Fehlerarten, sondern wird ausgehend von der aktuellen Prozesseinstellung experimentell festgelegt. Auf der Basis dieses Wertes werden dann die Toleranzgrenzen mit Hilfe des entwickelten Programms symmetrisch so festgelegt, dass der

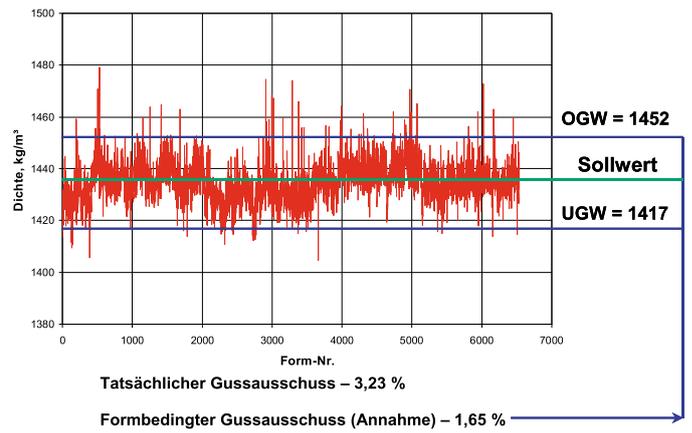


Bild 22: Einstellung der Grenzwerte

Prozentsatz der außerhalb der gewählten Grenzen liegenden Messwerte dem Prozentsatz des formbedingten Gussausschusses exakt entspricht (Bild 22). Diese Werte werden in der Datenbank der Gießerei dem zu untersuchenden Modell zugeordnet abgespeichert und für die weiteren Kontrollen aufgerufen.

Die vorgeschlagene Methode lässt zwar die Beobachtung der Abweichungen zu, ist aber nicht genau, da es bei der Festlegung der Toleranzgrenzen zumindest unklar war, ob der Gussausschuss durch eine unerwartete Dichtesteigerung oder eine Dichteverringering bzw. gleichermaßen durch beide Ursachen entstanden war. Darüber hinaus ist die Effektivität der Methode auch unterschiedlich, was ihre Anwendung erschwert. Außerdem ist eine kontinuierliche Prozessverbesserung durch eine Prozessverschiebung zur Toleranzmitte mit dieser Methode nicht immer möglich, weil in vielen Anwendungsfällen die Prozessmitte nur auf der Basis der Beobachtungen und nicht in Abhängigkeit von den zu erwartenden Formbeanspruchungen festgelegt werden kann.

Werden aber die Toleranzgrenzen richtig festgelegt, so kann eine kontinuierliche Qualitätssicherung (Bild 23) realisiert werden. Dafür werden die verschiedenartigen Formqualitätsmerkmale sowie die Verdichtungs- und Trenncharakteristika mit Hilfe der Sensoren in der laufenden Produktion gemessen. Die gemessenen Formeigenschaften werden dabei mit den Toleranzgrenzen verglichen. Liegen diese außerhalb der Toleranzgrenzen, so wird empfohlen, die Form nicht abzugießen. Die Änderung der Anlageeinstellung, um eine Rückkehr der zu kontrollierenden Formparameter in die Toleranzgrenzen zu erreichen, kann sowohl manuell als auch automatisch durchgeführt werden. Die Notwendigkeit derartiger Eingriffe muss aber dabei eindeutig nachgewiesen sein.

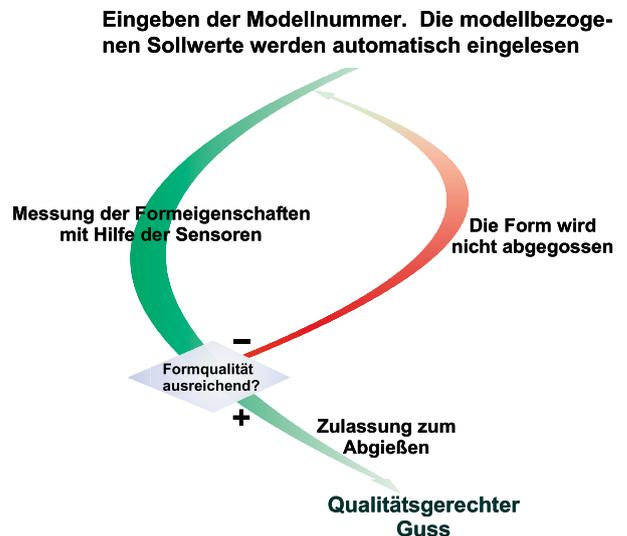


Bild 23: Konzept der kontinuierlichen Qualitätssicherung

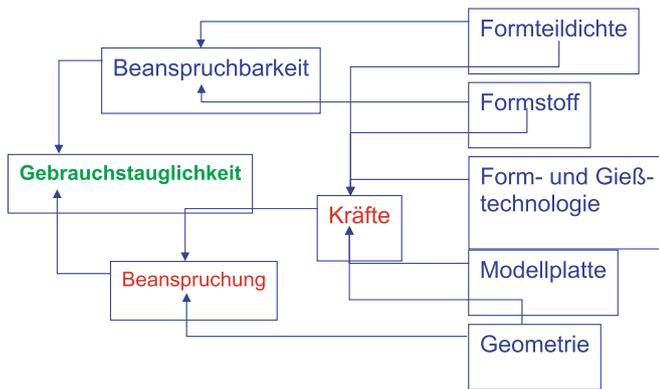


Bild 24: Gelöste Problemstellungen und weiterer Forschungsbedarf

Wenn man unter Berücksichtigung der durchgeführten Untersuchungen auf die eingangs formulierten Problemstellungen zurückkommt, dann lässt sich ableiten, dass der erste Schritt als gelöst angesehen werden kann, d. h. die Beanspruchbarkeiten können mit der entwickelten Software zur Vorhersage der Formdichte eines bestimmten Formteils und deren Bestätigung durch die Messung mit Hilfe der entwickelten Sensoren eindeutig bestimmt werden.

Es besteht nunmehr die Aufgabe darin, wissenschaftliche Grundlagen zu schaffen, um unter Berücksichtigung der Eingangsgrößen für die jeweiligen Nutzungsetappen die Beanspruchungen zu bestimmen. Eine vorläufige Analyse hat ergeben, dass die Beanspruchungen ebenfalls von der Formdichte bestimmt werden. Daraus ergibt sich ein bedeutender Forschungsbedarf für die Zukunft (Bild 24).

5. Danksagung

Unser Dank gilt der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ sowie dem Verein Deutscher Gießereifachleute für die maßgebliche finanzielle Unterstützung der dargestellten Forschungsprojekte. Außerdem danken wir allen Mitgliedern der projektbegleitenden Ausschüsse für die wertvollen Gedanken und Anregungen während der Durchführung der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Unser besonderer Dank gilt al-

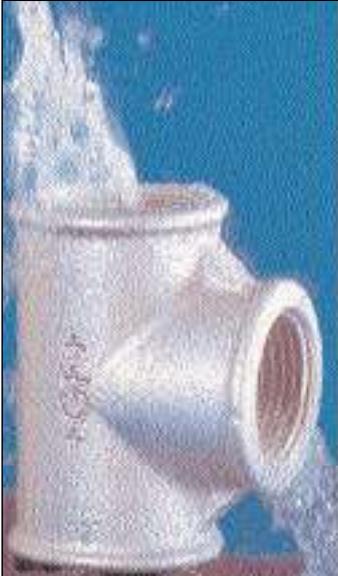
len bei der Entwicklung beteiligten Gießereibetrieben, die uns sowohl bei der Durchführung der praktischen Versuche als auch durch die wertvollen Hinweise zur praktischen Einsetzbarkeit der erzielten Forschungsergebnisse entscheidend unterstützt haben. Die Untersuchungen der industriellen Computertomographie wurden erst durch die freundliche Unterstützung durch die Firma Rautenbach GUSS GmbH möglich, wofür wir uns ganz herzlich bedanken.

6. Literaturverzeichnis

- [1] K. J. Bathe: Finite-Elemente-Methoden, Springer-Verlag Berlin, 1990
- [2] P. Wriggers: Nichtlineare Finite-Elementen-Methoden, Springer-Verlag Berlin, 2001
- [3] Ansys-Katalog Version 5.7, Chapter 4 Structures with Material Nonlinearities
- [4] F. Zhou: Räumliche Konsolidationsberechnung nach der Methode der Finiten Elemente unter Berücksichtigung des elasto-plastischen Verhaltens von bindigen Böden, Haft 31, RWTH Aachen 1997, ISSN 0341-7956
- [5] W. Kalender: Computertomographie, Publicis MCD Verlag, München, ISBN 3-89578-082-0, 2000
- [6] A. Malaschkin, J. Bast: Neue Meßmethode zur kontinuierlichen Prozessverbesserung bei der Form- und Guss Herstellung mit tongebundenen Formstoffen, Gießerei-Praxis (2003) 11, S. 453-461
- [7] W. Tilch, J. Bast, A. Malaschkin, S. Hasse, U. Henkel: Veröffentlichungsreihe „Moderne Formmaschinen und Formverfahren“, Teil 3: Luftstrompressen, Gießerei-Praxis (2004) 5, S. 179-190
- [8] W. Tilch, J. Bast, A. Malaschkin, S. Hasse, U. Henkel: Veröffentlichungsreihe „Moderne Formmaschinen und Formverfahren“, Teil 4: Impulsverdichtung, Gießerei-Praxis (2004) 6, S. 221-228
- [9] W. Tilch, J. Bast, A. Malaschkin, S. Hasse, U. Henkel: Veröffentlichungsreihe „Moderne Formmaschinen und Formverfahren“, Teil 6: Formanlageneinstellung, Gießerei-Praxis (2004) 10, S. 371-382
- [10] W. Tilch, J. Bast, A. Malaschkin, S. Hasse, U. Henkel: Veröffentlichungsreihe „Moderne Formmaschinen und Formverfahren“, Teil 2: Schießpressen, Gießerei-Praxis (2004) 4, S. 139-150

Kontaktadresse:

Institut für Maschinenbau an der TU Bergakademie Freiberg,
D-09596 Freiberg / Sa., Bernhard-von-Cotta-Straße 4,
Tel.: +49 (0)3731 39 2454, Fax.: 3128,
E-Mail: Andrej.Malaschkin@imb.tu-freiberg.de



GEORG FISCHER FITTINGS GmbH

Temperguss-Fittings mit dem doppelten Plus

Mailozollerstrasse 75, A-3160 Traison
Tel: 02762 / 90300 - 0, Fax: 02762 / 90300 - 366
E-Mail: marketing@fittings.at, http://www.fittings.at/

+GF+ GEORG FISCHER
PIPING SYSTEMS



Schichtenentwicklung bei Furtenbach

Coating Development at Furtenbach Company



Dipl.-Ing. Dr. techn. Angelos Ch. Psimenos. Geboren 1949 in Griechenland. Studium der Technischen Chemie an der TU Graz. 1977–1983 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Dissertation am Institut für Verfahrenstechnik der TU Graz. 1984–1985 freiberuflich als Zivilingenieur in Griechenland tätig. 1985–1986 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Forschungsgesellschaft Joanneum Research in Graz. 1986–2002 Leiter des Bereiches für Qualitätskontrolle, Forschung & Entwicklung Anwendungstechnik und Umwelt der Fa. Funder Industrie GmbH in St. Veit/Glan (Constania Konzern), zuständig für die Entwicklung von neuen Harzen, Additiven und Dispersionen. Ab 2003 Leiter der Abteilung Qualitätskontrolle, Forschung & Entwicklung und Anwendungstechnik der Fa. Furtenbach GmbH in Wiener Neustadt.

Stefan Wendl, Jahrg. 1971. Ausbildung zum Chemielaboranten bei der Firma Furtenbach. Abschluss der Handelsakademie mit der Diplom- und Reifeprüfung im zweiten Bildungsweg an der HAK Baden. 1989–1994 Qualitätskontrolle von Rohstoffen und Fertigprodukten der Gießereichemie und anschließend bis 2000 Mitarbeiter in der Abteilung Forschung & Entwicklung, Bereich Schichten, bei der Fa. Furtenbach GmbH.



2001–2003 Betriebsleiter des Standortes Wiener Neustadt bei der Fa. MGT Isolierglaswerk GMBH.

Ab 2004 Mitarbeiter der Abteilung Forschung & Entwicklung, Bereich Schichten, bei der Fa. Furtenbach GmbH.



Mag. Günter Eder: Absolvent der Wirtschaftsuniversität Wien mit dem Spezialgebiet Unternehmensführung. Der berufliche Werdegang führte über Battenfeld Kunststoff-Spritzgussmaschinen und die Schmid-Industrie-Holding. Seit 1995 Geschäftsführer der FURTENBACH GmbH.

I. Allgemeines über Schichten

Als Schichten werden Suspensionen bzw. Dispersionen von feuerfesten Stoffen bezeichnet, die in Form eines dünnen Überzuges auf Formen, Kerne oder Gießwerkzeuge aufgetragen werden und verschiedene Aufgaben und Funktionen, wie Wärmeisolation, Glättung, Trennung etc. erfüllen und gewährleisten müssen [1, 2].

Das Ziel der Verwendung von Schichten bleibt weiterhin die Vermeidung von bestimmten Gussfehlern. Die Anforderungen, die heute an ein modernes Schichtensystem gestellt werden, haben sich im Laufe der Zeit grundsätzlich verändert. Die technologische Entwicklung in der Gießereindustrie hat beigetragen, dass die so genannten „Schwärzen“ in der Vergangenheit mit den heute verwendeten modernen und leistungsfähigen Schichtensystemen nicht mehr verglichen werden können.

Um die Produkte laufend zu verbessern und den gestellten Anforderungen des Marktes gerecht zu werden, wurde in den letzten Jahren der Bereich der Schichtenentwicklung im Hause Furtenbach umstrukturiert und verstärkt.

I.1 Einteilung der Schichten nach ihrer Trägerflüssigkeit

Grundsätzlich gibt es, bezogen auf die Trägerflüssigkeit, zwei Gruppen von Schichten:

a) Alkoholschichten: bei welchen als Trägerflüssigkeit Alkohol verwendet wird. Der am häufigsten eingesetzte Alkohol ist Iso-Propylalkohol, wobei auch Zusätze von anderen Alkoholen (z.B. Ethanol) zur Beeinflussung bestimmter Eigenschaften Verwendung finden.

b) Wasserschichten: bei welchen man als Trägerflüssigkeit Wasser verwendet.

Die Auswahl der Trägerflüssigkeit richtet sich primär nach dem verwendeten Bindersystem, dem Produktionsablauf beim Anwender und der Trocknungsmöglichkeit für die Verarbeitung der Schichten. Weiters können behördliche Auflagen durch die Vorschreibung von speziellen Anlagen den Einsatz von Alkoholschichten unrentabel machen oder sogar verhindern. Aus Gründen der Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes nimmt der Bedarf an Wasserschichten ständig zu.

I.2 Einteilung der Schichten nach ihrer Belieferungsform

a) Fertigschichten: bieten ein hohes Maß an Gleichmäßigkeit und geringe Aufbereitungsarbeit.

b) Pastenförmige Schichten: werden meistens verdünnt und erfordern mehr Aufbereitungsarbeit als die Fertigschichten.

c) Zwei-Komponenten-Systeme (Pulver/Paste): für die Fertigstellung ist eine Mischanlage erforderlich.

d) Pulverschichten: die vollständige Aufbereitung erfolgt beim Kunden.

I.3 Aufbereitung und Anwendung von Schichten

Grundsätzlich müssen alle Schichten, unabhängig von ihrer Belieferungsform, aufbereitet werden, um sie gebrauchsfertig zu machen. Der Aufwand für die Aufbereitung und dadurch mögliche Fehlerquellen unterscheiden sich aber voneinander.

Die **Fertigschichten** sind aufgrund der durch Lagerzeit und Transport stattfindenden Sedimentation aufzubereiten. Da die Hauptaufbereitungsarbeit bereits vom Hersteller mit speziellen Mischaggregaten geleistet wurde, beschränkt sich die Aufbereitung auf bloßes Homogenisieren, das hauptsächlich direkt im Liefergebinde erfolgt. Dabei sind hohe Scherkräfte zu vermeiden um eventuelle Veränderungen des Fließverhaltens der Schichte auszuschließen. Vor der Aufbereitung der Schichte sollte man niemals den Flüssigkeitsüberstand abschöpfen, da in diesem Überstand die Bindemittel und Additive gelöst sind, welche die anwendungstechnischen Eigenschaften der Schichte maßgeblich beeinflussen.

Vorteile: gebrauchsfertiger Zustand, Aufbereitung sehr einfach, konstante Verarbeitungseinstellung durch den Hersteller garantiert;

Nachteile: Transport von Trägerflüssigkeit

Für die **Pastenschichten** gilt grundsätzlich dasselbe wie für die Fertigschichten, denn auch hier erfolgt die Hauptaufbereitungsarbeit bereits beim Hersteller. Nur gestaltet sich hier die Endaufbereitung aufgrund der Schichtenkonsistenz schwieriger, da die erforderliche Zugabemenge an Trägerflüssigkeit sehr schwer von der Paste aufgenommen wird. Abhilfe schafft man hier durch mechanisches Zerteilen der Paste mittels geeigneter Mischaggregate.

Um vor allem Wasserschichten wirtschaftlich transportieren zu können, wird diese Lieferform gewählt. In diesem Fall soll die Aufbereitung der Schichte nur auf Etappen erfolgen.

Vorteile: Transportkostensparnis, geringes Maß an Fehlerquellen

Nachteile: schwieriger zu homogenisieren als Fertigschichten, Kontrolle der Verarbeitungsviskosität nach jeder Aufbereitung empfehlenswert

Der Vorteil von **2-Komponenten-Systemen** ist die Transportkostensparnis, daher trifft man diese Form der Belieferung vor allem bei Wasserschichten an. Die Pulverkomponente ist eine Mischung aus Füllstoffen und pulverförmigen Additiven.

Die Pastenkomponente ist eine Mischung aus Suspensionsmittel, Füllstoffen, Bindemittel und flüssigen Additiven. Durch die pastenförmige Komponente ist der Quellprozess der Suspensionsmittel bzw. Verdicker in der Schlichte bereits abgeschlossen.

Es muss somit „nur noch“ eine homogene Mischung von Paste, Füllstoffen und Trägerflüssigkeit erfolgen. Für diese Aufbereitung wird eine stationäre Mischanlage mit entsprechendem Rührorgan (Dissolver) benötigt.

Vorteile: Transportkostensparnis

Nachteile: Mischanlage erforderlich, Aufbereitung arbeitsintensiv, entsprechende Staubabsaugung empfehlenswert

Bei der **pulverförmigen Belieferungsform** erfolgt die Aufbereitung vollständig beim Verbraucher. Um den Quellprozess zu beschleunigen, sind für diese Form Rühraggregate zu empfehlen, die hohe Scherkräfte aufbringen. Ohne Anwendung von Scherkräften verlangsamt sich der Quellprozess der Inhaltsstoffe enorm, beeinflusst aber nicht die Qualität der fertig aufbereiteten Schlichte. Sollte der Quellprozess noch nicht abgeschlossen sein, können allerdings Probleme bei der Verarbeitung auftreten (Tauch- oder Streichverhalten, Ungleichmäßigkeit ...).

Vorteile: größte Transportkostensparnis, hohe Lagerbeständigkeit;

Nachteile: Aufbereitung beim Verbraucher, hohes Maß an Fehlerquellen, qualitativ hochwertige Mischaggregate erforderlich, Aufbereitung arbeitsintensiv, entsprechende Staubabsaugung empfehlenswert.

1.4 Auftragsverfahren von Schichten

Schichten werden auf die Formen, Keme oder Gießwerkzeuge durch Tauchen, Fluten, Sprühen oder Streichen aufgetragen.

Tauchen ist die schnellste und wirtschaftlichste Art der Beschichtung und kann bei konstantem Formteilprogramm gut durch Tauchroboter automatisiert werden. Der Vorteil eines automatisierten Tauchvorganges ist die Regelmäßigkeit. Bei dieser Beschichtungsart kann sich jedoch die Überziehung der Kernmarken nachteilig auswirken, wenn die Teile zu größeren Systemen zusammengebaut werden müssen.

Fluten gehört wie das Tauchen zu einer rationellen Beschichtungsmethode und beschränkt sich nicht nur auf Kernteile. Eine Automatisierung der Arbeit ist bei dieser Methode schwer möglich und die Gleichmäßigkeit ist schlechter als beim Tauchvorgang. Auch eine Beschichtung der Kernmarken lässt sich schwer vermeiden.

Sprühen gehört zu jenen Auftragsverfahren mit den höchsten Verlusten, bezogen auf den Materialeinsatz. Durch die Sprühnebel sind zusätzliche arbeitssichernde Maßnahmen notwendig.

Die Schichtdicke des Überzuges schwankt je nach eingesetztem Mitarbeiter unterschiedlich stark.

Das **Streichen** ist sicher die einfachste, aber zeitaufwendigste Form der Beschichtung. Ein wesentlicher Vorteil des Streichens besteht darin, dass Kernmarken und Kühlleisen nicht überzogen werden müssen. Diese Form des Schlichteauftrags ist hauptsächlich bei großen Kernen und Formen, die wenig Trägerflüssigkeit aufnehmen dürfen, anzutreffen.

Die Schichtdicke hängt sowohl von der Erfahrung des jeweiligen Mitarbeiters als auch von der Verarbeitungseinstellung der Schlichte ab.

2. Schlichtebestandteile

Eine Schlichte kann sowohl eine Suspension (Aufschlämmung) eines „groben“ Stoffgemisches in einer Flüssigkeit als auch eine echte oder kolloidale Lösung von Stoffen sein.

Die Eigenschaften einer Schlichte (Rheologie, Absetzverhalten, Abriebfestigkeit, Gasdurchlässigkeit, Gaszahlen, Eignung für ein bestimmtes Harzsystem etc.) sind das Ergebnis der bei der Produktentwicklung gewählten Schlichtebestandteile.

Trägerflüssigkeit

Alkohol oder Wasser mit einer Dichte = $1,0 \text{ g/cm}^3$

Füllstoffe

Die Grundfüllstoffe bestimmen die Anwendungsmöglichkeiten der Schichten. Die Reaktivität bezüglich Gießmetall, Schlacke und Formstoff sowie der Schmelzpunkt der Grundfüllstoffe gehören zu den wichtigsten Eigenschaften. Ebenso sind die Kornfeinheit, Kornform, Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit von großer Bedeutung [1, 2, 3].

Zirkonsilikat:

Wird als Grundstoff im Stahlgussbereich eingesetzt. Zirkonsilikat weist einen hohen Schmelzpunkt und eine geringe Reaktivität gegenüber Schlacke auf. Nachteilig ist zu bemerken, dass durch das Hochtemperaturverhalten des Zirkonsilikates Expansionsfehler auftreten können, welche durch Gemische mit anderen Grundstoffen verhindert werden können.

Korund:

Wird aufgrund seiner besseren Verformbarkeit teilweise als Ersatzstoff für Zirkon eingesetzt. Korund ist wegen der größeren spezifischen Oberfläche schwieriger zu binden, weiterhin kommt es im Großguss zur Reaktion mit Metalloxiden durch die Umwandlung von Korund in Mullit.

Magnesit:

Wird für Manganhartstahl verwendet und weist einen sehr hohen Schmelzpunkt auf. Magnesit kann aber nur in wasserfreien Systemen eingesetzt werden, da sich das Material durch die Bildung von Hydroxiden verfestigt.

Aluminiumsilikate: In diesem Bereich gibt es eine Vielzahl von verwendeten Mineralien. Die bedeutendsten sind auf diesem Gebiet Mullit und Pyrophyllit. Die Verwendung von Silikaten ist nicht problemlos, da besondere Maßnahmen hinsichtlich der Arbeitssicherheit getroffen werden müssen (Silikosegefahr).

Mullit:

Lässt sich gut binden und hat einen hohen Schmelzpunkt, daher ist er auch im Stahlgussbereich einsetzbar. Mullit kann jedoch durch den SiO_2 -Gehalt nur in begrenztem Maße eingesetzt werden.

Pyrophyllit:

Weist einen hohen Schmelzpunkt auf, wird aber im Stahlgussbereich wegen verschiedener Verunreinigungen (Quarz, Glimmer) nicht verwendet (Verschlackungsreaktionen mit Metalloxiden). Pyrophyllit hat eine starke Isolationswirkung und eine gute Verformbarkeit durch seine Plättchenstruktur. Expansionsfehler können daher in vielen Fällen vermieden werden.

Magnesiumsilikate: Analog zu den Aluminiumsilikaten steht auch hier eine breite Palette von Mineralien zur Auswahl. Die wichtigsten Vertreter sind Talkum, Olivin und Glimmer.

Talkum:

Hat eine ausgeprägte Plättchenstruktur. Ab einer Temperatur von $> 950 \text{ °C}$ neigt Talkum aufgrund seiner starken Verunreinigungen zu erhöhter Gasentwicklung.

Olivin:

Sehr häufig dient Olivin als Quarzersatz und hilft bei der Eindämmung der Silikosegefahr. Durch Verunreinigungen sind jedoch nur beschränkte Einsatzmöglichkeiten gegeben. Die

geringe Verformbarkeit von Olivin garantiert auch keinen Schutz vor Expansionsfehlern.

Glimmer: Hat durch seine sehr starke Plättchenstruktur gute Isolationseigenschaften. Glimmer wird im NE-S und NE-L-Bereich in reiner Form verwendet.

Im Gusseisenbereich nutzt man Glimmer als Zusatzstoff, um Ausdehnungsfehler zu vermeiden.

Quarz: Beeinflusst die Tauch- und Streicheigenschaften positiv, soll aber aus Gründen der Gussfehlergefahren (Anbrennungen, Expansionsfehler) nur in geringen Mengen eingesetzt werden.

Graphit: Bewirkt eine geringe Benetzung durch metallische Schmelzen und vermeidet eine Silikatifilmbildung auf der Gushaut. Durch seine gute Wärmeleitung ist eine schnelle Entwicklung von Zugspannungen möglich, die zu Blatt-rippen und Ausdehnungsfehlern führen können. Außerdem weist Graphit eine schlechte Verformbarkeit bei hohen Temperaturen auf.

Im Gegensatz zu echten und kolloidalen Lösungen bewirkt die Schwerkraft in einer Suspension ein Absinken und Absedimentieren der enthaltenen Teilchen, sodass im unteren Bereich die Konzentration höher ist als in den oberen Schichten. Diesen Effekt versucht man teilweise durch die Wahl geeigneter Füllstoffe (mit möglichst geringer Dichte und Korngröße) entgegen zu wirken.

Als Sedimentation bezeichnet man das Ablagern von festen Teilchen aus Flüssigkeiten unter dem Einfluss der Schwerkraft oder anderer Kräfte. Dabei schichten sich die abgelagerten Teilchen nach ihrer Dichte und Größe ab.

Angaben zur Dichte verschiedener Grundfüllstoffe in g/cm³ finden sich in [1, 2, 3, 4 und 5] wie folgt:

Aluminiumoxid:	3,98	Montmorillonit:	1,7 – 2,7
Eisenoxid:	5,24	Mullit:	3,11 – 3,26
Glimmer:	2,76	Olivin:	3,27 – 4,2
Graphit:	2,1 – 2,3	Pyrophyllit:	2,8 – 2,9
Illit:	2,6 – 2,9	Quarz:	2,65
Kaolin:	2,1 – 2,6	Talkum:	2,75
Magnesiumoxid:	3,58	Zirkon:	4,70

Aus der Physik [6, 7, 8, 9] sind folgende Gesetze bekannt:

- $\rho_{FST} \cdot V_{FST} > \rho_M \cdot V_M$ das Festteilchen fällt (Sedimentation)
- $\rho_{FST} \cdot V_{FST} = \rho_M \cdot V_M$ das Festteilchen schwebt (Stabile Suspension)
- $\rho_{FST} \cdot V_{FST} < \rho_M \cdot V_M$ das Festteilchen steigt nach oben (Flotation)

wobei:

- ρ_{FST} Dichte des Füllstoffes in kg/m³
- ρ_M Dichte des Mediums (Trägerflüssigkeit) in kg/m³
- V_{FST} Spez. Volumen des Füllstoffes in m³
- V_M Spez. Volumen des Mediums (Trägerflüssigkeit) in m³

Daraus ist zu entnehmen, dass bei einer Schlichtesuspension mit den oben angeführten Füllstoffen, eine Sedimentation unvermeidlich wäre.

Für die Absetzgeschwindigkeit kugelförmiger Teilchen und für das laminare Gebiet der Absetzung ($Re \leq 0,2$) gilt die Gleichung von J. Stokes.

$$\text{Sedimentationsgeschwindigkeit: } w_s = \frac{d^2 \cdot (\rho_{FST} - \rho_M) \cdot g}{18 \cdot \mu_M}$$

wobei:

- w_s Sedimentationsgeschwindigkeit in m/s
- g Erdbeschleunigung in (m/s²)
- d^2 Durchmesser des Teilchens in m
- μ_{TF} Dynamische Zähigkeit des Mediums in kg/ms
- ρ_{FST} Dichte des Füllstoffes in kg/m³
- ρ_M Dichte des Mediums in kg/m³
- Re Reynolds-Zahl

Menge und Härte des Bodensatzes sind wichtige Kriterien für die Qualität und die Verarbeitung einer Schlichte.

In der oben angeführten Gleichung sind nur d und μ_M variabel. Die Sedimentationsgeschwindigkeit kann nur durch Verkleinerung der Partikeldurchmesser und im Wesentlichen durch Erhöhung der Viskosität reduziert werden. Um dies zu erreichen, verwendet man verschiedene Additive und in diesem speziellen Fall Suspensionsmittel und Verdicker.

Additive

Additive, oft auch als Hilfsstoffe bezeichnet, sind Substanzen, die in kleinen Mengen zugesetzt werden um den Schlichten spezifische Eigenschaften zu verleihen, diese zu verbessern oder zu modifizieren.

Zu den Additiven zählen z.B. Suspensions- und Verdickungsmittel, rheologische Modifizierungsmittel, Netz- und Dispergiemittel, Benetzungshilfsmittel, Entschäumer, Biozide etc.

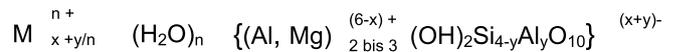
Suspensions- und Verdickungsmittel: Man benutzt diese Mittel, um die Viskosität von Flüssigkeiten zu erhöhen bzw. die Thixotropie-Eigenschaften zu verbessern.

Verdicker sind hochmolekulare Stoffe, die Flüssigkeit aufsaugen, dabei aufquellen und schließlich in zähflüssige echte oder kolloidale Lösungen übergehen. Die Wirkung vieler Verdicker beruht auch auf ihrer Eigenschaft als Polyelektrolyte zu fungieren [4, 6, 11, 12].

Man kann die Verdicker in folgende Gruppen einteilen:

- **Anorganische Verdicker**, wie Polykieselsäuren, Tonmineralien wie Montmorillonite (Bentonite), Zeolithe etc. Die anorganischen Verdicker spielen bei Schlichten eine immense Rolle. Hauptsächlich werden glimmerartige Tonmineralien mit „Dreischichtkristallstruktur“ (Bentone) verwendet [4, 12, 20].

Die Silikatschichten dieser Mineralien sind aus Oktaederschichten aufgebaut, die beidseitig von Tetraederschichten umgeben sind (sog. „Dreischichtminerale“). Zwischen den negativ geladenen Silikatschichten liegen die austauschfähigen Zwischenschichtkationen:



Kationen / Wasser	Oktaederschicht	Tetraederschicht
Schicht-Zwischenraum	Silikatschicht	

M = Kationen des Minerals Montmorillonit

Charakteristisch für Mineralstoffe dieser Gruppe ist der Austausch der Kationen und die Fähigkeit zur innerkristallinen Quellung. Die Montmorillonite mit (x+y) meist um 0,3 sind die Hauptminerale der Bentonite. Die Tatsache, dass Bentonite aus verschiedenen Lagerstätten unterschiedliche Eigenschaften zeigen, wird mit ihrer Zusammensetzung, Schichtladung, Ladungsverteilung, Ionenaustauschvermögen, Teilchenmorphologie, Gitterordnung etc. erklärt.

- **Organische Naturstoffe**, wie Gummi arabicum, Pektine, Stärke, Dextrine, Polyosen etc. Dieser Gruppe von Verdickern wird bei der Entwicklung einer Schlichte geringe Bedeutung beigemessen [13, 14].
- **Organische, abgewandelte Naturstoffe**, wie Carboxymethylcellulose, Hydroxyethyl- und Hydroxypropylcellulose, Celluloseether etc. Diese Gruppe von Verdicker kommt als Schlichtbestandteil sehr oft zur Verwendung [15].

- **Organische, vollsynthetische Verdicker**, wie Polyacryl- und Polymethacrylverbindungen, Vinylpolymere, Polycarbonsäuren, Polyether, Polyamine und Polyamide. Diese Substanzen weisen neben der Verdickung auch Bindemittelleigenschaften auf. Diese stellen bei der Schichtenentwicklung die am meisten verwendete Gruppe. Oft werden diese Stoffe nicht allein, sondern in Kombination mit anorganischen Verdickern verwendet [10, 16, 17, 18, 19].

Netzmittel: Sind natürliche oder synthetisch hergestellte Stoffe, die in Lösungen die Oberflächen- bzw. Grenzflächenspannung der Flüssigkeiten herabsetzen, sodass diese in die Oberflächen fester Körper eindringen und sie unter Verdrängung der Luft gründlich durchtränken und benetzen können. Die Netzmittel sind auch unter dem gebräuchlichen Begriff Tenside bekannt. Zwar sind polare Lösemittel wie Alkohole, Ether, Pyridin etc. grenzflächenaktiv, jedoch bezeichnet man als grenzflächenaktive Stoffe solche Verbindungen, die eine lipophile (Kohlenwasserstoff-Rest) und eine hydrophile Gruppe, wie $-\text{COONa}$, $-\text{OSO}_3\text{Na}$, $-\text{SO}_3\text{Na}$ u. dgl. enthalten [4, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19].

Bei der Entwicklung einer neuen Schichte ist neben der chemischen Zusammensetzung des eingesetzten Netzmittels auch die Ionenaktivität (anionisch, kationisch, nicht ionogen) sehr wichtig.

Biozide: Das Wachstum von Mikroorganismen (Bakterien, Pilze, Hefen, Algen) kann durch die Zugabe von Bioziden oder Desinfektionsmitteln gehemmt werden.

Die Wirkung der Biozide beruht entweder auf der wasserentziehenden Wirkung, der Eiweißdenaturierung bzw. sonstigen Veränderungen des Proteins oder auf der Blockierung von Stoffwechselfvorgängen in den Zellmembranen und/oder im Zellinneren [21, 22].

Für alle Arten von Bioziden gelten als Grundforderungen: Kurzfristige Keimabtötung, möglichst breites Wirkungsspektrum, geringe Toxizität, Wirtschaftlichkeit, Geruchlosigkeit, keinerlei Veränderung der Schichtenkonsistenz, Lagerbeständigkeit bei Hitze und Kälte, keine Korrosion von Metallen.

Bindemittel: Bindemittel können, ähnlich wie Dispergiemittel, in folgende Gruppen eingeteilt werden [4, 10, 12, 14, 15, 20, 23, 24, 25].

- **Anorganische Bindemittel**, wie Polykieselsäuren, Tonmineralien und Bentonite. Diese Substanzen können, ähnlich wie die Gruppe der vollsynthetischen Bindemittel auch als Bindemittel und Verdicker fungieren. Die Bindemittelfunktion dieser Stoffe wird erst bei der Schichtentrocknung aktiviert und beim Abguss vervollständigt.
- **Organische Naturstoffe**, wie z.B. Naturharze.
- **Organische, abgewandelte Naturstoffe**, wie Cellulosederivate oder modifizierte Naturharze.
- **Organische, vollsynthetische Bindemittel**, wie Polyacryl- und Polymethacrylverbindungen, Vinylpolymere, Polyester, Epoxidharze, Phenolharze, Polyamine und Polyamide. Diese Substanzen erfüllen in der getrockneten Schichte die Bindemittelfunktion und weisen bei der flüssigen Schichte auch Eigenschaften als Verdicker auf. Diese sind bei der Schichtenentwicklung die am meisten verwendete Gruppe, da beide oben angeführten Eigenschaften kombiniert werden können.

3. Vorgangsweise zur Entwicklung einer neuen Schichte

Die Entwicklung einer neuen Schichte erfolgt in Zusammenarbeit mit den Kunden und dient zur Erfüllung der von diesen gestellten Anforderungen.

Eine erfolgreiche Entwicklung erlangt man durch eine systematische Vorgangsweise [26, 27, 28, 29] wobei das Entwicklungsteam ein fundiertes chemisches, physikalisches, mineralogisches, mikrobiologisches, verfahrenstechnisches und metallurgisches Wissen aufweisen muss. Unabdingbar sind Kenntnisse sowohl über die chemischen und

physikalischen Eigenschaften der Schichtenbestandteile und deren Wechselwirkungen im System als auch über die Metalle und Metallschmelzen.

Der erste Schritt der Entwicklung ist die Erfassung und Beurteilung des Entwicklungsvorschlages.

Dabei werden die Kundenwünsche und Anforderungen erfasst und formuliert. In weiterer Folge wird die „Machbarkeit“ und „Sinnhaftigkeit“ aus technischer, kaufmännischer und unternehmensstrategischer Sicht überprüft und beurteilt.

Im Falle einer positiven Beurteilung bzw. Entscheidung werden die Zuständigkeiten festgelegt und die nächsten Schritt eingeleitet.

In weiterer Folge wird die Aufgabe genau analysiert und zusammen mit dem Kunden ein detailliertes Anforderungsprofil des neuen Produktes (Pflichtenheft) erstellt. Es folgt eine Literaturstudie, mit der die theoretischen Grundlagen der Aufgabe ausgearbeitet werden. Das Endergebnis dieser Studie ist die Erstellung einer Hypothese, mit der die Lösung der gestellten Aufgabe theoretisch beschrieben wird. Dabei werden Szenarien über die zu erwartenden Probleme und deren Lösung, unter Beachtung von Vor- bzw. Nachteilen, erstellt und ausgearbeitet.

Wenn alle Fragen theoretisch beantwortet sind, kommt man zur Wahl der Schichtenbestandteile und zur Projektbeschreibung. Anschließend erfolgt die detaillierte technische Beschreibung des Entwicklungsvorhabens bzw. die Erstellung einer Kosten- und Zeitplanung.

Erst nach Fertigstellung dieses Teils werden die Versuche zur Entwicklung der neuen Schichte im Labormaßstab (Größe einige Liter) durchgeführt und die dabei hergestellten Schichten umfangreich untersucht und analysiert (siehe Pkt. 4). Diese Versuche sind als erste Scale-up Stufe zu bezeichnen und dienen dazu, die Parameter des Prozesses weitgehend zu bestimmen und zu definieren.

Mit Hilfe der Untersuchungsergebnisse erfolgt die Verifizierung der erstellten Hypothese.

Nach erfolgreichem Abschluss der Laborversuche und erst nach der grundsätzlichen Einstellung und Definition aller Parameter bzw. nachdem die anwendungstechnischen Anforderungen an das Produkt erfüllt sind, kann die Entwicklung im halbertechnischen Labormaßstab (Pilotversuche) in der Größe von ca. 50-100 Liter, fortgesetzt werden. Das dabei hergestellte Produkt wird dem Kunden vorgestellt und wenn möglich die ersten anwendungstechnischen Versuche durchgeführt.

Nach positivem Abschluss der Pilotversuche wird das neue Produkt in einer ersten Versuchscharge von etwa 1000 kg in der Produktion hergestellt.

Die erste Versuchscharge wird unter Mitwirkung und Beisein des Verantwortlichen für das Projekt und den zuständigen Abteilungsleitern für Entwicklung und Produktion hergestellt.

Nach Abschluss der Versuchsproduktion werden Daten und Ergebnisse analysiert und eventuell notwendige Änderungen festgelegt und protokolliert.

Um dem festgelegten und mit dem Kunden vereinbarten Anforderungsprofil des Produktes zu entsprechen und die Prozesssicherheit in der Produktion zu gewährleisten, müssen, wie oben beschrieben, drei problem- und fehlerfreie Versuchschargen in Folge erzeugt werden. Erst nachher darf das neue Produkt freigegeben werden. Die dabei hergestellten Produkte dienen als großtechnische Produktmuster und werden dem Kunden für anwendungstechnische Versuche zur Verfügung gestellt.

Durch die Versuche beim Kunden wird die Eignung der im Kleinmaßstab weitgehend optimierten Schichte in der Praxis geprüft.

Es kann durchaus vorkommen, dass aufgrund der speziellen Verarbeitungsbedingungen beim Kunden weitere Modifikationen und Feinabstimmungen des neuen Produktes vor Ort oder im Labor erforderlich sind. Aus diesem Grund werden die anwendungstechnischen Versuche beim Kunden immer von den Entwicklungsmitarbeitern vor Ort betreut, analysiert und bewertet.

Nach der problemfreien Produktion von drei Versuchschargen, bei denen es zu keiner Abweichung von der vorläufig erstellten Herstellvorschrift bzw. Rezeptur gekommen ist, und nachdem die anwendungstechnischen Versuche beim Kunden positiv verlaufen sind, erst dann werden die relevanten Dokumente (Herstellvorschrift, Prüfplan, Prüfanweisung, Produktinformation, Sicherheitsdatenblatt etc.) endgültig freigegeben.

Gleichzeitig wird das Entwicklungsprojekt mit einem Abschlußbericht und der Endabrechnung abgeschlossen.

Die endgültige Produktfreigabe und Markteinführung erfolgt dann durch die Geschäftsführung.

Die Dokumentation enthält alle Versuchsprotokolle (Rezepturen, Anlagenanordnungen, gemessene Werte etc.) und deren Auswertungen.

4. Beispiel einer erfolgreichen Schlichteentwicklung: „Hydro A 65“

Diese Schlichte ist das neueste Produkt im Furtenbach-Sortiment und wurde in Zusammenarbeit mit dem Kunden, der Guss Komponenten GmbH in Hall/Tirol, einer der größten Gießereien in Österreich, im Jahre 2004 entwickelt.

Die Herausforderung bestand darin, eine Wasserschlichte für Eisenguss, die hauptsächlich durch Fluten und Tauchen auf Cold-Box Kerne für Automobilgussteile aufgetragen werden kann, zu entwickeln.

Dieser interessante Kundenvorschlag wurde im Haus Furtenbach positiv beurteilt und in Form eines Entwicklungsprojektes formuliert. Tabelle 1 zeigt das mit dem Kunden erstellte Anforderungsprofil.

Qualitätsmerkmal	Spezifikation
Trägerflüssigkeit	Wasser
Eignung	Eisenguss
Bindemittelsystem der Kerne	Cold Box
Art der Gusstücke	Automobilgussteile
Auftragsart	alle (freiwillige Erweiterung der Kundenanforderung durch Furtenbach)
Rheologisches Profil	einstellbar je nach Auftragsart
Bodensatzhärte	gering
Absetzverhalten	gering
Deckkraft	sehr hoch
Abrieb	sehr gering
Feuerfestigkeit	hoch
Gasdurchlässigkeit	ausreichend

Tabelle 1: Das Anforderungsprofil der Schlichte „Hydro A 65“

Nach der „theoretischen Studie“ erfolgte gemäß den Vorgaben die Auswahl der geeigneten Schlichtenbestandteile.

● Füllstoffe

Bestimmt durch die Anwendung wurden als Hauptkomponenten Silikate und eine spezielle Mineralmischung gewählt. Die Eigenschaften der verwendeten Füllstoffe garantieren hohe Thermostabilität, optimale Gussqualität durch Vermeidung von Gussfehlern sowie optimale Verarbeitungseigenschaften der neuen Schlichte.

Bei der Wahl der geeigneten Füllstoffe war besondere Sorgfalt erforderlich, da deren Wirksamkeit bzw. eventuelle Fehlentscheidungen erst am Ende der Entwicklung und speziell beim Stufenkegeltest (Abgussproben) bzw. beim Kundenversuch festgestellt werden können.

● Bindemittel

Die Auswahl des Bindemittels richtete sich in erster Linie nach der Trägerflüssigkeit bzw. der Art und Menge der ausgewählten Füllstoffe. Die im Haus Furtenbach ausreichend vorhandenen Erfahrungswerte wurden genutzt, um eine in der Praxis gut bewährte Bindemittelauswahl zu treffen. Als geeignet wurden in diesem Fall drei Kombinationen aus anorganischen und organischen Bindemitteln gewählt.

● Netzmittel

Um die Oberfläche der Füllstoffe sowie die Oberfläche der zu beschichtenden Cold-Box Kerne bestmöglich zu benetzen sind entsprechende Netzmittel erforderlich. Da man bei diesem Entwicklungsprojekt neue hochwirksame Netzmittel einsetzen wollte, wurden vor der Auswahl Messungen der Oberflächenspannung mit den jeweiligen Mitteln durchgeführt und somit die Art bzw. die optimale Zugabemenge ermittelt. Man wählte zwei verschiedene Netzmittel, die später im Labor getestet wurden.

● Antischaummittel

Ausgewählt wurde ein neues und für wässrige Systeme sehr wirksames Antischaummittel.

● Verdickungs- und Suspensionsmittel

Dies war eine schwierige Aufgabe, denn die optimale Abstimmung des Suspensionsmittels bzw. der Suspensionsmittelkombination auf die anderen Inhaltsstoffe der Schlichte ermöglicht erst die optimalen anwendungstechnischen Eigenschaften und somit eine perfekte Gussqualität.

Da vom Suspensionsmittel maßgeblich das Absetz- sowie das Fließverhalten der Schlichte gesteuert werden, musste auf diese Parameter besonderes Augenmerk gelegt werden.

Aufgrund von Erfahrungen und im Vorfeld gezielt durchgeführter Versuche wurden drei geeignete Kombinationen von anorganischen Verdickungsmitteln gewählt.

Als erster Schritt der Entwicklung wurden mit den gewählten Schlichtenbestandteilen „kombinatorisch“ einige Liter Versuchsmuster der Originalschlichte (unverdünnt) nach der Matrix im **Bild 1** hergestellt.

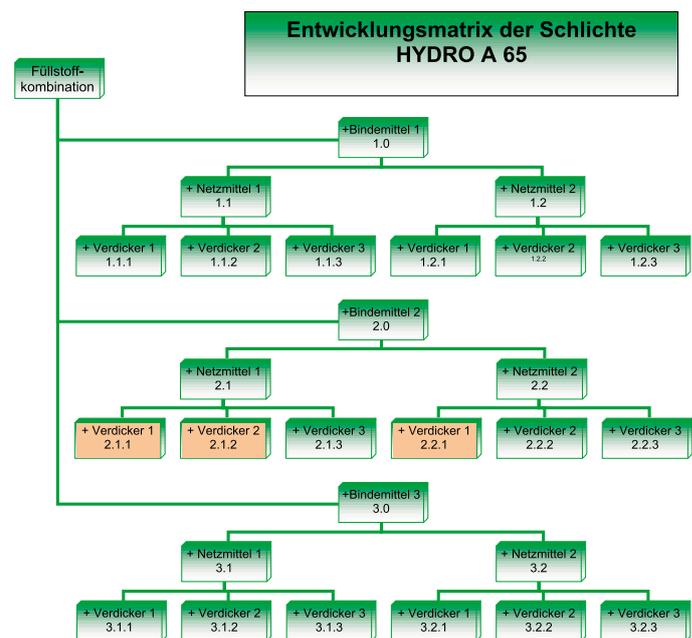


Bild 1: Entwicklungsmatrix für die Schlichte „Hydro A 65“ – Schritt 1

Nach der Durchführung der entsprechenden Prüfungen, stellte sich heraus, dass die Kombinationen 2.1.1, 2.1.2 und 2.2.1 am besten den Anforderungen entsprochen haben.

Somit wurden die weiteren Versuche mit diesen Kombinationen fortgesetzt.

Als nächster Schritt wurden die drei Varianten mit dem Antischaummittel versetzt und in unverdünntem sowie in gebrauchsfertigem Zustand (Auslaufzeit nach DIN 4: 11 bis 12 Sekunden) weiter untersucht (**Bild 2**).

Die Untersuchung dieser Varianten ergab, dass bei der Bestandteilkombination 2.1.2 sowohl das Antischaummittel als auch die Verdünnung keinen negativen Einfluss auf das Verhalten und auf die Schlichteeigenschaften hatten.

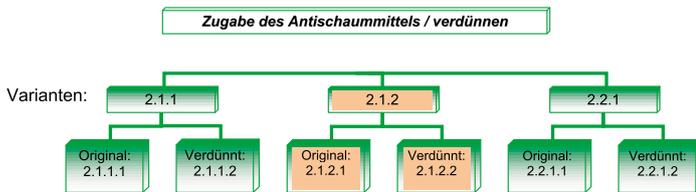


Bild 2: Entwicklungsmatrix für die Schlichte „Hydro A 65“ – Schritt 2

Damit wurden die Laborversuche abgeschlossen und der Schritt der Pilotversuche eingeleitet, die mit dem halbtechnischen Molteni-Dissolver durchgeführt wurden (Bild 3).



Bild 3: Der halbtechnische Molteni-Dissolver

Mit der Bestandteilkombination 2.1.2 hat man etwa 150 Liter der neuen Schlichte hergestellt, im Labor geprüft und dem Kunden für anwendungstechnische Versuche zur Verfügung gestellt.

Die neue Schlichte zeigte auf Anhieb perfekte Fluteigenschaften und Abgussergebnisse. Nach dem Betriebsversuch stellte sich heraus, dass das Absetzverhalten der Schlichte auf die Bedürfnisse und die Gegebenheiten des Kunden abzustimmen ist.

Somit war die neue Aufgabenstellung klar:

Optimierung des Sedimentationsverhaltens der Schlichte bei gleich bleibender Füllstoffzusammensetzung und ohne Beeinflussung des rheologischen Profils.

Im Technikum wurden erneut Schlichteproben mit verschiedenen Mengen des als geeignet gewählten Suspensionsmittels hergestellt und nach deren Verdünnung untersucht.

Zur Bestimmung des Absetzverhaltens mit verschiedenen Mengen Suspensionsmittel wurden sämtliche Proben auf eine Auslaufzeit nach DIN 4: 11-12 Sekunden verdünnt.

Damit wurde ein Bezugspunkt für die Sedimentations- und Rheologiemessungen festgelegt.

Die Erhebung des genauen Sedimentationsprofils vom Versuchsprodukt zeigte die Ausgangssituation. Erhoben wurden das Sedimentationsvolumen sowie die Sedimentationsgeschwindigkeit (Bild 4), die Bodensatzhärte nach 24 Stunden (Bild 5), und das rheologische Profil (Bild 6).

Nach mehreren gezielten Versuchen konnten die Zielvorgaben erreicht und das neu eingestellte Produkt dem Kunden erneut präsentiert werden.

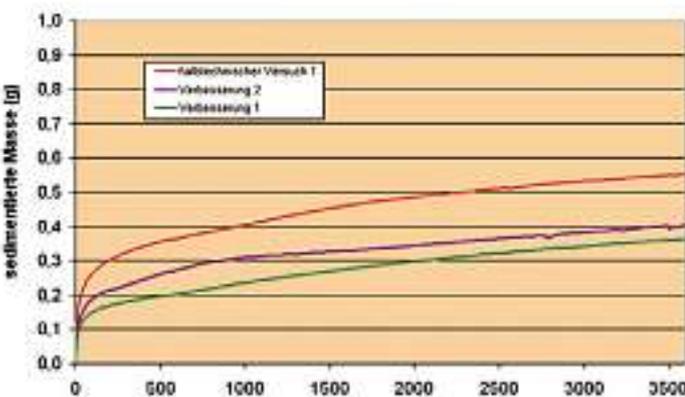


Bild 4: Sedimentationsgeschwindigkeit der Schlichte „Hydro A 65“



Bild 5: Bodensatzhärte der Schlichte „Hydro A 65“

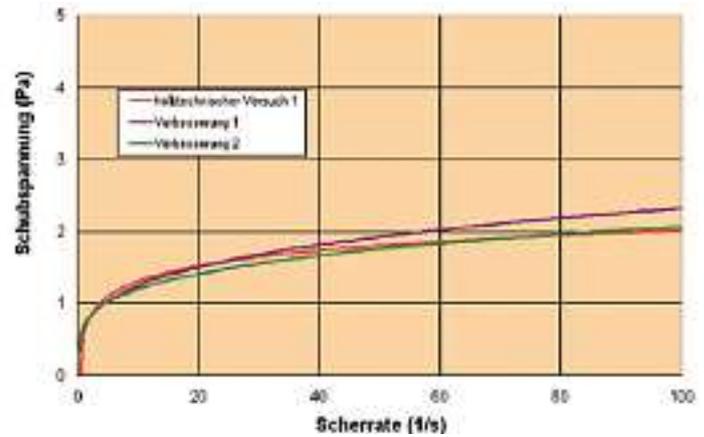


Bild 6: Rheologisches Profil der Schlichte „Hydro A 65“

Nach dieser Optimierung erfolgte die Herstellung der neuen Schlichte in der Produktion. Dabei wurden etwa 1000 kg der neuen Schlichte produziert und dem Kunden für neue anwendungstechnische Versuche zur Verfügung gestellt.

Bei dem nachfolgenden Versuch beim Kunden zeigte die neue Schlichte folgende Eigenschaften:

- Rheologisches Profil, Absetzverhalten, Bodensatzhärter, Eindringtiefe, Deckkraft und Abriebverhalten: sehr gut.
- Abgussergebnisse: sehr gut
- Schaumbildung: mangelhaft (Auftreten von kleinen optisch störenden Luftbläschen bei der Anwendung). Dies wurde durch das Mengenverhältnis von Suspensionsmittel zu Netzmittel verursacht.

Die Beseitigung der Bläschen erfolgte im nächsten Schritt durch eine Mengenoptimierung der Netz- und Antischaummittelkombination. Im positiv verlaufenden Praxisversuch vor Ort konnte dies bestätigt werden.

Mit Hilfe eines strategisch durchdachten und zielorientierten Entwicklungsmodells konnte in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden eine maßgeschneiderte Lösung gefunden werden. Die neue Schlichte wurde auf die individuellen Anforderungen des Kunden entwickelt und angepasst.

Beide Projektpartner konnten davon auf folgende Weise profitieren:

- Dem Kunden wurde ein hochqualitatives Produkt mit wirtschaftlichen Vorteilen zur Verfügung gestellt.
- Die anwendungstechnischen Versuche haben gezeigt, dass im Vergleich zu dem bisher verwendeten Mitbewerberprodukt bessere Qualität mit weniger Schlichte erreicht werden kann. Durch die neu optimierte Kombination der Schlichtebestandteile und speziell der Suspensionsmittel kann man bei der neuen Schlichte mindestens 25% mehr Wasser zur gebrauchsfertigen Verdünnung der Schlichte verwenden.

- Furtenbach entwickelte mit der Schlichte „Hydro A 65“ ein hochqualitatives, für andere Kunden leicht adaptierbares Produkt, das einer neuen Generation moderner und leistungsfähiger Schlichtensysteme zugeordnet werden kann.

Bild 7 zeigt die Farbe der auf Cold-Box- und Furankern aufgetragenen Schlichte „Hydro A 65“.



Bild 7: Farbe der Schlichte „Hydro A 65“ auf einem Cold-Box-Kern (links) und auf einem Furanharz-Kern (rechts).

Dank

Besonderer Dank der Autoren gilt dem Führungs-, Produktions- und Qualitätsmanagementteam der Firma Guss Komponenten GmbH in Hall/Tirol.

Durch dessen interessante Anregungen und konstruktive Zusammenarbeit wurde dieser positive Projektabschluss ermöglicht.

Literaturnachweis

- [1] Rudolf, S.; Förster, H.: „Beitrag zur Kenntnis des Aufbaus und der Zusammensetzung von Form- und Kernschwärzen“. Gießerei-Praxis, Heft 22/1992, S. 347-358. Fachverlag Schiele & Schön, Berlin.
- [2] Rudolph, S.: „Betrachtungen zum Aufbau von Form- und Kernschichten unter besonderer Berücksichtigung ihrer feuerfeste Bestandteile“. Gießerei-Praxis, Heft 8/1994, S. 165-178. Fachverlag Schiele & Schön, Berlin.
- [3] Rudolph S.: Büro für angewandte Mineralogie – Dr. Stephan Rudolph, D-47918. Websites ([http://www.a-m.de/deutsch/lexikon/\(Mineral\).htm](http://www.a-m.de/deutsch/lexikon/(Mineral).htm)) (2004).
- [4] Anonymus: Römpps Chemie-Lexikon, 8. Auflage, Georg Thieme Verlag – Stuttgart (1988).
- [5] Schulle, W.: Feuerfeste Werkstoffe. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig (1988).
- [6] Anonymus: Websites der WIKIPEDIA Enzyklopädie: (<http://de.wikipedia.org/wiki/...>) (2004).
- [7] Landau, L. D.; Lifschitz E. M.: Lehrbuch der theoretischen Physik VI: Hydrodynamik, Berlin 1991, ISBN 3-05-500063-3.
- [8] Vauck W. R. A.; Müller H.: Grundoperationen der Chemischen Verfahrenstechnik. Wiley – VCH (2000), ISBN: 3-527-30964-0.
- [9] Da Craca Miquel, M.; Burrows H.D.: Trends in Colloid and Interface Science XVI. Springer, Berlin (2005), ISBN: 3540005536.
- [10] Scheiber J.: Chemie und Technologie der künstlichen Harze. 2. Auflage. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft – Stuttgart (1961).
- [11] Müller, E.: Methoden der Organischen Chemie, Teil 2 – Makromolekulare Stoffe. Georg Thieme Verlag – Stuttgart (1963).
- [12] Anonymus: Ullmann – Encyklopädie der technischen Chemie. 4. Auflage. Verlag Chemie, Weinheim (1980).
- [13] Sandermann, W.: Naturharze, Terpenöl, Tallöl – Chemie und Technologie. Springer, Heidelberg. ISBN: 3540025952.
- [14] Bhat, S. V.; Nagasampagi B. A.: Chemistry of Natural Products. Springer, Berlin. ISBN: 3540406697.
- [15] Heinze, T. J.: Cellulose Derivatives. Bertrams Print on Demand (1998). ISBN: 0-8412-3548-1.
- [16] Carey, F. A.; Sundberg, R. J.: Organische Chemie. Wiley-VCH (2004). ISBN: 3527292179.
- [17] McMurry, J.: Organic Chemistry. ITPS Thomson Learning. ISBN: 0534420052.
- [18] Yurkanis Bruice, P.: Organic Chemistry. Prentice Hall International. ISBN: 0131217305.
- [19] Wollrab, A.: Organische Chemie. 2. Auflage. Springer (2002).
- [20] Huheey J. E.; Keiter E., Keiter E. L.: Anorganische Chemie. Gruyter (2003). ISBN: 3110179032
- [21] Lehninger, L.: Biochemie. Verlag Chemie (1973).
- [22] Schlegel, H. G.: Allgemeine Mikrobiologie. 7. Auflage. Georg Thieme (1992). ISBN: 3-13-444607-3.
- [23] Bartenev G. M.; Zelenev J. V.: Physik der Polymere. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. Leipzig (1978).
- [24] By Buchmeiser, M.: Polymeric Materials in Organic Synthesis and Catalysis. Wiley-VCH (2003). ISBN: 3527306307.
- [25] Kawakatsu, T.: Statistical Physics of Polymers. Springer, Berlin. ISBN: 3540434402.
- [26] Bonten, Ch.: Produktentwicklung. Hanser Fachbuchverlag (2002). ISBN: 3-446-21696-0.
- [27] Lauche, K.: Qualitätshandeln in der Produktentwicklung. VDF Hochschulverlag (2001). ISBN: 3-7281-2781-7.
- [28] Schweiger, P.: Systematisch Lösungen realisieren. VDF Hochschulverlag (2001). ISBN: 3-7281-2763-9.
- [29] Paashius, V.: The Organisation of Integrated Product Development. Springer, Berlin. ISBN: 3-540-76225-6.
- [30] Maier, J.: Physical Chemistry of Ionic Material. Wiley & Sons (2004). ISBN: 0470870761.
- [31] Clasen, Ch.; Kulicke, W. M.: Viskosimetry of Polymers and Polyelektrolytes. Springer, Berlin. ISBN: 354040760X.
- [32] Fratscher, W.; Picht, H. P.: Stoffdaten und Kennwerte der Verfahrenstechnik. Wiley-VCH (1993). ISBN: 3-527-30921-7.
- [33] Guyon, E.;Hulin, J. P.; Petit, L.: Hydrodynamik: Vieweg 1994, ISBN 3-528-07276-8.
- [34] Oertel H.: „Prandtl – Führer durch die Strömungslehre. Grundlagen und Phänomene“. Vieweg (2002) (11. Auflage), ISBN 3-528-48209-5.
- [35] Pawlow, K. F.; Romankow R. G.: Beispiele und Aufgaben zur chemischen Verfahrenstechnik. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. Leipzig (1972).
- [36] H. Pitamitz: „Eingangs und Betriebskontrolle von Schichten“. Referat beim VDg-Weiterbildungsseminar in Düsseldorf 1997 (Kap. IV).

Kontaktadresse:

FURTENBACH GMBH, A – 2700 Wiener Neustadt, Neunkirchner Straße 88, Tel: +43 (0)2622 64200 60, Fax: +43 (0)2622 64200 69, E-mail: apsimenos@furtenbach.com, www.furtenbach.com

www.verlag-lorenz.at

internet
besuchen Sie uns im Internet ...
Info Abo Inserate



.. und machen Sie
sich ein Bild

Das war Innsbruck !

Rückblick auf die Große Gießereitechnische Tagung der deutschen, schweizerischen und österreichischen Gießereivereinigungen am 20. und 22. April 2005

Die diesjährige Österreichische Gießerei-Tagung fand am 21. und 22. April als länderübergreifende Große Gießereitechnische Tagung zusammen mit den deutschen (GDM Gesamtverband Deutscher Metallgießereien, VDG Verein Deutscher Gießereifachleute) und schweizerischen (GVS Gießerei-Verband der Schweiz) Gießereivereinigungen im Congress in Innsbruck statt. Für die insgesamt 970 registrierten Teilnehmer bot die Veranstaltung ein kompetentes Forum zur Standortbestimmung, zum Erfahrungsaustausch und zur Dis-

kussion neuester gießereitechnischer Entwicklungen und Trends. In 27 Fachvorträgen konnte eindrucksvoll aufgezeigt werden, dass sich die Gießereitechnik im Wettbewerb der Herstellungsverfahren und Werkstoffe durch ihre Innovationsfähigkeit behauptet, als Entwicklungspartner vieler Branchen qualifiziert und moderne Gusswerkstoffe und Gussprodukte zur Sicherung des Produktionsstandortes Europa im globalen Wettbewerb beitragen.

Eine wesentliche Bereicherung der Veranstaltung war das von der Messe Düsseldorf in die Tagung eingebundene zweite NEWCAST-Forum, das in einer eigenen gut besuchten Vortragsreihe mit 9 Fachbeiträgen über Entwicklungstrends bei der Konstruktion gegossener Bauteile und deren Anwendung im Fahrzeug- und Maschinenbau informierte und besonders auf Konstrukteure und Gussanwender ausgerichtet war.

Rund 360 der Teilnehmer waren aus diesem Bereich gekommen und lassen das große Informationsinteresse aus dem Kundenkreis erkennen.



Blick in die NEWCAST-Leistungsschau

Besonders erfreulich war, dass auf besondere Einladung der Veranstalter auch 120 Studenten und noch in Ausbildung befindliche Junggießer an der Tagung teilnehmen konnten.



Dr.-Ing. Franz Mnich, VDG, begrüßt die große Studentengruppe



Über 70 Zulieferunternehmen und Dienstleister präsentierten sich in einer eindrucksvollen Ausstellung.



Informationsstand des ÖGI Österreichisches Gießerei-Institut, Leoben



... und des IfG Institut für Gießereitechnik, Düsseldorf

In einer eindrucksvollen Ausstellung haben sich rd. 70 Zulieferunternehmen und Dienstleistungseinrichtungen in den Foyers präsentiert und das NEWCAST-Forum war von einer beeindruckenden Leistungsschau*) „Konstruieren mit Gusswerkstoffen“ mit weit über 100 gegossenen Bauteilen und Komponenten aus verschiedenen Werkstoffen (Eisen, Stahl, Al, Mg, Cu, Zn) für unterschiedlichste Anwendungen – Fahrzeug- u. Maschinenbau, Luft- u. Raumfahrt, Bauwesen u. Elektronik etc. – begleitet.

Nach den Fachvorträgen des ersten Veranstaltungstages hielten die veranstaltenden Vereinigungen auch ihre Jahreshaupt- bzw. Mitgliederversammlungen ab.

Über die VÖG-Jahreshauptversammlung 2005 wird in der Sparte *Vereinsnachrichten* berichtet.



Gießertreffen ...



... In der historischen Dogana

Ein „Gießertreffen“ am Abend des ersten Veranstaltungstages in der historischen Dogana mit 850 Teilnehmern bot – nach einem Eröffnungseinmarsch der Stadtmusikkapelle Wilten – bei Tiroler Buffet und Getränken und musikalisch umrahmt von den „Haller Dixiländern“, ausreichend Gelegenheit zu persönlichem Informationsaustausch am Rande der Tagung.

Für die rd. 100 Begleitpersonen der Tagungsteilnehmer war ein abwechslungsreiches Begleitprogramm in und um Innsbruck geboten, das am ersten Tag von 80, am zweiten Tag von rd. 30 Personen in Anspruch genommen wurde.

*) Ein umfangreicher Katalog – 2. NEWCAST-Forum und Ausstellung „Konstruieren mit Gusswerkstoffen“ – Messe Düsseldorf GmbH, D-40001 Düsseldorf, Postfach 10 10 06, Tel.: +49 (0)211 4560 01, Fax: 668, E-Mail: info@messe-duesseldorf.de, Format DIN A 5, bringt auf 160 Seiten Fotos aller Exponate und die Adressen deren Hersteller.

Eröffnungs-Adresse von Dipl.-Wirtsch.-Ing. H.D. Honsel, Präsident des VDG, Verein Deutscher Gießereifachleute



H.D. Honsel, VDG-Präsident, begrüßt die Tagungsteilnehmer

Sehr geehrte Damen und Herren,

im Namen der österreichischen, schweizerischen und deutschen gießereitechnischen Organisationen darf ich Sie ganz herzlich zu unserer Großen Gießereitechnischen Tagung hier im schönen Innsbruck begrüßen.

Es freut mich besonders, dass die drei deutschsprachigen Länder nach über 20 Jahren wieder einmal gemeinsam eine solche Tagung veranstalten und hiermit die seit langem bestehenden freundschaftlichen Kontakte über die Ländergrenzen hinweg auffrischen, vertiefen oder neu knüpfen können.

Aus diesem Grunde darf ich auch heute zuerst meine Kollegen aus den befreundeten Organisationen begrüßen. Quasi als Gastgeber, in dessen schönem Land wir sein dürfen, möchte ich **Herrn Kommerzialrat Michael Zimmermann**, Präsident des Vereins österreichischer Giessereifachleute begrüßen, sowie dann, als weitere Mitveranstalter unserer Tagung, **Herrn Peter Hagen**, Präsident des Giesserei-Verbandes der Schweiz sowie **Herrn Bernd Voigtländer**, Vorsitzender des Gesamtverbandes Deutscher Metallgießereien.



Wegen der großen Teilnehmerzahl ...



... fand die Eröffnung in der Dogana statt.

Ebenso darf ich aber auch ganz herzlich **Herrn Dr. Hansjörg Dichtl**, den Vorsitzenden des Vereins für praktische Gießereiforschung – Österreichisches Gießerei-Institut, sowie den Ehrenpräsidenten des VDG, **Herrn Eberhard Möllmann**, begrüßen.

Als Gast begrüße ich **Herrn Dr. Klaus Urvat**, hier unter uns als Generalsekretär des CAEF sowie als Hauptgeschäftsführer des DGV.

Weiterhin freue ich mich wirklich sehr, den ehemaligen Generalsekretär der WFO und dessen langjährigen Motor, **Herrn Dr. Jürg Gerster**, sowie die zahlreich vertretenen Altpräsidenten und Ehrenmitglieder aller Gießerei-Organisationen hier begrüßen zu können. Meine besonderen Grüße und meinen Dank möchte ich aber an alle Vortragenden dieser Tagung richten. Sie, meine Herren, werden im Wesentlichen dazu beitragen, diese Veranstaltung zu einem Erfolg werden zu lassen.

Last but not least darf ich Sie alle, meine sehr geehrten Damen und Herren, hier in Innsbruck ganz herzlich willkommen heißen. Sie bedeutet, fast 1000 Teilnehmer, die den Weg hierher gefunden haben. Mehr als eine rein statistische Zahl ist dies für mich ein visualisierter Beweis, daß die Gießereindustrie eine lebendige, innovative, kooperative und anscheinend auch reisefreudige Branche ist. Das Wichtigste ist jedoch Ihre Bereitschaft, hier im schönen Innsbruck zusammenzukommen zu einer Tagung, die nicht wegen der Anzahl von 960 Teilnehmern als Große Gießereitechnische Tagung stattfinden wird, sondern weil Gießer aus 3 Ländern es fertig gebracht haben, sich über Landesgrenzen hinweg hier zu einem Meinungs- und Erfahrungsaustausch zusammenzufinden. Das ist im Prinzip für eine interessante Tagung nichts Ungewöhnliches. Das Besondere jedoch liegt darin, dass die Gießer unserer 3 Länder dieses Zusammenkommen als gemeinsame Veranstaltung der jeweils für die Gießereien zuständigen Verbände begehren wollen. Für mich, meine Damen und Herren, ist das ein hoffentlich richtungsweisender Schritt in ein enger zusammenrückendes Europa der weltweit führenden Gießer.

Wir feiern dieses Jahr, und wer vor allem in unseren Ländern wüsste das in der Zwischenzeit nicht, das Einstein-Jahr. Und daher, meine Damen und Herren, wie könnte man diese Tagung besser eröffnen als mit einem Wort Albert Einsteins. Er formulierte:

„Die Zukunft entsteht in unseren Köpfen! Denk mal voraus!“

Genau dies möchten wir in den nächsten 2 Tagen tun. Wir möchten neue Ideen entwickeln und uns einen Eindruck davon verschaffen, wohin die Entwicklung geht und wie wir in unseren Betrieben die Weichen für die Zukunft stellen müssen. Wir als diejenigen, die das Gießen als Fertigungsverfahren beherrschen, wollen hier gemeinsam voraus denken, was die richtigen Wege sind, unsere Unternehmen noch erfolgreicher im täglich globaler werdenden Wettbewerbsmarkt zu positionieren.

In fast 40 Vorträgen, aber eigentlich noch intensiver im Gespräch mit Kollegen, sollten wir Ideen und Entwicklungen austauschen, aufgreifen und gemeinsam in die Zukunft voraus denken.

Meine sehr geehrten Damen und Herren, unsere Tagung findet in einer Phase zwiespältiger Eindrücke statt. Auf der einen Seite zwangen uns im letzten Jahr die einschneidenden Preiserhöhungen bei fast allen unserer bedeutenden Roh- und Betriebsstoffe, wie Metalle, Schrott, Koks und Energie, zu gewaltigen Anstrengungen, diese Verteuerungen im Markt umzusetzen oder besser noch mit Ideenreichtum, großer Konsequenz und gemeinsamen Anstrengungen von Unternehmensleitungen und Mitarbeitern, sowie vor allem durch technische Optimierungen in unseren Betrieben, bestmöglich aufzufangen. Auf der anderen Seite können wir aber auch von deutlich gestiegenen Umsätzen und Produktionsrekorden berichten, die durch eine gute Konjunktur mancher unserer Hauptkunden und schließlich durch den Export getragen werden. Die deutlich gestiegenen Exportquoten haben so – die zumindest in Deutschland bescheidenen inländischen – Umsatzsteigerungen wirkungsvoll unterstützt.

Aber gerade durch die für uns Gießer in den letzten Jahren gestärkte Position als Zulieferer, als Partner besonders für die europäischen Hightech-Branchen wie Maschinen- und Anlagenbau und die europäische Fahrzeugindustrie, sind wir natürlich auch in stärkerem Maße ge-

fordert, primär über technische Spitzenleistungen und Produkt- und Verfahrensinnovationen unsere Marktstellung zu erhalten und stetig weiter auszubauen. Wir, und damit meine ich selbstverständlich, nicht nur für heute: Österreich, Schweiz und Deutschland gleichermaßen, gehören unzweifelhaft zu den technologisch weltweit führenden Gießereinationen. Der Ausdruck „Technische Höchstleistung“ ist für einen Großteil unserer Produkte ohne Übertreibung die richtige Beschreibung. Dieser Erfolg aber ist uns nicht in den Schoß gefallen. Er wurde mühsam über Jahre hinweg hart erarbeitet, mit immer wieder neuen, kreativen, vor allem aber auch wirtschaftlich wettbewerbsfähigen Lösungen. Besonders deswegen müssen wir uns darüber im Klaren sein, welche Anstrengungen es in der Zukunft bedarf, in einer so dem weltweiten Wettbewerb ausgesetzten, technologiegetriebenen Branche wie der Gießereitechnik, diese Spitzenstellung zu erhalten und natürlich weiter auszubauen. Nur mit technologischer Vorreiterschaft werden wir den kostenmäßigen Vorteilen vieler unserer globalen Wettbewerber erfolgreich Paroli bieten können.

Denn, meine Damen und Herren, um bei Einstein zu bleiben und eine Anleihe bei seinem Gedankengut zu machen: Technische Höchstleistungen und Innovationen sind etwas Relatives! Nichts ist vergänglicher als die Innovation von heute, die morgen schon den globalen Stand der Technik darstellt und an die sich übermorgen schon nostalgisch verklärt erinnert wird.

Innovation ist heute aber oft zu einem Modewort geworden. Viele benutzen es. In der Politik wird es geme als Programm angesehen, und kein Wirtschaftssachverständiger lässt die Chance ungenutzt, die Notwendigkeit von Innovationen für einen Hochlohnstandort anzunehmen.

Aber gerade dadurch, die spezielle Situation des Gestaltens, Wirtschaftens in einem derartigen Umfeld, wird uns täglich neu bewusst, dass wir nur durch aktiv beeinflusste Innovationen den notwendigen brancheninternen Wandel vom Gießereibetrieb hin zum kompetenten Entwicklungs- und Serienbelieferungspartner auch fertig bearbeiteter und montierter Zulieferprodukte bewältigen können. Nur so wohl können wir unsere Spitzenposition im Vergleich der globalen Wirtschaftsräume stabilisieren und ausbauen. Der Begriff der Innovation soll dabei für uns Gießer weit gefasst werden. Er steht hierbei zum Beispiel, neben neuen Produkten, auch für neue Leistungsangebote, neue Prozesse oder auch neue Organisationsformen. Innovationen sind also letztlich die Einstein'sche Zukunft in unseren Köpfen. Als die treibende Kraft in einer Volkswirtschaft, definierte sie im Übrigen erstmals der österreichische Ökonom Joseph Alois Schumpeter. Er erklärte Innovationen gar als eine schöpferische Zerstörung, die dafür sorgt, dass die Unternehmen in immer kürzeren Zyklen neue, intelligente Produkte und Dienstleistungen auf den Markt bringen und so innerhalb weniger Jahre ihr komplettes Produktionsprogramm erneuern.

Ich bin fest davon überzeugt, meine Damen und Herren, dass, – vorrangig vor allem in unseren Ländern – diese Schumpeter'sche Beschreibung immer stärker die Voraussetzung für den künftigen wirtschaftlichen Erfolg unserer Volkswirtschaften und unserer Branche sein wird und meine, dass alles, was dazu notwendig ist, unseren zukünftigen Arbeitstag immer stärker prägen wird.

Die Gießereitechnik hat sich hierzu – und ich glaube, das können wir mit Stolz sagen – im Wettbewerb der Verfahren und Werkstoffe durch ihre Innovationsfähigkeit, ihre Zukunftsfähigkeit in unseren Köpfen, sehr gut behaupten können und sich als innovative Branche, als aktiver Partner für Neues, bei unseren Kunden wirkungsvoll qualifiziert. Diese Position möchten wir auf der einen Seite mit dieser Tagung unter Beweis stellen und dabei primär über die nächsten, zum Erfolg unserer Branche erforderlichen Schritte diskutieren. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, haben wir für Sie zahlreiche Vorträge und Präsentationen ausgewählt, die darlegen, wie innovative Prozesse und moderne Gusswerkstoffe unsere Zukunft als Gießer im internationalen Wettbewerb sichern helfen.

Wir selbst sind uns zwar meist durchaus bewusst, dass wir Bauteile auf höchstem Niveau entwickeln und produzieren. Wir wissen, wir erleben es täglich, was Gussteile können und was wir alles aus Gusswerkstoffen realisieren können. Wir wissen, dass ein gegossenes Bauteil – gleich welchen Werkstoffes – allein durch die Möglichkeit seiner funktions- und belastungsgerechten Konstruktion in der Regel ganz selbstverständlich eine wirtschaftlich interessante Leichtbaukonstruktion ist. Aber im laufend zunehmenden, internationalen Wettbewerb müssen wir ständig verstärkt dafür sorgen, dass die Konstrukteure, dass unsere Abnehmer, diese Chancen auch wahrnehmen und gemeinsam mit uns die Potentiale gegossener Bauteile durchdenken und intensiver nutzen. Um dabei Erfolg zu haben, meine Damen und Herren, müssen wir als Branche unbedingt noch nachhaltiger Eigeninitiative ergreifen.

Zur Unterstützung dafür findet im Rahmen dieser Großen Gießereitechnischen Tagung nicht nur unser Meinungsaustausch, sondern zusätzlich das 2. NEWCAST-FORUM statt. Heute in einer eigenen Vortragsreihe und morgen gemeinsam mit uns Gießern bietet das NEWCAST-FORUM einen Überblick über Entwicklungstrends bei der Konstruktion gegossener Bauteile und deren wirtschaftlich attraktive Anwendung im Fahrzeug- und Maschinenbau. Es ist als Forum, als Marktplatz, zur Information, Standortbestimmung und als Erfahrungsaustausch gedacht. Ergänzt wird das NEWCAST-FORUM durch die Leistungsschau einiger österreichischer, schweizerischer und deutscher Gießereien, Institute und Zulieferer unserer Branche. Diese wollen uns allen damit dokumentieren, wie modernste Gießverfahren und innovative Werkstoffe zu neuen konstruktiven Möglichkeiten führen. Mein Dank gilt an dieser Stelle auch der Messe Düsseldorf, die es uns ermöglicht hat, diese Ausstellung und dieses Forum zu realisieren.

Aber eine der wichtigsten Voraussetzungen für die erfolgreiche Zukunftsgewinnung, meine Damen und Herren, sind gut ausgebildete, kreative, motivierte Mitarbeiter, die die Zukunft in unseren Köpfen weiterentwickeln, rauslassen und täglich im Betrieb umsetzen. Die Nachwuchsproblematik in unserer Branche wird uns in nächster Zukunft ernsthaft als Innovationshemmnis zu schaffen machen, wenn es uns nicht sehr bald wieder gelingt, eine ausreichende Zahl junger, engagierter Menschen für unsere Berufe zu begeistern, ihnen zu dokumentieren, dass die Mitarbeit in einer Gießerei eine höchst interessante, weil auch sehr breit gespannte Tätigkeit ist, die einen Arbeitsplatz mit Zukunft bedeutet. Daher freut es mich heute besonders, auf unserer Tagung über 100 Studenten aus Deutschland, der Schweiz und Österreich begrüßen zu dürfen. Ihnen, meine Damen und Herren, darf ich ganz besonders eine interessante, informative Tagung wünschen. Scheuen Sie sich nicht, uns Gießer aus den verschiedenen Ländern mit den Fragen, die Ihnen für Ihren Zukunftsweg wichtig sind, zu konfrontieren. Ich bin sicher, dass wir Sie am Ende der Tagung verabschieden dürfen mit dem guten Gefühl bei Ihnen und uns, dass wir Ihr Interesse an der Gießereitechnik wecken und vertiefen konnten und wir vielen von Ihnen vielleicht später als unserem motivierten Führungsnachwuchs in den Betrieben wieder begegnen können.

Zum Schluss noch ein Wort in eigener Sache zur Organisation: Ehrlicherweise hat keiner von uns mit fast 1000 Teilnehmern an unserer Tagung gerechnet. Wenn es durch die beeindruckende Teilnehmerzahl mal an der einen oder anderen Stelle etwas klemmen sollte, sehen Sie es den Organisatoren bitte nach. Alle haben ihr Bestes gegeben, wie es so gern die Sportler ausführen, um für Sie eine reibungslose Tagung zu organisieren. Erfolg sollte uns in diesem Fall im Wortsinn zusammenrücken lassen. Schön, dass wir alle in dieser beeindruckenden Zahl aus drei Ländern,

Guss ins Zentrum unseres Handelns stellen.

Ich wünsche uns allen eine interessante Tagung, ein erfolgreiches Forum und eine erfolgreiche Ausstellung, anregende Gespräche am Rande, besonders aber auch angenehme Stunden im Kreis von Kollegen und Freunden. Ich freue mich auf die nächsten zwei Tage und darf Sie nochmals im Namen aller Veranstalter sehr herzlich willkommen heißen.

Glückauf!

Kurzfassungen der Vorträge

Donnerstag, 21. April 2005

Plenarvorträge

Prof. Dr.-Ing. Andreas Bührig-Polaczek
Gießerei-Institut der RWTH Aachen (D)

Moderne Methoden zur quantitativen Verknüpfung von Prozess, Gussgefüge und Werkstoffeigenschaften

Die Vorhersage und Kontrolle der Gefügequalität von Gussteilen spielt für moderne Gießprozesse eine entscheidende Rolle. Ein Entwicklungsvorsprung in diesem Bereich ist ein bedeutsamer Faktor für die Standortsicherung von Gießereien. Das Verständnis der Gefügeentstehung ist der Verknüpfungspunkt zwischen den Prozess- und Legierungsparametern und den geforderten Eigenschaften des Gussteils.

Die integrative Simulation ist ein Weg, Fertigungsprozesse und Werkstoffe möglichst umfassend durch geeignete rechnergestützte Verfahren quantitativ zu beschreiben. Aktuelle Entwicklungen in der Simulation der Gießprozesse vereinen z.B. die makroskopische Welt der Produktion mit der mikroskopischen Welt der Gefügebildung oder nutzen Optimierungsalgorithmen zur automatischen Optimierung eines Gießprozesses. Simulationsrechnungen liefern damit zukünftig nicht nur quantitative verbesserte Kennwerte über den realen Gießprozess, sondern auch über die Werkstoffeigenschaften der Gussteile. Die Integration vielschichtiger physikalischer Modelle unterstützt sowohl den Entwickler als auch die Produktion in der Lösung der zunehmend umfassender werdenden Fragestellungen.

In enger Wechselwirkung mit der Simulation vermittelt die konsequente Nutzung fortgeschrittener Analysemethoden in der Werkstoffprüfung, Gefügebestimmung, Metallurgie und Prozessverfolgung wichtige Kennwerte, die die Festlegung eines werkstoff- und prozessoptimierten Bauteildesigns unterstützen. Darunter fallen moderne Farbätzmethoden, die bisher nicht identifizierbare Gefügebestandteile aufzeigen und in Kombination mit einem Bildanalyseprogramm neue quantitative Zusammenhänge erkennen lassen. Die Weiterentwicklung der Rasterelektronenmikroskopie und der Einsatz von Detektoren mit höherer Trennschärfe führten in den letzten Jahren zu einer wesentlich verbesserten Analyse der Zusammensetzung der einzelnen Phasen. Thermodynamische Programme können gezielt das Auftreten bestimmter Phasen berechnen und erlauben z.B. die systematische Optimierung von Wärmebehandlungen oder eine Abschätzung der Gefügeveränderung aufgrund von Legierungsmodifikationen. Die Verfolgung der Prozesse durch geeignete Messverfahren und Sensoren gestattet neue Einblicke in die inneren Wechselwirkungen eines Prozesses.

Die konsequente Verwendung von Simulation und exakten Untersuchungsmethoden führt zur Leistungs- und Qualitätssteigerung im Gießereibetrieb und ermöglicht sowohl die systematische Optimierung von Gusswerkstoffen und Prozessen als auch die methodische Untersuchung zur Vermeidung zahlreicher Gussfehler. Anspruchsvolle Bauteile können nur durch diese Gesamt-optimierung von Prozess und Werkstoff realisiert werden, und die Kunden profitieren von komplexeren Bauteilen mit maßgeschneidertem Design.

Dipl.-Ing. B. Ruckstuhl, Georg Fischer Fahrzeugtechnik AG, Schaffhausen (CH)

Wettbewerb der Werkstoffe

Leichtbau mit Eisen, Aluminium und Magnesium

Leichtbau im Automobil wird getrieben durch die Forderungen nach Reduktion des Treibstoffverbrauchs und der Emissionswerte sowie der Verbesserung des Fahrverhaltens, der Verringerung der ungefederten Masse und der Crash-Kompatibilität zwischen großen und kleinen Autos. Die Fachliteratur unterscheidet vier Disziplinen: Konzept-, Form-, Fertigungs- und Werkstoffleichtbau.

Gusskonstruktionen aus Eisen oder Leichtmetall bieten in allen Disziplinen gute Möglichkeiten für wirtschaftliche Lösungen zur Verringerung des Gewichts unter Beibehaltung des gewünschten Funktionsumfangs. Das Kostenziel, der zur Verfügung stehende Bauraum und andere kundenseitige Forde-



Plenarveranstaltung in der Dogana

rungen sind entscheidend für die Wahl der Lösung. Bereits in der Konzeptphase müssen daher die Möglichkeiten und Grenzen unterschiedlicher Fertigungsverfahren einbezogen und das geeignete ausgewählt werden.

Der Formleichtbau verlangt den Materialeinsatz exakt da, wo es die Kundenspezifikationen erfordern. Das Gießen mit seinen verschiedenen Verfahren kommt dieser Forderung in idealer Weise nach. Die immer vielfältigeren Konzepte im Fahrzeug wie Mehrlenkerachsen führen zu immer komplexeren Bauteilen. Gusskonstruktionen können dieser Entwicklung sehr gut folgen und dabei sogar andere Verfahren wie das Schmieden oder Schweißen ersetzen.

Im Fertigungsleichtbau geht es darum, aus der breiten Palette an Verfahren das geeignetste auszuwählen. Der Werkstoffleichtbau schließlich profitiert von der Entwicklung hochfester Legierungen mit guter Dehnung. Der geeignete Werkstoff wird dabei in einem simultanen und iterativen Prozess mit der Bauteilkonstruktion, dem Gießverfahren und der Kostenkalkulation ermittelt.

Je nach Spezifikation sind unterschiedliche Kriterien für die Dimensionierung des Bauteils und die Werkstoffwahl entscheidend: Steifigkeitsanforderungen beispielsweise bedingen einen hohen E-Modul, Festigkeitsziele eine hohe Streck- oder Zuggrenze, Missbrauchsfälle eine gute Duktilität. Die Forderung nach Leichtbau schließlich ist durch ein niedriges spezifisches Gewicht machbar. Berücksichtigt man noch tiefstmögliche Kosten als entscheidende Zielgröße, wird offensichtlich, dass Leichtbau im Automobilbau eine hochkomplexe und interessante Aufgabe ist.

Mit den heutigen hochfesten Stahl- und Eisengusswerkstoffen sind Gewichtseinsparungen bis zu 15 % möglich. Lösungen aus Aluminium führen zu einer Gewichtsverminderung von etwa 40 % und solche aus Magnesium reduzieren das Bauteilgewicht sogar noch etwas mehr. Welcher Werkstoff und welches Fertigungsverfahren gewählt werden, entscheidet meist der Preis. Häufig dessen absoluter Wert. Manchmal auch der Mehrpreis pro eingespartem Kilogramm. Leichtbau mit Eisenguss hat in der Regel die geringsten Mehrkosten. Lösungen aus Leichtmetall sind zwangsläufig etwas teurer.

Session I – Stahl- und Eisenguss

Dipl.-Ing. W. Bauer, Dipl.-Ing. Th. Willidal, ÖGI Österreichisches Gießerei-Institut, Leoben (A)

Werkstoffcharakterisierung von Gusseisen mit Lamellengraphit, Zugfestigkeit vs. Spannungs-Dehnungsverhalten

Die Werkstoffcharakterisierung von Gusseisen mit Lamellengraphit (Grauguss, GJL) erfolgt traditionell nur durch seine Zugfestigkeit, welche im deutschsprachigen Raum mit profilierten Zugproben ermittelt wird. Andere mechanische und technologische Eigenschaften werden aus der Sorte und/oder der (meist geschätzten) Zugfestigkeit im Gussstück mittels Formeln und Verhältniszahlen abgeleitet. Veröffentlichte Angaben zum Spannungs-Dehnungsverhalten und Dauerfestigkeitsverhältnis in Abhängigkeit der möglichen Vielfalt von Werkstoffzuständen sind vergleichsweise selten. Maßnahmen zur Steigerung der Dauerfestigkeit sowie deren Bewertung basieren meist ausschließlich auf der Zugfestigkeit bzw. der Annahme, dass Zug- und Dauerfestigkeit immer im gleichen Ausmaß gesteigert werden.

Am ÖGI wurde im Rahmen einer Arbeit zum Generalthema „Dauerfestigkeit von Grauguss“ eine große Bandbreite von Werkstoffzuständen mit Zugversuchen mit Feindehnungsmessung beurteilt. Das Prüfprogramm besteht aus Zugversuchen mit zügiger Belastung bis zum Bruch (Bild 1) bzw. mit Hysteresen für die Ermittlung der Belastungsabhängigkeit des Elastizitätsmoduls (Bild 2) und stichprobenweiser Zug/Druckwechselprüfung auf Lasthorizonten im Übergangsbereich.

Bild 1

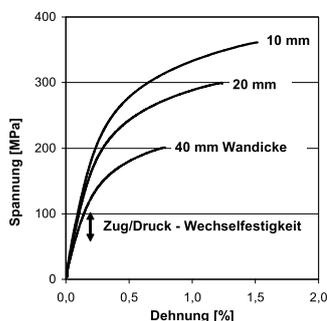
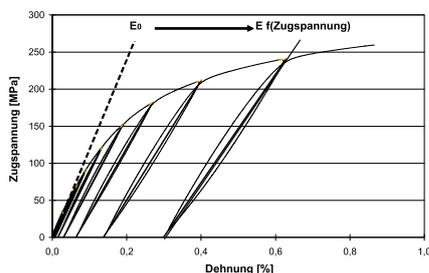


Bild 2



Die Prämisse der Vorgangsweise ist, dass sich verschiedene Einflussgrößen auf die Zug- bzw. Dauerfestigkeit zwar gleichsinnig, aber unter Umständen unterschiedlich stark auswirken können. Zu diesem Ziel wurde die Graphitmenge und -anordnung, Lamellenlänge und eutektische Korngröße sowie das Matrixgefüge durch unterschiedliche chemische Zusammensetzungen, Wanddicken, Impf- und Wärmebehandlungen in einem breiten Bereich variiert.

Der Beitrag bringt einen Zwischenbericht aus der noch laufenden Arbeit: Kennwerte für das Spannungs-Dehnungsverhalten im Existenzbereich der Dauerfestigkeit auf der Spannungs-Dehnungskurve ermöglichen eine aussagekräftige Bewertung der Wirkungsweise und -größe der metallurgischen und werkstofftechnischen Einflussgrößen bzw. der daraus resultierenden Gefügeausbildungen.

Dipl.-Ing. R. Hanus, Dipl.-Ing. A. Buberl
voestalpine Gießerei Linz GmbH, Linz (A)

Ein neuer Stahlguss-Werkstoff wird geboren. Von der Idee über die Forschung zu Pilotkomponenten und zur kommerziellen Produktion von Großkomponenten

Originalbeitrag siehe Seiten 118/123 dieses Heftes.

Dr.-Ing. Christine Bartels, CLAAS GUSS GmbH, Gütersloh (D), Dr.-Ing. Andreas Huppertz, CLAAS GUSS GmbH, Bielefeld (D)

Mit ADI auf dem Weg zu neuen Anwendungen für Gusseisen

In der letzten Zeit macht ein in Europa noch recht wenig verbreiteter Gusseisenwerkstoff zunehmend von sich reden. Ausferritisches Gusseisen – auch als ADI (Austempered Ductile Iron) bekannt – bezeichnet eine Werkstoffgruppe, bei der durch eine gezielte Wärmebehandlung ein Gefüge eingestellt wird, das aus nadeligem Ferrit besteht, der in einer an Kohlenstoff übersättigten austenitischen Matrix vorliegt.

Mit ihrer Kombination aus hoher Festigkeit und Duktilität bei guter Verschleißbeständigkeit erobern die duktilen ADI-Sorten zunehmend Anwendungsbereiche, die bisher Schmiedestählen vorbehalten waren. Im Vergleich zu Stählen hat ADI jedoch eine ca. 10 % geringere Dichte und weist auch ein höheres Dämpfungsvermögen auf. Durch die Möglichkeiten der Formgebung

durch Gießen können auch solche Geometrien gefertigt werden, die durch einen Schmiedeprozess nicht darstellbar sind. Wegen seiner hohen spezifischen Festigkeit bietet ADI das Potential, vergleichsweise kostengünstig Leichtbau zu realisieren.

Daher haben inzwischen auch in Europa unterschiedlichste Industriebranchen ADI entdeckt und erproben zurzeit die Leistungsfähigkeit des Werkstoffs im Hinblick auf verschiedenste Anwendungen. Einige Projekte haben bereits zu Serienanwendungen geführt. Dabei öffnet ADI mit seinem Leistungsspektrum den Weg für völlig neue Gusseisenanwendungen.

Ein Beispiel hierfür ist ein Filterkopf, der im Hydrauliksystem einer Kunststoff-Spritzgussmaschine Einsatz findet. Die hohen Anforderungen an die Dauerfestigkeit waren mit konventionellen Gusswerkstoffen nicht erreichbar. Mit alternativen Verfahren wie Schmieden oder einer Bearbeitung aus dem Vollen ließ sich die Geometrie nicht darstellen. ADI eröffnet hier neue Leistungshorizonte, so dass sich der Kunde für den Werkstoff EN-GJS-800-8 entschied.

Ein weiteres Anwendungsbeispiel sind die Trägerplatten für den Zehnzylinder-Diesel-Motor, der von VW für den Phaeton und den Touareg entwickelt wurde. Die Trägerplatten werden zu einer Räderkassette montiert, in die die Zahnräder zum Antrieb der Nockenwelle und der Nebenaggregate eingefasst sind. Die Bauteile werden im Einsatz dynamisch hoch belastet. Entsprechend hoch sind die Anforderungen an Festigkeit und Dauerfestigkeit. Daneben bot der gewählte Werkstoff EN-GJS-800-8 eine hohe Materialdämpfung sowie die Möglichkeit einer komplexen Formgebung.

Das gute Dämpfungsvermögen gab den Ausschlag für den Einsatz eines ADI-Zahnrades zum Antrieb eines Bodenverdichters. Hier war der Hersteller gezwungen, die Geräuschentwicklung der Maschine deutlich zu reduzieren. Eine der getroffenen Maßnahmen war die Substitution des bisher verwendeten geschmiedeten Stahlzahnades durch ein ADI-Zahnrad.

ADI-Anwendungen gehen häufig über eine reine Werkstoffsubstitution hinaus. Die Beispiele zeigen vielmehr, dass sich mit ADI neue technische Lösungen bieten, die mit anderen Werkstoffen und/ oder Fertigungsverfahren nicht realisiert werden konnten. Bei der Substitution von Schmiedestählen kommt häufig noch eine Kostenersparnis hinzu. Diese Möglichkeiten lassen für die Zukunft auch in Europa einen erheblichen Wachstumsmarkt für ADI-Werkstoffe erwarten.

Dipl.-Ing. C. Gündisch, HULVERSHORN Eisengießerei GmbH & Co. KG, Bocholt (D)

Moderne Prozesstechnik und Umweltaspekte der Wärmebehandlung von ADI

Kein Kurzbeitrag verfügbar.

Dipl.-Ing. M. Bodenburg, Dr.-Ing. J. C. Sturm, MAGMA Gießereitechnologie GmbH, Aachen (D)

Anforderungen an die Prozesssimulation bei der Herstellung von ADI

Der Werkstoff ADI besitzt aufgrund seiner Eigenschaftskombinationen eine Reihe von interessanten Anwendungsmöglichkeiten. Variable, hohe Festigkeiten bei gleichzeitig guter Dehnung und Zähigkeit ermöglichen ein breites Anwendungspotential.

ADI wird aus einem legierten GJS durch eine anschließende Wärmebehandlung erzeugt. Eine Vorhersage von optimalen Fertigungsbedingungen und der Gebrauchseigenschaften des Werkstoffs ADI setzt die rechnerische Simulation der gesamten Prozesskette voraus. Die numerische Simulation der Formfüllung, Erstarrung und weiteren Abkühlung und der sich dadurch ergebenden Gefüge und mechanischen Eigenschaften im Gusszustand sind heute Stand der Technik. Wichtig für die Qualität der Gussteile aus ADI sind in hohem Maße die geeigneten Parameter der Wärmebehandlung, die in Abhängigkeit von chemischer Zusammensetzung, des Grundgefüges, des Seigerungsprofils und der gewünschten Eigenschaften einzustellen sind. Die aus der Formfüll- und Erstarrungssimulation gewonnenen Informationen müssen daher in die Simulation der Wärmebehandlung einfließen.

Die Gießsimulation erlaubt die Vorhersage der Sphärolithendichte sowie der Ferrit/Perlit-Verteilung inklusive etwaiger Karbide und Seigerungen. Auf Basis dieser Ergebnisse kann mit Hilfe eines Diffusionsmodells der Stofftransport in Abhängigkeit der Austenitisierungszeit und -temperaturen berechnet werden und erlaubt damit Aussagen über optimale Prozessbedingungen. Für die

Berechnung des Abschreckens werden Gussteilgeometrie und Kühlmedium bzw. dessen Temperatur berücksichtigt und damit die lokalen Abkühlgeschwindigkeiten im Gussteil simuliert. Das Auftreten von schädlichen Phasen wird durch die Berechnung von ZTU-Diagrammen aufgrund der chemischen Zusammensetzung ermittelt. Für das isothermische Halten und damit die Umwandlung in „Ausferrit“ muß eine Gefügesimulation die Kinetik der Umwandlung berücksichtigen. Hierbei müssen Haltetemperatur, -zeiten und der Zustand des Ausgangsgefüges berücksichtigt werden. Die durch die Simulation verfügbaren Informationen über die Gefügebestandteile und -ausbildung erlauben dann quantitative Aussagen über die zu erwartenden mechanischen Eigenschaften.

Eine Simulation des Herstellungsprozesses von ADI muss demnach sowohl den Gießprozess als auch die Wärmebehandlung berücksichtigen, um qualitative und quantitative Aussagen über die Gebrauchseigenschaften eines Gussteils aus ADI machen zu können. Als Voraussetzung für eine umfassende simulationstechnische Berücksichtigung aller Teilaspekte der Wärmebehandlung werden zum gegenwärtigen Zeitpunkt Untersuchungen für die oben erwähnten Einflussparameter durchgeführt und geeignete Modelle in MAGMASOFT® implementiert.

Dr.-Ing. P. Hübner, Institut für Werkstofftechnik der TU Bergakademie Freiberg, Freiberg (D)

Duktiler Bruchverhalten von ADI

Gusseisen mit austenitisch ferritischer Matrix und Kugelgraphit, sog. austempered ductile iron (ADI), ermöglicht die Kombination von hoher Festigkeit ($R_m = 800 \dots 1500$ MPa) und Zähigkeit mit einer guten Verschleißbeständigkeit und gestattet damit die Substitution von Vergütungsstählen. Interessante Einsatzmöglichkeiten ergeben sich z.B. im Fahrzeugbau. Für den Einsatz in sicherheitsrelevanten Bauteilen sind Kenntnisse zum Bruchverhalten erforderlich, die mit den Konzepten der Bruchmechanik beschrieben werden können. Die für das Bruchverhalten relevanten Werkstoffkennwerte werden kurz vorgestellt und ihre Ermittlung diskutiert.

An austenitisch ferritischem Gusseisen der Güte EN-GJS-1000-5 und an ferritischem Gusseisen der Güte EN-GJS-400-15 sowie ferritisch-perlitischem Gusseisen der Güte EN-GJS-600-3 wurden bruchmechanische Untersuchungen bei statischer und zyklischer Beanspruchung durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass bei statischer Beanspruchung im ADI und im EN-GJS-400-15 duktiler Bruchverhalten auftritt, während der EN-GJS-600-3 spröde versagt.

Die zyklischen Risswachstumskurven ergeben Schwellenwerte, die sich in die bekannte Abhängigkeit von der Streckgrenze einordnen lassen. Im Bereich 2 der zyklischen Risswachstumskurven ergeben sich unterschiedliche Anstiege für die austenitisch ferritische, die ferritische bzw. ferritisch perlitische Matrix. Der Übergang zum Bereich 3 der da/dN-Kurve erfolgt beim ADI bei größeren zyklischen Spannungsintensitätsfaktoren als beim EN-GJS-400-15 und EN-GJS-600-3. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die Matrixgefüge einen wesentlichen Einfluss auf das Bruchverhalten haben.

Die Aussagemöglichkeiten bruchmechanischer Bauteilbewertungskonzepte werden diskutiert. Die bruchmechanische Nachrechnung wird dabei immer als zusätzliche Sicherheitsebene zur konventionellen Auslegung betrachtet. An 2 Beispielen wird die Vorgehensweise demonstriert und gezeigt, dass sich abhängig vom Bauteil quantitative Vorgaben für die zerstörungsfreie Prüfung bzw. Inspektionsintervalle auf der Basis einer Restlebensdauerberechnung ableiten lassen.

Dr. D. Kammermeier, Dr. I. Kaufmann, Dr. T. Krieg, M. Schuffenhauer, Kennametal GmbH & Co. KG, Fürth (D)

Problemlose Bearbeitung von ADI Bauteilen

ADI (Austempered Ductile Iron) ist ein hochwertiger Gusseisenwerkstoff, der sich durch hohe Festigkeit bei gleichzeitig günstigen Zähigkeitseigenschaften sowie hohe Schwingfestigkeiten und gute Dämpfungseigenschaften auszeichnet. Der Werkstoff schöpft sein Eigenschaftsprofil aus einem Matrixgefüge, das aus kohlenstoffreichem Austenit mit darin eingelagerten Nadeln des Ferrits besteht.

Seine hervorragenden Ausprägungen prädestinieren ADI für Bauteile, die sowohl hohen statischen und dynamischen Belastungen als auch hohem Verschleiß unterliegen. Der Werkstoff findet zunehmend Anerkennung in Europa. In den vorgestellten Untersuchungen werden Dreh-, Fräs- und Bohrvorgänge bei der Zerspanung der Werkstoffe GGG60 & ADI 800 diskutiert.

Die Drehversuche zeigen, dass sich bei der Zerspanung von ADI die Verschleißkriterien im Vergleich zu GJS-Werkstoffen verändern. Es tritt primär ein Freiflächenverschleiß auf, der standzeitbestimmend ist. Die Kombination aus hochfesten Substraten mit temperaturbeständigen Schichten auf der Schneidkörperseite sowie reduzierten Schnittgeschwindigkeiten und angehobenen Vorschüben ermöglichen wirtschaftliche Standzeiten.

Interessant ist, dass bei der Fräsbearbeitung ein Wechsel von GJS-600 auf ADI nahezu problemlos verläuft. Es konnten keine signifikanten Veränderungen in dem Standzeitverhalten der Schneidstoffe festgestellt werden. Bei diesen Untersuchungen wurde eine Fräsergeometrie gewählt, die hohe Stabilität mit einem sehr positiven Schneidkeil vereint.

Auch bei der Bohrbearbeitung des Werkstoffs ADI 800 traten keine Überraschungen auf. Die höhere Festigkeit des Werkstoffs führt zu einem leichten Anstieg des Verschleißes im Eckenbereich der Bohrer. Die Verschleißmessungen verdeutlichen aber, dass der Verschleiß nur auf einem leicht höheren Niveau im Vergleich zu einem perlitischem Gusseisen liegt, und wirtschaftliche Standwege von 35 m erzielt werden konnten.

Der Mythos der Unzerspanbarkeit des ADI Werkstoffes konnte bei diesen Untersuchungen widerlegt werden.

Session II – NE-Metallguss und Formstoffsysteme

Dr. Rolf Gosch, Dr. Peter Stika, Hydro-Aluminium Mandl & Berger GmbH, Linz (A)

ROTACAST® – Gießverfahren, millionenfach für Aluminiumzylinderköpfe in der Serie bewährt

Es wird ein Überblick über das Produktionsspektrum der Serienfertigung gegeben.

Die Entwicklungshistorie des ROTACAST® – Verfahrens wird dargestellt. Verfahrensmerkmale werden einigen anderen bewährten Standardverfahren gegenübergestellt. Die wichtigsten Prozessmerkmale werden erläutert und ihre Auswirkung auf die Gussstückeigenschaften aufgezeigt, dies in direkter Gegenüberstellung zu gleichen Produkten im Schwerkraftguss. Das Hauptaugenmerk wird auf die Gefügeausbildung und die erreichten mechanischen Eigenschaften gelegt.

Dr.-Ing. W. Michels, IfG-Institut für Gießereitechnik gGmbH, Düsseldorf (D)

Quantitative Bestimmung des Reinheitsgrads an flüssigen Aluminiumlegierungen

Voraussetzung zur Herstellung dynamisch belastbarer Bauteile aus Aluminiumgusslegierungen ist eine Schmelzmetallurgie, die neben der Wasserstoffentfernung die Beseitigung von nichtmetallischen Verunreinigungen im Schmelzbad sicherstellt. Diese nichtmetallischen Verunreinigungen stellen im wesentlichen Oxide und Carbide dar, die im späteren Gefüge als eigenständige Phasen vorliegen und somit den metallischen Verbund des Werkstoffes schwächen. Infolge der negativen Auswirkung der Oxide und insbesondere der feinen Oxidhäute auf die innere Kerbempfindlichkeit der Gussteile wird die Bauteilfestigkeit durch diese Gefügeinhomogenitäten stark reduziert. Eine praxisgerechte und auf die gießereispezifische Prozesstechnik abgestimmte Methode zur umfassenden Beurteilung der metallurgischen Schmelzequalität von Aluminiumgusslegierungen ist trotz der großen Bedeutung für die Steigerung der Prozesssicherheit in der Gießerei bislang nicht verfügbar.

Das IfG entwickelt daher mit Partnern aus der Gießereiindustrie eine Methode zur prozesssicheren Messung nichtmetallischer Verunreinigungen und erarbeitet Kriterien für eine umfassende Beurteilung des metallurgischen Zustands einer Aluminiumschmelze hinsichtlich der Gehalte an nichtmetallischen Verunreinigungen und Wasserstoff vor dem Vergießen. Hierzu werden die grundlegenden Zusammenhänge zwischen nichtmetallischen Verunreinigungen und Wasserstoffgehalt quantitativ erarbeitet. Voraussetzung ist die getrennte Erfassung des Gehaltes an nichtmetallischen Verunreinigungen und Wasserstoff in einer Aluminiumschmelze. Für die Bestimmung der nichtmetallischen Verunreinigungen in Aluminiumgusslegierungen wird auf die bei der Herstellung von Aluminiumwalzbarren erfolgreich verwendeten Messverfahren PoDFA und Prefil zurückgegriffen. Grundlegende Zusammenhänge zur Reproduzierbarkeit der Messverfahren PoDFA und Prefil für Aluminiumgusslegierungen wurden zunächst an nicht korngefeinten und uneredelten Schmelzen untersucht. Basierend auf diesen Ergebnissen werden im Rahmen eines kürzlich begonnenen öffentlich geförderten Forschungs-

vorhabens die Zusammenhänge zwischen Wasserstoff und nichtmetallischen Verunreinigungen quantifiziert. Die Verfahren PoDFA und Prefil werden gemeinsam mit der Messung des Wasserstoffgehalts und der Unterdruck-Dichteprobe für die umfassende Beurteilung der Schmelzequalität von Aluminiumgusslegierungen eingesetzt und deren Ergebnisse in Korrelation gebracht. Dadurch soll erstmals der Zusammenhang zwischen Wasserstoff- und Verunreinigungsgehalt einer Aluminiumschmelze quantifizierbar werden. Mit Hilfe der Korrelationen und der daraus abgeleiteten Beurteilungskriterien kann damit ein Weg zu einer vereinfachten betriebstauglichen Meßmethode zur Bestimmung der Schmelzequalität aufgezeigt werden.

Dr.-Ing. U. Bischoff, Dr. rer. nat. B. Georgi, Volkswagen AG Gießerei Hannover, Hannover (D)

Praxiserfahrung mit anorganischen Kernbindern

Zylinderköpfe und Saugrohre werden überwiegend im Kokillenguss- oder Sandgussverfahren hergestellt. Die innenliegenden Gussteilgeometrien (Wassermantel, Kanallagen, Nockenwellenlager) werden durch Sandkerne erzeugt. Verschiedene Herstellungsverfahren in Verbindung mit chemischer und/oder physikalischer Aushärtung dienen zur Herstellung der Kerne. Diese müssen so stabil sein, dass ein bruchfreies bzw. beschädigungsfreies Herstellen und Einlegen in die jeweilige Form prozesssicher erfolgt. Gleichzeitig ist nach dem Abguss eine schnelle und möglichst rückstandsfreie Entfernung des Restsand es gefordert. Diese Eigenschaft muss gekoppelt werden mit einer thermischen Stabilität beim Abguss (Rissgefahr) und einer Vermeidung von Flüssigmetallpenetrationen an der Oberfläche zum Gussteil. Bei der Herstellung und beim Abguss dieser Kerne entstehen zum Teil erhebliche Rauch- und Geruchsemissionen. Der Gesetzgeber fordert klare Maßnahmen von den Gießereien, die mit erheblich hohem Aufwand verbunden sind.

Die Motorenentwickler erwarten vom Gießer zunehmend die Realisierung hochkomplexer Gusskomponenten in Verbindung mit neuen Werkstoffen und einem prozesssicheren Fertigungsverfahren. Eine prozesssichere und rückstandsfreie Entfernung des Restsand es im „Schonwaschgang“ mit einem Lösungsmittel wäre wünschenswert.

Kernbindemittel auf organischer Basis sind heute Stand der Technik und werden in nahezu allen Gießereien zur Produktion von Motorengusskomponenten im Sand- oder Kokillenguss eingesetzt. Die Kerne werden im Warm-Box-, Hot-Box-, Croning- oder Cold-Box-Verfahren hergestellt,

Kernbindemittel auf anorganischer Basis (z.B. Wasserglas) bieten die Vorteile einer geringen Emission und werden ebenfalls seit langer Zeit in den Gießereien eingesetzt. Aufgrund unzureichenden Kernzerfalls nach dem Abguss und langen Taktzeiten zur Kernherstellung ist ein Einsatz zur Großserienfertigung bisher nicht oder nur mit zusätzlichen Maßnahmen wie z.B. Kernzerfallsglühen möglich.

Um die neuen Anforderungen zu erfüllen, wurde in den letzten drei Jahren intensiv durch die Gießerei- und Zulieferindustrie an der Weiterentwicklung anorganischer Bindersysteme gearbeitet und in diversen Veröffentlichungen berichtet.

An einem Beispiel wird dargestellt, dass nicht nur der Quarzsand, sondern auch der Binder im Kreislauf geführt werden kann.

Im Vortrag wurden verschiedene Anwendungsfälle und Fallbeispiele zur Realisierung verschiedener Kerngeometrien dargestellt. Gussteile in Kleinserien können schon heute problemlos hergestellt werden. Für Großserien muss weiterhin intensiv an der Prozesssicherheit gearbeitet werden.

Dipl.-Ing. R. Rietzsch, Georg Fischer GmbH & Co. KG, Mettmann (D)

Cold-Box-Binder mit Schaumstruktur – Ein neuer Weg zur Vermeidung von Blattrippen

In der Gießerei von Georg Fischer in Mettmann werden neben dem PU Cold-Box-Verfahren auch Kerne nach dem Resol-CO₂-Verfahren hergestellt.

Da bei Verwendung von Resol-CO₂-Kernen keine Blattrippen an den Gussteilen entstehen, lag es nahe, die Ursache hierfür zu ergründen.

Die Annahme, eine poröse Struktur der Binderbrücken und nicht eine frühzeitige Erweichung könnte die Ursache sein, wurde durch eine Rasterelektronenmikroskop-Untersuchung bestätigt.

An das Institut für Gießereitechnik erging daraufhin der Auftrag, poröse Cold-Box-Binderbrücken zu entwickeln. Nach einigen vergeblichen Versuchen führte die Erinnerung an eine ähnliche Problemstellung zur Lösung. Ein Ku-

chenteig wird durch Zugabe von Backpulver und somit durch den Zerfall des Bicarbonats bei Wärme einwirkung über eine CO₂-Bildung mit Poren versehen. Laborversuche und Serieneinsatz bewiesen überzeugend die Wirkungsweise eines porösen Binders.

In den nächsten Entwicklungsschritten wurde Bicarbonat (BC) einer prozesssicheren Kemsand-Aufbereitung und Verarbeitung angepasst. Kerne mit BC Zugabe können heute problemlos wassergeschlichtet und getrocknet werden.

Das als Kernadditiv modifizierte Bicarbonat ist heute im Serieneinsatz bewährt und hat folgende Vorteile:

- Eine Zugabemenge von 1 %, in schwierigen Fällen bis max. 3%, erzielt blattrippenfreie Gussstücke
- Das Additiv ist problemlos dosierbar
- Keine Verschmutzung von Kemsandaufbereitungsanlagen und Kernkästen
- Bei geringen Bindergehalten steigt die Festigkeit bei BC Zugabe leicht an, weil durch eine Volumenzunahme des Binders die Binderbrücken vergrößert werden.
- Die Gasabgabe von Cold-Box-Kernen wird durch eine BC Zugabe nicht merklich erhöht
- Keine schädigenden Auswirkungen auf den Formsand. Das feste Zersetzungsprodukt Soda bewirkt eine positive leichte Aktivierung des Bentonits.
- Keine Geruchsbildung des Additivs
- Ersatzmöglichkeit von Chromerz- und Feldspatsanden
- Der Einsatz von Schlichten zur Vermeidung von Blattrippen entfällt

Das Verfahren ist patentiert und wird von der Firma Fosco in Lizenz betrieben.

S. Bergman, K. Ericson, Volvo Powertrain, Skövde (S)

Experiences from running an inorganic green sand system (a foundry man's view)

Inside the EU funded project Goapic (Greensand without Organic Additives for the Production of Iron Castings) the Volvo Powertrain Foundry has, during one week, carried out a trial with this novel mould sand system. The trials were performed on a HWS molding line producing brake discs for passenger cars.

The driving force for Volvo's participation in the project is our environmental care core value, including reduction of VOC and odors. The Volvo foundry site is situated close to residential buildings in the town of Skövde and, consequently, the latter aspects are prioritized.

The environmental targets were considered as being fulfilled, as the VOC emissions were decreased to approx. 50 % of the baseline recorded before the trials began.

A cleaner work environment was also achieved during the trials, due to the reduction of coal dust in the sand. Lab analyses of the mould sand showed overall properties were maintained.

One negative outcome was a worse behavior at the shakeout, bringing more sand to the blast cleaning, as well as a higher degree of sand sticking on the discs. This made the blast operation more time consuming than before.

There was no time for process optimization, and with respect to a rather extensive change of the mould sand system, the trials were considered positive with prospective chances of being repeated.

Another project, with the same goal as above (minimizing VOC), has started up in the foundry. This project is known as Advanced Oxidation, with the commercial designation Sonoperoxone®. Findings from this project have been briefly presented at the conference.

Prof. Dr.-Ing. habil. J. Bast,

Dr.-Ing. A. Malaschkin, Dipl.-Ing. A. Kadaww,

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Maschinenbau, Freiberg (D)

Prozesssteuerung bei der Verdichtung von Grünsand-Formen

Originalbeitrag siehe Seiten 131/139 dieses Heftes.

Dipl.-Ing. D. vom Stein, Hottinger Systems, Mannheim (D), Prof. Dr. J. Beyerer, Fraunhofer Institut für Informations- und Datenverarbeitung, Karlsruhe (D)

Automatische Sichtprüfung in Gießereien am Beispiel der 3D-Kontrolle von Gussteilen

Die automatische Sichtprüfung zur Qualitätsüberwachung der Produkte von Gießereien basiert heutzutage vorwiegend noch auf der Gewinnung und Verarbeitung von einem oder mehreren 2D-Bildern des zu prüfenden Gussteils. Hierbei werden gewöhnlich Grauwertkameras verwendet, die eine Helligkeitsinformation der betrachteten Oberfläche ermitteln und damit letztlich die Reflektanz bestimmen. Nur in seltenen Fällen ist die Verwendung von Farbkameras angezeigt, die eine spektral aufgelöste Helligkeitsinformation (Farbe) erfassen.

Die eigentlich relevante Information steckt aber häufig in der Topographie des Bauteils und seinen Abweichungen gegenüber einer vorgegebenen Sollgeometrie. Diese lässt sich bei geeigneter Aufnahmekonstellation und insbesondere mittels einer angepassten Beleuchtungstechnik z.T. auch aus 2D-Bildern gewinnen. Beispielsweise ist die Bestimmung lateraler Maße oft in einem Durchlichtstrahlengang aus Silhouettenbildern möglich. Spätestens bei der Bestimmung vertikaler Maße, d.h. Tiefeninformation in Blickrichtung der Kamera, sind jedoch Verfahren zur 3D-Bildgewinnung erforderlich.

Hier wird vorwiegend eine als Triangulation bezeichnete Technik eingesetzt: Im einfachsten Fall wird ein Oberflächenpunkt mittels eines feingebündelten Lichtstrahls beleuchtet und aus einer von der Projektionsrichtung verschiedenen Blickrichtung beobachtet. Aus der Lage des Lichtflecks auf einem positionsempfindlichen Sensor lässt sich die Höhe des zugehörigen Objektpunktes berechnen.

Dieses Grundprinzip lässt sich auf zwei Arten verallgemeinern:

1. Beim Lichtschnittverfahren projiziert man eine Laserlinie (einen Lichtfächer), aus deren Deformation man eine Höheninformation längs dieser Linie, d.h. ein Höhenprofil, gewinnen kann.
2. Beim Streifenprojektionsverfahren wird statt einer einzigen Linie eine ganze Schar von Linien, also ein Gitter, projiziert. Zur Auflösung von Vieldeutigkeiten wird eine kodierte Beleuchtung verwendet, die eine Sequenz von Gittern unterschiedlicher Periodenlängen umfasst.

Die erzielbare Auflösung liegt aber typischerweise im Bereich von einem oder wenigen Zehntelmillimetern.

Der gewonnene 3D-Datensatz muss vor dem eigentlichen Vergleich noch in geeigneter Weise vorverarbeitet werden: Verschiedene Ansichten (Teiloberflächen) müssen ggf. zu einem Gesamtdatensatz lagerichtig zusammengeführt werden. Ferner müssen Unterschiede in der räumlichen Lage zwischen aktuellem Objekt und Referenzdatensatz im Rechner ausgeglichen werden. Die Referenzdaten werden aus einem oder mehreren Gutteilen (Einstellmeister) abgeleitet. Fehlerhafte Stellen können direkt im 3D-Datensatz markiert werden, um dem Bediener einen Hinweis auf den genauen Fehlerort zu geben. Über eine reine Gut-/Schlechtentscheidung hinaus lassen sich die Abweichungen auch quantitativ angeben. Des Weiteren ist die Berechnung von Messwerten wie Längen und Winkel möglich. Geht dabei eine Vielzahl von Messpunkten in das Ergebnis ein, so gleichen sich statistische Messfehler aus.

Im vorliegenden Vortrag wurden verschiedene Anwendungen der triangulationsbasierten 3D-Kontrolle von Gussteilen betrachtet:

- Oberflächenkontrolle von Bremsscheiben: Hier werden die Bremsscheiben um ihre Achse gedreht und dabei mittels des Lichtschnittverfahrens radiale Höhenprofile gewonnen. Mit mehreren Kameras lässt sich nahezu die gesamte äußere Oberfläche erfassen.
- Allseitige Oberflächeninspektion mit dem FlexInspector: Bei diesem Anwendungsfall wird z.B. ein Zylinderkopf durch einen Roboter dem Sichtprüfungssystem in verschiedenen Ansichten dargeboten.
- Lesen von Reliefschriften: Bei dieser Anwendung werden die erhabenen oder vertieften Schriften aus einem Gussteil mittels des Streifenprojektionsverfahrens aufgenommen und nach geeigneter Verarbeitung über normale OCR-Routinen gelesen.

Die Techniken der 3D-Bildgewinnung, -verarbeitung und -analyse werden in Zukunft sicherlich eine zunehmende Rolle bei der Kontrolle von rohen und bearbeiteten Gussteilen einnehmen, da sie die direkte Erfassung der zur Fehlerdetektion relevanten Gestalt der Prüfobjekte ermöglichen.

Session III – Druck- und Kokillenguss

Univ. Prof. Dr.-Ing. P. Schumacher, Österreichisches Gießerei-Institut und Montanuniversität Leoben (A)

Einfluss von Seigerungen auf die Kornfeinung bei Al-Legierungen

Die Kornfeinung von Al-Legierungen erfolgt meist durch die Zugabe von Boriden (TiB_2), die als Keimbildner dienen, und zusätzlichem freien Ti, das das Kornwachstum behindert. Die Kornfeinung ist damit von Al-Legierungen durch Wachstums- und Keimbildungsprozesse bestimmt. Beide Prozesse sind durch Seigerungen an Phasengrenzflächen beeinflusst. Legierungselemente neben Ti können auch zu Seigerungen führen und es kommt zu einer weiteren Wachstumsbehinderung, z.B. von Dendriten, die eine feinere Korngröße ermöglicht. Gleichzeitig können Seigerungen auch an heterogenen Keimen auftreten. Diese erniedrigen die Oberflächenenergien und ermöglichen eine effektive Keimbildung. Das Verständnis der Wachstums- und Keimbildungsprozesse kann zu einem optimierten Einsatz von Kornfeinungsmitteln führen.

Keimbildungsmechanismen werden anhand von neuen mikroskopischen Techniken aufgezeigt und Ansätze zum optimierten Einsatz von Kornfeinungsmitteln werden diskutiert.

Dipl.-Ing. R. Franke, Dr.-Ing. H. Koch,

Aluminium Rheinfelden GmbH, Rheinfelden (D)

Potential zur Reduzierung der Wärmebehandlung durch Einsatz von AlMgSi-Legierungen im Kokillenguss

In 2003 wurden ca. 35 % der abgelieferten Gussstücke im Kokillengussverfahren hergestellt. Dabei hat der hochwertige Guss für Sicherheitsteile wie zum Beispiel Querträger, Schwenklager oder Räder einen nicht unerheblichen Anteil. Als Legierung werden hier in der Hauptsache AlSi7Mg und AlSi9Mg verwendet. Um die gewünschten mechanischen und dynamischen Eigenschaften zu erreichen, müssen diese Legierungen einer vollen Wärmebehandlung mit Lösungsglühen unterzogen werden. Dies gilt auch für hoch beanspruchte Zylinderköpfe, bei denen noch Kupfer zugesetzt wird, um die genannten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen noch zu verbessern. Eine volle Wärmebehandlung führt allerdings zu Verzug der Gussteile; vor allem nach dem Lösungsglühen und Abschrecken in Wasser. Dies zieht Richtarbeit nach sich bzw. kann im Extremfall zu Ausschuss führen. Daher wurden in letzter Zeit Möglichkeiten geprüft, entweder die gesamte Wärmebehandlung einzusparen oder zumindest das Lösungsglühen und Abschrecken fallen zu lassen, wie es bereits heute im Druckguss angewendet wird.

Im Prinzip gibt es zwei Möglichkeiten, die Eigenschaften im Kokillenguss ohne eine Lösungsglühung zu verbessern:

1. die Selbstaushärtung durch Zulegieren von Zink;
2. die Verwendung von Legierungen, die beim Ausformen aus der Kokille abgeschreckt werden und danach soviel Aushärtungspotenzial besitzen, dass eine T5 Behandlung bei moderaten Temperaturen ausreicht, die geforderte Festigkeit und Dehnung zu erreichen.

In dem vorliegenden Vortrag soll über die Eigenschaften des Legierungstyps AlMg3Si1 T5 berichtet werden, mit der Eigenschaften, vergleichbar der Legierung AlSi7Mg T6, erzielt werden können. Bei entsprechenden Randbedingungen liegt die Streckgrenze über 190MPa, die Zugfestigkeit über 260MPa bei Dehnungen von >6%. Durch Dotieren des Grundlegierungstyps mit Mangan und Chrom oder Scandium kann die Warmfestigkeit erheblich verbessert werden, was den Anwendungsbereich der Legierung erweitert. Zukünftige mögliche Anwendungen wurden diskutiert.

Dr.-Ing. T. Zeuner, KSM Castings GmbH Kloth-Senking Metallgiesserei, Hildesheim (D),

Dipl.-Ing. K. Schneider, KSM Castings GmbH Kloth-Senking Metallgiesserei, Hildesheim (D)

Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit durch messbare Erfolge im Druck- und Kokillenguss

Trotz Rekordproduktionszahlen der Leichtmetall-Gießerei-Industrie in 2004 steigt der Kostendruck auf westeuropäische Betriebe durch Produktionsstandorte mit augenscheinlich günstigeren Fertigungskosten im osteuropäischen und indo-asiatischen Raum stetig an. Welche Schlüsse sind daraus zu ziehen?

Potenziale in Gießereibetrieben sind in der Regel trotz stetig optimierter Abläufe der letzten Jahre immer noch an diversen Stellen zu heben, sofern Werkstoff- und Prozessverständnis und Organisationsstrukturen intakt sind.

So zeigt eine Analyse der Kostentreiber bei Fahrwerksteilen, hergestellt im Druck- und Kokillenguss, den Schwerpunkt in den Aufwendungen für Prüfung und Wärmebehandlung. Hier sind dringend die Hauptansatzpunkte der zukünftigen Entwicklungen zu suchen, wenn der Werkstoff Aluminium sich in diesem Bereich gegen Eisenwerkstoffe weiter behaupten will. Weiterentwickelte Prozesse, wie das CPC-Verfahren, erlauben dabei eine deutlich höherer Prozessstabilität, als konventioneller Kokillenguss und bieten damit die Chance, kostentreibende Prozessschritte künftig entfallen zu lassen.

Eine Konzentrierung ist außerdem auf die Erzeugung komplexer, hoch qualitativer Gussbauteile mit minimaler Porosität erforderlich. Dort, wo die Legierungstypen oder der Prozess Giessen selbst dies nicht gestatten, ist frühzeitig auf das gießgerechte Design (seriennahe Prototypen) und die Funktionsprüfung der erreichbaren Gefügestände (MK-Prüfstände) mit dem Kunden Einfluss zu nehmen. Idealerweise kann die Al-Gießerei alle diese Leistungen aus eigener Hand darstellen.

Der Druckguss bietet aufgrund seiner prozessbedingten Einflussmöglichkeiten auf die Qualität von Gussbauteilen eine Vielzahl von Optimierungsansätzen überwiegend im Bereich der Temperierung (Entfall von Heiz-Kühlgeräten), Werkzeugauslegung (Verschleißschutz, Entfall von Temperierungen) und Sprühtechnik (Einsatz von Mehrachsenrobotern).

An Beispielen wird gezeigt, wie bei Thyssen Krupp Fahrzeugguss in der Produktion aber auch in den administrativen Bereichen durch Anwendung strukturierter Projekte mit Unterstützung von six-sigma-Techniken Erfolge erzielt werden.

Dipl.-Ing. B. Niedermann, Bühler Druckguss AG, Uzwil (CH)

Structural Giessprozess

Was ist ein Strukturbauteil? Strukturbauteile zeichnen sich z.B. durch folgende Punkte aus:

- Dünnwandig, meist um 2 mm
- Flächig, oft mit Verrippungen
- Sonderlegierungen mit erhöhter Dehnung
- Hohe Anforderungen an geringen Verzug
- Besondere Anforderungen an Fügechnik: Das Teil soll geschweisst, genietet, gefalzt oder geklebt werden
- Häufig in geringen Stückzahlen für PKW der gehobenen Klasse
- Oft eingesetzt werden Strukturbauteile im Space-Frame-Konzept von AUDI, aber auch bei anderen Automobilherstellern wie BMW, Daimler-Chrysler, VW, Jaguar und Ferrari.

Vorgestellt wurden das Verfahren und die eingesetzten Legierungen sowie der Modellprozess. Weiter die Anforderungen sowie die typische Ausgestaltung der Giesszelle für Structuralbauteile.

Dipl.-Ing. Dr. A. Sigmund, M. Rauch,

Ing. P. Rauch, Ing. Rauch-Fertigungstechnik Ges.m.b.H., Gmunden (A)

Neue Entwicklungen in der Mg-Schmelztechnik – praktische Fallbeispiele

Eine moderne Magnesium-Gießerei steht unter hohem Kosten- und Qualitätsdruck. Das Recycling der in der Produktion anfallenden Mg-Abfälle spielt sowohl hinsichtlich der Kosten als auch hinsichtlich der erzielbaren Qualität der Erzeugnisse eine Schlüsselrolle. Je nach Menge und Reinheitsgrad der in der Produktion anfallenden Mg-Abfälle bestehen unterschiedliche Möglichkeiten der Verwertung. Der überwiegende Teil der Abfälle besteht aus sauberem Rücklauf in Form von Angüssen. Es werden die Vor- und Nachteile gängiger Strategien zur Verwertung des Mg-Rücklaufes diskutiert. Durch entsprechende Gestaltung der Materialströme ist eine Rückführung dieser Teile in die Produktion kostengünstig und qualitätssichernd möglich. Es wird ein Anlagenkonzept vorgestellt, dass dadurch gekennzeichnet ist, dass die Magnesium-Schmelze zentral aufbereitet wird – abseits der Gießzellen. In dieser Zentralschmelze erfolgt das Vor- bzw. Rückschmelzen, wobei auch das Aufgießen durchgeführt werden kann. Das Rückschmelzen kann salzfrei oder/und salzgestützt stattfinden. Die Schmelze wird nach entsprechender Qualitätsprüfung in Schmelze-Transportbehälter gefüllt und zu den Gießzellen ge-

bracht. In der Gießzelle befindet sich der zugehörige Gießofen mit seiner Dosiereinrichtung. Er wird vom Schmelze-Transportbehälter flüssig beschickt. Die entscheidenden Vorteile dieses Konzeptes sind die hohe Verfügbarkeit der Gießzelle und die verbesserte Möglichkeit der Qualitätskontrolle sowie deren Nachvollziehbarkeit. Weitere wichtige Vorteile sind der Platzgewinn an der Gießzelle, der geringere Installationsaufwand und der Gewinn an Sicherheit gegenüber konventionellen Lösungen, die den Schmelzvorgang – gegebenenfalls auch den Rückschmelzvorgang – im Bereich der Gießzelle durchführen. Es werden die technischen und wirtschaftlichen Aspekte des nunmehr bereits mehrfach bewährten Konzeptes anhand praktischer Fallbeispiele diskutiert.

Dipl.-Ing. Dr.techn. E. Kaschnitz, Österreichisches Gießerei-Institut, Leoben (A)

Numerische Simulation von Eigenspannung und Verzug – Traum und Wirklichkeit

Die numerische Simulation der Formfüllung und Erstarrung hat sich in den letzten Jahren als Werkzeug der Arbeitsvorbereitung im Formguss fest etabliert und kann heute als „Stand der Technik“ bezeichnet werden. Die gewonnenen Ergebnisse lassen im Allgemeinen sichere Schlüsse auf stabile Prozessbedingungen zu, mögliche Gussfehler wie beispielsweise Porosität oder Kaltläufe können inzwischen weitgehend erkannt werden. Eine weitere Richtung der Simulationstechniken ist die Analyse der thermomechanischen Belastung von Bauteilen und Formwerkzeugen während der Erstarrung, Abkühlung und eventueller Wärmebehandlung. Die ungleichmäßige – und normalerweise noch zusätzlich behinderte – Schrumpfung eines Gussstückes führt zu Verzug, dabei können sich starke Eigenspannungen aufbauen. Ähnlich werden Formen und Werkzeuge vor allem durch Temperaturwechsel lokal stark thermomechanisch belastet.

Die Information der Temperaturfelder ist prinzipiell aus der Erstarrungssimulation bereits vorhanden. Daher stehen bei allen Simulationspaketen größerer Anbieter, egal ob auf FEM oder FDM basierend, Werkzeuge zur Berechnung von Eigenspannung und Verzug – eigentlich schon seit Jahren – zur Verfügung. Die Temperaturen und mechanischen Lasten müssen jedoch mit einem geeigneten Materialmodell verknüpft werden, um sinnvolle Aussagen über Verzug und Eigenspannung treffen zu können. Diese Materialmodelle sind, soweit überhaupt kontinuumsmechanisch fassbar, im Hochtemperaturbereich wenig erforscht. Die mechanischen Lasten wiederum sind schwierig einzuschätzen (z. B. Aufschrumpfen, Abschrumpfen, Formwandbewegungen), die Temperaturfelder sollten zusätzlich recht genau bekannt sein. Weitere Herausforderungen sind die Umsetzung der vorhandenen komplexen Geometrien in sinnvolle Berechnungsnetze.

Prof. Dr.-Ing. L. H. Kallien, Hochschule Aalen, Aalen (D)

Druckgussteile mit funktionalen Hohlräumen durch Gasinjektion

Das Druckgussverfahren zur Verarbeitung metallischer Schmelzen besitzt den kürzesten Verfahrensweg zwischen Einsatzmetall und Fertigerzeugnis bei gleichzeitig kurzen Zykluszeiten. Druckguss wird immer dann eingesetzt, wenn hohe Produktivität bei hohen Stückzahlen gefordert ist. Das Spritzgießverfahren zur Verarbeitung von verstärkten und unverstärkten Thermoplasten ähnelt dem Druckgießverfahren in vielen Bereichen, was den grundsätzlichen Verfahrensablauf und den Aufbau der Maschine angeht.

Bei der Spritzgießtechnik wurden in den letzten Jahren Sonderverfahren entwickelt, unter anderem die Gasinjektionstechnik. Bei diesem Verfahren werden durch Injektion eines Gases, typischerweise Stickstoff, Hohlräume mit einem gleichmäßigen Gasinnendruck im Bauteil erzeugt. So können Spritzgussteile mit geringem Gewicht und definierten, funktionalen Hohlräumen kostengünstig hergestellt werden.

Der Vortrag beschreibt Ansätze und erste Ergebnisse, diese Technologie auf das Druckgießen metallischer Schmelzen zu übertragen. Durch die Herstellung besonders leichter Teile und Konstruktionen aus Metall mit medienführenden Leitungen ohne aufwendige Losteile oder Stahlkerne im Druckgießwerkzeug eröffnen sich besonders im Automobilbereich neue Anwendungspotentiale: denkbar sind leichtgewichtige Türgriffe aus Zinkdruckguss, medienführende Leitungen Kraftstoffbereich wie Common-Rail Einspritzleisten oder hohlgeblasene Kanäle bei Ölfiltergehäusen aus Aluminiumdruckguss.

NEWCAST-Forum



Die NEWCAST-Vorträge waren stets gut besucht

Dipl.-Ing. M.J. Schulze, CLAAS GUSS GmbH, Gütersloh (D)

Leichtbau mit Eisenguss – Wettbewerbsfähige Bauteile durch optimale Kombination von Eisenwerkstoffen und Formgebung

Als wichtiger Bestandteil der Zukunftssicherung für das gesamte Unternehmen wird bei CLAAS GUSS der Auf- und Ausbau von Entwicklungskompetenz seit nunmehr 8 Jahren vorangetrieben.

Neben der Schaffung entsprechender technischer Voraussetzungen liegt der Schlüssel des Erfolges in der Zusammenstellung von interdisziplinären Teams, die mit einem hohen Maß an Kreativität und Einsatz die Problemstellungen und Fragen der Kunden aufgreifen und unter Ausschöpfung aller technischen Möglichkeiten innovative Lösungen entwickeln.

Das Dienstleistungsangebot reicht von der Beratung zur Werkstoffwahl und Detailinformationen über Werkstoffeigenschaften über Hilfestellung bei der Umsetzung gießtechnisch wichtiger Details bis hin zur eigenständigen Erstellung von Gusskonstruktionen. In vielen erfolgreichen Projekten konnten gegossene Komponenten ihre Vorteile gegenüber den durch andere Fertigungsverfahren hergestellten Bauteilen zum Nutzen des Kunden ausspielen.

Um heute auf hochqualifiziertem Stand beraten und bei der Bauteilentwicklung unterstützen zu können, ist es wichtig, auch aktiv für die Vermehrung von Wissen zu sorgen und sich mit in die Forschung einzubringen. So ist eine aktive Mitarbeit verschiedener Experten in Fachausschüssen des VDG aber auch in branchenübergreifenden Arbeitskreisen mittlerweile selbstverständlich. Ebenso gehört die intensive Zusammenarbeit mit Instituten und Hochschulen sowie die fachliche Begleitung von Forschungsprojekten als wichtige Voraussetzung zur Wertschöpfung in einem Gießereiunternehmen wie CLAAS GUSS.

Prof. E.P. Warnke, Siempelkamp Giesserei GmbH, Krefeld (D)

Auslegungskriterien für Gusskonstruktionen

Das älteste gestalterische Herstellungsverfahren ist das Gießen. Dieses Herstellungsverfahren ermöglicht eine gestalterische Freiheit wie kein anderes Verfahren und verbindet gleichzeitig Funktionalität und betriebssicheres Verhalten.

Diese Vorzüge der Gestaltung sind in der Praxis möglich, wenn alle Einflussgrößen optimal aufeinander abgestimmt werden. Zu diesen Einflussgrößen gehören zum einen eine Gestaltung nach Bionik-Gesichtspunkten (der Natur nachempfunden) und zum anderen einzuhaltende Randbedingungen aus der Gießertechnik, wie Gießlage, beanspruchungsgerechte Abkühlung zur optimalen Gefügeausbildung und zuletzt die Werkstoffauswahl selbst.

Für eine optimale Werkstoffausnutzung müssen alle relevanten Randbedingungen aus einem Pflichtenheft bekannt sein. Mit diesen Fakten kann ein Prozess der Produktentwicklung beginnen, der mit dem Design beginnt, über eine Gestaltoptimierung weiter zur Konstruktions- und Fertigungszeichnung führt, an die sich die Berechnung anschließt, um die auftretenden Spannungen mit den zulässigen zu vergleichen. Daran schließt sich die Simulation der

Formfüllung und Erstarrung an, um dann den Planungsprozess mit der Festlegung des Gießaufbaus und der qualitätssichernden Maßnahmen abzuschließen.

Wenn eine geplante Gusskonstruktion Erfolg haben soll, müssen alle am Prozess beteiligten Partner eng zusammenarbeiten, auch wenn sie aus verschiedenen Arbeitsbereichen stammen, wie der Konstrukteur, der für das Design und die technische Anwendung zuständig ist, der Berechnungsingenieur, der die Anwendung der Software für statische und gießtechnische Simulationen betreut, wie auch der Gießereingenieur, der für die Belange der Gießtechnik und Werkstofftechnologie verantwortlich ist.

Mit dieser Vorgehensweise hat der Entwickler alle Möglichkeiten, eine in allen Belangen beste Gusskonstruktion in die Realität umzusetzen, denn mit der Möglichkeit, mit Hilfe von Software eine der „Natur nachempfundene“ Gestaltung einer Konstruktion zu erreichen, wird das Gießen einen immer größeren Anwendungsbereich auch in der Zukunft erfahren.

Dipl.-Ing. Ernst du Maire, Dr.-Ing. Thorsten Schmidt, Heidenreich & Harbeck AG, Mölln (D)

Von der Natur lernen – kraftflussgerechte, neuartige Gestaltung gegossener Komponenten

Originalbeitrag siehe Seiten 124/128 dieses Heftes.

F. Sprenger, Walter Hundhausen GmbH, Schwerte (D)

Hochtemperaturbeständige Bauteile aus Eisenguss

Hochtemperaturbeständige Bauteile aus Eisenguss für den Motorenbau in der Automobilindustrie finden in der Hauptsache als Abgaskrümmen, Abgassammler und Turbinengehäuse ihren Einsatz.

Gerade im Bereich der aufgeladenen Dieselmotoren konnten die gegossenen Bauteile in den letzten Jahren ihre Marktanteile halten und entgegen früherer Meinungen sogar noch ausweiten.

Als Werkstoffe für die heutigen modernen Konstruktionen werden EN-GJS SiMo 5.1, EN-GJV SiMo und D5s (Ni-Resist) eingesetzt. In einigen Anwendungsbereichen wird aber auch heute noch EN-GJS 400-15 eingesetzt und für die unteren Temperaturbereiche verwendet.

EN-GJS SiMo 5.1 findet Anwendung bis zu einer Abgastemperatur von 830 °C, EN-GJV SiMo bis ca. 870 °C und bis zu einer Temperatur von 950 °C wird D5s eingesetzt.

Die resultierenden Materialtemperaturen z.B. bei Krümmern liegen je nach Einsatzfall ca. 50-60°C unter den angegebenen Abgastemperaturen.

Gerade im Hinblick auf das Erreichen der neuen Abgasnormen (z.B. EU4 u.a.) sah man sich gezwungen, die Abgastemperaturen so weit zu erhöhen, dass ein Einsatz von Eisengussbauteilen technisch oder auch wirtschaftlich nicht mehr möglich erschien.

Durch geschickten Eingriff in die Motorsteuerung und Verbrennung, durch bessere Werkstoffkenntnisse und Konstruktionsmethoden ist es gelungen, auch für das Erreichen der in nächster Zeit gültigen Abgasnormen bei Diesel und Benzin FSI Motoren, den Einsatz von kostengünstigeren Eisengussbauteilen zu ermöglichen.

Vorteile einer Konstruktion als Gussteil sind die größere geometrische Freiheit, das Nichtvorhandensein von z.B. geschweißten Verbindungsstellen, die erheblichen besseren Geräuschwerte und natürlich die Kosten für das Bauteil. Für die höchsten Temperaturbereiche, z.B. bei aufgeladenen Benzinmotoren, die über die Einsatztemperatur eines D5s hinausgehen, werden heute Stahlgussgehäuse aus den austenitischen Legierungen 1.4848 und 1.4849 verwendet.

Durch die modernen Techniken der thermodynamischen Finite Element (FEM-) Berechnungen sind durch die Zuhilfenahme des Werkstoff-Knowhows des Gießers sehr exakte rechnerische Auslegungen eines Bauteiles möglich und so ist es gelungen, die Entwicklungszeiten erheblich zu reduzieren und die Bauteile entsprechend den gestiegenen Anforderungen auszuliegen.

Bauteile aus Eisengusswerkstoffen für den Einsatz in PKW und NFZ Verbrennungsmotoren haben auch weiterhin Zukunft!

Durch moderne Konstruktions- und Berechnungsmethoden ist es möglich, kostengünstige und hochleistungsfähige Bauteile zu entwickeln, die sich im Markt weiterhin durchsetzen werden.

Dipl. Ing. B. Happe, HDO Druckguß- und Oberflächentechnik GmbH, Paderborn (D)

Dekorative Produkte aus Magnesium- und Zinkdruckguss

Dekorative Bauteile aus Druckgusswerkstoffen stellen eine komplexe Nische dar, die beherrscht werden muss, wenn man die Anforderungen des Kunden erfüllen will.

Der auf die Produkte und Technologie abgestimmte PEP-Prozeß ist die Grundlage für die Entwicklung neuer, kundengerechter dekorativer Produkte und ist von existentieller Bedeutung für Entwicklungslieferanten.

Erfolgreiche Unternehmen haben sich bereits auf die sich dynamisch ändernden Marktbedingungen eingestellt und ihre Organisationsform auf offene und fließende Prozesse ausgerichtet.

Der PEP-Prozeß ist im besonderen hiervon betroffen. PEP ist daher nicht mehr als Bezeichnung einer abgeschlossenen, isolierten Struktur zu verstehen, sondern als Gesamtheit aller Prozesse, die vom Kundenwunsch zum marktreifen Produkt führen.

Innovative Produkte sind heute kurzlebiger und müssen neben niedrigen Preisvorstellungen immer differenzierteren Funktionen genügen.

Im Fahrzeuginnenraum erfahren zum Beispiel „Erlebbar Metalle“ eine Renaissance, die in Wertanmutung der Erwartungshaltung der Endverbraucher am ehesten entspricht.

Magnesium- und Zinkdruckgussbauteile können bei frühzeitiger Einbindung der Lieferanten in der frühen Entwicklungsphase die Erwartungen im dekorativen und funktionalen Bereich erfüllen.

Anhand von Beispielen erläutert HDO die komplexen Prozessstufen dekorativer und funktioneller Oberflächenteile aus Mg- und Zn-Druckguss.

Dr.-Ing. M. Wappelhorst, HONSEL GmbH & Co. KG, Meschede (D)

Leichtmetall-Motorblock-Konzepte im Überblick

In dem Beitrag wird zunächst der Stand der Entwicklungen bei Zylinderkurbelgehäusen aus Aluminium dargestellt. Im Vergleich zu Motorblöcken aus Grauguss, die bisher weitgehend in einem einheitlichen Konzept hergestellt werden, ergeben sich bei Aluminium unterschiedliche Möglichkeiten. Eine Beschreibung und Systematisierung von Aluminium-Motorblöcken kann nach folgenden Punkten vorgenommen werden:

- Kurbelgehäusebauart
- Leichtmetall-Gusslegierung
- Gießverfahren
- Technologie zur Herstellung der Zylinderlauffläche

Des Weiteren werden Ergebnisse eines europäischen Forschungsvorhabens zur Entwicklung eines Konzepts zur wirtschaftlichen Großserienherstellung von Magnesium-Druckgussmotorblöcken vorgestellt. Neben Honsel sind BMW, FIAT, Opel, Renault, Volvo, Noranda, Norsk Hydro und das dänische Forschungsinstitut Risø an dem Vorhaben beteiligt. Schwerpunkte des Projekts sind u. a. die Legierungsentwicklung, die Festlegung von Auslegungs- und Bewertungskriterien, die Herstellung von Gussteil-Demonstratoren, sowie die Entwicklung geeigneter Aluminiumverschraubungen und die Additiventwicklung für die Kühlflüssigkeit. Aufgrund der strategischen Ausrichtung dieses Projektes wird es sowohl durch EUCAR, die F&E-Vereinigung der europäischen Automobilhersteller, sowie durch die Europäische Union unterstützt.

Als Kambauteil steht das Zylinderkurbelgehäuse mit einem Anteil am Gesamtgewicht des Motors von ca. 25–33 % nach DIN 70020 A, je nach Motorgröße und -bauart sowie der Art des Verbrennungsverfahrens und der Kurbelgehäusebauart im Blickfeld der Entwicklungsingenieure. Um das Gewicht weiter zu reduzieren, ist neben intelligenten Konstruktionen, einer weiteren Integration von Nebenaggregaten eine Diskussion um den idealen Zylinderkurbelgehäusewerkstoff entstanden. Der Verwendung von Magnesium als Werkstoff für Zylinderkurbelgehäuse stand bisher die relativ geringe Warmfestigkeit bei Temperaturen über 150°C im Wege. In der Präsentation wird insbesondere auf die warmfesten Magnesium-Druckgusslegierungen AJ62 und AEI eingegangen.

Dr.-Ing. L. Würker, Leiter Technische Entwicklung, KSM Castings GmbH, Hildesheim (D)

Dr.-Ing. Thomas Zeuner, Werkleiter, KSM Castings GmbH, Hildesheim (D)

Radführende Bauteile hergestellt im CPC-Verfahren

Die Anwendung des Werkstoffs Aluminium in Fahrwerksteilen hat in den letzten Jahren deutliche Verbreitung gefunden. Unter dem wachsenden Zwang zur Gewichtsreduzierung und Treibstoffersparnis finden sich Al-Anwendungen nicht mehr nur in Oberklassefahrzeugen, sondern mit dem Einsatz beispielsweise in den Plattformen VW PQ24 (Polo) und PQ35 (Golf) sowie BMW E60 (5er-Reihe) auch in Massensegmenten der Automobilindustrie.

KSM Castings fertigt Al-Fahrwerksteile seit Jahren in den konventionellen Gießverfahren Druckguss, Kokillenguss und Sandguss mit hohem Automatisierungsgrad auf hohem Qualitätsniveau. Dennoch sind diese klassischen Fertigungstechnologien nicht in der Lage, die Nachteile des Werkstoffs für hochfeste Anwendungen zu überwinden. Das CPC-Gießverfahren – auch bekannt als Gegendruck-Kokillenguss – konnte im Vergleich mit anderen Fertigungsverfahren sowohl bei den technischen wie auch den wirtschaftlichen Aspekten überzeugen.

Durch die Verwendung des CPC-Verfahrens zur Herstellung von Fahrwerksteilen lassen sich deutlich verbesserte mechanische Eigenschaften realisieren. Die Verminderung an Gefügedefekten führt im Vergleich zu konventionellen Gießverfahren zu einem günstigeren Festigkeits-Dehnungs-Verhältnis, d.h. bei gleicher Bruchdehnung können höhere Streckgrenzen und Zugfestigkeiten erzielt werden, die bis in Bereiche gehen, die von Aluminiumknetlegierungen bekannt sind. Im Gegensatz zu den Semi-Solid-Verfahren und anderen Sonderverfahren zeichnet sich das CPC-Verfahren dadurch aus, daß diese hervorragenden Eigenschaften mit einem stabilen Prozeß und durch den Einsatz konventioneller Gusslegierungen ohne besondere Vormaterialbehandlung erreicht werden. Zusätzlich bietet die Druckunterstützung aber auch die Möglichkeit, schwierig zu vergießende Aluminiumlegierungen prozeßsicher zu verarbeiten.

Die erhöhten mechanischen Eigenschaften lassen sich gut in Gewichtsreduzierungen umsetzen und helfen so, die ungefederten Massen im Fahrwerk zu reduzieren. Dadurch ist das CPC-Verfahren prädestiniert für die Herstellung sicherheitsrelevanter Fahrwerkskomponenten im Automobilbau insbesondere für radführende Teile wie Hinterachsradschwenker und Vorderachsschwenglager. Im Vergleich zu konventionellen Gießverfahren und auch Schmieden stellt das CPC-Gießverfahren somit eine sehr kostengünstige Variante dar, welche die Eigenschaften des Werkstoffs Aluminium in der Verarbeitung optimal berücksichtigt.

Ing. L.J. Kikert, De Globe B.V., Belfeld (NL)

Anforderungen an die Konstruktion und Herstellung von Druckbehältern und Druckbehälterteilen aus Gusseisen mit Kugelgraphit

In der mit der Europäischen Druckgeräte-Richtlinie (97/23/EC) harmonisierten Norm EN 13445 Teil 6 „Anforderungen an die Konstruktion und Herstellung von Druckbehältern und Druckbehälterteilen aus Gusseisen mit Kugelgraphit“ werden zulässige Kugelgraphit-Sorten, maximal zulässige Entwurfspannungen, erforderliche Prüfungen, zulässige Gussfehler spezifiziert.

Außerdem werden in einem Anhang Methoden zur Dauerfestigkeitsbeurteilung vorgeschrieben.

In dem Vortrag wird diese Norm vorgestellt und erläutert.

Anhand eines Beispiels, wo ein gegossener Druckbehälter mit einem geschweißten Druckbehälter verglichen wird, wird auf die Vor- und Nachteile gegossener Druckbehälter eingegangen. Mehrere Beispiele von gegossenen Druckbehältern werden gezeigt.

Ing. (grad.) W. Kullik, Gusswerk Waltenhofen H. Staab GmbH, Waltenhofen (D)

Herstellung von Maschinenbauteilen mit verlorenen Modellen

Heute werden sowohl für die Großserie, wie auch für die Einzelfertigung Abgüsse nach verlorenen Modellen produziert. Die Modelle werden aus vergasbaren Werkstoffen – vorzugsweise Styropor – mit definierter Dichte, angefertigt.

Für die Großserie erfolgt die Herstellung der Modelle – prozessbedingt – in Werkzeugen aus Aluminium. Die Werkzeuge unterliegen praktisch keinem Verschleiß, so dass für die Lebenszeit eines Bauteiles keine Instandhaltungskosten für die Modelleinrichtung anfallen. Die gießfertigen Modelle werden aus Teilmodellen zusammengebaut, so dass ihre Geometrie der des fertigen

Gussteiles entspricht. Als Formstoff hat sich ungebundener Quarzsand durchgesetzt. Die Verdichtung des Quarzsandes erfolgt durch Vibration. Die Vibration wird in Abhängigkeit von der Modellkontur nach den Parametern Sandmengenführung, Frequenz und Amplitude des Verdichters geregelt. Die so erzeugten Gussteile zeichnen sich durch eine hohe Maßgenauigkeit aus.

Für die Einzelfertigung wird aus Styroporquadern nach den Daten der 3D-Konstruktion ein Modell gefräst. Das Abgießen dieser Modelle erfolgt in chemisch gebundenem Formstoff. In Abhängigkeit von der Beanspruchung eines Bauteiles setzen sich zwei verschiedene Herstellungsarten durch.

1. Die Modelle werden in der Form, durch das einströmende Metall vergast.
2. Das Modell wird wie beim Holzmodell vor dem Gießen aus der Form entfernt. Die Hohlräume und Hinterschnitte werden über Kerne hergestellt.

Sowohl für die Großserien- wie auch für Einzelabgüsse können alle metallischen Werkstoffe gegossen werden.

Freitag, 22. April 2005



M. Zimmermann, VÖG-Vorsitzender, eröffnet den 2. Tagungstag.

Landesrat Konrad Streiter überbringt die Willkommensgrüße des Landeshauptmannes von Tirol, DDr. Herwig van Staa.

Grußworte

Der zweite Veranstaltungstag wurde durch eine **Begrüßungsadresse von KR Ing. Michael Zimmermann, Vorsitzender des VÖG**, Verein Österreichischer Gießereifachleute, im Namen der österreichischen Mitveranstalter und einen **Willkommensgruß von Landesrat Konrad Streiter**, in Vertretung des Landeshauptmannes von Tirol, eröffnet.

Zimmermann bedankte sich insbesondere bei Dr.-Ing. Gotthard Wolf, Hauptgeschäftsführer des VDG und seinem Team sowie bei Dipl.-Ing. Dr. Hans-Jörg Dichtl und dem Team des ÖGI für die vorbildliche Vorbereitung und Abwicklung der Tagung.

Plenarvorträge

Dr.-Ing. F. Mnich,

Rautenbach AG, Wernigerode (D)

Eine Gießerei auf dem Weg zur Internationalisierung

Originalbeitrag siehe Seite 129/130 dieses Heftes!

Prof. Dr. C. Mattheck, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe (D)

Design in der Natur – Der Baum als Lehrmeister

Nirgendwo ist der Daseinskampf um Lebensraum und Energie so erbarmungslos wie in der Natur. Nichtoptimierte Spezies werden vertrieben, jagt, aufgefressen oder überschattet von besser angepassten, optimierten Konkurrenten.

Es ist unmittelbar einleuchtend, dass im Gefolge dieser grausamen, Jahrmillionen andauernden Selektion nicht nur die einzelne biologische Struktur optimal an ihre natürliche Belastung angepasst ist, sondern auch die Mechanismen, mit denen dieses Design geschaffen wird.

Bei biologischen Lastträgern, aber auch technischen Bauteilen, kann eine kerbspannungsfreie Oberfläche mit weitgehend homogener Spannungsverteilung bezüglich der Versagensgefahr infolge Ermüdung als optimales Gestaltungsprinzip angesehen werden.

Bäume und Knochen verfügen über „bauteilinterne“ Rezeptoren und können damit lokale Spannungskonzentrationen registrieren sowie sich adaptiv wachsend reparieren. Diese selbstheilenden und somit ständig sich selbst optimierende Bauteile sind im wahrsten Sinne „smart structures“, also intelligente Strukturen. Durch das Verständnis dieser Mechanismen der Selbstoptimierung wurde es möglich, über Computersimulationen auch technische Bauteile durch „Wachstum“ zu optimieren, ohne den komplizierten Weg der mathematischen Optimierung zu gehen.

Die CAO Methode (Computer Aided Optimization) ist ein einfaches Verfahren zur Gestaltoptimierung mechanischer Bauteile und zur Simulation biologischen Wachstums. Diese Methode kopiert den Mechanismus der Bäume, im Kambium an Stellen hoher Belastung mehr Holz anzulagern als an weniger belasteten Orten. Mit dieser Methode gelingt es, eine Kontur zu ermitteln, die einen konstanten Spannungsverlauf an der Oberfläche aufweist und somit an keinem Ort bevorzugt Versagen eintritt.

In Mattheck: Warum alles kaputt geht, 2003 (www.mattheck.de) werden eine neue Taschenrechnermethode und eine graphische Methode vorgestellt, mit denen sich Bauteile ohne aufwendige Finite-Elemente-Rechnungen optimieren lassen.

Das Strukturoptimierungsprogramm SKO (Soft Kill Option) simuliert die adaptive Mineralisation bei Knochen, indem der Elastizitätsmodul der Struktur in Abhängigkeit von den Spannungen variiert wird. Das Ergebnis ist ein Designvorschlag für eine Leichtbaustruktur unter den gegebenen Last- und Randbedingungen.

Die SKO-Methode wird gegenwärtig gerade durch eine berechnungsfreie graphische Methode ersetzt: In Seilen denken! Diese neuen Optimierungsmethoden sollten es auch der kleinsten Firma ermöglichen, leichte und dauerfeste Bauteile zu konstruieren.

Mit der CAIO Methode (Computer Aided Internal Optimization) kann man die Innenarchitektur des Baumes, nämlich seinen optimalen Faserverlauf, nachvollziehen und auf technische Faserverbunde übertragen.

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Wilfried Eichlseder, Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Allgemeinen Maschinenbau, Leoben (A)

Lebensdauerberechnung, von der Probe zum Bauteil

Unter dem Druck des Wettbewerbes werden möglichst kurze Produktentwicklungszeiten angestrebt, weshalb bereits im frühen Entwicklungsstadium Aussagen über die Lebensdauer und damit die Dimensionierung der Bauteile erforderlich werden. Da durch die häufig angestrebte Gewichtsoptimierung der Bauteile das Limit der Belastbarkeit so nah wie möglich erreicht werden soll, werden Simulationsmethoden sowohl im Berechnungs- als auch im Versuchsablauf verstärkt eingesetzt.

Die Abschätzung der Lebensdauer auf Basis von lokalen Spannungen, wie sie z.B. mit der Finite Elemente Methode berechnet werden, erfordert die Kenntnis lokaler Wöhlerlinien des Bauteils. Wöhlerlinien, in Versuchen an

kleinen Proben ermittelt, sind für die Berechnung der Lebensdauer von Bauteilen nicht ausreichend. Andererseits ist die experimentelle Ermittlung von Bauteilwöhlerlinien nicht möglich, wenn der Bauteil erst virtuell und noch nicht in Realität existiert. Man ist daher auf die Abschätzung der Wöhlerlinien durch Simulation angewiesen.

Aufbauend auf die im Versuch an idealisierten Proben ermittelten Wöhlerlinien wird die Übertragbarkeit von Probenwöhlerlinien auf Bauteilwöhlerlinien für Gusswerkstoffe dargestellt. Neben Einflüssen durch

- Beanspruchungsart (Zug/Druck, Biegung, Torsion)
- Geometrie und Größe
- Mittelspannung
- mehrachsiale Belastung
- Randschicht (Oberflächentopographie, Eigenspannungen, Gefüge, Härte)
- Oberflächenbeschaffenheit
- Temperatur, etc.

wird auf Kenngrößen eingegangen, die durch den Gießprozess, der das Gefüge und damit die Festigkeit wesentlich beeinflusst, geprägt sind. Diese Einflüsse können sich auf den Bauteil festigkeitssteigernd oder –mindernd auswirken, bei gleichzeitigem Auftreten können sich die Effekte verstärken oder abschwächen. Bauteile haben an jeder Stelle andere Schwingfestigkeitseigenschaften, die Wöhlerkurve des gesamten Bauteiles ergibt sich daher aus der Einhüllenden aller lokalen Wöhlerlinien.

An Beispielen wird dargestellt, wie die vorgestellten Modelle zur Simulation von Wöhlerlinien zur Berechnung der Lebensdauer von geometrisch komplexen Bauteilen eingesetzt werden können.

Dipl.-Ing. B. Unger, Dipl.-Ing. G. Thanner, Dipl.-Ing. H. Riener, MAGNA STEYR, Engineering Center Steyr GmbH & CO KG, St. Valentin (A)

Integration von Berechnung und Versuch in der Bauteilentwicklung

Auf Grund des wirtschaftlichen Druckes nach immer kürzeren Fahrzeugentwicklungszeiten haben die virtuellen Methoden wie Mehrkörpersimulation, Finite-Elemente Berechnung, usw. bereits einen wichtigen Stellenwert im Gesamtentwicklungsprozess eingenommen. Die wesentlichen Beiträge dieser Methoden sind heute:

- Verminderung des Risikos, daß bei der realen Bauteilfreigabe unvorhergesehene Mängel auftreten

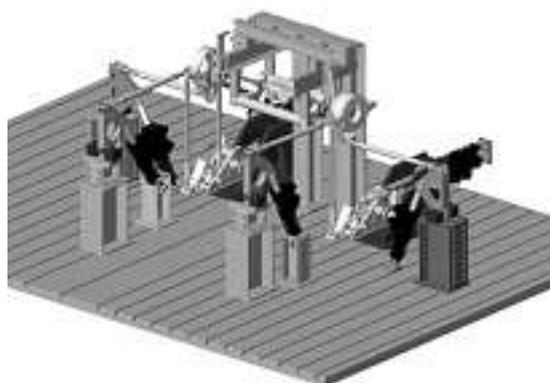
- Reduktion der Prototypenkosten durch Einsparung von Versuchsschleifen
- Gegenüberstellung von Bauteileigenschaften mit dem Lastenheft bzw. mit Vorgängertypen bereits im Entwurfsstadium
- Systematisch-analytisches Optimieren von Bauteilen anstelle des „Try and Error“ Prinzips

Die Möglichkeiten der virtuellen Methoden und Prozesse sind aber noch lange nicht ausgeschöpft und befinden sich selber in einem rasanten Verbesserungsprozess. Die Leistungsexplosion der Computerhardware einerseits sowie die stetige Verbesserung der Software und deren Prozessintegration sind dabei die wesentlichen Antriebskräfte.

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit Verbesserungsmöglichkeiten der rechnerischen Absolutaussagequalität der Lebensdauer von dynamisch beanspruchten Fahrzeugbauteilen.

Eine dieser Möglichkeiten ist die Integration von vorhandenen Versuchsmessdaten in den Prozess der virtuellen Lastaufbringung. Durch „virtuelle Iteration“ mit gemessenen Lastdaten lassen sich auch komplexe, nichtlineare Systemmodelle wie z.B. Fahrwerkskomponenten hinsichtlich ihrer Absolutaussagequalität deutlich gegenüber klassischen Lastaufbringungsprozessen verbessern.

Weiter wird am Beispiel von dynamisch beanspruchten Motorbauteilen dargestellt, wie mit modernsten rechnerischen Methoden auch hochdynamische Erregemechanismen abgebildet werden, welche bislang nur der Erfahrung aus den Versuchsbereichen vorbehalten waren.



„virtuelle Iteration“, 8-Kanal Achsprüfstand

Aus den Betrieben



Die voestalpine Gießerei Linz gießt Spezialteile für den OFFSHORE-Bereich

Aus großen Meerestiefen wird Erdöl zunehmend mit Spezialschiffen, die gleichzeitig als schwimmende Bohr- und Lagerstationen dienen, gefördert. Für einen solchen Spezialtanker, der ab 2006 vor der Küste Westaustraliens eingesetzt wird, lieferte die **voestalpine** Gießerei Linz ein 142 Tonnen schweres Kardangelenken.

Die Erschließung neuer Öl- und Gasvorkommen im Meeresboden wird immer schwieriger, da die Ölfelder in seichten Gebieten vielfach erschöpft sind. Darüber hinaus haben die Proteste von Umweltschützern – nach den Versuchen der Ölkonzerne, die riesigen Bohrsinseln am Ende der Förderfähigkeit einfach auf hoher See aufzugeben – dazu geführt, dass als neues Konzept für die Bohrung und die Ölförderung wiederbenutz-

bare, schwimmende Spezialschiffe, sogenannte FPSO's (Floating Production, Storage and Offloading Vessels) entwickelt wurden. Dabei handelt es sich um großtankerähnliche Schiffe mit einem Eigengewicht von bis zu 250.000 Tonnen, die am Meeresboden mit Stahlseilen fix verankert sind (**Bild 1**). Über eine Leitung wird Wasser in das unterirdische Ölfeld gepumpt, wodurch über eine zweite Leitung das Erdöl aus dem Meeresboden an Bord gepresst wird. Dort wird es so lange gelagert, bis ein anderer Tanker längsseits anlegt, um das Öl zu übernehmen.

300 Meter über dem Meeresboden. Damit das Schiff auf dem

Meer bei allen Witterungen die Position beibehalten kann, dreht es sich wie ein Wetterhahn mit Hilfe eines Kardangelenks (**Bilder 2 a/b**) um die Verankerung. Ein solches Gelenk (aus kaltzähem, gut schweißbarem Stahl-

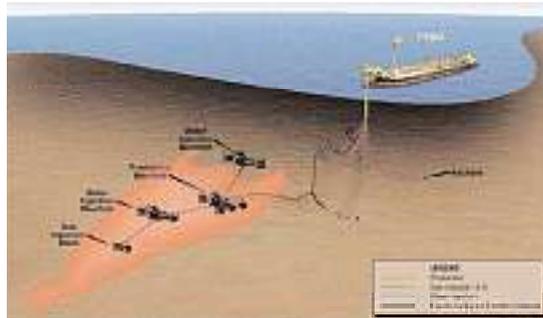


Bild 1: Enfield-Projekt an der Küste Westaustraliens



Bild 2: Das Kardangeln der voestalpine Gießerei Linz ist Teil der gelben Stahlkonstruktion (a) am Bug eines FPSO-Schiffes (b), damit sich dieses um die eigene Achse drehen kann.

guss ASTM A148, Grade 80-50, VA-Werksbezeichnung Aldur S 50 C) produzierte die voestalpine Gießerei im Februar 2005 im Auftrag des monegassischen Unternehmens Single Buoy Moorings (SBM), des weltweit führenden Konstrukteurs von FPSO-Schiffen. Eingesetzt werden wird das Kardangeln auf einem Schiff, das beim Enfield-Projekt vor der Westküste Australiens ab 2006 zum Einsatz kommt.

„Bereits Anfang der 90er Jahre haben wir einzelne Aufträge für den Offshore-Bereich abgewickelt. Der Markt ist dann aber eher wieder eingeschlafen“, informiert Fritz Haider vom Verkauf der voestalpine Gießerei Linz. „Vor zwei Jahren haben wir dann aber beschlossen, neben dem Energiesektor (Komponenten für Wasser-, Dampf- und Gasturbinen) wieder verstärkt im Offshore-Bereich zu akquirieren.“ „Neu ist freilich, dass wir erstmals auch für den Zusammenbau des Moduls verantwortlich zeichnen, was in Zusammenarbeit mit der MCE und dem Kundenvertreter Lloyd's (Fertigungs-

überwachung) erfolgte“, berichtet Erich Aistleitner vom Qualitätswesen in der Gießerei Linz.

Aus einem Guss? Nein, aus drei! Das 142 Tonnen schwere Gelenk (Bild 3) besteht aus insgesamt drei einzelnen Gussteilen. „Über 10 Monate waren wir – vom Modellbau angefangen über das Formen und Gießen bis hin zur Nachbearbeitung



Bild 3: Mit einem Spezialtransporter wurde das 142 Tonnen schwere Gelenk zum Linzer Schwerlasthafen gebracht.

und dem Assembling – mit dem Auftrag beschäftigt“, erklärt der Leiter des Qualitätswesens Reinhold Hanus. „Besonders wichtig, weil auch vertraglich fixiert, war dabei die lückenlose Dokumentation. Denn im Gegensatz zum Energiesektor sind die Auflagen, was die Qualitätssicherung betrifft, im Offshore-Business um ein Vielfaches strenger.“

Linz, Antwerpen, Dubai, Südkorea.

Am 23. Februar wurde das 1,5 Mio. Euro teure Kardangeln schließlich auf die Reise geschickt. Mit einem Spezialtransporter ging es zunächst zum Linzer Schwerlasthafen. Über die Donau wurde das Gelenk nach Antwerpen verschifft, dort auf einen Hochseefrachter umgeladen und nach Dubai geliefert, wo es als Teil der 1.500 Tonnen schweren Bohr- und Verankerungsstation eingebaut wird. Im Spätherbst 2005 wird dieses Modul dann nach Südkorea gebracht, wo derzeit der FPSO-Tanker – ein ‚Suezmax‘ – gebaut wird. Nach der Montage der Bohr- und Verankerungsstation am Bug des 400-Meter-Riesen geht es dann ab in Richtung Australien, vor dessen Küste im Spätsommer 2006 mit der Ölförderung im Rahmen des Enfield-Projekts begonnen werden soll.

Folgauftrag in Sicht. Nachdem die Verantwortlichen von SBM mit der Leistung der Gießerei äußerst zufrieden waren, sind Gespräche über eine weitere Zusammenarbeit bereits fixiert. Haider: „Es wurde uns für das kommende Jahr auch bereits ein neuer Auftrag in Aussicht gestellt. Hoffentlich können wir damit im Offshore-Business weiter Fuß fassen.“

Kontaktadresse:

voestalpine GIESSEREI LINZ GMBH
Voest-Alpine-Straße 3, A-4020 Linz / Austria.

Firmennachrichten



**HWS-Gießautomaten PA 10 · PA 20 · PA 30 und
Gießmaschinen PM 10 · PM 20 · PM 30
(für Pfanneninhalte 600 – 1400 / 1400 – 2600 / 2200 – 3200 kg)**



Automatisch kippbare Pfannen für hohe Gussqualität

Mit dem Gießautomaten von HWS kann an Formanlagen aller Art kontinuierlich und ohne Beeinträchtigung der Taktzeit Eisen aus Grau- oder Sphärogussmaterial gegossen werden. HWS setzt hierbei auf ausgereifte Technik mit kippbaren Gießpfannen, bei der Eisenfluss und Eisenmenge genau regelbar sind. Der Gießstrahl wird mit Optosonden und Kameras überwacht und ein programmierbares Steuerungssystem zur Anpassung der Gießgeschwindigkeit an das Schluckvermögen der Sandformen sichert die präzise Herstellung von Gussteilen jeder Art und Ausführung. Für den Einsatz an Formanlagen unterschiedlicher Bauformen haben sich 2 Standardtypen mit mitfahrendem und stationärem Pfannen-

drehwechsler bewährt, die nach Bedarf mit Zusatzfunktionen erweiterbar sind. Bei allen Ausführungen werden Gießpfannen in Segmentbauweise verwendet, d. h. die Ausflussmenge ist proportional zum Kippwinkel der Pfanne – eine Voraussetzung für genaues und verlustfreies Gießen.

Konkurrenzlos in Pfannenwechselzeit und Gießpräzision

Mit hws Gießautomaten profitieren moderne Gießereien von folgenden Vorteilen:

- Materialwechsel ohne Stop der Produktion, auch bei Sphäroguss
- Modellwechsel ohne Unterbrechung durch Speichern der Modelldaten
- nachvollziehbarer Qualitätsnachweis durch Schnittstelle für die Datenauswertung
- sparsamer Eiseneinsatz durch reduziertes Füllniveau im Trichter und Vermeiden von Überlauf
- reduzierter Ausschuss durch geregeltes und genau dosiertes Gießen
- nur ein Bediener zur Organisation von Eisenzufuhr und Gießvorgang nötig

Garantierter Qualitätsguss bei geringsten Kosten durch:

- robuste Optosonden zur Erfassung der Gießmenge und Überwachung der Form auf Über- und Durchlaufen
- digitales Kamerasystem zur Überwachung des Eisenniveaus im Trichter
- feinfühlig und schnelle Regelung der Kippstellung mit präzisen Servoantrieben
- hochauflösende programmierbare Gießsteuerung
- schnelles Wechseln der Gießpfanne ohne Stop der Formanlage
- Zahnstangen-Fahrtrieb entlang der Gießstrecke zur Optimierung und Synchronisierung der Taktzeit sowie zum Leergießen bei Störungen an der Formanlage

HWS Gießautomaten sind mit weiteren Einrichtungen ausrüstbar:

- Steuermodul zum Mitfahren während des Gießens an kontinuierlichen Formanlagen oder bei Vorschub durch Synchronisierung
- Pfannenaufnahme wahlweise für Hängebahn- oder Staplertransport
- Pfannendeckel mit integrierter automatischer Absetzvorrichtung zur Minimierung des Temperaturabfalles beim Gießen von Sphäroguss
- Wiegesystem mit Auswertelektronik zur Gewichtskontrolle des Pfanneninhaltes und zur weiteren Reduzierung des Füllniveaus im Eingusstrichter bzw. zur weiteren Eiseneinsparung
- Impfmitteldosierung zur exakten Zufuhr des Impfmittels in den Gießstrahl
- Zwischenpfanne für Hochleistungsformanlagen bzw. für kastenlose Formanlagen

Der Gießprozess kann auf drei vordwählbare Arten geregelt bzw. überwacht werden:

- Gießen über Gewicht
- Gießen über Zeit
- Gießen über Niveau

Giessautomaten PA 10-W · PA 20-W · PA 30-W mit mitfahrendem Pfannen-drehwechsler

HWS-Gießautomat PA 20-S für Componenta Karkkila Ltd., Finnland.

Heinrich Wagner Sinto, Bad Laasphe / D, liefert einen Gießautomaten des Typs PA 20-S an das finnische Unternehmen Componenta in Karkkila. Componenta vergießt an dieser Anlage Grau- und Sphäroguss.

Dieser Gießautomat ist mit einer Synchronisationseinrichtung ausgerüstet, d.h. ein Abgießen eines Formkastens ist auch während des Vorschubes in der Gießstrecke möglich. Des Weiteren ist die Gießmaschine mit einer automatischen Höhenverstellung versehen, so dass unterschiedliche Kastenhöhen abgegossen werden können. Die Gießpfanne fasst max. 2500 kg.

(Ein Kurzfilm zum Thema Giessautomat kann von Interessenten direkt bei Heinrich Wagner Sinto, Bad Laasphe, angefordert werden.)

Kontaktadresse:

Heinrich Wagner Sinto Maschinenfabrik GmbH, D-57334 Bad Laasphe, Tel.: +49 (0)2752 907 0, Fax: +49 (0)2752 907 280, E-mail: Burkhard.Kraemer@wagner-sinto.de, http://www.wagner-sinto.de

HWS-Niederdruck-Sandgieß-Verfahren INJECTAFILL und MPS (Multi Pouring System)

Im Mittelpunkt der HWS-Innovationen steht das Niederdruck-Sandgieß-Verfahren INJECTAFILL, das es ermöglicht, einfach und schnell u. a. dünnwandige sowie qualitativ hochwertige Gussteile auf kastengebundenen Formanlagen preisgünstig herzustellen. Ferner lassen sich komplizierte Gussteile, wie Zylinderköpfe, Kurbelgehäuse oder Fahrzeugstrukturbauteile prozeßsicher herstellen. Im Prinzip ist jede gewünschte Legierung darstellbar. Darüber hinaus bietet diese Technologie eine sinnvolle **Alternative zum Kokillen- und Druckgießen.**

Mit der klassischen Art des Formfüllens, dem Schwerkraft-Gieß-Verfahren, sind Turbulenzen beim Gießen nur schwer zu vermeiden (Bild 1). Dadurch werden Gase aus der Atmosphäre mitgerissen. Die Bildung von Oxyden, Mikroporositäten und Wasserstoffaufnahme in der Schmelze finden sich als unerwünschte Folge im Gusstück wieder. Weitere Nachteile sind, dass die Speiser pa-

radoxerweise mit dem kältesten Metall gefüllt werden und ein großer Bedarf an Kreislaufmaterial erforderlich wird.

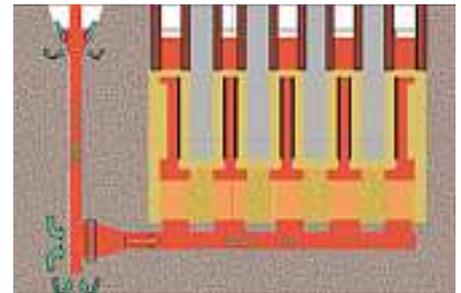


Bild 1: 4-Zylinder-Motorblock im Schwerkraft-Sandguss

Zur optimalen Formfüllung lässt sich nun die bekannte Niederdruckgieß-Technologie in Kombination mit einer von HWS patentierten Schließmethode des Eingusskanals an HWS-Hochleistungsformanlagen einsetzen.

Bei diesem Gießverfahren (Bild 2) taucht ein Steigrohr im druckdicht verschlossenen Ofen in die saubere Schmelze ein. Wird der Ofen nun mit Druck beaufschlagt, steigt das flüssige Metall durch das Steigrohr nach oben in die Form auf. Der Füllvorgang verläuft extrem ruhig und ist über die Drucksteuerung präzise kontrollier- und reproduzierbar. Der Nachteil besteht allerdings darin, dass nach jedem Füllvorgang Wartezeiten bis zu 15 min. entstehen, bis die Schmelze im Eingusskanal erstarrt ist.

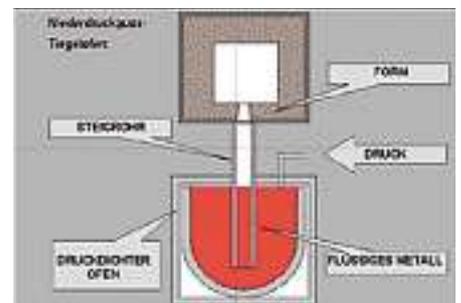


Bild 2: Niederdruckguss-Tiegelofen

HWS entwickelte daher eine Lösung zum schnellen und einfachen Verschließen des Eingusskanals. Dazu wird durch den Formrücken eine Öffnung bis kurz vor den Einguss gebohrt (Bild 3). Unmittelbar nach dem Füllvorgang verschließt ein Zylinder sicher und schnell den Eingusskanal mit Hilfe des verbleibenden Formstoffes bzw. eines Sandpfropfens. Ein gewöhnlicher Keramikfilter verhindert, dass beim Verschließen evtl. ab-

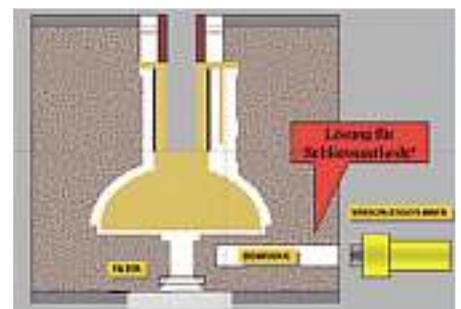


Bild 3: Eingusskanal-Verschließzylinder

bröckelnder Sand in den Ofen gelangt. Diese optimale Art der Formfüllung mittels Niederdruck-Sandgieß-Verfahrens wird bei HWS mit dem Begriff INJECTAFILL bezeichnet.

Der Erfolg mit dieser Formfüllung kann jedoch noch nicht vollends befriedigen, den nach wie vor gelangt das kälteste Metall in den Speiser (Bild 4 links). Das Modell wurde nun so angeordnet, daß der Speiser unmittelbar über dem Einguss liegt. Während des Füllvorgangs heizt das durchströmende Metall den Speiserbereich auf. Letztendlich wird dieser noch mit der heißesten Schmelze gefüllt. Nach dem Gießvorgang dreht die Form im Wender um 180°, damit der Speiser oben liegt.

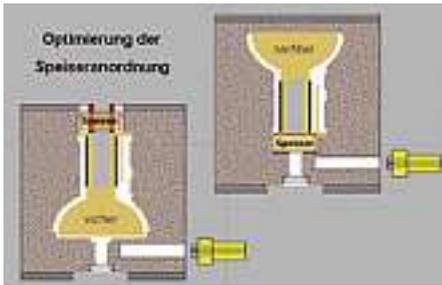


Bild 4: Motorblock mit Speiseranordnung
Vorher: Gießen von unten, ohne Wenden (Speiser „kalt“)
Nachher: Gießen von unten durch den „heißen“ Speiser, danach Wenden der Form

Zu Erprobung des Systems wurde bei HWS eine Testvorrichtung (Bild 5) installiert, bestehend aus einem widerstandsbeheizten Niederdruck-Tiegelofen mit Steigrohr, einer Formkasten-Absenkvorrichtung und einem Eingusskanal-Verschleißzylinder.

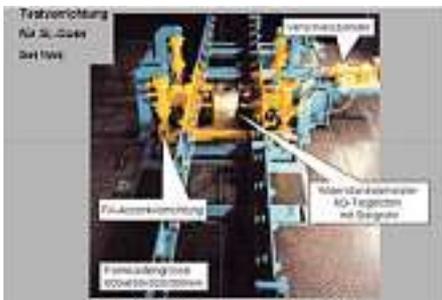


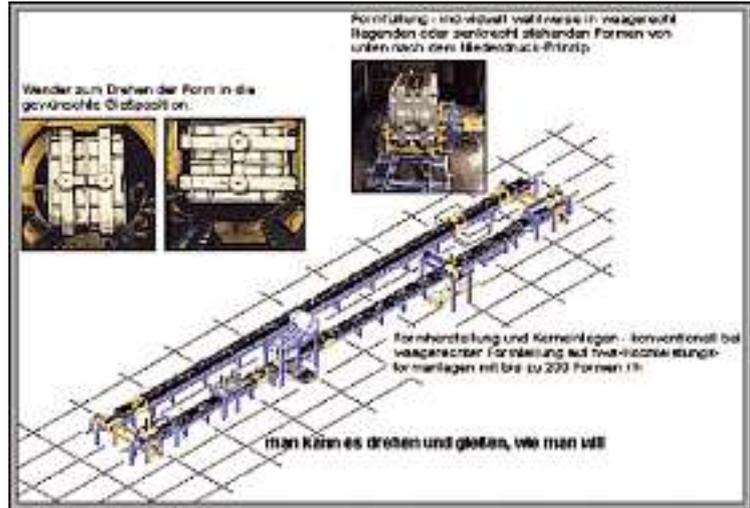
Bild 5: Niederdruck-Testgießstation

Damit konnte auch der optimale Speisungseffekt durch Wenden der Form am Beispiel eines 40 kg schweren 4-Zylinder-AL-Motorblocks (Bild 6) nachgewiesen werden. Links im Bild das Speisungsverhalten mit Gießen von unten ohne zu wenden, rechts mit Gießen von unten durch den Speiser mit anschließendem Wenden.



Bild 6: 4-Zylinder-AL-Motorblock-Abgüsse mit unterschiedlicher Speiseranordnung nach Bild 4

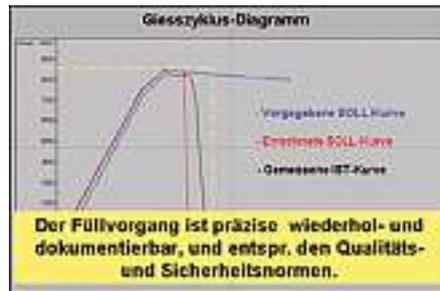
MPS-Multi Pouring System



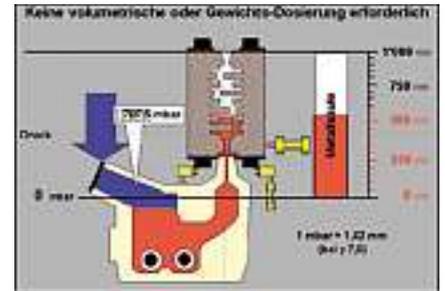
Heinrich Wagner Sinto hat diese zukunftsweisende Gießtechnologie bis zur Praxisreife entwickelt und eröffnet damit dem Gießer völlig neue – im Schwerkraftgießen undenkbare – Möglichkeiten zur Herstellung qualitativ hochwertiger Gussteile. Das Verfahren ist einfach und zuverlässig in die weltweit be-

währten SEIATSU-Formanlagen integrierbar und als komplette MPS-Formanlage einschließlich Niederdruck-Ofenanlage lieferbar. An den MPS-Formanlagen kann sowohl mittels Niederdruck-Giessanlage INJECTAFILL und/oder auch konventionell über Schwerkraft vergossen werden.

Die Stärken dieser Technologie lassen sich wie folgt zusammenfassen:



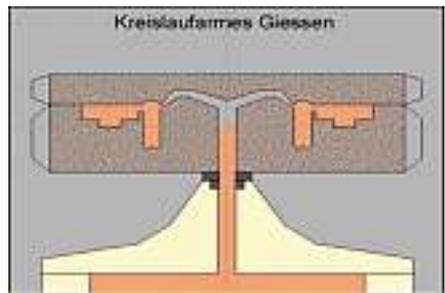
● exakt programmierbarer Formfüllvorgang



● präzise Fülldrucksteuerung



● Einsparung von Kreislaufmaterial



● kreislaufarmes Gießen möglich

- Formfüllung genau wiederhol- und dokumentierbar
- völlig geschlossener Gießvorgang
- steigende schonende, laminare Formfüllung
- sehr praxisnahe Simulation des Gießprozesses möglich
- Minimierung von Dross- und Schlackenbildung
- keine durch Gießhöhe bedingte Penetration
- Optimierung der Speisung
- Verhinderung von Spritzmetall

- Verringerung von Anlagenstörungen und Erhöhung der Verfügbarkeit
- deutlich verbesserte Arbeitsplatzbedingungen
- keine Temperaturverluste beim Gießen
- geringere Gießtemperatur möglich
- geringere Wandstärken gießbar

Kontaktadresse:

Heinrich Wagner Sinto Maschinenfabrik GmbH,
D-57334 Bad Laasphe
Tel: +49 (0)2752 907 0, Fax: +49 (0)2752 907 280
E-mail: Burkhard.Kraemer@wagner-sinto.de
http://www.wagner-sinto.de



Fill-Entkerntechnologie auf der CastExpo'05 in St. Louis / Missouri / USA

Von 16. bis 19. April 2005 fand die größte Gießereifachmesse auf US-Boden, die CastExpo'05, statt. Sie wurde von den beiden wichtigsten Amerikanischen Gießereiverbänden AFS und NADCA gemeinsam veranstaltet. Fill war mit seinem Amerikanischen Vertriebspartner Rimrock am Messestand mit einer Life-Präsentation des swingmaster sm3 vertreten.

Die CastExpo'05 fand im America's Center im Convention Plaza Hotel in St. Louis, Missouri, USA statt. Fachleute von Fill-Technik der Zukunft standen den amerikanischen Besuchern am Messestand des Vertriebspartners Rimrock Rede und Antwort.

Viele Besucher interessierten sich für die Fill-Aluminium-Entkerntechnologie, denn diese ist am Amerikanischen Kontinent noch relativ unbekannt. Der amerikanische Markt ist für Aluminium-Schwerkraftguss gut über-



Fill CastExpo-Messestand

schaubar. Die meisten Gießler arbeiten mit Druckguss und viele Teile, die in Europa bereits in Aluminium gegossen werden, bestehen in Amerika noch aus Grauguss.

Fill konnte seinen swingmaster dem breiten amerikanischen Fachpublikum vorstellen und seinen Technologievorsprung damit klar verdeutlichen.

Kontaktadresse:

Fill Technik der Zukunft Gesellschaft m.b.H., A-4942 Gurten, Edt 36, Tel.: +43 (0)7757 7010 0, Fax: 275, E-Mail: info@fill.co.at, www.fill.co.at



Neuer FEEDEX K Kompressor Speiser von FOSECO



Bild 1: Selbstzentrierende FEEDEX K Speiser mit Zentrierdom



Bild 2: Das Ergebnis ist ein Speiser, bei dem das Putzen entfällt bzw. auf ein Minimum reduziert wird,

Nach umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten stellt die Foseco Gruppe ihren neuen FEEDEX K Kompressor Speiser vor. Diese Speisereentwicklung ist selbstzentrierend und enthält ein neues Speiser- und Brechkerndesign (Bild 1). Bei Einsatz der entsprechenden Zentrierdome wird somit die Fixierung des FEEDEX K Kompressor Speisers auf schnelltaktenden Formanlagen erheblich erleichtert.

Die neuen Kompressorspeiser sind mit einem stufenförmigen Kompressorblech ausgestattet, das eine exakte Punktspeisertechnik auf sehr kleinen Gussstückbereichen ermöglicht. Des Weiteren wird durch die Ausbildung der Bruchkante ein optimales Abbruchverhalten des Speisers sichergestellt (Bild 2). Das als Speisermaterial verwendete FEEDEX HD ist ein fluorarmes, hochexothermes und druckfestes Speiserhilfsstoffmaterial.

FEEDEX K Kompressor Speisereinsätze werden bei Eisengusswerkstoffen verwendet. Das charakteristische

Design des stufenförmigen Kompressorblechs und der optimierte Speiserdurchtritt sichern eine exzellente Formstoffverdichtung unter dem Speiser und garantieren ein gleichbleibendes Speiservolumen. Gleichzeitig wird ausgeschlossen, daß der Speiser im Bereich der Aufstandsfläche ausbricht. Ein weiterer Vorteil beim Einsatz von Metallbrechkernen ist die Vermeidung von Graphitentartung infolge des direkten Kontakts von exothermem Speisermaterial mit der Gussstückoberfläche. Die neuartige, gegenkonische Geometrie dieser Speisereinsätze wurde durch umfangreiche Entwicklungsprojekte in Kundengießereien in der Praxis getestet und mit Hilfe der Erstarrungssimulation verifiziert.

Die neuen FEEDEX K Speiser sind in unterschiedlichen Größen, Modulen und mit Zentrierdome erhältlich. Weitere Auskünfte erteilt das Produktmanagement der Foseco GmbH, Borken.

Kontaktadresse:

Martin Scheidtmann
Brand Communication Manager
Foseco Europe, Foseco GmbH
D-46325 Borken, Gelsenkirchener Strasse 10
Tel.: +49 (0)2861 83 207



PROCURITAS Partners A/S erwirbt DISA

Nach einer Medienmitteilung vom 15. April 2005 wurde der Geschäftsbereich Gießerei- und Strahltechnik von DISA rückwirkend auf den 1. Januar 2005 durch Procuritas Partners A/S erworben. Zur Akquisition zählen die Exklusivrechte am Markennamen DISA. Procuritas Partners ist eine führende skandinavische Investmentfirma mit Niederlassungen in Stockholm und Kopenhagen. Die Investoren von Procuritas Capital Inve-

stors sind in Skandinavien und international bestens bekannt. Nähere Informationen über Procuritas können auf dem Internet unter www.procuritas.com abgerufen werden.

Das Management von DISA ist davon überzeugt, dass die Änderung der Eigentumsanteile für die weitere Entwicklung von DISA positiv sein wird. Durch Kontinuität in der Geschäftstätigkeit wird DISA auch in Zu-

kunft ein zuverlässiger Partner sein, der Ausrüstungen und Dienstleistungen termin- und qualitätsgerecht liefert sowie Innovationen und die Kompetenz der Mitarbeiter fördert.

Für zusätzliche Informationen kontaktieren Sie bitte:

Herm Peter P. Sørensen, President & CEO
DISA Holding AG, Solenbergstraße 5
CH-8207 Schaffhausen,
Tel: +41 (0)52 631 44 40, www.disagroup.com

Interessante Neuigkeiten

Neue Eisengießerei in Polen

Der italienische Bremskomponenten-Hersteller Brembo, Curno, will in eine neue Eisengießerei investieren, die in Dabrowa (Polen) entstehen soll. Auf einer Fläche von 12.500 m² werden 160 Beschäftigte belüftete Bremsscheiben für die Fahrzeugindustrie produzieren.

Das Vorhaben ist Bestandteil der Businessstrategie des Unternehmens, alle wichtigen Produktkomponenten selbst herzustellen.

Die Standortentscheidung ist insbesondere unter Wettbewerbsaspekten für die zukünftigen Jahre gefällt worden.

Vor wenigen Jahren hatte Brembo bereits ein Werk zur Bearbeitung von Bremsscheiben in Dabrowa aufgebaut. Das auf den Bereich Metallguss spezialisierte Dienstleistungsunternehmen GEMCO Engineers B.V., Eindhoven (NL) wurde mit der Durchführung des Projektes – angefangen von

Machbarkeitsstudien bis hin zum Produktionsanlauf – beauftragt. In der neuen Gießerei sollen Mitte 2005 die ersten Bremsscheiben produziert werden. Die Brembo-Gruppe ist in 14 Ländern auf vier Kontinenten aktiv und beschäftigt 3.900 Mitarbeiter.

Quelle: DGV Report 4/2005, S. 129.

Toyota baut Aktivitäten in China aus

Japans größter Automobilhersteller Toyota Motor Corp., Toyota-City, wird seine Aktivitäten in China ausbauen. Toyota plant den Bau einer dritten Produktionslinie. Gemeinsam mit dem chinesischen Partner FAW

sollen in den kommenden zwei Jahren Fertigungskapazitäten von weiteren 500.000 Autos im Jahr eingerichtet werden. Damit kämen die Japaner auf Kapazitäten von insgesamt 720.000 Einheiten. Für das Jahr

2010 wird ein Marktanteil von 10 % in China angestrebt. Zur Zeit liegt dieser bei knapp 3 %. Volkswagen liegt dagegen bei 25 %.

Quelle: DGV Report 4/2005, S. 120.

Besuchen Sie uns im Internet

www.verlag-lorenz.at

Veranstaltungskalender

Weiterbildung – Seminare – Tagungen – Kongresse – Messen

Der Verein Deutscher Gießereifachleute (VDG) bietet im I. Halbjahr 2005 folgende Weiterbildungsmöglichkeiten an:

Datum:	Ort:	Thema:
2005		
21./22.06.	Düsseldorf	Kupfer-Gusswerkstoffe und ihre Schmelztechnik (S)
28./29.06.	Düsseldorf	Maschinelle Kernfertigung (S)
01./02.07.	Duisburg	Schmelzen von Aluminium (QL)

IV=Informationsveranstaltung, MG=Meistergespräch, PL=Praxislehrgang, QL=Qualifizierungs-lehrgang, S=Seminar, WS=Workshop, FT=Fachtagung

Nähere Informationen erteilt der VDG Düsseldorf: Frau Gisela Frehn, Tel.: +49 (0)211 6871 335, E-Mail: gisela.frehn@vdg.de, Internet: www.weiterbildung.vdg.de

Weitere Veranstaltungen:

2005		
13./15.06.	Geesthacht (D)	DGM-Fortbildungsseminar „Metallische Verbundwerkstoffe“
15./16.06.	Düsseldorf	Gießereihistorisches Kolloquium (VDG-Fachauschuß Geschichte)
19./23.06.	Trois-Rivieres (Cd)	TRANSAL 2005 (www.transal.net)
21./23.06.	Leipzig	Z 2005 – Die Zuliefermesse (www.zuliefermesse.de) mit Unternahmertreffen „Kontakt“ u. „Einkaufertagen“
30.06.	Wien	ON Aktuell Seminar „Prüfbescheinigungen u. Konformitätsdokumente unter Berücksichtigung d. neuen ÖNORM EN 10204 (www.on-norm.at)“
21./24.08.	Calgary (Cd)	Light Metals 2005
07./10.09.	Guangzhou (Cn)	4 th Int. Mould & Die Asia (www.mould-die.com)
11./15.09.	Melbourne (AUS)	ALUMINIUM CASTHOUSE TECHNOLOGY – 9. Australasian Conference & Exhibition (www.aluminiumcasthouse.com)
14./16.09.	Erlangen	39. Metallographie-Tagung "Materialographie " mit Ausstellung
15./16.09.	Portoroz (SL)	45 th Foundry Conference mit Ausstellung (www.uni-lj.si/societies/foundry)
17./19.09.	Shanghai (Cn)	4 th Nonferrous & Special Casting Conf. (www.foundry-china.com)
20./21.09.	Brno (CZ)	42. Tschechische Gießereitagung mit Ausstellung (www.slevarenska.cz)
20./22.09.	Shanghai (Cn)	Nonferrous & Special Casting 2005 Exhibition (www.foundry.com.cn)
27./30.09.	Sinsheim / D	24. MOTEK (Int. Fachmesse f. Montage u. Handhabungstechnik)
28./30.09.	Kielce (PL)	Metal – 11. Internationale Messe für Gießereitechnologie
03./07.10.	Brno	47. Int. Maschinenbau-Messe (www.bvv.cz/msv)
04./06.10.	Karlsruhe	INTERPART – Int. Zuliefermesse (www.interpart-karlsruhe.de)
05./07.10.	Linz / Donau	Smart Automation Austria (www.smart-automation.at)
15./18.10.	Hanoi (Vietnam)	9 th Asian Foundry Congress AFC-9 (www.vietnamfometa.com.vn)
19./20.10.	Strasbourg (F)	ATF-Ctif-Gießereifachtage „Erhöhte Wettbewerbsfähigkeit durch Beherrschung von Prozessen“ (www.ctif.com)
20./22.10.	London (UK)	FOUNDRY INTERNATIONAL LONDON 05 (Birmingham 12./15.10. abgesagt!) (www.foundryinternational2005.com)
25./27.10.	Brno	1 st Int. Conference STEELSIM 2005 (www.trz.cz/steelsim05)
21./22.11.	Aachen	2.Hochschul-Kupfersymposium (www.kupferinstitut.de)

2006

07./09.03.	Nürnberg	6. Int. EUROGUSS 2006 (www.euroguss.de)
16./19.05.	Brno	Fondex
17./20.05.	Brescia (I)	6.Metef – Foundeq – Timatec (www.metef.com)
04./07.06.	Harrogate (UK)	67 th World Foundry Congress
05./07.06.	Harrogate	Foundry, Furnace a. Castings Expo (www.ffc-expo.com)
20./22.09.	Essen	Aluminium 2006 – 6. Weltmesse mit Kongress
14./18.11.	Basel (CH)	PRODEX mit SWISSTECH 2006 (www.prodex.ch)

2007

12./16.06.	Düsseldorf	GIFA (www.gifa.de) – METEC (www.metec.de) – THERMPROCESS (www.themprocess.de) – NEWCAST (www.newcast-online.de) und WFO TECHNICAL FORUM 2007
------------	------------	--

Vereinsnachrichten



Neue Mitglieder

Ordentliche (Persönliche)

Mitglieder

Dambauer, Kurt, Ing., Geschäftsführer der Vöcklabrucker Metallgießerei A. Dambauer & Co GmbH, A-4840 Vöcklabruck, Vöcklastraße 20

Privat: A-4840 Vöcklabruck, Höhenstraße 24

Herbst, Horst, Dipl.-Ing., Mitglied der Geschäftsführung Technik der Buderus Guss Komponenten GmbH, A-6060 Hall i.T., Innsbruckerstraße 51

Privat: A-6067 Absam, Lenerweg 7a

Tassotti, Horst, Ing., Projektmanager der GIMA GmbH, Niederdruckguss-Technologie, D-73037 Göppingen, Daimlerstraße 39

Privat: A-6840 Götzis, Kalkofenweg 3a

Trenda, Günther, Ing., Laborleiter der SAG Aluminium Lend GmbH & Co. KG, A-5651 Lend 25

Privat: A-5632 Dorfgastein Nr. 31

Studentische Mitglieder

Huber, Martin, A – 8010 Graz, Dietrichsteinplatz 3 / 10

Personalia

Kommerzialrat Ing. Michael Zimmermann mit Silbernem Ehrenzeichen für Verdienste um das Land Wien ausgezeichnet



Am 15. April 2005 erhielt KR Ing. Michael Zimmermann aus den Händen von Landeshauptmann Stellvertreter Dr. Sepp Rieder das Silberne Ehrenzeichen für Verdienste um das Land Wien überreicht.

Ing. Michael Zimmermann führt seit 1964 als geschäftsführender Gesellschafter die P. & M. Zimmermann GmbH, Metall- u. Leichtmetallgusswerk/Wampresswerk in Wien. Das Unternehmen produziert als Zulieferbetrieb u.a. Komponenten aus Leichtmetallguss für die Bahn- und Nutzfahrzeugtechnik, die dank der hohen Qualität weltweit eingesetzt werden.

Trotz seiner starken beruflichen Belastungen hat Zimmermann immer Zeit gefunden, die gemeinsamen Interessen der Gießereibranche in den verschiedensten Gremien und Funktionen zu vertreten.

Als Fachverbandsobmann hat er sich mit großem Einsatz in gießereispezifischen Fragen des Umwelt- und Arbeitnehmerschutzes engagiert und war stets um eine verbesserte Forschungsförderung für KMU bemüht. Einige Schwerpunkte seiner Arbeit waren: die Gießerei-Emissions-Verordnung, das Abfallbranchenkonzept sowie die Immissions-Verordnung.

Dank seines Engagements im Umweltbereich ist er als Umweltsprecher der Sparte Industrie tätig. Bei den KV-Verhandlungen ist er nach wie vor im Einsatz und genießt den Ruf eines sachlichen und immer um einen Ausgleich bemühten Interessensvertreters. In der Metallrunde vertritt er vor allem die kleinen und mittleren Unternehmungen, auf deren schwierige wirtschaftliche Situation er immer wieder aufmerksam macht.

In seiner Funktion als stellvertretender Vorstandsvorsitzender des Vereins für praktische Gießereiforschung hat sich KR. Zimmermann immer um die finanzielle Unterstützung des Österreichischen Gießerei-Institutes (ÖGI) in Leoben ausgesprochen und mit Nachdruck auf die große Bedeutung der gemeinsamen Forschungsanstrengungen hingewiesen. Mit dem ÖGI besitzt die österreichische Gießereiindustrie ein europaweit anerkanntes Institut, das wesentlich dazu beigetragen hat, dass die österreichischen Gießereiprodukte heute in aller Welt geschätzt werden.

Auch beim Zustandekommen des Kooperationsvertrages zwischen dem Österreichischen Gießereinstitut und dem Institut für Gießereikunde der Montanuniversität Leoben hatte KR Zimmermann großen Anteil. Damit wurde eine Brücke zwischen der Grundlagenforschung und der angewandten Forschung geschlagen, die für die Zukunft der Branche von großer Bedeutung ist. Dies gilt nicht nur für die industriellen Gießereien, sondern auch für die kleinen gewerblichen

Gießereibetriebe, die in Österreich, besonders aber in Wien, in einer relativ großen Zahl vorhanden sind.

Im Jahre 1989 fiel KR Zimmermann die ehrenvolle Aufgabe zu, die europäische Gießereivereinigung CAEF für ein Jahr zu präsidieren und ein internationales Gießertreffen mit großer Beteiligung in Wien zu veranstalten.

Seit 2001 ist KR. Ing. Michael Zimmermann Vorsitzender des Vereins Österreichischer Gießereifachleute (VÖG), der mit der Vereinszeitschrift „Gießerei Rundschau“ als Bindeglied aller in den Gießereien Tätigen angesehen werden kann und bemüht ist, auf das gewandelte Image dieser Branche als hochmoderne und zukunftssträchtige Technologie hinzuweisen.

Der Verein Österreichischer Gießereifachleute gratuliert seinem Vorsitzenden zu dieser ehrenvollen Auszeichnung mit einem herzlichen Glückauf!

Wir gratulieren zum Geburtstag

Herrn Professor Dipl.-Ing. Dr. mont. **Milan Trbizan**, SI-1235 Radomlje, Presemova I A, zum **70. Geburtstag** am 6. Juli 2005.



In Ljubljana geboren, trat Milan Trbizan nach dem Studium der Metallurgie an der Universität seiner Heimatstadt in die Dienste der Tempergießerei Titan in Kamnik/SI ein. 1964 entschied er sich für die wissenschaftliche Laufbahn und trat als Assistent von Professor Dr. Ciril Pelhan an der Lehrkanzel für Gießereiwesen an der Universität Ljubljana ein. 1973 promovierte Trbizan bei Prof. Dr. K. Zeppezauer an der Montanuniversität Leoben zum Dr. mont. Bereits 1976 erlangte er die Dozentur, 10 Jahre später wurde er zum a.o. Professor für das Gießereiwesen an der Uni Ljubljana ernannt und ab 1992 zum Ordinarius und Vorstand dieser Lehrkanzel berufen.

In seiner fachlichen und wissenschaftlichen Tätigkeit konzentrierte sich Professor Trbizan insbesondere auf das Temperaturwechselverhalten von Grauguss (Dissertation), auf Forschung und Entwicklung im Bereich der

Formstoffe (Einführung harzummüllter Sande, Regenerierung von Croning Sand, Bentonitsande, Wasserglasverfahren), auf die Reaktionen an der Grenzfläche zwischen Schmelze und Form u.v.a.m.

Über seine Arbeiten hielt er zahlreiche Vorträge im In- und Ausland und pflegte regen Erfahrungsaustausch mit Gießerkollegen weltweit. So vertrat er sein Land mit offiziellen Austauschvorträgen an den Gießerei-Welt-Kongressen in Kairo (1983), Melbourne (1985), Moskau (1988), Osaka (1990), Den Haag (1993) sowie an vielen nationalen Kongressen und Veranstaltungen, so in Deutschland, Österreich, Polen, Tschechien, Ungarn u.a.

Zunächst Geschäftsführer des Vereins Slowenischer Gießereifachleute, wählten ihn die slowenischen Gieger 1991 zu ihrem Präsidenten, welche Funktion er bis Anfang 2005 innehatte. Die Chefredaktion der Gießereifachzeitschrift „Livarski vestnik“ war ihm von 1973 bis 2004 anvertraut.

Professor Milan Trbizan organisierte die schon von seinem Vorgänger, Prof. Dr. C. Pelhan, bekannten alljährlichen Gießereitage in Potoroz mit großem Erfolg, wobei es ihm immer gelang, auch breite internationale Beteiligung an Wissenschaftlern und Praktikern mit aktuellen Beiträgen aus den Nachbarländern sowie interessierte Teilnehmer an diesen attraktiven Tagungsort zu holen.

1992 folgte Prof. Trbizan der Einladung von VÖG-Vors. Dr. F. Sigut und VDG-Präs. DI E. Möllmann zur Gründung einer AG der Gieger aus Deutschland, Österreich und deren östlichen Nachbarländern – Hexagonale/MEGI (mitteleuropäische Gießereinitiative) – die sich mit Themen praktischer Aufbauhilfe für die Reformländer befasste. 3 Sitzungen der MEGI wurden in Portoroz abgehalten und Prof. Trbizan war in den Jahren 1999/2000 auch Präsident dieser AG.

Prof. Trbizan ist Ehrenmitglied der Tschechischen Gießereifachleute und Träger des Goldenen Ehrenzeichens der Polnischen Gießereivereinigung.

Bei der CIATF (heute WFO) initiierte Trbizan 1996 die Gründung der Internationalen Kommission 3.3 „Computersimulation of

Casting Processes“, die er seit ihrer Gründung im Jahre 1998 leitet. 2002 veröffentlichte diese Kommission das Buch „Computer Simulation of Casting Processes“.

Der Verein Österreichischer Gießereifachleute wünscht seinem Mitglied Professor Dr. Milan Trbizan noch viele Jahre erfolgreichen Wirkens bei bester Gesundheit.

Herrn Dipl.-Ing. **Wilhelm Kuhlitz**, D-31073 Delligsen, Pestalozziweg 44, zum **70. Geburtstag** am 7. Juli 2005.



Geboren in Lüneburg, studierte Wilhelm Kuhlitz nach dem Abitur von 1955 bis 1960 an der RWTH-Aachen Gießereikunde bei Prof. Dr.-Ing. W. Patterson.

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

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

Seine Liebe, ja Begeisterung, für die Gießerei-Industrie erklärt auch, dass er seine Erfahrungen und Kraft den Gießereivereinen und Fachausschüssen gewidmet hat. Hier sei ihm Hochachtung und Dank ausgesprochen. Seit 1960 gehört er dem VDG an. Er war

16 Jahre Vorsitzender der Landesgruppe Niedersachsen, von 1989 bis 1993 Vizepräsident und anschließend bis 2002 Präsident des Vereins Deutscher Gießereifachleute. In dieser Zeit haben sich die gutnachbarlichen Beziehungen zwischen VDG und VÖG besonders intensiv entwickelt; die Gießerei-Institute auf beiden Seiten miteingeschlossen. Dafür sei Wilhelm Kuhlitz an dieser Stelle herzlichst gedankt.

Für die Förderung der Facharbeit wurde er 1992 vom VDG mit der Bernhard-Osann-Medaille ausgezeichnet und 2002 zum Ehrenmitglied ernannt.

Sein unermüdlicher Einsatz für die Gießerei-Industrie fand weltweite Anerkennung, als er 1990 in Osaka zum Vorstandsmitglied der damaligen CIATF (heute WFO) gewählt wurde, deren Präsident er von 1996 bis 1998 war und zu deren Past-Presidenten er heute noch gehört.

Neben seinen vielfältigen gießereitechnischen Aktivitäten engagiert sich W. Kuhlitz seit 1970 im deutschen Industrieverband Gießerei-Chemie. Zunächst im Technischen Ausschuss; seit Mai 1992 als Vorsitzender dieses Verbandes.

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

Im April 2005 wurde W. Kuhlitz auf der großen Gießereitechnischen Tagung in Innsbruck mit der Adolf-Ledebur-Denkünze, der höchsten Auszeichnung des Vereins Deutscher Gießereifachleute, geehrt.

Mit der Verleihung des Verdienstkreuzes am Bande des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland würdigte der Bundespräsident auf Vorschlag des Ministerpräsidenten des Landes Niedersachsen das große persönliche Engagement des Ausgezeichneten sowohl in der 32-jährigen Kommunalpolitik wie auch in Wirtschaft und Technik, insbesondere auch zum Nutzen der deutschen Gießerei-Industrie. Seine Erfolge basierten auf der Fähigkeit, auf jeder Ebene Menschen für sich einzunehmen und zu motivieren.

Der Verein Österreichischer Gießereifachleute wünscht seinem Mitglied, Dipl.-Ing. Wilhelm Kuhlitz, auch weiterhin Gesundheit und ein erfolgreiches Wirken..

Den Jubilaren ein herzliches Glückauf!

Bleiben Sie am Ball mit einem Abonnement der Giesserei-Rundschau

Jahreshauptversammlung 2005 des VÖG

Im Rahmen der Großen Gießereitechnischen Tagung 2005 in Innsbruck fand am 21. April 2005 auch die gut besuchte Jahreshauptversammlung des VÖG statt, bei der auch Vertreter befreundeter Gießereivereinigungen aus den Nachbarländern anwesend waren.

Erster-Vorsitzender KR Ing. M. Zimmermann begrüßte insbesondere VDG-Altpräsident und VÖG-Ehrenmitglied Dipl.-Ing. Eberhard Möllmann sowie den ehemaligen Hauptgeschäftsführer des VDG und VÖG-Mitglied Herrn Prof. Dr.-Ing. Gerhard Engels.

Ein besonderer Gruß galt Dipl.-Ing. A. Buberl, derzeit WFO-Past-Präsident und Dipl.-Ing. A. Kerbl, Geschäftsführer des Fachverbandes der Gießereiindustrie.

Hierauf gab der Zweite Vorsitzende und Geschäftsführer, BR Dipl.-Ing. E. Nechtelberger, den Bericht über die Vereinstätigkeit im Jahr 2004.

Schwerpunkte im Berichtsjahr waren die Mitgliederwerbung und die Gestaltung der Vereinszeitschrift Giesserei-Rundschau.

Es konnten 21 persönliche und 7 Firmenmitglieder neu gewonnen werden. Der Mitgliederstand mit Ende 2004 betrug 243 persönliche Mitglieder (davon 52 Pensionisten, das sind 21 %) und 69 Firmenmitglieder, sowie 3 Ehrenmitglieder, insgesamt also 312 Mitglieder.

In den 6 Doppelheften der Giesserei Rundschau konnten insgesamt 29 Fachbeiträge publiziert und informative redaktionelle Beiträge und Vereinsnachrichten gebracht werden.

Da die VÖG-Mitgliedsbeiträge zum Unterschied von anderen Vereinigungen auch den Bezug der Gießereifachzeitschrift Giesserei Rundschau mitabdeckte und die Kosten sowohl für Herstellung als auch Versand der Giesserei Rundschau im Berichtsjahr wieder gestiegen sind, hat der Vereinsvorstand eine Anpassung der Beiträge wie folgt beschlossen:

	2004	2005
Persönliche Mitglieder; aktiv	€ 40,-	€ 42,-
Persönliche Mitglieder; in Pension	€ 20,-	€ 22,-
Firmenmitglieder	€ 120,-	€ 200,-

Die Hauptversammlung gab zu dieser notwendigen Beitragsanpassung ihre Zustimmung.

Zur Pflege der Aufrechterhaltung internationaler Beziehungen hat der VÖG im Jahr 2004 an den nachstehenden Veranstaltungen teilgenommen:

03./04.06.2004	Deutscher Gießereitag München
04./09.09.2004	66. Gießerei-Weltkongress mit WFO-Techn. Forum, Istanbul
15./17.09.2004	44. Slowenische Gießereitagung Portoroz
21.09.2004	50. Jubiläum des IfG Institut für Gießertechnik, Düsseldorf
05./06.10.2004	41. Tschechische Gießereitagung Brno

VÖG-Vorstandsmitglied Alfred Buberl war im Funktionsjahr 2004 Präsident der WFO und hatte u.a. die ehrenvolle Aufgabe, den 66. Gießerei-Weltkongress, der von 6. bis 9. September 2004 in Istanbul stattfand, zu präsidieren. Gleichzeitig leitete Alfred Buberl zusammen mit Reinhard Hanus die Internationale WFO-Kommission 7.2 Stahlguss, die im vergangenen Jahr einen Bericht über das Gemeinschafts-Projekt „Substitution der Durchstrahlungsprüfung RT durch Ultraschallprüfung UT von Stahlgussstücken aus ferritischen Werkstofforten mit kleinen Wanddicken“ vorgelegt hat. Eine Kurzfassung enthält Heft 1/2-2005 der Giesserei Rundschau.

Im Anschluss an den Bericht des Geschäftsführers gab Vereinskassier H. Kalt einen Überblick über die Finanzlage zum 31. Dezember 2004:

Einnahmen aus Mitgliedsbeiträgen, Förderung des Fachverbandes, Werbeeinnahmenanteil Giesserei-Rundschau und Zinserlösen in Höhe von insgesamt	€ 30.731,76
standen Ausgaben für Mitgliederbetreuung, Herausgabe der Giesserei-Rundschau, Reiseaufwand, Telefon- und Sachaufwand in Höhe von	€ 26.520,02
gegenüber:	
Das Berichtsjahr schloß damit mit einem Überschuss in Höhe von	€ 4.211,74

Die Kontrolle der Kassa- und Buchhaltungsbelege am 8. April 2004 durch Rechnungsprüfer Bruno Bös und am 13. April durch Ing. Gerhard Hohl hat die einwandfreie und richtige Führung sowie satzungsgemäße Verwendung der Vereinsmittel ergeben. Der Empfehlung zur Genehmigung des Rechnungsabschlusses und zur Entlastung des Vorstandes sowie zur Annahme des Geschäftsberichtes wurde von der Hauptversammlung einstimmig entsprochen.

Nach Ablauf der Funktionsperiode war satzungsgemäß eine Neuwahl des gesamten Vorstandes notwendig.

Der Geschäftsführer verlas den vorliegenden Wahlvorschlag, der ohne Änderung einschließlich der Wahl für Vorsitz, Geschäftsführer und Kassier durch Akklamation angenommen wurde.

Demnach setzt sich der VÖG-Vorstand für die nächsten 3 Jahre aus folgenden Herren zusammen:

Vollmitglieder:

1. KR Dipl.-Ing. Dr. Walter BLESLE, Krustetten
2. Dipl.-Ing. Alfred BUBERL, VA Giesserei Linz GmbH
3. Dipl.-Ing. Dr. Hansjörg DICHTL, Vorstandsvors. d. Vereins f. prakt. Gießereiforschung – ÖGI
4. Mag. Günter EDER, Geschf. d. Furtenbach GmbH
5. Andreas FILL, Geschf. d. Fill GmbH
6. Dipl.-oec. MBA Ing. Ueli FORRER, Mitglied d. Unternehmensgruppenleitg. d. GF Fahrzeugtechnik AG
7. Dr.-Ing. Rolf GOSCH, Hydro Aluminium Mandl & Berger GmbH
8. Dipl.-Ing. Helmuth HUBER, Geschf. d. Austria Alu-Guss GmbH
9. Johann KAISER, GF Eisenguss GmbH
10. Hubert KALT (**Kassier**), Wien
11. Dipl.-Ing. Max Kloger, Vorstandsmitglied d. TRM AG
12. Ing. Ernst KRATSCHMANN, Geschf. VA Giesserei Traisen GmbH
13. KR Ing. Peter MAIWALD, Geschf. d. GF Fittings GmbH
14. Dipl.-Ing. Hans Peter MAYER, Techn. Dir. d. Gruber & Kaja GmbH
15. BR Dipl.-Ing. Erich NECHTELBERGER, Wien, (**Zweiter Vorsitzender u. Geschf.**)
16. KR Ing. Michael ZIMMERMANN, Gesellschafter d. P. & M. Zimmermann GmbH, (**Erster Vorsitzender**)

Erweiterter Vorstand (ohne Stimmrecht):

17. Dipl.-Ing. Adolf KERBL (Geschf. d. Fachverbandes d. Gießerei Industrie)
18. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter SCHUMACHER (Geschf. d. Vereins f. prakt. Gießereiforschung – ÖGI)

Ehrung langjähriger Mitglieder

In seiner Sitzung am 14. Dezember hat der VÖG-Vorstand beschlossen, die nachfolgend genannten Herren für ihre langjährige Vereinsmitgliedschaft zu ehren und ihnen für ihre besondere Vereinstreue zu danken.

Für 25-jährige VÖG-Mitgliedschaft die VÖG-Ehrendadel erhielten:

Dipl.-Ing. Jörg KOUBA, Salzburg
Ing. Josef KUGLER, Wien
Ing. Manfred BARIC, Wien
Ing. Andreas ANGELMAHR, Wien
Ing. Diether EHRlich, Wien
Ing. Martin HAFNER, Fügen / Zillertal



Überreichung der VÖG-Ehrendadel an Dipl.-Ing. Jörg Kouba durch Zimmermann (I) und Nechtelberger (M)



Überreichung der VÖG-Treueplakette in Silber an Ing. Herbert Seidl

Für 40-jährige Mitgliedschaft die VÖG-Treueplakette in Silber erhielten:

Ing. Herbert SEIDL, Meerbusch / D
Horst GSÖLLPOINTNER, Bodensdorf
Rudolf VARMUZA, Leopoldsdorf
Ing. Erwin Siegmund, Oberwöbling

Urkunden und Ehrenzeichen konnten anlässlich der Jahreshauptversammlung nur an die Herren Dipl.-Ing. Jörg Kouba und Ing. Herbert Seidl feierlich übergeben werden. Den übrigen Mitgliedern wurden die ihnen zugesprochenen Ehrungen am Postweg übermittelt.

DISA - AUSRÜSTER DER GIESSEREI - INDUSTRIE



Mehr Power für Gießereien

- Giessereianlagen für Eisen und Leichtmetall
- Formstofftechnologie
- Horizontale und vertikale Formanlagen
- Kernfertigung
- Strahlanlagen
- Rohgussnachbearbeitung
- Kundendienst

DISA

www.disagroup.com

DISA Industrieanlagen GmbH, Greschbachstr. 3, D-76229 Karlsruhe, Tel 0721 4002 0, Fax 0721 4002 260, info.karlsruhe@disagroup.de; Weitere Standorte in Hagen, Deutschland; in Herlev, Dänemark; in Schaffhausen, Schweiz; in Píbram, Tschechische Republik; in Seminole/OK, USA; in Bangalore, Indien und in Changzhou, China; sowie Niederlassungen und Vertretungen in über fünfzig Ländern.